平成10年度 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託

製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発

成果報告書

平成11年3月

社団法人 産業環境管理協会

NEDO 図書・資料室
010013668-8

研究開発項目「製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発」

社団法人　産業環境管理協会
平成１１年３月

「事業の目的」

我が国において共通使用できる、①LCA 手法、②LCA データベース、
およびユーザーにとって利用し易い、③LCA ネットワークシステム、を開発する。
またその成果は、エコデザイン等企業生産活動への活用、エコラベル、グリーン調達等マーケッテイングへの活用、環境行政への反映、LCA の啓蒙普及への応用を視野に入れる。

「平成１０年度研究の概要」

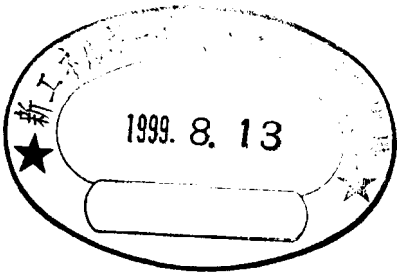
（1）インベントリデータの収集と、静脈部門における LCI 方法論の検討
インベントリデータ収集用フォーマットー 1,2,3 を作成し、２３工業会および調査機関による収集活動を開始した。各工業会毎に収集提示可能な出力インベントリデータ項目、必要な入力インベントリ項目の整理を行い、一次データがほぼ出揃った。
これに基づいてインベントリ項目をさらに総合整理し、データ収集法（積上げ法、プロセスモデル法）および担当工業会、機関を決定すべく作業中である。
さらに、静脈部門の LCI 手法についての方法論と問題点を議論し、手法確立にむけての種々の問題点を抽出した。また、具体的なインベントリデータ調査として、今年度は諸金属・ガラスの使用段階以降のマテリアルフロー、最終処分場における環境負荷物質量の概略値を把握した。

（2）インベントリデータベースシステムの開発
海外の代表的インベントリデータフォーマットを調査検討し、データ整理用フォーマットを作成した。併せて、データ入力用ソフトウエアの仕様を決め、専門業者に作成を委託するとともに、作成されたソフトウエアについて、入力者の立場から種々の機能改善、表示内容改善を行った。
また LCA データベースシステムの構造および仕様を決定し、その一部（データベースサーバ、データ提供用サーバ）の製作委託を行った。その具体的機能についてデータベース研究会で中間チェックし、改善作業中である。

（3）インパクト評価手法の研究
各種の環境カテゴリにおける、エンドポイントのダメージを推定する既存の手法整理として、本年度は①地球温暖化、②オゾン層破壊、③人間毒性・生態毒性、④光化学オキシダントについて、ダメージ算定のための基礎データ収集を行い、環境負荷物質の放出からダメージまでの関係の定量化を試みた。
さらに、影響カテゴリ間の重み付け手法を整理するため、既存の統合化手法を調査するとともに、同一インベントリデータを用いて各手法によるケーススタデイを行った。その結果、影響評価は保護対象、インパクトカテゴリの選択、重み付けで大きく異なることが判明した。日本における統合化手法を開発するには、統合化指標の目的と手法について今後十分な議論を行う必要がある。
さらに、経済価値換算による統合評価法としてのコンジョイント法の開発に新規着手し、その有効性を確認した。

平成10年度 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託

製品等ライフサイクル
環境影響評価技術開発
成果報告書



平成11年3月

社団法人 産業環境管理協会

目　次

1．まえがき …… (1)
2．研究組織および管理体制 …… (3)
3．研究日程および研究場所 …… (4)
4．開発の手段 …… (4)
5．概要 …… (9)
6．Summary …… (13)

第Ⅰ編　LCAプロジェクトの全体活動計画

要旨 …… 1
第1章　LCAプロジェクトの活動目的とその応用 …… 1
第2章　推進体制 …… 1
第3章　各研究会の活動内容 …… 2
3.1　インベントリ研究会 …… 2
3.1.1 目的 …… 2
3.1.2 研究項目および進め方 …… 3
3.1.3 スケジュール …… 6
3.2　データベース研究会 …… 6
3.2.1 目的 …… 6
3.2.2 研究項目および進め方 …… 7
3.2.3 スケジュール …… 9
3.3　インパクト研究会 …… 9
3.3.1 目的 …… 9
3.3.2 研究項目および進め方 …… 10
3.3.3 スケジュール …… 13
第4章　プロジェクト全体のスケジュールと予算 …… 13

第Ⅱ編　インベントリ研究会活動結果

要旨 …… 15
第1章　インベントリデータの収集 …… 16
1.1　インベントリデータ収集の概略スケジュール …… 16
1.2　インベントリデータフォーマット …… 22
1.3　インベントリ出力項目（特に環境負荷物質）の対象範囲 …… 24
1.4　インベントリデータベースの公開原則・運用原則 …… 26
1.4.1　いきさつ …… 26
1.4.2　インベントリ研究会－WG1での主要議論 …… 26
1.4.3　データベース公開・運用の基本原則 …… 26

第２章　インベントリデータ調査結果（平成 10 年度分）　28
2.1 資源採掘、エネルギー、輸送関連　28
2.1.1　調査方法　28
2.1.2　資源採掘　29
2.1.3　エネルギー　36
2.1.4　輸送　43
2.2 石油および石油化学製品、無機化学製品関連　47
2.2.1　インベントリデータ調査の内容　47
2.2.2　インベントリデータのまとめ　56
2.2.3　問題点と今後の課題　61
第３章　リサイクル・廃棄過程における LCI 方法論　63
3.1 製品の LCA から見た静脈部門のｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘについての問題点　63
3.1.1　複写機の部品や素材　63
3.1.2　用済み後の複写機の回収・処理　66
3.1.3　まとめ　68
3.2 静脈部門における LCI 方法論　71
3.2.1 ﾘｻｲｸﾙ工程におけるｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘ算定　71
3.2.2 廃棄工程におけるｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘ算定　75
3.3 ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘﾃﾞｰﾀの考え方　89
3.3.1 廃棄物　89
3.3.2 廃棄物処理・ﾘｻｲｸﾙ施設　97
3.4 廃棄・リサイクル段階におけるマテリアルフロー調査　105
3.5 最終処分（焼却・埋立て）における環境負荷原単位調査　120
3.5.1　一般廃棄物　120
3.5.2　産業廃棄物　129
3.6 まとめと今後の方向　133

第Ⅲ編　データベース研究会活動結果

要旨　139
第１章　インベントリデータ入力フォーマットの検討　140
1.1　各種 LCA データフォーマットの検討結果と適性フォーマットの提案　140
1.1.1　ISO14040／14041 の要求データ項目　140
1.1.2　LCA ソフトのデータフォーマット例　141
1.1.3　SPOLD フォーマット　146
1.1.4　BUWAL250 におけるインベントリ・データセットの考え方　155
1.1.5　日本に適したフォーマットの考え方　156
第２章　LCA データベースシステムの開発　158
2.1　全体構成　158
2.2　データ入力用ソフトウエア　158
2.3　データ提供サーバ　158
2.4　データベースサーバ　159

第３章　データ入力用ソフトウエアの開発 …… 160
3.1　データフォーマットの検討 …… 160
3.2　データ入力マニュアル …… 165
3.2.1 データ入力 …… 165
3.2.2 辞書保守 …… 214
3.2.3 インポート …… 215
3.2.4 エクスポート …… 218
3.3　データ入力用ソフトウエアの構成と内容 …… 220
3.3.1 データ入力機能 …… 220
3.3.2 辞書保守機能 …… 223
3.3.3 インポート／エクスポート機能 …… 224
第４章　データベースサーバの開発 …… 225
4.1 データベース構造の開発 …… 225
4.2 データベースシステムの構成と内容 …… 228
4.2.1　利用者認証機能 …… 229
4.2.2　データ検索機能 …… 230
4.2.3　検索結果一覧表示機能 …… 231
4.2.4　データダウンロード機能 …… 232
4.2.5　メインメニュー機能 …… 233
4.2.6　データ確認機能 …… 234
4.2.7　データ登録機能 …… 235
4.2.8　マスタ保守機能 …… 236
4.2.9　利用者保守機能 …… 237
4.2.10 アクセスログ解析機能 …… 238
4.2.11 サーバデータ一覧機能 …… 239

第Ⅳ編　インパクト評価研究会活動結果

要旨 …… 241
第１章　インパクト評価手法の開発現状と課題 …… 242
1.1　海外におけるインパクト評価手法の現状 …… 242
1.2　我が国におけるインパクト評価手法 …… 247
1.2.1 地域性考慮法 …… 247
1.2.2 時間消費法 …… 255
1.2.3 アンケート法 …… 263
1.2.4 Ｉ－Ｏ統合化法 …… 269
第２章　日本版インパクト評価手法の開発と基礎調査 …… 275
2.1　日本版インパクト評価手法開発において考慮すべき要点 …… 275
2.2　コンジョイント分析によるLCAインパクトアセスメント …… 281
2.2.1 LCAインパクト・カテゴリの統合評価と製品多属性評価 …… 281
2.2.2 属性と水準の設定 …… 282
2.2.3 ACAコンジョイント分析の結果 …… 284

2.2.4 仮想ランキングによるコンジョイント分析の結果 …… 289
2.2.5 まとめと今後の課題 …… 290
2.3 ダメージ関数導出のための基礎調査（環境影響と被害） …… 292
2.3.1 地球温暖化 …… 292
2.3.2 オゾン層破壊 …… 308
2.3.3 人間毒性、生態毒性 …… 319
2.3.4 光化学オキシダント …… 330
2.4 年間総環境影響値（規格値）の調査 …… 340
2.5 排出物現況調査（汚染マップ作成） …… 354
2.5.1 調査目的 …… 354
2.5.2 酸性化寄与物質 …… 354
2.5.3 富栄養化寄与物質 …… 360
2.5.4 今後の課題 …… 363
第３章 まとめ …… 364
研究発表・講演、文献、特許等の状況 …… 364

１．まえがき

有限の地球で、60 億人を超えて増加を続ける人類が、物質的繁栄を求めて更に経済成長を続ければ、21 世紀中に遅かれ早かれ悲惨な結末を迎える事は自明である。米国、ドイツ、オランダは市民一人当たり年間 85 トンの資源（隠れたマテリアルフローを含めると）を、日本は、45 トンを消費している。中国も急速な経済成長の結果、今や石炭、鉄鋼、セメント、ガラスなどの生産量で世界一を占めている。その結果として全世界で一体、何が起っているか。正に 絶えざる地球環境の悪化である。オゾン層、豊かな土壌、生物多様化、化石燃料、金属資源、森林面積などが減少する一方で温暖化ガス、エアロゾル、対流圏のオゾンは増加しつつある。私達は、環境、資源、経済成長の無限パラダイムから有限パラダイムへの転換を鋭く迫られているのであり、次のような厳然たる事実を人類全員が深くかみしめるべき時期に来ているのである。すなわち、

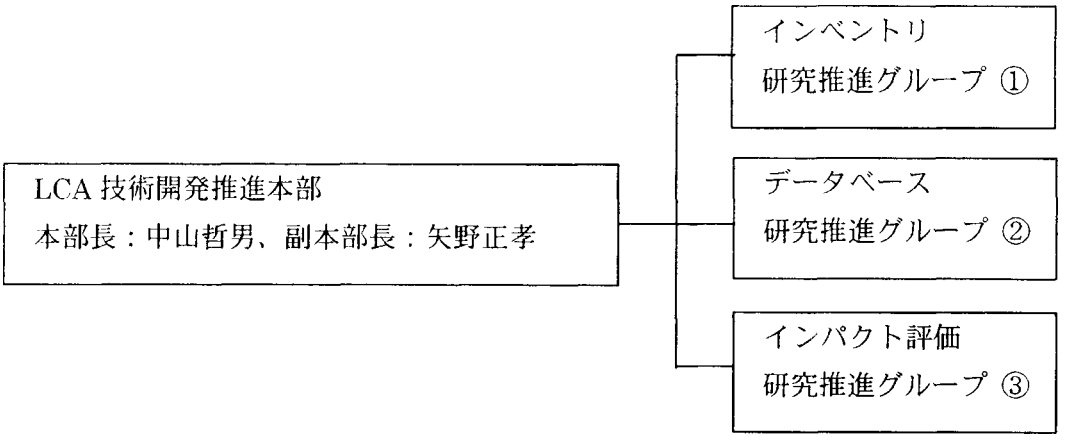
（１） 金属・化石燃料等の枯渇性資源は、有限である。
（２） 木材・魚・地下水などの再生可能資源も再生速度を超えて採取すれば枯渇する。
（３） 生態系の CO_2、SO_2…などを拡散、分解、吸収する速度には限界がある。
（４） 生態系で分解しない人口化学物質や金属は地球表面に蓄積していく。
（５） 植物等による太陽光の光合成量には限界がある。

例えば（３）について考えてみよう。大気中の CO_2 濃度は、350ppm 程度であるが、既に地球温暖化を引き起こしつつある。一方、石炭、石油、天然ガスの確認埋蔵量をすべて燃やし尽くすと、それぞれ 5600、936、603 億トン（炭素換算）程度の CO_2 が発生し、生態系の吸収速度には限界があるので大気中の CO_2 濃度は更に 340ppm 増加し、690ppm に達して産業革命以前の濃度 280ppm の 2 倍を楽に越えてしまう。一方、現在全世界で使用している 100 億トンの鉄を一度リサイクルすると 20 億トン程度の CO_2 が発生する事も知られている。すなわち、材料の大量リサイクル、化石燃料の大量使用は気候の安定を破ってしまう危険性が高い。すなわち、あらゆる産業・経済活動は環境負荷を伴うのであって、有限な地球で工業文明を持続可能にするためにはあらゆる生産と消費の‘環境影響’の測定と管理、市場メカニズムを利用した削減が必須である。したがって、私達の取るべき選択はエコエフィシエンシーを飛躍的に高めた製品・サービス・インフラを普及させる脱物質・サービス指向経済でなければならない。ＬＣＡはそのための有力な手段であり、スーパー・エコ・イノベーションを引き起こし、社会経済システムのエコロジカルな再構築を進める上での強力なツールである。ＬＣＡの意義がやっと理解され、関係者の熱意が実って1998年にＬＣＡプロジェクト研究がスタートしたことは誠に喜ばしい限りである。後世、1998 年は、スーパー・エコ・イノベーションの開始の年として長く記憶されるようになることを強く信ずるものである。このプロジェクトにおいては、あらゆる環境学の議論の基礎となる強固なＬＣＩのデータベースの構築に止まらず、材料、プロセス、デバイス、製品、サービス、インフラ等の簡易インパクト分析手法等の開発にも積極的に取り

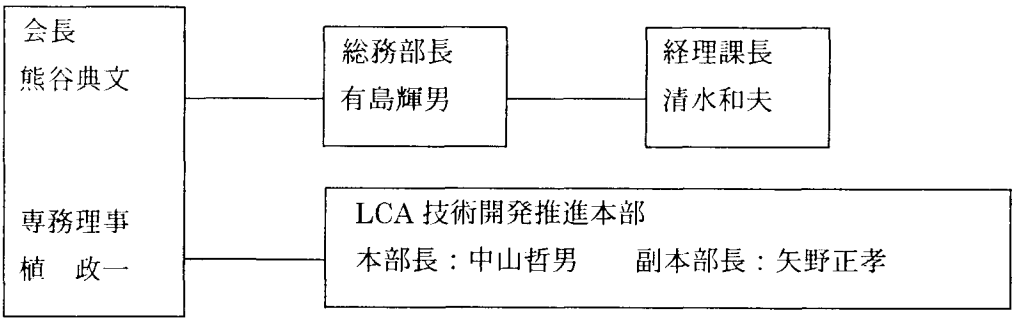
組み、公開し、論争を巻き起こし、更に改良を加えて社会に提供し、スーパー・エコ・イノベーションのスターターの役割を果たすべきであると考えている。　（山本良一）

2. 研究組織及び管理体制

(1) 研究組織



(2) 管理体制



(3) 研究者

○は従事人員を示す

氏　名	所属・役職（職名）	ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘ研 ①	ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ研 ②	ｲﾝﾊﾟｸﾄ評価 ③
中山　哲男	LCA 技術開発推進本部長	○	○	○
矢野　正孝	〃　副本部長	○	○	○
須田　茂	〃　、主任研究員	○	○	
今井　健之	〃　、主任研究員	○	○	
太田　俊雄	〃　、主任研究員	○		○
高橋　東一	〃　、主任研究員	○		○
森本　司	〃　、主任研究員	○		○
岩田　修正	〃　、主任研究員	○		
戸田　博章	〃　、主任研究員		○	○
中原　良文	〃　、研究員	○	○	
伊坪　徳宏	〃　、研究員		○	○

3. 研究日程および研究場所

(1)研究日程

平成１０年１０月２１日～平成１１年３月３１日

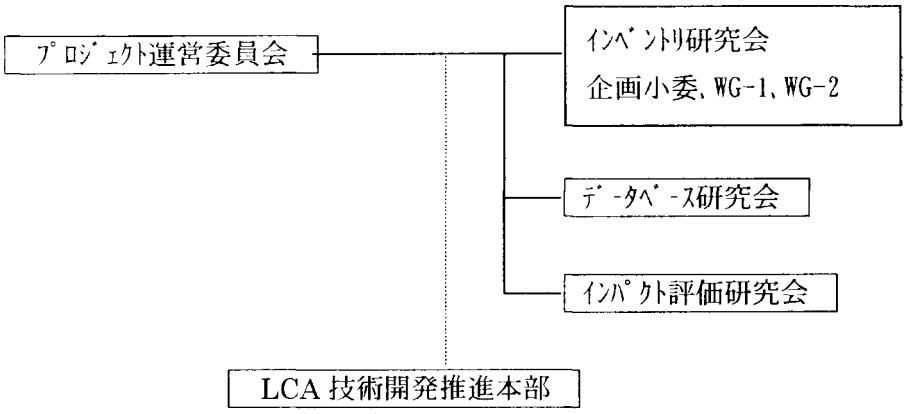
(2)研究場所

社団法人産業環境管理協会

4、開発の手段

(1)委員会構成

学識経験者等で構成される「プロジェクト運営委員会」、「インベントリ研究会」、「データベース研究会」、「インパクト評価研究会」を設置し本開発研究に関する立案･指導と開発結果の検討を行う。委員会、研究会の構成を示す。



(2)委員会名簿

プロジェクト運営委員会

委員長	山本良一	東京大学 生産技術研究所 教授
副委員長	稲葉　敦	資源環境技術総合研究所 エネルギー評価研究室長
委　員	松山　茂	新日本製鐵（株） 環境管理部 部長
〃	松浦　哲	トヨタ自動車（株） 環境部 部長
〃	横山　宏	（株）日立製作所 環境本部 地球環境推進センタ長
〃	岩本公宏	三井化学（株） 環境安全部 部長
〃	髙松信彦	新日本製鐵（株） 技術総括部 部長代理
〃	原田幸明	金属材料技術研究所 エコマテリアル チームリーダ
〃	酒井信介	東京大学工学部 機械工学科 教授
〃	中山哲男	（社）産業環境管理協会 常務理事

企画小委員会

委員長	稲葉　敦	資源環境技術総合研究所 エネルギー評価研究室長
委　員	髙松信彦	新日本製鐵（株）技術総括部 部長代理
〃	宇郷良介	日本電気（株） 環境管理部 環境製品エキスパート
〃	原田幸明	金属材料技術研究所 エコマテリアル チームリーダ

インベントリ研究会 WG－1

委員長	髙松信彦	新日本製鐵（株） 技術総括部 部長代理
委員	稲葉 敦	資源環境技術総合研究所 エネルギー評価研究室長
〃	原田幸明	金属材料技術研究所 エコマテリアル チームリーダ
〃	加賀見英世	（株）東芝 環境技術研究所 環境技術センター 研究主幹
〃	伊藤健司	キャノン(株) 生産本部 環境技術ｾﾝﾀｰ 環境企画部 LCA 研究室
〃	宇内 進	板硝子協会 調査役
〃	冨澤幸雄	石川島播磨重工業（株）技術研究所 材料研究部 課長
〃	村田佳久	関西電力（株） 立地環境本部 地球環境グループ 副長
〃	土田和義	東洋紡績 （株） 総合研究所 地球環境研究所 所長
〃	山戸昌子	トヨタ自動車（株）設計管理部部付環境渉外グループ
〃	岡嶋利治	（株）日本ガス協会 環境部 部長
〃	堀 定男	日本製紙連合会 技術環境部 調査役
〃	新井信也	日本石油（株）環境保安部環境グループ
〃	湛 久徳	（社） 日本電子工業振興協会 情報産業部 課長
〃	添田信一	富士通 （株） 環境管理技術推進センター 環境管理部
〃	須田 勉	（社）プラスチック処理促進協会 技術開発部 部長
〃	中山 強	三菱アルミニウム（株） 技術部 主幹
〃	増永元彦	三菱マテリアル （株） 生産技術部 副部長
〃	幸村正彦	リンナイ（株） 商品技術開発部 次長
〃	多羅尾 務	（社）建築業協会 事業部長
〃	森 政義	住友金属鉱山（株） 安全環境部 主任技師
〃	畠田文比古	品川白煉瓦（株） 技術部 室長
〃	宿崎孝光	（株）デンソー 安全衛生環境部 主任部員
〃	阿部英美	（株）ブリヂストン 環境管理室長
〃	佐竹一基	（株）ソニー中央研究所 環境研究センター 課長

（第Ⅱ編第1章、第2章執筆）

インベントリ研究会WG－2

委員長	原 田 幸 明	金属材料技術研究所 エコマテリアル チームリーダ
〃	冨 澤 幸 雄	石川島播磨重工業（株）技術研究所 材料研究部 課長
〃	中野 加都子	関西大学工業技術研究所 研究員
〃	則 武 祐 二	（株）リコー 社会環境室 環境安全グループ リーダ
〃	大 迫 政 浩	国立公衆衛生院廃棄物工学部 主任研究官
〃	柴 田 清	新日本製鐵（株） 先端技術研究所 未来領域研究部 主任研究員

（第 II 編 第 3 章 執 筆）

データベース研究会

委員長	酒 井 信 介	東京大学工学部 大学院工学系研究科 教授
委 員	小 林 光 雄	資源環境技術総合研究所 エネルギー資源部 エネルギー評価研究室
〃	緒 方 順 一	NKK 技術企画部 主幹
〃	宇 郷 良 介	日本電気 （株） 環境管理部 環境製品エキスパート
〃	市 川 芳 明	（株）日立製作所 大みか工場 産業システム設計部 主任技師
〃	春 木 和 仁	（株）東芝 研究開発センター 環境技術研究所
〃	船 崎 敦	（財）日本自動車研究所 社会・環境研究室 主任研究員
〃	小 関 康 雄	（株）日立製作所 日立研究所 エネルギー・環境研究部 主任研究員

（第 III 編 執 筆）

インパクト評価研究会

委員長	稲葉　敦	資源環境技術総合研究所 エネルギー評価研究室長
委　員	松野泰也	資源環境技術総合研究所 エネルギー資源部
〃	森口祐一	国立環境研究所 地域環境研究グループ 総合研究官
〃	森下　研	（株）エコマネジメント研究所 代表
〃	水谷　広	日本大学 生産資源科学部 教授
〃	國部克彦	神戸大学 経営学部 助教授
〃	赤井　誠	機械技術総合研究所 研究調査官
〃	冨増和彦	奈良産業大学 経済学部 助教授
〃	水野建樹	資源環境技術総合研究所 次長
〃	羽鳥之彬	（株）荏原製作所 ゼロエミッションヨン事業計画室　LCA開発部長
	（第 Ⅳ 編 執 筆）	

委員会事務局	(社) 産業環境管理協会　LCA開発推進部	矢野正孝
	(社) 産業環境管理協会　LCA開発推進部	太田俊雄
	(社) 産業環境管理協会　LCA開発推進部	中原良文
	(社) 産業環境管理協会　LCA開発推進部	伊坪徳宏
	（第 Ⅰ 編 執 筆）	

業務実施責任者	(社) 産業環境管理協会常務理事	中山哲男

５．概要

通産省は平成１０年度から向こう５年計画で総額８億５千万円を投じ、国家プロジェクト「製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発」（通称、LCA プロジェクト）を発足させた。

本プロジェクトは、我が国で共通使用できる信頼性の高い LCA データベースと、LCA 手法の開発をめざして、産官学 56 名の専門家委員と 23 工業会の参画のもとに発足したが、その推進体制として、全体の企画・運営を掌るプロジェクト運営委員会のもとに、インベントリ研究会、インパクト評価研究会、データベース研究会を置いて実活動を展開した。平成 10 年 10 月の発足より平成 11 年３月までに、プロジェクト運営委員会を２回、インベントリ研究会、データベース研究会、インパクト研究会を各々５回開催し、かつ各種調査活動、新規手法検討、システム開発活動等により、平成 10 年度成果として下記の中間結果を得た。

１．インベントリ研究会

インベントリ研究会の全体および初年度活動計画を立案し、活動を大きく 1)積上げ法によるインベントリデータ収集（WG-1 活動）、 2)リサイクル、廃棄段階のマテリアルフローの明確化と LCI 手法への反映（WG-2 活動）、の２項を中心に進めることで全体合意を得た。

（１）インベントリデータの収集（WG-1）

データ収集・入力手順としては概略以下の通りとする。

a. 某事務機械のインベントリデータを例に、記載項目とフォーマットイメージの把握
b. インベントリデータ整理用フォーマットの作成
c. インベントリ項目の検討
　①製品（サービス）に係るサブシステムフローを整理
　②自工業会で LCA 対象としたい製品を工業統計表、産業分類コード表より抽出
　③製品製造に係るインプット、アウトプット物質（環境負荷物質を含む）をコード表より抽出し、上記フォーマットに記載

さらに、工業会の提出するインベントリ項目のつき合わせにより、

d. 積上げ法で収集可能なインベントリ項目および担当工業会の決定
e. はみだし項目の整理とデータ収集法の決定（プロセスモデル法、産業連関法）
f. インベントリデータ収集基準の作成とこれに基づく収集作業
g. データ入力ソフトウエアの活用によるデータインプット
h. 工業会単位でのデータチェック

平成 10 年度は上記手順中３）まで、すなわち各工業会によるインベントリ項目の一回目の提出を終えた段階である。具体的作業としては、データベース研究会にて検討・提示されたフォーマット案に基づき、インベントリデータ収集用フォーマット－ 1,2,3 を作成

し、２３工業会および調査機関による収集活動を開始した。各工業会毎に収集提示可能な出力インベントリデータ項目、必要な入力インベントリ項目の整理を行い、一回目のインベントリ項目集約を終えた。

これに基づいてインベントリ項目をさらに総合整理し、データ収集法（積上げ法、プロセスモデル法、産業連関法）および担当工業会、調査機関を決定すべく作業中である。

環境負荷物質の提示については、大気、水質、土壌各汚染物質に関して、各工業会から提示可能な物質についてのアンケート調査を実施中である。

また、共通インベントリ項目として、資源採掘、エネルギー、輸送に関するデータを、さらに基礎材料としての石油化学製品、無機化学製品に関するデータを調査機関を通して委託調査した。

（２）リサイクル・廃棄過程における LCI 方法論（WG-2）

静脈部門に関する LCI の確立をめざして、製品組立側からみた静脈工程の考え方、リサイクル・廃棄段階におけるインベントリデータの考え方や計算上の問題点、廃棄物処理施設に関する問題点等、静脈部門における LCI に関わる問題点を議論抽出した。

さらに、静脈部門におけるマテリアルフロー調査として、鉄、アルミ、銅、亜鉛、鉛、カドミウム、白金、錫等の主要金属、およびガラスに関するマテリアルフローの実態調査を行った。

また、最終処分における環境負荷原単位のモデル化を目的に、一般廃棄物と産業廃棄物に関する実態調査に着手した。前者については５自治体分のデータを入手し、最終処分場における環境負荷物質量の概略値を把握したが、後者については 4 社に協力要請をおこなったものの、諸般の事情により所期のデータ採取を実行することができず、本格的データ収集は来年度以降となる見込みである。

２．データベース研究会

海外の代表的インベントリデータフォーマットを調査検討し、データ入力用フォーマット原案を提示した。これをインベントリ研究会におけるデータ収集用フォーマット、データベース研究会におけるインベントリデータ入力用ソフトウエアの構成を考えるための参考に供した。

本研究会での平成 10 年度主要成果は、LCA データベースシステム、およびデータ入力用ソフトウエアの基本仕様を決めて専門業者に設計・作成を委託し、作成されたソフトウエアについて、種々の機能改善、表示内用改善要求を議論し、修正･改善を加えたことにある。

（１） LCA データベースシステムの開発

インベントリ研究会において収集されるインベントリデータをデータベース化し、電子手段を通じて利用者に提供できるシステム（含むハードウエア）を構築する。

その構成は、

①データ入力クライアント

②データベースサーバ

③データ提供用サーバ

からなり、今年度は上記に対応して、①データ入力用ソフトウエアの開発、②データベース構造の開発、③データベースサーバとデータ提供用サーバとのインターフェースの検討に注力した。

核となるデータベースサーバは、ORACLE をデータベースとしてインベントリデータを格納する。機能としては検索機能と管理機能を有し、データ提供サーバからの検索条件に従ってデータ提供サーバに結果を返す機能、およびデータベースの各種情報の管理、メンテナンスを行う機能を提供する。

（2） データ入力用ソフトウエアの開発

インベントリデータ入力者の作業が容易に行えるよう支援し、データベースシステムへの登録作業の効率化をはかる為のソフトウエアを開発した。

前提条件として、インベントリ研究会で使用するインベントリデータフォーマットに準拠した。本フォーマットは一つの製品システムに対して、「サブシステム情報」、「サブシステム入力データ」、「サブシステム出力データ」、「内部輸送データ」の４大項目に分類される合計 130 項目からなる。

これに基づいて作成したデータ入力用ソフトウエアの機能は、次のように分類される。

①データ入力機能：「サブシステムフロー」、「サブシステム情報」、「入力データ」、「出力データ」、「内部輸送データ」を入力し、製品システムの構成およびインベントリデータを明確に入力できる。

②辞書保守機能　：ある産業分類コードに対してつけられている正式名称に対して、各業界や企業などで使用している独自の名称を別名として登録する。

③インポート／エクスポート機能：他のアプリケーションで作成されたデータを、この入力ツールで使用するためのインポート機能、他のアプリケーションで利用可能な CSV 形式のファイルを出力するエクスポート機能を提供する。

また、産業連関表による各種産業の既存 LCI データを、LCA データシステム入力項目に従い試行入力した。来年度以降、実データの入力によりインベントリ入力用ソフトウエア、および LCA データベースシステムの機能チェックを行う。

3．インパクト評価研究会

インパクト評価研究会の本年度の活動は、(1)各種の影響カテゴリにおけるエンドポイントのダメージを推定する既存の手法を整理すること、(2)影響カテゴリ間の重み付けの手法を整理すること、の２つの方向に向かって行われた。

さらに、(1)の実施においては、(2)で検討される影響カテゴリの統合化を意識し、異なるエンドポイントのダメージを共通の指標で評価する可能性を追求した。また、(2)においては、我が国の統合化指標の開発を意識し、統合化に含めるべき影響カテゴリとそのエンドポイントを議論した。以下に、上記の二つの方向の議論の内容を総括する。

（１）各種の影響カテゴリにおけるエンドポイントのダメージを推定する既存の手法の整理

本年度は①地球温暖化、②オゾン層破壊、③人間毒性・生態毒性、④光化学オキシダントについてダメージを算定するための基礎データ収集作業を行い、環境負荷物質の放出からダメージまでの関係の定量化を試みた。

各カテゴリ内で考慮すべき排出物項目が多数存在し、また考慮すべきエンドポイントも多く、さらに、エンドポイントのダメージを推定する手法（モデル）も多様であり、かつそれらの手法の基礎となるデータが十分に集積されていない。これらの現状を整理し、その現状の中で考え得る最良のダメージ算定手法を用いる場合の問題点を整理した。今後、問題点を克服するためのデータ収集・精度の向上、手法の精緻化が必要であろう。

（２）影響カテゴリ間の重み付けの手法の整理

我が国においても、いくつかの統合化手法開発の事例研究が行われているが、環境影響の考え方、計算方法などが大きく異なっている。本年度はこれまでに提案された統合化手法について調査し、手法間の比較を行うために、同一のインベントリデータを用いて、それぞれの評価を行うケーススタディを実施した。（共通のインベントリデータとして、平成9年度エネルギー使用合理化手法国際調査の結果を基に、仮想複写機のインベントリデータを用いた。）

その結果、インベントリデータが同一であっても、影響評価結果は手法により大きく異なることが判明した。この違いは、影響評価を行う際の考え方(どの保護対象を重要と考えるか、どのインパクトカテゴリを重要と考えるか)に大きな差異のあることが原因となっている。

本研究会では、このケーススタデイとは別に、インパクト評価手法を構築する際に何が重要であるか整理した後、研究会の委員を回答者とするアンケートを行い、重要と考えるインパクトカテゴリ、保護対象を検討した。保護対象についてはある程度の一致を見たが、インパクトカテゴリの選定については、委員の間でも大きな差異が見られた。日本における統合化指標を開発する上では、統合化指標の目的と手法について十分に議論を行うことが必要である。

環境インパクトを経済価値に換算する方法は、統合化指標の一つの方向である。本研究会でも、経済評価手法の一つとして有力視されるコンジョイント分析について調査を行い、エアコンを例にケーススタディを試みた。コンジョイント分析は、環境負荷物質の放出、冷暖房パワー、価格などパソコンの持つ属性の相対的評価を行い、その結果として環境負荷物質の放出を抑制するコストを算出する手法である。まだ、研究途上にあり、今後ケーススタデイを継続することが必要である。

6. Summary

The Ministry of International Trade and Industry (MITI) has launched a national project, "Development of Assessment Technology of Life Cycle Environment Impacts of Products"(commonly known as the LCA Project).The activities of this project will be continued for 5 yeas with an overall budget of total 850 million yen.

The LCA Project aims to develop a highly reliable LCA database and LCA methodology which can be readily used throughout Japan. It was launched with the participation of 56 expert committee members from industry, government and academia and 23 industry associations. The Inventory Study Committee, Impact Assessment Study Committee and Database Study Committee were established under the Project Steering Committee, which is in charge of overall planning and operation, in undertaking activities. Since the launch of this project in October 1998, the Project Steering Committee has convened on two occasions while the Inventory Study Committee, Database Study Committee and Impact Assessment Study Committee have each convened on five occasions through March 1999. As a consequence of various investigations, new methodology studies and system development activities, the following interim results were obtained for fiscal 1998.

1. Inventory Study Committee

An overall activity plan and that of the first fiscal year were drawn up by the Inventory Study Committee. A general consensus was reached on implementation with emphasis on the following two activities: 1) collection of inventory data by Summing-up Methods (WG-1 activity) and 2) clarification of material flow at the recycling and waste treatment stage and its reflection in the LCI methodology (WG-2 activity).

(1) Collection of inventory data (WG-1)

The data collection and input procedures were summarized as follows.

1) Understanding of entries and format image by using inventory data of office equipment as an example
2) Preparation of format for inventory data arrangement
3) Study of inventory items
   ① Arrangement of product (service) subsystem flow
   ② Selection of products to be subject to LCA from the Industrial Census and Industrial Classification Code Table by the participant associations
   ③ Selection of input-output substances (including environmental load substances)

relating to the product manufacturing from the code table and recording them in the above-mentioned format

Based on the collation of inventory items submitted by industry associations,

4) Determination of the inventory items that can be collected by Summing-up Methods and of the responsible industry association
5) Arrangement of the overflow items and determination of the data collection method (process model method, input-output method)
6) Preparation of the inventory data collection criteria and collection of the data based on such criteria
7) Input of the data by using the data input software
8) Data checking by each industry association

In fiscal 1998, among the above-mentioned procedures, each industry association has completed steps 1), 2) and 3) primary arrangement of inventory items. Specifically, inventory data collection formats -1, 2, 3 were prepared on the basis of the format studied and indicated by the Database Study Committee, and data were collected by 23 industry associations and investigation organizations. Output inventory items as well as the necessary input inventory items were arranged by each industry association. Based on such procedure, inventory items are currently being comprehensively arranged. Furthermore the data collection method (Summing-up Methods, process model method, input-output method), responsible industry association and investigation organization are being determined.

As for the indication of environmental load substances, a questionnaire survey is being conducted on air, water and soil pollutants which can be indicated by each industry association.

Furthermore, the survey of data concerning resource mining, energy and transportation as common inventory items and data concerning petrochemical products and inorganic chemical products as basic materials was commissioned to an investigation organization.

(2) LCI methodology during recycling and waste treatment process (WG-2)

To establish the LCI methodology for the return and waste process, many items such as conceptual approaches, computational problems and waste treatment facilities were discussed from the assembling point of view.

In addition, a fact-finding survey was conducted on the material flow of iron, aluminum,

copper, zinc, lead, cadmium, white metal, tin and other leading metals and glass as a material flow survey in the return portion.

A fact-finding survey on municipal and industrial waste was started with the aim of developing a model for environmental load units during the final disposal. With regard to the first survey, data on five local governments were obtained and the approximate quantity of environmental load substances at the final disposal site was clarified. With respect to the second survey, however, the hoped-for data were not gathered despite our request to four companies for their cooperation. As such, data are expected to be collected in earnest after the next fiscal year.

2. Database Study Committee

Typical inventory data formats used in foreign countries were studied, and a draft plan for data input format was presented. This plan was presented as a reference for the consideration of the data collection format at the Inventory Study Committee and for the configuration of the inventory data input software at the Database Study Committee.

During fiscal 1998, the Database Study Committee determined the basic specifications of the LCA database system and data input software, consigned the design and production of such software to an expert company. And the committee improved various functions and the displayed contents of the prepared software.

(1) Development of LCA database system

LCA database system is constructed as a integrated system of data input, data base and data providing to users through electronic means.

This database system will consist of

① Data input client

② Database server

③ Data supply server.

During the current fiscal year, energy was channeled into 1) developing data input software, 2) developing a database structure, and 3) studying the interface with the database server and the data supply server in order to accommodate the system above.

The database server, the core of the system, stores inventory data by using ORACLE as a database. Retrieval function and management function are available. The database system offers a function that returns the results to the data supply server according to

retrieval conditions from the data supply server as well as a function that manages and maintains a various database information.

(2) Development of data input software

Software was developed to facilitate inventory data input and to enhance the efficiency of registration with the database system.

As a precondition, the software was made to conform to the inventory data format used by the Inventory Study Committee. This format comprises a total of 130 items, which are widely classified into four major items for each product system, namely "subsystem information," "subsystem input data," "subsystem output data" and "internal transport data."

The functions of data input software prepared on the basis of these items can be classified into the following categories:

1) Data input function: inputs "subsystem flow," "subsystem information," "input data," "output data" and "internal transport data" to express the product system configuration and inventory data.

2) Dictionary maintenance function: with respect to official names assigned to certain industry classification codes, registers the original name used by each industry and company as an alias.

3) Import/export function: offers import function to enable the use of data prepared by other applications by means of this input tool as well as export function that outputs CSV files that can be used with other applications.

In addition, existing LCI data of each industry based on the Input-Output Table were input on a trial basis in conformity with the LCA data system input items. After the next fiscal year, actual data will be input to check the functions of the inventory data input software and the LCA database system.

3. Impact Assessment Study Committee

During the current fiscal year, the Impact Assessment Study Committee undertook the following activities: (1) arrange the existing methods for estimating the damage of end points of various impact categories, and (2) arrange the weighting methods between impact categories.

In implementing above(1), by being mindful of the aggregation of impact categories studied in (2), the feasibility of assessing the damage of different end points by means of a common indicator was studied. As for (2), by being mindful of the development of a Japanese aggregation indicator, the impact categories to be included in aggregation and their end points were discussed. The two lines of argument are summarized below.

(1) Arrangement of existing methods of estimating the damage of end points in various impact categories

During the current fiscal year, basic data were collected to estimate the damage caused by (1) global warming, (2) ozone layer depletion, (3) human toxicity and ecological toxicity, and (4) photochemical oxidants in quantifying relationships ranging from the emission to damage of environmental load substances.

There are numerous emission items that need to be taken into account in each category and numerous end points that need to be considered. Moreover, there is a variety of methods (models) for estimating end point damage, and there is a shortage of data which form the basis of these methods. By examining these conditions, the problems of utilizing the optimal damage estimation method conceivable in these circumstances were studied. In the future, it will be necessary to improve data collection and accuracy as well as to refine the methods.

(2) Arrangement of the weighting methods between impact categories

In Japan as well, several case studies have been conducted on the aggregation methods. Nevertheless, the conceptual approach to and method of calculation of environmental impact differ substantially. During the current fiscal year, the aggregation methods proposed to date were investigated and compared. For this purpose, case studies were conducted to evaluate each method by means of the same inventory data. (As common inventory data, inventory data of a virtual copying machine were utilized on the basis of the findings of a fiscal 1997 report, "International investigation of energy utilization rationalization methods".)

The case studies revealed that even if the same inventory data are used, the environmental assessment results vary substantially depending on the method used. This gap can be attributed to a large discrepancy in the conceptual approach to environmental assessment (which protection items and impact categories are considered important).

Aside from this case study, the Impact Assessment Study Committee determined what is vital in developing impact assessment methods and subsequently conducted a questionnaire

survey on its members to study important impact categories and protection items. Although there was some consensus regarding the protection items, there was a big gap among committee members with regard to the selection of impact categories. As such, it is essential to adequately debate the purpose and methods of the aggregation indicator in developing an aggregation indicator in Japan.

One of the methods adopted by the aggregation indicator is to convert environmental impact into economic value. The Impact Assessment Study Committee performed an investigation of conjoint analysis which is being considered as a leading economic assessment method and implemented a case study regarding air-conditioners. Conjoint analysis is a method of estimating the cost of lowering the emission of environmental load substances by performing a relative evaluation of the emission of environmental load substances, air-conditioning power, cost and other attributes of personal computers. This matter is currently being studied, and it is necessary to continue to conduct case studies in the future.

第Ⅰ編

LCAプロジェクト

（製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発）の全体活動計画

要旨

近年、持続的発展の実現にむけた環境負荷評価手法の一つとして、LCA が注目を集め、国際標準化機構（ISO）においてその標準化作業が進められるとともに、我が国でも国公立の研究機関や民間企業での調査・研究が活発になって来ている。
中でも 1995~1997 年の間、通産省の指導のもとに産官学 250 組織が参加して活動した LCA 日本フォーラムでは、LCA の意義、手法、用途、問題点について詳細な検討が行われ、その活動成果として、①我が国の共通 LCA 手法の確立、②我が国パブリックデータベースの構築、③LCA 適用ルールの確立、④一般市民、産業界等への啓発、普及活動体制の確立、の必要性が提言された。

本提言を受けて、通産省は平成１０年度から向こう５年計画で総額８億５千万円を投じ、国家プロジェクト「製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発」（通称、LCA プロジェクト）を発足させた。本プロジェクトは中核的推進体制として、インベントリ研究会、
インパクト評価研究会、データベース研究会を置き、我が国で共通使用できる信頼性の高い LCA データベースと、LCA 手法の開発をめざす。

第１章　LCA プロジェクトの活動目的とその応用

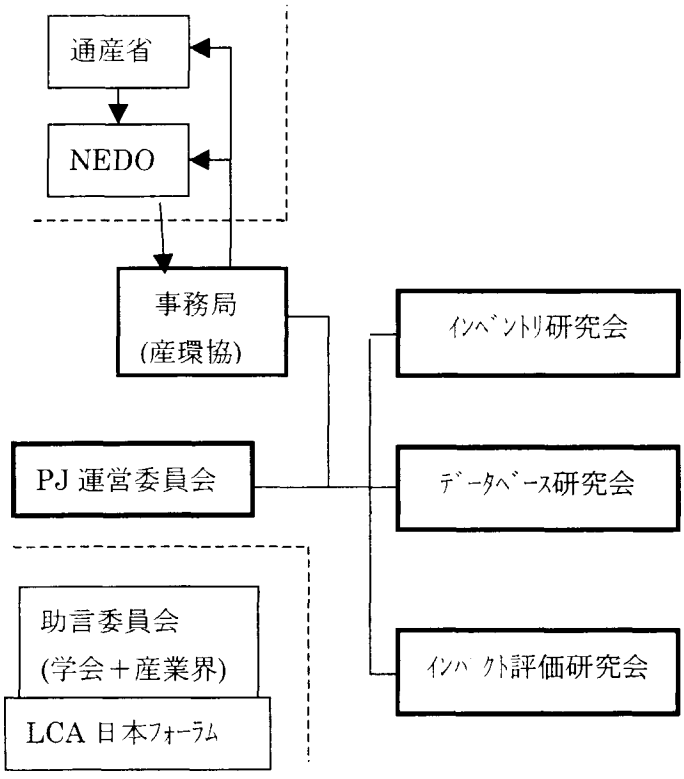
本プロジェクトの活動目的は、我が国において共通使用できる、①LCA 手法、②LCA データベース、およびユーザーにとって利用し易い、③ネットワークシステム、を開発することにあり、その成果を以下のような分野へ活用することを視野に入れている。

1)企業生産活動への活用
　①エコデザインの展開、②エコプロセスの構築
2)マーケッティングへの活用
　①エコラベル認定、②環境仕様書の作成
3)環境行政への反映
　①グリーン調達、②COP3 議定書への対応等、
4)LCA の普及加速
　①信頼性の高い LCA ソフトの普及、②教育用教科書の充実、③LCA 指導者の養成

第２章　推進体制

推進体制として、第 3.1-1 に示すようにインベントリ研究会、データベース研究会、インパクト研究会をおき、その上位に各研究会相互の研究内容調整、全体活動のステアリングを目的とするプロジェクト運営委員会を置いた。プロジェクトへの参加工業会は、LCA 日本フォーラム参加会員を中心に２３工業会にのぼっており、各工業会を中心として積上

げ法によるインベントリデータの収集に当たる。各工業会の機能的活動と有効なアウトプットを期待するためには、インベントリデータ収集マニュアルの作成等において LCA 経験者の指導とデータベース研究会との連携が必須であり、この機能を果たすべくインベントリ研究会内に企画小委員会を設置した。本プロジェクトは LCA 日本フォーラムとは独立した活動を展開するが、新たにフォーラム内に設置した助言委員会（大学・研究所の有識者、および経団連代表により構成）を通して緊密な連携を維持してゆく。



第 3.1-1 図
LCA プロジェクトの
推進体制

第３章　各研究会の活動内容

３．１インベントリ研究会

3.1.1　目的

環境負荷を低減するための LCA 普及を目的として、日本の産業界が共通の手法によって透明性と信頼性の高いｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘﾃﾞｰﾀを作成し、我が国において共通使用できるｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘﾃﾞｰﾀ集を構築する。参加工業会のインベントリデータ収集分担範囲を第 3.1-2 図に示す（廃棄物処理、ﾘｻｲｸﾙ等静脈産業部門については、統計ﾃﾞｰﾀが少なく、推定計算も困難であるため、ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘ分析での方法論的取扱い原則を明らかにするとともに、可能な範囲でのｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘﾃﾞｰﾀ整理に留める。）

3.1.2　研究項目および進め方

≪WG-1.　ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘﾃﾞｰﾀの作成≫

（1）　研究項目

a. ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘ項目の設定

b. ﾃﾞｰﾀ収集範囲の設定

c. ﾃﾞｰﾀ収集ﾏﾆｭｱﾙとﾌｫｰﾏｯﾄの作成（ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽｽｷｰﾏの確定）

d. ﾃﾞｰﾀ収集用、ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ用ｿﾌﾄｳｴｱの作成

e. ﾃﾞｰﾀ収集作業の実施

f. ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘﾃﾞｰﾀの品質ﾁｪｯｸ

g. ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ公開方法、運用方法の整理

（2）進め方

基本的にISO14040およびISO14041に準拠したﾃﾞｰﾀ集を作成することとし、下記a.～d、gはデータベース研究会との連携のもとに実施する。

a. ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘﾃﾞｰﾀ項目の設定

主要基礎物質

①共通項目（ｴﾈﾙｷﾞｰ、資源採掘、輸送）、②基礎材料（鉄鋼、非鉄金属、ｾﾒﾝﾄ等）、③工業製品（基盤、ﾓｰﾀｰ等ﾍﾞｰｽとなる工業製品）、④ﾘｻｲｸﾙと廃棄物

環境汚染物質

①　大気汚染（CO2、Sox、NOx等）、②水質汚濁（溶存有機炭素、COD等）

②　土壌汚染（廃棄物、有害物質等）

＊重金属、有害化学物質の取扱いは別途議論

b. ﾃﾞｰﾀ収集範囲の設定

ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ全体の収集範囲、および各産業界での収集範囲の設定。

c. ﾃﾞｰﾀ収集ﾏﾆｭｱﾙとﾌｫｰﾏｯﾄの作成（ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽｽｷｰﾏの確定）

①ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘの数値書式、付随情報を明確化し、その蓄積手法を導出

②LCAを実施する上でのﾊﾞｯｸｸﾞﾗｳﾝﾄﾞﾃﾞｰﾀとしてﾕｰｻﾞｰのﾆｰｽﾞを満足できる数値

→・業界代表ﾃﾞｰﾀ（平均値、代表値の明示）

・ﾃﾞｰﾀ採取条件（単位系、ﾃﾞｰﾀｿｰｽ、計測方法等）、守秘性の有無等。

③副産物、ﾘｻｲｸﾙ製品の取扱い整理

d. ﾃﾞｰﾀ収集用、ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ用ｿﾌﾄｳｴｱ作成

e. ﾃﾞｰﾀ収集作業の実施

①各業界単位での選定製品のｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘﾃﾞｰﾀ作成（積上げ法をﾍﾞｰｽ）

②欠落ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘﾃﾞｰﾀの補完（以下の方法による）

・既存のﾌﾟﾛｾｽﾃﾞｰﾀ収集
・産業連関表の利用（産業連関表ｸﾞﾙｰﾌﾟの成果とりまとめ）
・各種統計表の利用（工業会統計などの発掘）
・ﾌﾟﾛｾｽﾓﾃﾞﾙによる推定（LCA用ﾌﾟﾛｾｽﾓﾃﾞﾙ集の作成）

f. ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘﾃﾞｰﾀの品質ﾁｪｯｸ

①手法別ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘ値の比較

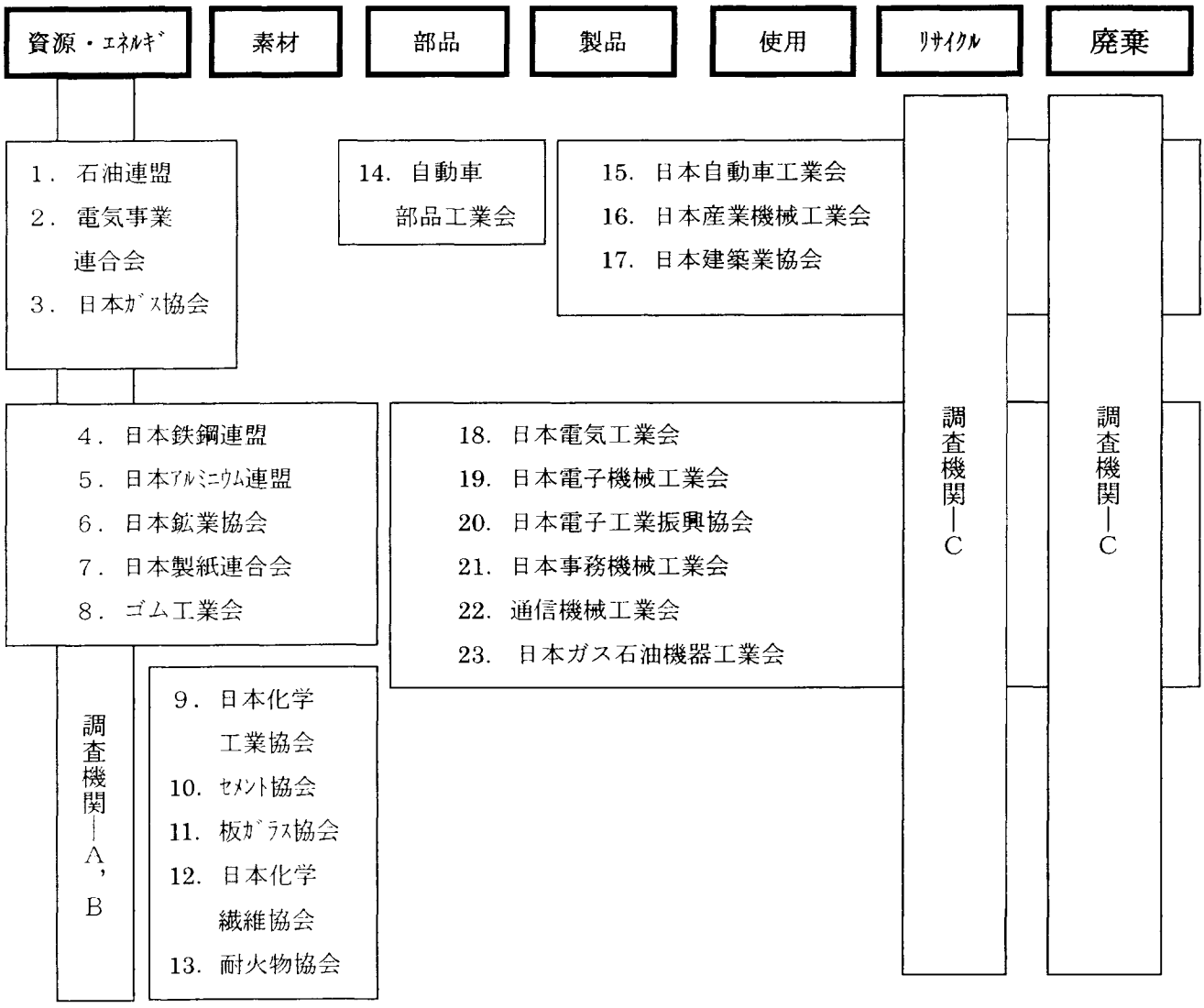
②感度分析（影響の大小に関連する項目の明確化→以後の効率的ﾃﾞｰﾀ収集）

③ﾌﾟﾛｾｽ区分分析（構成ﾌﾟﾛｾｽ区分を分析し、ﾃﾞｰﾀの透明性を検証）

g. ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ公開方法、運用方法の整理（WG-2の成果公開も含む）

①公開規定（公開制限の有無等）

③LCAｾﾝﾀｰ（仮称）による集中管理方式、ﾃﾞｰﾀﾒﾝﾃ方法等



第3.1-2図　LCAプロジェクトへの参加工業会とインベントリ分担

≪WG-2. ﾘｻｲｸﾙ、廃棄物のｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘへの反映≫

（1） 研究項目

a. 静脈部門に関するLCI方法論の確立

b. 静脈産業部門のﾏﾃﾘｱﾙﾌﾛｰ調査

c. 最終処分（焼却、埋立て）における環境負荷発生原単位のモデル化

（2）進め方

LCAにおける廃棄物の処理、およびﾘｻｲｸﾙに関する取扱いを明確にする。

（ただし、各産業界単位で廃棄ﾌﾛｰが明確な場合は、各ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘに包含する）

a. 静脈部門に関するLCI方法論の確立

①LCIにおける静脈部門の取扱い調査

→・総合的視点から（海外LCAでの取り扱いも参考とする）

・各産業、および静脈産業の視点から

②ｼｽﾃﾑのﾓﾃﾞﾙ化検討

b. 静脈産業部門のﾏﾃﾘｱﾙﾌﾛｰ調査

①金属、ｶﾞﾗｽ　→初年度調査対象

②紙、ﾌﾟﾗｽﾁｯｸ、市中ｺﾞﾐ　→２年度調査対象

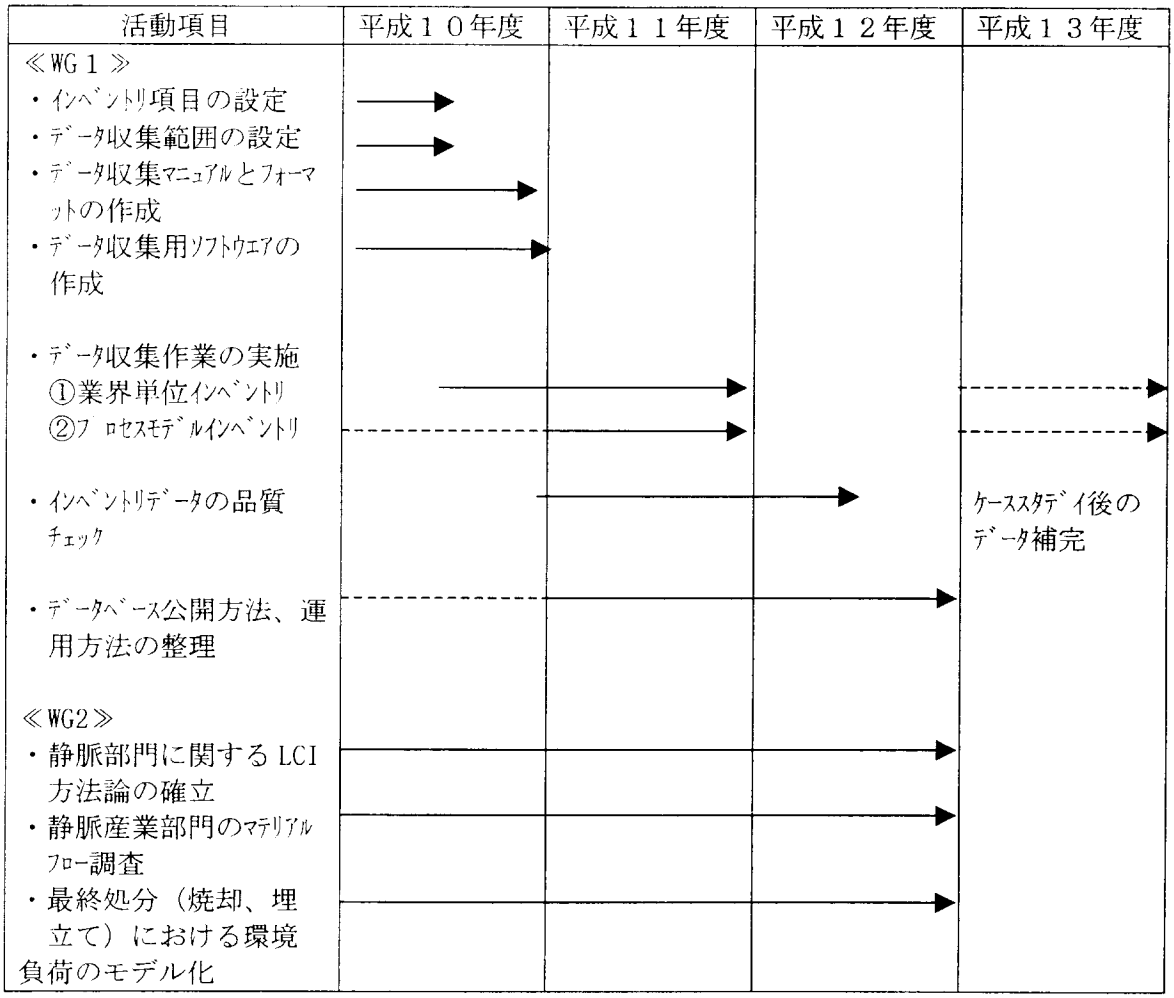
③家電、自動車、その他産業　→３年度調査対象

c. 最終処分（焼却、埋立て）における環境負荷発生原単位のモデル化

①各製造業における回収廃棄物の最終処分形態

②最終処分ﾌﾟﾗﾝﾄおよび処理原単位に関する調査

3.1.3　スケジュール



第3.1-3図　インベントリ研究会の活動スケジュール

３．２データベース研究会

3.2.1 目的

インベントリ研究会において蓄積されるパブリックインベントリデータが電子的手段を通じて、産業界を中心とする複数の独立した利用者に円滑に供給されるとともに、データ自体が常に最新化され適切に維持管理されることが容易に行われるようにするためのデータベース構造(データの受け入れ、格納、供給)を設計、試作、及び試行を行い、我が国のＬＣＡパブリックデータベース運用ソフトウェアーの完成を目指す。

3.2.2　研究項目及び進め方

（1）研究項目

a. ＬＣＡデータベース構造の仕様検討、設計及び試作

b. ＬＣＡデータベースシステムの基本構成仕様作成及び試作

イ. システム基本構成仕様の検討、作成

ロ. 基本機能構成の検討、作成

ハ. データベース管理システムの仕様作成、試作

データベース検索システムの仕様作成、試作

c. インターフェースの仕様検討、設計及び試作

d. 変換フィルタの仕様検討、設計

（2）進め方

a. ＬＣＡデータベース構造の仕様検討、設計及び試作

イ. データベース構造の仕様を規定する大前提となるデータ項目の決定は、インベントリ研究会／ＷＧ１が行うインベントリデータ項目の選定等の活動と密接に関わるので、同研究会／ＷＧ１との共同検討体制を組み、両者の活動の整合性を図ることとする。共同検討においては、国内外の既存データベース構造(欧州のSPOLD等)の分析、整理等も行う。具体的には、以下の事項を検討、設計する。

i. 基本データ：データ名と対象単位プロセス名、対象環境負荷項目、データ名に対応するデータ値等の基本的事項。

ii. メタ・データ：データに付随するデータの取得者名・取得日・取得場所等のデータ。

iii. データ品質：データの地理的・時間的・技術的適用範囲、データの誤差範囲(精度)・代表性・完全性、データソース(ISO14041要求事項関連)。

iv. 周辺データ：データの使用限界、前提条件等。

v. データベース管理データ：データベースへのアクセス・検索関連のログデータ、並びにセキュリティ関連データ。

ロ. データの属性及び記述形式を確立するため、ファクト化・数値・テキスト(文字列、ランダム)・イメージ等の区別を図るデータベース内データの特性化を検討する。

ハ. データレコード構成を確立するため、セル及びレコードセルの定義を検討する。

b. ＬＣＡデータベースシステムの基本構成仕様作成及び試作

イ. システムを構成するハードウェアーの仕様を定めるとともに、システム機能

の基本構成を規定する。

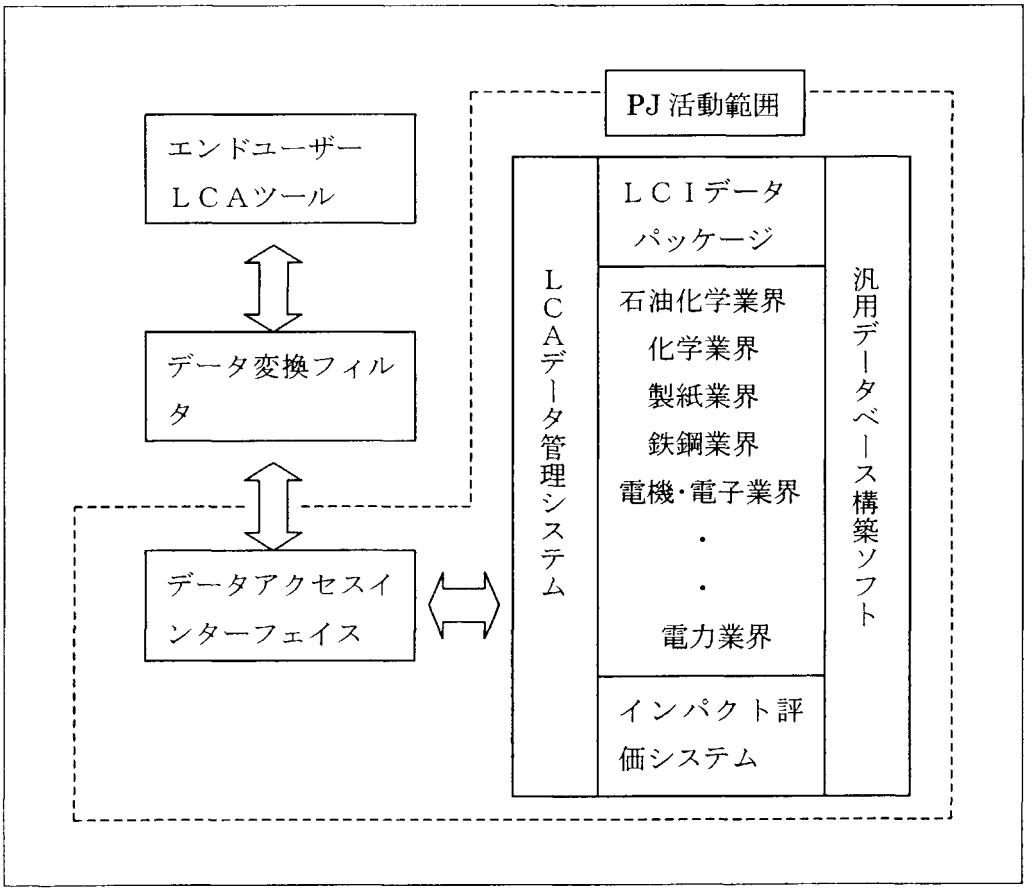
¤. データベース管理方式を管理項目と優先度を決めて体系化する。また、検索キー、識別方式を検討して検索システムの体系化を図る。

c. インターフェースの仕様検討、設計及び試作

利用者がデータベースをインターネットを介して閲覧・利用できるインターフェースを設計・試作する。具体的には、データベースへのアクセス手続きとしてのデータ登録・取得フォーマット、閲覧プラウザ、セキュリティシステム、、データ保護・バックアップシステム等を含む。

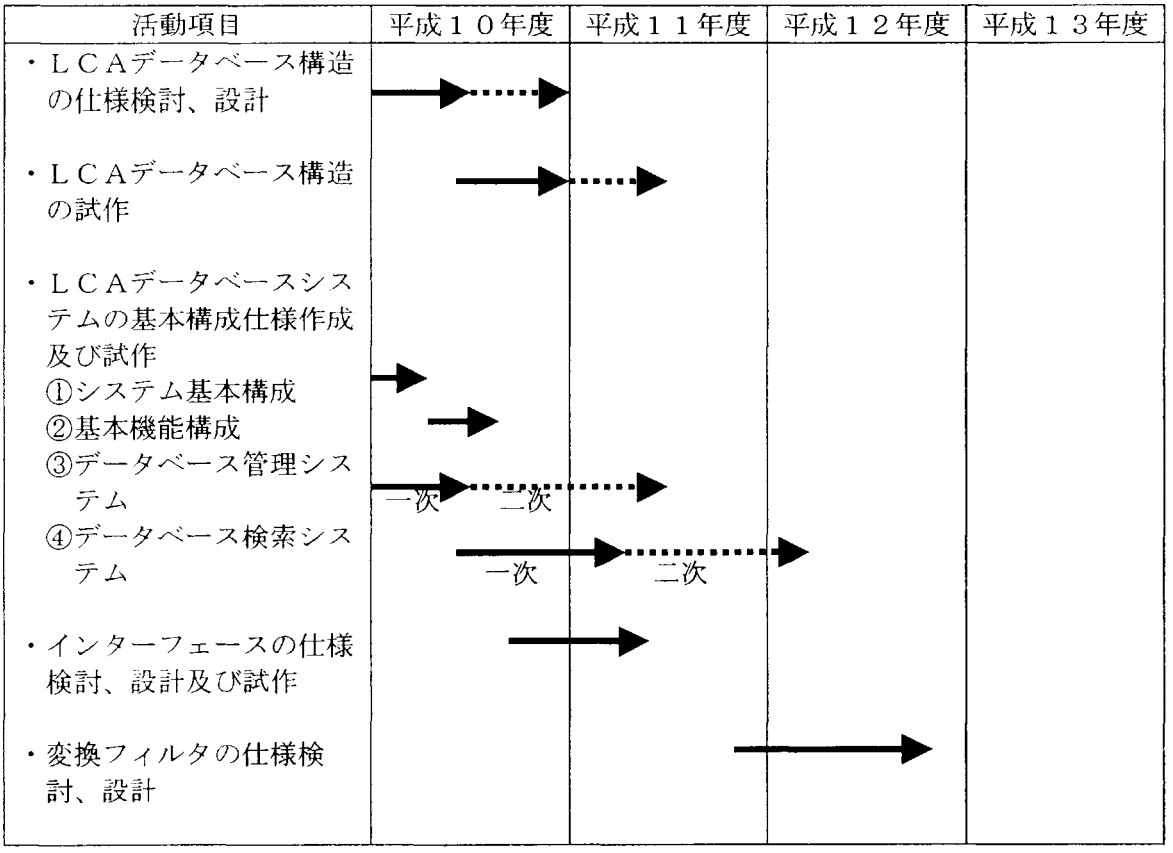
d. 変換フィルタの仕様検討、設計

データの変換のための条件として、対象項目、対象データ形式、変換対応形式、変換のための共通環境設定条件を検討し、データ変換フィルタを作成する。



第 3.2-1 図　LCA データベース概念図

3.2.3　スケジュール



第3.2-2図　データベース研究会の活動スケジュール

３．３インパクト評価研究会

3.3.1　目的

インパクト評価手法は、インベントリ分析結果によって定量化された製品等の環境影響物質を環境影響カテゴリに分類化(classification)し、環境影響カテゴリ別に特性値に基づく特性化(characterization)と環境影響カテゴリ間の重み付けを行い、究極的には当該製品等の環境影響度合いを統合的(valuation)に評価しようとするものである。しかしながら、現状においては、環境影響カテゴリ間の重み付け等を行う価値基準に科学的証明が困難であるという問題があり、国、地域等の社会的価値判断という極めて政治的判断を含む価値基準を導入せざるを得ない状況にある。こうしたことから、本研究では、次の二つの研究路線に分けて目的を設定することとする。

（１）　日本版インパクト評価手法の確立（ＷＧ１担当）

我が国の産業界が現時点で同意し得る、比較評価基準たり得る共通インパクト評価手

法の確立を図る。この研究開発に当たってはＩＳＯ標準(ISO14042, 14043)との整合及び我が国の環境容量に即すことを基本とした分類化、特性化の手法確立を目的とする。

（２） 適正評価法の研究 (ＷＧ２担当)

統合評価(環境被害への統合評価)手法の研究を行い、ＬＣＡケーススタディを実施することで、ＬＣＡの結果の解釈(completeness/sensitivity/consistency check 手順・基準)を含めた手法の確立を図ることを目的とする。

なお、インパクト評価の適用は、産業界への影響が大きいことから、その実行可能性、適正性を必要に応じて、産業界からの意見、要求事項等に照らしながら進めることとする。

3.3.2 研究項目及び進め方

《ＷＧ１：日本版インパクト評価手法の確立》

（１） 研究項目_

a. 分類化手法の確立

① 環境影響物質の特定

② 環境影響カテゴリの確定

b. 特性化手法の確立

① 各環境影響カテゴリ内における環境影響物質ごとの影響寄与指数の取得

② 特性化に伴なう不確実要素の検討

（２）進め方

a. 分類化手法の確立

“地球温暖化”、“オゾン層破壊”、“光化学オキシダント”、“富栄養化”、“酸性化”、“人体への毒性影響”、“ｴｺｼｽﾃﾑ破壊”、“資源枯渇”等の考慮すべき環境影響カテゴリについて諸外国と我が国固有の背景を考慮して検討することにより、それに関与する環境影響物質を特定する。例えば、地球温暖化カテゴリにどのような影響物質が係わっているかを特定する。

b. 特性化手法の確立

ｲ. 各環境影響カテゴリ内における影響物質間ごとの影響寄与指数の取得。

例えば、“人体への毒性影響”なら暴露量の算定、Dose-Response 関係の抽出研究を行うことにより、同カテゴリ内におけるその物質の影響寄与度を得ることとなる(ｲﾝﾊﾟｸﾄ指数の取得)。

ﾛ. 特性化に伴なう不確実要素の検討

環境影響物質が持つ影響度合の「地域的差異、時間的差異の問題」、「暴露

量と閾値」、「Dose-Response 関係の取り扱い限界」等のインパクト評価手法形成上に生じる不確実性要素の限界等を確定し、信頼できるインパクト評価手法形成を図る。

《ＷＧ２：適正評価法の研究》

（１）研究項目

a. 統合評価手法の研究

①正規化手法の研究

②環境被害の研究

③価値判断への社会的価値導入方法の検討

b.「ＬＣＡ結果の解釈」手順の開発

①「重要な環境影響」摘出手順検討

②「ＬＣＡ結果」の評価手順検討

c. ＬＣＡケーススタディ

d. LCA 結果の報告形式の検討

（２）進め方

a. 統合評価手法の研究

「環境被害をどのように定めるのか。」、「複数の環境影響カテゴリ間にわたる統合評価手法は如何にあるべきか。」について欧米の研究事例(目標値方式、代理指標方式、市場原理方式、パネル方式)を参考にしながら、我が国になじむ手法を探り、開発する。この分野での研究の中心は、科学的判断に社会的価値判断を導入する手法上の方法論の整理、合意形成となる。具体的には下記ステップを踏むこととする。

ｲ. 正規化手法の検討

LCA 対象とする製品のもつ環境負荷の各カテゴリーへの相対的寄与の大きさを測るために、地球規模、あるいは地域規模の環境影響物質の総排出量を算定して基準値とすると共に、LCA 対象とする製品のもつ複数の環境負荷の相対的評価を行う手法を研究する。

ﾛ. 環境被害の研究

我が国における環境汚染マップを作成する作業を行って上記ステップにおける基準値とすると共に、日本において評価対象とすべき環境負荷の環境影響項目への絞込みを検討する。

ﾊ. 価値判断への社会的価値導入方法の検討

各環境影響項目ごとの相対的な重み付け係数を設定し、特性化結果に掛け合わせることにより、製品の持つ総合的な影響度を評価する手法について検討する。重み付けには社会的価値判断が伴うため、欧米における開発事例を我が国の実情

に照らして検討するとともに、改善あるいはオリジナル手法の開発を試みる。

b．「ＬＣＡ結果の解釈」手順の開発

ＬＣＡの結果を如何に解釈するかを、ISO14040 ｼﾘｰｽﾞの議論を踏まえ、具体的手順として成立するよう検討する。

ｲ．「重要な環境影響」摘出手順の検討

インベントリ分析や影響評価で得られた結果を表示し、重要検討対象を指摘するとともに、その確からしさを考察するための感度分析、誤差分析を追加する等の手順を検討する。

ﾛ．「LCA 結果」の評価手順検討

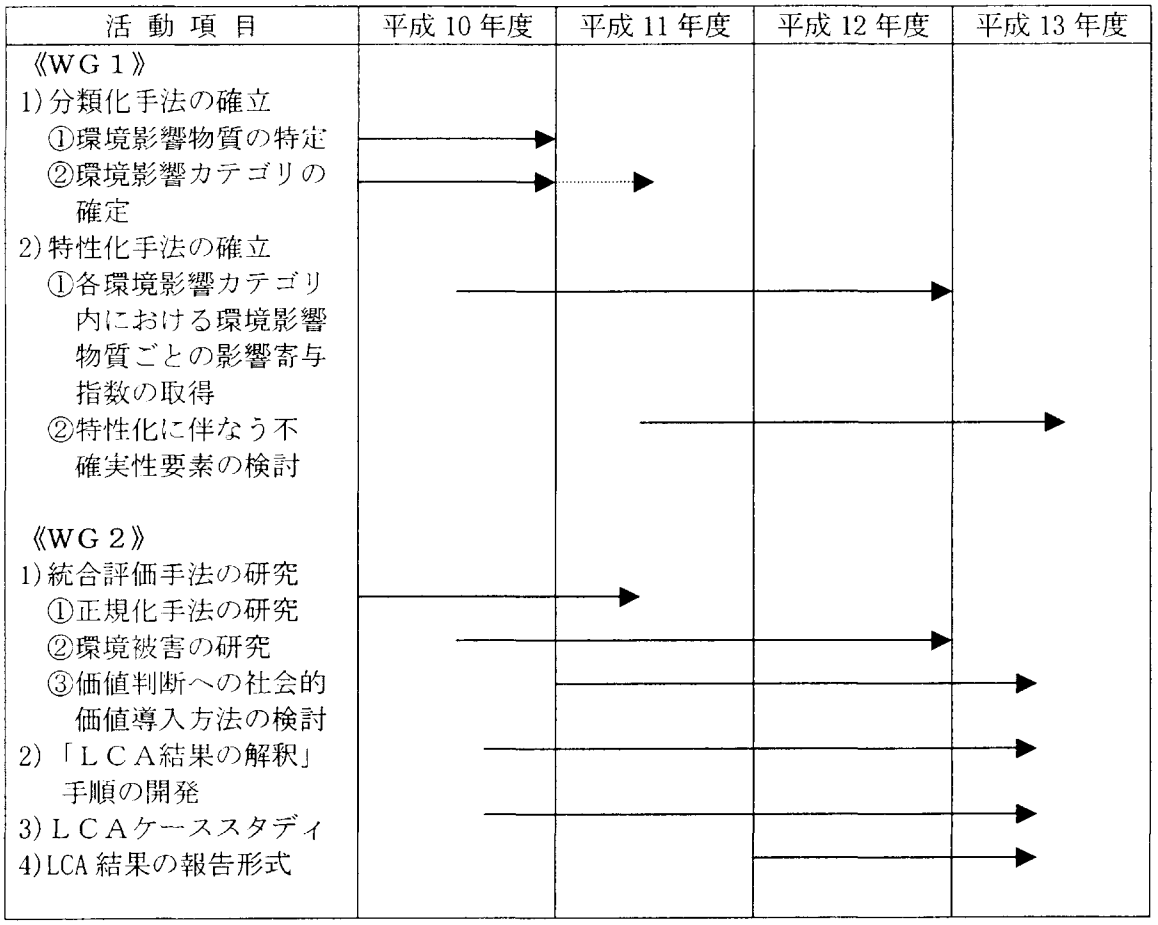
環境負荷の分析結果や、環境影響評価結果の数値や信頼性が、設定された目的や前提条件の範囲内で正しいか、信頼性があるか否かを評価・審査する手順について「クリテイカルレビュー」の実施方法を、さらにレビュー結果の報告書としての「レビュー文書」の標準的書式を検討する。

ﾊ．ＬＣＡケーススタディの実施

インベントリ研究会、ＬＣＡデータベース研究会及びインパクト研究会の活動成果の実行可能性を点検、改善、完成させることを目的として、ＬＣＡケーススタディを実施する。

また、LCA データベースおよび手法の開発成果を応用する場として、エコデザイン、環境行政、エコタウン設計など実適用を想定したケーススタデイを実施し、その正しい使い方を例示する。

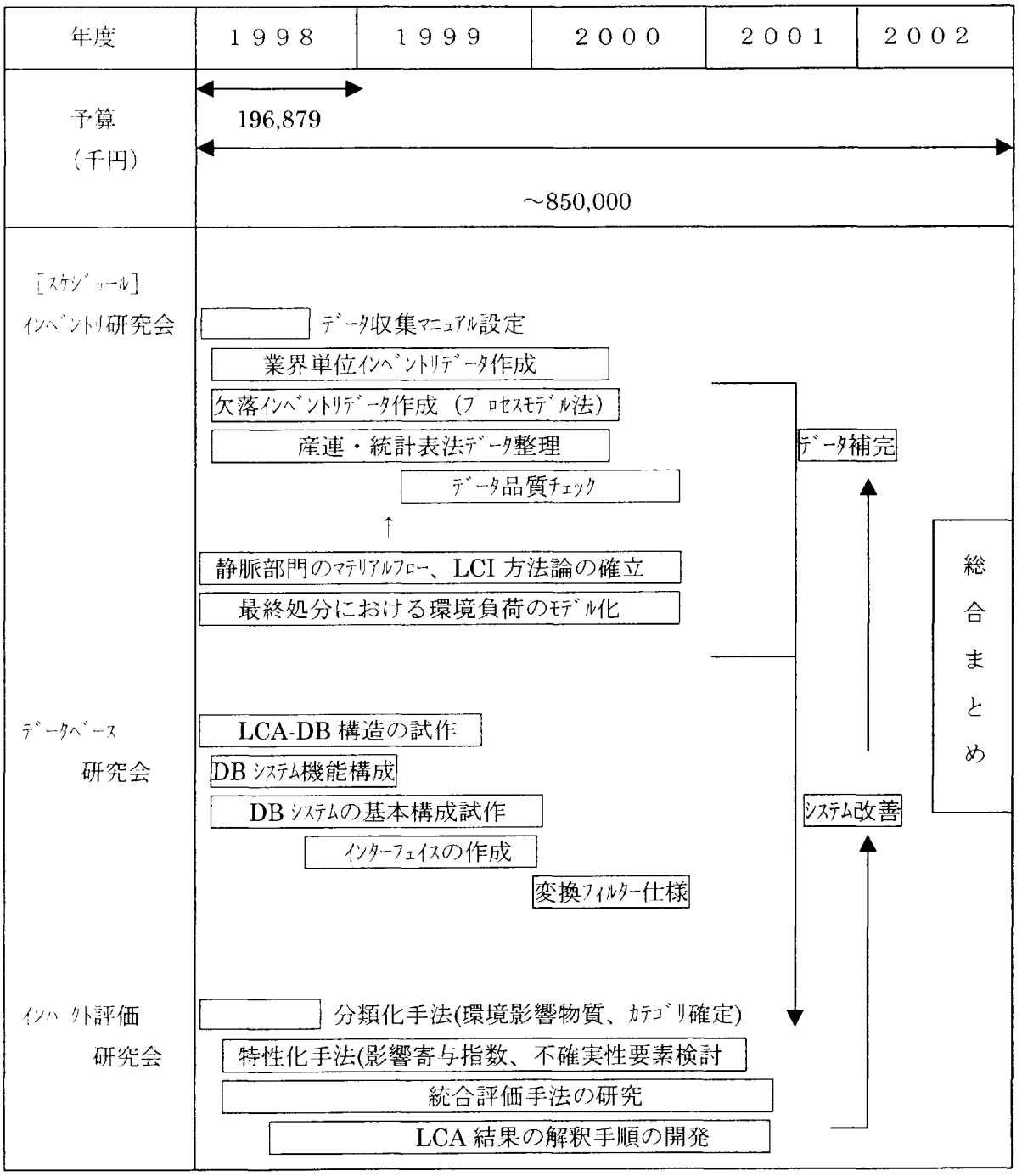
3.3.3　スケジュール



第 3.3-1 図　インパクト評価研究会の活動スケジュール

第４章　プロジェクト全体のスケジュールと予算

本プロジェクトは、図６に示すように５年を目途とした活動を計画しているが、主要成果は３年で完結し、パブリックデータとして順次実用に供する予定である。
残る２年は総合的ケーススタデイ、LCA 結果の解釈手法の研究に重点を置き、一方では、一般公開したデータベースによる種々の応用ケースでの欠陥部分の指摘を受けながら、データ補完、システム改善等を追加的に実施する計画である。



第 4-1 図　LCA ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄの全体活動ｽｹｼﾞｭｰﾙと予算

第Ⅱ編

インベントリ研究会活動結果

要旨

２３工業会参画による WG-1 においては、インベントリデータの収集に先立ち、データ収集・入力手順とその記入用フォーマット、および概略スケジュールを策定した。
データ収集・入力手順としては概略以下の通りとする。

１）某事務機械のインベントリデータを例に、記載項目とフォーマットイメージの把握
２）インベントリデータ整理用フォーマットの作成
３）インベントリ項目の検討
　①製品（サービス）に係るサブシステムフローを整理
　②自工業会で LCA 対象としたい製品を工業統計表、産業分類コード表より抽出
　③製品製造に係るインプット、アウトプット物質（環境負荷物質を含む）をコード表より抽出し、上記フォーマットに記載

工業会の提出するインベントリ項目のつき合わせにより、

４）積上げ法で収集可能なインベントリ項目および担当工業会の決定
５）はみだし項目の整理とデータ収集法の決定（プロセスモデル法、産業連関法）
６）インベントリデータ収集基準の作成とこれに基づく収集作業
７）データ入力ソフトウエアの活用によるデータインプット
８）工業会単位でのデータチェック

平成 11 年度は上記手順中３）まで、すなわち各工業会によるインベントリ項目の一次整理を終わった段階である。

環境負荷物質の提示については、大気、水質、土壌各汚染物質に関して、各工業会から提示可能な物質についてのアンケート調査を実施中である。

また、共通インベントリ項目として、資源採掘、エネルギー、輸送に関するデータを、基礎材料としての石油化学製品、無機化学製品に関するデータを調査機関と通して委託調査した。

WG-2 では、静脈部門に関する LCI の確立をめざして、製品組立側からみた静脈工程の考え方、リサイクル・廃棄段階におけるインベントリデータの考え方や計算上の問題点、廃棄物処理施設に関する問題点等、静脈部門における LCI に関わる問題点を議論抽出した。

さらに、静脈部門におけるマテリアルフロー調査として、鉄、アルミ、銅、亜鉛、鉛、カドミウム、白金、錫等の主要金属、およびガラスに関するマテリアルフローの実態調査を行った。

また、最終処分における環境負荷原単位のモデル化を目的に、一般廃棄物と産業廃棄物に関する実態調査に着手した。前者については５自治体分のデータ入手を完了したが、後者については４社に協力要請をおこなったものの、諸般の事情により本格的データ収集は来年度以降となる見込みである。

第１章　インベントリデータの収集

1.1　インベントリデータ収集の概略スケジュール

本プロジェクトによるインベントリデータ収集は、参画２３工業会を主体とする積上げ法による収集を基本方針としており、その手順として第1.1-1表に示すステップを踏むこととした。

表中２．以降の実作業に入る前に、平成９年度「エネルギー使用合理化手法国際協力調査」にて実施した「複写機を例題としたバックグラウンドデータ作成手法」の成果をライフサイクル各断面毎に再整理し、インベントリデータの概略構成イメージの把握を試みた。

結果を第1.1-2表に示す。これによれば、某事務機械１製品だけのLCIでも膨大なインベントリ項目を必要とし、各インベントリ項目を工業会に振り分ける作業も容易でないと推定された。また、本事前作業からは特に下記問題点が指摘され、その対策を議論した。

①膨大な数に上るであろう、部品のインベントリの取扱い

- 製品構成の調査を極力素材までさかのぼって行い、素材インベントリとして整理。
- 環境負荷が特に大きいと推定される上位数品目、品種について積上げ計算を行うが、他は産連・統計表計算に依存。

②インベントリの名称整理、統一が必要

- 工業統計表、産業分類コード（JIS X0403）の品目コード番号にて特定、記載。
- 品目コード外の製品については、極力LCA的に近似される製品に仕分け、新コードの追加は行わない。

以上の事前検討を踏まえて、プロジェクト参加工業会毎に、収集できるインベントリ項目、および収集したいインベントリ項目を提示し合い、全体のインベントリ項目に対して、いづれかの工業会で対応可能な項目、対応不可項目（はみだし項目）への振り分けからスタートすることとした。従って第２ステップでは、各工業会から出されたインベントリ項目を整理し、第３ステップではインベントリ項目毎の担当工業会を決定、第４ステップでははみ出し項目の整理とデータ収集法を検討した。

第５ステップでは実際のデータ収集・入力に際しての基準、注意事項を定め、全体作業の統一を図った。

以上の手順に従い、平成１０年度は表中第５ステップまでの作業を終了（詳細内容は後述する）、次年度以降に本格的データ収集に着手する。

さらに、インベントリデータベースの作成には、データベース入力用ソフト、データベースシステム作成作業との連携が必須であり、これらを含めた全体の概略スケジュールを第1.1-1図に示す。

インベントリ収集マニュアル、およびデータベースソフトの基本構想は、プロジェクト発足前から検討を開始し、発足後は事務局・企画委員会、インベントリ研究会、データベース研究会の密接な連携のもとにほぼ予定通りのスケジュールで進行している。

インベントリデータベースのデータパッケージ基本構成としては、

①積上げ法によるデータパッケージ（工業会担当）

②プロセスモデル法によるデータパッケージ（調査機関担当）

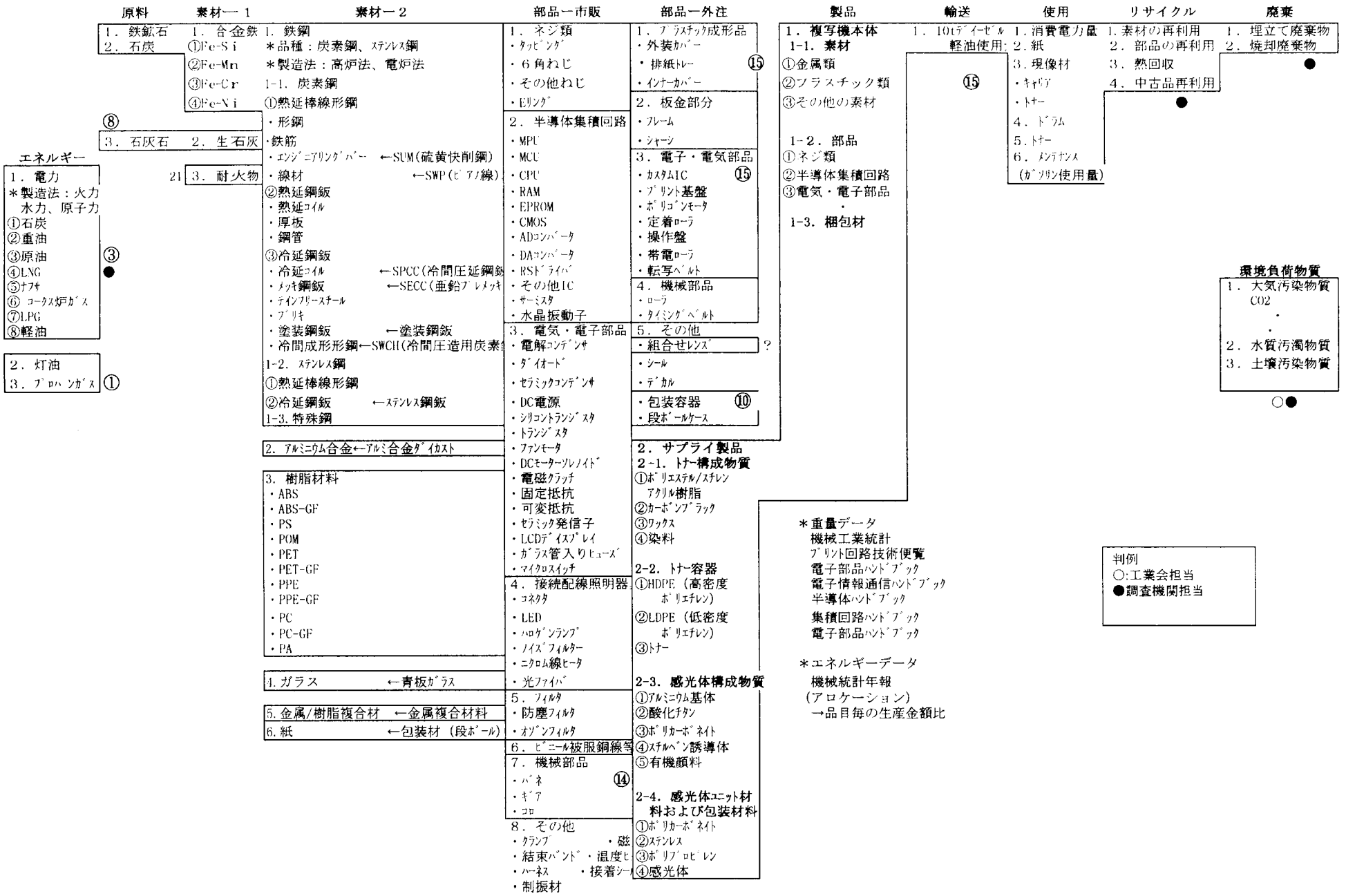
③既存の産連・統計表によるデータパッケージ（調査機関にて直近データに刷新）

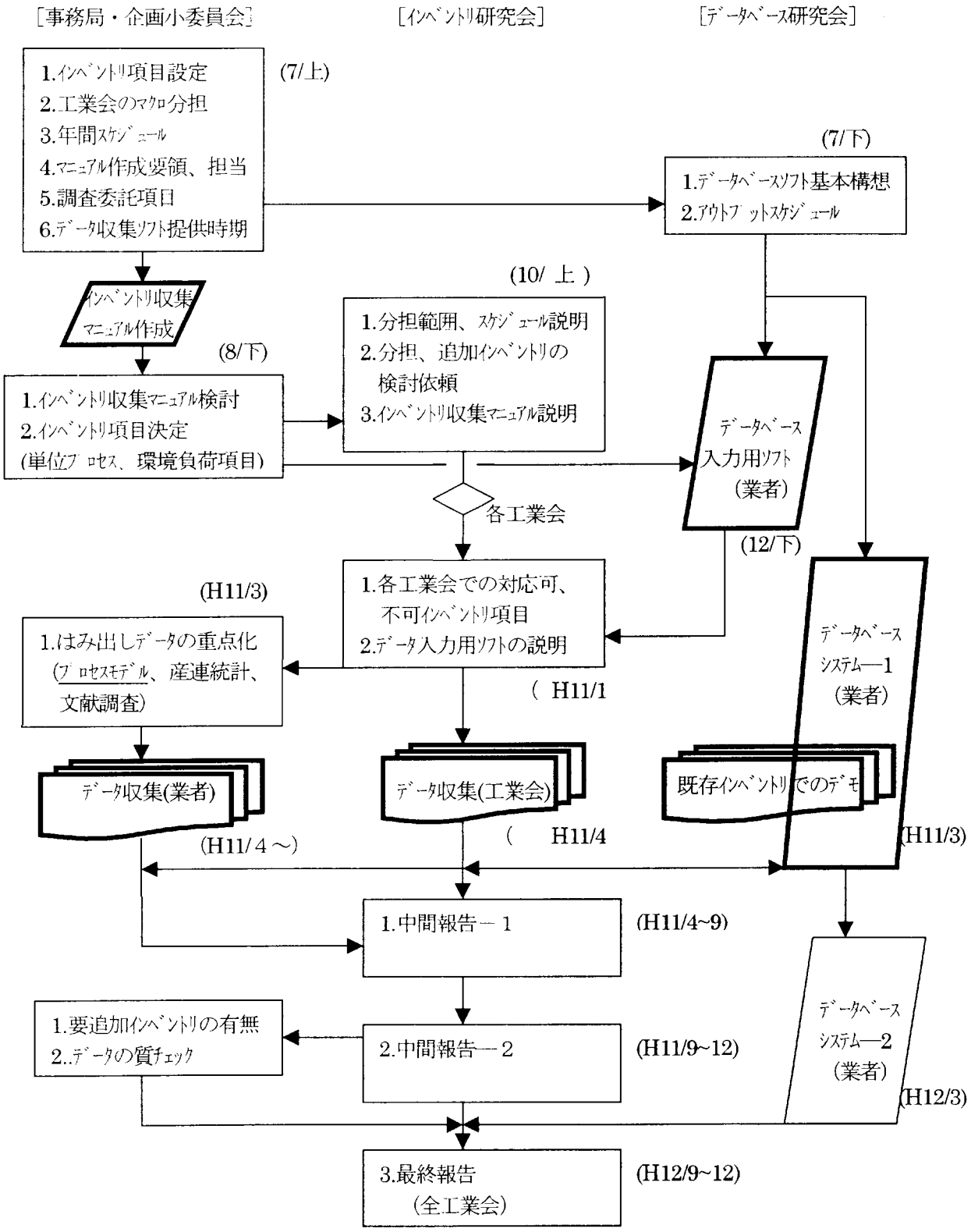
の３種構成からなるいわゆるハイブリッド型データベースを想定している。その概念的なﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ構成を第 1.1-2 図に示した。

第1.1-1表インベントリデータ収集手順

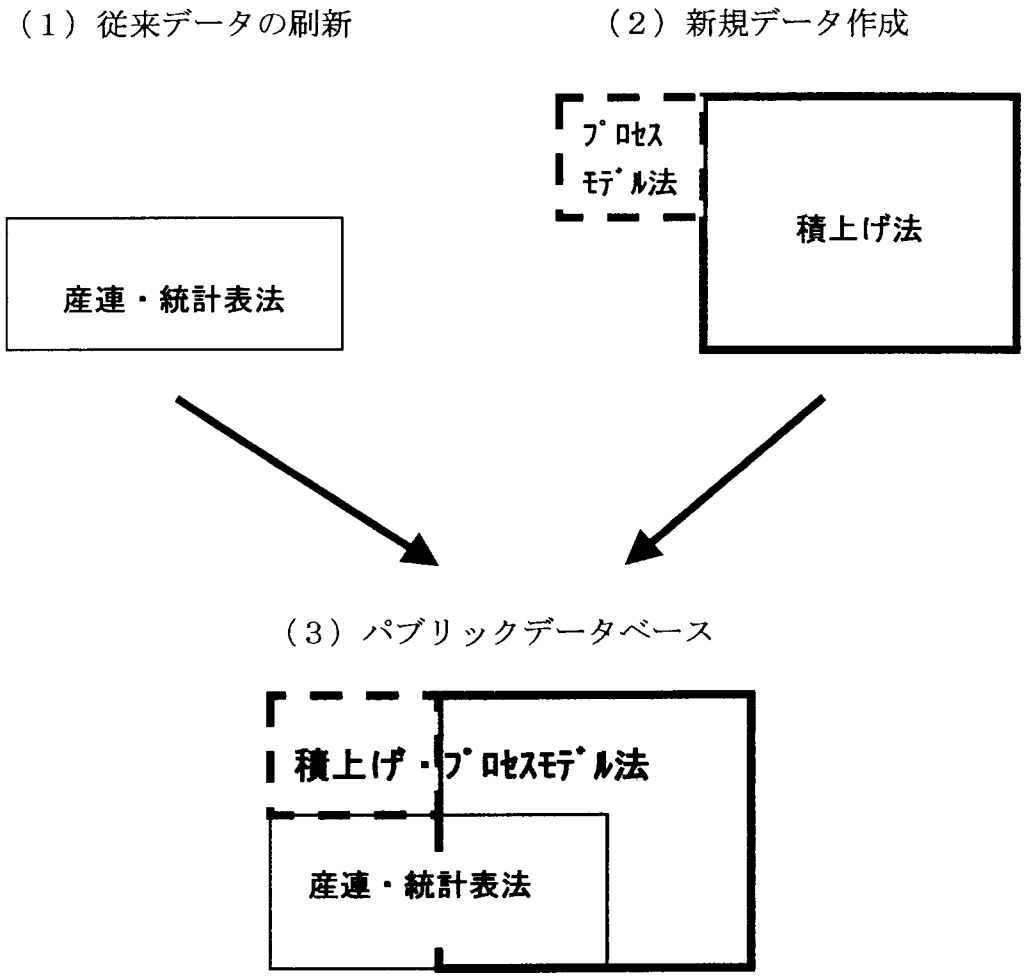
手　順	内　容	担　当
1．インベントリ項目の例示 （複写機を例）	①複写機を例として必要ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘ項目を整理 →記載項目とﾌｫｰﾏｯﾄｲﾒｰｼﾞを把握	企画小委員会
2．インベントリ項目の検討		
2-1．インベントリ項目の名称統一要領	①工業統計表、産業分類ｺｰﾄﾞ（JIS X0403）の品目、ｺｰﾄﾞﾅﾝﾊﾞｰ、をﾍﾞｰｽに記載、 ②LCA的にみて等価製品をｸﾞﾙｰﾌﾟ分け	企画小委員会 工業会
2-2．必要インベントリ項目の検討	①製品（サービス）に係るｻﾌﾞｼｽﾃﾑﾌﾛｰを整理し、 ②自工業会でLCA対象としたい製品（産物）をコード表より抽出 ③製品製造に関わるｲﾝﾌﾟｯﾄ、ｱｳﾄﾌﾟｯﾄ物質をコード表 より抽出記載 ④組立て製品は、使用-ﾘｻｲｸﾙ-廃棄まで含めた ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘ項目を記載	工業会 同上
2-3 ライフサイクル各断面でのインベントリ項目決定	①上記2-2に基づき項目決定	同上
2-4．排出物のインベントリ項目決定	①各工業会で提出可能な排出物（環境負荷物質）を提示し、ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘ項目を統一	
3．積上げインベントリ項目とその担当工業会の決定	①各工業会間の必要ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘと提示可能ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘとの突合せ→積上げ可能ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘ項目の決定 ②担当工業会の決定→各工業会にて再確認	同上
4．はみ出し項目の整理とデータ収集法検討	①対応不可ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘ項目（はみ出し項目）の整理 ②ﾌﾟﾛｾｽﾓﾃﾞﾙ法、産連・統計法での対応項目に仕分け	企画小委員会
5．インベントリデータ収集基準の作成	①対象とするｻﾌﾞｼｽﾃﾑ、(ﾕﾆｯﾄﾌﾟﾛｾｽ）の決定 1）1製品1製造法（1ｼｽﾃﾑ）の場合 2）1製品複数製造法の場合 3）対象範囲（ﾊﾞｳﾝﾀﾞﾘ） ②収集ﾃﾞｰﾀ ・対象ｻﾌﾞｼｽﾃﾑへのInput、outputﾃﾞｰﾀの種類と定義、採取機関 ・搬入、搬出ﾃﾞｰﾀ、内部輸送ﾃﾞｰﾀの取扱い ③単位の統一 ④ｱﾛｹｰｼｮﾝの方法 ⑤ｶｯﾄｵﾌﾙｰﾙ その他、ﾃﾞｰﾀ収集における基準、注意事項を定める。	ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘ研究会
6．データインプット		
6-1．データフォーマット作成	①SPOLDのﾃﾞｰﾀﾌｫｰﾏｯﾄ調査 ②ISOﾃﾞｰﾀ要件に準拠したﾃﾞｰﾀﾌｫｰﾏｯﾄ作成・提示 →ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ研究会にて最終作成	ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ研究会 企画小委員会
6-2．データベース入力用ソフト作成	①ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ入力用（ﾃﾞｰﾀ交換用）ｿﾌﾄの仕様作成　→　業者 ②ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ入力用ｿﾌﾄ作成	ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ研究会（業者）
6-3．データインプット	①上記5．の基準に従って、ｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘﾃﾞｰﾀをﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ入力用ｿﾌﾄに入力	工業会
7．データチェック	①ﾌｫｱｸﾞﾗﾝﾄﾞﾃﾞｰﾀのﾁｪｯｸ ②ｹｰｽｽﾀﾃﾞｨによるLCIﾃﾞｰﾀﾁｪｯｸ （ﾃﾞｰﾀ入力ｿﾌﾄに物質ﾊﾞﾗﾝｽ、熱ﾊﾞﾗﾝｽ計算によるﾁｪｯｸ機能が可能か別途検討）	工業会 wg-1、ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ研究会

第1.1-2表　　複写機 を例としたインベントリデータ項目と収集担当工業会の想定





第 1.1-1 図　インベントリデータベース作成手順

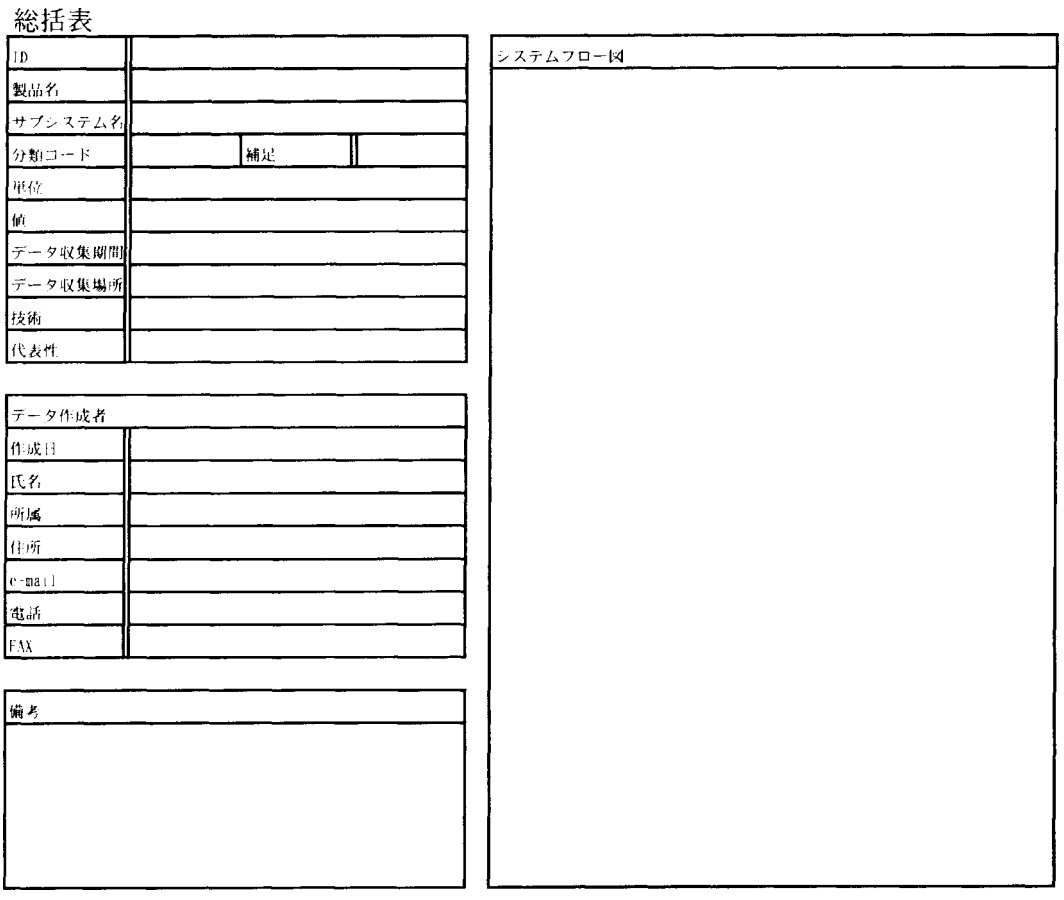


第 1.1-2 図　インベントリデータベースの基本構成

1.2 インベントリデータフォーマット

インベントリ項目の整理を目的に、企画小委員会、インベントリ研究会 WG-1 および WG-2、データベース研究会での議論を踏まえてインベントリデータ整理用フォーマットを作成した。このフォーマットを利用し、参加工業会毎に、工業会内で収集できる可能性のあるインベントリ項目、および収集できないが必要となるインベントリ項目を調査した。現在、収集されたインベントリ項目の関連付けの作業を進めている。

この時に使用したインベントリデータ整理用フォーマットを第 1.2－1 図および第 1.2－2 図に示した。第 1.2－1 図のインベントリデータ整理用フォーマット－1 では、対象とする製品名およびその単位、データ作成者に関するデータ、データ品質に関するデータ、およびフローを記入する。第 1.2－2 図のインベントリデータ整理用フォーマット－2 では、搬入輸送、製品製造、製品輸送、使用、リサイクル、廃棄の各段階における入出力の名称および対応する産業分類コードを入力する。



第 1.2-1 図　インベントリデータ整理用フォーマット－1

製品名		サブシステム名	単位プロセス名	搬入輸送					製造工程									
				入力					入力									
				搬入品		手段	燃料		エネルギー		原料		素材		部品		設備	
名称	コード			名称	コード		名称	コード	名称	コード	名称	コード	名称	コード	名称	コード	名称	コード

製造工程						製品輸送			使用							
出力						入力			入力				出力			
その他産物		環境負荷物質		廃棄物		手段	燃料		エネルギー		消耗品		環境負荷物質		廃棄物	
名称	コード	名称	コード	名称	コード		名称	コード	名称	コード	名称	コード	名称	コード	名称	コード

リサイクル										廃棄			
入力				出力						入力		出力	
エネルギー		設備		リサイクル物		環境負荷物質		廃棄物		設備		廃棄物	
名称	コード	名称	コード	名称	コード	名称	コード	名称	コード	名称	コード	名称	コード

第 1.2-2 図　インベントリデータ整理用フォーマット－2

1.3 インベントリ出力項目(特に環境負荷物質)の対象範囲

インベントリデータの出力項目、特に環境負荷項目に関して、データを収集する範囲の目安を決めるために、第 1.3-1 表に示した「環境負荷項目対応調査用リスト」を用いて、各参加工業会に調査を依頼した。

その結果、すべての工業会が対応可能という回答があったのは CO_2 のみで、他の項目については対応可能という回答数の多少はあるものの、すべての工業会で対応可能という項目はなかった。

以上の結果とインパクト評価に関する考慮も入れ、環境負荷項目としては、主に地球温暖化と酸性雨に関連する 14 項目をデータ収集の目安とすることとなった。対象となる 14 項目は、CO_2、CH_4、HFC、PFC、N_2O、SF_6、NO_x、SO_x、ばいじん/粒子状物質、BOD、COD、全リン、全窒素、懸濁物質等である。ただし、以上の項目は、データ収集の下限という意味ではなく、あくまでも目安である。

第 1.3-1 表　環境負荷項目対応調査アンケート用リスト

大気

物質名	○/△/×	物質名	○/△/×	物質名	○/△/×	物質名	○/△/×
CO_2		CH_4		CFC		HFC	
PFC		SF_6		NO_X		SO_X	
NH_3		N_2O		HF		HCl	
H_2SO_4		H_2S		F_2		Cl_2	
CO		ばいじん/粒子状物質		炭化水素		PCB	
ダイオキシン		フェノール		Hg		Pb	
Cr		Fe		Zn		Ni	

水質

物質名	○/△/×	物質名	○/△/×	物質名	○/△/×	物質名	○/△/×
BOD		COD		全リン		全窒素	
酸(H^+、Cl^-、CN^-など)		洗剤/油		溶解有機物		F^-	
Feイオン		Hg		炭化水素		Na^+	
NH_4^+		NO_3^-		有機塩素		フェノール	
りん酸塩		SO_4^{2-}		懸濁物質			

土壌

物質名	○/△/×	物質名	○/△/×	物質名	○/△/×	物質名	○/△/×
鉱物廃棄物		混合工業下水		都市（下水)SW		有毒廃棄物	
ダイオキシン							

その他

物質名	○/△/×	物質名	○/△/×	物質名	○/△/×	物質名	○/△/×
騒音		放射線		振動		悪臭	
廃熱							

○：対応可
△：要検討
×：対応不可

1.4 インベントリデータベースの公開・運用原則

1.4.1 いきさつ

工業会を中心としたハブリックインベントリデータベースの構築に先立ち、出来あがったデータベースの公開方法、運用方法について、多くの質問、疑問点が提示された。
基本的には、「公開方法、運用方法によって、提出できるデータが異なる」と言うのが、全工業会の共通意見であるため、公開方法・運用方法の原則について議論、整理した。

1.4.2 インベントリ研究会—WG1での主要議論

インベントリ研究会—WG1でだされた意見を集約すると、以下のようである。

（1） プロジェクトへの参加業界と、否参加業界の間に差別を設けないと参加することへの意義が感じられない。

（2） 参加する意義として、自業界と関連業界とのデータを LCA 的に検討することの意味は強いので、プロジェクト参加業界のみが使用できるデータベースと、一般公開のデータベースが分離されるならば、ある程度積極的にデータ提出が可能。
具体的に例えて言えば、このデータベースを使って、前提条件を無視して使用し「日本で○○を製造すると、例えば、カナダで製造するより何倍もの環境負荷がある。」等の検討をされたのでは、データ提供者にとって不本意な活用方法となる。
この場合は例えば、「日本では電力構成がその原因となっている為、この解決方向を見出すことが重要」等の答えを導き出すのが、プロジェクト本来の目的であろう。

（3） 一つのデータは、多くの前提条件の上に算出されるが、データベースではそれを全て記述することは不可能である。まして、その前提条件を理解していない人達が、簡単にデータベースを使用した計算結果だけで、断定的なレポートを作られる危険性が高い。
このような危険性回避のために、客観的な評価のしくみが欲しい。

（4） データベース利用者は会員制とし、入会時に使用目的、範囲等に制約を求めて欲しい。

等々、

1.4.3 データベース公開・運用の基本原則

インベントリ研究会での上記議論、およびプロジェクト運営委員会での議論を踏まえて、当面、データベースの公開・運用原則を以下のように定めることとした。

（1） データベース構築に当たっては以下の二重構造を考えたい。

a. 詳細データベース：参加産業界、参加会社、参加会員（データ提供者）が、前提条件を含めて議論できるデータベース。

b. 一般データベース：誰でも閲覧可能なデータベース。
詳細データベースの試用期間、数年を設けた後、公開範囲決定

一般データベースの公開は、国内外、個人法人を問わず公開する。

（2） ただし、利用者は会員制とし、プロジェクトへの参加、否参加工業会（企業）、の間に利用料金差を設ける。

（また、1.5.2 の②、③に関わる意見については、インパクト評価研究会の活動項目として、ISO14040 に準拠した「LCA 報告書」および「クリテイカルレビュー」のあり方について議論決定することとしており、本データベースを使った LCA 解析結果の公開についても、規定を設ける予定である。）

第2章 インベントリデータ調査結果（平成10年度分）

2.1 資源採掘、エネルギー、輸送関連

2.1.1 調査方法

（1） 既存のインベントリデータ

LCA ソフトは、欧米に多い。SimaPro（蘭）、PIA（蘭）、Boustead Model（英国）、PEMS（英国）、Eco Assesor（英国）、LCAIT（ｽｳｪｰﾃﾞﾝ）、EcoPro（ｽｲｽ）、ECOPACK（ｽｲｽ）、REPAQ(米)、EcoManager（米）等多々販売されており、データとしてはBuwal（ｽｲｽ）、Leiden大学（蘭）Delft大学（蘭）、Stuttgart大学（独）等が提供している。

国内では、工業技術院資源環境技術総合研究所の NIRE-LCA ソフトをはじめ、科学技術庁金属材料技術研究所や国立環境研究所におけるデータ蓄積などが充実しつつある。各学協会、業界団体でも関心は高く、データを貯えつつあるが、緒についた段階と言えそうである。各国によって事情も異なるので、他国のデータが流用し難い部分も多く、やはり国内でのデータベース充実が不可欠である。

（2） 文献調査

JOIS、DIALOG などから約 600 件以上の資料を調査した。検索においては、LCA やインベントリと言うキーワードで発表されているものは、殆ど見当たらないと言っても過言で無いくらい僅かであり、例えば、鉄鉱石の海上輸送の場合では、鉄鉱石、鉱石運搬船、大型船、船型、海上輸送、燃料消費率、エネルギー消費、省エネ、動力、ディーゼルエンジン、環境インパクト、環境汚染、港湾荷役、港湾荷役施設、積込、積卸、運搬機械などかなり多くのキーワードを駆使、組み合わせて探すことが必要である。しかし定量的なデータは少なく、生データからの試算が不可欠な場合が多かった。特に環境負荷については、公表されている国内データは極めて少ない感があり、海外のデータを参考にせざる得ない場合があった。また、官公庁、財団法人、社団法人、業界団体などがが出版している冊子も、かなり有効に使用した。

（3） インターネットによる調査

近年、インターネットのホームページが充実しつつあり、多様な情報が得られる。今回も工業技術院各研究所、科学技術庁各研究所、環境庁関連、資源エネルギー庁、総務庁統計局、行政情報の総合案内、電気事業連合会、電力中央研究所、全日本トラック協会、ボイラー協会などを参考にした。

（4）ヒアリング調査

文献などで把握し難い場合や、直接面談、調査することが効率的である場合はヒアリング調査を行った。今回の例では、金属材料技術研究所、資源環境技術総合研究所、東京都

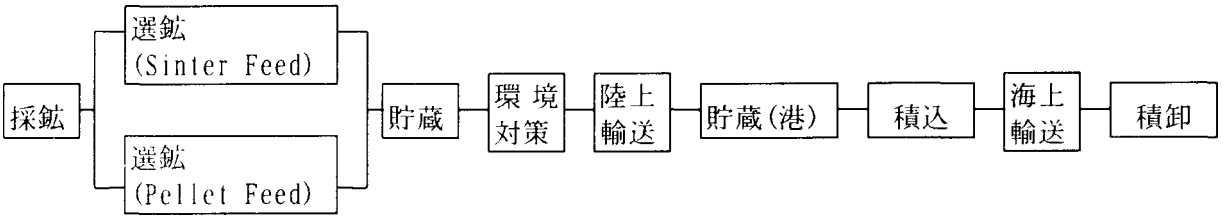
水道局、(財)エネルギー総合研究所、(財)石油産業活性化センター、(財) 電力中央研究所、(財)運輸政策研究機構、(財) 鉄道総合研究所、東京電力(株)、電源開発(株)、ＪＲ貨物（株）、新日本製鐵(株)、日鐵物流（株）などを訪問し、調査をさせて頂いた。

2.1.2 資源採掘

（１）鉄鉱石

我が国の鉄鋼業は現在、粗鋼１億ｔ前後の生産を行っている。これに要する鉄鉱石は約1.25億ｔで、ほぼ 100％を輸入している。輸入はオーストラリア、ブラジル、インドの３大ソースで約87％を占めている。

鉄鉱石の処理フロー



a. 採掘

鉄鉱石の採掘は典型的な露天掘で行われる。大型採鉱機械を導入し集約化された切羽 で大規模な生産を行っている。Mt.Newman の例では剥岩比は1:1.5(Ore:Waste)程度である。

b. 選鉱

鉄鉱石の選鉱は破砕、篩い分けが主体である。焼結鉱用の粉鉱とよりサイズの細かいペレット用粉鉱への処理がある。

c. 内陸輸送

鉱山から積出港までの輸送は一般的に鉄道輸送によっている。

ほとんどユニット・トレイン方式を採用し、大量輸送体制を整えている。

ユニット・トレイン方式は１列車 100～200 両編成によって 1～2 万ｔ／列車として高速往復輸送するシステムである。

d. 海上輸送

鉄鉱石の海上輸送距離を石炭、原油、天然ガスの海上輸送距離とあわせて表に示す。

第 2.1.2-1 表　各種資源の海上輸送距離

	資源	日本までの距離　Km
オーストラリア	鉄鉱石	約　5,685
	石炭	約　7,234
カナダ	石炭	約　7,144
ブラジル	鉄鉱石	約　21,832
インド	鉄鉱石	約　8,767
インドネシア	天然ガス、原油	約　8,673
中東	原油	約　21,173

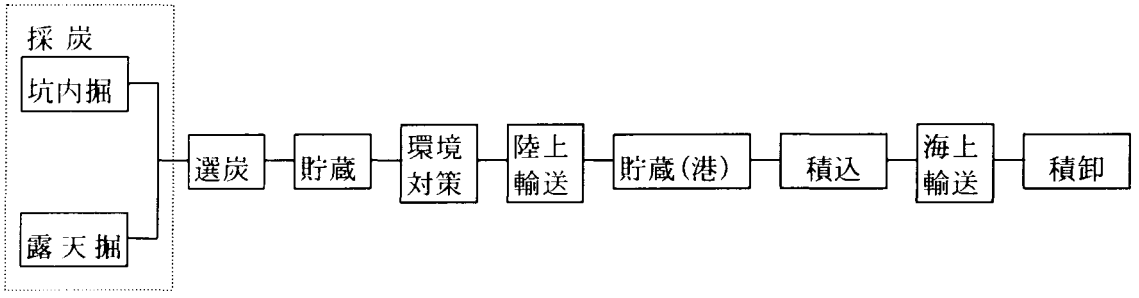
調査結果

データは１つで日本に輸入する平均的な値が出されている。

（２）石炭

我が国の石炭の輸入量は 1995 年では 1.262 億ｔ となっている。国別ではオーストラリア 51.5% 、カナダ 14.0% 、アメリカ 9.0%となっており、この 3 カ国で 74.5%を占めている。

石炭の処理フロー



a. 採炭

採掘方法に露天掘と坑内掘がある。露天掘は地下浅部に賦存にる石炭を対象としており、オーストラリア（Queensland)、カナダ（西部）、アメリカ（西部）などで多く採用されている。坑内掘は地下深部に賦存する石炭を対象としており、オーストラリア（New South Wales ）で多く採用されている。

b. 選炭

洗炭は採掘した石炭の破砕、篩い分け、選別が主体である。選別は採掘時に混入してくる岩石等の除去である。

c. 内陸輸送

炭鉱から積出港までの輸送は一般的に鉄道輸送によっている。

ほとんどユニット・トレイン方式を採用し、大量輸送体制を整えている。

ユニット・トレイン方式は１列車 100～200 両編成によって 1～2 万ｔ／列車として高速往復輸送するシステムである。

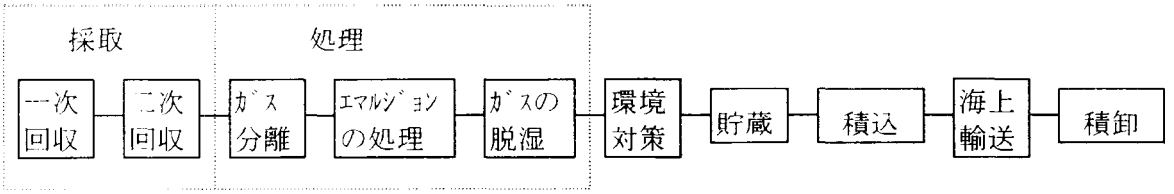
調査結果

エネルギーについてはデータは２つある。エネルギーは日本に輸入する平均的な値が出されている。CO_2についてはデータは４つである。そのうち１つはオーストラリア、カナダ、アメリカと区分したデータがある。

（３）原油

原油の輸入を国別でみると、第１位がアラブアラブ首長国連邦、第２位がサウジアラビア、第３位がイラン、第４位がインドネシアとなっている。この４カ国で 62.9%を占めている。

原油の処理フロー



a. 採油

原油の回収率向上のために様々な手法がとられる。一次回収としては、貯油装置の持つ自然の排油エネルギーによる自噴採油、坑井内にポンプを設置して汲み上げるポンプ採油および坑井内あるいはチュービング途中にガスを圧入して原油の見掛け比重を軽くして採油するガスリフト採油などの人工採油に分けられる。

二次回収法としては油層へ水あるいはガスを圧入して油層の排油エネルギーを高める方法等がある。さらに残った地下の油を回収する三次回収法がある。

b. 処理

原油は必ずガスとともに産出し、油田が老朽化するにしたがい水も産出されるようになる。原油からガスと水を分離する必要がある。

原油からガスの分離はセパレーターという装置で行なわれる。原油中の水がエマルジョンを形成している場合はエマルジョンの処理を行う。

また、ガスは水蒸気で飽和された状態で産出するので、脱湿が必要である。

調査結果

データは他に比べて多くて３～４個ある。中東とインドネシアで比較すると採取、処理エネルギーは等しいとしているが、フレア燃焼は中東が多い。海上輸送エネルギーは中東の方が距離は２倍以上であるが、船型の関係で逆に若干少なくなっている。

（４）非鉄金属鉱石

非鉄金属には精鉱と地金の両方を輸入しているものと、地金だけを輸入しているものと、精鉱だけを輸入しているものとがある。

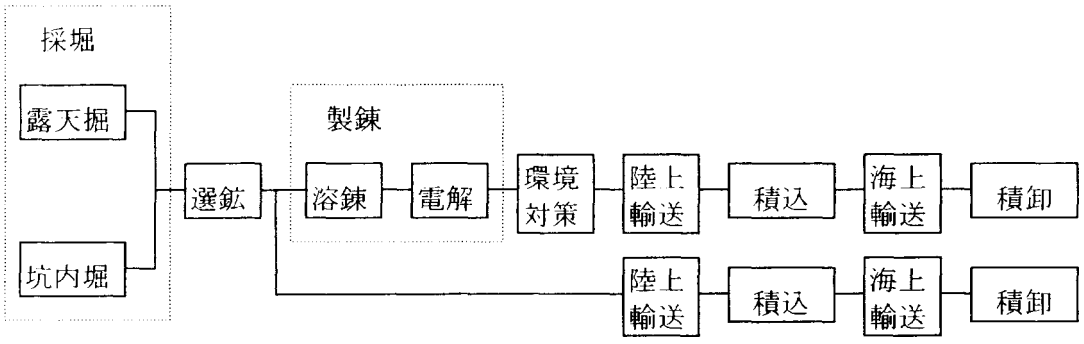
精鉱と地金の両方を輸入しているものには、銅、亜鉛、ニッケル、鉛がある。地金だけを輸入しているものには、アルミニウム、錫、白金、クロム、シリコンがある。精鉱だけを輸入しているものにはウランがある。

なお、カドミウムは亜鉛精鉱に含まれる微量のカドミウム分を製錬工程の副産物として回収している。水銀は近年、リサイクルで需要がまかなわれている。

a. 採鉱

非鉄金属の採鉱は露天掘と坑内掘のいずれかが採用されている。鉱床が地下の比較的浅所に賦存している場合は主に露天掘法が、その他の場合は坑内採掘法が採用されている。

非鉄金属の処理フロー（銅）



坑内採掘では、まず、鉱床へのアクセスのため斜坑あるいは立坑を開削し、つぎに鉱石の採掘に先立って採用する採鉱法に応じた採掘準備のための掘進を行う。これら掘進の作業パターンは穿孔→装薬→発破→積込→支保であるが、使用する機械の大型化・油圧化および支保方法の改善により、大幅に掘進効率は向上している。

b. 選鉱

選鉱には主に浮遊選鉱（Flotation）と呼ばれる方法がある。浮遊選鉱は略して浮選ともいうが、鉱石の粗鉱を粉状に粉砕・磨鉱して水に懸濁させ、これに油や薬品を加えて攪拌して気泡を発生させると泡の表面に鉱物が付着する。この泡に付着した鉱物をかき集めると精鉱となる。

銅鉱石は選鉱して銅品位 20～25% の精鉱とする。亜鉛精鉱の品位は 55% 、ニッケル精鉱の品位は 5 ～15% 、鉛精鉱の品位は 60～65% 、錫精鉱の品位は 60～70% 程度である。

c. 精錬

非鉄金属はそれぞれ種々の精錬法がある。主な非鉄金属について代表的な精錬法を示す。

アルミニウム：アルミナ製造後、電解
銅　　：溶錬工程の自溶炉、製銅工程の転炉、精製工程の電解
亜鉛　　：湿式法が主体。ばい焼、溶解、電解
ニッケル　　：ばい焼、溶錬、電解
錫　　：ばい焼、溶錬、電解
鉛　　：ISP 法

調査結果

採鉱、選鉱および一部の製錬のデータがえられた。今後、海上輸送については精鉱、地金別に船型を調査する必要がある。それから、これはいずれの資源、エネルギーについてもいえることであるが、輸入相手国の電源構成を調査し、それに基づいて電力使用量のエネルギー換算を行う必要がある。

（5）天然ガス

天然ガスの輸入を国別でみると、第１位がインドネシアで 40.0% 、第２位がマレーシアで 19.6% 、第３位がオーストラリアで 15.6% 、ついでブルネイの 12.6% となっている。

インドネシア、マレーシア、ブルネイの３カ国で72.2% を占めてる。

天然ガスの主な資源は次の２種である。

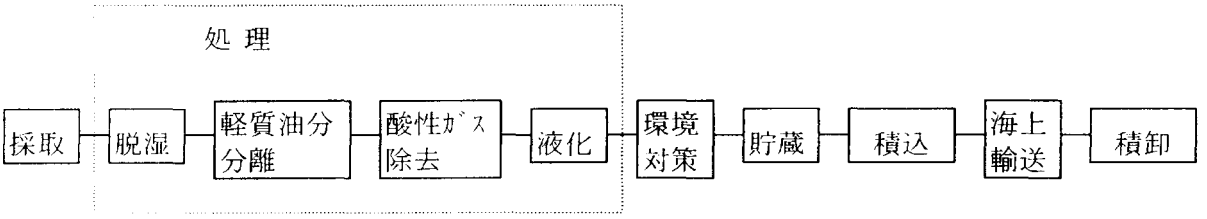
・遊離性。少量の液体を伴って産出するガス。

・油溶性。原油と一緒に産出するガス（随伴ガス）。

遊離形ガスは構造性ガスとも呼ばれている。成因は油田と同じように考えられており、油田地帯の油を含む地質系統中に遊離形鉱床を形成して存在する油田性ガスである。天然ガス資源の８割以上はもともと地下にガス状の炭化水素として埋蔵されているガス田から生産された非随伴ガスである。

油溶形ガスは油層内の形態により、原油中に溶解している溶解ガスとガスキャップガスとがある。

天然ガスの処理フロー



a. 処理

天然ガス処理では、天然ガスの脱湿、天然ガス中の軽質油分分離、天然ガス中の酸性ガスの除去が重要な目標となる。

イ. 天然ガスの脱湿

天然ガス中に水分が残っていると、ガスハイドレートと呼ばれる水和物を生成し、冬季にはパイプラインを閉塞することがある。そのため、ガス中の水分を除去する必要がある。

ロ. 軽質油分の分離

天然ガス中にはプロパン、ブタンのガス状炭化水素の他にＣ５　以上の液状分を含む場合が多い。これらの成分はガソリンとほぼ同様で、天然ガソリンといわれる。この天然ガソリンを分離回収する。

ハ. 酸性ガスの除去と回収

天然ガス中には硫化水素ガスや炭酸ガスなどの酸性ガスも含まれているので、除去と回収を行う。

b. 液化

液化装置に送られた原料ガスは、最初に重質炭化水素を除去され、除去された重質炭化水素は複数の蒸留塔で処理され、冷媒の補給に必要なエタンおよびプロパンは回収され冷媒Ｃ２/Ｃ３　タンクに送られる。また、Ｃ５　＋の重質炭化水素はコンデンセートと合わせてコンデンセート貯蔵・積出し設備に送られる。そして、余剰のＣ４　および軽質の炭化水素は液化装置にＬＮＧの原料としてリサイクルされる。

重質分を除去された原料ガスおよびリサイクルされた軽質炭化水素は、主熱交換器で、

混合冷媒により液化され、製品ＬＮＧとしてＬＮＧ貯蔵・積出し設備に送られる。

調査結果

ユネルギーについては１個のデータ、環境負荷物質については２個のデータがえられた。

第 2.1.2-2 表　資源関係 LCI データ総括表

(1)鉄鉱石

	主要輸入国	エネルギー						環境負荷物質	
		データ数	採鉱・選鉱	陸上輸送	積込み	海上輸送	計	データ数	CO_2
鉄鉱石	オーストラリア		軽油	軽油	軽油	重油			20.0 kg/t
	ブラジル	1	1.98 l/t	1.33 l/t	0.60 l/t	11.2 kg/t	157,000 kcal/t	1	47.4 kg/t
	インド								25.2 kg/t

(2)石炭

	主要輸入国	エネルギー				環境負荷物質	
		データ数	採炭・選炭	海上輸送	計	データ数	CO_2
石炭	オーストラリア		39,184～	119,708～	191,752～		106.2 kg/t
	カナダ	2	51,066 kcal/t	201,927 kcal/t	241,111 kcal/t	4	126.2 kg/t
	アメリカ						218.2 kg/t

(3)原油

	主要輸入国	エネルギー				環境負荷物質	
		データ数	採取・処理+フレア	海上輸送	計	データ数	CO_2
原油	UAE, サウジアラビア	3	127,341～215,907 kcal/kl	96,455 kcal/kl	223,796～312,362 kcal/kl	4	18.8～21.9 kg-CO_2/kl
	インドネシア		62,798～165,296 kcal/kl	100,466 kcal/kl	163,264～265,762 kcal/kl		12.8～18.9 kg-CO_2/kl

(4)非鉄金属鉱石

		エネルギー						環境負荷物質	
		データ数	採鉱・選鉱	精錬	陸上輸送	海上輸送	計	データ数	CO_2
①アルミニウム(地金)		1	軽油 1.0 l/t					-	-
			電力 20～30 kwh/t	16,000 kwh/t地金					
②銅	(精鉱、地金)	1	軽油 0.72 l/t	軽油 13 l/t				-	-
			電力 20～30 kwh/t	電力 235 kwh/t、石炭 38 kg/t				-	-
③亜鉛	(精鉱、地金)	1	軽油 0.41 l/t					-	-
			電力 60 kwh/t	電力 3250 kwh/t					
④ニッケル	(精鉱、地金)	1	軽油 1.95 l/t					-	-
			電力 20～30 kwh/t						
⑤錫	(地金)	1	電力 1.11 kwh/t					-	-
⑥鉛	(精鉱、地金)	1	軽油 0.41 l/t	軽油 36.4 l/t				-	-
			電力 60 kwh/t	電力 750 kwh/t、コークス 226 kg/t					
⑦水銀	—	-						-	-
⑧カドミウム	—	-						-	-
⑨白金	(地金)	1	電力 70～80 kwh/t					-	-
⑩クロム	(地金)	1						-	-
⑪シリコン	(地金)	1		電力 15000 kwh/t				-	-
⑫ウラン	(精鉱)	1	軽油 1.2 l/t					-	-
			電力 20～30 kwh/t						

(5)天然ガス

	主要輸入国	エネルギー				環境負荷物質	
		データ数	採取・処理	海上輸送	計	データ数	CO_2
天然ガス	インドネシア、マレーシア、ブルネイ	1	1,961,000 kcal/t	372,500 kcal/g	2,333,500 kcal/t	3	47.9～123.1 kg-CO_2/t

2.1.3　エネルギー

（1）電力

a．各種発電プラントの発電電力量と位置付けについて

平成8年度の発電電力量（一般電気事業用）は、8,729 億kWh で、その内訳は、水力 838 億kWh(構成比： 9.6%）、火力 4,834 億kWh(同： 55.4 %）、原子力 3,021 億kWh（ 同： 34.6 %）である。

電力構成の基本的な方向としては、原子力、一般水力などをベース供給力として、次いで石炭火力をこれらに準ずるものとして位置付けている。またミドルおよびピーク供給力には、石炭火力、ＬＮＧ火力、石油火力、揚水発電を各電源特性を踏まえ位置付けている。なお、石油火力は漸減していく方向にあり、暦時間利用率が 5%以下の発電所も多いが、近年、予想外の電力需要の伸長に対応してバッファ供給力としての役割を持たせている。

b．調査の範囲および算出方法

今回の調査は発電プロセス運転時のインベントリであり、発電にかかわるインプット（エネルギー、化学物質など）とアウトプット（電力、排出物など）のデータが対象となる。したがって、インプットと電力以外のアウトプットが無視出来る水力発電、および殆どの排出物をそのまま保管している原子力発電を除外した火力発電のみを対象とし、石炭、石油、ＬＮＧの各発電プロセス別のインベントリデータを収集した。

本調査で示したCO_2排出原単位は、全電気事業者の運転実績に基づく公表された重油換算消費率と環境庁が発表している第 2.1.3-1 表に示した燃料別炭素排出原単位から算出した。なお、環境対策にかかわる物質の収支については、本プロジェクトの一環として現在、（財）電力中央研究所が中心になってデータの整理中であり、SO_2およびNO_2の排出原単位については文献調査にとどまっている。

第 2.1.3-1 表 燃料別炭素排出原単位

［単位：g-C/Mcal］

燃料種	炭素排出原単位
石　炭	103.60
重　油	81.80
原　油	78.11
ＬＮＧ	56.39

c．調査結果

発電プロセス別に、大規模プラント、小規模プラント、および平均の3種について検討した。規模による熱効率には顕著な差異は認められ無かった。CO_2排出原単位は、石炭火力を除くと比較的良い一致を示している。第 2.1.3-2 表に各種火力発電プラント別の環境負荷物質の排出原単位を一括して示した。石炭火力のデータにバラツキが大きいのは、調査時期によって熱効率の改善された新鋭発電所の寄与率が異なっているためではないかと推定され、更なる検討が必要である。

第 2.1.3-2 表　各種発電プラントからの環境負荷物質の排出原単位

	CO_2 (g-C/kWh)	SO_2 (g/kWh)	NO_2 (g/kWh)	燃料消費量 (kcal/kWh)
石炭火力	① 246 (223:超々臨界圧) ② 257 (223:超々臨界圧) ③ 211.8 ④ 225	⑦ 1.0	⑦ 1.2	④ 2174
原油火力	③ 174.0			
重油火力	③ 183.7			
石油火力	① 188 ② 191 ④ 187			④ 2243
LNG火力	① 138 ② 133 ③ 122.8 ④ 120 (CCを含む)			④ 2135
LNG CC	① 107 (CCを含む) ③ 115.5 ④ 113			
LNGA CC	③ 99.2 ④ 101			④ 2055
平　均	② 171 (162:発電端) ⑤ 159 ⑥ 112	② 0.147 ⑤ 0.271 ⑥ 0.31	② 0.152 ⑤ 0.338 ⑥ 0.23	

[出典]
①電中研(1995)　②NEDO(1998)　③東京電力(1998)　④本報告
⑤電事連(1997)　⑥資環研(1998)　⑦電源開発パンフレット
但し、②は9電力の送電端原単位、他は発電端原単位

第 2.1.3-3 表　昼夜別の原単位の差異　　(需要端換算値)

		燃料消費率原単位	CO_2 排出原単位
電源構成を考慮	昼間 (8～22 時)	1,425 kcal/kWh	103 g-C/kWh
	夜間 (22～ 8 時)	1,150 kcal/kWh	83 g-C/kWh
	(平　均)	1,333 kcal/kWh	97 g-C/kWh
火力発電のみ		2,455 kcal/kWh	178 g-C/kWh

(平成 7 年度 9 電力会社の平均値)

類似の問題はＬＮＧ火力にも存在する。即ち、公表値には従来型と高熱効率のコンバイドサイクル（ＣＣ）が分離されていないために、排熱回収式のいわゆるＣＣとリパワリング（排気再熱式ＣＣ）を分離あるいは未分離のデータが混在した結果、調査結果にバラツキが生じたと推察される。本調査の場合にはＣＣを含んでおり、最も低い値となっている。したがって、従来型ＬＮＧ火力のCO_2排出原単位は、最大値の 138g-C/kWh が妥当な値と考えられる。この点についても、今後の調査が必要である。

SO_2およびNO_2の排出原単位には、文献ごとのバラツキが大きい。（財）電力中央研究所からの最新データの公表が待たれる。

なお、ユーザーが使用する電力インベントリは需要端排出原単位であり、この検討が必要となる。また、昼間と夜間電力との排出物原単位の差異にも考慮すべきである。第 2.1.3-2 表に示した様に、夜間電力は火力発電の比率が低く、１kWh あたりの燃料消費率およびCO_2排出原単位が昼間に比べ約２割少ないことが公表されており、SO_2およびNO_2排出原単位の削減率についても調査する必要がある。

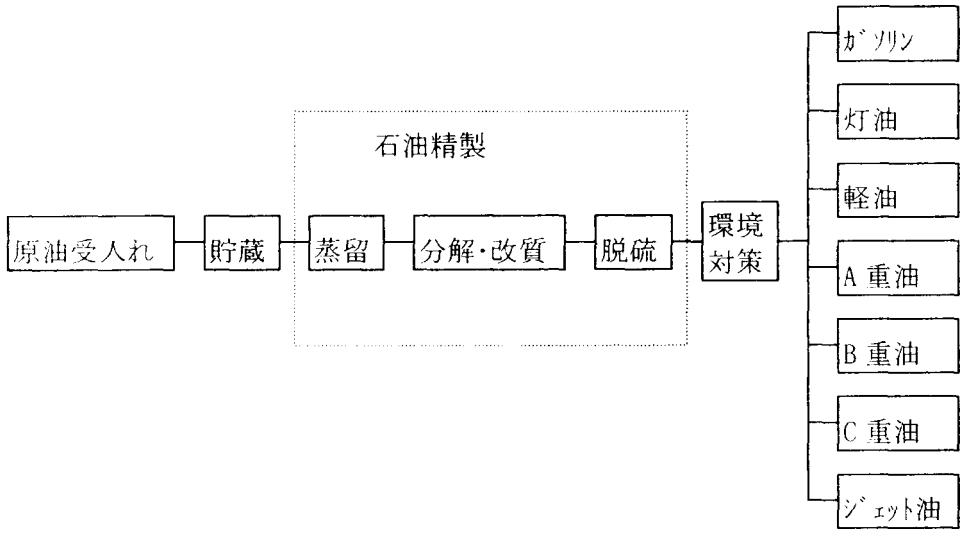
（２）石油

ａ.石油精製

原油は沸点、分子量のことなる各種の炭化水素の複雑な混合物で、これら成分を沸点の差によって分離する操作を蒸留という。蒸留によって分離された留出油を留分といい、一度分離した留分をさらに蒸留することを再蒸留という。また大気圧で行う蒸留を常圧蒸留といい、高度の減圧下で行う蒸留を減圧蒸留という。蒸留によって分離される留分の内、最も軽質なものは常温でガス状の炭化水素で、それらのうちプロパン、ブタン等は常温、10～20kg/cm^2の圧力下で液化するので液化石油ガスとよばれ始留～200 ℃留分をナフサ、200 ～250 ℃留分を灯油、250 ～330 ℃留分を軽油、330 ℃以上の高沸点分を重油とよんでいる。重油をさらに減圧下蒸留すれば、重質軽油、潤滑油留分および減圧かま残油となる。原油に残留炭素を多く含む場合の減圧かま残油はアスファルトになる。

近年は２度の石油危機以降の需要構造の変化により、重油の需要が減少した。一方、ガソリン、軽油などの輸送用燃料は代替がきかず、モータリゼーションの一層の進展により需要は着実に増加した。また、重油需要は減少したが、灯油、Ａ重油といった中間留分の需要は増加している。このような製品の軽質化という需要構造の大変動に対応して、石油精製は対応しつつ今日にいたっている。

石油精製のフロー



調査結果

データは１個である。しかし、４製油所の実績の解析であり、数値は上限、下限、平均の３数値が出されている。

（３）ガス

都市ガスの生産量は液化天然ガスによるものが平成７ 年度で 74.7% と圧倒的に多い。都市ガス業界は 1969 年に東京ガスが東京電力とアラスカからＬＮＧを調達、天然ガスの大規模供給体制を確立したのにはじまり、1970 年代の後半になると大阪ガス、東邦ガスの２社がＬＮＧの導入を開始している。さらに、こうした大手ガス事業者の周辺に供給エリアを持つ中小規模の都市ガス事業者も、大手の支援を受ける形で原料の天然ガス化をはかってきた。

ついで、液化石油ガスによるものが 14.3% 、国産天然ガスによるものが 5.3% となっている。

調査結果

ＬＮＧのガス化エネルギーがえられた。

（４）酸素

酸素の工業的製造は、すべて空気を原料としており、製造法を大別すると、低温分離法（深冷分離法）、吸着法、酸素薄膜法の３ 種がある。

３種の酸素の製造法で得られる酸素純度は低温分離法は 99～85% 、吸着法は 90～95% 、酸素富化膜法は 40% 以下である。使用目的に応じて使い分けられる。

a. 低温分離法（深冷分離法）

低温分離法は、空気を液化させ酸素、窒素、その他ガスの沸点の温度差を利用して、蒸

留分離する方法である。

液体空気は液体酸素(-183 ℃)、液体窒素(-196 ℃)の混合液と考えてよい。大気圧の下では酸素と窒素では13℃の沸点の差があるので、沸点の低い窒素は酸素よりも多く蒸発する。

b. 吸着法（ＰＳＡ法）

ＰＳＡ法はPressure Swing Adsorption の頭文字をとったもので、モレキュラーシーブと呼ばれる吸着剤のもつ、酸素と窒素に対する吸着特性の差を利用して空気中の酸素を濃縮して酸素ガスを製造する方法である。

c. 酸素薄膜法

膜による気体分離については、近年、実用化され始めた技術である。

酸素に関してはエネルギー消費量が少ないメリットがある。スケールメリットが少ないので小型の装置に適する。

調査結果

データの出所は１ヶ所であるが、データは上限値と下限値で表されている。これは設備スペックによる差と稼働率による差によるものである。

（５）蒸気

a. 丸ボイラーは大径の円筒形をした胴によって本体が作られ、その内部に燃焼室と伝熱面となる煙管などが設けられている。

炉筒煙管ボイラーは丸ボイラーの中でもボイラー効率が85～90% と最も良いボイラーとして、工業用、空調用として広く使用されている。また水管ボイラーに比べ一般に製作も取扱も容易で、最高使用圧力は10kgf/cm^{2}程度までで、伝熱面積も20～200m^2、蒸発量も10t/h 程度までのものが多い。最近は25t/h をこえるものも現れている。すべての組立を製造工場で行い、完成状態で搬送して据えつけるので、一般にパッケージボイラーといわれている。

b. 水管ボイラーは一般に丸ボイラーに比べ小径のドラム（胴）と多数の水管（内部に水、外部に燃焼ガスが接触）とで構成され、水管が伝熱面となっている。したがって、高圧用に適し、水管の数と長さを増すことによって大容量のものも作れる利点がある。

調査結果

データはえられなかった。

（６）水

工業用水は河川水中のおおきな浮遊物を除去後、土砂などの濁度成分を自然沈降させたものである。上水は浮遊物を除去後、凝集剤を添加し強制的に濁度成分を沈降させ、その後殺菌したものである。純水は水道水または井戸水を原水として、イオン交換とか蒸留などにより、電解質その他の成分を除去した25℃で抵抗率15Mオーム・cm 前後のレベルの水である。

超純水は純水中の不純物をさらに除去した抵抗率で、少なくとも16Mオーム・cm以上の純水を意味する。

調査結果

工業用水、上水、超純水について製造エネルギーがえられた。

第 2.1.3-4 表　エネルギー関係　LCI データ総括表

エネルギー関係LCIデータ総括表

(1)電力

		エネルギー					環境負荷物質
		石炭	重油	原油	LNG	重油換算消費	CO_2
1. 火力(石炭	石炭受入～発電端	0.340 kg/kwh	0.008 l/kwh			0.223 l/kwh	225 g-c/kwh
(石油	石油受入～発電端		0.106 l/kwh	0.095 l/kwh		0.234 l/kwh	187 g-c/kwh
(LNG	LNG受入～発電端		0.008 l/kwh	0.007 l/kwh	0.146 kg/kwh	0.219 l/kwh	120 g-c/kwh
2. 水力	取水口～発電端						g-c/kwh
3. 原子力	燃料受入～発電端						g-c/kwh

(2)石油

		エネルギー					環境負荷物質	
		データ数	受入・貯蔵	石油精製	環境保全等	計	データ数	CO_2
1. ガソリン	原油受入～製品タンク	1		851,000～946,000 kcal/kl		851,000～946,000 kcal/kl	1	30.8 kg/kl
2. 灯油	同上	1		284,000～355,000 kcal/kl		284,000～355,000 kcal/kl	1	30.8 kg/kl
3. 軽油	同上	1		284,000～355,000 kcal/kl		284,000～355,000 kcal/kl	1	30.8 kg/kl
4. A重油	同上	1		440,000～553,000 kcal/kl		440,000～553,000 kcal/kl	1	30.8 kg/kl
5. C重油	同上	1		430,000～473,000 kcal/kl		430,000～473,000 kcal/kl	1	30.8 kg/kl

(4)酸素

		エネルギー		環境負荷物質	
		データ数	エネルギー	データ数	CO_2
(深冷分離	空気受入れ～製品タンク	1	0.25～0.35 kwh/Nm³純O_2	-	-
(PSA	同上	1	0.35～0.4	-	-
(膜分離	同上	1	0.3～0.4	-	-
液酸	酸素ガス～液酸	1	0.7～0.8	-	-

(6)水

		原水受入・処理	送水	計	超純水処理		
					電力	蒸気	用水
工業用水	エネルギー:電力	0.105 kwh/m^3	0.132 kwh/m^3	0.237 kwh/m^3	-	-	-
上水	エネルギー:電力	0.163 kwh/m^3	0.296 kwh/m^3	0.459 kwh/m^3	-	-	-
超純水	エネルギー:電力	-	-	-	4.6 kwh/m^3	6 m^3	0.435 m^3

2.1.4 輸送

（1）わが国の貨物輸送の状況

わが国の国内貨物輸送トン数は 66 億トン、国民 1 人当たりの年間輸送トン数は約 54 トン、輸送トンキロ(輸送トン数に輸送距離を乗じたもの)は約 5,500 億トンキロである。これらの輸送機関別のシェア(分担率)を、輸送トン数ベースで見ると自動車 90.9%、内航海運 8.0%、鉄道 1.1%、航空 0.01%で自動車の占める比率が圧倒的に高い。

貨物の輸送量を総合的な仕事量としてとらえるには、輸送の量に輸送距離を乗じた輸送トンキロで見ることが行われる。輸送機関別のシェアをトンキロベースで見ると、自動車 53.3%、内航海運 42.1%、鉄道 4.4%、航空 0.2%となり、トンベースのシェアに比較して自動車が下がり、内航海運、鉄道、航空が大きく上がる。これは各輸送機関別の平均輸送距離が自動車 47km、鉄道 321km、内航海運 442km、航空 952km と自動車が比較的短いためである。自動車は近距離輸送を、鉄道、内航海運、航空は中･長距離輸送を主体としている。

（2）インベントリデータ整理のための区分

鉄道、自動車、内航海運、航空の４種類のインベントリデータ整理のための区分をまとめた。(第 2.1.4-1 表)

鉄道は貨物による分類と動力形式の区分があるが、貨物によるインベントリの差異は少ないと考えられる。

自動車の場合には用途別種類、規模および動力形式の差異によりインベントリが異なる。また、事業形態として営業用、自家用の区別があり、自家用は貨物が小口で輸送距離も短いことからエネルギー消費量は多い。

内航海運による輸送の特徴は大量輸送でエネルギー消費量はすくない。インベントリデータは用途別種類、規模の差異について整理すべきである。用途別では、油タンカー、重量物の鉱石専用船、嵩物の自動車専用船等の差異が考えられる。

航空輸送の場合には、用途別として客貨兼用機と貨物専用機とがあるが、空輸という輸送の特徴からエネルギー消費量レベルが高く、インベントリの差異がどの程度か注目すべきである。

（3） 各輸送手段の特徴

貨物を発送主から受取主まで輸送する場合、自動車が一番簡便である。しかし、鉄道の場合には一般的には取り扱い駅まで自動車による持ち込み、即ち自動車＋鉄道の組み合わせのエネルギーが必要となる。更に、海運および航空の場合には港または空港が限定されているので原則として、自動車または鉄道、あるいはその両方を使用しなければならない。従って、これらの輸送手段を利用する場合のインベントリはこれらの各輸送手段のインベントリを積算することになる。また、いずれの輸送手段によっても積み込み、積み下ろしの作業があり、この工程によるインベントリの程度を把握することが必要である。

第 2.1.4-1 表　輸送手段とインベントリ調査区分

輸送手段	鉄道	自動車	海運	航空
1.用途	1.貨物による分類 (1)ｺﾝﾃﾅ車 (2)車扱車	1.用途別種類 (1)ﾄﾗｯｸ (2)ｺﾝﾃﾅﾄﾗｯｸ (3)ﾀﾞﾝﾌﾟﾄﾗｯｸ (4)特殊車 ①ﾀﾝｸ車 ②ﾄﾚｰﾗｰ車	1.用途別種類 (1)輸送船（ﾀﾝｶｰ） (2)ｵｱ・ﾊﾞﾙｸｷｬﾘｱ ①鉱石専用船 ②石炭専用船 (3)自動車運搬船 (4)その他専用船 ①ｾﾒﾝﾄ専用船 ②石灰石専用船 (5)LPG, LNG 船 (6)貨物船	1.用途別種類 (1)客貨兼用機 (2)貨物専用機
2.規模		2.規模 (1)小型ﾄﾗｯｸ (2)普通ﾄﾗｯｸ ①４ｔ車 (3)大型ﾄﾗｯｸ	2.規模 (1)普通船 (2)大型船	2.規模 (1)普通機 (2)大型機
3.動力	2.動力形式の種類 (1)電力 (2)ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ動力	3.動力形式の種類 (1)ｶﾞｿﾘﾝ車 (2)ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ車		

（4）燃料性状とインベントリ

輸送手段と使用エネルギーの性状を考慮しなければならない。すなはち、鉄道は電力エネルギー(ジーゼル機関車を除く)、航空はジェット油、トラックは軽油、船舶はA重油とC重油を使用している。従って、同一エネルギー原単位でも環境負荷物質、特にS化合物とCO_2量は定量的に差異が生じる。

（5）インベントリデータの整理

JICSTおよび関連機関から入手した文献を調査しインベントリを整理した。その代表的な値を要約として示す(第2.1.4-2表)。

全輸送機関のエネルギー消費量として、全国輸送量と全国の燃料消費量から各輸送機関別のエネルギー消費量が求められている(出典1)。この値によると、鉄道は118kcal/t・km、内船海運は126 kcal/t・km、航空(国内線)は5700 kcal/t・km、自動車は営業用が約700 kcal/t・km、自家用が約2300 kcal/t・kmと営業用の約3倍と高く、自動車平均で約1100 kcal/t・kmとなっている。

個別のデータについて、鉄道の場合、動力の差異による値は外国の例として、ディーゼル機関車は電気機関車の約4倍エネルギー消費量のデータがみられた(出典2)。

自動車関連データは普通トラック、小型トラックについて調査データがある(出典3,4)。これによると規模、営業形態によりインベントリがかなり異なることがわかる。長距離トラック、タンクローリ等は300-400 kcal/t·km程度であるが、普通トラック(4-8トン)では約1200 kcal/t·km程度、小型(4トン以下)では約2500 kcal/t·km程度にもなっている。さらに自家用になるとそれぞれの約2倍となっている。

船舶の場合には専用船では60-120 kcal/t·kmで全国のエネルギー消費量より計算された値よりやや低めになっている(出典5,6,7)。

航空関連では外国のデータもいくつか得られた。しかし、貨物専用機、客貨兼用機の区別の分かるほどの精度のある情報はない(出典8,9)。また、いくつかのデータを統一単位：kcal/t·kmに換算してみるとかなり幅のある値になり、データの成り立ち、前提等を詳細に整理しなければ分からない。

次に、環境負荷物質のインベントリとしては、CO_2、SO_2、NO_2は計算で求めた値も含めていくつか情報がある。

表2.1.4-2　輸送のインベントリ総括表

表A わが国の貨物のエネルギー消費原単位

（単位：kcal/t·km）

年度 / 輸送機関	1994	1995	出典
ＪＲ貨物	117.5	117.8	1）
民　　鉄	96.2	100.3	
鉄道（計）	117.2	117.5	
営業用自動車	706.4	696.0	
自家用自動車	2,272.6	2,298.4	
自動車（計）	1,102.1	1,085.1	
内航海運	123.0	125.8	
航空（国内線）	5,683.1	5,703.5	
総輸送量	636.2	640.3	

表B 鉄道関連

駆動方式	換算値 (kcal/net-t·km)		出典
ディーゼル	62.6		2）
電　　気	16.1		

表E 航空関連

	ｴﾈﾙｷﾞｰ消費量 (kcal/t·km)	CO_2排出量 (g-CO2/t·km)	出典
旅客、貨物	5,500	440	8）
乗客搭乗率　60%	8,514		9）
100%	5,934		

表C トラック関連

車種	ｴﾈﾙｷﾞｰ消費量 (kcal/t·km)	CO_2排出量 (g-c/t·km)	SO_2排出量 (g-SO2/kl·km)	NO_2排出量 (g-NO2/kl·km)	出典
長距離ﾄﾗｯｸ	284	22.3			3）
営業用普通ﾄﾗｯｸ	1,167	91.5			
営業用小型ﾄﾗｯｸ	2,554	200.2			
自家用普通ﾄﾗｯｸ	2,092	163.9			
自家用小型ﾄﾗｯｸ	5,778	452.9			
ﾀﾝｸﾛｰﾘｰ　白油	336	26.2	0.0285	1.017	4）
ﾀﾝｸﾛｰﾘｰ　黒油	410	32.2	0.0349	1.195	
タンク車	63	30.0	0.0045	0.022	

表D 船舶関連

船種	ｴﾈﾙｷﾞｰ消費量 (kcal/t·km)	CO_2排出量 (g-c/t·km)	SO_2排出量 (g-SO2/kl·km)	NO_2排出量 (g-NO2/kl·km)	出典
石炭船(全国値)	64	19.8			5）
コンテナ船	84	6.9			6）
ＲＯＲＯ船	95	7.7			
内航貨物船	120	9.7			
フェリー貨物	739	60.1			
内船タンカー	109	8.9			7）

1)出典 ：平成９年版 運輸関係ｴﾈﾙｷﾞｰ要覧　運輸省運輸政策局情報管理部編
2)出典 ： Inst.J.Hydrogen Energy Vol10 NO.7/8 P505～516 (1985)
3)出典 ：環境と運輸 1994 (財)運輸経済研究ｾﾝﾀｰ調査報告書
4)出典 ：輸送段階を含めた石油製品のﾗｲﾌｻｲｸﾙｲﾝﾍﾞﾄﾘｰの作成に関する調査報告書 1998.3 石油産業活性化ｾﾝﾀｰ
5)出典 ：（内航船船舶明細書 1989 (社)日本海運集会所）
　　火力発電所大気影響評価技術実証報告書 （財）ｴﾈﾙｷﾞｰ総合工学研究所
6)出典 ：環境と運輸 1994 (財)運輸経済研究ｾﾝﾀｰ調査報告書
7)出典 ：輸送段階を含めた石油製品のﾗｲﾌｻｲｸﾙｲﾝﾍﾞﾄﾘｰの作成に関する調査報告書 1998.3 石油産業活性化ｾﾝﾀｰ
8)出典 ：運輸部門からのCO2排出抑制調査報告書 （財）運輸経済研究ｾﾝﾀｰ, 1992
9)出典 ：Energy Consumption in air transport Transport Reviews 1984 Vol14.No2 159～171

2.2 石油及び石油化学製品、無機化学製品関連

2.2.1 インベントリデータ調査の内容

一つの製造設備で生産されたいくつかの化学製品が、次の製造設備の原料となり複数の製品を産出する。このため、インベントリデータの調査対象製品の数はねずみ算的に増大する。従って必要な調査内容もそれにともなって増加する。本年度は初年度に当たるため、これらの調査対象製品として、できるだけ上流の製品から調査を実施することとした。

化学製品の源流に遡るほど石油精製のごとく、一つの製造施設から数多くの製品を算出する場合や、硫酸製造のごとく一つの製品を様々な方式で産出する場合と、その製品を産出する形態が様々であり、インベントリデータを作成する考え方をその都度変える必要があることが判る。特に製品が多数同じ施設から産出される場合に、単に製品の重量比で環境負荷を割り振ることが不合理な場合も生じる。従って、このような場合には、何らかの配分原則に従って、環境負荷を各製品に割り振る必要が生じる。

一方、耐火物やゴム製品のごとく、産業における使用状態から見て基幹の製品であるが、実際の製品の製造工程から判断すると、最終製品である場合がある。このような製品では実際の製品のインベントリデータがその品目の製品ごとに変化する。このような製品品目に関しては、インベントリデータそれ自体は必要であるが、インベントリデータの標準値にはデータとしての実質的な意義は少ない。むしろ製品の個々にインベントリデータを必要とするため、素材や加工に伴うユーティリティ等の標準を決めて、インベントリデータを算出する算式を与えることが望ましい場合がある。

このような理由から、個々のインベントリデータの算出の考え方を明確にしておくことが必要となる。以下に本調査で行ったインベントリ調査の考え方をまとめた。

（1）石油製品

a. 調査対象製品

石油製品については原油から下記の１３品目が産出されるとして調査を行っている。

揮発油、ナフサ、ジェット燃料油、灯油、軽油、Ａ重油、ＢＣ重油、ＬＰＧ、
潤滑油、パラフィン、アスファルト、オイルコークス、回収硫黄

インベントリには平成９年度の各製品の生産量を用いて計算している。これらの製品に対し、通常はインベントリを重量または kl 当たり同じ値を割り当てている。本調査では、産業の基幹製品としての重要性や、その製品に係る製造工程での複雑さから考えた場合のインベントリ配分計算を比較のため行った。

ただし、本計算方式でインベントリを求めることは石油業界が認めている方式ではないことを断っておく。

b. 精油所の平均的フローモデル

日本の製油所は、それぞれ構成設備の種類や設備能力が異なっている。製油所は需要に応じて、目的の製品の得率を或程度の幅で制御できるようになっている。それら個々の製油所を全部まとめて一つの製油所と考えた。その製油所を平均的なフローモデルとして考

えるために、第2.2.1-1図のフローを採用した。この仮想の製油所で全原油を処理し、その年の製品構成に合わせてインベントリを算定する方式を採用した。ただし、このフローモデルにはコーカーを含んでいないが、主たる設備はほぼ含まれていると考えられる。

c. 原油

原油に関してはこの調査では範囲外としている。日本の原油は殆ど全てが輸入原油であることから、各輸入元の油田の性状、処理方式による環境負荷の違いは大きいが、この調査ではこれらを考慮せず、全体として一つの原油と考えて計算している。なお、原油としてのトータルの硫黄量、バナジウム、ニッケル、窒素、その他固形物等のデータが得られなかったが、将来はこれらのデータをインベントリに含めることが望まれる。

d. 物質収支

物質収支を第2.2.1-2図に示した。この物質収支は各構成設備の留分得率を定め、最終製品得率と一致するように、各構成設備への流量配分を計算で決めている。設備の中では体積流量が大きく変化する場合があるので、製品と原油の量が必ずしも一致しない。これに対しては、製油所の内部で使用される燃料分として、差異分はそこに含めることとした。ここで計算された物質収支はエネルギー配分のための手段として使用される。

なお、製油所の各設備における留分得率の代表例に関しては、非公開の資料を参考にして定めている。今後のインベントリ・データ改変の時点で、留分得率の標準値が定められると、合理的であろうと考えられる。また、コーカー等の本モデルに含まれていない設備についても付け加えると更に精度は向上する。大気、水質、固形廃棄物のそれぞれの環境負荷を配分する段階で、各設備に投入されたり、各設備から排出されるインベントリを物質収支として正確に算出することは労力、困難さの点から現実的でないので、この調査では次項に述べる考え方をしている。なお、製油所で消費される燃料の各種の総計は別途年報に集計されているデータを採用している。

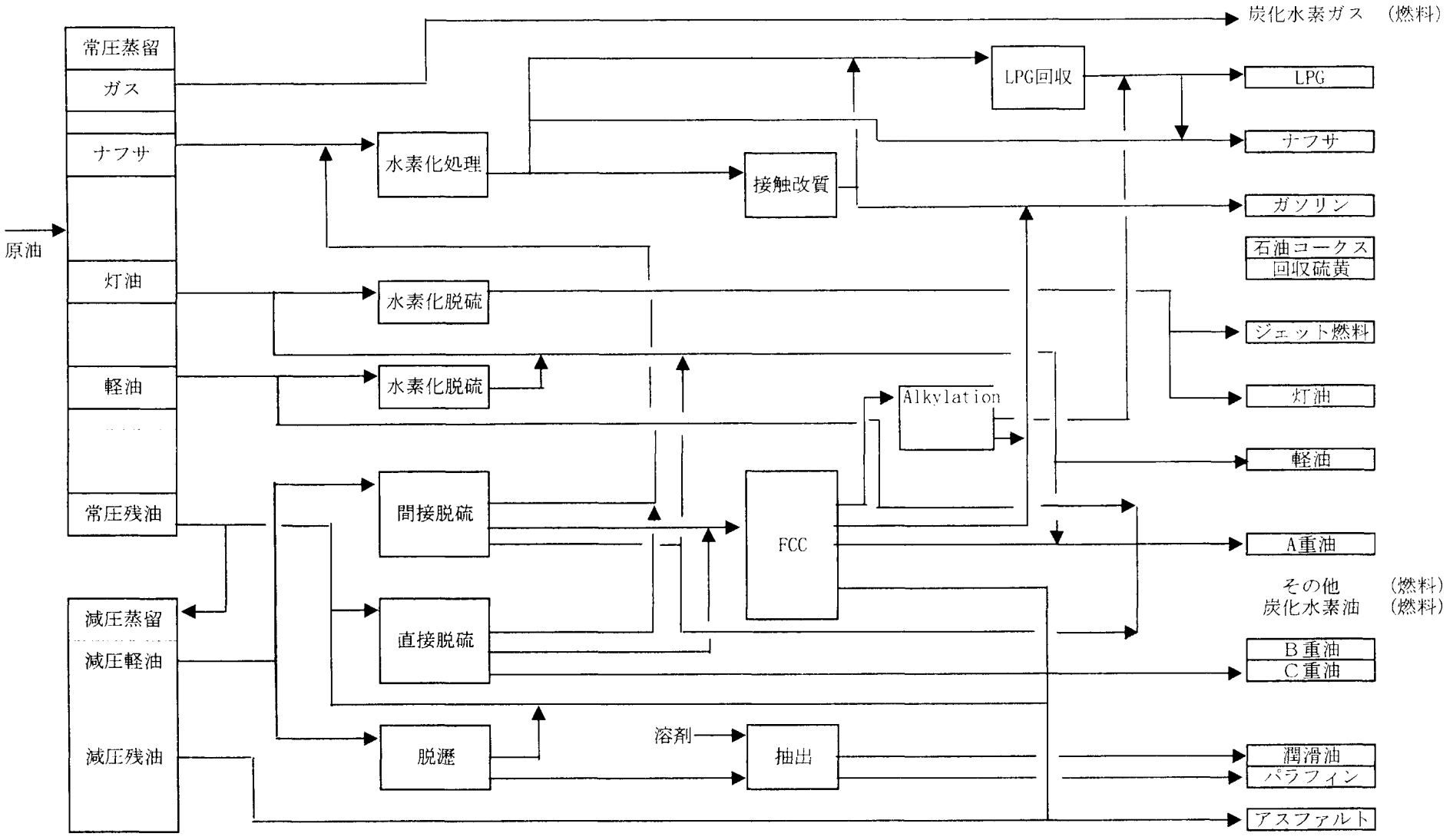
e. エネルギー消費の配分

エネルギー消費量の配分は以下の計算により試算している。投入されたエネルギーが各製品に対しどれだけ寄与しているかを計算するのに、本調査では以下の配分方法を採用することとした。

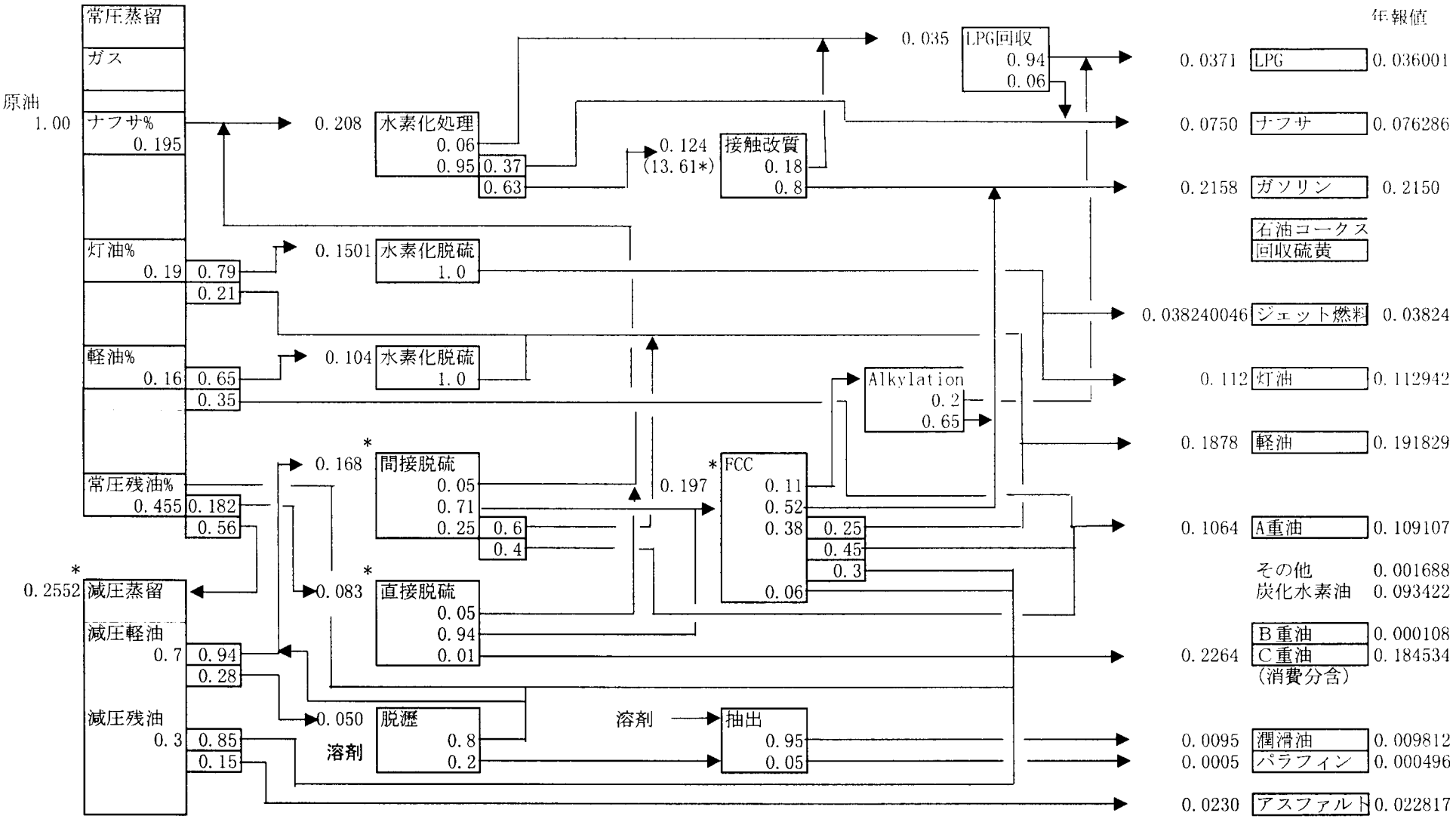
石油精製では製品原単位を概略算出するのに第2.2.1-1表を使用して算出する場合がある。本調査でもこのComplexity Factorを使用して各製品へのインベントリを試算した。

Complexity Factorは、常圧蒸留設備の通油量に対する設備への投入エネルギーを1.00とし、その他の設備における同じ通油量に対する投入エネルギーを簡単な係数で表現した値である。これはプラント全体に投入される電力等が、各設備ごとにどれだけ消費されているかの概略値を簡易的に割り振る場合に使用される係数である。

前項の物質収支が計算されると各設備の通油量が計算されているため、このComplexity Factor を各設備の流量に掛けて合計すると、製油所全体に投入されたエネルギーと等しくなるはずである。投入したエネルギーを各設備への流入量とComplexity Factorの積の比となるように割り振れば、平均的フローモデルにおける各設備へのエネルギーの配分比



第2.2.1-1図 精油所のフローモデル



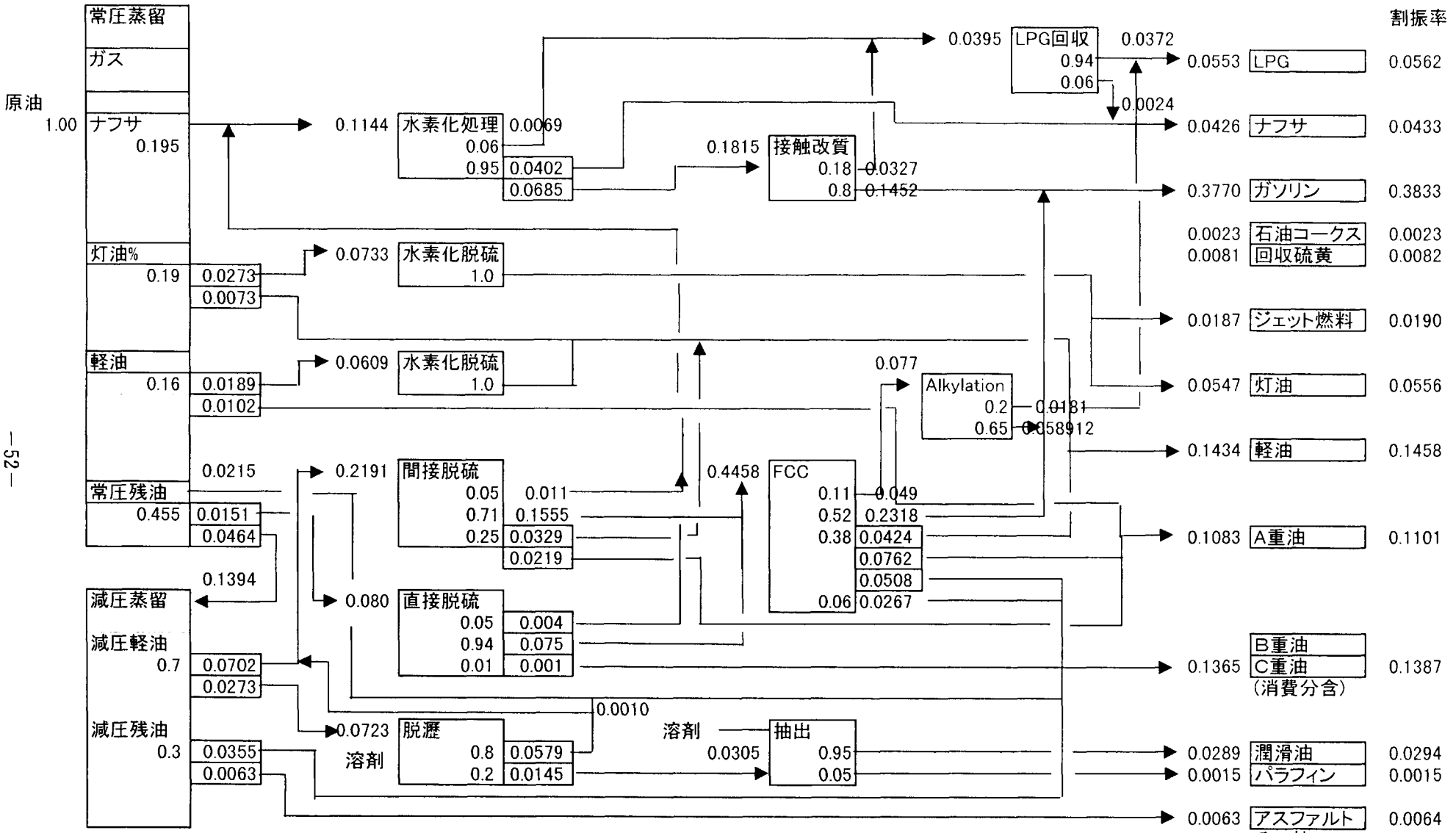
［注］*印は実績近似値を採用して設定した。機器の分配は文献による。

図2.2.1-2　精油所の物質収支

第2.2.1-1表 Complexity Factor一覧

1994/4/27訂正

装置名	Complexity Factor(注1)	Complexity Factor(注2)		Remarks
(Refinery Process Units)				
Crude Distillation	1.00	1.00	(＊1)	
Vacuum Crude Distillation	2.00	2.00	(＊1)	Feed BBL/Feed BBL No Dimention
Vacuum Flasher	1.00	1.00	(＊1)	
Visbreaker	2.00	2.00	(＊1)	
Thermal Cracking	3.00	3.00	(＊1)	
Delayed Coker	5.50	5.50	(＊1)	
Fluid Flexicoking	5.50	11.00	(＊1)	
Coke Calcining	98.00	120.00	(＊2)	Feed BBL/Product Coke Ton
Catalytic Cracking	6.00	-	(＊1)	
VGO FCC	-	6.00	(＊1)	
RFCC	-	12.00	(＊1)	
Hydrocracking	6.00	6.00	(＊1)	
Catalytic Naphtha Reformer	5.00	5.00	(＊1)	
Hydrogen Production	1.20	3.00	(＊3)	Feed BBL/Product 103scfd
Hydrogen Recovery	0.70	0.70	(＊3)	〃
Polymerization	9.00	9.00	(＊4)	Feed BBL/Product BBL
Alkylation	11.00	7.00	(＊4)	〃
MTBE	11.00	11.00	(＊4)	〃
Isomerization	3.00	3.00	(＊4)	〃
Hydrotreating				
Naphtha	1.70	1.70	(＊1)	
Kerosene	1.70	1.70	(＊1)	
Distillate	1.70	-	(＊1)	
Light Gas Oil	-	2.20	(＊1)	日本の実状にあわせ、LGO、HGOに分けた。
Heavy Gas Oil	-	2.50	(＊1)	
Desulfurization				
Cracking Feed	3.00	3.00	(＊1)	
Vacuum Gas Oil	3.00	3.00	(＊1)	
MHC(分解型)	-	4.50	(＊1)	MHC(分解型)は従来型よりエネルギー単位が悪くなるので考慮
Residual Desulfurization				
AR low metal	5.00	4.00	(＊1)	
AR high metal,VR low meta	6.00	4.00	(＊1)	
VR high metal	7.00	5.00	(＊1)	
Solvent Deasphalting	5.00	5.00	(＊1)	
Acid Regeneration Units	75.00	40.00	(＊5)	Feed BBL/Spent acid ton
Special Fractionation Units				上記装置に含まれず、独立に運転する装置が対象。
Propane Splitter	3.00	3.00	(＊1)	
Deisobutanizer	3.00	3.00	(＊1)	
Reformate Splitter	1.50	1.50	(＊1)	
Secondary Cat.	1.50	1.50	(＊1)	
Naphtha Splitter	-	1.50	(＊1)	
H-oil,LC Fining7.00	7.00	7.00	(＊1)	
Asphalt Manufacture(blown)	2.00	2.00	(＊1)	
ユリカ装置	-	5.50		
接触脱＊＊＊＊＊装置	-	3.00		
アイソシーブ装置	-	8.00		
Normal Paraffine	-	14.00		Molecular Sieve
Total Isomerization procese	-	5.80		
(Lube Proces Units)				
Solvent Extraction	4.50	3.00	(＊1)	Fulfral
Dewaxing	9.00	9.00	(＊1)	Solvent Dewaxing(MEK-TOL)
Hydrofinishing,Hydrotreating	3.00	3.00	(＊1)	
(Aromatics)				
p-Xylene (Molecular Sieve)＊	16.00	16.00	(＊4)	UNIT:FeedBBL/ProductBBL
Hydrodealkylation	8.50	4.00	(＊1)	
Extraction	8.00	5.00	(＊1)	Sulfolane
Aromatic Fractionation	2.00	4.00	(＊1)	
Aromatics Separation	2.00	2.00		



[注] *印は実績近似値を採用して設定した。機器の分配は文献による。

図2.2.1-3 ｴﾈﾙｷﾞｰ投入図

が求められる(第 2.2.1-3 図参照)。前項で求めた物質収支における各設備からの流出量に比例して流体がエネルギーを配分されるとして、順次通過する各設備への投入エネルギーを流体が付与されたとして加算する。投入されたエネルギーは最終的に各製品に対するエネルギー消費の配分が行われたと見なされる。その配分は次の式で算出される。

j の設備への配分率＝ $Qj \times Fj / \Sigma Qi \times Fi = Ej / \Sigma Qi \times Fi$

Ej ： j の設備に割り振られるエネルギー消費量

Qi ： i の設備に流入する流量

Fi ： i の設備の Complexity Factor

各製品が通過する際に、その設備に割り振られたエネルギー相当の環境負荷を、そこを流れる流体が負担すると考える。本調査におけるインベントリ算出では電力、燃料に係る環境負荷をこのエネルギー配分比で計算している。

f. 環境負荷の製品への配分

石油製品に対する投入資材量および環境負荷の割付方法について、この試算では次の 3 つのケースに区別して計算している。

①エネルギー配分と同じ考えで配分できるもの（エネルギー配分比による配分）

②全体製品に均一に配分できるもの（製品得率による配分）

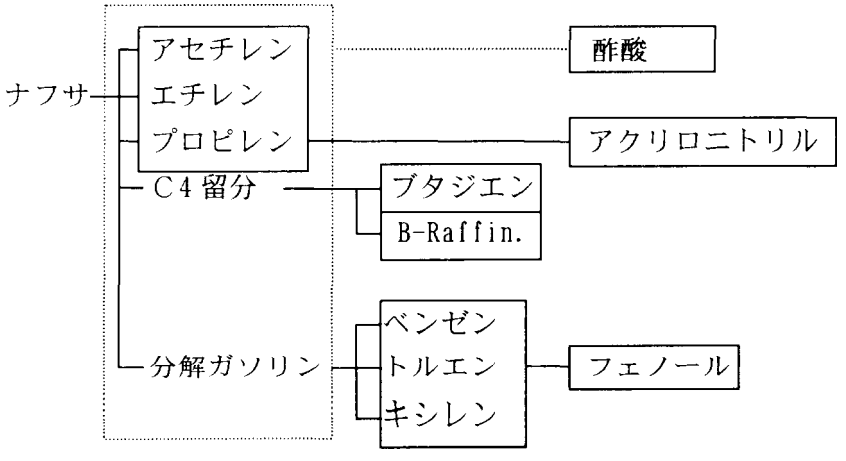
③特定製品にのみ配分できるもの（設備ごとの配分）

調査した投入資材および環境負荷をこれらの配分によって各製品に割り付けた。

（2）石油化学基礎製品

a. 調査対象製品

石油化学基礎製品として第 2.2.1-4 図に示す 11 製品を調査対象とした。



第 2.2.1-4 図　調査対象製品と製品の系統

b. エチレンプラントのフローモデル

エチレンプラントでは、プラントのフローを忠実にトレースすると、石油精製と異なりそれぞれの製品の流れがワンスルーでなく、繰り返しリサイクルされている。各製品を分

離した残りの留分を再度プロセスの最初または途中に戻して反応させ、目的成分を分離しながら、結果として全てを製品留分とするようにしている。そのため、プラント全体が一つの分離設備と考えた方が合理的である。

c. 原料

日本のエチレン原料は全て精油所で生産されるナフサ（特に Long Range Naphtha）を使用している。その点では天然ガスを熱分解して製造する場合を含まないので、原料に関しては一つの種類と考えて良い。すなわち、石油精製で生産された下記性状のナフサを日本のナフサの原料として採用した。

ナフサ性状　　比重　0.70
　　C/H　5.577
　　S分　0.03%

ただし、原料は輸入ナフサも含まれているので、原料のインベントリを一つに絞ることは無理があるかも知れない。

d. 資料の収集

ナフサ分解の物質収支は調査機関による非公開データの製品得率およびユーティリティ原単位を用いた。環境負荷に関しては排出物データが少なく、一部はデータを日本の環境基準より仮定して算出している。

e. 計算の方法

分解設備に投入される全てのエネルギー、投入された資材および排出する環境負荷は、製品の重量当たり均一に配分されると考えられる。製品の数が多くても、エチレン製造プラントは、流体が全プラント内均一に流れていると見なすことができるからである。また、ＢＴＸおよびＢ—Ｂ留分は、その一つの製品から派生する支流の製品である。したがって、ＢＴＸおよびＢ—Ｂ留分を更に分離するには、別のインベントリデータを用意して、それぞれの製品に関するインベントリを計算している。

（3）有機化学製品

a. 調査対象製品

有機化学製品として合成ゴム原料、天然ゴムを対象として取り上げた。合成ゴムは以下の原料に関し調査した。

ブチルゴム（ＢＲ）
ニトリルゴム
スチレンブタジエンゴム（ＳＢＲ）
クロロプレンゴム
天然ゴム

b. 資料の収集

ゴム関係に関してはゴム製造の説明は詳しい文献があるが、インベントリの情報収集に

必要なデータは少ない。従って文献ベースのラフなデータを基にインベントリをまとめなければならなかった。また、その中でもニトリルゴム、クロロプレンゴム、天然ゴムについては殆ど参考になるデータが得られなかった。

ＢＲ、ＳＢＲに関しては、非公開のデータを基にデータのまとめを行った。

（４）苛性ソーダおよび塩素

a. 資料の収集

苛性ソーダは現在水銀電解法が完全に姿を消し、イオン交換膜電解法と隔膜電解法が使用されている。これらの電解の性能は、方式による違いはあるがその差は小さい。電解のプロセスは理論的な解析でもかなりよく適用できるが、本調査では工業会により最近まとめられたハンドブックを中心に調査を行った。なお全体の統計データは化学工業統計年報によっている。

b. データ算出の方法

原料は殆ど大部分が輸入されており、その性状は異なっている。電解で重要なことは原塩の中に含まれているマグネシウム、カルシウムおよび硫酸塩である。この不純物の量は少ないが、量により投入資材の量が大きく変わる。本調査では世界各国から輸入される原塩の平均値を求めて苛性ソーダ製造の原料とすることで、日本の苛性ソーダ製造の平均的なインベントリを求めた。また、長距離海上輸送があり環境負荷としても大きく響くことが考えられる。

食塩電解は苛性ソーダと塩素が等モル発生する。通常類似の性状の物質であれば環境負荷を重量当たりで割り振るが、電解で生成する苛性ソーダと塩素は素材として投入されたエネルギーを半分ずつ分担することが合理的と考えて計算している。

（５）耐火物

a. 耐火物の調査対象

耐火物およびセラミック関係では調査対象として以下の品目を調査した。

耐火煉瓦

磁器

ファインセラミック

耐火物は近年不定形耐火物が約６割を占めるようになっている。しかし、不定形耐火物は素材を混合するだけの工程となり環境負荷も少ない。しかも素材の製造は通常別の製造業が行っている。定型煉瓦もこれと似ており、素材の配合比により大きく性状が変わり、且つ材料も組成が連続的に変わるため、代表的な性状の材料を決めることが困難である。

これに対し、磁器は形状は様々であるが、比較的同じ材料構成をしている。従って素材重量当たりの標準を求めることにより利用性は大きい。一方、ファインセラミックは原料の製造段階で大幅に異なり、成形段階ではいずれも似た焼成工程を通って成形される。このような素材については、原料の段階でのインベントリを求めなければならない。従って、ファインセラミックに関しては原料製造を調査した。

b. 調査の方法

本調査は業界を通して各メーカからデータを提供していただきインベントリデータをまとめた。しかし、耐火煉瓦等の設備の多様性、規模の多様性から考えると、データには大きな幅があると予想される。今回は調査を行ったメーカの数が少ないので、データの偏りがある可能性を含んでいる。

2.2.2 インベントリデータのまとめ

調査したデータの中には必要なデータが欠けていたり、当然あるべきデータが無い場合も多かった。しかし、計算で埋められる部分については補うようにしている。また、環境負荷のデータが不足している場合などは、環境基準に照らして、基準値の範囲内で通常の企業が採用している管理目標値相当を仮定して決めている場合も多い。ただし、これらの数値が無い状態ではデータとしての不便さが大きいので、当面の値として設定することとした。

（1）石油製品

石油製品のインベントリを第 2.2.2-1 表にまとめた。表には製品に均等にインベントリを配分した場合と、本試算で行った配分方式による場合についてインベントリ分析を記載している。後者は各製品の日本の総量に対するインベントリおよびそれらの単位量当たりのインベントリを併記している。比較としては単位量当たりの数値で比較する必要がある。（数値は指数表示をしており、E-02 は 10^{-2} を示している）

なお、各インベントリに振り分けの区分を併記することにより、どの項目がどのように振り分けられたかを示している。それぞれの製品にはエネルギーの配分係数と流量比配分係数を記載している。また、特定の設備に割り振られた項目はその製品が関与するインベントリのみにデータが記入されている。

石油製品の場合には市場では kg（t）表示をするが、統計データでは kl 表示する場合がある。そのため、一部のデータには体積表示と重量表示を併記している。

（2）石油化学基礎製品

石油化学基礎製品のうちナフサ分解に直接関係する製品のインベントリを第 2.2.2-2 表に示した。これらの製品はいずれも単位量当たりのインベントリは同じとなるのでエチレン以外は省略している。

また、第 2.2.2-3 表には、ナフサ分解の分解油からＢＴＸを分離する場合のインベントリと、ナフサ分解を経ている製品の集計方法が判るように併記している。ＢＴＸ分離では、分離工程で物質の総量が殆ど減少しないので、単に加えればよい。しかし、第 2.2.2-4 表に示すブタジエン分離では工程の前後で質量が変化する。この場合には製品と副製品の総量でインベントリの総計を割って計算することとなる。

この製品のように副製品と同じ程度の価値を持つ品質の場合には、製品と副製品の重量比でインベントリを割り振ればよいが、第 2.2.2-4 表の場合には副製品のアセトンが量も多く、且つ品質も良い。他方、ベンゼンは不純物が多く且つ量も主製品、副製品に比べ少

表2.2.2-1 石油製品のインベントリ

原油処理量合計(9年度)kl		製品油合計(9年度原油換算)kl			液化石油ガス kl		液化石油ガス	潤滑油 kl		パラフィン kl		パラフィン	アスファルト kl		アスファルト	オイルコークス		回収硫黄	
		251,868.517			8,997.776		489.445 t	2,452.250		123.978		101.272 t	5,702.695		5,869.632 t	586.625 t		2,047.206 t	
原油処理量 249,932.467 kl		製品回収率 A		1	0.036			0.010		0.000			0.023			0.002		0.008	
		エネルギー配分係数 B		0.999	0.056			0.029		0.002			0.006			0.002		0.008	
		特定の設備に配分 C																	
		配分区分			製品当り入出量	製品kl当り入出量	製品t当り入出量	製品当り入出量	製品kl当り入出量	製品当り入出量	製品kl当り入出量	製品t当り入出量	製品当り入出量	製品kl当り入出量	製品t当り入出量	製品当り入出量	製品t当り入出量	製品当り入出量	製品t当り入出量
品名	細目	分	年度	入出量	単位	kwh,kl,kg,m3	kwh,l,kg,m3	kwh,l,kg,m3	kwh,kl,kg,m3	kwh,l,kg,m3	kwh,kl,kg,m3	kwh,l,kg,m3	kwh,l,kg,m3	kwh,kl,kg,m3	kwh,l,kg,m3	kwh,l,kg,m3	kwh,kl,kg,m3	kwh,l,kg,m3	kwh,kl,kg,m3	kwh,l,kg,m3
原油		A	9	249,932.467	kl	8.929E+06	9.923E-01	1.824E+01	2.433E+06	9.923E-01	1.230E+05	9.923E-01	1.215E+00	5.659E+06	9.923E-01	9.641E-01	5.821E+05	9.923E-01	2.031E+06	9.923E-01
電力		B	9	2,914,343.000	kwh	1.632E+08	1.814E+01	3.334E+02	8.452E+07	3.446E+01	5.829E+06	4.701E+01	5.755E+01	1.749E+07	3.066E+00	2.979E+00	5.829E+06	9.936E+00	2.331E+07	1.139E+01
燃料	揮発油	B	9	329.000	l	1.842E+04	2.048E-03	3.764E-02	9.541E+03	3.891E-03	6.580E+02	5.307E-03	6.497E-03	1.974E+03	3.462E-04	3.363E-04	6.580E+02	1.122E-03	2.632E+03	1.286E-03
	ナフサ	B	9	324,505.000	l	1.817E+07	2.020E+00	3.713E+01	9.411E+06	3.838E+00	6.490E+05	5.235E+00	6.409E+00	1.947E+06	3.414E-01	3.317E-01	6.490E+05	1.106E+00	2.596E+06	1.268E+00
	灯油	B	9	34,232.000	l	1.917E+06	2.131E-01	3.917E+00	9.927E+05	4.048E-01	6.846E+04	5.522E-01	6.760E-01	2.054E+05	3.602E-02	3.499E-02	6.846E+04	1.167E-01	2.739E+05	1.338E-01
	軽油	B	9	966.000	l	5.410E+04	6.012E-03	1.105E-01	2.801E+04	1.142E-02	1.932E+03	1.558E-02	1.908E-02	5.796E+03	1.016E-03	9.875E-04	1.932E+03	3.293E-03	7.728E+03	3.775E-03
	A重油	B	9	78,277.000	l	4.384E+06	4.872E-01	8.956E+00	2.270E+06	9.257E-01	1.566E+05	1.263E+00	1.546E+00	4.697E+05	8.236E-02	8.002E-02	1.566E+05	2.669E-01	6.262E+05	3.059E-01
	BC重油	B	9	248,419.000	l	1.391E+07	1.546E+00	2.842E+01	7.204E+06	2.938E+00	4.968E+05	4.007E+00	4.906E+00	1.491E+06	2.614E-01	2.539E-01	4.968E+05	8.469E-01	1.987E+06	9.708E-01
	炭化水素油	B	9	59,099.000	l	3.310E+06	3.678E-01	6.762E+00	1.714E+06	6.989E-01	1.182E+05	9.534E-01	1.167E+00	3.546E+05	6.218E-02	6.041E-02	1.182E+05	2.015E-01	4.728E+05	2.309E-01
	液化石油ガス	B	9	543,403.000	kg	3.043E+07	3.382E+00	6.217E+01	1.576E+07	6.426E+00	1.087E+06	8.766E+00	1.073E+01	3.260E+06	5.717E-01	5.555E-01	1.087E+06	1.853E+00	4.347E+06	2.123E+00
	石油系炭化水素ガス	B	9	9,697,650.000	m3	5.431E+08	6.036E+01	1.110E+03	2.812E+08	1.147E+02	1.940E+07	1.564E+02	1.915E+02	5.819E+07	1.020E+01	9.913E+00	1.940E+07	3.306E+01	7.758E+07	3.790E+01
	石油コークス	B	9	29,293.000	kg	1.640E+06	1.823E-01	3.352E+00	8.495E+05	3.464E-01	5.859E+04	4.726E-01	5.785E-01	1.758E+05	3.082E-02	2.994E-02	5.859E+04	9.987E-02	2.343E+05	1.145E-01
	石炭	B	9	447,529.000	kg	2.506E+07	2.785E+00	5.120E+01	1.298E+07	5.292E+00	8.951E+05	7.219E+00	8.838E+00	2.685E+06	4.709E-01	4.575E-01	8.951E+05	1.526E+00	3.580E+06	1.749E+00
	天然ガス	B	9	925.000	m3	5.180E+04	5.757E-03	1.058E-01	2.683E+04	1.094E-02	1.850E+03	1.492E-02	1.827E-02	5.550E+03	9.732E-04	9.455E-04	1.850E+03	3.154E-03	7.400E+03	3.615E-03
	液化天然ガス	B	9	689.000	kg	3.858E+04	4.288E-03	7.883E-02	1.998E+04	8.148E-03	1.378E+03	1.111E-02	1.361E-02	4.134E+03	7.249E-04	7.043E-04	1.378E+03	2.349E-03	5.512E+03	2.692E-03
	都市ガス	B	9	12.000	m3	6.720E+02	7.469E-05	1.373E-03	3.480E+02	1.419E-04	2.400E+01	1.936E-04	2.370E-04	7.200E+01	1.263E-05	1.227E-05	2.400E+01	4.091E-05	9.600E+01	4.689E-05
投入資材	苛性ソーダ	B	8	33,046.000	kg	1.851E+06	2.057E-01	3.781E+00	9.583E+05	3.908E-01	6.609E+04	5.331E-01	6.526E-01	1.983E+05	3.477E-02	3.378E-02	6.609E+04	1.127E-01	2.644E+05	1.291E-01
	その他	B	8	4,950.000	kg	2.772E+05	3.081E-02	5.664E-01	1.436E+05	5.854E-02	9.900E+03	7.985E-02	9.776E-02	2.970E+04	5.208E-03	5.060E-03	9.900E+03	1.688E-02	3.960E+04	1.934E-02
	触媒	B	8	12,053.000	kg	6.750E+05	7.501E-02	1.379E+00	3.495E+05	1.425E-01	2.411E+04	1.944E-01	2.380E-01	7.232E+04	1.268E-02	1.232E-02	2.411E+04	4.109E-02	9.642E+04	4.710E-02
	水酸化ﾏｸﾞﾈｼｳﾑ	B	7	20,949.609	kg	1.173E+06	1.304E-01	2.397E+00	6.075E+05	2.477E-01	4.190E+04	3.380E-01	4.137E-01	1.257E+05	2.204E-02	2.141E-02	4.190E+04	7.142E-02	1.676E+05	8.187E-02
	アンモニア	B	7	12,996.113	kg	7.278E+05	8.088E-02	1.487E+00	3.769E+05	1.537E-01	2.599E+04	2.097E-01	2.567E-01	7.798E+04	1.367E-02	1.328E-02	2.599E+04	4.431E-02	1.040E+05	5.079E-02
	白土	C	8	2,686.000	kg				2.686E+06	1.095E+00										
	硫酸	C	8	26,534.000	kg	3.393E+06	3.771E-01	6.932E+00												
	トリオール	C	8	408.000	kg				3.870E+05	1.578E-01	2.100E+04	1.694E-01	2.074E-01							
	プロパン	C	8	222.000	kg				2.110E+05	8.604E-02	1.100E+04	8.873E-02	1.086E-01							
	フルフラート	C	8	687.000	kg				6.520E+05	2.659E-01	3.500E+04	2.823E-01	3.456E-01							
	MEK	C	8	511.000	kg				4.850E+05	1.978E-01	2.600E+04	2.097E-01	2.567E-01							
用水使用量	プロセス水	A	7	57,096.585	m3	2.055E+06	2.284E-01	4.200E+00	5.710E+05	2.328E-01	2.855E+04	2.303E-01	2.819E-01	1.313E+06	2.303E-01	2.237E-01	1.142E+05	1.947E-01	4.568E+05	2.231E-01
	冷却水	A	7	4,560,234.810	m3	1.642E+08	1.825E+01	3.354E+02	4.560E+07	1.860E+01	2.280E+06	1.839E+01	2.251E+01	1.049E+08	1.839E+01	1.787E+01	9.120E+06	1.555E+01	3.648E+07	1.782E+01
	ボイラ水	A	7	539,723.675	m3	1.943E+07	2.159E+00	3.970E+01	5.397E+06	2.201E+00	2.699E+05	2.177E+00	2.665E+00	1.241E+07	2.177E+00	2.115E+00	1.079E+06	1.840E+00	4.318E+06	2.109E+00
	生活水	A	7	7,574.845	m3	2.727E+05	3.031E-02	5.572E-01	7.575E+04	3.089E-02	3.787E+03	3.055E-02	3.740E-02	1.742E+05	3.055E-02	2.968E-02	1.515E+04	2.583E-02	6.060E+04	2.960E-02
	その他	A	7	51,735.830	m3	1.862E+06	2.070E-01	3.805E+00	5.174E+05	2.110E-01	2.587E+04	2.086E-01	2.554E-01	1.190E+06	2.087E-01	2.027E-01	1.035E+05	1.764E-01	4.139E+05	2.022E-01
排水	水量	A	7	96,305.980	m3	3.467E+06	3.853E-01	7.084E+00	9.631E+05	3.927E-01	4.815E+04	3.884E-01	4.755E-01	2.215E+06	3.884E-01	3.774E-01	1.926E+05	3.283E-01	7.704E+05	3.763E-01
	n-ヘキサン抽出物	A	7	47.190	kg	1.699E+03	1.888E-04	3.471E-03	4.719E+02	1.924E-04	2.359E+01	1.903E-04	2.330E-04	1.085E+03	1.903E-04	1.849E-04	9.438E+01	1.609E-04	3.775E+02	1.844E-04
	COD	A	7	311.068	kg	1.120E+04	1.245E-03	2.288E-02	3.111E+03	1.269E-03	1.555E+02	1.255E-03	1.536E-03	7.155E+03	1.255E-03	1.219E-03	6.221E+02	1.061E-03	2.489E+03	1.216E-03
	SS	A	7	372.704	kg	1.342E+04	1.491E-03	2.741E-02	3.727E+03	1.520E-03	1.864E+02	1.503E-03	1.840E-03	8.572E+03	1.503E-03	1.460E-03	7.454E+02	1.271E-03	2.982E+03	1.456E-03
	フェノール	A	7	48.153	kg	1.734E+03	1.927E-04	3.542E-03	4.815E+02	1.964E-04	2.408E+01	1.942E-04	2.377E-04	1.108E+03	1.942E-04	1.887E-04	9.631E+01	1.642E-04	3.852E+02	1.882E-04
	T-N	A	7	963.060	kg	3.440E+04	3.824E-03	7.029E-02	9.377E+03	3.824E-03	4.740E+02	3.824E-03	4.681E-03	2.181E+04	3.824E-03	3.715E-03	2.243E+03	3.824E-03	7.828E+03	3.824E-03
	T-P	A	7	19.261	kg	6.934E+02	7.706E-05	1.417E-03	1.926E+02	7.854E-05	9.631E+00	7.768E-05	9.510E-05	4.430E+02	7.768E-05	7.547E-05	3.852E+01	6.567E-05	1.541E+02	7.527E-05
	ベンゼン	A	7	4.815	kg	1.734E+02	1.927E-05	3.542E-04	4.815E+01	1.964E-05	2.408E+00	1.942E-05	2.377E-05	1.108E+02	1.942E-05	1.887E-05	9.631E+00	1.642E-05	3.852E+01	1.882E-05
廃棄物	固形廃棄物処分	A	7	57,000.000	kg	2.052E+06	2.281E-01	4.193E+00	5.700E+05	2.324E-01	2.850E+04	2.299E-01	2.814E-01	1.311E+06	2.299E-01	2.234E-01	1.140E+05	1.943E-01	4.560E+05	2.227E-01
	MgSO4（排水）	B	7	63,267.819	kg	3.543E+06	3.938E-01	7.239E+00	1.835E+06	7.482E-01	1.265E+05	1.021E+00	1.249E+00	3.796E+05	6.657E-02	6.467E-02	1.265E+05	2.157E-01	5.061E+05	2.472E-01
ガス排出物	炭酸ガス	B	9	38,133,000.000	kg	2.135E+09	2.373E+02	4.363E+03	1.106E+09	4.510E+02	7.627E+07	6.152E+02	7.531E+02	2.288E+08	4.012E+01	3.898E+01	7.627E+07	1.300E+02	3.051E+08	1.490E+02
	メタン	B	9	73.000	kg	4.088E+03	4.543E-04	8.352E-03	2.117E+03	8.633E-04	1.460E+02	1.178E-03	1.442E-03	4.380E+02	7.681E-05	7.462E-05	1.460E+02	2.489E-04	5.840E+02	2.853E-04
	亜酸化窒素	B	9	102.000	kg	5.712E+03	6.348E-04	1.167E-02	2.958E+03	1.206E-03	2.040E+02	1.645E-03	2.014E-03	6.120E+02	1.073E-04	1.043E-04	2.040E+02	3.478E-04	8.160E+02	3.986E-04
	ばい煙量	B	7	190,950,582.000	m3	1.069E+10	1.188E+03	2.185E+04	5.538E+09	2.258E+03	3.819E+08	3.080E+03	3.771E+03	1.146E+09	2.009F+02	1.952E+02	3.819E+08	6.510E+02	1.528E+09	7.462E+02
	硫黄酸化物	B	7	34,432.900	kg	1.928E+06	2.143E-01	3.940E+00	9.986E+05	4.072E-01	6.887E+04	5.555E-01	6.800E-01	2.066E+05	3.623E-02	3.520E-02	6.887E+04	1.174E-01	2.755E+05	1.346E-01
	窒素酸化物	B	7	27,874.017	kg	1.561E+06	1.735E-01	3.189E+00	8.083E+05	3.296E-01	5.575E+04	4.497E-01	5.505E-01	1.672E+05	2.933E-02	2.849E-02	5.575E+04	9.503E-02	2.230E+05	1.089E-01
	ばいじん	B	7	1,982.455	kg	1.110E+05	1.234E-02	2.268E-01	5.749E+04	2.344E-02	3.965E+03	3.198E-02	3.915E-02	1.189E+04	2.086E-03	2.026E-03	3.965E+03	6.759E-03	1.586E+04	7.747E-03
	アンモニア	B	7	129.961	kg	7.278E+03	8.088E-04	1.487E-02	3.769E+03	1.537E-03	2.599E+02	2.097E-03	2.567E-03	7.798E+02	1.367E-04	1.328E-04	2.599E+02	4.431E-04	1.040E+03	5.079E-04

表2.2.2-2 エチレン、プロピレン、B—B留分、分解油、オフカス・分解油のインベントリ

品名	細目		年度	数量	単位	備考	単位製品当り	単位
原料	ナフサ(S 0.03 %)		9	36,318	103kl		1.349E+00	kl/t
	LPG		9	128	103t		4.755E-03	t/t
	重質NGL		9	754	103kl		2.801E-02	kl/t
	重量			31,930	103t		1.186E+00	t/k
生成品	重量		9	26,919	103t		1.000E+00	t/t
	減少分			5,011	103t		1.862E-01	t/t
電力	自給							
燃料	生成重質油他			5,000～3,000	kcal/kg	2976-4985kcal/kg—ethylene	8.986E-02	t/t min
				1161～697	kcal/kg	—nahptha(軽油)	1.498E-01	t/t max
苛性ソーダ				3,832	t	0.00012kg/kg-nahptha	1.423E-01	kg/t
MEA						データなし		
触媒								
用水								
冷却水				3,895,460	103m3	122 l/kg-nahptha	1.447E+02	m3/t
プロセス水				22,990	103m3	0.72 l/kg-nahptha	8.540E-01	m3/t
アルカリ廃水	排水量			191,580	m3	0.006 l/kg-nahptha	7.117E-03	m3/t
プロセス排水	排水量			2,171,240	m3	0.068 l/kg-nahptha	8.066E-02	m3/t
	フェノール	2.5	mg/l	5,428	kg	規制値5mg/lの50%(想定値)	2.016E-04	kg/t
	油分	2.5	mg/l	5,428	kg	規制値5mg/lの50%(想定値)	2.016E-04	kg/t
	硫化物	1	ppm	2,171	kg		8.066E-05	kg/t
	COD	120	mg/l	260,549	kg	規制値120mg/lの50%(想定値)	9.679E-03	kg/t
	SS	150	mg/l	325,686	kg	規制値150mg/lの60%(想定値)	1.210E-02	kg/t
排ガス	排ガス量		max	59,699	103m3		2.218E+00	m3/t
			nin	35,819	103m3		1.331E+00	m3/t
			av.	47,759	103m3		1.774E+00	m3/t
	CO2		av.	12,845	103t	軽油相当として算出(CO2:3.187)	4.772E-01	t/t
	SOx	15	ppm	2,046,816	kg	8～15ppm （MEA出除去）	7.604E-02	kg/t
	NOx	100	ppm	6,737,436	kg	80～120ppm(NO2:NO=9:1)	2.503E-01	kg/t
	気化ガス							
廃棄物	使用済み触媒							

エチレン年産350、000t～450、000t設備よ

表2.2.2-3 BTXのインベントリ

品名	細目	単位	エチレン分解油		BTX分離	BTX	BTX
		t	1	5,245,000	5,245,000	5,245,000	1
			t 当たり	t	t	t	t 当たり
原料	ナフサ(S 0.03 %)	kl/t	1.349E+00	7.076E+06		7.076E+06	1.349E+00
	LPG	t/t	4.755E-03	2.494E+04		2.494E+04	4.755E-03
	重質NGL	kl/t	2.801E-02	1.469E+05		1.469E+05	2.801E-02
電力	自給				1.254E+07	1.254E+07	2.390E+00
燃料	生成重質油他	t/t min	8.986E-02	4.713E+05	4.161E+07	4.208E+07	8.023E+00
		t/t max	1.498E-01	7.858E+05	4.161E+07	4.240E+07	8.083E+00
苛性ソーダ		kg/t	1.423E-01	7.466E+05		7.466E+05	1.423E-01
MEA							
sulforane					2.555E+04	2.555E+04	4.871E-03
触媒							
用水							
冷却水		m3/t	1.447E+02	7.590E+08	1.480E+07	7.738E+08	1.475E+02
プロセス水		m3/t	8.540E-01	4.479E+06		4.479E+06	8.540E-01
ボイラ給水					1.333E+06	1.333E+06	2.541E-01
アルカリ廃水	排水量	m3/t	7.117E-03	3.733E+04		3.733E+04	7.117E-03
プロセス排水	排水量	m3/t	8.066E-02	4.231E+05		4.231E+05	8.066E-02
	フェノール	kg/t	2.016E-04	1.058E+03		1.058E+03	2.016E-04
	油分	kg/t	2.016E-04	1.058E+03		1.058E+03	2.016E-04
	硫化物	kg/t	8.066E-05	4.231E+02		4.231E+02	8.066E-05
	COD	kg/t	9.679E-03	5.077E+04		5.077E+04	9.679E-03
	SS	kg/t	1.210E-02	6.346E+04		6.346E+04	1.210E-02
排ガス	排ガス量 最大	m3/t	2.218E+00	1.163E+07			
	平均	m3/t	1.331E+00	6.979E+06	6.938E+08	7.008E+08	1.336E+02
	最少	m3/t	1.774E+00	9.306E+06			
	CO2	t/t	4.772E-01	2.503E+06		2.503E+06	4.772E-01
	SOx	kg/t	7.604E-02	3.988E+05		3.988E+05	7.604E-02
	NOx	kg/t	2.503E-01	1.313E+06	9.788E+04	1.411E+06	2.689E-01
	気化ガス						
廃棄物	使用済み触媒						

表2.2.2-4 ブタジエン、C4-Raffinateのインベントリ

品名	細目	単位	B-B留分		B+Raff.	B+Raff.	ブタジエン	単位
		t	1	2.4	1.321	1.321	1	kl/t
			t 当たり	t	t	t	t 当たり	t/t
原料	ナフサ(S 0.03 %)	kl/t	1.349E+00	3.238E+00		3.238E+00	2.451E+00	kl/t
	LPG	t/t	4.755E-03	1.141E-02		1.141E-02	8.639E-03	t/k
	重質NGL	kl/t	2.801E-02	6.722E-02		6.722E-02	5.089E-02	t/t
電力	自給				8.400E+01	8.400E+01	6.359E+01	kwh/t
燃料	生成重質油他	t/t min	8.986E-02	2.157E-01	1.484E-01	3.640E-01	2.756E-01	t/t
		t/t max	1.498E-01	3.596E-01		3.596E-01	2.722E-01	t/t min
苛性ソーダ		kg/t	1.423E-01	3.416E-01		3.416E-01	2.586E-01	t/t max
MEA								kg/t
sulforane								
触媒								
ﾒﾁﾙﾎﾙﾑｱﾏｲﾄﾞ					2.500E-01	2.500E-01	1.893E-01	kg/t
用水								
冷却水		m3/t	1.447E+02	3.473E+02	1.010E+02	4.483E+02	3.394E+02	m3/t
プロセス水		m3/t	8.540E-01	2.050E+00		2.050E+00	1.552E+00	m3/t
ボイラ給水						0.000E+00	0.000E+00	
アルカリ廃水	排水量	m3/t	7.117E-03	1.708E-02		1.708E-02	1.293E-02	m3/t
プロセス排水	排水量	m3/t	8.066E-02	1.936E-01		1.936E-01	1.465E-01	m3/t
	フェノール	kg/t	2.016E-04	4.839E-04		4.839E-04	3.664E-04	kg/t
	油分	kg/t	2.016E-04	4.839E-04		4.839E-04	3.664E-04	kg/t
	硫化物	kg/t	8.066E-05	1.936E-04		1.936E-04	1.465E-04	kg/t
	COD	kg/t	9.679E-03	2.323E-02		2.323E-02	1.758E-02	kg/t
	SS	kg/t	1.210E-02	2.904E-02		2.904E-02	2.198E-02	kg/t
排ガス	排ガス量 最大	m3/t	2.218E+00	5.323E+00				m3/t
	平均	m3/t	1.331E+00	3.194E+00	2.474E+03	2.477E+03	1.875E+03	m3/t
	最少	m3/t	1.774E+00	4.258E+00				m3/t
	CO2	t/t	4.772E-01	1.145E+00		1.145E+00	8.670E-01	t/t
	SOx	kg/t	7.604E-02	1.825E-01		1.825E-01	1.381E-01	kg/t
	NOx	kg/t	2.503E-01	6.007E-01	3.490E-01	9.497E-01	7.189E-01	kg/t
	気化ガス							
廃棄物	使用済み触媒							

エチレン年産350、000t～450、000t設備より

ない。このようなケースでは、ベンゼンは廃棄物ではないが、ベンゼンにインベントリを割り振ることを行わず、アセトンとベンゼンだけで配分することも一つの方法かと考えられる。

現在の状態ではこのようなデータ取り扱いの場合の基準が明確にはなっていないので、取りあえず問題提起の例として記載することにした。このようなケースは、廃棄物に近いが何とか利用しているような物質に関して、常について回る問題と思われる。

（3）有機化学製品

代表的なゴム製品については、文献から得られたデータに一部の非公開データを加えてインベントリを作成しているが、結果のインベントリ表は省略した。

（4）苛性ソーダおよび塩素

苛性ソーダおよび塩素の結果は資料編に含めた。

（5）耐火物

耐火物の結果は資料編に含めた。

2.2.3 問題点と今後の課題

以上の報告書の中に各種の問題点を述べているが以下にその項目をまとめた。

（1）データ収集の問題

最大の問題点は、これまで業界の大部分にインベントリデータに相当するデータの蓄積がないことである。歴史的に長い業界にもデータがないことは残念な感じがする。今後この研究事業を通して業界全体が変わることを期待するが、これまでの各種統計データのあり方にも変革することが必要と思われる。とりわけ今後のデータのフォローアップを行うにも単に個々にデータを探して回るのでなく、集め方を考える必要があると思われる。

（2）算出基準の設定

このデータをまとめるに当たり、ケースごとにインベントリの配分法を検討しなければならなかったが、ここで採用した手法が、大勢の目で見て必ずしも妥当と言えないかも知れない。従って、早急に計算の基準を設定する必要性を痛感した。数人のメンバーで検討すれば早急にまとめることができると考えられる。また、この基準によりデータの収集も容易に的を絞ることができ、企業側の協力を得られ易くなると考えられる。

（3）枝葉に位置づけられる製品のインベントリ

この調査でも実感したことであるが、基幹の製品ではまだ比較的データを整備しやすいが、枝葉の製品になるに伴い多様性が増し、且つデータのばらつき範囲も広くなると考えられる。そのようなデータは必要でないとは言えないので、データの実質的な収集方法に関する検討が必要と考えられる。何をどのように収集すれば無理なくデータが収集できる

かをもっと考える必要がある。業界に直ちに原単位を出すよう要請しなくても、業界全体の総計が判明すればよいので、別々のデータとして収集し、総計により初めて全体が判るやり方があるように思われる。

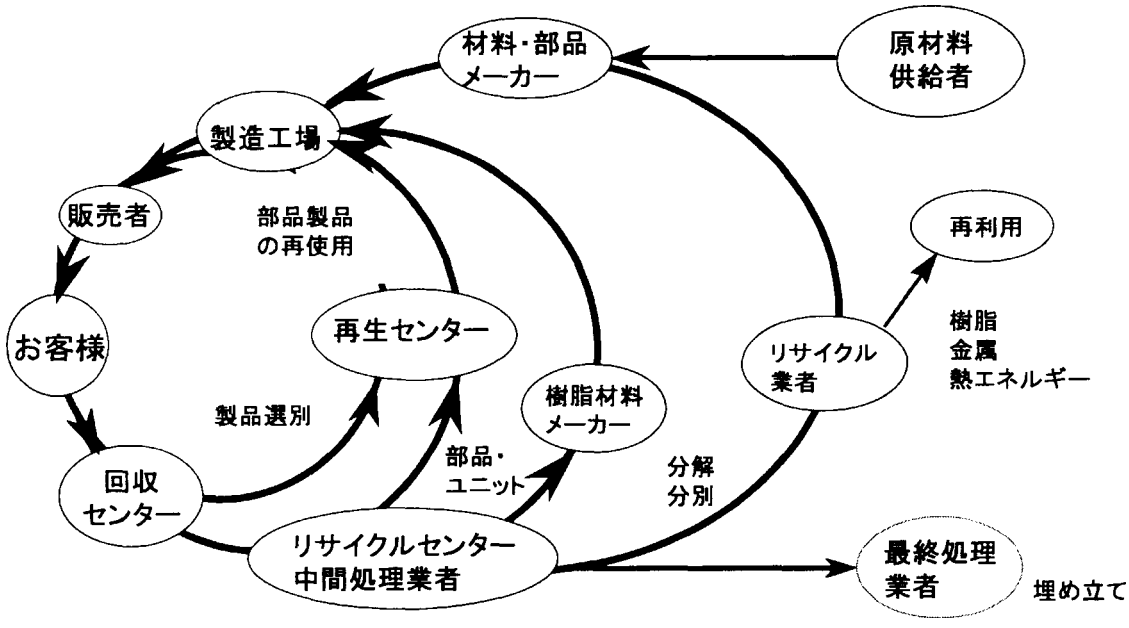
以上

第3章 リサイクル・廃棄過程におけるLCI方法論

3.1 製品のLCAから見た静脈部門のｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘについての問題点

ここでは、製品のひとつの例として、他分野の製品に比べ環境負荷は軽微であるが、部品点数が多く、また、回収・再資源化がある程度進んでいる複写機について述べる。

リコーでは、製品の環境負荷を低減するために、コメットサークルの考え方に基づき、第3.1-1図のような製品の再資源化を進めている。



第3.1-1図 製品の再資源化

複写機に使用される部品点数は３０００点を超える。これらの再使用には限界があり、また、すべてが当社で管理された業者で再資源化されることが望ましいが、そこまでは到っていない。そこで、リサイクル・再資源化を考える上で、元となる複写機の構成部品や素材について、紹介し、その処理と、それに関わるＬＣＡ上の問題点について示す。

ただし、ここで紹介するデータ等は、現在主流となる３０枚／分程度の複写速度の一般的なデジタル複写機を想定した。データは当社の特定製品を示すものではない。また、リサイクル・再資源化についても、この報告書の目的に添って課題を提示するためのモデル例であり、当社の理想を示すものでもなく、現実を示すものでもないことをお断りする。当社のリマニュファクチャリング専用製品（Spirio5000RM等）のように、ここで紹介する例よりも進んだ製品があることを申し添える。

3.1.1 複写機の部品や素材

（1）複写機の構成部品

第3.1.1-1表に複写機メーカーが市販品として購入している主な部品等の概要を示した。また、

これら市販品以外に、外注業者により組み立て等の工程を経た部品等の、主なものを仕入れ段階の部品として第3.1.1-2表に示した。

第3.1.1-3表で示したものには、それぞれ市販の素材や部品を加工して作られる。これらには多種の化学物質が含まれている。第3.1.1-1表に示した市販品についても、電子部品等は同様に、多くの化学物質を含み、中には環境に有害とされる物質が含まれる場合がある。例えば、ネジ等のクロメート処理による6価クロム、電気部品の鉛はんだ、ハーネス等の被覆電線のポリ塩化ビニル等である。

第3.1.1-1表 主な市販部品

分類	主な部品名	主な仕入先	点数等
ネジ類	タッピングねじ	金属加工メーカー	370本
	6角ねじ		25本
	その他ねじ		130本
	Eリング		4個
半導体集積回路	MPU	半導体部品メーカー	2個
	MCU		2個
	CPU		3個
	RAM		10個
	EPROM		9個
	CMOS		5個
	ADコンバータ		1個
	DAコンバータ		1個
	RSドライバ		1個
	その他のIC		100個
	サーミスタ		1個
	水晶振動子		6個
電気・電子部品	電解コンデンサ	電気・電子部品メーカー	60個
	ダイオード		30個
	セラミックコンデンサ		450個
	DC電源		2個
	シリコントランジスタ		15個
	トランジスタ		10個
	ファンモータ		5個
	DCモータ		1個
	ソレノイド		4個
	電磁クラッチ		8個
	固定抵抗		780個
	可変抵抗		2個
	セラミック発振子		4個
	LCDディスプレイ		1個
	ガラス管入りヒューズ		5本
	マイクロスイッチ		4個

第3.1.1-2表 主な市販部品

分類	主な部品名	主な仕入先	点数等
接続部品	コネクタ	電気部品・器具メーカー	120個
配線および電気照明器具	ＬＥＤ		3個
	ハロゲンランプ		1個
	ノイズフィルタ		40個
	ニクロム線ヒータ		3本
	光ファイバ		3m
フィルタ	防塵フィルタ	フィルタメーカー	1個
	オゾンフィルタ		1個
線材	ビニール被覆銅線等		100m
機械部品	バネ		20本
	ギヤ		20個
	コロ		40個
その他	クランプ		25個
	結束バンド		200本
	ハーネス		100個
	制振材		
	磁石		
	温度ヒューズ		
	接着シール		

第3.1.1-3表 外注加工仕入れ部品の主な例

分類	主な部品名	主な仕入先
プラスチック成型品	外装カバー、排紙トレー、インナーカバー等	プラスチックモールド業者
板金部品	フレーム、シャーシ等	板金加工業者
電子・電気部品	カスタムＩＣ、プリント基板、、ポリゴンモータ、定着ローラ、操作盤、帯電ローラ、転写ベルト等	
機械部品	ローラ、タイミングベルト	
その他	組み合わせレンズ、シール、デカル、包装容器、段ボールケース等	

（2）複写機の構成素材

次に複写機の構成素材であるが、前述の電子部品等は構成素材が雑多で判別は難しいが、重量の大きな素材を第3.1.1-4表に示した。

第3.1.1-4表 複写機の主な構成素材

分類	材質	重量(kg)
金属材料	SECC(亜鉛プレメッキ鋼板)	25
	STKM()	0.24
	SUM(硫黄快削鋼)	0.52
	SPCC(冷間圧延鋼板)	0.24
	SUS(ステンレス鋼)	1.9
	SWP(ピアノ線)	0.062
	SWCH(冷間圧造用炭素鋼鋼線)	0.030
	ADC(アルミ合金ダイカスト)	1.2
	アルミニウム合金	1.3
	塗装鋼板	2.0
	金属材の複合品で分別できなかったもの	1.6
	小計	34.1
樹脂材料	PS	4.1
	PPE	0.28
	PPE-GF	1.2
	ABS	6.9
	ABS-GF	0.38
	POM	1.3
	PET	0.86
	PET-GF	0.55
	PC	0.67
	PC-GF	0.42
	PA	0.17
	小計	16.8
ガラス	青板ガラス	1.3
その他	金属とゴムや樹脂が接着されたもの	1.5
特定不可	市販部品内で素材が掴みづらいもの	26

3.1.2 用済み後の複写機の回収・処理

今回は静脈部門での処理について、第3.1-1図の製品の再資源化フローの分類において概略を示し、そのインベントリデータ入手上の課題を示す。

（1）ユーザーでの処分

複写機の国内での回収率は、各社で差はあるものの５０％を超え、さらに高い回収を目指しているように、ユーザーで処分される割合は低い。しかしながら、低速のパーソナルユースの小型の複写機については、このユーザー処理の比率は増すものと考えられる。このユーザーでの処分は、ほとんどが地方自治体により処理されていると考えられ、その処理は自治体によって異なるものと思われる。

このユーザー処理に回される製品の台数、重量、製品中の有害化学物質の含有量等のデータは、我々製造者の責任として、管理する必要があり、現状ではいくつかの課題はあるが、管理は可能である。しかしながら、地方自治体による回収・処理時のインベントリデータの取得は、我々には困

難な問題であり、全国での平均的な処理によるインベントリデータがパブリックデータとして望まれる。また、我々は、製品中の鉛、ＰＶＣ等の特定の化学物質の含有量を半減することを目標として掲げているが、望むべくは、この製品中の鉛やＰＶＣの削減が、自治体での処理時の環境負荷の低減に結びつくデータが得られることを期待している。

（2）回収センターでの処理

ユーザーからの回収は、主に買い替え時の旧製品の引き取りであり、新製品の運搬の逆ルートで当社により管理された業者により、各地の回収ｾﾝﾀｰに集められる。また、他社が我々の製品を回収した場合も、各社間で調整し、製造元に戻されることも現在検討されている。

回収センターに集められた製品は、再使用可能な製品および再使用可能な部品を含む製品を選別し、再生センターへ送り、再使用ができないものは、リサイクルセンターまたは中間処理業者に引き渡される。

ここでの主な環境負荷は、回収時の輸送段階での車両の燃料使用と、回収センターでの電力等のエネルギー使用である。各地区での車両の年間の燃料使用量の入手は可能であり、輸送台数も入手可能であることから１台当り（場合によっては重量や容積による換算を行う）のデータは入手できる。また、回収センターでの電力等の使用量は容易に入手できる。我々がＬＣＡ実施において必要とし、入手が困難なものは次のデータである。

ａ．燃料、電力等が使用者に供給されるまでのインベントリデータ

ｂ．ディーゼル車、ガソリン車、天然ガス車に分類された燃料当りのＣＯ２、ＮＯｘ、ＳＯｘ、粒子状物質の排出量のデータ

（3）再生センターでの処理

再生センターでは製品の解体、部品洗浄が主である。ここで得られた再使用可能な製品及び部品は、複写機の製造工場へ送られる。これらは当社の管理できる範囲にあり、製造時のインベントリデータと同様で入手は可能である。

（4）リサイクルセンターおよび中間処理業者での処理およびそれ以降の処理

リサイクルセンターと中間処理業者に分けられる理由は、地域によりリサイクルセンターまでの距離が遠い場合に、中間処理を委託せざるをえない場合である。再生センターとリサイクルセンターは、製造工場に部品や再使用可能製品を供給するために、製造工場から遠距離の場合は効率が悪くなる。また、輸送時の環境負荷も大きくなることが予想される。そのためリサイクルセンターも全国レベルでの設置は困難であり、中間処理業者へ委託される場合が発生する。ここでは、部品の解体、分別が行われ、部品やユニットで再使用可能なものは前述の再生センターへ送られる。特定の再利用可能な樹脂部品や金属部品等は、分別し、樹脂材料メーカーや再生業者に送られる。その後破砕処理を行い、さらに分別後、リサイクル業者や最終処理業者に送られる。

インベントリデータの取得においては、リサイクルセンターの場合は入手が可能であるが、中間処理業者の場合は、当社製品だけなく、多品種の製品がシュレッダーにかけられるなど、当社製品に対する処理上の環境負荷を捉えることは難しくなる。

ただ、この場合も、それぞれの部品が、どれだけ再生センター、リサイクル処理、埋立処理に廻されるかは、定期的に追うことは可能である。

ここでパブリックデータとして望まれるのは、中間処理業者に渡ってから最終処分されるまでの、すべての環境負荷ではない。製品の構造、部品中の有害物、再生センターで受け入れる部品により、多くの環境負荷を減らすことがメーカーの努力により可能である。従って、それらのメーカーの活動成果が捉えられるようなデータの構造が必要である。この工程以降のパブリックデータとしては、次のように分類して求められることが望ましい。

a．中間処理業者でのシュレッダーや分解・分別に係わるインベントリデータ

これは、ある程度製品群別の平均的な値であることは仕方がないと思われる。単位は重量当りなどが考えられるる（場合によっては無視し得るデータかもしれないが）

b．素材別のリサイクルに係わるインベントリデータ

ここでは、リサイクル時の再生に係わる環境負荷だけでなく、再生によって得られた資源のプラス効果をからリサイクル業者およびによる再生時の負荷だけでなく、得られる有価物によるプラス効果の算出が重要であろと思われる。再生された電炉鉄をどのように考えるかは難しい問題ではあるが、何らかの見解が示されなければ、リサイクルの環境への優位性がＬＣＡの結果として現れなくなることが予想される。

c．熱回収または焼却によるインベントリデータ

熱回収時のインベントリデータは当然であるが、この際にも熱回収によるプラス効果の算出が重要と思われる。単純焼却と熱回収が同等に扱われるようなことは避けられることが望ましい。

d．最終処理によるインベントリデータ

埋立処分におけるインベントリは、処分場造成に係わるインベントリの他に、有害物質の溶出による環境影響が何らかの形で反映される必要がある。現在、いくつかの企業で進める鉛はんだの削減は、この部分に対する環境影響の低減にしか繋がらない可能性が大きい。

なぜなら鉛の産出時の環境負荷は、代替が検討される希少金属の産出に比べ、環境負荷が小さいことも考えられるからである。（実際は、鉛はんだの代替が環境影響の低減に繋がるかはＬＣＡによる再評価が望まれるところではある。）

この場合は製品群別の平均的な値は好ましくなく、重量当りの有害物質の含有量に基づくインベントリデータの算出が可能なことが望まれる。

なお、上記工程間の輸送に伴うインベントリデータは、平均的なものがいずれかの工程に含まれていることが望まれる。

3.1.3 まとめ

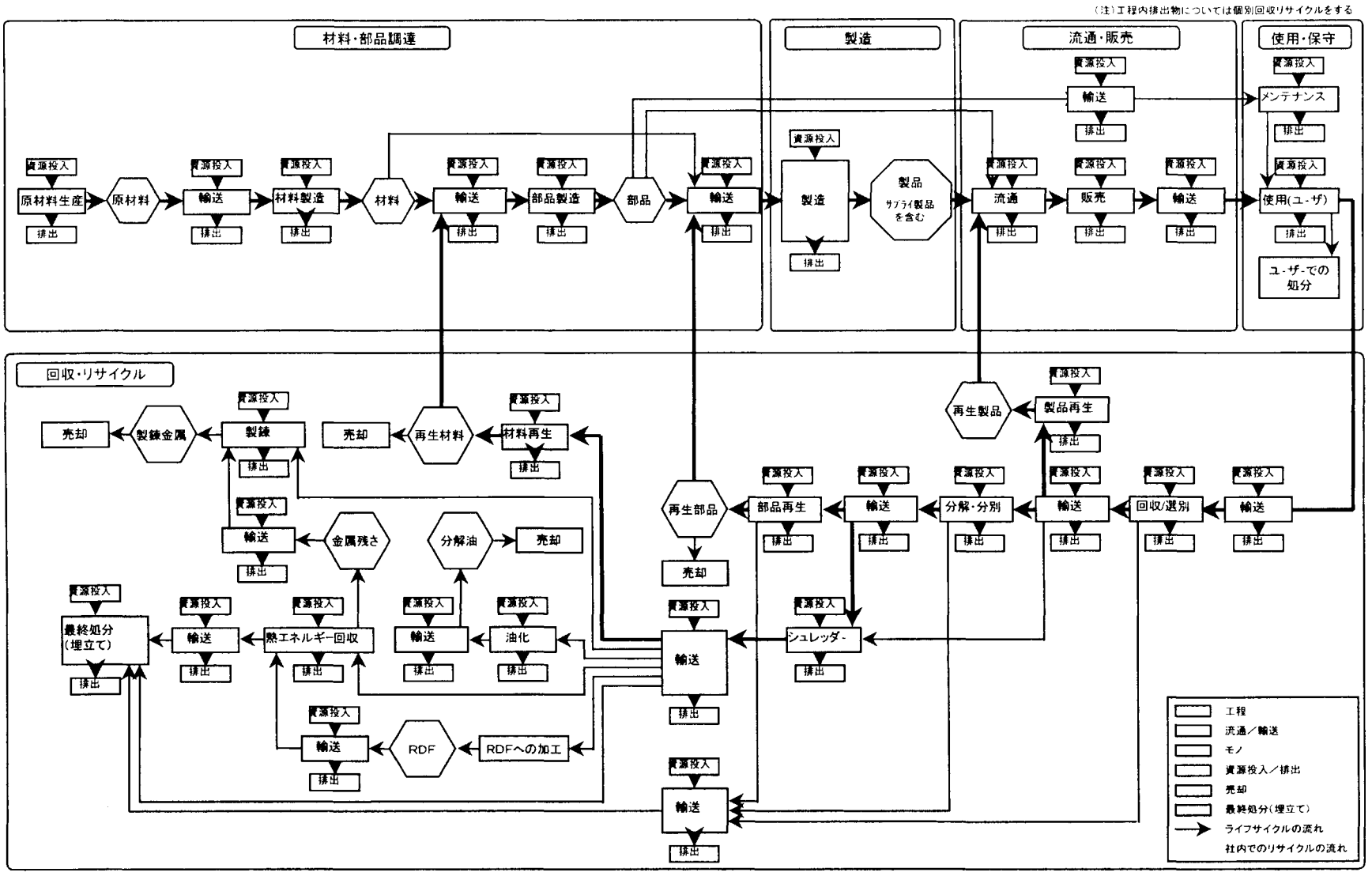
複写機の全ライフサイクルフローを第3.1.3-1図に示した。この中で静脈部門は、下半分を占めているように、製造メーカーにとって、複雑で且つ広範囲な企業を経るため、情報収集が難しいところである。また、製品中の有害物質による影響が顕在化する部分でもある。従ってパブリックデータに期待するところは大きい。ここまで挙げた中で、パブリックデータに期待するものを整理す

ると、主に次のようなものとなる。

①地方自治体に処分時のインベントリデータ
②燃料、電力等が使用者に供給されるまでのインベントリデータ
③ディーゼル車、ガソリン車、天然ガス車に分類された燃料当りのＣＯ２、ＮＯｘ、
　ＳＯｘ、粒子状物質の排出量のデータ
④中間処理業者でのシュレッダーや分解・分別に係わるインベントリデータ
⑤素材別のリサイクルに係わるインベントリデータ
⑥熱回収または焼却によるインベントリデータ
⑦最終処理によるインベントリデータ

このうち、①⑥⑦については、対象品に含まれる有害化学物質の含有率による、有害物質の排出量を算出することが可能であることが望まれる。また、⑤⑥からは、得られる環境上のプラス因子に配慮されていることが望まれる。

静脈部門のＬＣＡが正しく行われることが、今後の企業のリサイクル・再資源化への取り組みを適切に実施させることに繋がると考えられる。２）項で示した、ユーザーが廃棄し、それが自治体で処分された際の環境影響が、回収・リサイクルを進めた際の環境影響よりも小さくなることがあれば、それは回収・再資源化を否定することになってしまう。インパクトアセスメントも含めて、単純焼却や埋立処分が不当に正当化されないようなデータベース構築が願われる。



第 3.1.3-1 図 製品ライフサイクルフロー

3.2 静脈部門におけるLCI方法論

3.2.1 リサイクル工程におけるインベントリ算定

（1）リサイクル材料／プロセスのインベントリー分析の目的

いわゆる「リサイクル」は廃棄物量、資源消費量、環境負荷物質排出量の削減や有害物質の管理のために有効である事が多く、その促進が望まれている。しかしながら、リサイクル工程における負荷発生が無視できない場合もあり、リサイクルの効果の定量的な把握が望まれている。

ここでは「リサイクル」の定義として、一旦最終製品として利用された後に、部品としての再利用、材料への再利用、およびエネルギー源としての転用を考える。工程内で発生する端材のリターン、副産物の利用は考えないこととする。

リサイクル工程のLCA（評価）が必要となる局面としては、

a.リサイクル材を用いた製品と他製品（リサイクル材利用の有無に依らず）との比較

b.同じ効用を実現するためにリサイクル材でバージン材を置き換える効果の評価

c.リサイクル材の用途を複数の候補の中からの選択

d.最適なリサイクル率の予測

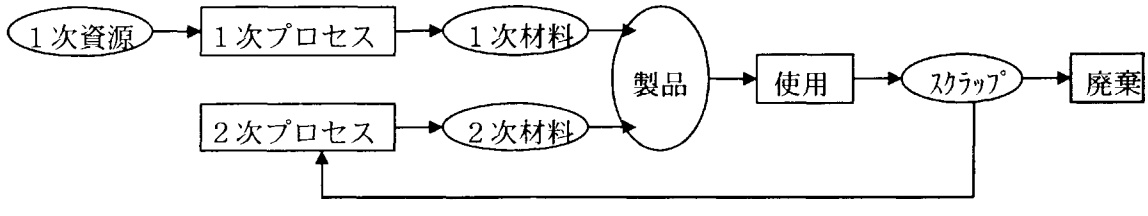
e.リサイクルプロセス改善あるいは新規リサイクルプロセス開発の効果の評価

が考えられる。ここで天然資源を原料とした１次材料（ヴァージン材）と最終製品として使用後の製品を原料とする２次材料（リサイクル材）との区別を行ったLCIデータベースがあれば、特に上記a.b.のような分析は容易となりる。

（2）標準データ算定上の手法上の問題

LCIにおいてはスクラップ（２次原料、リサイクル用原料）を無価値の廃棄物と見なし、その「製造」過程の負荷をゼロとすることが多く行われている。しかし、このような評価方法では、１次材料の供給者と２次材料の供給者が独立である場合は、１次材料供給者にリサイクルが容易になるような努力を促すインセンティブは働かない。また一方で、スクラップは原料として有価物であるので、天然原料からの製造過程（１次プロセス）で発生する負荷の幾分かをスクラップあるいはそのリサイクルプロセス（２次プロセス）が負担すべきだと言う論理も成り立つ。その場合、どれだけの負荷をスクラップが負担すべきかの基準が必要となる。そこで以下にいくつかの単純化したリサイクルループのパターンについて、候補となる算出法を考えてみる。

a. １次／２次のプロセスは別であるが、リサイクル材とヴァージン材が同一の市場に供給される場合。（実質的に同等の製品が生産される場合）



1次、2次プロセスの負荷発生量を L_1, L_2（2次プロセスにはスクラップの分別・回収・輸送などの工程を含む）、1次材料と2次材料の生産量を F_1, F_2、担うべき負荷 X_1, X_2 とする。その材料の用途である製品は同一であるので、ここでの1次、2次の区別は不要である。

$X_1 = X_2 = (F_1 * L_1 + F_2 * L_2) \ / \ (F_1 + F_2)$

一方、リサイクル品への転換による効果は、全システムの負荷変化で評価する。

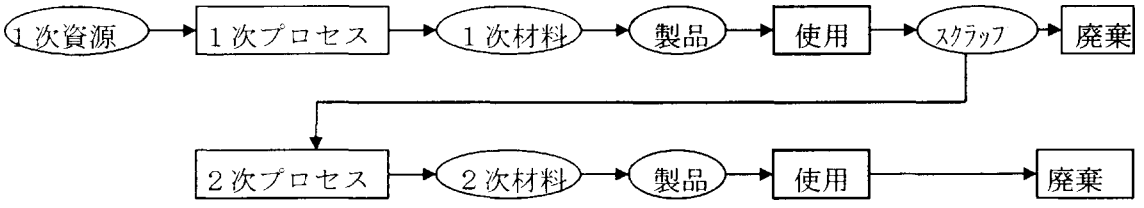
1次2次をあわせた製品の生産量一定（$F_1 + F_2$ ＝一定）の条件で、L_1, L_2 が一定の範囲では

$\partial \ (L_1 * F_1 + L_2 * F_2) \ / \ \partial F_2 = L_2 - L_1$

ここで、リサイクル工程の負荷 L_2 がリサイクル率の関数として評価できれば、最適なリサイクル率を求める事が可能となる。（リサイクル率が極端に高くなれば、L_2 の大きくなると予想される。）

ただし、この方法は1次材料を2次材料で置き換えた効果を評価する、言いかえれば1次材料を利用するシステムと2次材料を利用するシステムの差を評価する場合に使える係数であって、2次材料固有のデータという性質ではない。また、2次材料を新たに利用するだけで、1次材料の生産を減らす効果が無い場合には使えない。

b. リサイクルにより異なる製品が生産される場合（カスケード）



カスケード利用のシステムは原料となる物質に着目すれば1つのライフサイクルであり、1次2次を区別するのはライフサイクルとしてみる理念と矛盾するところがある。しかし、前術のように1次2次区別した数値を得ようとすれば、このシステムとどのように1次と2次に分けるかという、一種のアロケーション問題となる。以下にいくつかの考えられる方法を示す。なお、ここでは簡単のため、廃棄に伴う負荷はこの場合無視する。

Case 1. スクラップで負荷はゼロとすると；

$X_1 = L_1$、　$X_2 = L_2$

$X_2 / X_1 = L_2 / L_1$

Case 2. 全システムの発生負荷を重量で按分；

$X_1 = \ (L_1 * F_1 + L_2 * F_2) \ / \ (F_1 + F_2)$，　$X_2 = \ (L_1 * F_1 + L_2 * F_2) \ / \ (F_1 + F_2)$

$X_2 / X_1 = 1$

1次および2次プロセスのそれぞれの負荷を 50%づつ1次材料と2次材料に割り振る提案もあるが、$F_1 = F_2$ となる場合がその方法に相当する。

Case 3. 全システムの発生負荷を経済価値で按分；

1次材料と2次材料の価格を P_1, P_2、スクラップの価格を Ps とする。

$X_1 = \ (L_1 * F_1 + L_2 * F_2) \ * P_1 \ / \ (P_1 * F_1 + P_2 * F_2)$，

$X_2 = (L_1 * F_1 + L_2 * F_2) * P_2 / (P_1 * F_1 + P_2 * F_2)$

$X_2 / X_1 = P_2 / P_1$

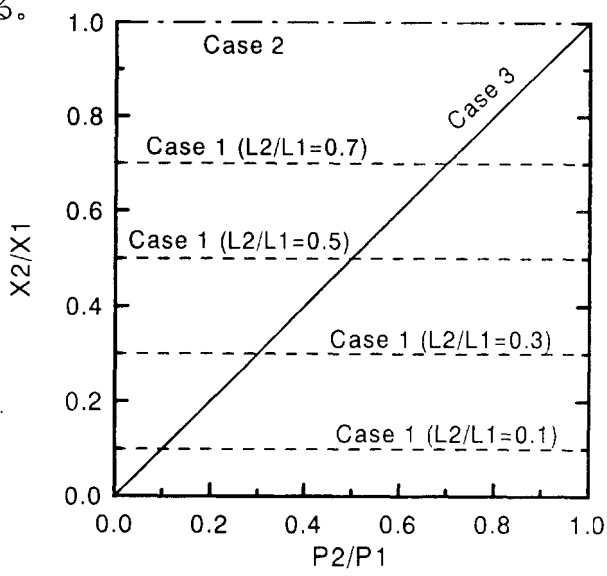
Case 4. スクラップとしての販売価格分を残存負荷とみなすと；

$X_1 = L_1 - L_1 * Ps / P_1 * F2 / F1$、　$X_2 = L_2 + L_1 * Ps / P_1$

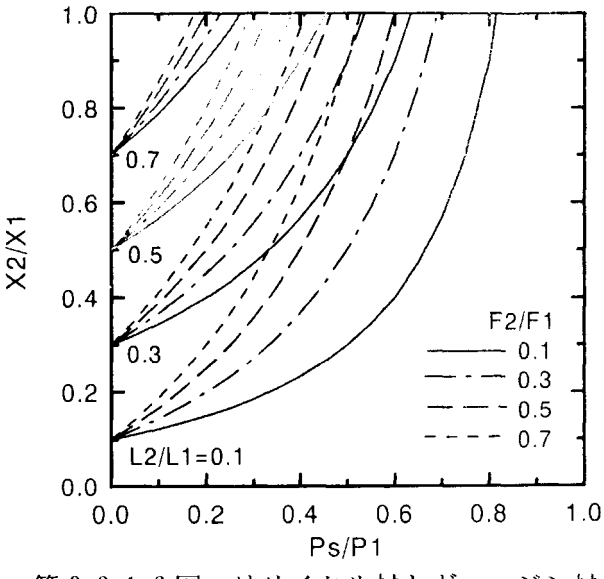
$X_2 / X_1 = \{(L_2 / L_1) + (Ps / P_1) * (F_2 / F_1)\} / \{1 - (Ps / P_1)\}$

$Ps/P_1 = 0$ の極限では Case1 に相当する。その他、エケセルギーを基準とする等の方法があるが、省略する。

Case 1 ～3 の各方法によって算出される２次材料と１次材料の負荷の比（X_2/X_1）の値を第 3.2.1-1 図に示す。Case4 については第 3.2.1-2 図に示す。Case 1 ～3 に関しては２次材料と１次材料の価格比（P_2/P_1）に対して図示したが、Case1, 2 は価格比には関係せず、図の横軸に対して示すことは本質的ではない。Case 4 に関しては横軸はスクラップと１次材料の価格比（Ps/P_1）であり、Case1 ～３とは異なる。Case 1 では前述のように１次側でリサイクルを容易にする設計等の改善をするためのインセンティブが働かない。また、Case 2 では両者の差はなく、リサイクル材を使う事に対するインセンティブが働かない。Case 3 では一意的に価格に依存することになり、環境に関する技術的要素が直接反映されない上に、経済的な影響が大きく、データとしての安定性に欠ける。Case 4 の方法によれば、F_2/F_1 の値が大きい－つまりリサイクル率が高い－ほど、またスクラップ価格が高いほど、スクラップ価格の変化に敏感になる。



第 3.2.1-1 図　リサイクル材とヴァージン材の負荷比（Case 1, 2, 3）



第 3.2.1-2 図　リサイクル材とヴァージン材の負荷比（Case 4）

第 3.2.1-1 表にはより具体的な例として鉄鋼生産に伴い発生する CO_2 を想定して、計算の方法により具体的にどの程度の差が生じるかを示す。ただし、プロセスでの負荷発生：$L_1 = 600$, $L_2 = 100$、生産量：$F_1 = 65$, $F_2 = 35$、製品価格 $P_1 = 8$, $P_2 = 4$, スクラップ価格 $Ps = 1$ とした。

第3.2.1－1表　算出方法による1次材料と2次材料の負荷データの違い

	Case 1	Case2	Case 3	Case 4
X_1	600	425	515	560
X_2	100	425	258	175

以上のように、どの方法が望ましいかの結論を出すことは容易ではない。モノの生産というシステムの本来的な目的は経済的価値であるので、それを分析方法に織り込む事は本質であると考えられるが、経済的価値には変動が大きく、データベースとしての数値算定の基準としての便宜性とはあいいれない。しかも、同一の材料であっても、その用途によってリサイクル率も、スクラップとしての価格も異なってくるので、どの程度の変動幅があるのか吟味する必要がある。さらに、同じ材料であっても多様な用途を持つ事が一般的であり、スクラップの発生源とともに把握する必要がある。この意味からもマテリアルフローの解明は重要である。

（3）小括

LCA本来の目的はあらゆる波及効果も織り込んだ総合的な影響評価である。従って、検討対象のシステムは可能な限り拡大するか、外界に影響が及ばないようなシステムの境界条件を定める必要がある。そのため、リサイクルを含むシステムにおいては1次材料の製造工程とリサイクル工程を独立したものとして扱えるか否かの判定を注意深く行う必要がある。基本的には環境負荷データを材料単位で整理することには限界があることを認識すべきであると考える。

本款では、単純化したリサイクルループにおける負荷の割り振り方について検討したが、いずれの方法も決定的な優位性をもつものではない。当面は、残存価値の如何によらず、使用段階が終わったところで、そのものの担う負荷はゼロとする方法（Case1）が、簡便さと言う観点では現実的な方法であろう。しかし、マテリアルフローあるいはスクラップ価格などの経済的要因の変動幅などの調査に基づき、このような算定値の持つ不確実さを把握しておく必要があると考える。すなわち、考えられる各種算定方法によって、最終的結論に及ぼす影響がどの程度生じるか、具体例を用いた検討を行い、そのような算定方法のもつ限界を理解しておくべきと考える。

3.2.2 廃棄工程におけるインベントリ算定

（1）はじめに

ＬＣＡは、原材料調達から設計・製造、使用、リサイクル、最終的な処理処分という、いわゆるゆりかごから墓場までの製品の全ライフサイクルを対象として、製品の使用する資源やエネルギーと、製品が排出する環境負荷を定量的に推定・評価し、さらに製品の潜在的な環境影響を評価する手法である。このように、ＬＣＡは、製品等の全ライフサイクルを対象とすることが大きな特徴であり、1)目的と調査範囲の設定、2)インベントリ分析、3)インパクト評価、4)結果の解釈という手順で行われる。このなかでインベントリ分析はＬＣＩと呼ばれ、ライフサイクル中の各工程における環境負荷データ、すなわち、Inputデータ(投入エネルギーや資源消費)、Outputデータ(各環境負荷物質の排出)をライフサイクル全体にわたって算出・推定する工程である。実際にはＬＣＡを行うのに最も時間と労力を要する。

わが国でこれまでに行われてきた製品、材料のＬＣＡでは、ＬＣＩまで行って何らかの解釈を行っているものが多い。さらに製品フローでは、資源・原材料調達から製品製造を経て使用に至る工程を詳しく調査したものが多く、リサイクル、廃棄物の処理処分まで詳しく追跡してインベントリを実施した例は少ない。

廃棄物処理に関するＬＣＩとしては、最近、国及び自治体等が環境負荷の少ない廃棄物処理やリサイクルシステムを選択できるようにすることを目的に、排出された混合廃棄物を出発点とした研究事例があり、ＬＣＡの一つの発展方向として注目されている。これらは今後、ごみ処理技術の選択・開発、ごみ分別方法の選択、廃棄物の収集及びリサイクルシステムの構築等を環境負荷面から検討するための貴重なデータ、方向、意思決定手段となるものと期待されている。

一方、ＬＣＡの重要な目的の一つは、これまでに製造、使用、廃棄物処理等の各工程毎に行われてきた環境負荷対策を全体的に横のつながりとして関連づけ、それによって各工程を受け持つそれぞれの主体が自らのコントロールの及ぶ範囲を越えて、環境負荷低減のために必要な具体的な目標を明確にし、全体として環境負荷の低減を可能とすることにある。また、本事業において構築するデータベースのユーザーとしては、材料や製品製造関連の事業者が中心となることが想定できる。このことからは、廃棄工程のＬＣＩを行う目的として、次のようなことが考えられる。

1) 製造段階等で発生する廃棄物、最終的な廃棄物を処理する際に、より環境負荷の少ない方法を選択する。
2) 製品が廃棄物となった段階で発生する環境負荷を推定し、それがより小さくなるような材料及び製品設計、材料選択、物質使用量の削減等を行う。

特に、2)について、産業界及び流通業界に対して厳しい規制を設けていることで知られるドイツでは、製造及び使用の際にできる限り廃棄物の発生の少ない製品とすること、長寿命であり使用後にリサイクルが可能で、かつリサイクル及び処理処分の際に環境負荷が最小となるような製品とすることを生産者に厳しく求めている。このような考え方は、「拡

大生産者責任（Extended Producer Responsibility, EPR）」としてまとめられている。すなわち、製品の製造者が製品のライフサイクルに及ぼす環境影響に対して責任を負うべきであるという考え方であり、リサイクルばかりでなく、環境保全を前提とした製品づくりを行うことが全体としての環境負荷を低減化する最も有効な条件として認識されている。

このように、まず製品設計段階から製品を環境負荷の少ない循環型社会適合型のものとしていくことが求められるが、これを実現するためにＬＣＡを役立てることが期待される。

すなわち、"製品が廃棄されてからのこととは無関係に生産量が維持されることこそ、近代産業構造が廃棄物処理回路に要求してきたことであった"[1]と言われることからわかるように、これまでの一方向型の生産システムにおいて、リサイクル、処理のしやすさを前提としたものづくりが考慮されてこなかったために、材料レベルでは1)所望の性能を得るために素材の複合化が行われてきたために、そのスクラップのリサイクルが困難となり、埋立処分される比率が増大している、2)他品種少量生産型、エネルギー多消費型の材料がリサイクルにおける環境負荷を高める要因になっている、3)高度の機能を発揮する材料に含まれる有害物質が埋立処分を経て土壌還元されたのち、生態系に悪影響を及ぼす恐れがある、4)塗料の除去がリサイクルプロセスのネックとなっている、などの問題を顕在化させてきた。製品レベルでは1)解体が困難なために原型のまま埋め立てざるをえず、そのために製品中に含まれる有害物質の回収、除去処理が行われない、2)シュレッダー処理を行った場合に、埋め立てたシュレッダーダストから有害物質が溶出されている、3)塩素を含む製品等を焼却した場合に、有害なガスが排出されることがある、等の問題を顕在化させてきた。

これらの問題の中には、ＬＣＡで取り扱うべき対象ではないものも含まれる。しかし、製造と処理を環境負荷の視点から横の関係で関連づけ、リサイクル、廃棄物処理といった静脈部門における問題を、材料や製品製造工程にフィードバックさせていくためにＬＣＡを有効に利用することが、本事業における大きな目的の一つと考えられる。

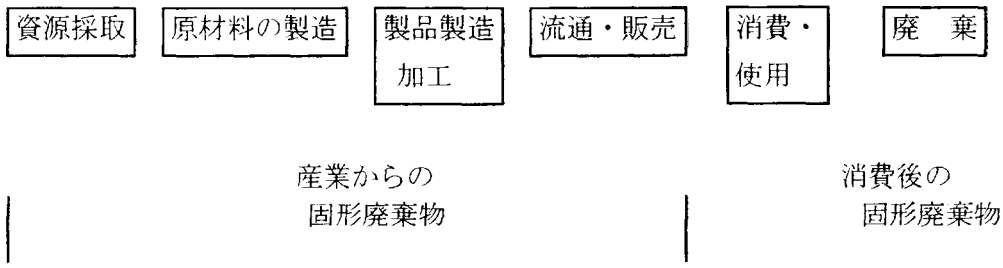
本稿ではこのような視点に基づいて、静脈部門のＬＣＩの方法論について検討する。

（２）廃棄工程のＬＣＩ

a.　固形廃棄物の分類と廃棄工程の各プロセス

ｲ. 固形廃棄物の分類

ＬＣＩにおいて誤解されやすいのは、産業からの固形廃棄物と消費後の固形廃棄物が混同されていることである。固形廃棄物には第3.2.2-1図に示したように産業からの固形廃棄物と消費後の固形廃棄物があるが[2]、従来のＬＣＩにおいて産業からの固形廃棄物しか分析されていない場合でも、インベントリ表のなかに固形廃棄物の項目があることで、全ライフサイクルについて分析したような誤解を生んできた。全ライフサイクルのＬＣＩを行うには、産業からの固形廃棄物と消費後の固形廃棄物の両者の分析が必要である。



第3.2.2-1図　　固形廃棄物の分類

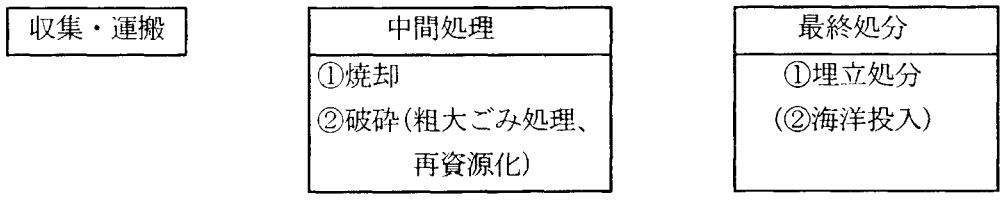
産業からの固形廃棄物と消費後の固形廃棄物の具体的な違いは次のとおりである。

ⅰ.産業からの固形廃棄物：鉱物の採取後の残留物、製品の製造や包装時等に生じる固形廃棄物であり、具体的には、製造プロセスにおけるそぎ落とし、規格外品、リサイクルされない加工くず等

ⅱ.消費後の固形廃棄物：一旦、初期の目的で使用され、主として地方自治体の廃棄経路に廃棄される製品や包装等

ㅁ.廃棄工程の各プロセス

廃棄工程は、主として第3.2.2-2図の各プロセスに分類できる。なお、中間処理にはＲＤＦ化、コンポスト化等も含まれるが、ここでは一般的に行われている焼却、破砕のみを対象として考える。また、最終処分については、一般廃棄物では埋立処分が原則であること、産業廃棄物では昭和47年のロンドン条約により、平成８年１月から海洋投入が原則禁止となり、その削減に向けた取り組みが行われていることから[3)]、埋立処分のみを対象として考える。さらに、処分場の設置場所から埋立処分は、陸上埋立処分場と水面埋立処分場に分類されるが、ここでは陸上埋立処分場に埋め立てる場合を対象として考える。



第3.2.2-2図 廃棄工程の各プロセス

b. 廃棄工程におけるＬＣＩが行われてこなかった理由

これまでにわが国で実施されたＬＣＩにおいて、廃棄工程の分析が詳しく行われていない理由は次のとおりである。

ｲ.データ入手の困難性

廃棄物処理に関するデータは一般的に公表されていないために、データ入手が困難である。特に、わが国のこれまでのＬＣＡは材料、製品製造メーカーが中心となって実施

してきたため、廃棄物処理関連のデータを直接得ることが困難であり、主として製造に関する自社データ、統計データ等に基づく分析が行われてきた。

ロ. 廃棄工程においてエネルギー消費関連負荷の占める割合の少なさ

これまでに行われてきたＬＣＡではエネルギー消費関連の項目で評価されていることが多い。廃棄物処理は複数の製品等が混合状態で、大量にまとめて処理されるため、エネルギー消費関連の項目では個々の製品の負荷が非常に小さくなる。このため、廃棄物処理工程の分析がそれほど重要視されてこなかった。

ハ. 正確な因果関係に基づく環境負荷の按分の困難性

ロで述べたように、廃棄物処理は複数製品等についてまとめて行うのが一般的であるため、廃棄工程における環境負荷の由来を特定することが困難である。そのため、環境負荷を正確な因果関係に基づいて焼却処理等に持ち込まれた製品等に按分することが困難である。これは、いわゆるマルチインプットと言われる問題であり、廃棄工程のＬＣＩを困難としている大きな要因の一つである。

ニ. 対象とすべきインベントリ項目の不明確さ

インベントリ分析とそれによるインパクト評価を行う方法には、得られた定量的なインベントリデータに応じてインパクト評価を行うボトムアップ型と、あらかじめ評価者の価値判断に基づいて分析すべきインパクトカテゴリーを決定してから、それに必要なインベントリ分析を行うトップダウン型がある。

現状では、入手できた限りのデータに基づいたボトムアップ型のインベントリが実施されているため、焼却、破砕、再資源化等の中間処理を行わずに、製品を原型のまま埋立、あるいは放置した方が環境負荷が少ない結果が得られる。即ち、2)で述べたように、わが国で行われてきたＬＣＡではエネルギー消費関連のインベントリ項目で分析・評価されていることが多いため、中間処理を経れば経るほど、環境負荷は多く評価される。

一方、埋立、あるいは放置した場合に、その製品等から排出される物質が人間の健康や生態系等に与える悪影響、あるいは、埋立処分場や不法投棄場の拡大による環境影響に関連するインベントリ項目は対象とされてこなかった。このため、不用となった製品は何もせずに放置、あるいは原型のまま埋め立てたこととし、固形廃棄物量(あるいは容量)の項目で定量化した方が環境負荷が少ないという結果が得られる。

また、必要とされるインベントリ項目が明確にされていない現状では、焼却によるダイオキシンの発生、及びそれによる影響をＬＣＡ上で避けたければ、埋立処分することとして、廃棄物容積(あるいは重量)のみを報告しておいた方が見かけ上、環境負荷の少ない製品ということになる。

これらも、廃棄工程におけるＬＣＩが行われてこなかった理由の一つとなっており、評価すべき環境影響の観点からインベントリ項目が決定されていないことが、適正な廃棄物処理をしない製品の環境負荷を少なくするという矛盾を生み出している。

ホ. プロセス由来と物質由来の環境負荷の取り扱いの不明確さ

廃棄物処理における環境負荷には、対象物質そのものが原因となって発生する物質由来のものと、処理プロセスを経ることによって発生するものがある。プロセス由来の環境負荷の代表的なものはダイオキシンであり、この発生は、主として焼却条件に依

存する。このようなプロセス由来と物質由来の環境負荷の取り扱いが明確でない。

ヘ. 廃棄物処理プロセスとして扱う範囲の不明確さ

焼却処理における助燃材の調達・燃焼、排ガス処理、焼却残さの処分等による環境負荷を焼却処理による環境負荷として含むのかどうかなど、廃棄物処理プロセスとして扱う範囲が明確でない。また、最終処分においても処分場内での行為(運搬、転圧、浸出水処理等)のどこまでを範囲として扱うべきかが明確でない。

ト. 採用すべきデータの基準の不明確さ

最終処分場に埋め立てられた廃棄物から排出される物質のように、複合的な物質が時間の経過を経て年々異なる物質を排出する場合、どの時点のデータを、どのように評価対象製品に按分するのかが明確でない。また、焼却、最終処分等の各プロセスには、それぞれ排出物質に関する環境基準値がある。しかし、実際の施設から得られたデータによってＬＣＩを行う場合、排ガス、排水等の処理後に基準値内となった環境負荷値でインベントリを行うと、製品から排出される物質の実態を正確に把握できなくなり、廃棄工程での環境負荷の低減を目的とした材料、製品へのフィードバックができない。

イ)～ト)の問題は、ダイオキシン問題、最終処分場からの有害物質の溶出問題など、環境問題が主として静脈部門に存在しているにもかかわらず、材料、製品製造にさかのぼって原因を明確にし、全ライフサイクルにおける環境負荷を最小とする製品等のあり方を検討しにくい原因の一つとなっている。

（3）廃棄工程のＬＣＩの考え方

廃棄工程の各プロセスのＬＣＩの考え方について次に述べる。

a. 焼却処理

イ. 焼却処理のInputとOutput

焼却処理のフロー例、及びこれに基づいたInputとOutputの概念図を第3.2.2-3図に示した。また、インベントリ項目の例を第3.2.2-1表に示した(薬品については、ＬＣＡを行う目的によって省略できる)。

ロ. InputとOutput に影響を与える要因

InputとOutput に影響を与える要因には次のものが考えられる。

i 施設条件

焼却炉の規模、燃焼形式、燃焼補助手段（空気加熱の条件）、公害防止付帯設備、余熱利用技術、灰固化処理方式、ばいじん処理方式、排水処理方式、排ガス処理方式、発電・余熱利用の有無、運転条件

ii 廃棄物の種類

廃棄物の種類によってもInputとOutputは大きく影響される。

市町村で行われている焼却処理を想定した場合は、市町村によって可燃ごみの対象物や再資源化への取り組みの程度が異なる。また、廃棄物の内容は季節的な影響も受ける。そのため、まず、焼却対象とする廃棄物の種類による分類(第3.2.2-4図のレベルＩ)が考えられる。また、特定の焼却処理施設を対象としてＬＣＩを行う場合に、廃棄

物の詳しい分析データを得られる場合、あるいはシミュレーションによって分析を行う場合には、第3.2.2-4図のレベルⅡのような廃棄物の特性を明らかにしたInputとOutputが考えられる。

レベルⅠ
可燃物のみ
不燃物含有
ﾌﾟﾗｽﾁｯｸ含有
再資源化の程度
季節変動

レベルⅡ
3成分（水分、灰分、可燃分）
物理組成（紙、厨芥、ﾌﾟﾗｽﾁｯｸ、金属類等）
化学成分（炭素、水素、酸素、窒素、
揮発制塩素、燃焼性硫黄等）
底位発熱量
元素組成
見かけ比重

第3.2.2-4図　　レベル別の廃棄物の分類

ハ.焼却処理を経たOutput の考え方

焼却処理の場合は、そのプロセスを経ることによって生じるOutput(特に大気汚染物質)をどのように考えるか、即ち、物質由来とプロセス由来のOutputを因果関係に基づいてどのように評価対象製品に按分していくかが最も大きな問題である。

東京都の調査結果から推定したプラスチック、不燃物の混入による、物質由来とプロセス由来のOutputの違いは第3.2.2-2表に示すとおりである。

第3.2.2-2表　由来別のOutputの例

	物質（廃棄物）由来	ﾌﾟﾛｾｽ由来
Output	CO_2, SOX[1], HCl[2], NOX[3], ばいじん[4], ﾀﾞｲｵｷｼﾝ[5], Cd[6], Pb[7], Zn[7], Cr[6], Cu[8], Hg[8], As[8]	ﾀﾞｲｵｷｼﾝ

1)～8) は、処理方式とも関連する。

1) ﾌﾟﾗｽﾁｯｸ類を燃やしてもそのｵｰﾀﾞｰが増加することはない[4]。

2) ﾌﾟﾗｽﾁｯｸ類を燃やせば増加する[4]。

3) ごみ焼却の場合は温度依存のｻｰﾏﾙNOXより、ごみの持つ窒素分の燃焼であるﾌｪﾙNOXであるため、ごみ組成のﾃﾞｰﾀから類推が可能[4]。

5) 原料よりもむしろ燃焼条件（温度、混合、滞留時間）との関連が主と考えられる。

6)7) ﾌﾟﾗｽﾁｯｸを含まない純粋可燃ごみと比べると、ﾌﾟﾗｽﾁｯｸ混合ごみでﾌﾟﾗｽﾁｯｸの寄与が大（主として顔料由来）[4]。

6)7)8) 不燃物の寄与が大[4]。

b．破砕処理(粗大ごみ破砕、再資源化)

ｲ. 破砕処理のInputとOutput

破砕処理のフロー例、及びこれに基づいたInputとOutputの概念図を第3.2.2-5図に示した。また、インベントリ項目の例を第3.2.2-3表に示した(薬品については、ＬＣＡを行う目的によって省略できる)。

ﾛ. InputとOutput に影響を与える要因

InputとOutput に影響を与える要因には、次のものが考えられる。

受入廃棄物の種類、処理規模、処理方式、ダスト処理方式、再資源化の有無とその種類

c．最終処分

ｲ. 最終処分のInputとOutput

最終処分のフロー例、及びこれに基づいたInputとOutputの概念図を第3.2.2-6図に示した。 また、インベントリ項目の例を第3.2.2-4表に示した(薬品については、ＬＣＡを行う目的によって省略できる)。

ﾛ. InputとOutput に影響を与える要因

最終処分のInputとOutput に影響を与える要因には次のものが考えられる。

① 廃棄物(埋立物)の種類
(生物作用を受ける分解性廃棄物、生物作用を受けないその他の廃棄物)
② 埋立地の種類（安定型処分場、管理型処分場、遮断型処分場）
③ 埋立地の構造（嫌気性埋立、嫌気的衛生埋立、改良型嫌気的埋立、準好気性埋立、好気性埋立）
④ 埋立地の規模（面積）、立地(地形、地盤特性等)
⑤ 気象条件（温度、降雨量、季節変動等）
⑥ 埋立開始からの時間
⑦ 浸出水処理方式 、浸出水処理施設の規模

（4）廃棄工程のＬＣＩを行う場合の問題点

廃棄工程のＬＣＩが詳しく行われてこなかった理由は3-2-2-2に述べたとおりであり、これらの問題に対する解決策を検討していく必要がある。同時に今後、廃棄工程のＬＣＩの方法論を確立していくうえで注目すべき問題は次の点である。

a. 空間的問題

最終処分プロセスの環境負荷を考える場合に、排出物の運命、暴露、毒性は、空間的な状態（面積、気温、雨量、陸上か海面か等）に依存する。そのため、たとえ全国の最終処分場の環境負荷に関するデータが得られても、空間的な条件がすべて異なるため、平均値を採用することにあまり意味がない。代表値としてある処分場のデータを採用する方法も考えられるが、これによって得られる結果は特定地域での、その地域の条件下における運命、暴露、毒性の予測に限られる。

このような問題に対して、

イ. シミュレーションモデルを用いて、理想化された条件下における排出物（量）を算出する。

ロ. 混合廃棄物から発生される浸出水や大気への排出物の構成を分析し、製品の特徴とその成分の減衰程度に基づいて排出物を分配する方法で、特定の製品を埋め立てたときに発生する排出物を推計する。

のような方法が考えられる。現段階では、代表値を用いる方法、シミュレーションモデルを用いる方法のいずれの場合でも前提条件を明確にしておく必要がある。

b. 時間的問題

ＬＣＡは排出された物質の量に焦点を当てており、このことは汚染防止の原則または、「少なければ少ないほどよい」の原則に基づいている。即ち、化学物質の潜在的に有害な濃度を避けるという意味では物質の排出がより少ないことは常によいことであるという考え方に基づいている[5)]。

しかし、ＬＣＡの排出データは、たとえば製造工程等の場合、一般的には１年間の総排出量を年間の生産量で割る方法が用いられている。そのため、プロセスの時間は割り算によって製品の中に分担させてあることになる。また、国内と国外の排出、及びピークの推定量と拡散された排出量の積算が行われる。この点からは、時間的経過によって変化する埋立物からの排出物について、ある年度におけるデータを採用する場合にどのような意味づけをするか、あるいはシミュレーションモデルを用いて10年間、100年間といった単位期間当たりの環境負荷値に基づいた評価対象製品への按分を行う場合に、製造工程など他のプロセスとどのように整合性を持たせるかを検討していく必要がある。

c. インベントリの対象とすべき環境負荷項目

(2)で述べたように、インパクト評価との関連に基づいたインベントリ分析が行われていない問題は、適正な廃棄物処理をしない方が全ライフサイクルの環境負荷を少なくする結果となる矛盾を生み出している。

国立環境研究所で実施された比較リスク評価方法(Comparative Risk Assessment;CRA)で検討された事例では、対象となる廃棄物がどのような環境問題を引き起こし、最終的にどのような影響に至るのかについて、第3.2.2-5表に示す15種類の環境問題領域があげられた[6)]。また、それらの環境問題領域の影響の行き着く先として、たとえば、焼却によるダイオキシン類の発生は最終的に発ガンを含む健康影響の観点から問題になっていること等が示された(第3.2.2-7図)。また、専門家の評価では、影響の行き着く先で最も重要度が高いとされた「問題領域－保護対象」の組み合わせは、有害化学物質汚染による健康への影響であったことが報告されている[7)]。

このような結果を参考に考えると、廃棄工程のＬＣＩのデータベースの構築、及び廃棄工程のＬＣＩを詳しく実施することの意義は、インベントリ項目としてエネルギー消費量やCO２排出量等といった一般のＬＣＡの対象項目に加えて、有害物質を対象とすることであると考えられる。即ち、廃棄物となった段階において健康被害のリスクの少なくなる条

件を材料、製品にフィードバックしていくことが重要なポイントになる。

しかし、既に述べたように、空間的、時間的な取り扱いの問題がある。また、ＬＣＡの結果は、実際のリスクではなく、可能性としてのリスクを表している[8)]。このため、ＬＣＡによって実際のリスクについて述べることはできないので、ＬＣＡと他の方法論(リスクアセスメント、環境影響アセスメント等)とのすみ分けを明確にして、直接的な目的に応じた方法論を使うべきだという考え方もある[8)]。

このような問題に対して、今後検討を重ねていく必要がある。

(5)おわりに

循環型社会構築の必要性が国際的な共通認識となっている現在、最終処分される廃棄物が減少していく方向にあることから、廃棄工程におけるＬＣＩの重要性が見落とされることがある。しかし、完全な循環型社会の構築にはなお時間を要すること、また、たとえ循環型社会の構築を実現できたとしても、材料や製品は様々な循環サイクルを経て最終的には廃棄物となることが避けられない。

ＬＣＩにおいて、リサイクル工程の方法論を確立することは、将来に向けて最も重要な課題である。それとともに、まず、現状において材料、製品が廃棄工程でどのような環境負荷をもたらしているのかを客観的に明確にするためのＬＣＩの方法論を確立し、それを基礎とした材料や製品のあり方、及び製造等のプロセスのあり方を検討することが必要である。

(関西大学工業技術研究所　中野加都子)

参考文献

1)　溝入茂：ごみの百年史－処理技術の移り変わり, 学芸書林, pp. 461(1988)

2)　米国環境保護庁(ＥＰＡ)作成編集：ﾗｲﾌｻｲｸﾙｱｾｽﾒﾝﾄ, (社) 産業環境管理協会, pp. 55 (1994)

3)　廃棄物学会編：廃棄物ﾊﾝﾄﾞﾌﾞｯｸ, オーム社, pp. 878(1997)

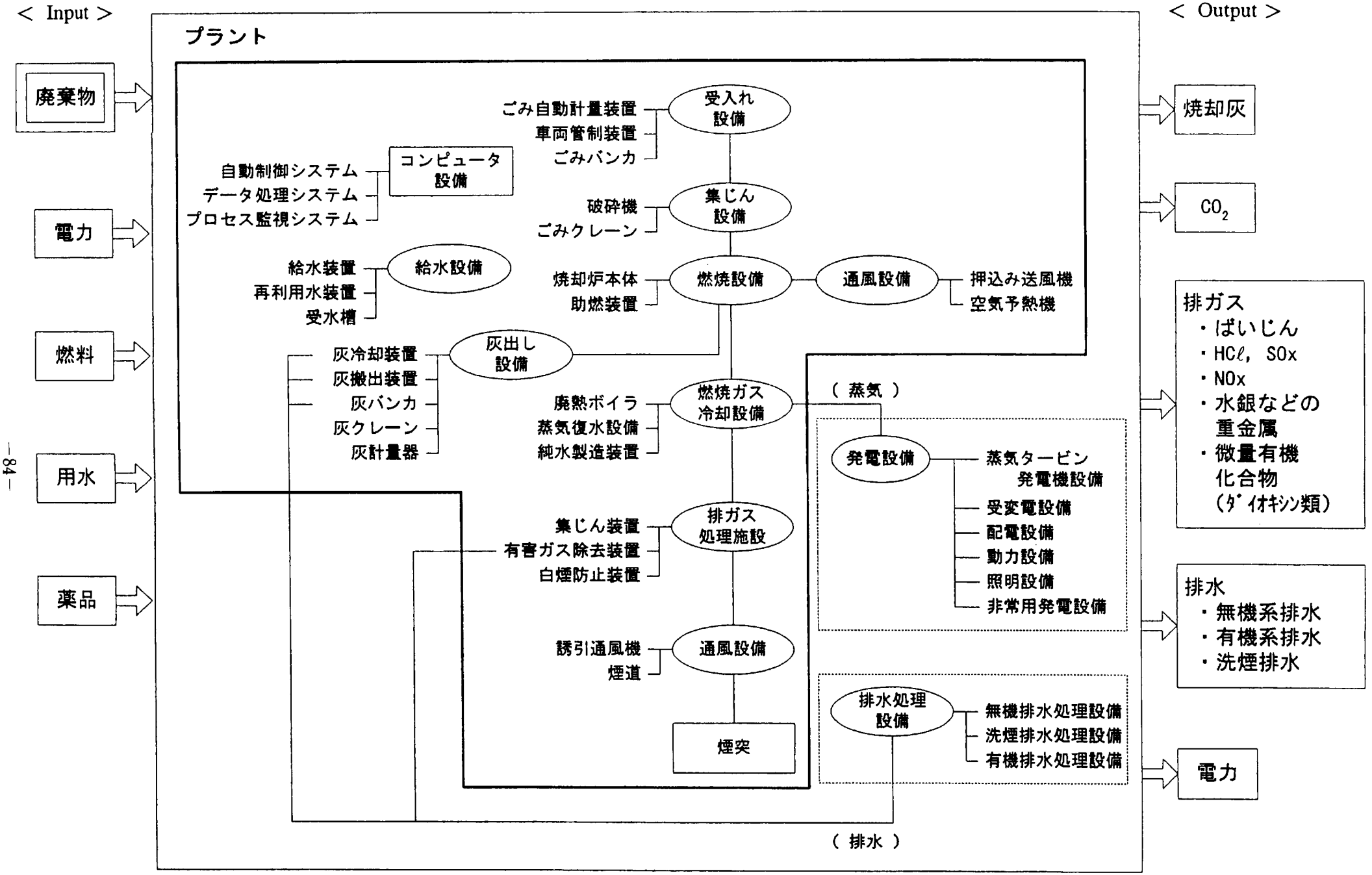
4)　ﾌﾟﾗｽﾁｯｸごみの処理処分：ﾌﾟﾗｽﾁｯｸごみ最適処理技術研究会, 日報, pp. 81-92(1995)

5)　有害物質のLCAｲﾝﾊﾟｸﾄ･ｱｾｽﾒﾝﾄ：ｵﾗﾝﾀﾞCML・RIVM共著, 松崎早苗訳, (社)産業環境　管理協会(1997)

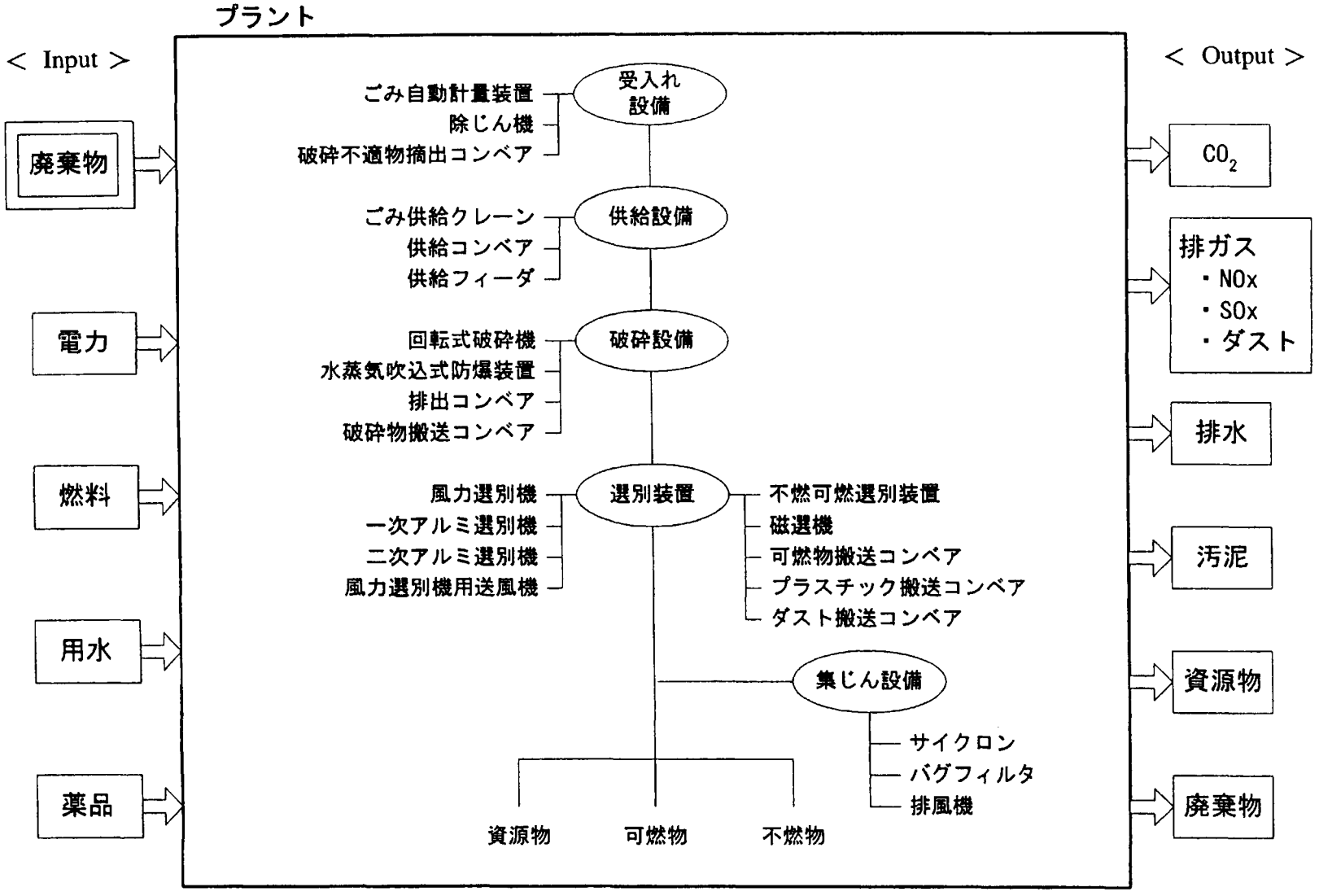
6)　松橋啓介・寺園　淳・森口祐一：環境経済・政策学会1997年大会要旨集, pp. 197-202 (1997)

7)　松橋啓介・寺園　淳・森口祐一：LCIAの"Valuation"における環境問題領域と影響の行く着く先の検討, 第３回ｴｺﾊﾞﾗﾝｽ国際会議講演集(日本語版), pp73-76 (1998)

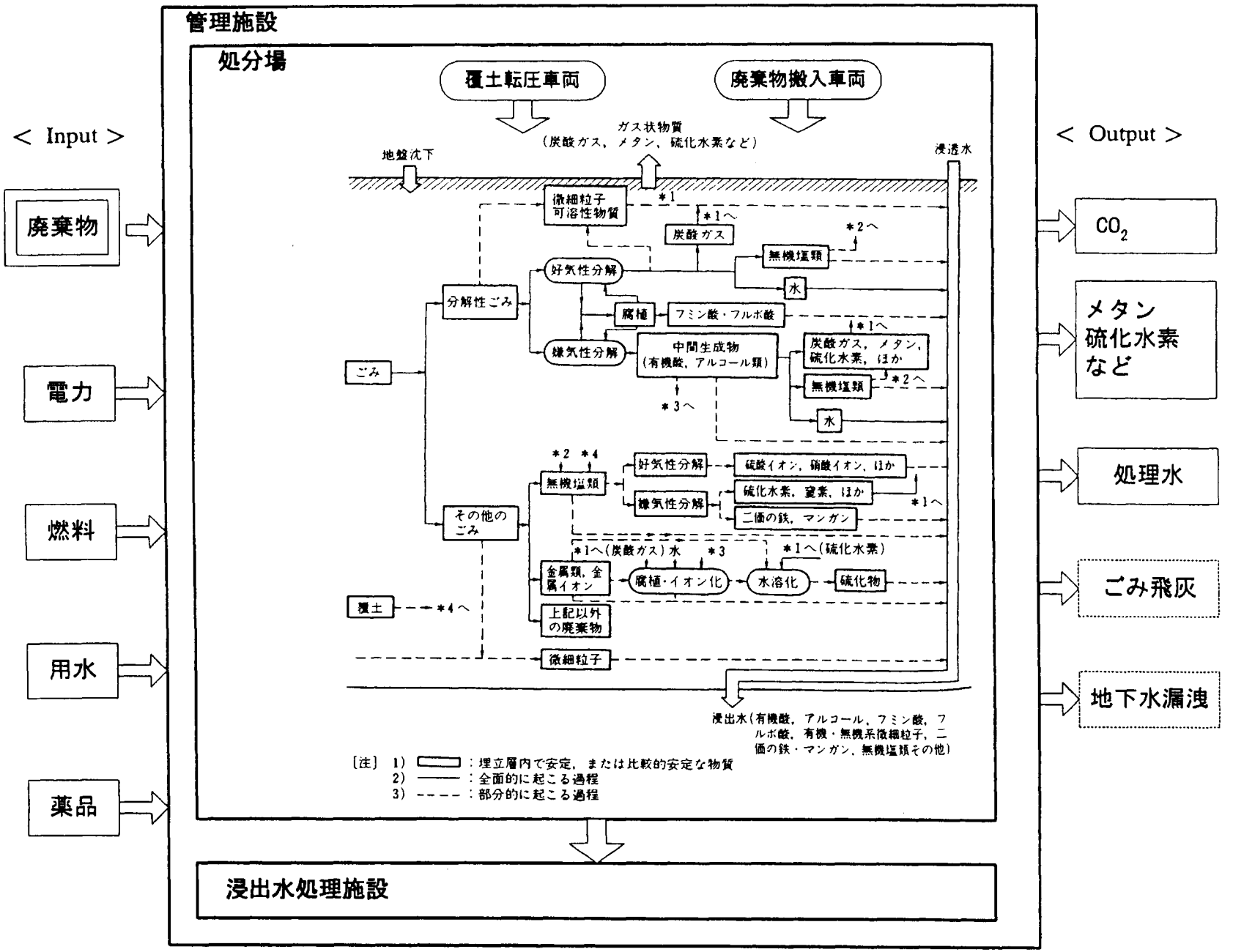
8)　Heijungs, R. & J. B. Guinee : CML on actual versus potential risks, In SETAC Europe News (LCA News), Vol. 3, No. 4(1993)



第 3.2.2-3 図　焼却処理の Inputと Outputの概念図



第 3.2.2-5 図　破砕処理の Inputと Outputの概念図



廃棄物ハンドブック，廃棄物学会編（平成9年），p. 590を参考に作成

第 3.2.2-6 図　最終処分の Inputと Outputの概念図

第 3.2.2－1 表　焼却プロセスのインベントリ項目の例

Input		Output	
エネルギー		大気への負荷	
電力 重油 軽油	灯油 天然ガス	CO_2 NOx SOx HCℓ	ばいじん 亜酸化窒素 ダイオキシン
薬品		水への負荷	
消石灰 炭酸カルシウム 苛性ソーダ アンモニア 尿素 凝集剤	栄養剤 活性炭 次亜鉛素酸 セメント キレート剤 マスキング剤等	（BOD） （COD） （SS） （ダイオキシン） （重金属類）	
		電力	
水		最終処分	
		主灰 飛灰	

第 3.2.2－3 表　破砕プロセスのインベントリ項目の例

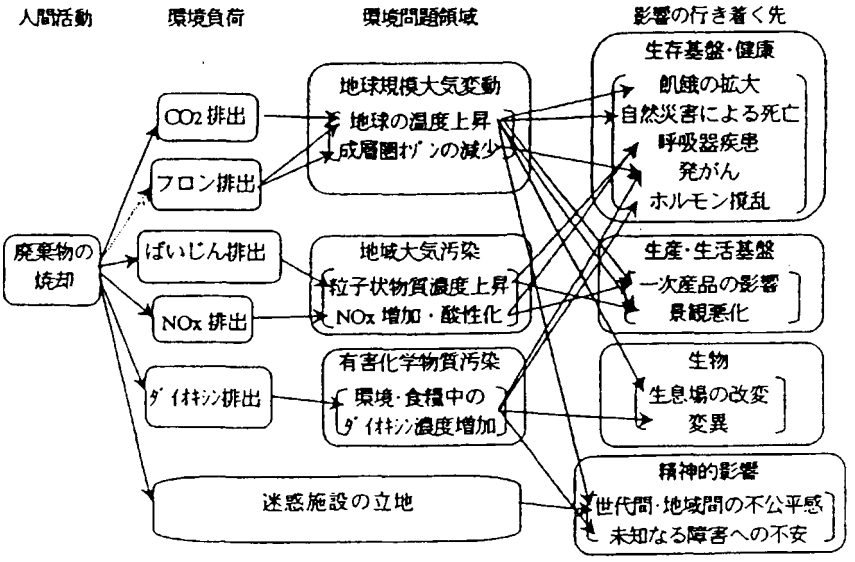
Input	Output	
エネルギー	大気への負荷	
電力 （重油） （軽油）	ダスト フロン類	
薬品	水への負荷	
凝集剤 栄養剤 活性炭 次亜鉛素酸 マスキング剤等	（BOD） （COD）	（SS） （重金属類）
	最終処分	
水	鉄 非鉄 プラスチック	可燃残さ 不燃残さ

第 3.2.2－4 表　最終処分プロセスのインベントリ項目の例

Input		Output	
エネルギー		大気への負荷	
電力 （軽油）		CO_2 メタン 硫化水素	
薬品		水への負荷	
凝集剤 栄養剤 活性炭	次亜塩素酸 マスキング剤等	COD BOD SS	窒素 重金属 ダイオキシン
水		その他	
		埋立面積 埋立容量	

第 3.2.2-5 表 CRA 試行会議[6]で選択された 15 種類の環境問題

地球規模大気変動
近隣諸国との間での環境問題
地域大気汚染
有害化学物質汚染
暮らしに潜む汚染
感覚公害
身近な環境の人工化
生物相のバランス
大規模自然開発
土地（土壌）の劣化
河川・湖沼の水質汚濁
海洋汚染
迷惑施設の立地（NIMBY 問題）
大量生産・大量消費・大量廃棄
放射線・電磁波



第 3.2.2-7 図 環境負荷・環境問題領域の行き着く先の関係（例示）

3.3 インベントリデータの考え方

3.3.1 廃棄物

（1）廃棄物処理工程における物質由来とプロセス由来の環境負荷項目

廃棄物処理工程の施設運用時における環境負荷として取り上げるべき項目の選択の考え方について述べ、インベントリーデータベースを構築にするにあたって、それぞれの項目を廃棄物の性状（含有物質等）に依存、由来するものと、工程（プロセス）の種類、特性に依存、由来するものとに分けて示す。なお、施設建設時における環境負荷項目については、そのほとんどが投入資源の製造段階における環境負荷として積算されるので、ここでの詳細な説明は行わない。

インベントリ項目（環境負荷項目）の選択の考え方としては、以下のとおりである。

施設運用時に投入される資源、エネルギーについては、その項目をそのまま負荷として選択する。

a. 法律等で定められている項目は原則として選択する。これらは測定が義務づけられているので、データ収集は可能と考えられる。
b. 地球温暖化やオゾン層破壊の原因物質等、規制対象になっていなくても国際的に対応が必要な物質として認知され、一部取り組みが開始されているものは選択する。
c. 未規制物質のうち今後情報が必要と考えられるものは選択する。データ収集は困難と考えられるが、参考項目としてインベントリ項目に含める。
d. プロセスから有価物として回収されるものも含める。

第3.2.1-1表には、投入資源・エネルギー及び有価物として回収される資源の項目を含めて、各廃棄物処理工程別に施設等運用時の環境負荷項目を整理した。実際にLCIを実施する場合には、投入資源についてはさらに生産段階等で投入あるいは排出される環境負荷として積算され、有価物については機能拡張等の中で取り扱われることになるが、廃棄物処理工程におけるインベントリーデータベースとしては、表のような項目のレベルで構成する。

第3.2.1-1表　廃棄物処理における各工程ごとのインベントリ項目（運用時）

	収集運搬	破砕・選別	焼却	埋立	油化	ＲＤＦ	堆肥化
投入資源・エネルギー							
電気	－	○	○	○	○	○	○
重油	－	△	○		○	○	○
軽油	○注	△注	△注	△注	△注	△注	△注
灯油	2	1	1	1	1	1	1
ガソリン	－	－	－	－	－	－	－
薬剤	○注	－	－	－	－	－	－

上水	2 —	— ○	◎ ○	◎	◎ △	◎ △	— ○
大気への負荷							
ばいじん	○	○	○	—	△	△	△
窒素酸化物	○	—	◎	—	△	△	△
硫黄酸化物	○	—	◎	—	△	△	△
塩化水素	—	—	◎	—	◎	△	—
二酸化炭素	○	△	●	◎	△	△	●
メタン	—	—	—	◎	—	—	◎
亜酸化窒素	—	—	◎	◎	△	—	◎
ダイオキシン	—	—	◎	—	—	—	—
フロン	—	◎	—	—	—	—	—
水銀	—	—	◎	—	—	—	—
カドミウム	—	—	◎	—	—	—	—
鉛	—	—	◎	—	—	—	—
フッ素、フッ化水素	—	—	△	—	—	—	—
代替フロン（HFC）	—	—	—	—	—	—	—
ＰＦＣ	—	—	—	—	—	—	—
六フッ化イオウ	—	—	△	—	—	—	—
アンモニア	—	—	—	◎	—	—	◎
水への負荷							
下水（量）		△	△	△	△	△	△
ＢＯＤ	—	—	◎	◎	◎	—	◎
ＣＯＤ	—	—	◎	◎	◎	—	◎
ＳＳ	—	—	◎	◎	◎	—	◎
窒素	—	—	◎	◎	◎	—	◎
リン	—	—	◎	◎	◎	—	◎
カドミウム	—	—	◎	◎	△	—	—
鉛	—	—	◎	◎	△	—	—
六価クロム	—	—	◎	◎	△	—	—
砒素	—	—	◎	◎	△	—	—
総水銀	—	—	◎	◎	△	—	—
セレン	—	—	◎	◎	△	—	—
ホウ素	—	—	◎	◎	△	—	—
フッ素	—	—	◎	◎	△	—	—
硝酸性・亜硝酸性窒素	—	—	◎	◎	△	—	◎
アンチモン	—	—	◎	◎	△	—	—
ニッケル	—	—	△	△	△	—	—
モリブデン	—	—	△	△	△	—	—

ダイオキシン	—	—	△	△	△	—	—
全シアン	—	—	—	△	—	—	—
ＰＣＢ	—	—	—	△	—	—	—
ﾄﾘｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	—	—	—	△	—	—	—
ﾃﾄﾗｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	—	—	—	△	—	—	—
ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ	—	—	—	△	—	—	—
四塩化炭素	—	—	—	△	—	—	—
1・2-ｼﾞｸﾛﾛｴﾀﾝ	—	—	—	△	—	—	—
1, 1-ｼﾞｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	—	—	—	△	—	—	—
ｼｽ-1, 2-ｼﾞｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	—	—	—	△	—	—	—
1, 1, 1-ﾄﾘｸﾛﾛｴﾀﾝ	—	—	—	△	—	—	—
1, 1, 2-ﾄﾘｸﾛﾛｴﾀﾝ	—	—	—	△	—	—	—
1, 3-ｼﾞｸﾛﾛﾌﾟﾛﾍﾟﾝ	—	—	—	△	—	—	—
ﾃﾄﾗﾒﾁﾙﾁｳﾗﾑｼﾞｽﾙﾌｲﾄﾞ	—	—	—	△	—	—	—
シマジン	—	—	—	△	—	—	—
チオベンカルブ	—	—	—	△	—	—	—
ベンゼン	—	—	—	△	—	—	—
セレン	—	—	—	△	—	—	—
トルエン	—	—	—	△	—	—	—
キシレン			—	△	—		
クロロホルム			—	△	—		
最終処分							
埋立重量	—	◎	◎	☆注4	◎	◎	◎
埋立容量	—	◎	◎	◎	◎	◎	◎
有価物							
電気	—	—	◎	—	—	—	—
重油	—	—	—	—	◎	—	—
軽油	—	—	—	—	◎	—	—
灯油	—	—	—	—	◎	—	—
ガソリン	—	—	—	—	◎	—	—
固形燃料	—	—	—	—	—	◎	—
肥料・堆肥	—	—	—	—	—	—	◎
その他資源物	—	◎注3	—	—	—	—	—

○：プロセス由来（除外設備の有無、種類に依存する場合を含む）

●：物質（組成）由来

◎：両者が関与

△：各工程から発生するかどうか不明なもの（物質由来及びプロセス由来の区別はしていない）

－：発生（消費）しないと考えられるもの

注１：破砕・選別、焼却、埋立、油化、ＲＤＦ、堆肥化の各工程における場内重機を考慮すれば、軽油の使用はプロセス由来になる。

注２：組成によってかさ比重が異なり積載効率が変化するため、厳密には組成の影響を受けるが、影響度合は小さいと考えここではプロセス由来としている。

注３：廃棄物の種類によって、金属類などの有価物の回収が可能である。

注４：最終処分の埋立重量は、機能単位に等しい。

（２）物質由来及びプロセス由来の環境負荷算定モデル

前述した物質由来及びプロセス由来の環境負荷の算定モデルは、概略として一般的には以下の式で表される。

a. 物質由来

F_{si}(mg/kg)＝α・C_i

α：物質変換係数　　C_i：元素含有量(mg/kg)

b. プロセス由来

F_{pi}(mg/kg)＝β・g_i（W）

β：評価対象物重量割合　　g_i（W）：全廃棄物重量Wkgから排出される環境負荷量の施設条件に基づく関数

c. 両者が関係　　F_{bi}(mg/kg)＝g_i（α・C_i）

（３）個別項目の定式化

a. 収集・運搬

イ. 投入エネルギー

軽油＝走行距離１km当たりの軽油消費量×ごみ１t収集するための走行距離

ロ. 大気への負荷

・ばいじん＝走行距離１km当たりのばいじん×ごみ１t収集のための走行距離
＝　f（走行距離、車両種類）

・窒素酸化物＝走行距離１km当たり窒素酸化物量×ごみ１t収集のための走行距離
＝　f（走行距離、車両種類）

・硫黄酸化物＝走行距離１km当たり硫黄酸化物量×ごみ１t収集のための走行距離
＝　f（走行距離、車両種類）

・二酸化炭素＝走行距離１km当たり二酸化炭素量×ごみ１t収集のための走行距離
＝　f（走行距離、車両種類）

b. 破砕・選別

イ. 投入エネルギー

電気＝電気使用量／ごみ処理量＝f（破砕・選別方式、処理能力）

ロ. 大気への負荷

・ばいじん＝f（破砕・選別方式、処理能力）

・フロン＝ｆ（組成、抜き取りの有無）

ｃ.焼却

ｲ.投入エネルギー

・電気＝電気使用量／ごみ処理量＝ｆ（焼却方式、処理能力）

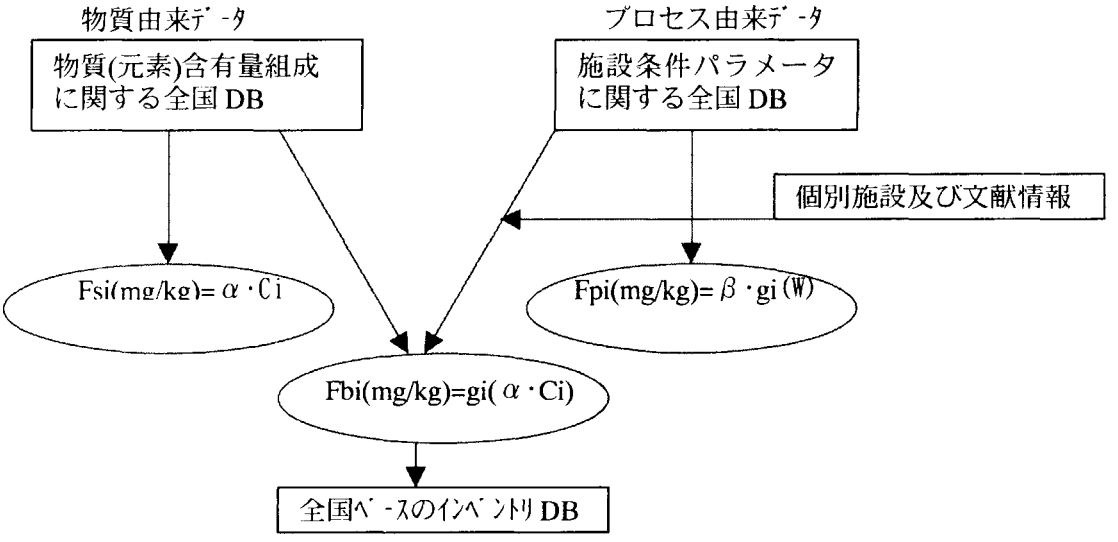
・重油＝重油使用料／ごみ処理量＝ｆ（焼却方式、処理能力）

ﾛ.大気への負荷

（第3.2.1-2表参照）

（4）ナショナル・インベントリー・データベースの構築手法

ナショナル・インベントリー・データベース（全国DB）構築の流れのイメージを第3.2.1-1図に示す。



第3.2.1-1図　全国ベースのインベントリーデータベース構築の手順イメージ

物質由来の環境負荷の場合は、環境負荷の由来物質（元素）の含有量に関する更新可能な全国ベースのデータ（ごみ組成分析値など）を収集し、統計的に代表値及びデータ範囲等に関する情報をデータベース(DB)として構築する。プロセス由来の場合、個別の施設データ及び文献的な情報から関数g(W)を施設条件関連パラメータを用いて決定し、施設条件関連パラメータを更新可能な全国ベースのデータとして収集することによって、統計的に代表値とデータ範囲等に関する情報をDB化する。

ここでg(W)の定式化は、ノンパラメトリックなデータを扱うため数量化Ⅰ類などを手法を用い解析できる。北海道大学グループの評価計算システム[1]における情報等も有用な情報となろう。

以上のようなDB構築の手順によって、物質（ごみ組成）関連及び施設条件関連の全国データベースが更新されれば、自動的にインベントリーDBも更新される。

（5） インベントリーデータ品質の向上に向けて

廃棄物分野のインベントリーデータに限らず、あらゆる分野のインベントリーデータに言えることであるが、今後はデータの品質を向上させ、インベントリー分析の信頼性を高めていくことが必要である。

データ品質向上の視点としては、国際規格 ISO14040 で挙げられている８つの品質チェック項目、①時間的有効範囲、②地理的有効範囲、③技術的有効範囲、④精度、⑤完全性、⑥代表性、⑦整合性、⑧再現性、に基づいてそれぞれ対応を図ることになる。このうち①～③については、データ入手が比較的容易であることが多いので、インベントリーデータを記述する場合にこれら情報を付記することは可能と考えられる。今後の課題は、④～⑧についてどのように解決を図るかである。

これまでに、廃棄物分野については、飲料容器を中心に様々な LCA 研究が実施されてきているが、特に④～⑥については検討が不十分なままケーススタディが積み重ねられているのが現状である。中でも⑤完全性については、研究者が入手可能なデータ範囲に基づいて調査範囲を恣意的に限定している例がほとんどであるため完全性は低いと言え、また「何が完全であるか」といった完全性の基準が明確でないため、完全性の程度を評価することさえ不可能な状況にある。また、基本的にケーススタディの段階にとどまっている研究が多く、④精度、⑥代表性を向上させるための方策については、ほとんど議論がなされていない。こうした背景を踏まえ、ここでは完全性、精度、代表性を向上させるための考え方を中心に以下に示したい。

完全性については、まず完全性の基準を明確にするために、廃棄物処理に関して環境負荷が発生する可能性のあるあらゆるプロセスを含めた「完全な調査範囲」を定義する必要がある。その上で、「完全な調査範囲」を網羅した詳細なケーススタディを実施し、Dominance Analysis によって個々のプロセスの寄与率を明確にすることによって、全体の中での寄与が大きく調査範囲に含めるべきプロセス、寄与がきわめて小さく無視することが可能なプロセスを明確にすることが必要である。以上が実施されれば、従来の検討において不十分な点、データの完全性向上のために優先的に取り組むべき検討課題を明確にすることが可能となる。また、インベントリー分析実施者が、自らの目的に応じて「完全な調査範囲」の一部を対象にして調査範囲を設定する場合においては、「設定した調査範囲が全体のどの程度を占めるか」、「寄与の小さいプロセスを省略する際の判断基準として閾値をどの程度に設定するか」といった完全性の程度について表現することが可能になるものと期待される。

代表性の向上に当たっては、数多くのインベントリーデータを集積し、データベースを構築することが必要となる。その場合に使用するインベントリーデータは、上述したような完全性の高いデータが望ましい。しかし、完全性の高いケーススタディの実施には膨大な情報収集と作業量が必要となるため、こうしたケーススタディの積み重ねによってインベントリーデータの代表性を向上させることには限界がある。したがって、何らかの簡易予測方法を確立することが必要となる。考え方としては、

① 完全性の高いケーススタディを数例実施して、各プロセスの寄与率を算出し、優先的に考慮すべき調査範囲を明確にする。

② ①の結果より調査範囲を若干限定してケーススタディをさらに多数例実施し、感度解

析によってインベントリーデータの変動と大きな変動をもたらす要因を明確にする。

③ 大きな変動をもたらす要因を用いて簡易予測式を構築、予測式の信頼性を評価する。また適宜、インベントリーデータを細分化する。（方式別、規模別等）

④ 予測式の信頼性（精度・確度）が十分に高い場合は、予測変数についての全国調査を実施してデータベースを構築する

⑤ 予測式にデータベースに収録されたデータを投入してインベントリーデータを算出し、それらを統合して代表値を得る

といったフローに従って検討を実施することによって、一定水準の完全性・代表性を有するインベントリーデータを得ることが可能になるものと考えられる。

精度については、インベントリーデータの範疇（カテゴリー）が広すぎる場合には、変動要因が数多く内包されることになり、精度が低下することが予想される。例えば、焼却施設といっても、様々な処理方式、処理規模、排ガス処理方式の施設があり、こうした要因が環境負荷発生量に大きく影響することが予想され、「焼却施設」を一つのカテゴリーとしてインベントリーデータを統合する場合は変動が大きい、すなわち精度が低いものとなろう。精度を向上させるには、上述②③に示したように、大きな変動をもたらす要因を明確にし、その要因によってデータの細分化、モデル化（線形、非線型）を図る必要があろう。

第3.2.1-2表　焼却工程から発生する大気への環境負荷の算定例

項　目	概　念	現状での算定式	問題点
ばいじん	プロセス由来 f(焼却方式、処理能力、除去設備)	ばいじん＝平均出口濃度×ガス量 ろ過式除去設備の平均出口濃度:0.02(g/Nm^3) Ｖｗ：湿り燃焼ガス量（Nm^3/kg) Vw=(α-0.21) L 0+1.867c+11.2h+0.7s+0.8n+1.244W (Nm^3/kg) α：空気比 Ｌ0：理論空気量 Ｌ0=8.89c+26.7(h-o/8)+3.33s c,h,s,n,o：単位重量の元素分析値で、炭素、水素、硫黄、窒素、酸素の重量（ｋｇ/ｋｇ） c=Ｃ*組成*可燃分 Ｗ：ごみ単位重量当たりの水分量(kg/kg)	○除去設備の入口濃度の測定値がないため、実際の除去率（出口濃度／入口濃度）を設定できない。 ○ばいじんは、組成が変化しても組成中の灰分は大幅には変化しないため、プロセス由来と考えられる。しかし現状では、平均出口濃度にガス量をかけて算定し、ガス量は組成によって変化するため、算定式は組成由来になっている。
窒素酸化物	物質（組成）由来、プロセス由来 f(組成、焼却方式、処理能力、除去設備)	窒素酸化物＝（単位ごみ量×窒素含有率×0.08×30/14）×除去率 窒素含有量のうち約8%が窒素酸化物を生成（うち80%がフューエルノックス、20%がサーマルノックス）と仮定。窒素酸化物は一酸化窒素とみなして30/14をかける。除去率は仮定値。	○除去設備の入口濃度の測定値がないため、実の除去率（出口濃度／入口濃度）を設定できない。
硫黄酸化物	物質（組成）由来、プロセス由来 f(組成、焼却方式、処理能力、除去設備)	硫黄酸化物＝（単位ごみ量×揮発硫黄含有率×64/32）×除去率 硫黄含有量のうち揮発分から硫黄酸化物が生成。硫黄酸化物は二酸化硫黄とみなして64/32をかける。 除去率は仮定値。	○除去設備の入口濃度の測定値がないため、実際の除去率（出口濃度／入口濃度）を設定できない。
塩化水素	物質（組成）由来、プロセス由来 f(組成、焼却方式、処理能力、除去設備)	塩化水素＝（単位ごみ量×揮発塩素含有率×36.5/35.5）×除去率 塩素含有量のうち揮発分から塩化水素が生成、36.5/35.5をかける。除去率は仮定値。	○除去設備の入口濃度の測定値がないため、実際の除去率（出口濃度／入口濃度）を設定できない。
二酸化炭素	物質（組成）由来 f(組成)	二酸化炭素(C-kg)=（単位ごみ量×炭素含有率) 炭素含有量から二酸化炭素を算定。	
ダイオキシン	物質（組成）由来、プロセス由来 f(組成、焼却方式、処理能力、除去設備)	ダイオキシン＝規制値×ガス量 大気汚染防止法の規制値：1.0(ng-TEQ/Nm^3) ガス量の算定はばいじんと同じ	○除去設備の入口濃度の測定値がないため、実際の除去率（出口濃度／入口濃度）を設定できない。 ○ダイオキシンの発生メカニズムが不明確なため、規制値にガス量をかけて算定している。 ガス量は組成によって変化するため、算定式は組成由来になっている。
水銀	物質（組成）由来、プロセス由来 f(組成、焼却方式、処理能力、除去設備)	インベントリ項目に含めていなかった。	

3.3.2　廃棄物処理･リサイクル施設

(1) 装置の分類及び内訳

製品ライフサイクルにおいて、下流側に位置する廃棄物処理及びリサイクル過程について、各種プロセスに適用する施設をとりあげ、各施設及び設備の分類とそれらの概要ならびにＬＣＡ評価における課題を述べる。

社団法人　日本産業機械工業会では環境装置業界における取りまとめを行っている。

環境装置は、環境基本法に基づく大気汚染、水質汚濁、土壌汚染、騒音、振動、悪臭、廃棄物、地盤沈下等に対する防止を目的とした装置として、第3.3.2-1表に示す大気汚染防止装置、水質汚濁防止装置、ごみ処理装置及び騒音・振動防止装置に分類している。

本節でとりあげる廃棄物処理・リサイクル施設は、環境装置の中のいわゆるごみ処理装置に分類される。

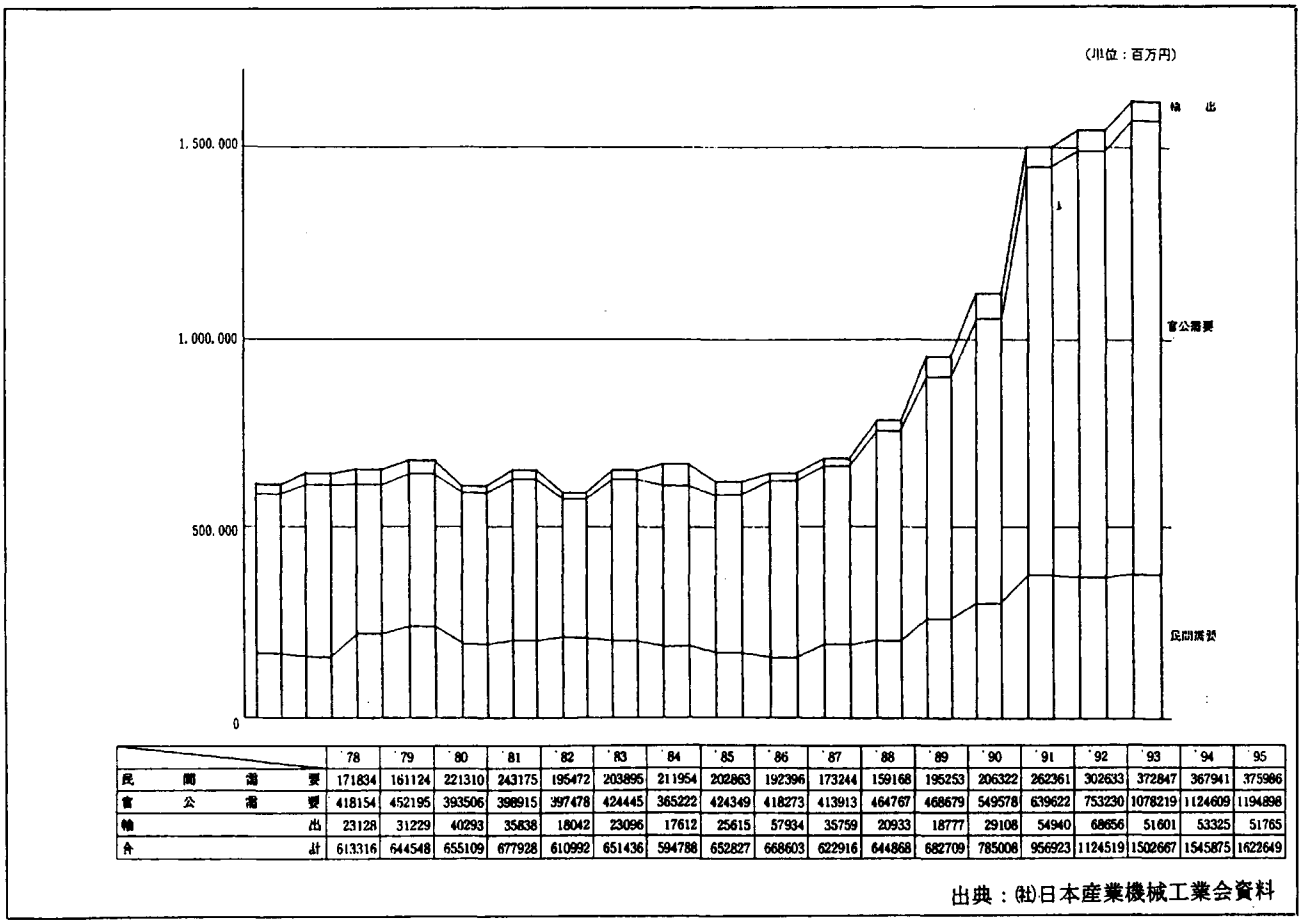
第3.3.2-1表　環境装置及び廃棄物処理装置の分類

装置の分類	装　置　内　容
大気汚染防止	集塵装置 排煙脱硫装置 排煙脱硝装置 排ガス処理装置
水質汚濁防止装置	産業排水処理装置 下水処理装 し尿処理装置 汚泥処理装置 海洋汚染防止装置
廃棄物処理 リサイクル装置	都市ごみ処理装置 産業廃棄物処理装置

第3.3.2-1表に1978年度から1995年度までの環境装置全体の生産実績における推移を示す。1988年頃から生産実績が大幅に増加し、その後5年間で約2倍の生産売り上げを示した。

95年度の環境装置の生産高は、下水汚水処理装置、都市ごみ処理装置の官公需用と民間需要の電力業向け排煙脱硫装置が大きく伸び、全体的に約1兆6,200億円と6年連続して史上最高を更新した。

環境装置の中でもごみ処理装置の占める割合が著しく伸び、94年度には水質汚濁防止装置の生産額を上回り、95年度実績では6,769億円であった。



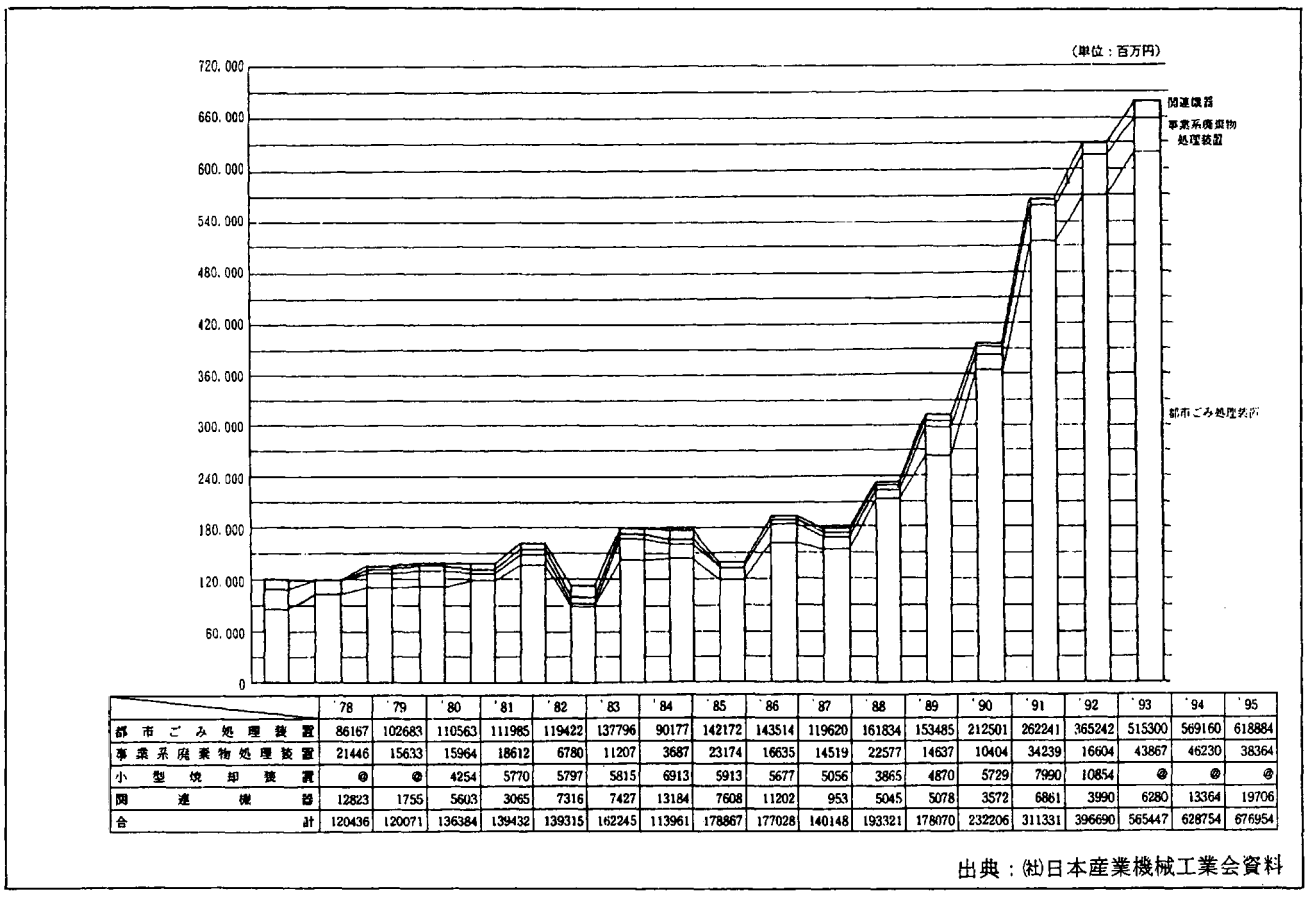
	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95
民間需要	171834	161124	221310	243175	195472	203895	211954	202863	192396	173244	159168	195253	206322	262361	302633	372847	367941	375986
官公需要	418154	452195	393506	398915	397478	424445	365222	424349	418273	413913	464767	468679	549578	639622	753230	1078219	1124609	1194898
輸出	23128	31229	40293	35838	18042	23096	17612	25615	57934	35759	20933	18777	29108	54940	68656	51601	53325	51765
合計	613316	644548	655109	677928	610992	651436	594788	652827	668603	622916	644868	682709	785008	956923	1124519	1502667	1545875	1622649

出典：㈳日本産業機械工業会資料

第3.3.2-1図　環境装置の生産実績の推移

ごみ処理装置について、参考として生産額を第3.3.2-2図に示す。都市ごみ処理装置はごみ処理装置生産額の約90%を占めている。これは1988年頃から急速に生産が伸び、95年度は6,189億円であった。事業系廃棄物処理装置については、95年度は産業界の不況の影響で384億円と前年を下回った。関連機器は198億円であるが、対前年比では48%増であった。

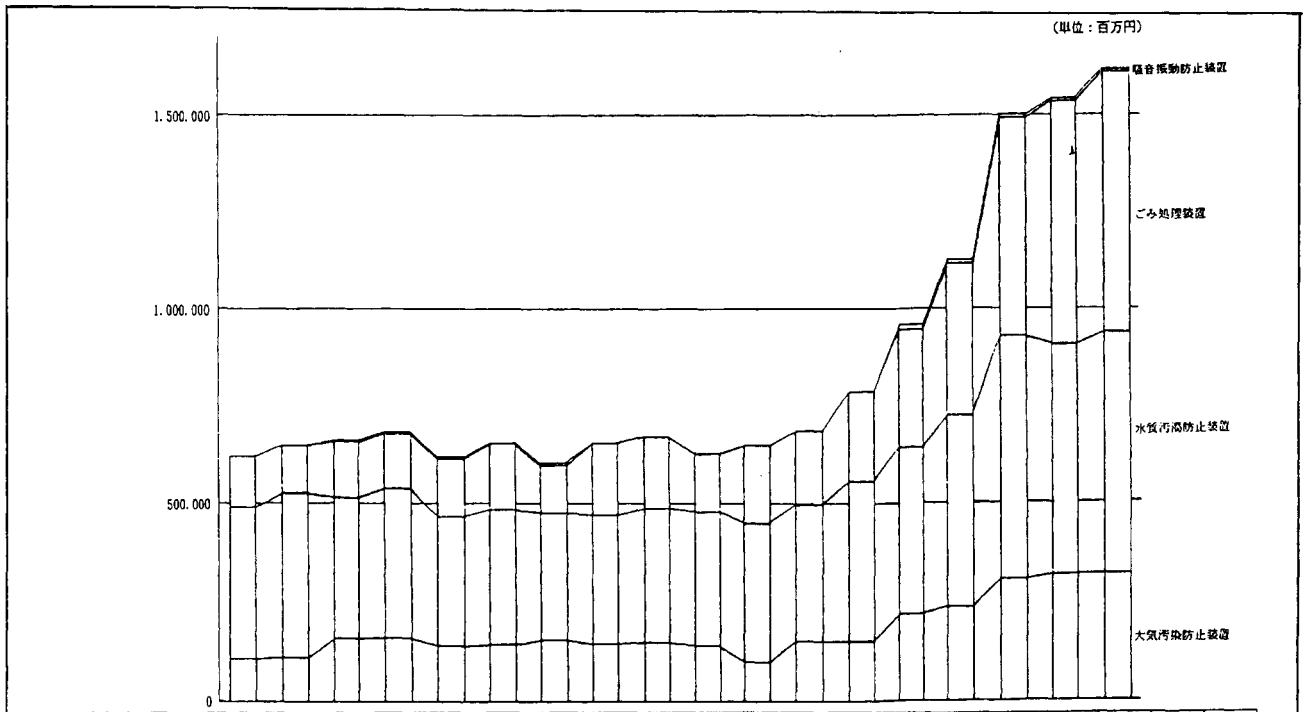
需要部門別の生産実績をみると、第3.3.2-3図に示すように、官公需要が環境装置の生産額の74%を占めている。この要因としては都市ごみ、下水汚水、し尿など深刻化する都市型・生活型環境問題の対処等による地方自治体を中心とする旺盛な需要によるものである。



	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95
都市ごみ処理装置	86167	102683	110563	111985	119422	137796	90177	142172	143514	119620	161834	153485	212501	262241	365242	515300	569160	618884
事業系廃棄物処理装置	21446	15633	15964	18612	6780	11207	3687	23174	16635	14519	22577	14637	10404	34239	16604	43867	46230	38364
小型焼却装置	⊘	⊘	4254	5770	5797	5815	6913	5913	5677	5056	3865	4870	5729	7990	10854	⊘	⊘	⊘
関連機器	12823	1755	5603	3065	7316	7427	13184	7608	11202	953	5045	5078	3572	6861	3990	6280	13364	19706
合計	120436	120071	136384	139432	139315	162245	113961	178867	177028	140148	193321	178070	232206	311331	396690	565447	628754	676954

出典：㈳日本産業機械工業会資料

第3.3.2-2図　ごみ処理装置の生産実績の推移



	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95
大気汚染防止装置	109758	112271	160109	162846	141916	146880	158323	147681	151759	143232	104049	154990	154231	221932	239212	309900	322872	322031
水質汚濁防止装置	379178	408223	352132	369904	322981	337872	315832	322458	335839	334679	343868	344011	392075	412706	479757	616742	584974	613956
ごみ処理装置	120436	120071	136384	139432	139315	162245	113961	178867	177028	140148	193321	178070	232206	311331	396690	565447	628754	676954
騒音・振動防止装置	3944	3983	6484	5746	6780	4439	6672	3821	3977	4857	3630	5638	6496	10954	8860	10578	9275	9708
合計	613316	644548	655109	677928	610992	651436	594788	652827	668603	622916	644868	682709	785008	956923	1124519	1502667	1545875	1622649

出典：㈳日本産業機械工業会資料

第3.3.2-3図　需要部門別の生産実績

（2）廃棄物・リサイクル装置の概要

①一般廃棄物

ごみ処理設備には第3.3.2-2表に示すような受入供給設備、燃焼設備、燃焼ガス冷却設備、排ガス処理設備、余熱利用設備、灰処理設備、排水処理設備、計装制御設備、粗大ごみ処理設備がある。

受入供給設備は、搬入されたごみをピットに貯留するまでの工程である。

燃焼設備は連続燃焼式と機械化及び固定バッチ燃焼式の２種類があり、現在では連続式燃焼方式が増加傾向にある。ごみのカロリーが年々上昇傾向にあり、高カロリーごみ燃焼技術の開発、プラスチックごみの増加による炉の構造の検討、ダイオキシン類に対する対策が課題である。

燃焼ガス冷却設備は、余熱利用が広範囲となり熱回収の大きなボイラー方式が150t／d規模の施設でも採用されている。

排ガス処理設備では、ごみ燃焼排ガスには規制物質であるばいじん、塩化水素、硫黄酸化物、窒素酸化物等が含まれており、それらを規制値以下にするための装置が設備されている。

余熱利用設備には、ガスの保有熱を回収する温水発生器と廃熱ボイラがある。ボイラによって回収された熱は蒸気として熱供給の他、発電に利用される。更に、ガスタービン発電機とのコンバインドシステム等のスーパーごみ発電も実用化しはじめている。

灰処理設備は、焼却炉から発生する灰は燃さいと捕集飛灰があり、燃さいは埋立処分や、溶融減容化を行う。飛灰についてはセメント固化、薬剤処理、排ガス中和法、溶融処理等を行う。

計装制御設備は、コンピュータによるプロセス制御、監視の合理化等をはかるためのシステムを備えている。

粗大ごみ処理設備は、粗大ごみの破砕、機械選別する。粒度別分離、重量別分離、アルミ選別機等によって分類され、それぞれ焼却、回収埋立等を行う。

ごみ処理技術の課題として、リサイクルの効率的な分別装置の開発、収集、輸送の効率化、焼却エネルギー利用の効率化と次世代技術の開発、最終処分の減量化技術等があげられている。

第3.3.2-2表　ごみ処理設備

設　備　名	概　要
受入供給設備	ごみ計量器、投入扉、プラットホーム、ごみクレーン等
燃焼設備	焼却施設；連続燃焼式、バッチ燃焼式（機械化バッチ、固定バッチ） 燃焼装置；ストーカ式と流動床式
燃焼ガス冷却設備	水噴射式、ボイラ式及び両方式の併用式
ガス処理設備	ばいじん除去；過去重量式、遠心力による集じん方式、電気集じん方式、HCl除去を兼ねたろ過式集じん器 HCl、SOx除去装置；乾式法である粉体噴射法移動層法、フィルター法等、湿式法としてスプレイ塔方式、トレイ塔方式、充填塔方式、ベンチュリ方式がある。 NOx除去方式；　燃焼法（低炭素燃焼法、炉内噴射法、排ガス再循環法）、乾式法（高温無触媒還元法、触媒還元法）
余熱利用設備	温水発生器、廃熱ボイラ
灰処理設備	灰押出し装置、灰ピット、灰クレーン等の灰処理設備
排水処理設備	ＳＳ成分除去装置、無放流システム、活性炭吸着処理設備、重金属、フッ素処理、塩乾固処理装置等
計装制御設備	搬入車自動計量処理システム、車両管制システム、ごみクレーン自動運転システム、灰クレーン自動運転システム、焼却炉自動起動停止システム、データ処理システム
粗大ごみ処理設備	可燃性粗大ごみ処理施設（破砕施設）、不燃性粗大ごみ圧縮施設、粗大ごみ破砕（粉砕）施設 粗大ごみ再生施設

②産業廃棄物

産業廃棄物の処分方法は非常に多岐に渡るが、主な方法は経費の安い埋立処分である。最近は埋立処分場の新規建設が困難になってきたため、減容効果の大きい焼却設備や破砕選別設備が埋立処分の前の中間処理設備として導入されはじめてきた。

③汚泥廃棄物

汚泥は産業廃棄物の中でも最も排出量が多く、扱いにくい。従来は脱水汚泥をそのまま海洋投棄、海面または陸上埋立を行ってきたが、処分先が見出せなくなってきた。現在では焼却処理、コンポスト原料にする等の処理が主になってきている。

第3.3.2-3表に示すような乾燥装置、焼却装置、その他の熱処理装置、固化装置等がある。

第3.3.2-3表　汚泥処理設備

設　備　名	概　要
乾燥装置	蒸気ドラム型、熱風型、熱媒乾燥炉 造粒乾燥装置、高速流動乾燥機 気流乾燥装置等
焼却装置	固定床炉、多段炉、流動床炉等
その他の熱処理装置	溶融炉（コークスベッド炉、表面溶融炉 旋回流炉、プラズマ溶融炉等） 焼結炉 乾留／熱分解炉（キルン型、流動床炉等）
固化装置等	セメント混練固化装置、コンポスト化装置 再生土壌製造装置等

（3）廃棄処理装置のＬＣＡ

①建設及び運用時の環境負荷

廃棄処理プラントのような耐用年数の長い施設を対象としてＬＣＡ評価を行う時は、その施設の建設及び運用での環境負荷の大部分、試算によると約80～95%以上は運用時で占められている。[2)]、[3)] 環境負荷の大部分を占める運用時に注目し、ＬＣＡ手法を用いて処理プロセスの技術評価の比較を試みた事例が報告されている。

②インベントリーデータの収集

廃棄処理施設のようなプラントは、機械、土木建築、電気等の多種産業範囲の膨大な素材及び部品で構成されている。それらはいずれもメーカからの購入品であるため、これらのインベントリーデータを収集するのはメーカ側の協力が必要で、膨大な労力と時間を要し、データそのものも現在ではほとんど整備されていない。また、一部あったとしても、データ精度にアンバランスが有るため、精度のチェックが必要である。

運用段階では、第3.3.2-4図のように製造施設の原料に相当する廃棄物を受け入れ、燃料、薬品、電力の使用により、減容・無害化し、排ガス、廃水、固形廃棄物を排出する。図中の各種入出力データを収集して計算することにより、処理施設の運用段階における環境負荷を求めることができるが、薬品類、有価物、固形廃棄物等の公的データベースが揃っていないものをどう取り扱うか、統合評価として何を用いるかが課題と言える。

③ＬＣＡ実施の意義

廃棄物処理システムのＬＣＡを実施する意義として、以下の点があげられる。

・処理システムの比較評価

新規システムの導入にあたって、従来システムとの比較を行うことによって、社会的位置付けを持たせるための補助として実施する。

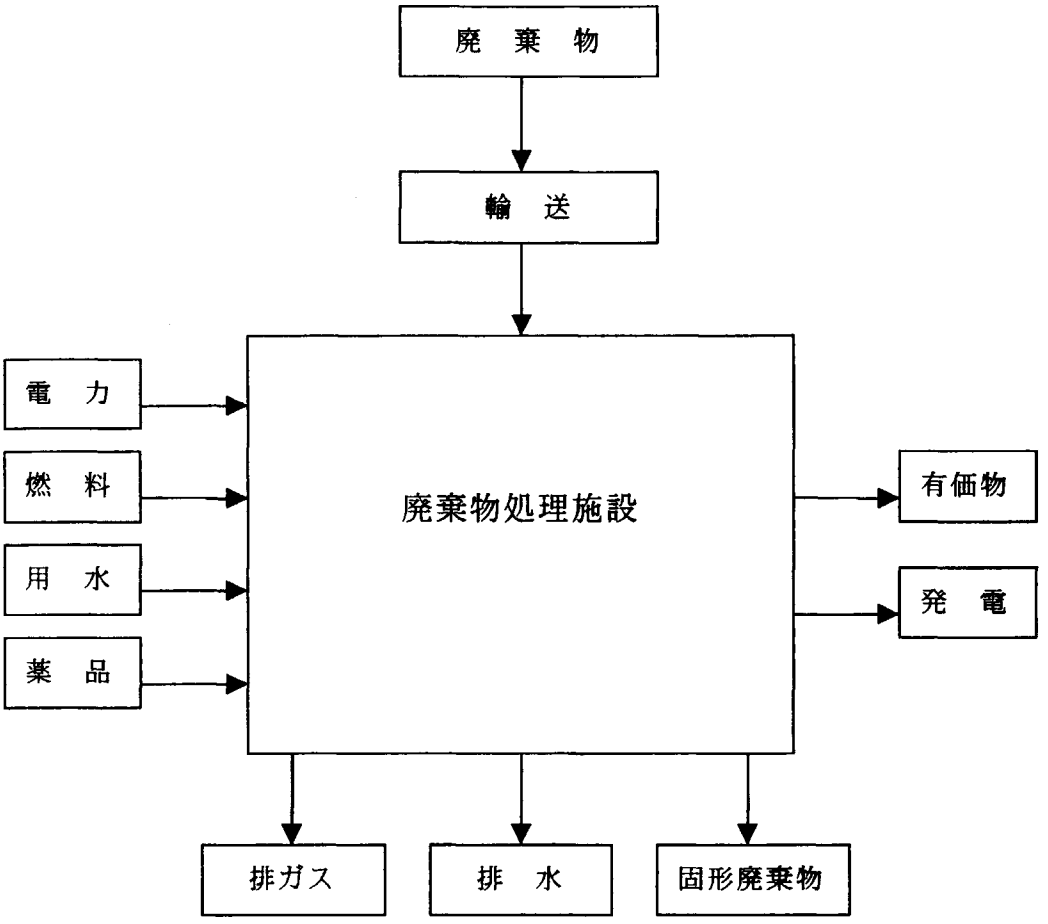
メーカー独自のプロセス改良による評価のために実施する。

・社会システムとしてＬＣＡを実施する際のデータベースを提供する

あらゆる社会システムのなかで廃棄物処理はさけられないものである。各種システムのＬＣＡを実施する際に、廃棄物処理工程のインベントリデータは必要である。

・他産業で製品のＬＣＡを実施する際のデータベースを提供する。

廃棄物処理のデータベースを構築整備し提供することにより、他産業のＬＣＡ評価に貢献できる。また逆に、他産業へのＬＣＡ実施に貢献でき、相互のデータの信頼性を高める。



第3.3.2-4図　廃棄物処理施設の主なインベントリー項目

参考文献

1）社団法人　産業機械工業会、 環境装置ハンドブック　第3版　平成8年10月

2）森、乙間、近藤、鮫島、森本；ごみ発電によるエネルギー回収およびＣＯ２排出量の削減効果の推定、エネルギー・資源、vol.15、No.6、pp.73～80（1994）

3）松井、山田、井上、河村、田中、御地合、河窪、し尿の高負荷脱窒素処理方式のＬＣＡによる評価事例、第9回廃棄物学会研究発表会講演論文集Ⅰpp. 84-86 （1998）

4）ＩＨＩ社内データ

3.4 廃棄・リサイクル段階におけるマテリアルフロー調査

自動車、家電等を構成する金属、プラスチック、ガラス、ゴムその他のさまざまな素材は、これらの製品が寿命を終えて家庭あるいは事業所から排出されると、自動車のボディーを構成する鋼板はシュレッダーで破砕処理をされた後磁選で回収されるなど、何らかの処理を経てリサイクルあるいは廃棄(最終処分)される。

自動車、家電等の“製品”のLCAを行うためには、これらの製品使用後、廃棄・リサイクル段階におけるアロケーション手法を明らかにする事が必要であるが、その手法を確立するためには廃棄・リサイクル段階におけるマテリアルフローの実態を把握する必要が有る。

ここでは鉄鋼、アルミ、銅、亜鉛、鉛、白金、錫、クロム、ニッケル、ガラスの計10品目を対象として、これらの素材が自動車、家電等の製品として使われた後どのような処理を経てリサイクルあるいは廃棄されるかの調査を行った。併せて、シュレッダー等の中間処理に要するエネルギー、環境への排出等を、更には、中間処理設備の償却状況等を可能な範囲で明かにした。

調査はまず製品使用後の処理のフローを定性的に明かにし、そこを通る鉄鋼や銅の量を可能な限り定量的に把握する事とし、次にそのフロー図に現れてくる中間処理設備の主要なものについてエネルギー消費、環境への排出等を、更には、中間処理設備の償却状況等を把握する事にした。

フローの定性的把握は各種文献あるいは関係団体のヒアリングにより行った。

フロー中の量の推定は、資源統計、機械統計、通関統計その他の政府統計、鉄連統計、アルミニウム連盟統計、電線工業会統計等各種業界統計等をベースに各種前提、仮定を置いて主として次の方法で推計した。

(1) 製品分野毎に耐用年数(=X年)を仮定し、X年前の素材供給量をもとに、製品製造歩留まり(自動車用鋼板の場合、打ち抜き等による歩留まり低下)、製品の輸出、輸入等を勘案して排出量を推定。

例:建物のアルミサッシの排出量=26年前のサッシ用形材の供給量×加工歩留

これに、回収率の推定値を乗じてリサイクル量とする。

これは、X年前の製品が当年に一斉に使用済み製品として排出されてくるという極めて単純な仮定であるが、各素材の多岐にわたる用途分野に適用できる方法としてまずこれを採用した。

(2) 廃車統計(陸運局統計)、家電4品目の排出統計(家電製品協会推算値)、またアルミ缶の排出、リサイクル量に関するアルミ缶リサイクル協会統計、建物解体に関する建物除却統計、自動車工業会の自動車の素材原単位表等、正確な統計が有るものはそれを使用して裏付け的確認を取る、あるいは、必要な補正を行う、また、アルミ缶、鉄缶の場合等はその値を採用する、などの処置を行う。

例:使用済み自動車からの銅の排出量=当年の自動車廃車台数×9年前の自動車の銅原単位。回収・リサイクル量はこれに回収率の推定値をかけて算出した。ここで、

回収率は、静脈側関係機関(この例では、シュレッダー業者、非鉄金属問屋等)のヒアリングにより推定。

中間処理設備のエネルギー消費、環境への排出等、中間処理設備の償却状況等は鉄リサイクル工業会(シュレッダー装置)その他の静脈側関連業界団体、電線総合研究所(電線のナゲット処理)等関連の研究所へのヒアリングにより行った。

中間処理設備の代表例としてはシュレッダー装置があるがシュレッダー装置も乾式、湿式の2方式あり、かつ乾式でも500馬力以下の小型のものから3,000馬力以上の大型のものまである。ここでは、出来る限り代表的な方式、容量のものに着目しそれが消費する電力、軽油、用水、それが排出する炭酸ガス、その他の環境への排出物の質と量の把握に努めた。

これらの情報は企業秘密に属するものが多く、開示頂いたデータが十分な代表性を有しているかは不明であるが、一つの事例データとしてご理解いただければ幸いである。

調査年次は出来る限り直近でかつ統計数値が揃っているという観点から、1997 年度を第一優先とし、分野毎の統計の入手状況によっては1997年(暦年)の調査という事にした。

今回対象となった10の品目について、調査結果の概要を第3.4-1図～第3.4-10図に示す。これらの詳細については別途まとめられる詳細報告書をご参照頂きたい。

ここで求めたフローは上記のように大変単純な仮定をおいているため、細部の精度には問題が有るが、次の鉄鋼の項で一例を示すように他の独立な統計との整合も多くの局面で確認できており、これら１０品目の老廃屑のフローの全体像はそれなりの精度で把握できたと考える。シュレッダー装置等中間処理装置のエネルギー消費環境負荷も代表性に関しては多少問題は有るが、一つの事例としての確実なデータであり、老廃屑のフローの全体像とあいまってわが国におけるLCA方法論構築にむけての一つの基礎的情報を提供できたと考える。

10の品目各々について製品排出後のフローの概要を以下に述べる。

(1)鉄鋼(第3.4-1図)

鉄鋼のスクラップは自動車、産業機械、電気機械、容器、土木、建設等の分野から約34 百万トン排出され、それらはシュレッダー、プレス、等の中間処理を受けてリサイクルされる。その量は国内の電炉で建材等に再生されるもの約 26 百万トン、輸出に回されるもの約2百万トン計 28 百万トンであり、残りの約 5.5 百万トンが埋め立てられたと推定された。ここで、埋立て量とした 5.5 百万トンは、推定排出量 34 百万トンからリサイクル(含む輸出)量28百万トンを差し引いた残りとして計算されたものである。これには、

① 家電製品の原形埋立て、使用済み飲料缶で都市ごみに混入して焼却残さとして最終処分されたもの等実際に埋め立てられたものの他、
② 地中に埋め込まれた鋼矢板など埋立てでなく野山で風化していくもの、
③ 統計の誤差、不一致

④推定の誤差等が含まれている。

排出量、リサイクル量は上述の方法で推定した。これより老廃屑輸出の推定値を差し引いて国内の電炉メーカーへリサイクルされる量とした。

1997 年度における加工屑発生量は 8,600 千トン、輸入スクラップ量は 380 千トンであり第 3.4-1 図の電炉向け数値 25,893 千トンにこれらの値を加えた合計値は 34,873 千トンとなる。同年のわが国における鉄鋼工場におけるスクラップ消費量の統計値は 36,700 千トン(鉄連推計)であり、約 2 百万トンの相違が見られるものの推定方法の粗さを考えれば概略良い一致と見られる。

鉄スクラップ回収の為の中間処理としてはシュレッダー処理、ギロチン処理等が有るがこれらが消費する電力量も図中に示してある。シュレッダー処理によって同時にアルミ、銅なども回収される。また、シュレッダー装置には磁気選別装置、風力選別装置等の装置が後工程として設置されるが、第 3.4-1 図にはこれらの付属装置も含めた電力消費量を鉄スクラップ 1 トン当たりの値 (＝60kwh／鉄スクラップトン) として示してある。シュレッダーは電力以外に、軽油等も消費するがそれらについては本報告書を参照して頂きたい。

(2)アルミニウム(第 3.4-2 図)

アルミニウムはアルミ缶を中心とする食料品分野、家電品を中心とする電気機械器具、自動車を中心とする輸送用機械器具分野、日用品、印刷板を中心とする金属製品分野、サッシを中心とする建設分野等からそれぞれ 385、128、319、569、261 千トン、計 1,662 千トン排出される。これらは、それぞれデラッカー、シュレッダー等の中間処理を経て二次合金の形で圧延、鋳物・ダイカスト、製鋼用脱酸材等の分野にリサイクルされる。

ビス付きサッシ、シュレッダー工程から出てくるミックスメタル等は、コスト的に国内のリサイクルは引き合わないため中国を中心とした海外に輸出される。その量は約 75 千トンと推定された。ここで、輸出量は解体業者、シュレッダー業者等へのヒアリングにより推定した。自動車用エンジン、ホイール等の一部は中古部品としてリユースされる。この量は約 7 千トンと推定された。

エンジン、ホイールなどを除いた自動車からのアルミはシュレッダー処理を経て回収される。このアルミの回収の際にも 60kwh／鉄スクラップトンの電力が消費されている訳だが重複と誤解を避けるため第 3.4-2 図には示していない。この電力消費量を鉄、アルミ、銅などに如何に割り振るかは、LCA プロジェクトにおけるインベントリ研究会の課題である。

(3)銅(第 3.4-3 図)

銅は、電力・通信・鉄道分野、機械類、金属製品、自動車、産業機械・船舶、建設等の分野からそらそれぞれ 197、142、79、62、118 千トン、計 598 千トン排出される。これらは、それぞれシュレッダー、皮むき、ナゲット、ブリケット化等の中間処理を経て電線、伸銅、鋳物等の分野にリサイクルされる。リサイクル量は、約 396 千トン(含

む輸出)と推定された。

第3.4-3図には電線のリサイクルに要するナゲット処理と皮むきの電力原単位それぞれ210、12.5kwh／銅スクラップトンも示した。

(4)亜鉛(第3.4-4図)

亜鉛の老廃屑は自動車、家電、建材等におけるめっき、ダイカスト品、無機薬品、乾電池およびその他の分野からそれぞれ145、69、32、15、60千トン、計321千トン程度排出される。このうち自動車、家電、建材等のめっきとして排出される老廃屑亜鉛145千トンは、加工工程から排出される加工屑亜鉛43千トンと併せて電気炉のダストとして回収され、亜鉛回収工場における濃縮工程を経て精練所にリサイクルされる(53千トン)。一部(10千トン)は酸化亜鉛の形のまま製品メーカーにリサイクルされる。

加工工程からの屑も併せた排出量の合計435千トンからリサイクル量82＋45＋10＝137千トンと輸出量6千トンを差し引いた291千トンが埋立てに回るとした。この291千トンには(1)鉄鋼に記載の①～④の他、犠牲防食作用よって環境に溶出した亜鉛量、タイヤの添加材として使われて使用後セメントキルンに投入されてセメントの1構成成分として固定された酸化亜鉛等も含まれる。

(5)鉛(第3.4-5図)

鉛の老廃屑は蓄電池、電線被覆、基板等に用いられるはんだ、鉛管板、ブラウン管等に用いられる無機薬品、自動車部品・フライホィール・弾丸等を含むその他等の分野からそれぞれ160、25、17、10、36、29千トン、計277千トン程度排出される。

これらのうち、自動車用蓄電池の大半、電線被覆の全量、鉄スクラップに随伴した鉛の一部(6千トン)がリサイクルされている。それ以外はほとんどリサイクルされずに埋立て処分されている。

(6)白金(第3.4-6図)

白金は宝飾品、投資等にそれぞれ43.2、4.2トン消費される他、自動車用触媒、ガラス工業溶解用設備、電気・電子部品、石油・化学用触媒等の分野で用いられており、これらの分野からの老廃屑の排出はそれぞれ10.2、1.3、1.4、0.9トンと推定された。このうち、自動車用触媒は1.3トンほどがリサイクルされている。これに輸入廃触媒と石油・化学用触媒からのリサイクル量それぞれ1.3、0.9トンが加わり、3.5トンがリサイクル(純粋国内リサイクルは2.2トン)されている。電気・電子部品の一部も回収リサイクルされていると推定されるがその量は不明である。

(7)錫(第3.4-7図)

錫の老廃屑はブリキ、はんだ、錫めっき電線、リードフレームのめっき、チューブ、塩ビ安定剤、その他の分野から排出される。錫の老廃屑は殆どリサイクルされておらず、強いて言えば錫めっき電線、リードフレームのめっきが青銅系の銅合金の成分としてリサイクルされている。(ブリキに使われた錫が鉄缶のリサイクルに伴って鋼中の不純物として循環している。これはリサイクルとは言えないが、一応この流れが有る

という意味で図には示した。)

(8)クロム(第 3.4-8 図)

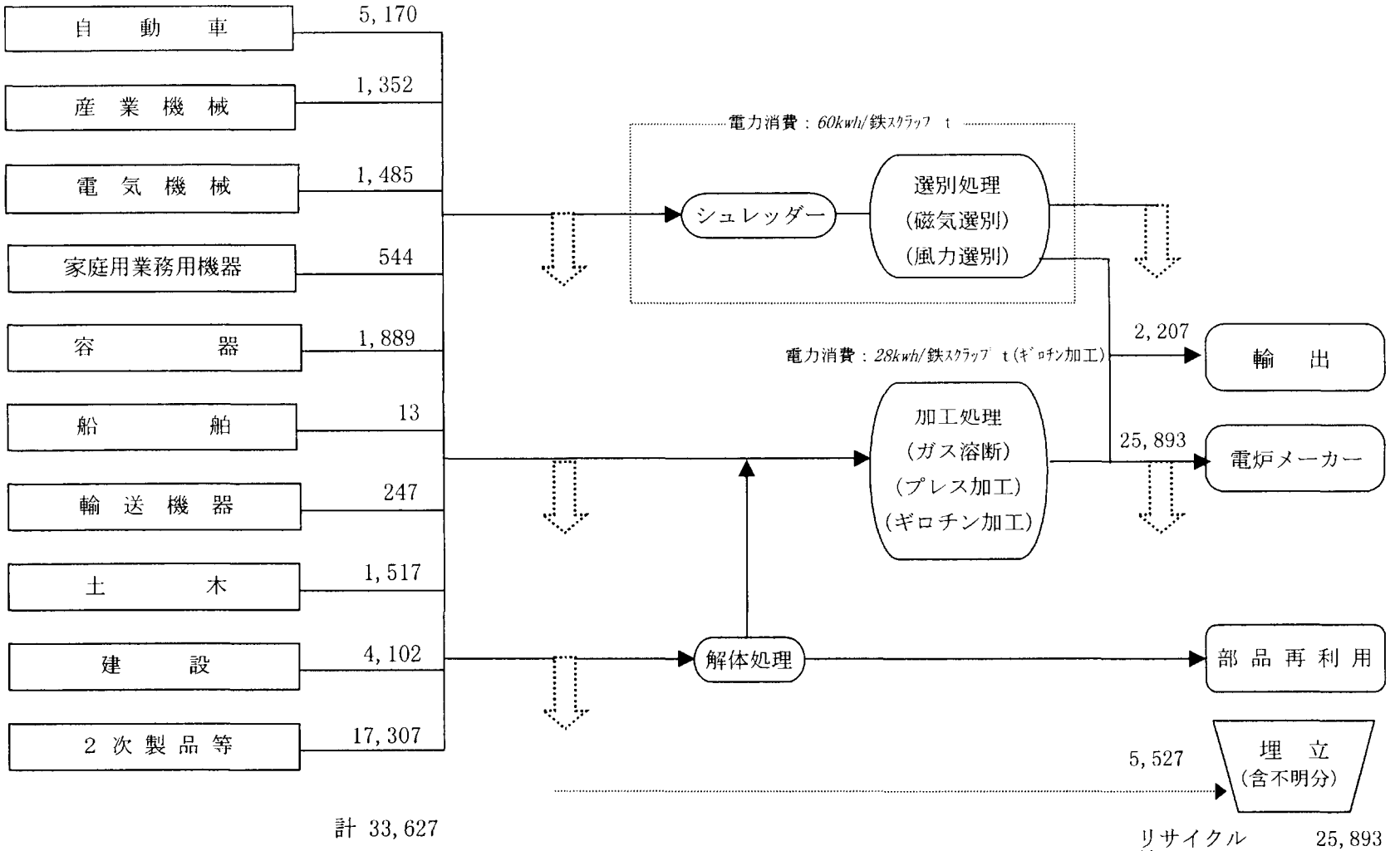
クロムの老廃屑は、ステンレス鋼、含クロム鋼の成分として排出されるものと、含クロム製品の 1 部として排出されるものとに大別される。これらよりそれぞれ 183.6、32.1、2.0 千トン、計 217.7 千トンが排出され、175.7 千トンが特殊鋼ならびに普通鋼にリサイクルされている。

(9)ニッケル(第 3.4-9 図)

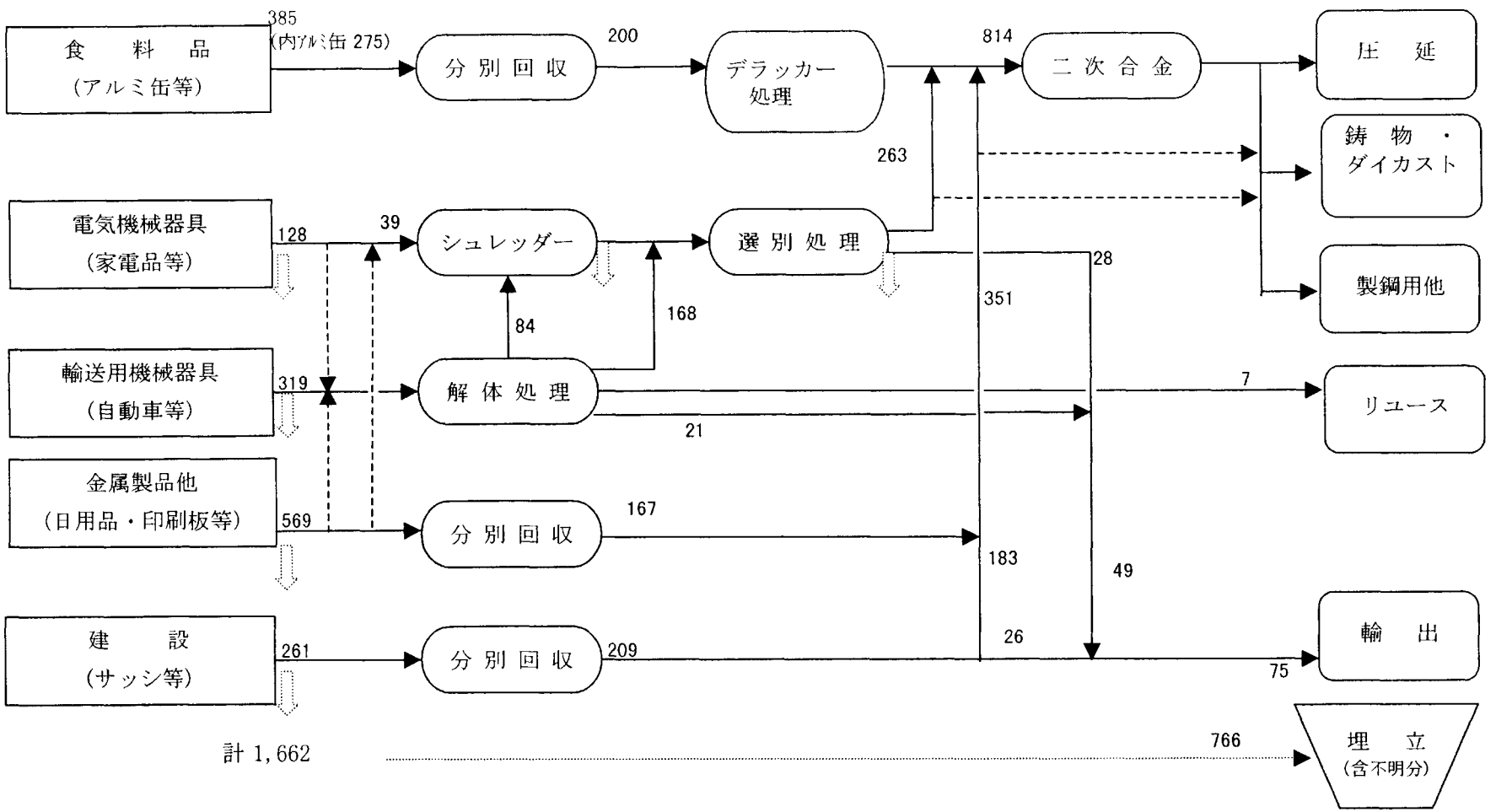
ニッケルの老廃屑もクロムと同様、ステンレス鋼、含ニッケル鋼の成分として排出されものと、含ニッケル製品の 1 部として排出されるものとに大別される。これらよりそれぞれ 67.2、6.9、19.8 千トン、計 93.9 千トンが排出され、66.7 千トンが特殊鋼ならびに普通鋼にリサイクルされている。

(10) ガラス(第 3.4-10 図)

ガラスの老廃屑はガラスびん(容器類)、台所用品類、電子・電気機械、自動車、産業機械・船舶・その他、建築等の分野からそれぞれ 4,000＋2,150＝6,150、140、120、160、390、80 千トン排出されている。ガラスびん(容器類)の分野はリターナブルびんとして 4,000 千トンが分別回収され、リサイクル(リユース)のルートを回っており、このうち 180 千トンが破損等によりカレットとしてのリサイクルルートに回る。ワンウェイびんは、2,150 千トン排出されその一部(810 千トン)はカレットとしてリサイクルされ、リターナブルびんから落ちてくる 180 千トンが合流する一方、60 千トンが埋立てに回って、結局 930 千トンがガラスびん、ガラス繊維等にリサイクルされている。現状(1997 年)では、ガラスびん以外のリサイクルルートはなく全量が埋立て処分されている。

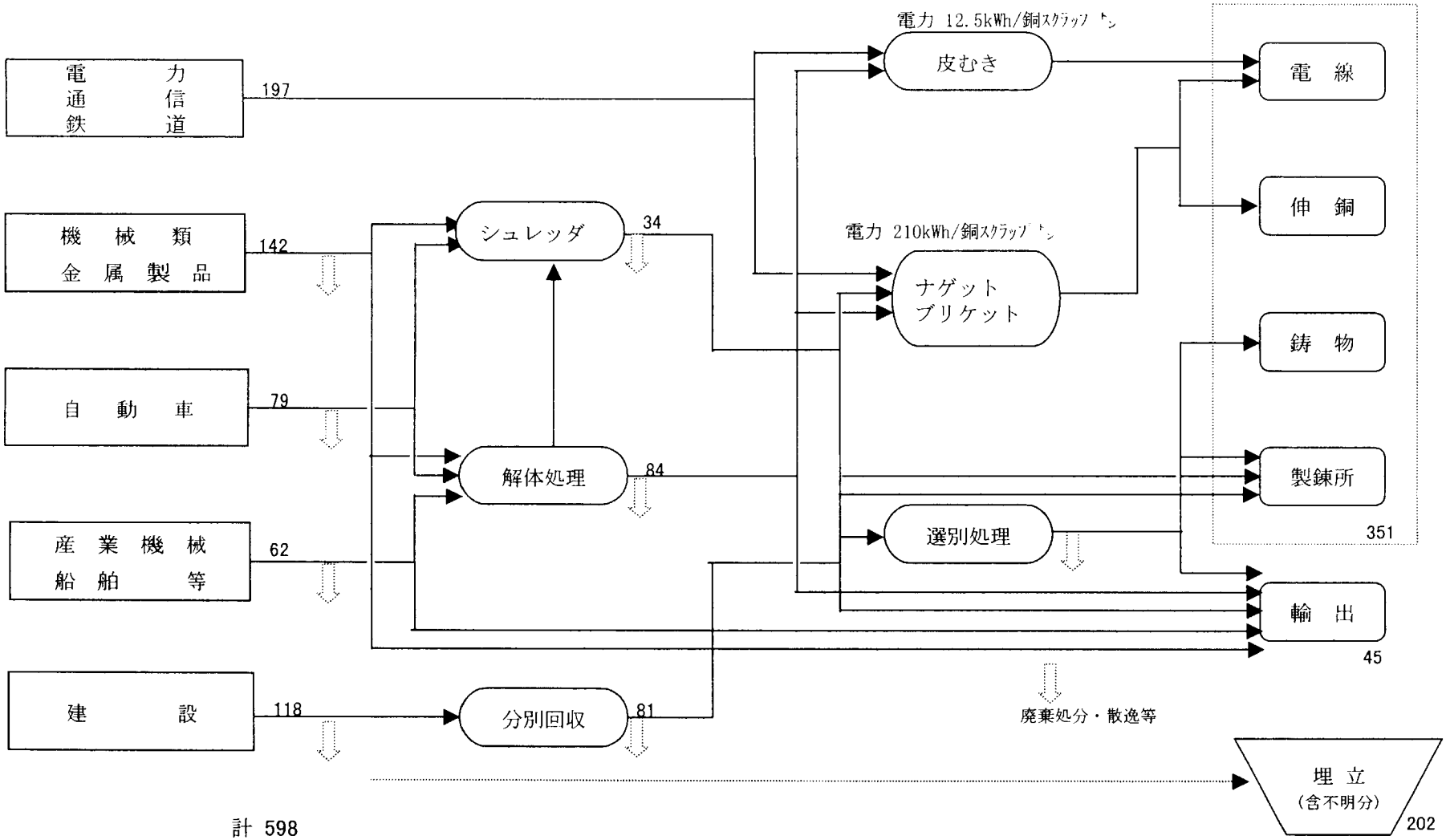


第 3.4-1 図 鉄鋼老廃屑の排出と処理・リサイクルフロー(1997 年度　単位：千トン)



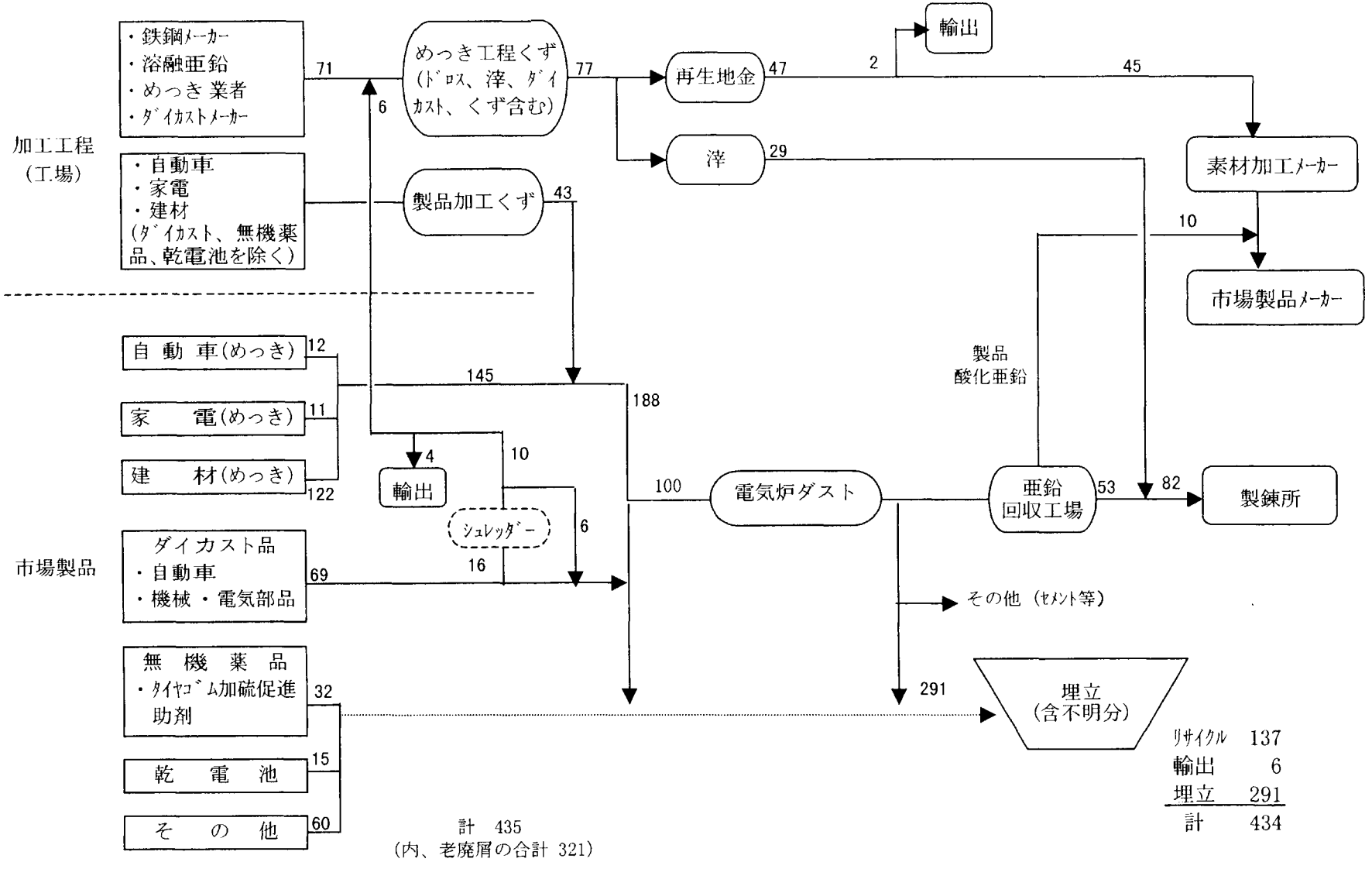
リサイクル	814
リユース	7
輸出	75
埋立	766
計	1,662

第 3.4-2 図 アルミニウム老廃屑の排出と処理・リサイクルフロー(1997 年度 単位：千トン)

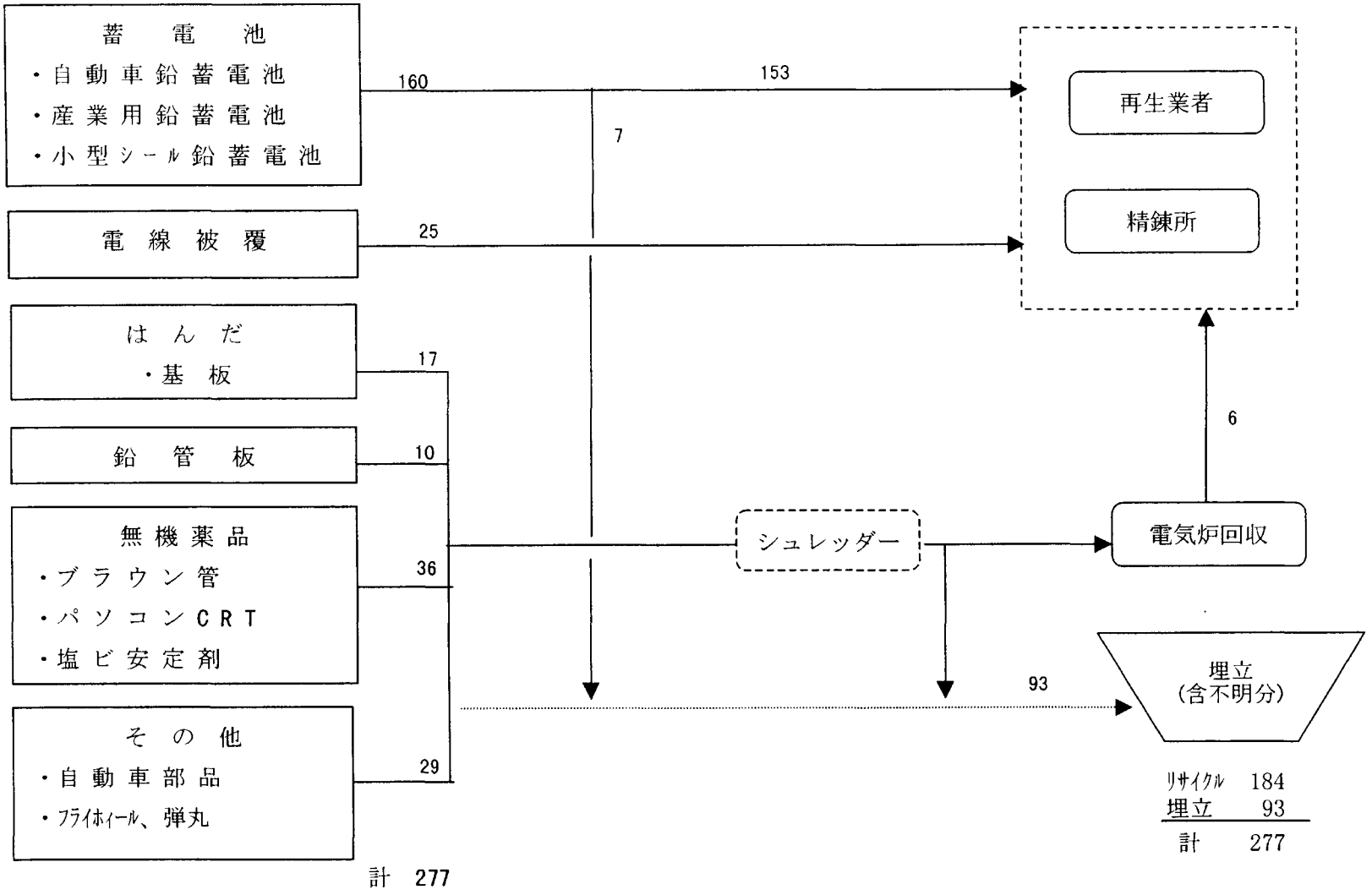


第 3.4-3 図 銅老廃屑の排出と処理・リサイクルフロー（1997 暦年　単位：千トン）

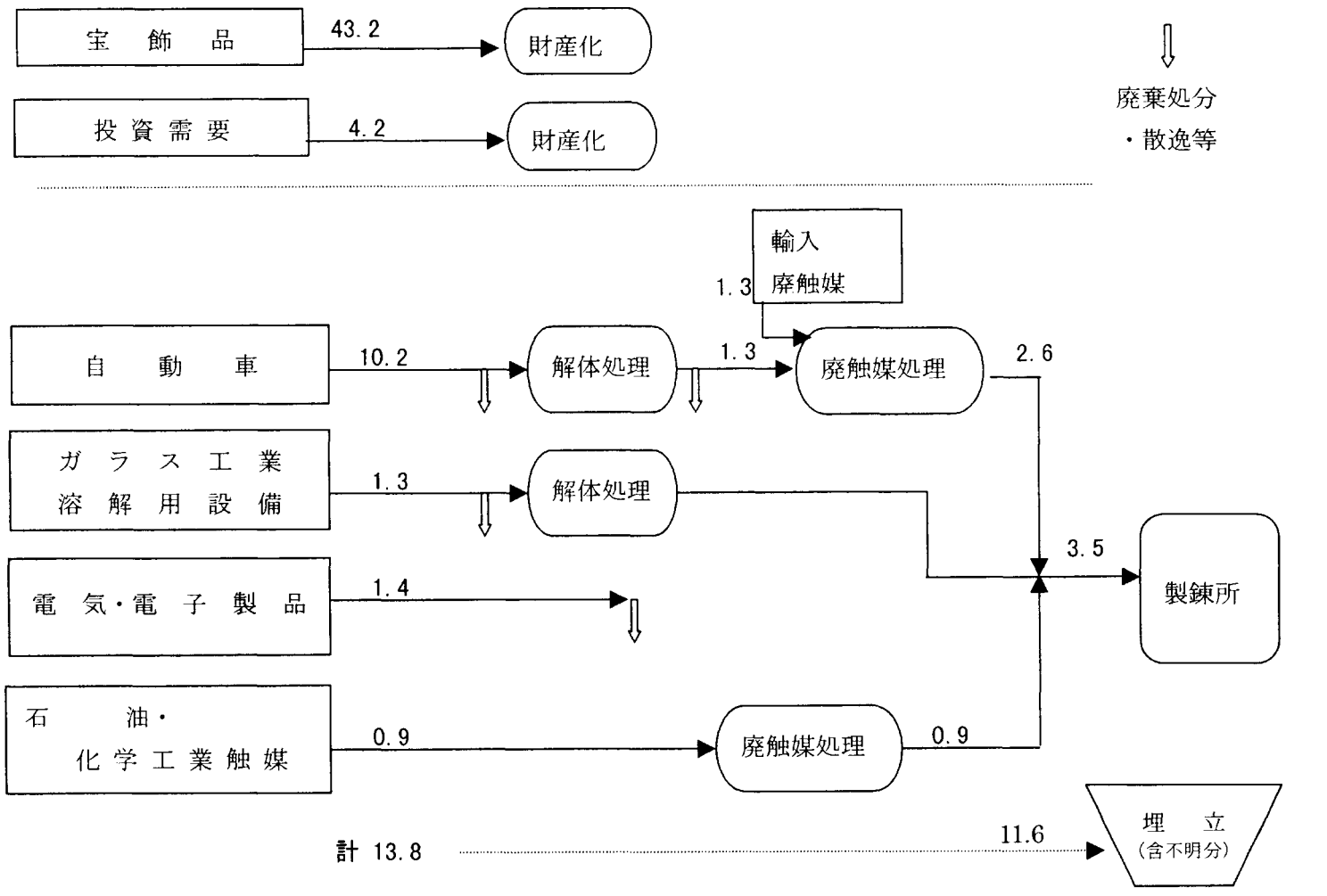
リサイクル	351
輸出	45
埋立	202
計	598



第 3.4-4 図 亜鉛老廃屑の排出と処理のリサイクルフロー（1997 暦年　単位：千トン）

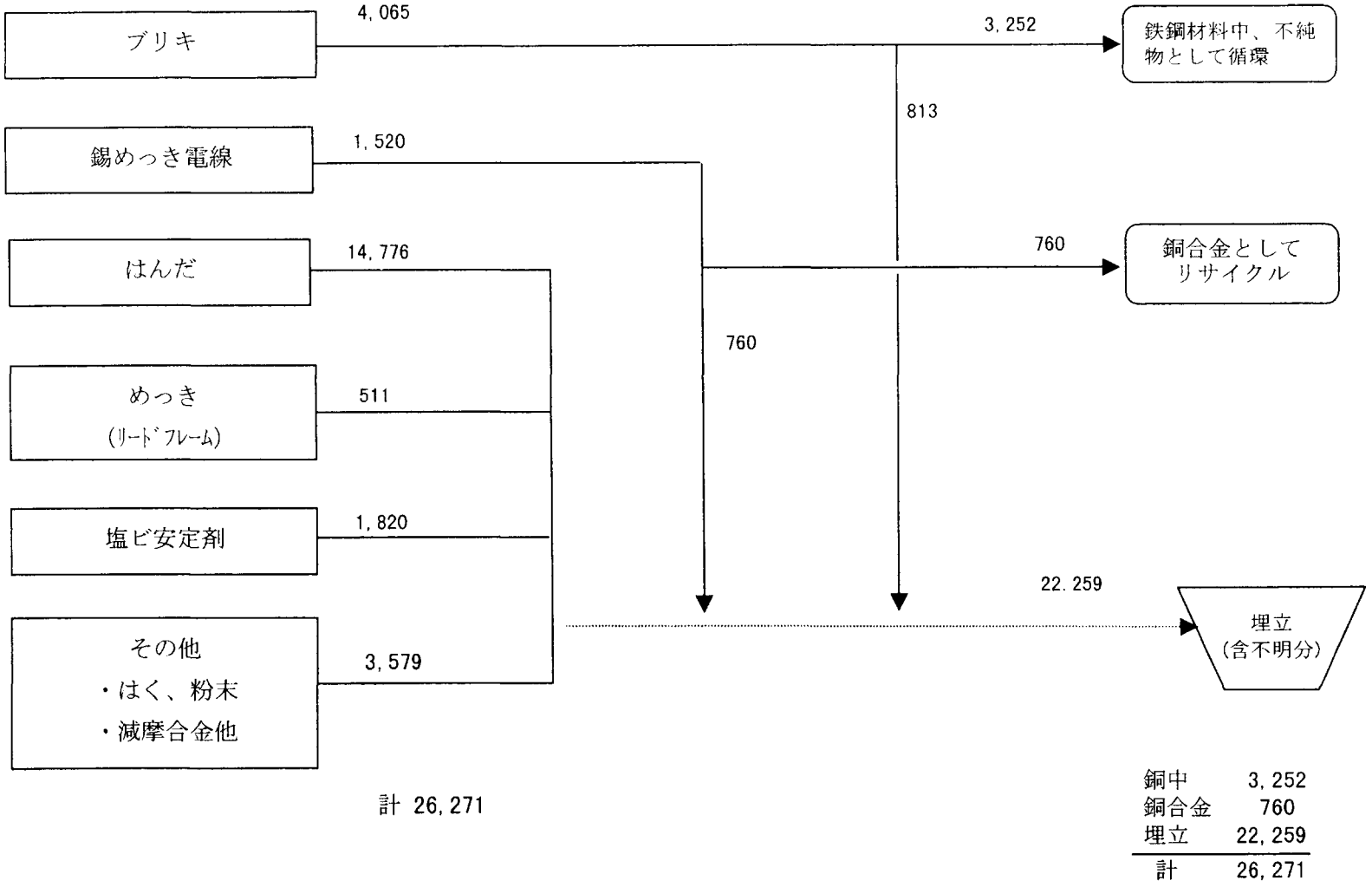


第3.4-5図 鉛老廃屑の排出と処理リサイクルのフロー（1997暦年　単位：千トン）

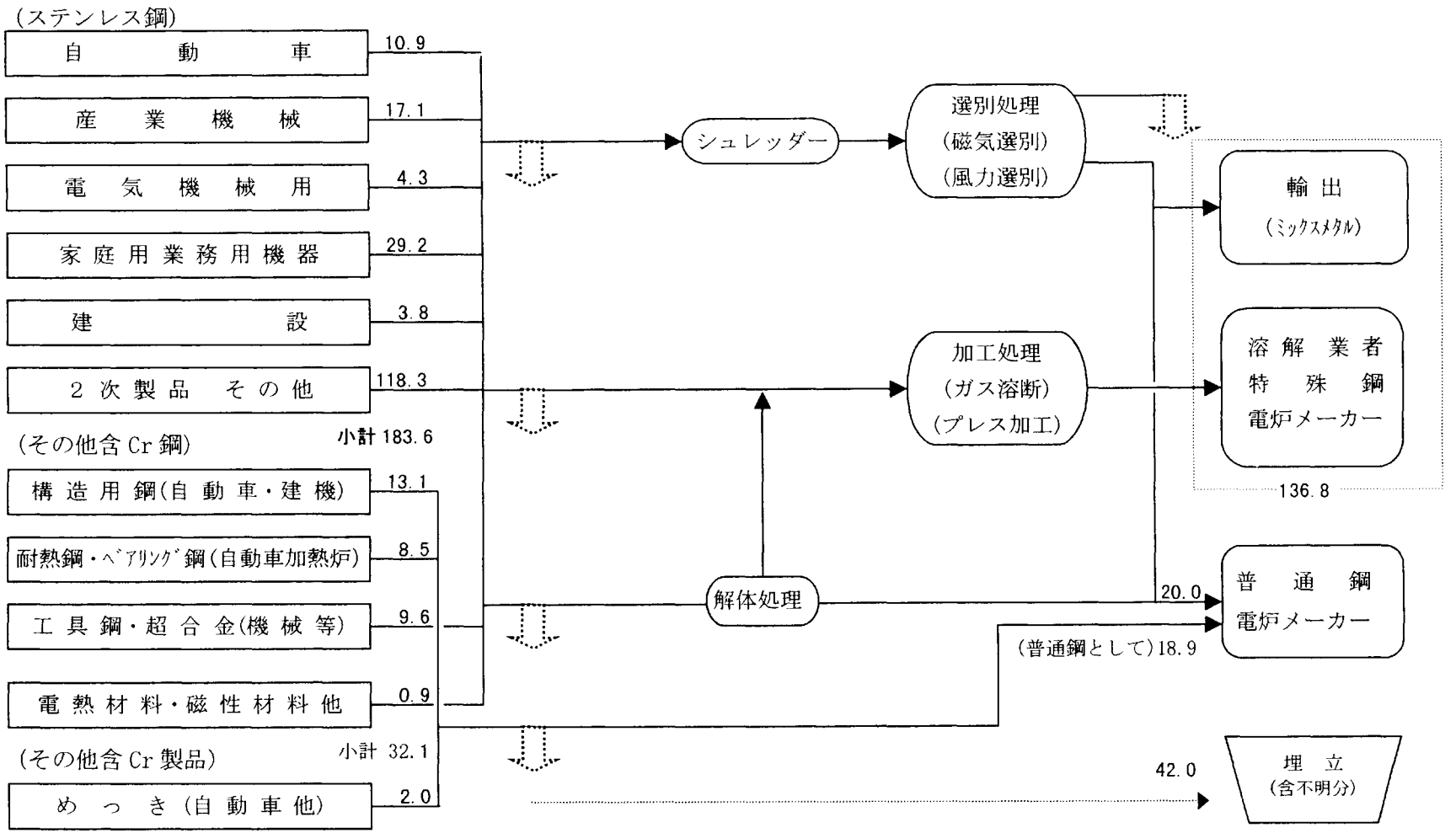


国内リサイクル	2.2
埋立	11.6
計	13.8

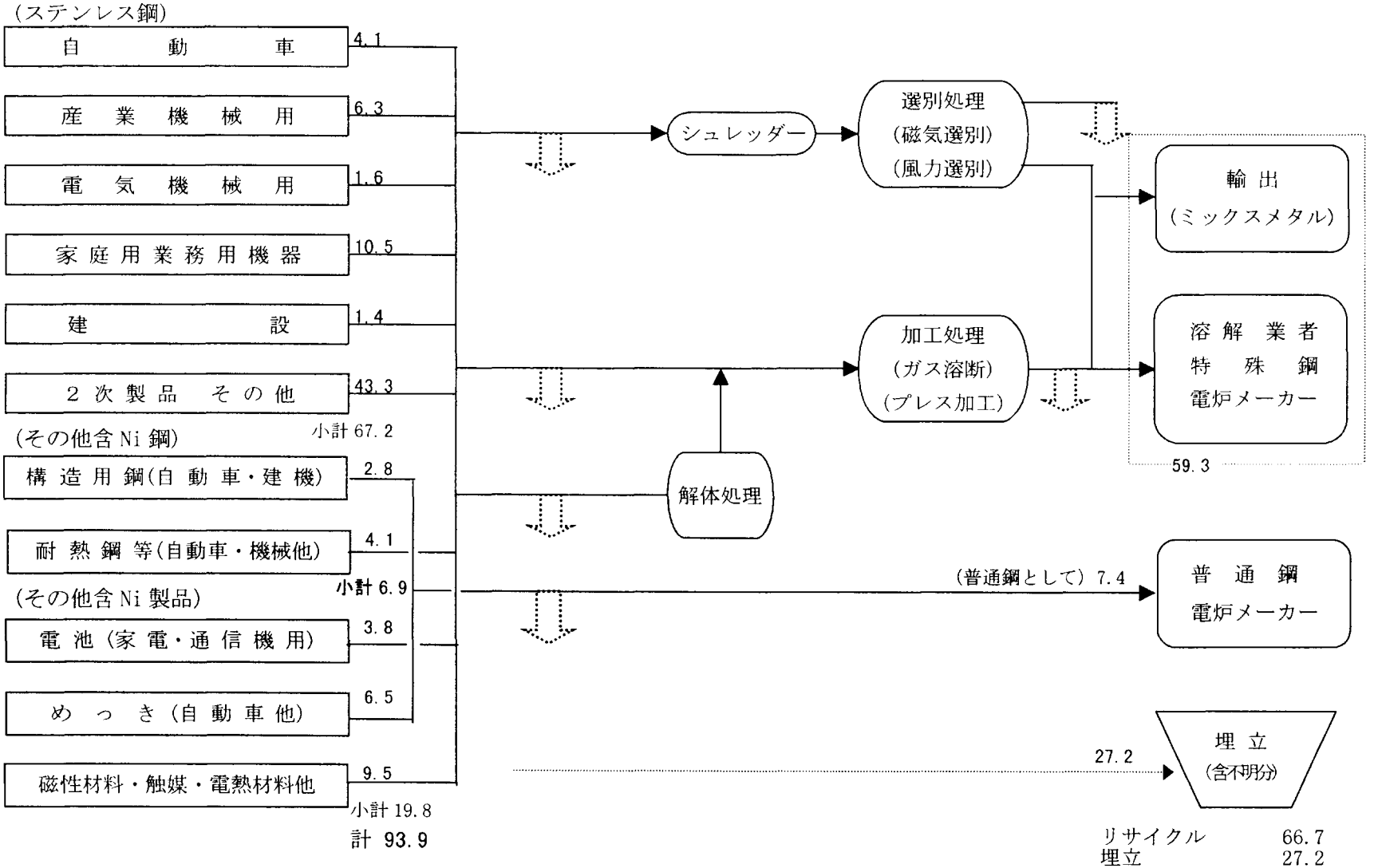
第3.4-6図　白金老廃屑の排出と処理・リサイクルフロー（1997暦年　単位：トン）



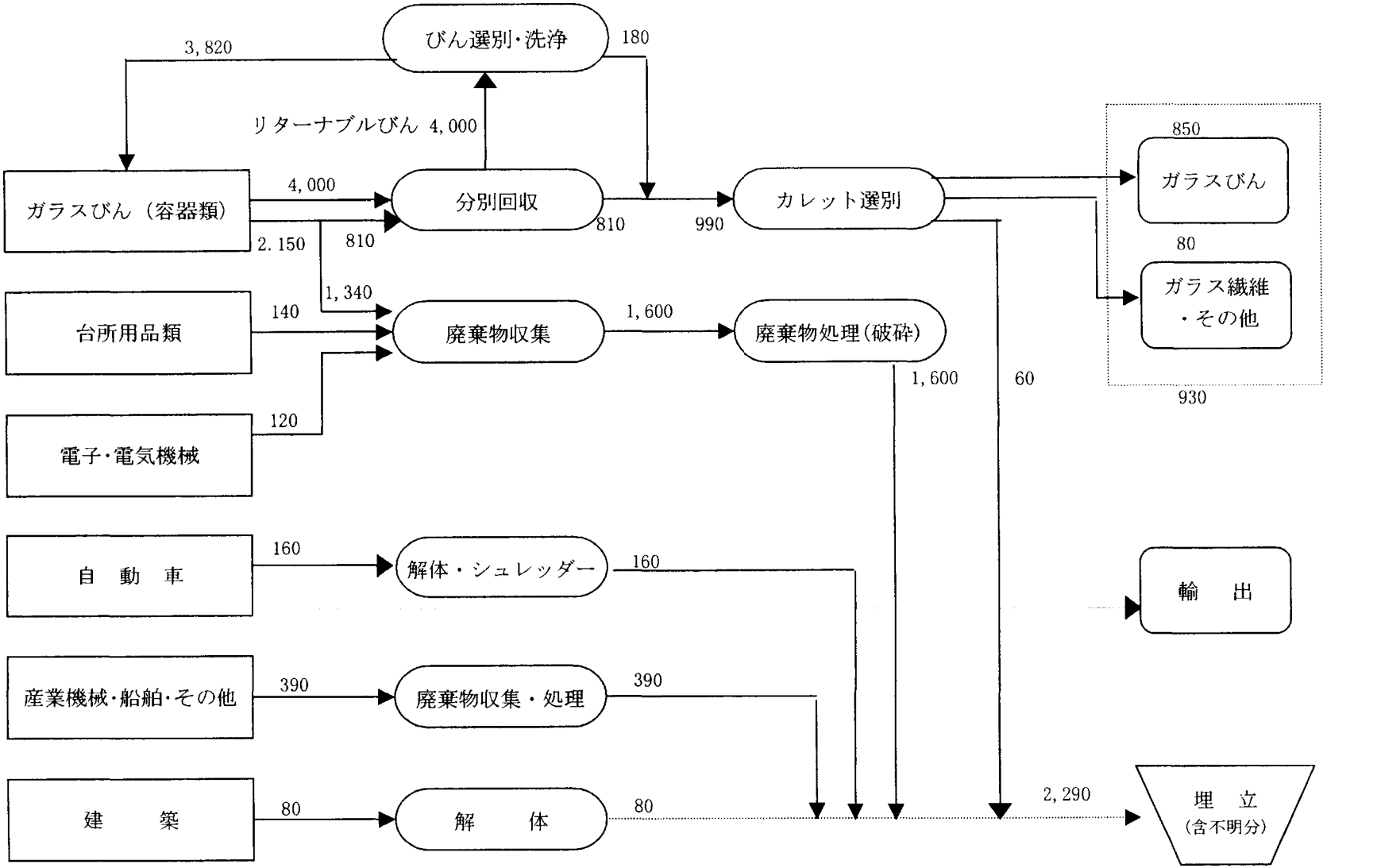
第3.4-7図 錫老廃屑の排出と処理（1997暦年　単位：トン）



第3.4-8図 クロム老廃屑の排出とリサイクルフロー(1997年度　単位：千トン)



第 3.4-9 図 ニッケル老廃屑の排出とリサイクルフロー(1997 年度　千トン)



第 3.4-10 図 ガラスの老廃屑の排出とリサイクルフロー(1997 暦年　単位：千トン)

3.5　最終処分（焼却・埋立）における環境負荷原単位調査

3.5.1　一般廃棄物

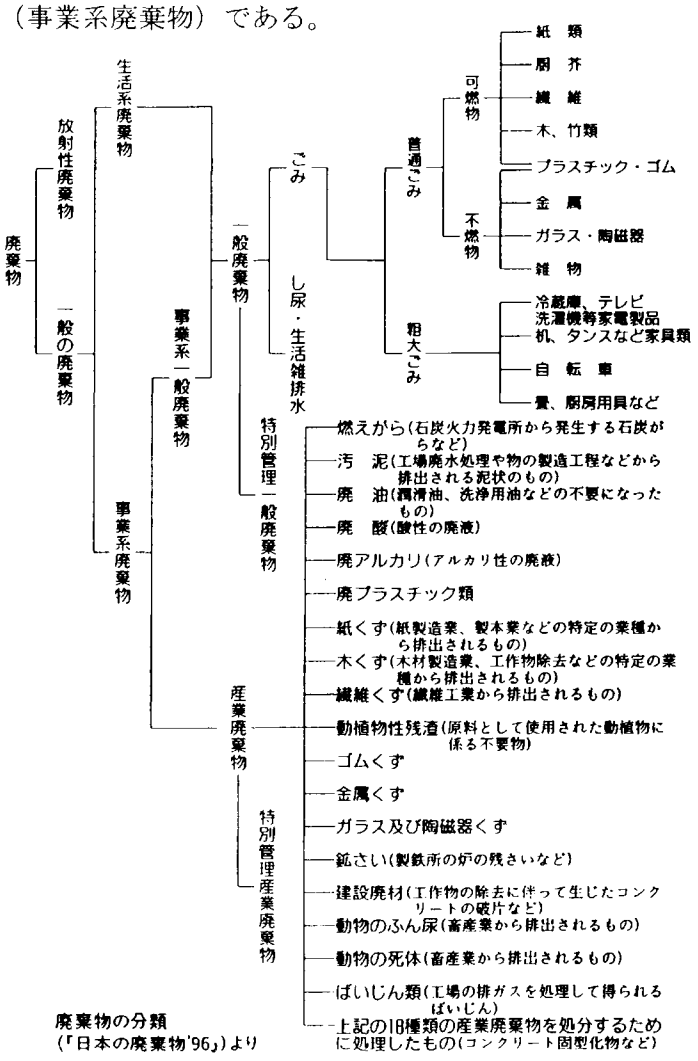
（1）一般廃棄物処理・処分の概要

a．一般廃棄物の定義と種類

廃棄物の処理及び清掃に関する法律においては、「廃棄物」とは「ごみ、粗大ごみ、燃え殻、汚泥、ふん尿、廃油、廃酸、廃アルカリ、動物の死体その他の汚物又は不要物であつて、固形状又は液状のもの（放射性物質及びこれによって汚染されたものを除く。）」と定義されている。

さらに「一般廃棄物」とは、産業廃棄物以外の廃棄物と定義されている。

このように定義されている我が国の廃棄物は、一般に第3.5.1-1図のように分類されており、一般廃棄物は、家庭から排出される廃棄物（家庭系一般廃棄物）と、事業所から排出される廃棄物のうち、燃えがら・汚泥・廃油などの１９種類（産業廃棄物）を除いた廃棄物（事業系廃棄物）である。



第3.5.1-1図　廃棄物の分類

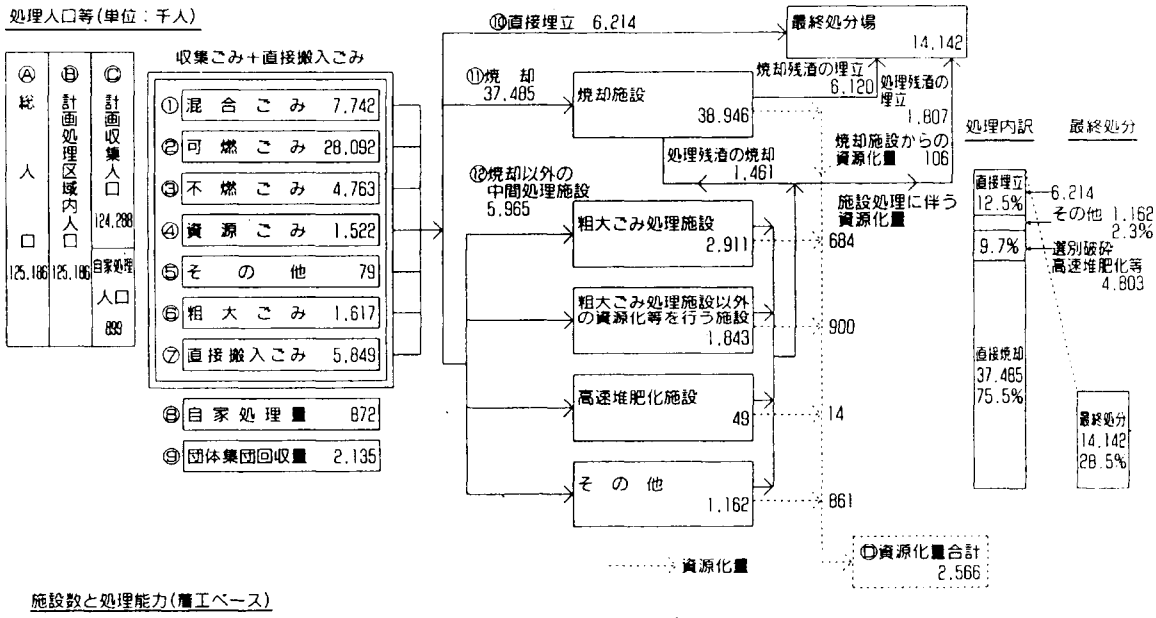
b．一般廃棄物の発生量とその処理・処分状況

平成１０年１０月に厚生省より発表された資料によると、平成７年度における一般廃棄物の排出量は5,069万tであり、この内、焼却・破砕・資源化等の中間処理が行われた廃棄物の割合は88.5%で、残りの11.5%が最終処分場に直接埋立られている。

中間処理方法として、直接焼却された割合は廃棄物排出量の76.2%であり、焼却以外の中間処理（破砕・選別による資源化、高速堆肥化等）の割合は12.3%となっていた。一方、市町村における分別収集や中間処理による資源化、住民による資源回収（資源回収量）をあわせたリサイクル率は９．９%となっている。

なお、ごみ処理施設からの処理残渣（焼却灰等）を合わせた埋立総量は1,360万tであった。

なお我が国における平成６年度の一般廃棄物処理の状況を第3.5.1-2図に示す。



施設数と処理能力(着工ベース)

焼却施設	1,887カ所	186,117t/日
高速堆肥化施設	31	568
最終処分場	2,392	

計画収集率 ⓒ/Ⓐ=99.3%

1人1日当たり排出量=(①+②+③+④+⑤+⑥+⑦+⑧)/Ⓐ/365=1.106g/人・日

資源化率=⑬/(⑩+⑪+⑫)=5.2%

リサイクル率=(⑨+⑬)/(⑨+⑩+⑪+⑫)=9.1%

1994年度のごみ(一般廃棄物)処理の状況(単位：千t/年，平成9年，厚生省「日本の廃棄物処理」より)

第3.5.1-2図　平成６年度の一般廃棄物処理の状況

c．一般廃棄物処理・処分施設の状況

ごみ焼却施設数は、ここ数年1,900施設前後で推移しており、平成７年度の焼却施設数（着工ベース）は1,880施設であった。この内全連続炉は23.7%、准連続炉は20.2%、機械化ﾊﾞｯﾁ炉は43.2%、固定ﾊﾞｯﾁ炉は12.9%であり、旧式炉が大半を占めている。

また、一般廃棄物最終処分場は2,361ヶ所であり、その残余容量は1億4,165万㎥で前年比6.1%減少しており、残余年数も全国平均で8.5年分となつている。特に大都市圏では近畿圏が7.1年分、首都圏が4.8年分と厳しい状況にある。

（２） 一般廃棄物の処理・処分における環境負荷原単位調査

ａ．調査の概要

ｲ．調査対象

本調査で対象とした自治体は６自治体であり、その規模は以下の通りである。

・人口５０万人以上　　：３自治体
・人口３０万～５０万人未満：２自治体
・人口１０万～３０万人未満：１自治体

ﾛ．一般廃棄物処理・処分状況

本調査で対象とした６自治体の分別方法（事業系ごみ、粗大ごみを除く）は、家庭ごみと資源ごみの２分別を実施している自治体が２自治体で、可燃、不燃、資源の３分別を実施している自治体が４自治体となっている。なお、３分別を実施している４自治体の内、２自治体でプラスチックの分別収集を実施している。

収集された可燃ごみ（家庭ごみ）は、焼却工場において焼却処理された後に、最終処分場に運ばれ埋め立てられている。一方、不燃ごみ及び粗大ごみについては、直接最終処分場に運ばれ埋め立てられるケース、処理施設において破砕・選別され資源物が取り除かれた後に、最終処分地に運ばれ埋め立てられるケース、破砕、選別・焼却後に、最終処分地に運ばれ埋め立てられるケースがある。

ｂ．調査結果

以下に本調査の結果を示す。算出した環境負荷量は全て自治体の測定データに基づくものである。なお、エネルギー等の環境負荷原単位については、本プロジェクトで使用する原単位が決定していない為使用せず、エネルギー消費量のみを記載した。

ｲ.廃棄物の収集・運搬

ごみ１トン当たりの輸送距離及び収集車の平均燃費を第3.5.1-1表、第3.5.1-2表に示す。

第3.5.1-1表　ごみ１トン当たりの輸送距離

	自治体Ａ	自治体Ｂ
可燃ごみ	7.290 km/t	11.295 km/t
不燃ごみ	40.789 km/t	
資源ごみ	13.687 km/t	48.490 km/t
粗大ごみ	40.979 km/t	19.783 km/t

第3.5.1-2表　収集車の平均燃費

	自治体Ａ	自治体Ｃ
可燃ごみ	4.103 km/l	3.542 km/l
不燃ごみ	5.045 km/l	
資源ごみ	5.144 km/l	
粗大ごみ	6.255 km/l	5.125 km/l

□. 焼却処理

i. インプット

①ごみの性状

焼却工場で焼却されるごみの性状を第3.5.1-3表を示す。

第3.5.1-3表　焼却されるごみの性状

		単位	自治体A	自治体B	自治体C	自治体D	自治体E
可燃物	紙類	%	32.8	35.5	53.45	61.1	45.82
	布類	%	5.9	1.8	3.56		3.71
	木類	%	1.5	2.1	2.32	8.3	5.79
	厨芥類	%	40.4	42.3	27.59	11.3	35.37
	プラスチック類	%	14.1	14.3	9.86	16.9	6.72
	ゴム・皮革類	%	0.7	0	0		0.19
	可燃物その他	%					1.57
不燃物	ガラス類	%	1	0.9	0	0.7	0.5
	陶器・石類	%	0.3	1.1	0		0.23
	金属類	%	1	1	0.15		0.02
その他		%	2.3	1.1	3.04	2.1	0.1
単位容積重量		kg/m3	140	140	323	155	0.117
水分		%	46.74	49.83	57.42	43	43.92
不燃分		%	6.41	6.7	4.92	9	5.53
可燃分		%	46.85	43.47	37.57	48	50.55
低位発熱量		kcal/kg	2210	2070	1440	2345	2510
高位発熱量		kcal/kg	2690	2560	1930	2310	2057
炭素（C）		%	25.54	23.96	19.36	26.3	24.04
水素（H）		%	3.64	5.52	2.66	3.5	3.51
窒素（N）		%	0.55	0.47	0.45	0.3	0.42
酸素（O）		%	16.85	15.3	14.95	18.4	22.25
硫黄（S）		%	0.01	0.21	0.01	0.1	0.023
塩素（Cl）		%	0.26	0.21	0.14	0.2	0.17

②投入資材

ごみ１トンを焼却する際に投入する資材量を第3.5.1-4表に示す。なお、このデータは処理能力３００ｔ／日（３炉）の焼却炉を持つ焼却施設（粗大ごみ破砕施設を併設）のデータである。

第3.5.1-4表　ごみ１トンを焼却する際に投入する主要な資材量（例）

投入資材	市水	井水	灯油	消石灰	灰の安定固化処理剤	炉砂	尿素水
	m3/t	m3/t	l/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t
	0.260952	0.181325	3.794611	9.25861	1.663264	0.180124	3.126231
	苛性ソーダ	塩酸	塩化第二鉄	脱酸剤			
	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t			
	0.328666	0.117561	0.144579	0.009126			
電力量	買電量	発電	使用電力量	焼却炉	粗大	水処理	
	26.14045	76.02893	102.1694	101.6458	86.76354	1.343455	
	kw/t	kw/t	kw/t	kw/t	kw/t	kw/t	
その他の燃料	ガソリン	軽油	A重油	混合油			
	0.010923	0.124628	0.002452	0.000662			
	l/t	l/t	l/t	l/t			

ii. エミッション

①大気

一般廃棄物焼却炉は大気汚染防止法に定める特定施設であるので、焼却工場には排ガス処理装置が設置されており、環境基準を満たすような排ガス処理が行われている。その検査結果を第3.5.1-5表に示す。

また、ごみ１トンを焼却する際に発生する排ガスに含まれる環境負荷量を第3.5.1 6表に示す。

第3.5.1-5表　排ガス試験結果

		焼却工場1	焼却工場2	焼却工場3	焼却工場4	焼却工場5	焼却工場6	焼却工場7	焼却工場8	焼却工場9	焼却工場10	焼却工場11	焼却工場12
煤塵	g/h	327.2	876	672	110	108	< 574.67	2281	932.4	1067.2	842.4	488.6	831.6
HCl	g/h	53243.036	64145.491	52852.5	34009.152	1107.1688	< 16665.4	14963.4	17715.6	28014	1678.32	8725	< 2340.8
SOx	g/h	20566.857	17102.857	7680	11942.857	956.57143	< 914.286	2914.29	4285.7143	2857.1429	2400	1571.4286	571.429
NOx	g/h	16294.268	29082.679	23000	24848.214	7984.2857	< 11801.3	15645.2	8829.125	8903.2589	12109.5	4773.1982	3732.57
Hg	g/h	7.362	5.986	4.256	6.49	2.052	< 1.72401	0.9124					0.3072
水分	g/h	15512786	19944643	22680000	20507143	12583929	6788289	1.4E+07	5910750	11041232	7961464.3	3555803.6	3641143
温度	℃	242	256	201	230	207	205	234	256	238	165	245	234
CO2	g/h	14139714	24663571	21340000	21175000	17820000	1.1E+07	6541582					3469714
O2	g/h	12737429	23151429	15840000	15242857	17434286	1E+07	8211600					4644571
CO	g/h						0	0					0
フッ素	g/h						< 0.57467	17.7918					
塩素	g/h						< 5.7467	5.9306					
カドミウム	g/h						< 5.7467	< 4.562					0.0512
鉛	g/h						< 5.7467	< 18.248					4.608
シアン	g/h						< 0.57467	0.4562					3.072
ダイオキシン類									305620	173420	6324	120950	
総クロム	g/h												0.256
窒素	g/h												1.3E+07

第3.5.1-6表　ごみ１トンを焼却する際に発生する排ガスに含まれる環境負荷量

		焼却工場1	焼却工場2	焼却工場3	焼却工場4	焼却工場5
煤塵	g/t	27.4958	40.1835	40.7273	6.7485	6.0335
HCl	g/t	4474.2047	2942.4537	3203.1818	2086.4510	61.8530
SOx	g/t	1728.3073	784.5347	465.4545	732.6906	53.4397
NOx	g/t	1369.2662	1334.0678	1393.9394	1524.4303	446.0495
Hg	g/t	0.6187	0.2746	0.2579	0.3982	0.1146
CO2	g/t	1188211.2845	1131356.4875	1293333.3333	1299079.7546	995530.7263
O2	g/t	1070372.1489	1061992.1363	960000.0000	935144.6100	973982.4421

②水

焼却工場には排水処理装置が設置されており、環境基準を満たすような排水処理が行われている。その検査結果を第3.5.1-7表に示す。

また、ごみ１トンを焼却する際に放流する排水に含まれる環境負荷量を第3.5.1-8表に示す。

なお、最近では、処理水をプラント系の使用水として再利用するため、放流量が一切ない焼却工場も存在している。

第3.5.1-7表．放流水試験結果

		焼却工場１	焼却工場2	焼却工場3	焼却工場4	焼却工場5	焼却工場6	焼却工場7	焼却工場8	焼却工場9
水温	℃	38	32	30	19	21	18.5	21.5		
ｐＨ		7.6	6.8	6	9	9	7.2	7.2	6.9	7
ＢＯＤ	mg/l						3.7	11.5	14.9	54.5
ＣＯＤ	mg/l						9.6	11.3		
SS	mg/l	26	< 10	< 10	< 10	< 10	1.7	8.5	20.8	27.2
Ｃｌ	mg/l					22000				
F	mg/l					0.9			< 0.5	< 0.5
T-N	mg/l	9.2	20	20	2.9	440				
Ca	mg/l			670						
T-P	mg/l	0.14	0.05	17	0.45	0.19				
Cd	mg/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.005	< 0.005	< 0.01	< 0.01
Pb	mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Zn	mg/l	0.02	< 0.02	< 0.02	0.12	0.28	< 0.01	0.05	< 0.5	< 0.5
T-Fe	mg/l	0.58	0.2	< 0.05	0.2	0.13				
D-Fe	mg/l	< 0.05	0.08	< 0.05	< 0.05	< 0.07	< 0.1	0.5	< 0.5	< 0.8
Cu	mg/l	< 0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.01	0.05	< 0.1	< 0.1
Ni	mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1				
T-Mn	mg/l	< 0.02	< 0.02	0.09	< 0.02	< 0.33				
D-Mn	mg/l	< 0.02	< 0.02	0.09	< 0.02	< 0.31	< 0.1	< 0.1	< 0.5	< 0.5
T-Cr	mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.02	< 0.02	< 0.2	< 0.2
総水銀	mg/l	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	0.0005	< 0.0005	< 0.0005	0.0005	< 0.0005
シアン	mg/l						< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
六価クロム	mg/l						< 0.02	< 0.02		
砒素	mg/l						< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
フェノール	mg/l						< 0.02	< 0.02	< 0.5	< 0.5
大腸菌群数	個/ml						< 30	420		
ﾉﾙﾏﾙﾍｷｻﾝ抽出物	mg/l								1.7	1.7
ヨウ素消費量	mg/l								< 1.5	5

第3.5.1-8表　ごみ１トンを焼却する際に発生する排水に含まれる環境負荷量

		焼却工場１	焼却工場2	焼却工場3	焼却工場4
SS	mg/t	12256.8137	< 599.1338	< 1911.2625	< 340.9325
Ｃｌ	mg/t	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
F	mg/t	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
T-N	mg/t	4337.0264	1198.2675	3822.5250	15001.0279
Ca	mg/t	0.0000	0.0000	128054.5864	0.0000
T-P	mg/t	65.9982	2.9957	3249.1462	6.4777
Cd	mg/t	< 9.4283	< 1.1983	< 3.8225	< 0.6819
Pb	mg/t	< 4.7142	< 0.5991	< 1.9113	< 0.3409
Zn	mg/t	9.4283	< 1.1983	< 3.8225	9.5461
T-Fe	mg/t	273.4212	11.9827	< 9.5563	4.4321
D-Fe	mg/t	< 23.5708	4.7931	< 9.5563	< 2.3865
Cu	mg/t	< 47.1416	< 5.9913	< 19.1126	3.4093
Ni	mg/t	< 47.1416	< 5.9913	< 19.1126	3.4093
T-Mn	mg/t	< 9.4283	< 1.1983	17.2014	< 11.2508
D-Mn	mg/t	< 9.4283	< 1.1983	17.2014	< 10.5689
T-Cr	mg/t	< 47.1416	< 5.9913	< 19.1126	< 3.4093
全水銀	mg/t	< 0.2357	< 0.0300	< 0.0956	0.0170

iii. アウトプット

ごみ１トンを焼却する際に発生する焼却灰の量を第3.5.1-9表に示す。また、焼却灰の性状を第3.5.1-10表に示す。

第3.5.1-10表　ごみ１トンを焼却する際に発生する焼却灰量(t)

焼却工場１	焼却工場２	焼却工場３	焼却工場４
０．１５１	０．１６０	０．１６３	０．１６９

第3.5.1-10表　焼却灰の性状

	焼却灰 mg/l								飛灰 mg/l							
	焼却場１	焼却場2	焼却場3	焼却場4	焼却場5	焼却場6	焼却場7	焼却場8	焼却場１	焼却場2	焼却場3	焼却場4	焼却場5	焼却場6	焼却場7	焼却場8
Cd	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.01	0.01	< 0.01	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.02	0.02	< 0.01
Pb	0.06	0.74	1.1	1.4	4.1	6.6	8.2	5.64	68	29	0	8.2	42	16.2	27	5.32
Zn	< 0.02	0.24	0.63	0.6	1.1				4.9	4.6	< 0.02	85	11			
Fe	< 0.05	0.39	< 0.05	< 0.05	< 0.05				< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05			
Cu	< 0.1	1.7	1.2	1.1	1.1				0.2	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.2			
Ni	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1				< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1			
Mn	< 0.02	0.09	0.03	0.03	0.03				< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02			
T-Cr	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1				< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1			
T-Hg	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0008	< 0.0005	< 0.0005
F	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.1	< 0.1	< 0.1	3.2	3.2	1.6	3.6	4	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Cl																
As	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Se	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.02	< 0.02	0.02	0.02	< 0.02	< 0.01	< 0.01	< 0.01
CN	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05				< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05			
Cr6+	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.1	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Ca	230	740	760	700	810				5900	6100	670	5000	7400			
COD	36	540	150	150	110											
R-Hg	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
org P						< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.1	< 0.1	< 0.1
PCB	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
pH	11.4	12.4	12.5	12.5	12.6	13.4	13.2	12.3	12	12.1	10.5	12.5	12.5	13.1	13.2	13.1

ハ．埋立

i．インプット

①ごみの性状

最終処分場には、焼却灰の他に、破砕された粗大ごみ、不燃ごみ等が埋め立てられる。第3.5.1-11表に不燃ごみと粗大ごみの性状を示す。

第3.5.1-11表　埋立処理される不燃ごみと粗大ごみの性状

			不燃ごみ	粗大ごみ1	粗大ごみ2
可燃	紙類	%	7.48	3.21	7.27
	繊維類	%	3.36	2.56	26.95
	草木	%	0.8	71.74	39.67
	厨芥類	%	6.43	0	0
	その他	%	1.8	12.65	10.53
	プラスチック類	%	38.47	6.01	10.06
	ゴム・皮革	%	2.74	0.27	0.4
不燃	鉄	%	16.31	2.58	3.78
	非鉄	%	3.45	0.09	0.52
	ガラス類	%	16.87	0	0
	石陶器	%	1.02	0.76	0.34
	その他	%	1.47	0.15	0.08
単位容積重量		kg/l	0.091	0.132	0.132
水分		%	15.55	24.24	22.56
灰分		%	41.44	8.79	12.09
可燃分		%	43.02	66.97	18.29
高発熱量		kcal/kg	2893	3390	3355
低位発熱量		kcal/kg	2602	3002	2979
炭素（C）		%	25.66	31.96	31.77
水素（H）		%	3.66	4.48	4.47
窒素（N）		%	0.36	0.53	0.95
酸素（O）		%	12.78	29.26	26.87
硫黄（S）		%	0.022	0.038	0.03
塩素（Cl）		%	0.532	0.697	1.256

②投入資材

ごみ1トンを埋立処分する際に投入する資材量を第3.5.1-12表に示す

表3.5.1-12表　ごみ1トンを埋立処分する際に投入する資材量

エネルギー		主な薬品	
電力消費量 (kw/t)	軽油使用量 (l/t)	苛性ソーダ (kg/t)	塩化第二鉄 (kg/t)
10.9411	0.3338	1.033	0.4051

ii. エミッション

最終処分場には、侵出水を浄化し処理するための排水処理装置が設置されている。その検査結果を第3.5.1-13表に示す。

また、ごみ１トンを埋め立てた際に放流される放流水に含まれる環境負荷量を第3.5.1-14表に示す。

第3.5.1-13表　最終処分場から放出される放流水の試験結果

		処分場１	処分場2	処分場3	処分場4	処分場5
ｐＨ		7.1	7	7.4	6.9	7.2
ＣＯＤ	mg/l	4.9	11	5.3	1	0.5
ＢＯＤ	mg/l	< 1	5.2	4.6	0.6	< 1
SS	mg/l	< 10	< 10	9.7	0.6	< 1
NH3-N	mg/l	< 0.5		< 0.867	< 0.1	< 0.2
T-N	mg/l	9.5	3.2	1.88	16.24	4.7
Cl	mg/l	2800		0.05	0.21	
Ca	mg/l	85	1400	－	－	
T-P	mg/l	0.19	< 0.05	< 0.1	< 0.1	0.1
Cd	mg/l	< 0.02	< 0.02	< 0.01	< 0.01	< 0.005
Pb	mg/l	< 0.01	0.01	< 0.05	< 0.01	< 0.01
Zn	mg/l	< 0.02	< 0.02	< 0.5	< 0.5	0.06
T-Fe	mg/l	0.31	0.22	－	－	
D-Fe	mg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.5	< 0.5	< 0.1
Cu	mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.05
Ni	mg/l	< 0.1	< 0.1	－	－	
T-Mn	mg/l	0.13	< 0.02	－	－	
D-Mn	mg/l	0.06	< 0.02	< 0.5	< 0.5	0.03
T-Cr	mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.2	< 0.2	< 0.05
ﾉﾙﾏﾙﾍｷｻﾝ抽出物質量	mg/l			0.8	< 0.5	< 1
フェノール含有量	mg/l			< 0.5	< 0.5	< 0.2
フッ素含有量	mg/l			< 0.5	< 0.5	< 0.2
大腸菌群数	個/ml			95.4	0	< 300
シアン化合物	mg/l			< 0.1	< 0.1	< 0.1
六価ｸﾛﾑ化合物	mg/l			< 0.05	< 0.05	< 0.02
砒素及びその化合物	mg/l			< 0.01	< 0.01	< 0.005
総水銀	mg/l			< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
ｱﾙｷﾙ水銀化合物	mg/l			< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
ＰＣＢ	mg/l			< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
亜硝酸性窒素	mg/l					< 0.01
硝酸性窒素	mg/l					4.6
ケルダール窒素	mg/l					0.2

第3.5.1-14表　ごみ１トンを埋め立てた際に放流される放流水に含まれる環境負荷量

ＣＯＤ	16.30855 g/t	Pb	< 0.019205802 g/t
ＢＯＤ	< 6.669819 g/t	Zn	< 0.038411604 g/t
SS	< 19.2058 g/t	T-Fe	0.493610458 g/t
NH3-N	< 0.394904 g/t	D-Fe	< 0.096029011 g/t
T-N	11.12165 g/t	Cu	< 0.192058022 g/t
Cl	2211.465 g/t	Ni	< 0.192058022 g/t
Ca	1650.213 g/t	T-Mn	< 0.125290594 g/t
T-P	< 0.206602 g/t	D-Mn	< 0.070003964 g/t
Cd	< 0.038412 g/t	T-Cr	< 0.192058022 g/t

3.5.2　産業廃棄物

（1）産業廃棄物処理・処分の概要

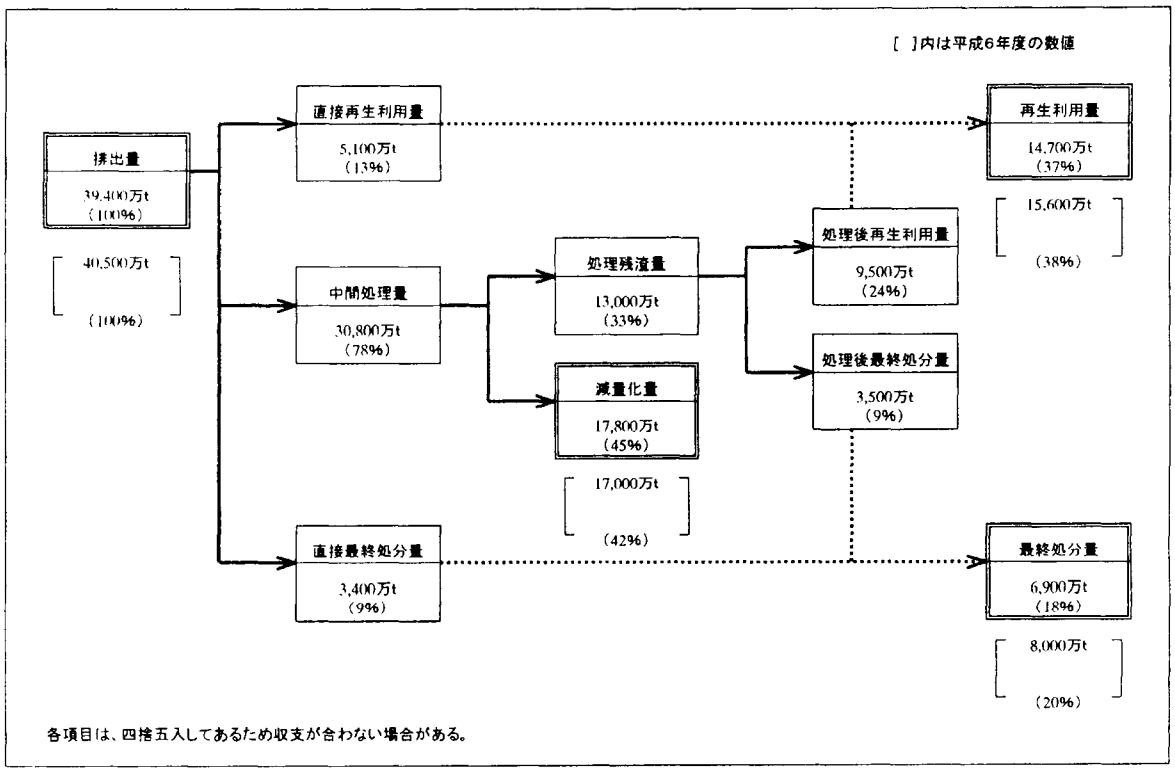
a．産業廃棄物の定義と種類

廃棄物の処理及び清掃に関する法律においては、「産業廃棄物」とは「事業活動に伴って生じた廃棄物のうち、燃え殻、汚泥、廃油、廃酸、廃アルカリ、廃プラスチック類及びその他政令で定める廃棄物」、と定義されており、政令では紙くず・木くず・繊維くず・食品残さ等（以上業種指定あり）、ゴムくず、金属くず、ガラスくず等、鉱さい、建築廃材等、動物のふん尿、動物の死体などが指定されており、全体で１９種類となつている。

b．産業廃棄物の発生量とその処理・処分状況

平成１０年１０月に厚生省より発表された資料によると、平成７年度における産業廃棄物の排出量は3億9,400万tであり、この内、汚泥の排出量が最も多く1億8,551万トン（全体の47.1%）、次いで動物のふん尿が7,300万トン、建設廃材が5,846万トンとなつており、この３品目で全排出量の約8割を占めている。第3.5.2-1表に業種別の排出量を、第3.5.2-2表に種類別の排出量をそれぞれ示す。

総排出量のうち、中間処理されたものは3億800万トン、直接再生利用されたものは5,100万トン、直接最終処分されたものは3,400万トンとなつている。我が国における平成７年度の産業廃棄物処理の状況を第3.5.2-1図に示す。



第3.5.2-1図　平成７年度の産業廃棄物処理の状況

第3.5.2-1表　産業廃棄物の業種別排出量（平成７年度）

業種	平成６年度		平成７年度	
	排出量（千t）	割合（%）	排出量（千t）	割合（%）
農業	74,878	18.5	73,336	18.6
林業	0	0.0	0	0.0
漁業	71	0.0	68	0.0
鉱業	30,793	7.6	27,717	7.0
建設業	76,931	19.0	75,201	19.1
製造業	139,033	34.3	130,910	33.2
食料品	11,856	2.9	10,514	2.7
飲料・飼料・たばこ	7,377	1.8	6,253	1.6
繊維工業	1,457	0.4	1,483	0.4
衣服・その他の繊維製品	179	0.0	190	0.0
木材・木製品	4,377	1.1	3,989	1.0
家具・装備品	468	0.1	468	0.1
パルプ・紙・紙加工品	24,917	6.1	25,879	6.6
出版・印刷・同関連	846	0.2	953	0.2
化学工業	17,928	4.4	18,807	4.8
石油製品・石炭製品	812	0.2	730	0.2
プラスチック製品	1,321	0.3	1,276	0.3
ゴム製品	282	0.1	303	0.1
なめし革・同製品・毛皮	156	0.0	138	0.0
窯業・土石製品	19,425	4.8	15,738	4.0
鉄鋼業	30,081	7.4	27,051	6.9
非鉄金属	3,416	0.8	3,578	0.9
金属製品	3,771	0.9	3,103	0.8
一般機械器具	1,576	0.4	1,834	0.5
電気機械器具	3,741	0.9	3,621	0.9
輸送用機械器具	3,992	1.0	4,018	1.0
精密機械器具	179	0.0	221	0.0
その他	876	0.2	762	0.2
電気・ガス・熱供給・水道	74,610	18.4	77,635	19.7
運輸・通信業	1,054	0.3	971	0.2
卸売・小売業	5,454	1.3	5,716	1.5
サービス業	2,200	0.5	2,245	0.6
公務	429	0.1	12	0.0
合計	405,455	100.0	383,812	100.0

＊各業種の産業廃棄物排出量は、四捨五入してあるため合算した値は合計値と異なる。

第3.5.2-2表　産業廃棄物の種類別排出量（平成７年度）

種類	平成６年度		平成７年度	
	排出量（千t）	割合（%）	排出量（千t）	割合（%）
燃え殻	4,413	1.1	3,258	0.8
汚泥	184,127	45.4	185,508	47.1
廃油	3,062	0.8	3,173	0.8
廃酸	4,678	1.2	4,441	1.1
廃アルカリ	2,143	0.5	2,020	0.5
廃プラスチック類	5,771	1.4	6,253	1.6
紙くず	1,817	0.4	1,897	0.5
木くず	7,881	1.9	7,161	1.8
繊維くず	78	0.0	84	0.0
動植物性残査	4,376	1.1	3,961	1.0
ゴムくず	82	0.1	87	0.0
金属くず	6,499	1.6	6,482	1.6
ガラスくず及び陶磁器くず	6,431	1.6	6,067	1.5
鉱さい	31,117	7.7	24,242	6.2
建設廃材	60,238	14.9	58,460	14.8
動物のふん尿	74,553	18.4	72,996	18.5
動物の死体	132	0.0	145	0.0
ばいじん	8,054	2.0	7,578	1.9
合計	405,455	100.0	393,812	100.0

＊各業種の産業廃棄物排出量は、四捨五入してあるため合算した値は合計値と異なる。

c．産業廃棄物処理・処分施設の状況

平成８年４月現在において許可を受けた産業廃棄物処理施設の数は、全体で14,473施設となっている。第3.5.2-3表に産業廃棄物の種類毎の処理施設数を示す。

この内、産業廃棄物最終処分場は2,732施設であり、その残余容量は2億984万m^3で前年比1.21%減少しており、残余年数も全国平均で3.0年分となつている。特に大都市圏では近畿圏が3.3年分、首都圏が1.1年分と極めて厳しい状況にある。

第3.5.2-3表　産業廃棄物の種類毎の処理施設数

業種	件数		平成７年度		
	平成８年４月１日現在	前年度調査結果	新規施設数	変更許可数	廃止施設数
中間処理施設	11,741	11,226	905	68	390
汚泥の脱水施設	6,449	6,250	431	23	232
汚泥の乾燥施設（機械）	205	192	19	0	6
汚泥の乾燥施設（天日）	97	95	2	1	0
汚泥の焼却施設	551	529	37	4	15
廃油の油水分離施設	289	287	9	0	7
廃油の焼却施設	560	535	35	8	10
廃酸・廃アルカリの中和施設	180	177	8	1	5
廃プラスチック類の破砕施設	345	301	51	2	7
廃プラスチック類の焼却施設	2,325	2,170	244	17	89
コンクリート固形化施設	52	54	0	0	2
水銀を含む汚泥のばい焼施設	5	5	0	0	0
シアンの分解施設	274	275	5	2	6
その他の焼却施設	409	356	64	10	11
最終処分場	2,732	2,720	137	89	129
しゃ断型処分場	43	40	3	0	0
安定型処分場	1,688	1,676	102	53	92
管理型処分場	1,001	1,004	32	36	37
合計	14,473	13,946	1,042	157	519

（２）原単位調査

ａ．調査の概要

今年度の産業廃棄物に係る原単位調査に当たっては、汚泥の処理・処分についてのデータ収集を計画し、中間処理施設保有業者２社、最終処分施設保有業者２社の計４社に協力を要請したが、折からの所沢のダイオキシン問題等もあり、最終的にデータの提供を承知した業者は中間処理施設保有業者１社のみであった（３月末現在、データは未入手）。

3.6 まとめと今後の方向

ＬＣＡはライフサイクルアセスメントの名のように、製品やシステムに対してそのライフサイクルを通じての環境負荷を列挙し、それらが総体として地球環境へ及ぼす影響を評価する方法である。そのためには、ライフサイクルの始まりである地球環境からの資源等の採掘・取り出しから始まり、製造、使用段階を経て、回収、処理され、最終的に地球環境に戻されるまでの、まさに「ゆりかごから墓場まで」が分析・評価の対象となる。しかし、これまで国内で実施されてきたＬＣＡの多くでは、使用後から最終処分に至るいわゆる「静脈部門」に関してはその複雑さと情報量の少なさから、動脈部門に対してかなり精度の落ちる過程のもとでインベントリーの積算が行われる傾向が強く、どちらかというとライフサイクル評価ではなく「半生」評価的になりがちな側面が強かった。

インベントリー研究会のＷＧ２（第二ワーキンググループ）の目標は、この静脈部門に関するインベントリー調査を容易にするための静脈部門の代表的なインベントリーデータの構築であり、同時に、それのデータをどのように取り扱うかという方法を明確にする事である。

計画の初年度に当たる本年度は、静脈部門のインベントリーのデータと方法を構築していく上での問題点を摘出することにＷＧ２の主眼を置いた。

3.1 では、製品のＬＣＡという立場からの静脈部門のインベントリーの位置づけと、現段階での静脈部門の組込みの問題点を総覧し、その静脈部門を、リサイクルへ向けたマテリアルフローと最終処分に至るマテリアルフローにわけ、3.2 および3.3 でそれぞれ、方法論およびデータ構築という視点から、現状と問題点の検討を進めた。同時に、データ構築にとっての基礎となり方法論確立の根拠となる基礎的なマテリアルフローとインベントリーデータに関する調査を並行して開始し、3.4 ,3.5 はそれらの調査の概略となっている。

3.1 の製品のＬＣＡからみた静脈部門のインベントリーの問題について以下の諸点が整理され、もしくは課題として明確になった。

1-1) 製品使用後の製品処理として、ユーザ処理、回収センター処理、再生センター処理、リサイクルセンターおよび中間業者扱いがある。
1-2) 特にユーザ処理は地方自治体での処理となり、製造者の責任としてそれらのデータも把握しておく必要があるが、現時点では困難であり、全国平均のパブリックデータが必要
1-3) 再生センター処理は製造側であるていど把握できる。回収センター処理に対する電力、燃料などの原単位が必要
1-4) リサイクルセンターおよび中間業者扱いでは、他品目の製品と素材が取り扱われており、フローを明確にする事が取り分けて必要とされている。
1-5) 製造側での特定化学物質削減の結果もでるＬＣＡの方法を検討する必要がある

3.2 静脈部門におけるＬＣＩの方法論に関しては、特にリサイクルの方法論としてリサイクル原料に対する負荷の割り当ての方法について検討し、また、最終処分に至る過程としてそのプロセスを分析しさらにそれらのInput Outputの要因の摘出を行った。その結果として、以下の諸点が明らかにされている。

2-1) リサイクルに関する環境負荷の按分を複数のケースで検討したが、二次材料の負荷データは按分方法により大きく異なり現時点で推奨しうる方法は存在しない。

2-2) 生産システムの目的として経済的価値が重視されるので、それを分析方法に折り込むことが適切であるとも考えられるが、経済的価値には変動が大きく、データベースとしての数値算定の基準としての便宜性とはあいいれない。

2-3) 廃棄工程のプロセスにおいて、本来対象の異なる「産業からの固形廃棄物」と「消費後の固形廃棄物」が「固形廃棄物」と一括して扱われる混乱が見られる。

2-4) ＬＣＩの取り扱いで、収集・運搬→中間処理→最終処分の区別を明確にすべきである。特に、焼却は中間処理である。

2-5) 焼却等の中間処理、埋め立て等の最終処分のLCIにおいて「物質由来」と「プロセス由来」に分割して考える必要がある

2-6) 廃棄過程の方法論的問題として、空間的問題、時間的問題、インベントリーの対象とする負荷項目を検討する必要がある

3.3 のインベントリーデータの考え方では、上記の方法論の検討と結びついた具体的なデータの可能性を検討した。その結果として、現時点で出されてきた方向性は以下のようなものである。

3-1) 廃棄物処理における物質由来とプロセス由来を分離したシステムでのデータベースを構築していく必要がある。

3-2) 焼却工程に関しては学会などでの検討が進んでおり、モデル化できる可能性がある。

3-3) 廃棄物処理設備、リサイクル設備の側から設備の区分にもとづきインベントリーデータを整備していくことが重要である。

3.4 および3.5 では、データベース構築のための基礎となるべきデータの調査を先行的に実施したが、現時点においてもマテリアルフローや廃棄過程での処理の基礎データとなりうる量的関係をある程度把握することができてきている。

4-1) 金属、ガラスを中心とした物質の静脈側マテリアルフローでは、これまで材料によってばらばらに行われていたマテリアルフローの調査を、鉄、アルミ、銅、亜鉛、鉛、白金、錫、クロム、ニッケル、ガラスの計10品目に対して同一の方法で、調査・整理することができた。

4-2) 一般廃棄物の処理に関するデータも傾向の異なる複数のシステムからのデータ取得がすすみ、学会等で報告されているモデルと結合できる可能性が明らかになってきつつある。

また、この一年間の、ＷＧ２の活動を通じて、今後明確にすべき諸点が明らかになってきている。それらの主なものは以下のとおりである。

0-1)　「廃棄」、「廃棄物」、「静脈側」、「中間処理」などのターミノロジーの整理：
すなわち、用語の統一、カテゴリーの分類構造化、ＷＧ１との整合性などＬＣＡの中での推奨的用語使用方法

0-2)　廃棄物処理インベントリーデータのモデル化の着手
焼却工程におけるモデル化の具体化、および、廃棄物処理設備からの操業データの検討

0-3)　静脈部門のインベントリーデータのデータ構造の明確化
データフォーマット（動脈部門と同一　or not）、データ項目（動脈部門と同一or not）

さらに、今後の活動の方向も考えて、ＬＣＡの実施の上でこれまで漠然とした問題意識であった基本的な部分の問題点のひとつが、ＷＧ２の議論の中で明らかになりつつあることを紹介しておく。それは、「現行のＬＣＡが循環型対応の技術を積極的に評価しうるＬＣＡとなり得ているか」という問題である。

それは、具体的には「**『何も手を施さないこと』をどのようにＬＣＡに組み込むか**」ということになり、最終処分の面からは、「未処理でのシステム外への排出」、リサイクルの面からは「勝手にリサイクル」として現れる。

「**未処理でのシステム外への排出**」の問題とは、最終処分に至る廃棄物処理プロセスが動脈部門と同様に加算的に取り扱われるため、他段の処理を重ねて無害化をすすめるより、処理プロセスを簡略化したほうが環境負荷が小さいかのようなＬＣＡの結果が出てしまうということであり、その典型が、製品をそのまま投棄すればその重量分の固形廃棄物としてしかカウントされないというケースとなって現れる。これは、特に、CO2など少ない物質に環境負荷項目を限定した場合に顕著にでてくる。いわゆる「正直者が損をする」ケースの典型である。その原因に言及するために、まとめでありながら敢えて製品のライフサイクルでの環境負荷を第3-6-1図に示す。ここで製造および使用段階まではグラフの傾きを除いて大きな異論は無いものと考えられるが、使用後の廃棄段階をどのように表現するかが問題となる。常識的には、使用後の製品をそのまま未処理で投棄することほど環境負荷が大きくなり、分別、焼却、安定化処理などを経て最終処分へと向かうプロセスは環境負荷を低減させていくプロセスであるはずである（図中濃い矢印）。しかし、ＬＣＡの加算性をそのまま適用して個々のプロセスのインベントリーデータの累算を行うならば、図中の薄い矢印のようにプロセスを付加するごとに環境負荷が増大したかのようになってしまう。このため、廃棄物処理プロセスはできるだけカウントしないほうがあたかも環境負荷がちいさいシステムであるかのような誤解を与え、ひいては、これらのプロセスのインベントリーデータの提供を消極的にする原因にもなっている。

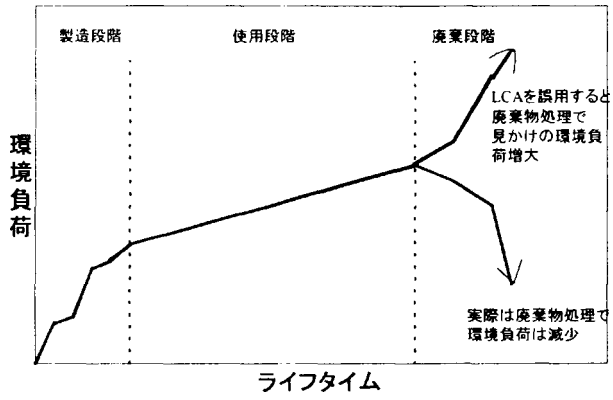


図3-6-1 ライフサイクルでの環境負荷

この問題は、根本的には、ＰＲＴＲなどとも連携して、①無害化処理に要するプロセスを必ず付加する、もしくは、②全ての製品がそのまま投棄され高温多湿の湿潤環境に曝されたり野焼きされるなど厳しい条件のもとでの環境ストレスホテンシャルを算定する手法を確立し、中間処理プロセスはその環境ストレス因子を少なくしていくプロセスとして扱う、などの手法をとるべきであろうが、このようなＬＣＡ全体の方法論にかかわる部分までＷＧ２単独で扱える部分か否かは、今後議論を継続していく必要があるものと思われる。少なくとも、静脈工程のインベントリーデータはこのような特徴を考慮したものでなければならず、単に、処理プロセスの燃料や動力源の投入と水質、大気への排出物だけではなく、処理能力を加味したデータ表現の可能性を追及していく必要があるものと考えられる。また、それは、製造段階におけるPbの削減などの有害成分排除の努力を反映していく方法とも結び付けられるものとしていく必要がある。

「勝手にリサイクル」とは、少々厳しすぎる言いかただが、ＬＣＡの実践の中では具体的なマテリアルフローのデータがないために時として悪意なく採用される妥協である。これは、「どこまで責任を持つか」、と「リサイクル率をどうとるか」との二つの妥協のし方がある。「どこまで責任を持つか」では、

①素材構成量を明らかにし、それに素材のリサイクル率をかける
②分別可能量を明らかにし、それに素材のリサイクル率をかける
③分別結果の回収量を把握し、それに分別物からのリサイクル率をかける
④再生処理に回された量、および、そこからの素材回収量を把握する

このいずれの方向がより妥当であり、また、どの方法がよく採られているかは明らかであろう。ここで、①の方法を採られた場合、どんなに優れた循環型指向の分別・

回収システムをそれに付加しても、あたかも環境負荷が増大したかのように数値的には表れてきてしまう。

「リサイクル率をどうとるか」も大きな落とし穴がある。具体的数字として自動車のアルミニウムの例で示すと（鉄、銅、ガラス、紙などもいずれも同様にチェックしてみる必要がある）、

①アルミニウムは金属として再生できるから理論リサイクル率として100%を使用
②日本の現実の二次地金使用率約55%(1995年)を使用
③同上のスクラップ依存率約35%を使用
④自動車用材の回収率30%を使用
⑤自動車製品からの回収率20%を使用
⑥使用済み自動車からの回収率を使用

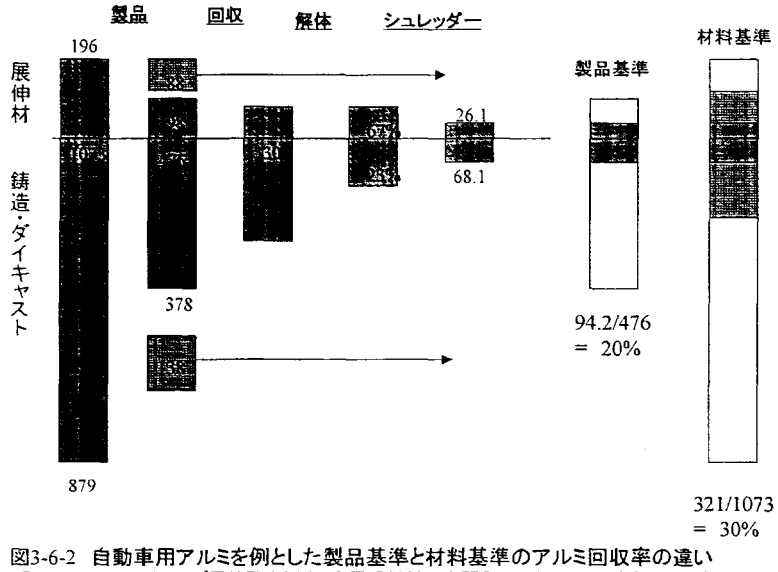


図3-6-2 自動車用アルミを例とした製品基準と材料基準のアルミ回収率の違い
「アルミニウムスクラップ需給動向調査」金属系材料研究開発センター(1995)をもとに作成
単位は1000t/年

このうち、①から③が製品（この例では自動車）の実情を反映しない「勝手にリサイクル」であるために、循環型対応の製品回収システムのＬＣＡに用いることができないことは明らかである。④はアルミ缶など製品によっては③を上回る数値を示しているものもあり、比較的精度の高いＬＣＡではよく用いられている。しかし、第3-6-2図に示すように、自動車用材料として製造されたアルミから回収されるアルミには、自動車とならなかった加工屑が多数含まれている。これを「材料基準のリサイクル率」とよぶなど自動車となったものからの回収、「製品基準のリサイクル率」とは区別していく必要がある。特に、現時点での材料リサイクルは管理のしやすい加工屑、自家発生屑がほとんどであり、ＬＣＡの「使用後」のステージとして求められる老廃屑のリサイクル率は現実にはほとんど把握されていない。さらに、自動車などの場合は比較的少ないと思われるが、全く使用されずに廃棄されている製品の比率が無視できない分野もあり、「使用後」のステージのマテリアルフローの把握において、今後以上の観点を明確にしつつ取り組んでいく必要があろう。

1999年度には、これらの論点を整理しつつ、循環型システムが評価できる静脈部門のインベントリーを目指し、

（1） 廃棄物処理工程のインベントリーのデータ構造と他段階のインベントリーとの結合様式

（2） リサイクルに関するインベントリーデータとは何か、それの組み込み方を明確にする方向で議論が進んでいくことが期待される。

（文責　ＷＧ２主査：原田幸明）

第III編

ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ研究会活動結果

要旨

データベース研究会では、インベントリデータ入力フォーマットの検討、およびＬＣＡデータベースシステムの開発に着手した。

インベントリデータ入力フォーマットの検討では、既存のＬＣＡソフトウェアやＬＣＩデータ交換用フォーマットとして提案されているデータフォーマット、ISO 14040 および ISO 14041 からの要件、また企画小委員会からの提案を考慮に入れ、本プロジェクトに適したＬＣＡデータフォーマットについて検討した。なお、このフォーマットに関しては、他の研究会からの意見も取りいれ、今後更に改良を加えていく必要がある。

ＬＣＡデータベースシステムについては、ハードウェア、ソフトウェアを含めた全体構成を検討し、構成要素の中のより中心的な部分の開発を行った。

ＬＣＡデータベースシステムは、主に、データ入力ソフトウェア、データ提供用サーバ、データベースサーバから構成される。データ入力ソフトウェアは、上述のＬＣＡデータフォーマットを基に、ＬＣＡデータ作成者のデータ入力を支援することを目的に開発した。データ提供用サーバは、収集されたＬＣＡデータをインターネットを介して公開する際に、ＬＣＡデータ利用者がアクセスするためのサーバである。今年度は、後述するデータベースサーバとのインターフェースの構築を行った。データベースサーバは、収集されたＬＣＡデータを格納し、データ提供用サーバからの検索・データ提供の依頼に応じて、結果をデータ提供用サーバに返す機能を持つ。今年度は、データベースサーバとしての基本的な機能を構築し、その機能の確認を行った。

以上のシステムは、今後、ＬＣＡデータフォーマットの変更等が予想されるために、未構築部分の開発とともに、改良していかなくてはならない。

第１章　インベントリデータ入力フォーマットの検討

1.1 各種LCAデータフォーマットの検討結果と適正フォーマットの提案

LCAでは様々な産業のインベントリを必要とするため、標準のインベントリデータベース（以下、パブリック・データベースとよぶ）の整備が切望されている[1]。パブリック・データベースを構築するには、透明性と品質を規定したデータフォーマット（必要データ項目の仕様、以下、フォーマットとも略す）の統一が不可欠である。そのためには、たたき台となるフォーマット案を提示し、多くのインベントリ提供者やLCA研究者の合意を得る必要がある。

データベース研究会では、ISO 14040／14041の要件、いくつかのLCAソフトのデータフォーマット、SPOLDフォーマットおよびBUWAL 250の方法論などを検討し、日本に適したフォーマット案を提示した。本章では、その調査結果と適正フォーマットの考え方を報告する。なお、本章のデータフォーマットとは、投入資源や排出物といった入出力データだけでなく、データ品質なども含めた広範囲な情報を含んだ仕様を指す。

1.1.1 ISO 14040／14041の要求データ項目

LCAは目的指向のシステム分析手法であり[2]、LCA委託者や実施者の考え方が大きく影響する。1997年／1998年と相次いで発行されたISO 14040（原則と枠組み）／14041（目的、調査範囲、インベントリ分析）では、LCAが第三者の批評（クリティカルレビュー）に耐えられるような要件を規定している[3),4)]。

このISO規格の要件は[2),5)]、データフォーマットの観点からみると、第1.1.1-1表に示すように、①LCAの目的と調査範囲、②インベントリのデータ品質に大別でき、その妥当性は、「LCAの解釈」において繰り返し検証される[6]。要件の中には定量化が難しく具体的に記述しづらい内容もあるが、今後、LCAの実務を通して理解が深まるであろう。

第1.1.1-1表　ISO 14040／14041の要件（データフォーマット関連）

項目分類		要件項目	補足説明
①目的と調査範囲	目的	実施理由	具体的に明確化
		結果の用途	どのように使う，どのように使わない
		対象報告者	LCA委託者など
	調査範囲	製品システムの定義	名称，機能，性能の明確化
		製品システム境界	時間／空間／技術（プロセス等）の境界，フロー図
		機能単位	機能の定量化，比較評価で重要
		データ項目	インベントリに要求されるデータ項目
②インベントリデータ品質	有効範囲	時間，地理，技術	いつ，どこのデータ，製品システムの利用技術
	信頼性の評価	精　度	例：データの幅（分散，変動係数，確率分布など）
		カットオフ	基準：質量／エネルギー／環境（危険性）
		配　分	手順：境界見直し／質量／エネルギー／経済性
		感度分析	誤差，カットオフ基準，配分の影響を把握
	収集状況と検証	完全性	評価可能なプロセスの全体に対する割合 例：対象プロセスの70%を把握
		代表性	対象プロセス標本の母集団に占める割合 例：全国の高炉の80%を把握
		整合性	データ項目内容の均一性（定性的）
		再現性	第三者による結果の再現性（定性的）

1.1.2 LCAソフトのデータフォーマット例

現在、英語圏で流通しているLCAソフトは37種類以上にもなり[7]、研究用や日本語圏のLCAソフトも含めると、全世界では100種類を超えるであろう。先行するLCAソフトのデータフォーマットを調査することは、今後の適正フォーマットを作成する上で有効である。しかし、すべてを対象とすることは困難なので、日本において比較的利用されていると思われる三つのLCAソフト、すなわち、NIRE-LCA Ver.2.1（工技院資源環境技術総合研究所）[8),9)]、TEAM Ver.2.5（エコビラン社）[10)]およびSimaPro Ver.4.0（プレ・コンサルタント社）[11)]のデータフォーマットについて報告する。

(1) LCAソフトのデータフォーマットの特徴

LCAソフトのデータフォーマットはソフトの数だけあるが、その大枠の構造には共通点があり、①プロジェクト情報と②インベントリ情報に大別されると思われる。

プロジェクトとは対象とするLCA全般を指す総称で、例えば、「冷蔵庫のLCA」のプロジェクトとか「乗用車のLCA」のプロジェクトといった意味に使われる。プロジェクト情報を特徴づける項目には、目的と調査範囲、機能単位、実施期間、実施者などがある。

インベントリは、製品システムの入出力データである。ただし、インベントリだけでなく、他のプロセスとの関連やデータ品質を示す情報も必要なため、本章ではインベントリ情報とかインベントリデータセットともよぶ。

調査したLCAソフトのプロジェクト情報およびインベントリ情報の概要を、第1.1.2-1表にまとめる。これらのLCAソフトはISO 14040／14041が制定される前に開発されており、その要件のすべてを取り入れてはいない。今後のLCAソフトでは、ISO規格に準拠したデータ項目も追加されるであろう。

第1.1.2-1表　LCAソフトのデータフォーマットの比較

	ISO 14040／14041 の要件	LCA ソフト の主なデータ項目		
		NIRE-LCA Ver.2.1	TEAM Ver.2.5	SimaPro Ver. 4.0
①プロジェクト情報	目　的	記入項目なし	目的，委託者，担当者，機密性	コメント欄に一括記入
	調査範囲	同上	機能単位，経過	同上
	収集状況と検証	同上	記入項目なし	同上
②インベントリ情報	有効範囲	タイトル／メモ欄に一括記入	技術，特徴，出所，経過，コメント	期間，場所，技術，出所，経過，コメント
	信頼性評価	同上	記入項目なし	配分のコメント
	収集状況と検証	同上	記入項目なし	収集方法，代表性，検証，責任者
	入力データ項目	原材料(要素) 中間製品サブシステム	原材料(要素) 中間製品サブシステム	原材料(要素) 中間製品サブシステム
	出力データ項目	主製品，副産物， 大気圏／水圏排出物， 固体排出物，減算製品	同左＋ 保有エネルギー	主製品，副産物， 大気圏／水圏／土壌 排出物，処理廃棄物， 非物質排出，減算製品

*1) NIRE-LCAではプロジェクトとインベントリの区別はなく，プロジェクト情報をインベントリ情報に含めることもできる．

(2) NIRE-LCA Ver. 2.1 (NIRE-LCA2)

工業技術院資源環境技術総合研究所（NIRE）で開発された NIRE-LCA Ver.1 は日本初の本格的な積み上げ方式の LCA ソフトで、日本語 MS-DOS 上で利用できる[8]。国内の燃料／電力／素材製造などのインベントリがプロセスツリーとともに理解でき、学習・研究用として有益なソフトである。NIRE-LCA Ver.2（以下、NIRE-LCA2 とよぶ）は、Ver.1 のユーザーインターフェースを改良した Windows3.1／95／NT 版である[9]。

NIRE-LCA2 は Ver.1 からデータフォーマットをほとんど変更していないため、後述する市販の最新 LCA ソフトに比べ簡単な構造になっている。

前表で示したように、明確なプロジェクト情報の記入欄はない。

第 1.1.2-2 表に NIRE-LCA2 のインベントリ情報の項目をまとめる。必要最低限の情報のみを入力する構造になっている。なお、表中のインベントリ情報の分類は、後述する SPOLD フォーマットの分類に従っている。

第 1.1.2-2 表　NIRE-LCA Ver.2.1 (NIRE-LCA2) のインベントリ情報の項目

分　類	項　目	補足説明，例
データセットの識 別	タイトル	文献名，　例：環境管理，Vol.31，No.6(1995)，p79
	メモ	各項目の補足説明など
	細分類【大】	例：資源，エネルギー，輸送，鉄鋼，非鉄金属，石油・石油化学，プラスチック類，窯業・土木，紙・木材，なし
	細分類【小】	例：非鉄金属→銅，アルミニウム，鉛・亜鉛，その他，なし
入力データ	原材料名	資源／素材／製品／エネルギーなど 実際のデータ入力は，名前，量，単位の三項目（以下，同様）
	参照DB	サブシステム（入出力データやサブシステムをもつ入れ子構造）
出力データ	主製品	製品システム名＋段階（製造，使用，廃棄等）＋国コード＋出典コード
	副産物DB	サブシステム，減算の対象になる
	副産原材料	減算の対象にならない
	大気圏排出物	
	水圏排出物	
	固体排出物	土壌への流出／埋立地等堆積の区別なし

(3) TEAM Ver. 2.5 (TEAM2)

TEAM Ver.2.5（以下、TEAM2 とよぶ）はフランスのエコビラン社の製品で、Windows95／NT 上で動く[10]。その特徴は、オブジェクト指向型データベース構造を取り入れたこと、柔軟な視覚化されたシステム構築インターフェース、グラフ化／パラメータースタディ／感度分析／様々な影響評価指標の計算など分析ツールとしての充実した機能にある。一方、付属データベースは集計済みの基本プロセスの形式で与えられており、NIRE-LCA2 のようにプロセスツリーで追うことはできない。また、今のところ、TEAM2 では日本語の入力ができないため、すべて英語で記述する必要がある。

TEAM2 のプロジェクト情報の項目を第 1.1.2-3 表にまとめる。既に ISO14040／14041 の要件がある程度含まれている。

第 1.1.2-4 表に TEAM2 のインベントリ情報の項目をまとめる。

なお、TEAM2 では、要素（原材料、排出物）、製品システムの分類・付加情報を名前の中に盛り込んでおり、名前をみれば一目で要素や製品システムの特徴が理解でき

る。その情報の付け方の規則には、次のようなものがある。

①付加情報は、() の中、または、: の後に付ける。
②資源、大気圏／水圏／土壌／固体排出物は接頭語で区別する。
例： (r) Coal (in ground)　　ここに、r：resource（資源）
(a) Carbon Monoxide (CO)　　ここに、a：atmosphere（大気圏）
(w) COD　　ここに、w：water（水圏）
(s) Oil (unspecified)　　ここに、s：soil（陸圏／土壌）
Waste： Slag and Ash (unspecified)
③製品システムは、接頭語に分類コード（例：欧州コード）を付けて区別する。
例： 401 Electricity (France, 1994)： Production

一方、NIRE-LCA2 や SimaPro4 では、原則として名前の中に上述のような分類情報は含めず、他に分類メニュー画面が用意されている。この分類方法の違いは、データが増加したときの検索効率（使い勝手）に影響すると思われる。

第 1.1.2-3 表　TEAM Ver. 2.5（TEAM2）のプロジェクト情報の項目

分　類	項　目(英文)	項　目(和文)	補足説明，例
Name 名称	Project Name	プロジェクト名	例:Refrigerator LCA in 1995
	Project Number	バージョン番号	
General 一般情報	Purpose	プロジェクトの目的	
	Functional Unit Description	機能単位の記述	
	Comments	一般情報のコメント	
Client 委託者	Created For	委託者の目的	
	Company Name	委託者名	
	Contacts	連絡先	
	Joint Companies	協力団体	
Confidentiality 機密性	Confidentiality Level	機密性のレベル	例: レベル0, 1, 2, …
	Confidentiality Description	機密性の記述	
Tracking 経過	Project Start Date	プロジェクト開始日	
	Project Finish Date	プロジェクト終了日	
	Model Creation Date	モデル作成日	
	Model Last Saved Date	モデル最終保存日	
	Associated Reports Documents	関連ドキュメント	
Staff 担当者	Defined By	担当組織名	
	Project Leader	プロジェクト・リーダー	
	Project Team	プロジェクト・チーム	
	Validator	検証者	
	Peer Review Team	同業批評チーム	

第 1.1.2-4 表　TEAM Ver. 2.5 (TEAM2) のインベントリ情報の項目

分　類	項　目(英文)	項　目(和文)	補足説明，　例
1. Identifcation データセットの 識別と付加情報	Data Set Type	データセットタイプ	基本プロセス／システム
	Data Set Name	データセット名	例:101 Coal: Production
	Process/Operations Description	製造技術などの記述	例: Mining: underground: 85%, surface: 15%
	Comments	コメント欄	例:輸送情報など
	Data Characterization	データの特徴	例:有効期間，地域など
	Sources	データの出所	例:Buwal 132 (1991)
	History	データの経過／履歴	例:変更年月日，記入者名など
2. Inputs, Outputs, Reminders 入出力データ その他	Article Type (I, O, R)	要素のタイプ	I:Inflows(資源，ｴﾈﾙｷﾞｰ，素材等) O:Outflows(製品，排出物) R:Reminders(保有ｴﾈﾙｷﾞｰ等)
	Flow Name	フロー名	要素の名称
	Information	フロー情報	コメント欄
	Connection	他システムとの結合	結合:1，　未結合:0
	Function Flow	機能フロー	製品／副産物:1，　それ以外:0
	Units	単位	要素の定義時に，単位も定義する
	Value	量	Formula 欄から間接入力
	Formula	式	計算式を入力，結果が Value へ
	Current Value	現在の量	集計時の量，計算前は0 参照フローの量に依存する

(4) SimaPro Ver. 4.0 (SimaPro4)

SimaPro Ver.4.0 (以下、SimaPro4 とよぶ) は、オランダのプレ・コンサルタント社の製品で、SimaPro4 から Windows3.1／95／NT 版となった[1]。SimaPro4 の特徴は、わかりやすいユーザーインターフェースとマニュアル、応答性の良さ (集計やグラフ化が速い)、整理された付属データベースなどだが、特にいち早く SPOLD フォーマットを採用したことが特記される (正確には、旧 SPOLD フォーマット準拠)。

SimaPro4 のプロジェクト情報の記述項目は、プロジェクト名とコメントのみで TEAM2 と比べ簡略化されている。

一方、インベントリ情報の項目は、旧 SPOLD フォーマットに準拠しており、さらに一部の拡張も見られるため、記述項目は前述の二つの LCA ソフトに比べかなり多い。

SimaPro4 のインベントリ情報を第 1.1.2-5 表に示す。実際の付属データベースをみると、アロケーションや入出力データの上限値／下限値の情報はほとんどない。

なお、SimaPro4 も日本語によるデータ入力はできない。

第 1.1.2-5 表　SimaPro Ver.4 (SimaPro4) のインベントリ情報の項目

分　類	項目No.	項　目(英文)	項　目(和文)	補足説明, 例
Section A: Identification インベントリ・ データセットの識別	A0	Ref. code	識別コード	自動生成, 例:BUWAL25006555300015
	A1	Type	システムのタイプ	基本プロセス／システム
	A3/A4	Name	データセット名	例:Electricity Europe from coal
	A5	Time period	有効期間	例:1990-1994
	A6	Geography	場所	国, 地域,　例:Europe, Western
	A7	Technology	技術	利用している技術の記述
	A8	Representativeness	代表性	どのくらい代表的なデータか記述
	A9A	Date	入力年月日	自動生成(YYYY.MM.DD)
	A9B	Record	入力者情報	入力者名, 住所, 電話, FAX, Eメール
	A10	Generator	データ責任者	著者名, 住所, 電話, FAX, Eメール
	A11/A12	General reference and sources	データの出所	例:BUWAL 250 (1996), Part2
	A13	Collection method	収集方法	測定, 推定, 計算など
	A14	Data treatment	データの扱い	機密性の扱いなど
	A15	Verification	検証	他の文献からのクロスチェック結果など
	AS1	Comment	コメント	データセットの付加情報(拡張項目)
	AS2	Cluster	クラスター(集団)	グループ化(拡張項目)
Section B: System description & allocation システム・モデル	BS1	Specific Allocation	アロケーション	アロケーションルール
	—	System model ID	システムモデルID	
	—	Comment	コメント	
Section C:	Representation of the Process Tree, プロセスツリーの表現(図示), ソフト上で実現			
Section D: Inputs 入力データ	D1.2	Known inputs from nature resources	自然からの 投入資源	1レコードの入力項目は以下の通り ①資源名, ②投入量, ③単位, ④下限値, ⑤上限値, ⑥コメント
	D1.1.1	Known inputs from technosphere (materials/fuels)	産業圏からの 投入材料／燃料	サブシステム(プロセス)から参照 1レコードの入力項目は, 同上
	D1.1.2	Known inputs from technosphere (electricity/heat)	産業圏からの 投入電力／熱量	サブシステム(プロセス)から参照 1レコードの入力項目は, 同上
Section D: Outputs 出力データ	D2.2.1	Emissions to air	大気圏排出物	自然への出力, 出力項目は同上
	D2.2.2	emissions to water	水圏排出物	同上,　河川, 湖, 海洋への流出物
	D2.2.3	emissions to soil	陸圏排出物	同上,　土壌への浸出物
	DS1	Solid emissions	固形排出物	同上,　例:カレット, スラグ(拡張項目)
	D3.1	Non material emissions	非物質の排出	同上,　廃熱, 放射能, 騒音, 異臭など
	D2.1A	Known outputs to technosphere. Waste and emissions to treatment	産業圏への 処理廃棄物	管理する廃棄物, 出力項目は, ①廃棄物名, ②廃棄量, ③単位, ④下限値, ⑤上限値, ⑥処理方法, ⑦コメント
	D2.1B	Known outputs to technosphere. Products and co-products	産業圏への 製品／副産物	出力項目は, 下記の通り ①製品／副産物名, ②生産量, ③単位 ④単位の種類(質量, 容積), ⑤下限値 ⑥上限値, ⑦製品／副産物比率(%), ⑧小分類(燃料, 鉄など), ⑨コメント
	DS2	Known outputs to technosphere. Avoided products	産業圏への 減算製品	リサイクルによりインベントリ集計時 に減算される製品やプロセス (拡張項目)

1.1.3 SPOLDフォーマット

欧州のLCA普及団体SPOLDでは、1995年からインベントリデータセットの共通フォーマットの作成を始め、ペーパー版フォーマット（旧SPOLDフォーマット）と電子版フォーマット（新SPOLDフォーマット）を公表した[12]。現在、新SPOLDフォーマットについては、その仕様書およびデータ入力ソフトをインターネットからダウンロードできる[13]。ここでは、文献やダウンロードした資料を基にSPOLDフォーマットを検討する。

(1) SPOLDフォーマットの概要と課題

LCAソフトのデータフォーマットにはプロジェクト情報が含まれるが、LCAソフトから独立したSPOLDフォーマットではインベントリデータセットのみを対象とする。

SPOLDフォーマットの普及により、提供者からネットワークを介して適切なインベントリデータセットを選択し、データのインポート変換も容易に行えるようになることが期待されている。今後、期待通りのシステムが構築されるか未知数ではあるが、旧SPOLDフォーマットの公表（1996年）、新SPOLDフォーマットの公表とデータ入力ソフトの公開（1997年）およびネットワークの開設（SDN：SPOLD Data Network、1999年予定）と着実にプロジェクトは進んでいる模様である。

第1.1.3-1表に新旧SPOLDフォーマットの比較を示す[13]。旧SPOLDフォーマットでは、次の四項目（Section）に大別されていたので[1]、その分類に従った。

A：データセットの識別情報（Identification）
B：システムの記述および配分（System Description & Allocation）
C：プロセスツリーの図示（Representation for the Process Tree）
D：入出力データ（Input & Output）

ただし、大分類Cはプロセスツリーの図示でデータ入力項目とは直接関係ないので、表から除いた。項目数（Field）の規模で比較すると、旧SPOLDフォーマットでは約40項目であったのが、新SPOLDフォーマットでは約450項目と一桁も増加している。このため、新SPOLDフォーマットでは、入力を支援するデータ入力ソフトが添付されている。

以下、新SPOLDフォーマットの問題点をまとめる。

i）煩雑なデータ入力

必要事項をほとんど網羅しているが、変動係数／確率分布や細かなカットオフ対象分野など実際のデータ収集では困難を伴う項目が多く含まれている。

（平均充足率は、約20%といわれている。）

（サンプルデータセットが一つだけなので、記入内容がわかりづらい。）

ii）日本の実状とのミスマッチ

データ入力ソフトでは欧州の産業統計分類コードや製品名を使用しており、日本のユーザーにはなじみにくい。

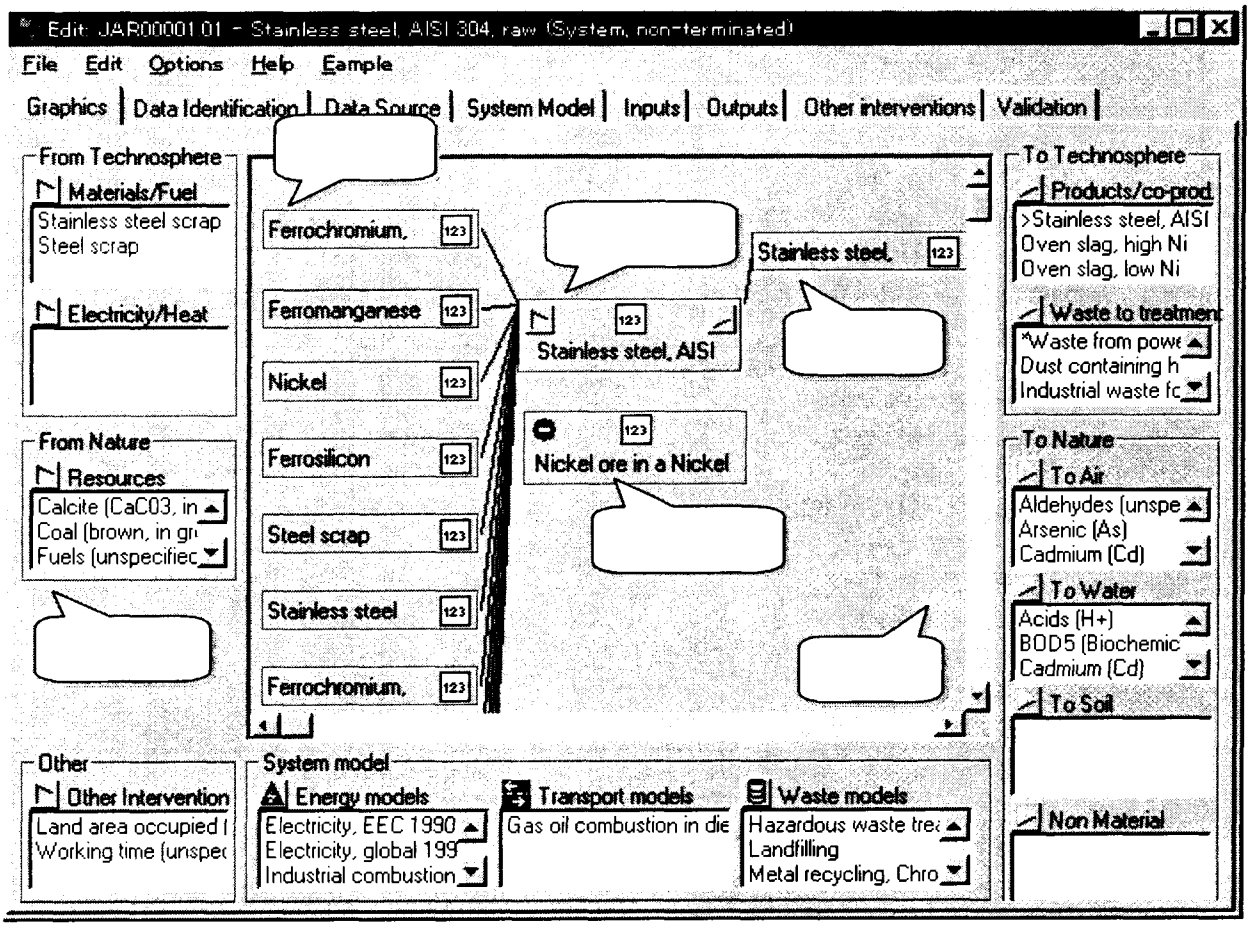
データ入力ソフトでは、日本語の入力ができない。

第 1.1.3-1 表　新旧 SPOLD データフォーマットの比較

新フォーマット(電子版)		旧フォーマット(ペーパー版)	
中 分 類 項 目 (Area name)	小分類項目 (Filed ID)	中分類項目 (Area name)	大分類項目 (Section)
DataSetInformation (データセット情報)	201 – 299	A1	
DataEntryBy (データセット編集者)	300 – 399	A9	
ReferenceFunction (参照機能)	400 – 599	A3.2,A4,A2,A3.1	
TimePeriod (データ有効期間)	600 – 659	A5	
Geography (地理的有効範囲)	660 – 689	A6	Identification
Technology (利用技術)	690 – 719	A7	データセット
Representativeness (代表性)	720 – 749	A8	の識別
DataGeneratorAndPublication (データ責任者)	750 – 799	A10, A11	
PrimarySources (一次情報源)	800 – 999	A12	
SecondarySources (二次情報源／文献)	1000 – 1199	A12	
Validations (検証結果)	5400 – 5799	A15	
SubsystemsCentralProcess (参照中心プロセス)	1200 – 1399	B1.1	
SubsystemsDelivering (子プロセス)	1400 – 1599	B1.2	
SubsystemsReceiving (親プロセス)	1600 – 1799	B1.3	
CutOffRules (カットオフ・ルール)	1800 – 1999	B2	System
Screenings (カットオフ・ルール検証, 環境危険性チェック)	2000 – 2199	B2.13	Description &
AvoidedSystems (減算システム)	2200 – 2399	B3.2	Allocation
Allocations (配分)	2400 – 2599	B3.3	システムの
EnergyModels (エネルギー・モデル)	2600 – 2799	B4	記述と配分
TransportModels (輸送モデル)	2800 – 2900	B5	
WasteModels (廃棄モデル)	3000 – 3199	B6	
Other (その他)	3200 – 3399	B7, B8	
InputsFromNatureRessources (投入資源)	3400 – 3599	D1.2	
InputsFromTechnosphereMateriels/Fuels (投入素材/燃料)	3600 – 3799	D1.1.1	
InputsFromTechnosphereElectricity/Heat (投入電力/熱量)	3800 – 3999	D1.1.2	
OutputsToTechnosphereProducts (主製品/副産物産出)	4000 – 4199	D2.1.1	Input &
OutputsToTechnosphereWaste (廃棄物処理)	4200– 4399	D2.1.2	Output
OutputsToNatureAir (大気圏排出物)	4400 – 4599	D2.2.1	入出力データ
OutputsToNatureWater (水圏排出物)	4600 – 4799	D2.2.2	
OutputsToNatureSoil (陸圏(土壌)排出物)	4800 – 4999	D2.2.3	
OutputsToNatureNonMaterial (非物質の排出)	5000 – 5199	D2.2.4	
OtherInterventions (その他の因子)	5200 – 5399	D3	

(2) 新 SPOLD フォーマットのデータ項目

第 1.1.3-1 図に新 SPOLD フォーマットに合わせたデータ入力ソフトの一画面を示す。この画面は前述の大分類 C（プロセスツリーの図示）に相当する。データセット提供者は、このソフトの一連の入力画面に従って、データを入力していけばよい。



第 1.1.3-1 図　新 SPOLD フォーマット用データ入力ソフトの一画面
（プロセスツリーの図示）

第 1.1.3-2 表～第 1.1.3-7 表に、新 SPOLD フォーマットのデータ項目の抜粋を示す。大分類（Section）は、旧 SPOLD フォーマットに合わせた。膨大な入力項目数ではあるが必要事項はほとんど網羅されており、データフォーマットを調査する上で欠かせない内容でもある。なお、表中のデータ型の意味は次の通りである（原文の表記とは若干異なる）。

Bool：ブール型（Yes／No の二者択一）、
Real 4：4 バイト実数型（単精度）、
Text X：文字数 X の文字列、
Int X：桁数 X の整数型
Dec 3.1：小数点付き 10 進数
Date 8：日付型（YY：MM：DD）

第 I. I. 3-2 表　新 SPOLD フォーマットの項目（大分類Ａ：データセットの識別、No. 1）

中分類	ID	小分類(フィールド名)	データ型	補足説明, 例
DataSet Information データセット識別情報	200	IndexNumber	Int 5	データセットID（保存ファイル名の一部）
	201	Type	Bool	データセットの種類：システム(0)／基本プロセス(1)
	202	Version	Int 2	バージョンNo.（保存ファイルの拡張子になる）
	203	EnergyValues	Bool	発熱量の定義：真発熱量(0)／総発熱量(1)
	204	TimeStamp	Date 8	データセット編集の最終年月日（YY：MM：DD）
DataEntry By データセット編集者情報	301	CompanyCode	Text 3	組織コード（保存ファイル名の先頭3文字），　例：JEM
	302	Name	Text 40	データセット編集者（≠インベントリー作成＆責任者）
	303	Address	Text 255	同編集者の住所
	304	Telephone	Text 12	同電話No.，　例：81338320515（先頭は国No.）
	305	Telefax	Text 12	同FAXNo.，　例：81338322774（先頭は国No.）
	306	Email	Text 80	同電子メール・アドレス，例：xxx@jemai.or.jp
Reference Function 参照機能	400	DataSetRelatesToProduct	Bool	製品関連情報：製品データセット(1)／その他(0)
	401	Name	Text 80	データセット名（通常，製品システム名）
	402	IncludedProcess	Text 80	内包する一連のプロセス，　例：from cradle to gate
	403	Unit	Text 20	製品システムの（機能，生産）単位，　例：kg
	404	Amount	Real 4	製品システムの量，　例：1.0
	501	StatisticalClassification	Int 8	EU 統計分類コード (NACE, CPA 等)，約7000品目
	502	CASNumber	Int 9	CAS（Chemical Abstract Service）分類コード
	503	LocalClassification	Text 40	その他の分類コード，　例：AISI 304
TimePeriod データセットの時間的有効範囲（共通項）	601	StartDate	Date 8	有効期間の開始年月日
	602	EndDate	Date 8	有効期間の最終年月日
	603	DataValidForEntirePeriod	Bool	全期間で有効(1)／一部期間で有効(0)
	604	WinterPeriodOnly	Bool	夏期に有効(1)／無効(0)
	605	SummerPeriodOnly	Bool	冬期に有効(1)／無効(0)
	607	SpecificDayText	Text 10	特定有効日の指定
	609	SpecificTimeOfDayText	Text 10	特定有効時間の指定，　例：昼間／夜間時間帯
	611	OtherPeriodText	Text 10	その他の有効期間の指定，　例：月単位
Geography 地理的有効範囲	662	CountryCodes	Text 3	ISO 3166の2文字コード（一部3文字コード），例：全世界（Global）GLO，日本 JP
	663	Text	Text 80	補足説明，　例：地域，県，距離数
Technology	692	Text	Text 255	利用技術情報（技術的有効範囲）
Representativeness 代表性	722	Percent	Dec 3.1	標本が母集団に対して，どれだけの割合かを指定 例：日本の高炉全体の50%を包含 → 50.0 %
	723	Text	Text 255	コメント，　例：全体の生産量，サイト数

第 1.1.2-3 表　新 SPOLD フォーマットの項目（大分類Ａ：データセット識別情報，No.２）

中分類	ID	小分類(フィールド名)	データ型	補足説明，例
DataGenera	751	Name	Text 40	データ(インベントリー)作成＆責任者名
torAnd	752	Address	Text 255	同住所
Publication	753	Telephone	Text 12	同電話No.
データ作成	754	Telfax	Text 12	同FAXNo.
者の情報	755	Email	Text 80	同電子メール・アドレス
	756	DataPublishedIn	Int 1	出版情報：未刊(0)／一部刊行(1)／刊行(2)
	757	ReferenceToPublishedSource	Int 2	出典の参照ID
Primary	801	LineNumber	Int 2	一次情報源ID
Sources	802	SourceType	Int 1	サイト測定(0)／聞き取り(1)／書簡(2)／アンケート(3)
一次情報源	803	Text	Text 255	コメント，　例：情報提供者，機密保持内容
Secondary	1000	LineNumber	Int 2	二次情報源ID
Sources	1001	SourceType	Int 1	論文(0)／論文選集の章(1)／本・冊子(2)
二次情報源	1002	FirstAuthor	Text 40	主著者名
(文献)	1003	AdditionalAuthors	Text 255	共著者名
	1004	Year	Int 4	出版年
	1005	Title	Text 255	出典(論文，レポート)のタイトル
	1006	PageNumbers	Text 9	ページNo.
	1007	NameOfEditors	Text 40	編集者
	1008	TitleOfAnthology	Text 255	論文選集のタイトル
	1009	PlaceOfPublication	Text 40	発行場所(国，発行所の住所，電話No.など)
	1010	Publisher	Text 40	出版社名
	1011	Journal	Text 40	雑誌，刊行物名
	1012	VolumeNo	Int 3	巻
	1013	IssueNo	Int 3	号
Validations	5602	OnSiteDetails	Text 255	データ収集サイトに関する詳細
検証に関す	5603	OnSiteValidator	Text 255	データ収集サイトの検証者
る情報	5605	RecalculationDetails	Text 255	検算(集計チェック)に関する詳細
(最終項目)	5606	RecalculationValidator	Text 255	検算の検証者
	5608	MassBalanceElements	Text 100	物質収支の対象要素
	5609	MassBalanceDetails	Text 255	物質収支に関する詳細
	5610	MassBalanceValidator	Text 255	物質収支の検証者
	5612	CrossCheckDetails	Text 255	クロスチェック(二重チェック)に関する詳細
	5613	CrossCheckValidator	Text 255	クロスチェックの検証者
	5615	ProofReadingDetails	Text 255	校正に関する詳細
	5616	ProofReadingValidator	Text 255	校正者
	5618	OtherText	Text 100	その他検証の項目
	5619	OtherDetails	Text 255	その他検証の詳細
	5620	OtherValidator	Text 255	その他検証の担当者

第 1.1.2-4 表　新 SPOLD フォーマットの項目（大分類 B：システム記述等、No.1）

中分類	ID	小分類(フィールド名)	データ型	補足説明, 例
Subsystems Central Process 中心ﾌﾟﾛｾｽ	1201	ReferenceCode	Text 8	参照ID, 例:XXX00121 (組織ID＋製品ID)
	1202	Name	Text 80	参照機能に関連した中心的なプロセス名
	1203	GeographicalLocation	Text 80	地理的位置(地域性), 例:Europe
	1204	DataAvailability	Int 1	データ有用性:なし(0)／定性的(1)／定量的(2)
Subsystems Delivering 中心ﾌﾟﾛｾｽの子ﾌﾟﾛｾｽ群	1401	ReferenceCode	Text 8	参照ID, 例:XXX00122, XXX00123
	1402	NameOfFlow	Text 80	子プロセス名
	1403	Unit	Text 20	単位
	1404	Mean	Real 4	(単純／加重)平均値
	1405	UncertaintyType	Text 20	不確実性(確率分布), 例:対数正規分布
	1406	CoefficientOfVariance	Dec 3.1	変動係数(%表示)
	1407	GeographicalLocation	Text 80	地理的位置(地域性)
	1408	TransportType	Text 40	輸送情報, 例:輸送含まず
	1409	DataAvailability	Int 1	データの有効性(ID = 1204 参照)
Subsystems Receiving 中心ﾌﾟﾛｾｽの親ﾌﾟﾛｾｽ	1601	ReferenceCode	Text 8	参照ID, 例:XXX00134
	1602	NameOfFlow	Text 80	親プロセス名
	1603	Unit	Text 20	単位
	1604	Mean	Real 4	(単純／加重)平均値
	1605	UncertaintyType	Text 20	不確実性(確率分布), 例:対数正規分布
	1606	CoefficientOfVariance	Dec 3.1	変動係数(%表示)
	1607	GeographicalLocation	Text 80	地理的位置(地域性)
	1608	TransportType	Text 40	輸送情報,
	1609	DataAvailability	Int 1	データの有効性(ID = 1204 参照)
CutOff Rules ｶｯﾄｵﾌ･ﾙｰﾙの情報 (ﾃﾞｰﾀ省略と妥当性) 19分野対象	1801	PackagingDegreeOfCutOff	Int 1	包装業務のカットオフ・レベル, 不明(0)／すべて包含(1)／関連なし(2)／部分的に除外(3)／すべて除外(4)
	1802	PackagingCriteria	Text 100	カットオフの対象, 例:質量, ｴﾈﾙｷﾞｰ, 輸送量
	1803	PackagingThreshold	Text 40	カットオフのしきい値
	1804	PackagingRationale	Int 1	根拠:仮定(0)／慣行(1)／感度分析(2)／類似品(3)
	1805	PackagingReferenceToSource	Text 15	一次／二次情報源の参照(ID = 801／1000)
	1811	Cleaning～	Int 1	清掃・洗浄業務, 以下, 上表と同様の項目あり
	1821	Marketing～	Int 1	宣伝業務
	1831	Administration～	Int 1	管理業務
	1841	ResearchAndDevelopment～	Int 1	研究開発業務
	1851	LaboratoryFacilities～	Int 1	研究・実験設備
	1861	PersonnelHeating～	Int 1	従業員の暖房
	1871	PersonnelLighting～	Int 1	従業員の照明
	1881	PersonnelWorkingClothes～	Int 1	従業員の作業服
	1891	PersonnelTransport～	Int 1	従業員の移動
	1901	PersonnelCanteen～	Int 1	従業員の食堂
	1911	PersonnelToilets～	Int 1	従業員のトイレ
	1921	Machinery～	Int 1	機械装置
	1931	Maintenance～	Int 1	保守・点検業務
	1941	AncillaryMaterials～	Int 1	付属資材
	1951	OtherMaterialInputs～	Int 1	他の投入材料
	1961	WasteTreatment～	Int 1	廃棄物処理
	1971	Transports～	Int 1	輸送
	1981	EnergyInputs～	Int 1	投入エネルギー

第 I. I. 2-5 表　新 SPOLD フォーマットの項目（大分類Ｂ：システム記述等、No. 2）

中分類	ID	小分類(フィールド名)	データ型	補足説明, 例
Screening カットオフ・ルールの検証 環境危険性チェック	2001	Performed	Bool	検証実施の有無(1／0)
	2003	MethodForToxicSubstances	Int 1	検証方法：EU 危険物リスト使用(0)／ 毒物専門家の検証(1)／その他(3)
	2004	ToxicSubstancesText	Text 100	別リストを使用した場合，記入
	2005	OtherTopicText	Text 50	検証が部分的な場合，その旨を記入
	2006	OtherTopicMethod	Text 100	他の方法で検証した場合，その旨を記入
Avoided Systems 減算システムの情報	2200	ReferenceToCoProduct	Text 40	参照副産物，　例：Oven slag
	2201	ReferenceCode	Text 8	減算プロセスID，　例：XXX00140
	2202	Name	Text 80	減算プロセス名，　例：Nickel ore in a Nickel work
	2203	Unit	Text 20	減算量の単位
	2204	Mean	Real 4	減算量の平均値
	2205	UncertaintyType	Text 20	不確実性(確率分布)
	2206	CoefficientOfVariance	Dec 3.1	変動係数(%)
	2207	GeographyLocation	Text 80	地域性
	2208	TransportType	Text 40	輸送タイプ
	2209	DataAvailability	Int 1	データ有用性：なし(0)／定性的(1)／定量的(2)
	2210	Explanations	Text 255	コメント
	2211	ReferenceToSource	Text 15	情報源の参照コード(ID = 801／1000 参照)
Allocations 配分の情報	2401	ReferenceToCoProduct	Text 40	参照する副産物(ID = 4002 参照)
	2403	AllocationMethod	Int 1	配分方法：物理量(0)／経済性(1)／その他(2)
	2404	Fraction	Dec 3.1	副産物への配分比率 (%)
	2405	UncertaintyType	Text 20	不確実性(確率分布)
	2406	CoefficientOfVariance	Dec 3.1	変動係数(%)
	2407	Explanations	Text 255	コメント
	2408	ReferenceToSource	Text 15	情報源の参照コード(ID = 801／1000 参照)
Energy Models エネルギーモデル情報	2601	ID	Text 8	対象データセットID
	2602	Name	Text 80	対象データセット名
	2603	SystemType	Int 1	システムの種類：発熱(0)／発電(1)／コージェネ(2)
	2604	PrimaryEnergyUnit	Text 20	エネルギー単位
	2605	PrimaryEnergyMean	Real 4	エネルギー量の平均値
	2606	EnergyEfficiency	Int 2	エネルギー効率
	2607	ReferenceToSource	Text 15	情報源の参照コード(ID = 801／1000 参照)
Transports Models 輸送モデルの情報	2801	ID	Text 8	対象データセットID
	2802	Name	Text 80	対象データセット名，　例：10t積普通トラック(軽油)
	2803	TotalPrimaryEnergyUnit	Text 20	全一次エネルギー単位
	2804	TotalPrimaryEnergyMean	Real 4	全一次エネルギー量の平均値
	2805	EnergyPerMgkmUnit	Text 20	ton・kmあたりのエネルギー単位
	2806	EnergyPerMgkmMean	Real 4	ton・kmあたりのエネルギー量の平均値
	2807	ReferenceToSource	Text 15	情報源の参照コード(ID = 801／1000 参照)
Waste Models 廃棄モデルの情報	3001	ID	Text 8	対象データセットID
	3002	Name	Text 80	対象データセット名
	3003	WasteEnteringSystemUnit	Text 20	廃棄量の単位
	3004	WasteEnteringSystemMean	Real 4	廃棄量の平均値
	3005	ProductFromSystemUnit	Text 20	製品への副産物の単位(リサイクル)
	3006	ProductFromSystemMean	Real 4	製品への副産物の平均値
	3007	LocationOfDestination	Text 80	行き先
	3008	AllocationMethod	Int 1	配分方法：境界拡張(0)／物理量(1)／ 経済性(2)／その他(3)，ID = 2403 との整合性？
	3009	OtherAllocationsMethodText	Text 100	その他の配分方法のコメント
	3010	ReferenceToSource	Text 15	情報源の参照コード(ID = 801／1000 参照)
Others	3201	－	Text 255	その他の補足事項(省略)

第 1.1.2-6 表　新 SPOLD フォーマットの内容（大分類D：入力データ）

中分類	ID	小分類(フィールド名)	データ型	補足説明, 例
InputsFrom Nature Resources 自然からの投入資源（初期リストには, 154種類ある）	3401	ID	Text 15	投入資源ID, 例:産業統計分類ｺｰﾄﾞ
	3402	Name	Text 40	投入資源名, 例:Oil (in ground)
	3403	LocationOfOrigin	Text 80	産出場所
	3404	TransportType	Text 40	輸送方法, 輸送機関など
	3405	EnvironmentalConditions	Text 100	産出場所の環境状態, 例:露天掘り
	3406	MassUnit	Text 20	質量単位
	3407	MassMeanValue	Real 4	投入資源の質量平均値
	3408	UncertaintyType	Text 20	不確実性(確率分布)のタイプ
	3409	CoefficientOfVariance	Dec 3.1	変動係数(%)
	3410	EnergyUnit	Text 20	エネルギー単位(化石資源の保有ｴﾈﾙｷﾞｰなど)
	3411	EnergyMeanValue	Real 4	エネルギー量の平均値
	3412	CollectionMethod	Text 255	データ収集方法, 例:測定, 計算, 推定
	3413	DataTreatment	Text 255	データの扱い方(機密性), データ変更履歴など
	3415	ReferenceToSource	Text 15	情報源の参照(ID = 801／1000 参照)
	3420	AdjustmentsTimePeriodStartDate	Date 8	データ有効期間の開始日(ID = 601 の修正)
	3421	AdjustmentsTimePeriodEndDate	Date 8	データ有効期間の終了日(ID = 602 の修正)
	3422	AdjustmentsGeography	Text 255	データの地域性(ID = 662 の修正)
	3423	AdjustmentsTechnology	Text 255	データの技術情報(ID = 692 の修正)
	3424	AdjustmentsRepresentativeness Percent	Dec 3.1	データの代表性(ID = 722 の修正)
	3425	AdjustmentsRepresentativeness Text	Text 255	上記のコメント
	3426	AdjustmentsAllocationsReference ToCoProduct	Text 40	データの副産物に関する配分方法 (ID = 2403 の修正)
	3427	AdjustmentsAllocationsFraction	Dec 3.1	データ配分量(%), (ID =2404 の修正)
InputsFrom Technosphere Materials Fuels 産業圏からの投入材料／燃料	3601	ID	Text 15	投入材料(中間材)／燃料ID, 例:産業分類ｺｰﾄﾞ
	3602	Name	Text 40	投入材料(中間材)／燃料名, 例:Hot Steel Coil
	3603	LocationOfOrigin	Text 80	生産(投入)場所
	3604	TransportType	Text 40	輸送方法, 輸送機関など
	3605	Unit	Text 20	単位
	3606	MeanValue	Real 4	以下, 投入資源の項目と類似
	—	—	—	—
	3627	AdjustmentsAllocationsFraction	Dec 3.1	データ配分量(%), (ID =2404 の修正)
InputsFrom Technosphere Electricity Heat 産業圏からの投入電力／熱量	3801	ID	Text 15	投入電力／熱量ID, 例:産業統計分類ｺｰﾄﾞ
	3802	Name	Text 40	投入電力／熱量名, 例:Electriciy 1995
	3803	LocationOfOrigin	Text 80	生産(投入)場所
	3804	TransportType	Text 40	輸送方法, 輸送機関など
	3805	Unit	Text 20	単位
	3806	MeanValue	Real 4	以下, 投入資源の項目と類似
	—	—	—	—
	3827	AdjustmentsAllocationsFraction	Dec 3.1	データ配分量(%), (ID =2404 の修正)

第 1.1.2-7 表　新 SPOLD フォーマットの項目（大分類D：出力データ）

中分類	ID	小分類(フィールド名)	データ型	補足説明, 例
OutputsTo Technosphere Products 産業圏への主製品／副産物の産出	4001	ID	Text 15	主製品／副産物ID, 例:産業統計分類ｺｰﾄﾞ
	4002	Name	Text 40	主製品／副産物名, 例:Refrigerator
	4003	LocationOfDestination	Text 80	生産場所
	4004	TransportType	Text 40	輸送方法, 輸送機関など
	4005	Unit	Text 20	生産単位, 例:kg, 個
	4006	MeanValue	Real 4	生産量の平均値, 以下, 投入資源の項目と類似
	—	—	—	—
	4014	ProductType	Int 1	参照ﾌﾛｰ(0)／減産ｼｽﾃﾑ包含(1)／配分副産物(2)
	4016	SplitOffIsAfter	Text 80	主製品／副産物の分離プロセス情報
	4017	SplitOffIsBefore	Text 80	主製品／副産物の分離プロセス情報
	—	—	—	—
	4027	AdjustmentsAllocationsFraction	Dec 3.1	データ配分量(%), (ID =2404 の修正)
OutputsTo Technosphere Waste 産業圏への廃棄物処理（管理必要）	4201	ID	Text 15	廃棄物ID, 例:産業統計分類ｺｰﾄﾞ
	4202	Name	Text 40	廃棄物名
	4203	LocationOfDestination	Text 80	処理・処分先, 例:埋立処分, 焼却処分
	4204	TransportType	Text 40	輸送方法, 輸送機関など
	4205	Unit	Text 20	以下, 投入資源の項目と類似
	—	—	—	—
	4227	AdjustmentsAllocationsFraction	Dec 3.1	データ配分量(%), (ID =2404 の修正)
OutputsTo NatureAir 大気圏排出物(自然へ)	4401	ID	Text 15	大気圏排出物ID
	4402	Name	Text 40	大気圏排出物名, 例:Carbon dioxide (CO2)
	4403	LocationOfDestination	Text 80	排出場所(地域性), 例:地球全体, 都市上空
	4404	TransportType	Text 40	発生源, 拡散経路など
	4605	EnvironmentalConditions	Text 100	発生・排出時の環境状態, 以下, 類似項目
	—	—	—	—
OutputsTo Nature Water 水圏排出物（自然へ）	4601	ID	Text 15	水圏排出物ID
	4602	Name	Text 40	水圏排出物名, 例:COD
	4603	LocationOfDestination	Text 80	流出場所(地域性), 例:河川, 湖, 内海, 海洋
	4604	TransportType	Text 40	発生源, 拡散経路など
	4605	EnvironmentalConditions	Text 100	発生・流出時の環境状態, 以下, 類似項目
	—	—	—	—
OutputsTo NatureSoil 陸圏排出物（土壌排出物, 自然へ）	4801	ID	Text 15	陸圏(土壌)排出物ID
	4802	Name	Text 40	陸圏(土壌)排出物名, 例:Lead (Pb)
	4803	LocationOfDestination	Text 80	流出場所(地域性), 例:埋立地, 工場跡地
	4804	TransportType	Text 40	発生源, 拡散経路など
	4805	EnvironmentalConditions	Text 100	発生・流出時の環境状態, 以下, 類似項目
	—	—	—	—
OutputsTo NatureNon Material 非物質の排出(自然へ)	5001	ID	Text 15	非物質ID
	5002	Name	Text 40	非物質名, 例:廃熱, 放射能, 騒音, 異臭
	5003	LocationOfDestination	Text 80	排出場所(地域性), 例:地球全体, 都市上空
	5004	TransportType	Text 40	発生源, 拡散経路など
	5005	EnvironmentalConditions	Text 100	発生・排出時の環境状態, 以下, 類似項目
	—	—	—	—
OtherInter-ventions その他の影響因子	5201	ID	Text 15	その他の影響因子ID
	5202	Name	Text 40	因子の名称, 例:土地占有面積, 労働時間, コスト
	5203	EnvironmentalConditions	Text 100	発生時の環境状態, 以下, 類似項目
	—	—	—	—
	5227	AdjustmentsAllocationsFraction	Dec 3.1	データ配分量(%), (ID =2404 の修正)

1.1.4 BUWAL 250 におけるインベントリデータセットの考え方

BUWAL 250（ドイツ語版：1996 年発行、英語版 SAEFL 250：1998 年発行）は包装に関するライフサイクル・インベントリのデータ集（約 550 ﾍﾟｰｼﾞ）で[13]、1991 年に発行された BUWAL 132 の改訂版である。SETAC、ISO、旧 SPOLD フォーマットの考え方が投影されており[14]、[15]、インベントリデータセット集の模範例といえる。NIRE-LCA2 の付属データベースは BUWAL 132 を参考にしており[1]、TEAM2、SimaPro4 の付属データベースも BUWAL 132／250 を利用している[10]、[11]。

今までの検討項目を念頭に置いて整理した BUWAL 250 の方法論の概略を、第 1.1.4-1 表にまとめる。

第 1.1.4-1 表　BUWAL 250 の方法論（概略）

項目の分類		内容，補足説明，例
目的と調査範囲	目　的	最新の手法に基づく包装関連インベントリー分析，BUWAL 132 の改訂
	製品システム	包装材料の製造／使用後の廃棄（ﾘｻｲｸﾙ，焼却，埋立）
		金属：アルミ（欧州），鋼板／ブリキ板（ﾄﾞｲﾂ）
		プラスチック：PE，PP，PS，PET，PVCなど（欧州）
		その他：紙＆段ボール類（ｽｲｽ，ｽｳｪｰﾃﾞﾝ，ｵｰｽﾄﾘｱ，欧州），ガラス（ｽｲｽ）
		中間材料：アンモニア，エチレン，ベンゼンなどの化学製品，その他
		工程：押し出し，射出成形，圧延，洗浄など
	製品システム境界	スイス国内，ただし，輸入中間材料は製造国データを使用
	機能単位	包装材料 1000 kg
	結果の用途	弱点の分析（Weak Point Analysis），製品システム変更の検討
	報告対象者	包装関連者（包装品製造業，配送業，環境関連機関，技術者）
データの品質	時間的有効範囲	1993-1995 年，ただし，エネルギーと輸送には 1990 年のデータも含む
	地理的有効範囲	スイスで製造される包装材料，ただし，鋼板，アルミなど輸入中間素材は，できるだけ製造国のデータを使用，
	技術的有効範囲	製造段階，廃棄段階のインベントリー分析（使用段階は除く）
		インパクト評価は行わない
	出　所	DQI（Data Quality Indicator）の例：プラント，文献，その他
	収集方法	DQIの例：測定，計算，推定
	代表性	DQIの例：単一値，平均値，その他
	カットオフ・ルール	産業基盤や設備は含めない，生物活動によるCO2排出は含めない
	配分方法	主製品／副産物：質量基準，サーマルリサイクル：エネルギー基準など
	感度分析	ほとんど記述なし
システムのモデル	エネルギーモデル	燃焼：高発熱量を使用，石油製品の燃焼インベントリーあり
		発電：石油，ガス，石炭，原子力，水力発電（欧州平均，1994-1995）
		輸入品に関しては，製造国の電源構成を使用
	輸送モデル	各種輸送機関（外航船，内航船，各種自動車，鉄道）の輸送量原単位（t･km）
		の一覧表あり．積載率，使用燃料（軽油，ｶﾞｿﾘﾝ，電力など）構成も付属
	廃棄モデル	製造プロセスにおける廃棄物の処理モデル
		4種類の廃棄物（可燃物，不活性埋立物，活性埋立物，鉱山の石／瓦礫）
入出力データ項目	入力項目	入力：原材料，エネルギー（すべて要素，ｻﾌﾞｼｽﾃﾑは含まない）
	出力項目	出力：主製品，副産物，リサイクルする廃棄物，リサイクルしない廃棄物，
		排出物（大気：26種類，水質：36種類，土壌：14種類）
		ただし，土壌排出物は廃棄段階のみ

I.I.5 日本に適したフォーマットの考え方

以上、ISO 14040／14041 の要件、いくつかの LCA ソフトのデータフォーマット、共通仕様として先行する SPOLD フォーマットおよび BUWAL 250 のインベントリデータセットの考え方について概説した。データベース研究会が提案する適正フォーマットは、これらの考え方を検討しながら決められてきた。その詳細仕様については別の章で述べられるので、ここではその考え方や方向について下記にまとめる。

(1) 適正フォーマットの考え方

a. ISO 14040／14041 の要件の導入

ISO のデータフォーマットに関する要件の中で、データ品質に関して、時間的／地理的／技術的有効範囲、完全性、代表性、整合性、再現性、収集方法、出所・出典、配分方法の記述を含めた。一方、感度分析については、原則としてライフサイクル・インベントリ分析によって初めて評価できるので、個々のインベントリデータセットの仕様である本フォーマットからは除外した。

b. 新 SPOLD フォーマットを整理した実用的な仕様

インベントリ入力データ項目には、エネルギー、原料、素材、部品に分け、それぞれに輸送（搬入）モデル情報も記述できるようにした。

インベントリ出力データ項目は、主製品、副産物、自然への排出物（大気、水質、土壌）、廃棄物、その他の排出とした。

入出力量は平均値（加重平均を推奨）、上限値、下限値とした。変動係数や確率分布を求めることはきわめて困難なので、導入しなかった。厳密にいえば、上限／下限値も変動係数や確率分布が不明では信頼性は低いが、収集データ標本の最大／最小値の記入欄として設けた。

c. 日本の産業界に合ったデータフォーマット

製品製造に適したデータフォーマットを念頭に、日本の産業統計分類コードを導入した。しかし、すべての製品システムに対応させるにはこの分類コードだけでは不十分である。

(2) 今後の課題

限られた調査とまだ実務のフィードバックのない状況下において、最初から完璧なものを作成することはきわめて困難である。今後、同時に開発したデータ入力ソフト（開発元：NEC）を利用しながら、インベントリ研究会やデータベース研究会メンバーの間で考え方や仕様の統一を図り、より良いものを作成していくことになると思われる。

また、ISO でのデータフォーマットの標準化（ISO 14048）の動きもあり[16),17)]、今後の対応が不可欠である。

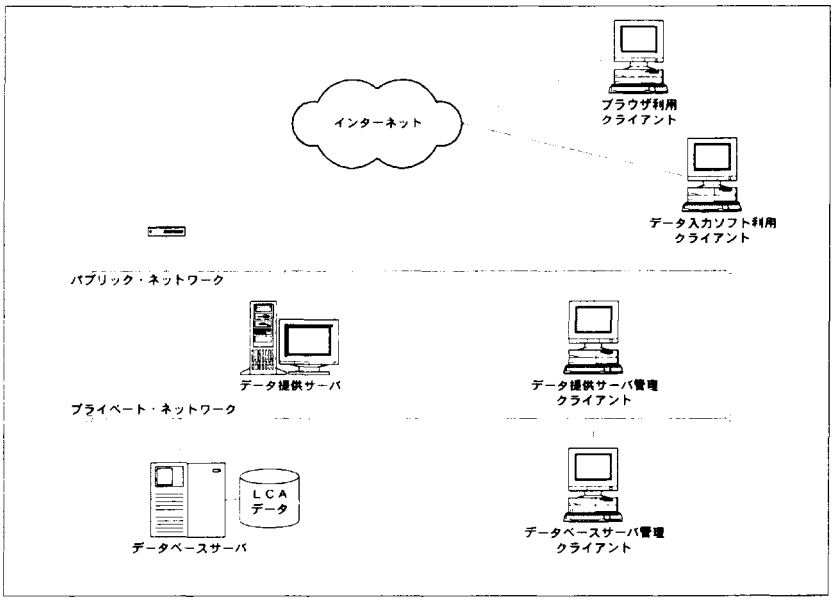
【第Ⅲ編、第１章１．１節の参考文献】

1) LCA日本フォーラム報告書，LCA日本フォーラム＆産業環境管理協会，1997
2) LCA実務入門，(社)産業環境管理協会／丸善㈱，1998
3) JIS Q 14040，環境マネジメントーライフサイクルアセスメントー原則及び枠組み，1997年11月20日制定
4) ISO 14041, Environmental management － Life cycle assessment － Goal and scope definition and inventory analysis, 1998-10-01
5) 赤井誠，解説ISO 14041，LCA日本フォーラムニュース，Vol.13，p5-9，1998
6) 尾上俊雄，環境管理国際標準化の動向(その５)，ライフサイクルアセスメント：解釈，
環境管理，Vol.34，No.10，p43-46，1998
7) Dean M. Menke, Gary A. Davis and Bruce W. Vigon : Evaluation of Life-Cycle Assessment Tools, Environment Canada, August 1996
(ホームページ http://www.ec.gc.ca/ecocycle/ から文献のダウンロード可能)
8) 小林光雄，稲葉敦，中山哲男，ライフサイクルアセスメントソフトウエア「NIRE-LCA」の開発，日本エネルギー学会誌，Vol.73，No.12，p1075-1079，1994
9) NIRE-LCAホームページ(工技院　資源環境技術総合研究所)，http://www.nire.go.jp/
10) TEAM ホームページ（エコビラン社)，　http://www.ecobalance.com/
11) SimaProホームページ（プレ・コンサルタント社)，　http://pre.nl/
12) Laurent Grisel, Bo Pedersen Weidema, ISOインベントリ基準およびライフサイクルインベントリデータのためのSPOLDフォーマット，第２回エコバランス国際会議講演集，P155-159，1996（日本語版）
(SPOLD : Society for the Promotion of LCA Development)
13) 新SPOLDフォーマットのホームページ（デンマーク工科大学，Bo P. Weidema)
http://ipt.dtu.dk/~bow
14) Life Cycle Inventories for Packaging, Environmental Series No. 250, Vol. Ⅰ & Ⅱ,
SAEFL (Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape), 1998,
15) Single User Database Manual, Pre' Consultants B.V., 1997, (SimaPro4に付属)
16) 赤井誠，　環境管理国際標準化の動向(その５)，ライフサイクルアセスメント：インベ
ントリ，環境管理，Vol.34，No.10，p26-32，1998
17) 中山哲男，我が国におけるライフサイクルアセスメント手法開発状況と国際標準化の動向，日本エネルギー学会誌，Vol.77，No.10，p934-940，1998

第２章　ＬＣＡデータベースシステムの開発

2.1　全体構成

LCA データベースシステムは、インベントリ研究会において収集されたインベントリデータをデータベース化し、電子的手段を通じて利用者に提供することを目的とするシステムである。第 2.1-1 図にシステム全体構成を示した。以下、各役割を説明する。



第 2.1-1 図　システム全体構成

2.2　データ入力用ソフトウェア

・データ入力ソフト利用クライアント

　データ入力ソフト利用クライアントは、インベントリデータ入力を支援する「データ入力ソフトウェア」が動作するクライアントである。「データ入力ソフトウェア」は、インベントリデータの入力機能（データベースへの登録はオフラインで行う）、データ提供サーバ（データベースサーバ）からのデータベース参照機能を提供している。

・ブラウザ利用クライアント

　ブラウザ利用クライアントは、ブラウザ（MS-InternetExplorer または、NetscapeNavigator）を利用しているクライアントで、データ提供サーバに接続し、インベントリデータの検索、取り出しを行うことができる。

2.3　データ提供サーバ

データ提供サーバは、MS-IIS（Microsoft Internet Information Server）で構築され、インターネット上の利用者からインベントリデータの要求を受けて、データベースに蓄積さ

れている内容を返す。

管理クライアントは、データ提供サーバの各種情報の管理、メンテナンスを行う機能を提供する。

2.4 データベースサーバ

データベースサーバは、ORACLE をデータベースとし、インベントリデータを格納する。データ提供サーバからの検索条件に従って、データ提供サーバに結果を返す。

管理クライアントは、データベースの各種情報の管理、メンテナンスを行う機能を提供する。

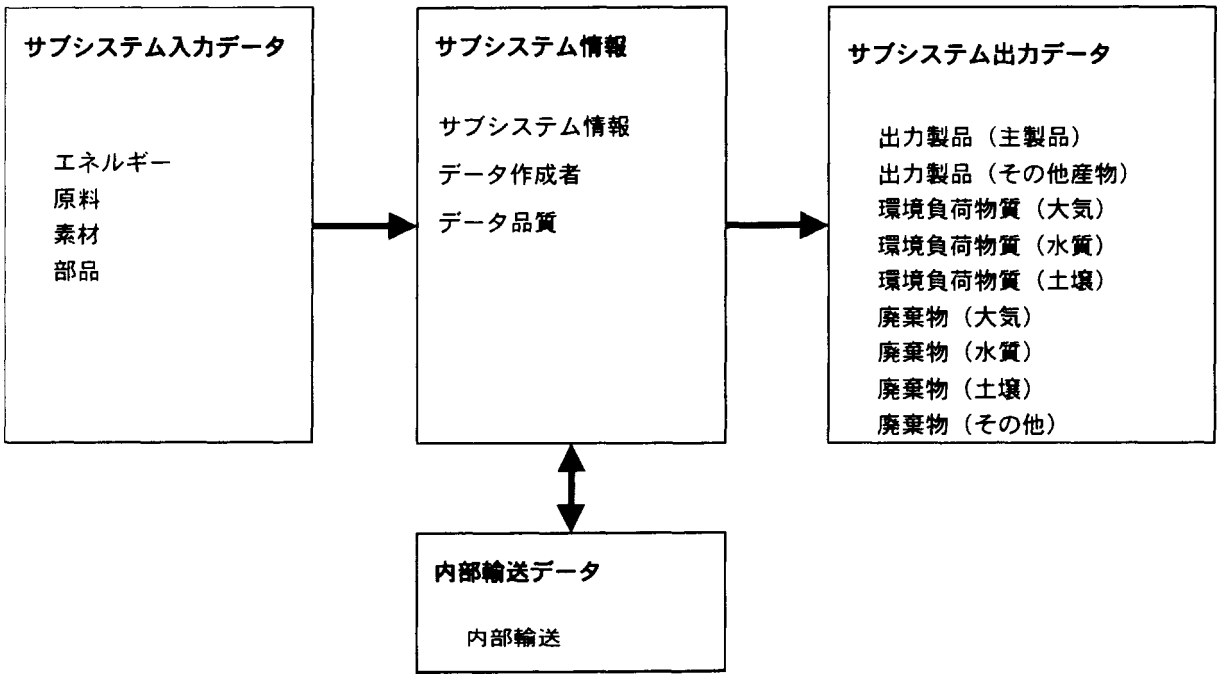
第３章　データ入力用ソフトウェアの開発

3.1　データフォーマットの検討

インベントリデータ入力者の容易な作業を支援し、データベースシステムへの登録作業を効率化するためのデータ入力用ソフトウェアの開発に当たり、データ入力用ソフトウェアのためのデータフォーマットについて検討した。このデータフォーマットは、第 1 章に記載した、インベントリーデータ入力フォーマットの検討結果を踏まえ、LCA プロジェクト企画小委員会で検討された、インベントリデータ収集に必要な入力項目に準拠するように作成した。ただし、この入力項目は、議論が十分に尽くされていない項目や、他の研究会からの意見・要望等も予想されるので、今後さらに改良を加える必要があると考えている。

データ入力用ソフトウェアのためのデータフォーマットの基本構造を第 3.1-1 図に、データフォーマットの詳細を第 3.1-1 表に示す。本データフォーマットは、一つのサブシステムのためのインベントリデータを記述する。ここでサブシステムとは、製造、輸送、使用、リサイクル、廃棄など、製品やサービスのライフサイクル全体の各段階を表す。

本データフォーマットは 130 項目からなる。これらの項目は、「サブシステム情報」、「サブシステム入力データ」、「サブシステム出力データ」、「内部輸送データ」の 4 項目の大項目、および 16 項目の中項目に分類される。



第 3.1-1 図　データ入力用ソフトウェア データフォーマットの構造

大項目「サブシステム情報」は、サブシステムに関する一般的情報を表し、「サブシステム情報」、「データ作成者」、「データ品質」の 3 項目の中項目から構成される。「サブシステ

ム情報」は、サブシステムに関する基本情報であり、製造・輸送・使用・リサイクル・廃棄などの、サブシステムの段階を表す「サブシステムＩＤ」、サブシステムの名称を表す「サブシステム名」、このサブシステムが関連する工業統計調査用産業分類を表す「分類コード」、このサブシステムの参照機能である主製品の名称を表す「製品名」、製品名の補足を表す「補足」、主製品の出力量を表す「数量」、主製品の出力量の単位を表す「単位」、物理量・経済価値・その他などの、このサブシステムにおける主製品とその他産物との配分方法を表す「配分方法」、および「備考」の項目を含んでいる。「データ作成者」は、このデータセットの作成者に関する情報であり、「作成日」、「氏名」、「所属」、「住所」、「e-mail」、「電話」、および「FAX」の項目がある。「データ品質」は、このデータセットの品質に関する情報であり、「時間的範囲」、「地理的範囲」、「技術的範囲」、「完全性」、このデータセットが関連するサブシステムが参照機能を提供する全てのサブシステムの何パーセントを含んでいるかを表す「代表性」、「整合性」、「再現性」、および「参考文献・その他参照」の項目からなる。

大項目「サブシステム入力データ」は、このサブシステムに入力されるエネルギーやモノに関する情報を表し、「エネルギー」、「原料」、「素材」、「部品」の 4 項目の中項目から構成される。これらの中項目は、入力されるエネルギーやモノが関連する産業分類を表す「分類コード」、それらの名称を表す「項目名」、それらの入力量の平均値を表す「平均値」、それらの入力量の単位を表す「単位」、それらの入力量の上限値を表す「上限」、それらの入力量の下限値を表す「下限」の項目を含む。また、入力されるエネルギーやモノの搬入に伴う情報として、この輸送サービスの名称を表す「搬入名称」、輸送サービスの具体的手段を表す「搬入手段」、輸送サービスの距離を表す「搬入距離」、輸送サービスで用いられる燃料種類を表す「搬入燃料タイプ」、輸送サービスの燃費を表す「搬入燃費」、および「搬入備考」の項目も含んでいる。

大項目「サブシステム出力データ」は、このサブシステムから出力される製品や物質に関する情報を表し、「出力製品（主製品）」、「出力製品（その他産物）」、「環境負荷物質（大気）」、「環境負荷物質（水質）」、「環境負荷物質（土壌）」、「廃棄物（大気）」、「廃棄物（水質）」、「廃棄物（土壌）」、および「廃棄物（その他）」の 9 項目の中項目から構成される。「出力製品（主製品）」は、このサブシステムの参照機能である主製品に関する情報であり、「分類コード」、「製品名」、「数量」、「単位」の項目からなる。これらは、「サブシステム情報」の各項目と同一の内容である。「出力製品（その他産物）」は、このサブシステムの主製品以外の製品、いわゆる共製品に関する情報であり、「分類コード」、「項目名」、「平均値」、「単位」、「上限」、「下限」の項目からなる。「環境負荷物質（大気）」、「環境負荷物質（水質）」、「環境負荷物質（土壌）」はそれぞれ、大気、水域、土壌へ排出される環境負荷物質に関する情報であり、「廃棄物（大気）」、「廃棄物（水質）」、「廃棄物（土壌）」、「廃棄物（その他）」はそれぞれ、大気、水域、土壌、その他への環境負荷物質以外の廃棄物に関する情報である。これらの中項目は、「項目名」、「平均値」、「単位」、遮断型・安定型・管理型・その他などの、廃棄物の管理方式を表す「管理方式」、「上限」、「下限」の項目を含む。

大項目「内部輸送データ」は、このサブシステムの内部で発生する輸送サービスに関する情報を表し、「名称」、「手段」、「距離」、「燃料タイプ」、「燃費」、および「備考」の項目から構成される。

第3.1-1表　データ入力用ソフトウェアのデータフォーマット

大項目	中項目	項目名	データタイプ	データタイプ補足
サブシステム情報	サブシステム情報	サブシステムID	テキスト	選択：製造，輸送，使用，リサイクル，廃棄
		サブシステム名	テキスト	
		分類コード	テキスト	選択：産業分類コード一覧
		製品名	テキスト	
		補足	テキスト	
		数量	数値	
		単位	テキスト	選択：単位一覧
		配分方法	テキスト	選択：物理量，経済価値，その他
		備考	テキスト	
	データ作成者	作成日	日付	
		氏名	テキスト	
		所属	テキスト	
		住所	テキスト	
		e-mail	テキスト	
		電話	テキスト	
		FAX	テキスト	
	データ品質	時間的範囲	テキスト	
		地理的範囲	テキスト	
		技術的範囲	テキスト	
		完全性	テキスト	
		代表制	テキスト	
		整合性	テキスト	
		再現性	テキスト	
		参考文献・その他参照	テキスト	
サブシステム入力データ	エネルギー	分類コード	テキスト	選択：産業分類コード一覧
		項目名	テキスト	
		平均値	数値	
		単位	テキスト	選択：単位一覧
		上限	数値	
		下限	数値	
		搬入名称	テキスト	
		搬入手段	テキスト	
		搬入距離	数値	
		搬入燃料タイプ	テキスト	選択：自動車ガソリン(含 航空ガソリン)，ジェット燃料，軽油，A重油，B重油，C重油，液化石油ガス，石油ガス，燃料ガス，販売電力
		搬入燃費	数値	
		搬入備考	テキスト	
	原料	分類コード	テキスト	選択：産業分類コード一覧
		項目名	テキスト	
		平均値	数値	
		単位	テキスト	選択：単位一覧
		上限	数値	
		下限	数値	
		搬入名称	テキスト	
		搬入手段	テキスト	
		搬入距離	数値	
		搬入燃料タイプ	テキスト	選択：自動車ガソリン(含 航空ガソリン)，ジェット燃料，軽油，A重油，B重油，C重油，液化石油ガス，石油ガス，燃料ガス，販売電力
		搬入燃費	数値	
		搬入備考	テキスト	

第3.1-1表　データ入力用ソフトウェアのデータフォーマット（つづき）

大項目	中項目	項目名	データタイプ	データタイプ補足
サブシステム入力データ	素材	分類コード	テキスト	選択：産業分類コード一覧
		項目名	テキスト	
		平均値	数値	
		単位	テキスト	選択：単位一覧
		上限	数値	
		下限	数値	
		搬入名称	テキスト	
		搬入手段	テキスト	
		搬入距離	数値	
		搬入燃料タイプ	テキスト	選択：自動車ガソリン(含 航空ガソリン)，ジェット燃料，軽油，A重油，B重油，C重油，液化石油ガス，石油ガス，燃料ガス，販売電力
		搬入燃費	数値	
		搬入備考	テキスト	
	部品	分類コード	テキスト	選択：産業分類コード一覧
		項目名	テキスト	
		平均値	数値	
		単位	テキスト	選択：単位一覧
		上限	数値	
		下限	数値	
		搬入名称	テキスト	
		搬入手段	テキスト	
		搬入距離	数値	
		搬入燃料タイプ	テキスト	選択：自動車ガソリン(含 航空ガソリン)，ジェット燃料，軽油，A重油，B重油，C重油，液化石油ガス，石油ガス，燃料ガス，販売電力
		搬入燃費	数値	
		搬入備考	テキスト	
サブシステム出力データ	出力製品(主製品)	分類コード	テキスト	選択：産業分類コード一覧
		主製品名	テキスト	
		主製品数量	数値	
		主製品単位	テキスト	
	出力製品(その他産物)	分類コード	テキスト	選択：産業分類コード一覧
		項目名	テキスト	
		平均値	数値	
		単位	テキスト	選択：単位一覧
		上限	数値	
		下限	数値	
	環境負荷物質(大気)	項目名	テキスト	
		平均値	数値	
		単位	テキスト	選択：単位一覧
		管理方式	テキスト	選択：管理，遮断，埋立，その他
		上限	数値	
		下限	数値	
	環境負荷物質(水質)	項目名	テキスト	
		平均値	数値	
		単位	テキスト	選択：単位一覧
		管理方式	テキスト	選択：管理，遮断，埋立，その他
		上限	数値	
		下限	数値	

第 3. 1-1 表　データ入力用ソフトウェアのデータフォーマット（つづき）

大項目	中項目	項目名	データタイプ	データタイプ補足
サブシステム出力データ	環境負荷物質(土壌)	項目名	テキスト	
		平均値	数値	
		単位	テキスト	選択：単位一覧
		管理方式	テキスト	選択：管理，遮断，埋立，その他
		上限	数値	
		下限	数値	
	廃棄物(大気)	項目名	テキスト	
		平均値	数値	
		単位	テキスト	選択：単位一覧
		管理方式	テキスト	選択：管理，遮断，埋立，その他
		上限	数値	
		下限	数値	
	廃棄物(水質)	項目名	テキスト	
		平均値	数値	
		単位	テキスト	選択：単位一覧
		管理方式	テキスト	選択：管理，遮断，埋立，その他
		上限	数値	
		下限	数値	
	廃棄物(土壌)	項目名	テキスト	
		平均値	数値	
		単位	テキスト	選択：単位一覧
		管理方式	テキスト	選択：管理，遮断，埋立，その他
		上限	数値	
		下限	数値	
	廃棄物(その他)	項目名	テキスト	
		平均値	数値	
		単位	テキスト	選択：単位一覧
		管理方式	テキスト	選択：管理，遮断，埋立，その他
		上限	数値	
		下限	数値	
内部輸送データ	内部輸送	名称	テキスト	
		手段	テキスト	
		距離	数値	
		燃料タイプ	テキスト	選択：自動車ガソリン(含 航空ガソリン)，ジェット燃料，軽油，A重油，B重油，C重油，液化石油ガス，石油ガス，燃料ガス，販売電力，その他燃料
		燃費	数値	
		備考	テキスト	

3.2　データ入力マニュアル

3.2.1　データ入力

次のような手順でデータを入力します。

1. LCADB.exe を起動すると初期画面が表示され、メニューの〔ファイル〕－〔新規作成〕でサブシステムフロー図を描画する画面が表示されます。
   ここでサブシステムフロー図を入力します。サブシステムフロー図とは、このデータセットが関連するサブシステムがライフサイクルシステムの中でどういった関連になっているのかを図で描いたものです。【ＯＫ】ボタンを押すとサブシステム情報設定画面が表示されます。

2. サブシステム情報設定画面ではサブシステム情報を設定します。
   サブシステム情報とは、このデータセットが関連するサブシステムの情報です。サブシステム情報には大きく分けて「サブシステム」「データ作成者」「データ品質」があります。 サブシステム情報の各項目を設定し、【ＯＫ】ボタンを押すとサブシステムへの入力データ入力画面が表示されます。

3. サブシステムへの入力データ入力画面では、このデータセットが関連するサブシステムに入力される項目のデータを入力します。
   入力データには大きく分けて「エネルギー」 「原料」 「素材」 「部品」 があります。各入力データを入力して【ＯＫ】ボタンを押すとサブシステムからの出力データ入力画面が表示されます。

4. サブシステムからの出力データ入力画面では、このデータセットが関連するサブシステムから出力される項目のデータを入力します。
   出力データには大きく分けて「出力製品」「環境負荷物質（大気・水質・土壌)」「廃棄物（大気・水質・土壌・その他)」があります。 各出力データを入力して【ＯＫ】ボタンを押すと内部輸送データ入力画面が表示されます。

5. 内部輸送データ入力画面では、このデータセットが関連するサブシステム内部で発生する輸送サービスに関するデータを入力します。内部輸送データを入力して【ＯＫ】ボタンを押すとサブシステムへの入出力データ選択画面が表示されます。

6. サブシステムへの入出力データ選択画面上の入力したい項目の領域をクリックすると、各入力画面が表示されます。
   【入力データ】
   　このデータセットが関連するサブシステムに入力される項目（エネルギー、原料、素材、部品）のデータを入力します。

【サブシステム】

このデータセットが関連するサブシステムのサブシステム情報を参照・変更します。

【出力データ】

このデータセットが関連するサブシステムから出力される項目（出力製品、環境負荷物質（大気・水質・土壌）、廃棄物（大気・水質・土壌・その他））のデータを入力します。

【内部輸送】

このデータセットが関連するサブシステム内部で発生する輸送サービスに関するデータを入力します。

【サブシステムフロー図】

このデータセットが関連するサブシステムがライフサイクルシステムの中でどういった関連になっているのかを図で確認・修正します。

【マテリアルフロー図】

このデータセットが関連するサブシステムに対してどういった項目が入力・出力されているのかを図で確認します。

7. メニューの〔ファイル〕－〔名前を付けて保存〕で入力したデータをローカルディスク、またはフロッピィに任意の名称で保存します。拡張子は”.lci”となります。

既存のファイルを参照・修正する場合は、メニューの〔ファイル〕－〔開く〕で参照・修正したいファイルを選択するとサブシステムへの入出力データ選択画面が表示されます。その後は上記６以降と同じ手順で参照・修正することができます。メニューの〔ファイル〕－〔上書き保存〕で上書き保存、〔ファイル〕－〔名前を付けて保存〕で別名保存することもできます。

（1）サブシステムフロー図

現在入力しているサブシステムがライフサイクルシステムの中でどういった関連になっているのかを図で描くことができる画面です。

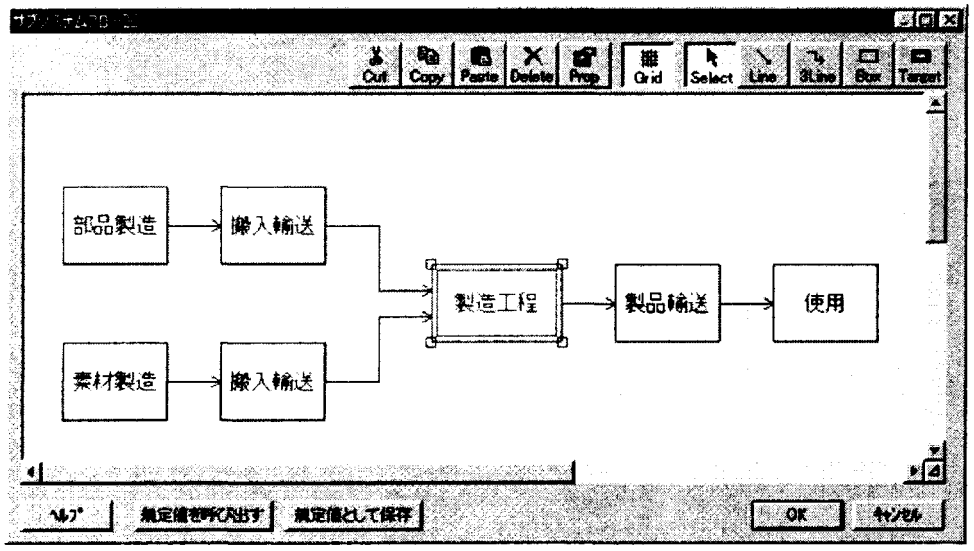
サブシステム内の各工程の分割（数）は、設備、作業または配置（内部輸送の有無）で決めます（例：製鋼・圧延工程、製缶工程、ボトリング工程、輸送工程）。

【規定値として保存】ボタンで入力したサブシステムフロー図情報を規定値として保存することができます。

【規定値を呼び出す】ボタンで規定値として保存したサブシステムフロー図情報を呼び出すことができます。

【ＯＫ】ボタンで入力・編集されたサブシステムフロー図情報をローカルデータベースに反映し、ウィンドウを閉じます。

【キャンセル】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで入力・編集されたサブシステムフロー図情報をローカルデータベースに反映せずにこのウィンドウを閉じます。



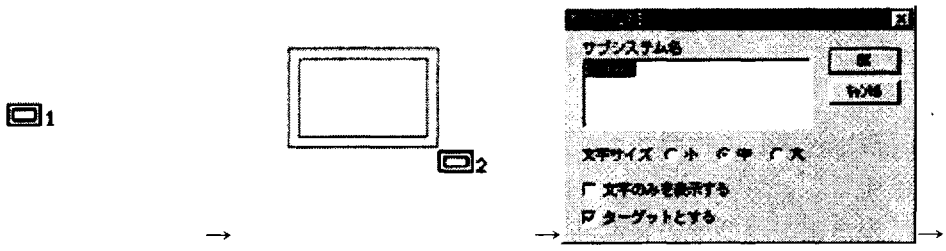
第 3. 2-1 図　サブシステムフロー図画面

- 

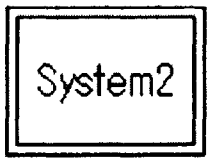
【Target】ボタン

現在入力しているサブシステムを表すターゲットを描きます。このボタンを選択すると、描画画面上でマウス形状が①のようになり、マウスを一度左クリックすると始点が決定されます。一度マウスを左クリックするとマウス形状が②のように変わり、マウスを動かすとターゲットの大きさを変えることができます。（このマウス形状で右クリックすると一つ前の状態(①)に戻ります。）このマウス形状でもう一度左クリックするとターゲットの終点が決定され、ターゲットのプロパティを設定する画面(③)が表示されます。プロパティを設定しＯＫボタンを押すとターゲット(④)

を描くことができます。



①Target ボタン選択　②ターゲット描画中　③ターゲットプロパティ画面

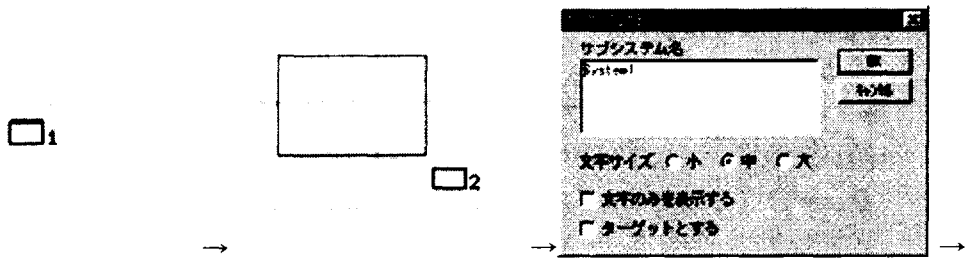


④ターゲット

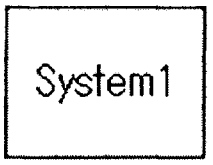
- 

【Box】ボタン

現在入力しているサブシステムの主製品のライフサイクルにおいて、現在入力しているサブシステム以外の各段階のサブシステムを表すボックスを描きます。このボタンを選択すると、描画画面上でマウス形状が①のようになり、マウスを一度左クリックすると始点が決定されます。一度マウスを左クリックするとマウス形状が②のように変わり、マウスを動かすとボックスの大きさを変えることができます。（このマウス形状で右クリックすると一つ前の状態(①)に戻ります。）このマウス形状でもう一度左クリックするとボックスの終点が決定され、ボックスのプロパティを設定する画面(③)が表示されます。プロパティを設定しＯＫボタンを押すとボックス(④)を描くことができます。



①Box ボタン選択　②ボックス描画中　③ボックスプロパティ画面

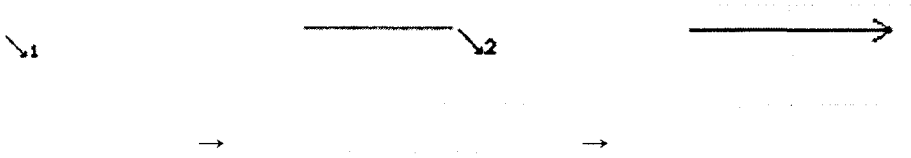


④ボックス

- 

【Line】ボタン

サブシステムとサブシステムのつながりを表す矢印を描きます。このボタンを選択すると、描画画面上でマウス形状が①のようになり、マウスを一度左クリックすると始点が決定されます。一度マウスを左クリックするとマウス形状が②のように変わり、マウスを動かすと矢印の大きさを変えることができます。(このマウス形状で右クリックすると一つ前の状態(①)に戻ります。)このマウス形状でもう一度左クリックすると矢印の終点が決定され、矢印(③)を描くことができます。

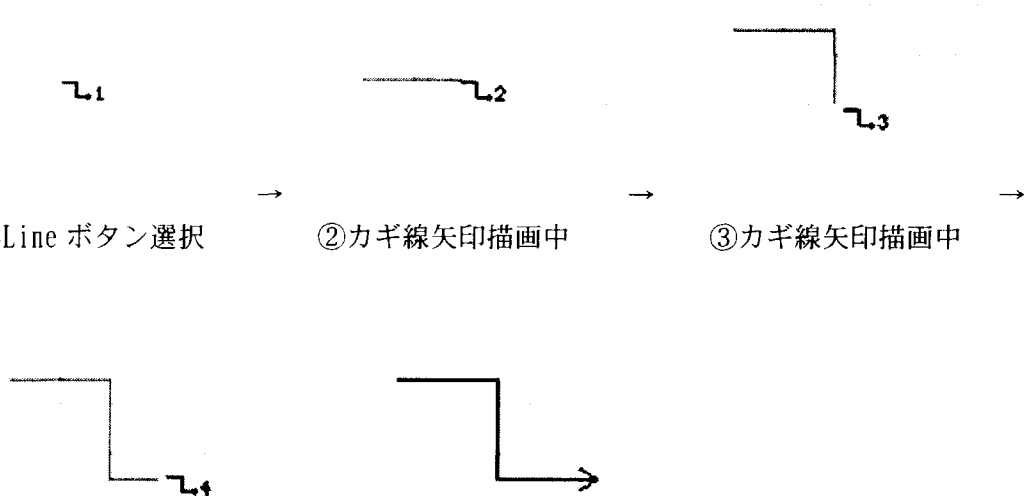


①Line ボタン選択　　②矢印描画中　　③矢印

- 

【3Line】ボタン

サブシステムとサブシステムのつながりを表すカギ線矢印を描きます。このボタンを選択すると、描画画面上でマウス形状が①のようになり、マウスを一度左クリックすると始点が決定されます。一度マウスを左クリックするとマウス形状が②のように変わり、マウスを動かすとカギ線矢印の第一線の大きさを変えることができます。(このマウス形状で右クリックすると一つ前の状態(①)に戻ります。)もう一度マウスを左クリックすると第一線の終点(次の第二線の始点)が決まり、マウス形状が③のように変わり、マウスを動かすとカギ線矢印の第二線の大きさを変えることができます。(このマウス形状で右クリックすると①に戻ります。)さらにもう一度マウスを左クリックすると第二線の終点(次の第三線の始点)が決まり、マウス形状が④のように変わり、マウスを動かすとカギ線矢印の第三線の大きさを変えることができます。(このマウス形状で右クリックすると①に戻ります。)このマウス形状でもう一度左クリックするとカギ線矢印の終点が決定され、カギ線矢印(⑤)を描くことができます。



①3Line ボタン選択　　②カギ線矢印描画中　　③カギ線矢印描画中

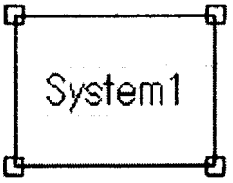
④カギ線矢印描画中　　⑤カギ線矢印

- 

【Select】ボタン

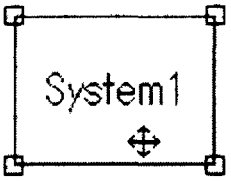
現在描画しているサブシステムフローの図形を選択します。このボタンを選択すると、描画画面上でマウス形状が①のようになり、選択する図形上でマウスを一度左クリックするとその図形が選択状態(②・③)になります。選択状態の図形上でもう一度左クリックすると選択状態が解除されます。マウスが①の状態で、コントロールキーまたはシフトキーを押したままマウスを左クリックすると、複数の図形を選択状態にすることができます。左クリックした図形が未選択であれば選択状態に、選択中であれば未選択状態になるので、選択対象の増減が簡単にできます。また、図形外でドラッグする（マウスの左ボタンを押したままマウスを動かす）と赤い矩形が表示され、その範囲内の図形が選択状態になります。図形外の右クリックで表示されるメニューの、〔全て選択〕を選ぶと全図形が選択状態になります。
選択状態で図形の移動(マウス形状④)・大きさの変更(マウス形状⑤・⑥)・コピー・削除・プロパティ画面表示などが可能です。図形の上で右クリックすると編集用メニューが表示されます。(複数選択した図形の編集には画面上部のアイコンを使用してください。編集用メニューの表示のために右クリックすると複数選択が解除されます。）図形外で右クリックすると、マウス形状が①以外の場合は①に戻り、マウス形状が①の時はグリッド表示のような全体用メニューが表示されます。図形の移動または大きさの変更中（マウスの左ボタンを押している状態）にマウスの右ボタンを押すと、移動または大きさの変更がキャンセルされ元の状態に戻ります。

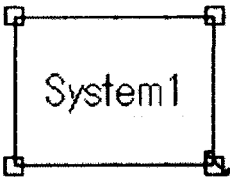






①Select ボタン選択　　②選択状態ボックス　　③選択状態矢印







④移動　　⑤大きさ変更（ボックス）　⑥大きさ変更（矢印）

- 

【Grid】ボタン
描画画面上にグリッド(①)を表示します。サブシステムフロー図を描画しやすくします。



①グリッド　　②グリッド無し

- 

【Cut】ボタン
選択された図形を切り取ります。

- 

【Copy】ボタン
選択された図形をコピーします。

- 

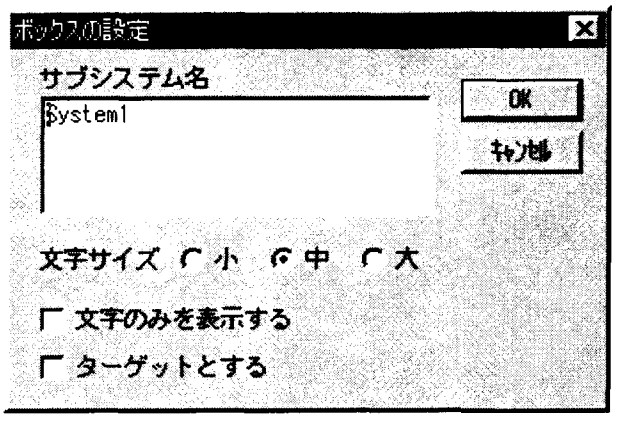
【Paste】ボタン
クリップボードにある図形を貼り付けます。

- 

【Delete】ボタン
選択された図形を削除します。

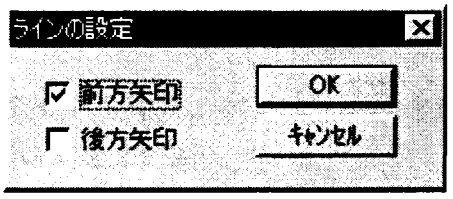
- 

【Prop】ボタン
選択された図形のプロパティ画面を表示します。



第3.2-2図　ボックス（ターゲット）プロパティ画面

サブシステム名：
　ボックス内に表示する文字を入力する。
文字サイズ：
　サブシステム名の文字サイズを選択する。
文字のみを表示する：
　チェックするとボックスの矩形線を表示せず、サブシステム名の文字だけを表示する。タイトルや説明文などの文字だけを表記したいときに使用する。
ターゲットとする：
　ボックスの矩形線が2重枠になる。このボックスが対象サブシステムであることを示す場合にチェックする。ツールバーで Target を選んだときは、デフォルトでチェックされた状態になっている。尚、ターゲットは1つしか作れないので、ターゲットボックスを既に作っているときにチェックすると以前のターゲットは通常のボックスになる。



第 3.2-3 図　ライン設定画面

マウス右クリックの機能

1. Select 時
   図形上で右クリックすると、その図形が選択状態になり編集用メニューがポップアップします。図形外で右クリックすると、グリッド表示のような全体用メニューがポップアップします。
2. 図形書き始め時（マウスアイコンの数字が 1 の時）
   図形上で右クリックすると、その図形が選択状態になり編集用メニューがポップアップします。このときのマウス形状は変わりません。描画中にプロパティを開きたいとき等に使います。何もないところで右クリックするとマウス形状は Select に戻ります。
3. 図形描画中（マウスアイコンの数字が 2 以上の時）
   右クリックすると 1 つ前の状態に戻ります。例えば、Line2 が Line1 に戻るということです。
4. 図形の移動またはリサイズ中
   図形の移動またはリサイズ中、即ちマウスの左ボタンを押している状態でマウスの右ボタンを押すと、移動またはリサイズがキャンセルされ元の状態に戻ります。

- 図形の複数選択
  1. コントロールキーまたはシフトキーを押したまま、マウスを左クリックすると複数の図形を選択状態にできます。クリックした図形が未選択であれば選択状態になり、選択中であれば未選択状態になるので、選択対象の増減が簡単にできます。
  2. 図形外でマウスの左ボタンを押したままマウスを移動すると赤い矩形が表示され、その範囲中の図形が選択状態になります。
  3. 図形外の右クリックで出る全体用メニューの「全て選択」を選ぶと全図形が選択状態になります。

＊複数選択した図形の編集（コピー等）には画面上部のアイコンボタンを使う必要があります。(編集用メニューを出そうとして右クリックすると複数選択が解除されるため)

（2）サブシステム情報

a. サブシステム

このデータセットが関連するサブシステムに関する情報を入力する画面です。インベントリデータ用整理フォーマット（IDAF）でのFormat1-総括表に対応します。

【ＯＫ】ボタンまたは【**適用**】ボタンで入力・編集されたサブシステム情報データ項目情報をローカルデータベースに反映し、【ＯＫ】ボタンの場合はウィンドウを閉じます。

【**キャンセル**】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで入力・編集されたサブシステム情報データ項目情報をローカルデータベースに反映せずにこのウィンドウを閉じます。

この画面で入力する各項目についての説明を以下に示します。

サブシステム分類

このサブシステムの種類。値は、[製造・輸送・使用・リサイクル・廃棄・(なし)]のいずれか。

サブシステム名

このサブシステムの名称。(IDAF) のFormat1-システム名に対応。

分類コード

このサブシステムが関連する統計分類。統計分類は構造化されているので、この項目はデータベースを分類し検索するために役立つ。(IDAF) の Format1-分類コードに対応。【**参照**】ボタンでツリー構造の産業分類から選択することができる（産業分類選択参照)。

（※この統計分類は、JIS X0403 1987、及び通商産業大臣官房調査統計部編・工業統計調査用産業分類に基づく。）

製品名

このサブシステムの参照機能である主製品の名称。(IDAF) の Format1-製品名に対応。

値

このサブシステムの参照機能である主製品の出力量。指数入力も可。(IDAF) のFormat1-値に対応。

単位

このサブシステムの参照機能である主製品の出力量の単位。ここで単位が選択された場合、単位名フィールドは入力不可。(IDAF) のFormat1-単位に対応。

単位名

このサブシステムの参照機能である主製品の出力量の単位名。単位の選択肢にない単位名を入力することができる。単位未選択の場合のみ入力可能。((IDAF) のFormat1-単位に対応。)

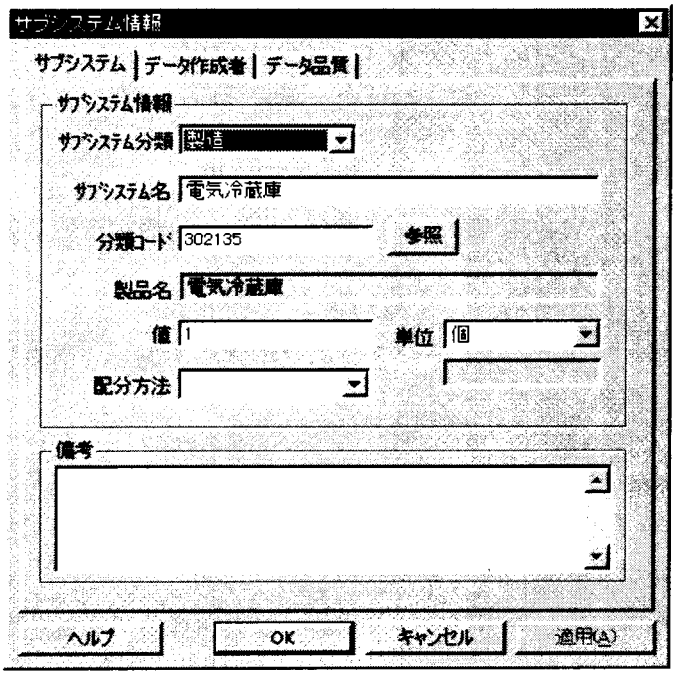
配分方法

このサブシステムの主製品とその他産物との配分方法の説明。この値は、[なし・

物理量・経済価値・その他］のいずれか。

製品に関する備考

このデータセットに関する備考。製品がモデル化されている場合の条件設定など。



第 3. 2-4 図　サブシステム情報画面

b. 産業分類選択

このデータセットが関連するサブシステムに関する情報のうち、このサブシステムが関連する統計分類を選択する画面です。

上画面に現れるツリー構造をたどっていくことで、目的の産業名を探しだし、その産業名を選択することによって、対応する分類コードが自動的に入力されます。辞書保守機能によって分類コードに対する別名が登録されている場合、同一分類コードの選択肢が複数表示されます。

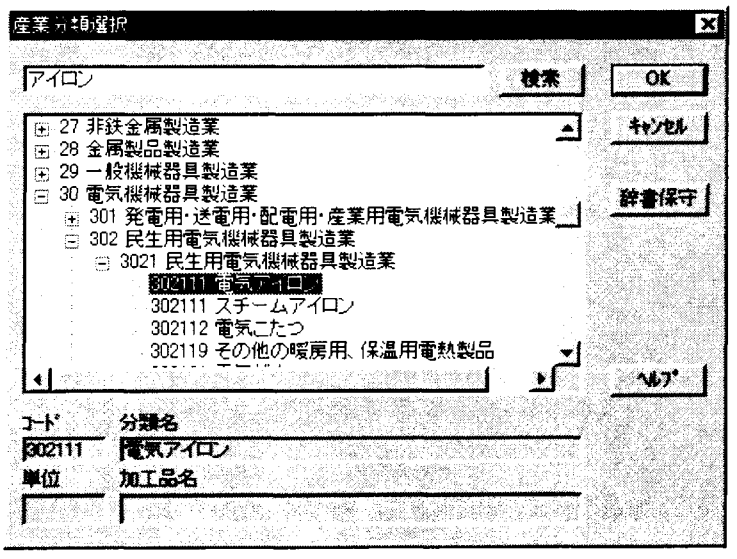
※この統計分類は、JIS X0403 1987、及び通商産業大臣官房調査統計部編・工業統計調査用産業分類に基づいています。

検索テキストボックスに検索したい名称の文字列を入力し【**検索**】ボタンを押すと該当名称のツリーに移動します。

【ＯＫ】ボタンまたは下位ツリーのないツリー名称のダブルクリックで、選択された産業分類コードを各入出力データ項目の産業分類コードに適用し、このウィンドウを閉じます。

【**キャンセル**】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで選択された産業分類コードを各入出力データ項目の産業分類コードに適用せずにこのウィンドウを閉じます。

【**辞書保守**】ボタンで選択された産業分類コードに対する別名をつけるための辞書保守機能を呼び出します。(辞書保守参照)



第 3.2-5 図　産業分類選択画面

c. データ作成者

このデータセットの作成者に関する情報を入力する画面です。インベントリデータ用整理フォーマット（IDAF）での Format1-データ作成者に対応します。データ内容への問い合わせに対応できる人あるいはグループを記載します。

【規定値として保存】ボタンで入力したデータ作成者情報を規定値として保存することができます。

【規定値を呼び出す】ボタンで規定値として保存したデータ作成者情報を呼び出すことができます。

【ＯＫ】ボタンまたは**【適用】**ボタンで入力・編集されたデータ作成者データ項目情報をローカルデータベースに反映し、**【ＯＫ】**ボタンの場合はウィンドウを閉じます。

【キャンセル】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで入力・編集されたデータ作成者データ項目情報をローカルデータベースに反映せずにこのウィンドウを閉じます。

この画面で入力する各項目についての説明を以下に示します。

作成日

このデータセットが作成された日付。（IDAF）の Format1-データ作成者-作成日に対応。

作成者情報・氏名

このデータセットの作成者の氏名。（IDAF）の Format1-データ作成者-氏名に対応。

作成者情報・所属

このデータセットの作成者の所属。（IDAF）の Format1-データ作成者-所属に対応。

作成者情報・住所

このデータセットの作成者の住所。（IDAF）の Format1-データ作成者-住所に対応。

作成者情報・e-mail

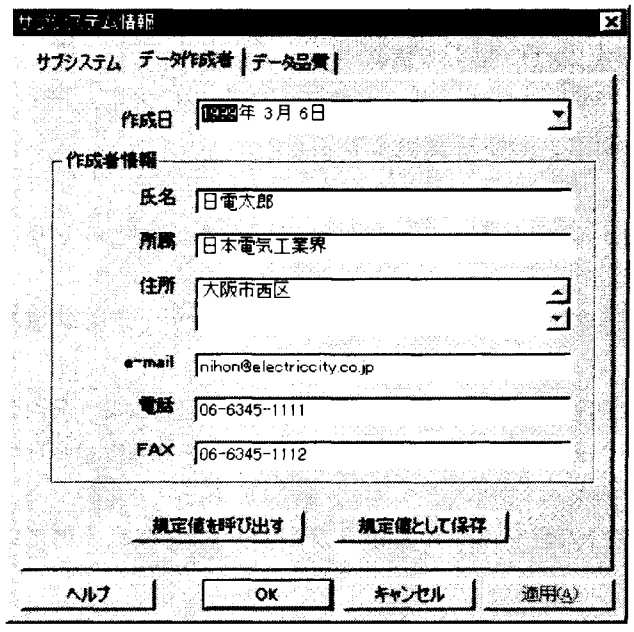
このデータセットの作成者の電子メールアドレス。（IDAF）の Format1-データ作成者-e-mail に対応。

作成者情報・電話

このデータセットの作成者の電話番号。（IDAF）の Format1-データ作成者-電話に対応。

作成者情報・FAX

このデータセットの作成者の FAX 番号。（IDAF）の Format1-データ作成者-FAX に対応。



第 3.2-6 図　データ作成者情報画面

d. データ品質

このデータセットの品質に関する情報を入力する画面です。

【OK】ボタンまたは【適用】ボタンで入力・編集されたデータ品質データ項目情報をローカルデータベースに反映し、【OK】ボタンの場合はウィンドウを閉じます。

【キャンセル】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで入力・編集されたデータ品質データ項目情報をローカルデータベースに反映せずにこのウィンドウを閉じます。

この画面で入力する各項目についての説明を以下に示します。

時間的範囲

このデータセットが有効な時間的範囲。これは一般的にはデータ収集期間と等しいが、データの投影が行われた場合はこの限りではない。

地理的範囲

このデータセットが有効な地理的範囲。

技術的範囲

このデータセットが有効な技術的範囲。特定の技術のための専門用語で指定される。

完全性

このデータセットの完全性。

代表性

このデータセットの代表制をパーセントで記述する。代表性とは、このデータセットが関連するサブシステムが、参照機能を提供する全てのサブシステムの何パーセントを含んでいるかを表す。

整合性

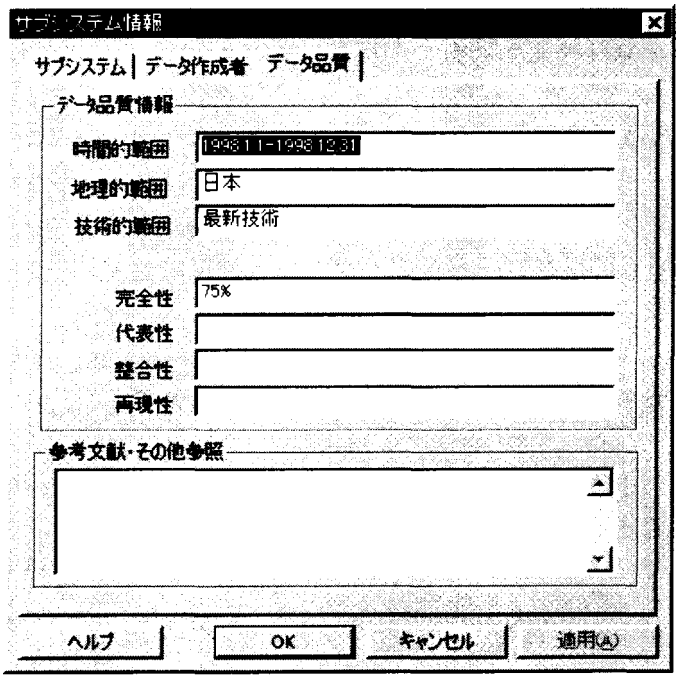
このデータセットの整合性。

再現性

このデータセットの再現性。

参考文献・その他参照

このデータセットに関する参考文献。

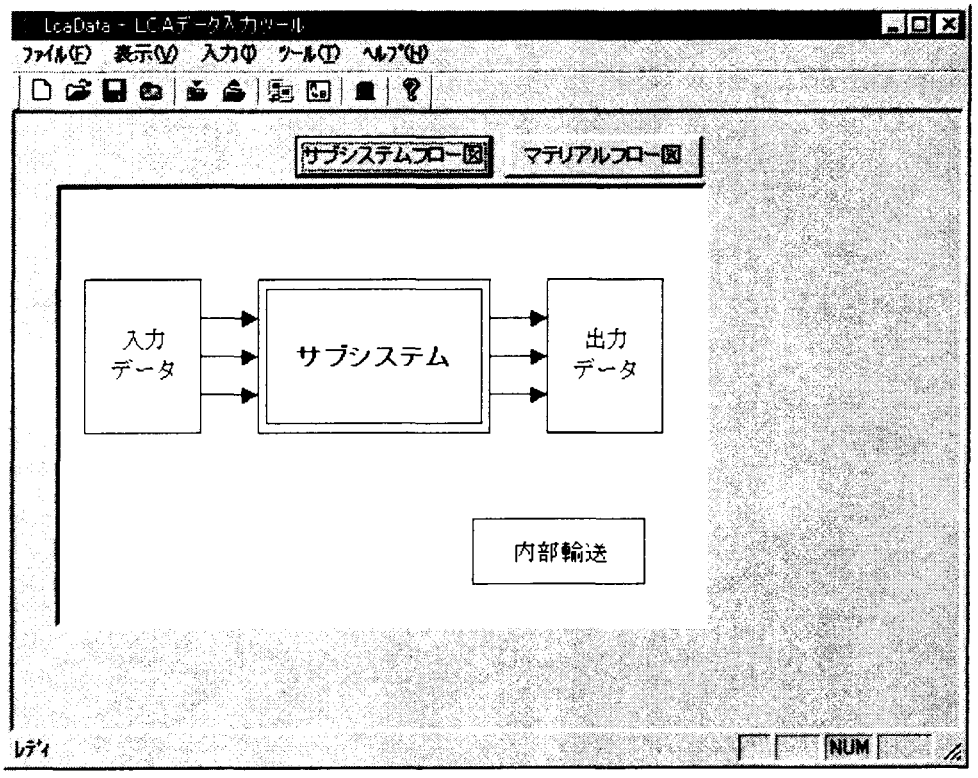


第 3.2-7 図　データ品質情報画面

（3）サブシステムへの入出力データ選択画面

新規作成の場合、サブシステムフロー図、サブシステム情報、入力データ、出力データ、内部輸送の各項目を設定して【OK】ボタンを押すと、このサブシステムへの入出力データ選択画面が表示されます。既存のファイルを開く場合は、最初にこの画面が表示されます。

この画面上の入力したい項目の領域をクリックすると、各入力画面が表示されます。



第3.2-8図　ＬＣＡデータ入力ツール画面

入力データ

このサブシステムに対する入力データ（エネルギー、 原料、 素材、 部品）を入力する画面を表示。

サブシステム

このサブシステムの情報（サブシステム、データ作成者、データ品質）を入力する画面を表示。

出力データ

このサブシステムに対する出力データ（出力製品、 環境負荷物質（大気・ 水質・ 土壌)、 廃棄物（大気・ 水質・ 土壌・ その他））を入力する画面を表示。

内部輸送

このサブシステム内部で発生する輸送サービスに関する情報を入力する画面を表示。

サブシステムフロー図

このサブシステムがライフサイクルシステムの中でどういった関連になっているのかを図で描く・確認することができる画面を表示。

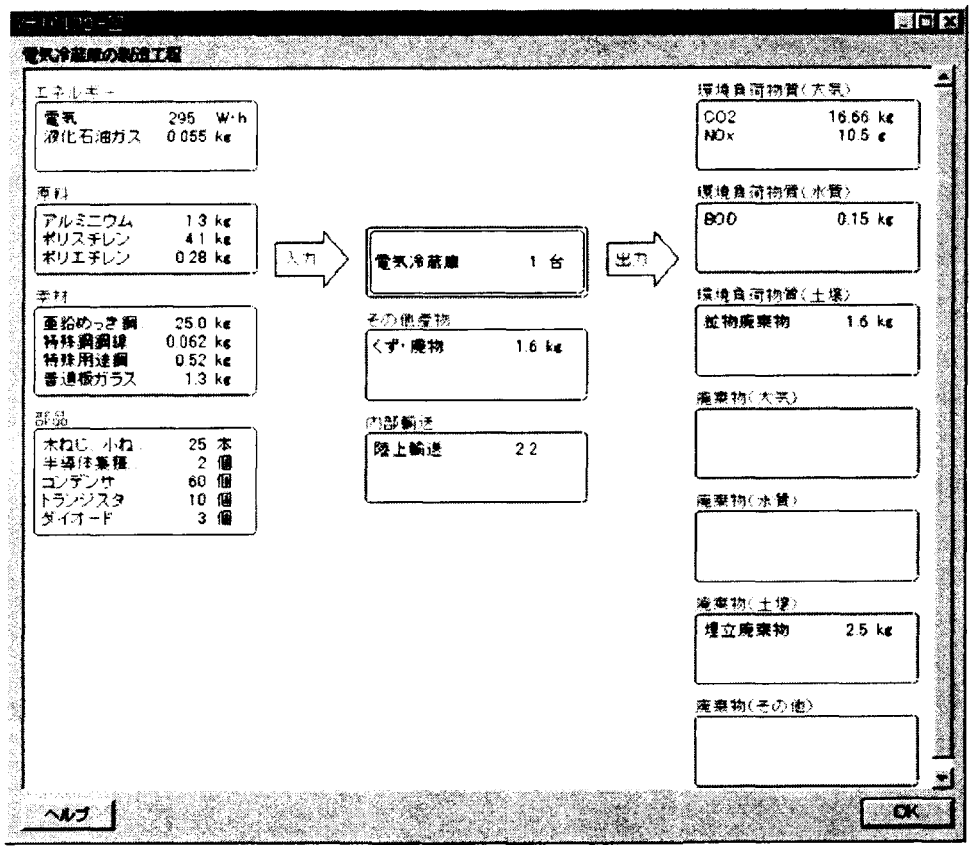
マテリアルフロー図

このサブシステムに対して何が入力されて、何が出力されているのかを図で確認することができる画面を表示。

a. マテリアルフロー図

現在入力しているサブシステムに対して何が入力されて、何が出力されているのかを図で確認することができる画面です。

【OK】ボタンでマテリアルフロー図を閉じます。



第 3.2-9 図　マテリアルフロー図画面

(4) 入力データ

a. エネルギー

このサブシステムの、エネルギーに関する入力の情報を入力する画面です。ここでのエネルギーとは熱や燃料、電力の事をいいます（例：電力 500 kWh、重油 50 l、LNG 3 m³）。

【追加】ボタンで新しい入力・エネルギーデータ項目を入力することができます。

【編集】ボタンで選択したすでに入力された入力・エネルギーデータ項目を編集することができます。

【削除】ボタンで選択したすでに入力された入力・エネルギーデータ項目を削除することができます。

【ＯＫ】ボタンまたは**【適用】**ボタンで追加・編集・削除された入力・エネルギーデータ項目情報をローカルデータベースに反映し、**【ＯＫ】**ボタンの場合はウィンドウを閉じます。

【キャンセル】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで追加・編集・削除された入力・エネルギーデータ項目情報をローカルデータベースに反映せずにこのウィンドウを閉じます。

この画面で入力する各項目についての説明を以下に示します。（＊は入力必須項目）

産業分類コード　（＊もしくは項目名のどちらか）

この入力エネルギーが関連する統計分類。インベントリデータ用整理フォーマット（IDAF）の Format3-入力-コードに対応。**【参照】**ボタンでツリー構造の産業分類から選択することができる（産業分類選択参照）。

（※この統計分類は、JIS X0403 1987、及び通商産業大臣官房調査統計部編・工業統計調査用産業分類に基づく。）

項目名　（＊もしくは産業分類コードのどちらか）

入力エネルギーの名称。(IDAF) の Format3-入力-名称に対応。

平均値

この入力エネルギーの平均値。指数入力も可。(IDAF) の Format3-入力-平均値に対応。

単位

この入力エネルギーの平均値の単位。ここで単位が選択された場合、単位名フィールドは入力不可。(IDAF) の Format3-入力-単位に対応。

単位名

この入力エネルギーの平均値の単位。単位の選択肢にない単位名を入力することができる。単位未選択の場合のみ入力可能。((IDAF) の Format3-入力-単位に対応。)

上限値

この入力エネルギーの平均値の精度の上限。指数入力も可。

下限値

この入力エネルギーの平均値の精度の下限。指数入力も可。

備考

この入力エネルギーの上限値・下限値に関する備考。

搬入・名称

この入力エネルギーの搬入サービスの名称。

搬入・燃費

この搬入輸送サービスの燃費。この燃費と距離から、燃料タイプで記述した燃料の使用量を算出することができる。指数入力も可。

搬入・燃費・単位

この搬入輸送サービスの燃費の単位。ここで搬入・燃費・単位が選択された場合、搬入・燃費・単位名フィールドは入力不可。

搬入・燃費・単位名

この搬入輸送サービスの燃費の単位名。搬入・燃費・単位の選択肢にない単位名を入力することができる。搬入・燃費・単位未選択の場合のみ入力可能。

搬入・手段

この搬入輸送サービスの具体的手段。

搬入・燃料タイプ

この搬入輸送サービスで用いられる燃料の種類。値は［自動車ガソリン（含　航空ガソリン）・ジェット燃料・軽油・A 重油・B 重油・C 重油・液化石油ガス・石油ガス・燃料ガス・販売電力］のいずれか。

搬入・距離

この搬入輸送サービスの輸送距離。指数入力も可。

搬入・距離・単位

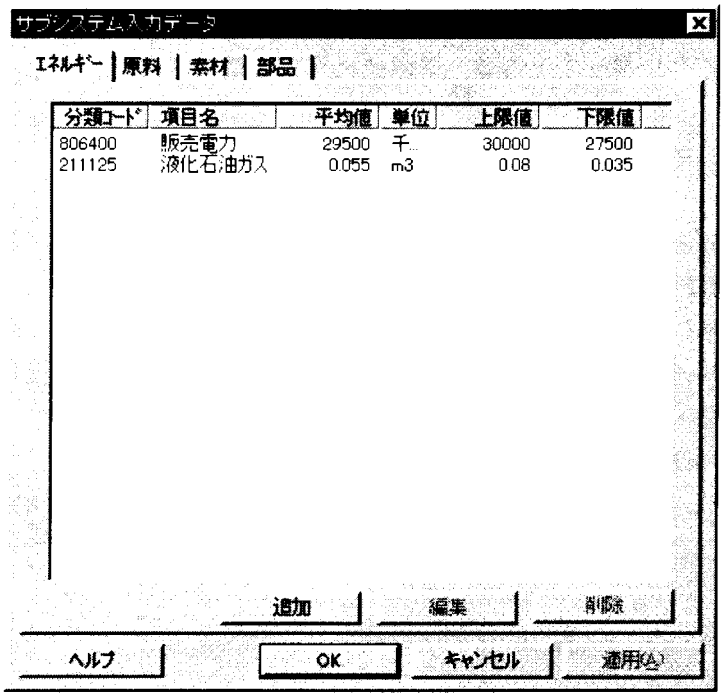
この搬入輸送サービスの距離の単位。ここで搬入・距離・単位が選択された場合、搬入・距離・単位名フィールドは入力不可。

搬入・距離・単位名

この搬入輸送サービスの距離の単位名。搬入・距離・単位の選択肢にない単位名を入力することができる。搬入・距離・単位未選択の場合のみ入力可能。

搬入・備考

この搬入輸送サービスに関する備考。



第 3.2-10 図　エネルギー入力データ画面

b. 原料

このサブシステムの、原料に関する入力の情報を入力する画面です。

【**追加**】ボタンで新しい入力・原料データ項目を入力することができます。

【**編集**】ボタンで選択したすでに入力された入力・原料データ項目を編集することができます。

【**削除**】ボタンで選択したすでに入力された入力・原料データ項目を削除することができます。

【**OK**】ボタンまたは【**適用**】ボタンで追加・編集・削除された入力・原料データ項目情報をローカルデータベースに反映し、【**OK**】ボタンの場合はウィンドウを閉じます。

【**キャンセル**】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで追加・編集・削除された入力・原料データ項目情報をローカルデータベースに反映せずにこのウィンドウを閉じます。

この画面で入力する各項目についての説明を以下に示します。(＊は入力必須項目)

産業分類コード (＊もしくは項目名のどちらか)

この入力原料が関連する統計分類。インベントリデータ用整理フォーマット(IDAF)の Format3-入力-コードに対応。【**参照**】ボタンでツリー構造の産業分類から選択することができる(産業分類選択参照)。

(※この統計分類は、JIS X0403 1987、及び通商産業大臣官房調査統計部編・工業統計調査用産業分類に基づく。)

項目名 (＊もしくは産業分類コードのどちらか)

入力原料の名称。(IDAF) の Format3-入力-名称に対応。

平均値

この入力原料の平均値。指数入力も可。(IDAF) の Format3-入力-平均値に対応。

単位

この入力原料の平均値の単位。ここで単位が選択された場合、単位名フィールドは入力不可。(IDAF) の Format3-入力-単位に対応。

単位名

この入力原料の平均値の単位。単位の選択肢にない単位名を入力することができる。単位未選択の場合のみ入力可能。((IDAF) の Format3-入力-単位に対応。)

上限値

この入力原料の平均値の精度の上限。指数入力も可。

下限値

この入力原料の平均値の精度の下限。指数入力も可。

備考

この入力原料の上限値・下限値に関する備考。

搬入・名称

この入力原料の搬入サービスの名称。

搬入・燃費

この搬入輸送サービスの燃費。この燃費と距離から、燃料タイプで記述した燃料の使用量を算出することができる。指数入力も可。

搬入・燃費・単位

この搬入輸送サービスの燃費の単位。ここで搬入・燃費・単位が選択された場合、搬入・燃費・単位名フィールドは入力不可。

搬入・燃費・単位名

この搬入輸送サービスの燃費の単位名。搬入・燃費・単位の選択肢にない単位名を入力することができる。搬入・燃費・単位未選択の場合のみ入力可能。

搬入・手段

この搬入輸送サービスの具体的手段。

搬入・燃料タイプ

この搬入輸送サービスで用いられる燃料の種類。値は［自動車ガソリン（含　航空ガソリン）・ジェット燃料・軽油・A 重油・B 重油・C 重油・液化石油ガス・石油ガス・燃料ガス・販売電力］のいずれか。

搬入・距離

この搬入輸送サービスの輸送距離。指数入力も可。

搬入・距離・単位

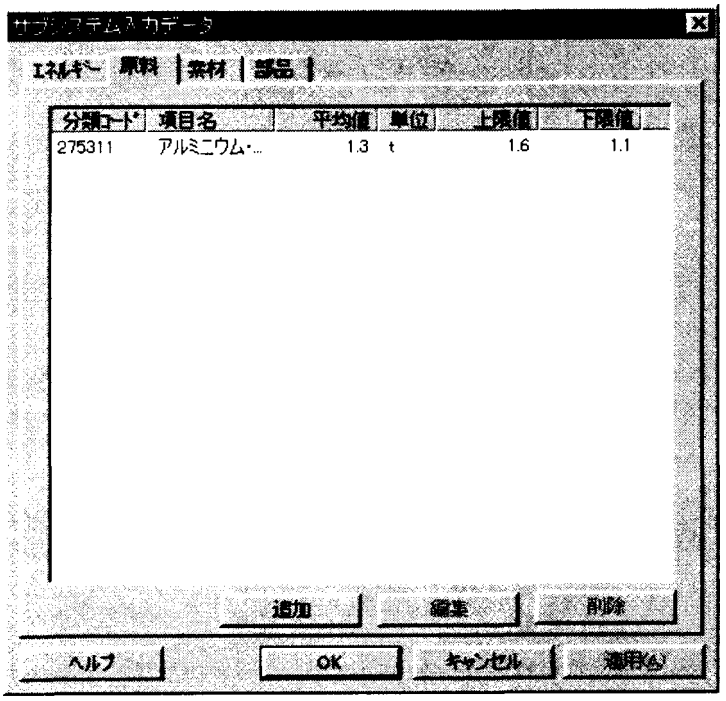
この搬入輸送サービスの距離の単位。ここで搬入・距離・単位が選択された場合、搬入・距離・単位名フィールドは入力不可。

搬入・距離・単位名

この搬入輸送サービスの距離の単位名。搬入・距離・単位の選択肢にない単位名を入力することができる。搬入・距離・単位未選択の場合のみ入力可能。

搬入・備考

この搬入輸送サービスに関する備考。



第 3.2-11 図　原料入力データ画面

c. 素材

このサブシステムの、素材に関する入力の情報を入力する画面です。

【追加】ボタンで新しい入力・素材データ項目を入力することができます。

【編集】ボタンで選択したすでに入力された入力・素材データ項目を編集することができます。

【削除】ボタンで選択したすでに入力された入力・素材データ項目を削除することができます。

【ＯＫ】ボタンまたは【適用】ボタンで追加・編集・削除された入力・素材データ項目情報をローカルデータベースに反映し、【ＯＫ】ボタンの場合はウィンドウを閉じます。

【キャンセル】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで追加・編集・削除された入力・素材データ項目情報をローカルデータベースに反映せずにこのウィンドウを閉じます。

この画面で入力する各項目についての説明を以下に示します。(＊は入力必須項目)

産業分類コード (＊もしくは項目名のどちらか)

この入力素材が関連する統計分類。インベントリデータ用整理フォーマット(IDAF)の Format3-入力-コードに対応。【参照】ボタンでツリー構造の産業分類から選択することができる(産業分類選択参照)。

(※この統計分類は、JIS X0403 1987、及び通商産業大臣官房調査統計部編・工業統計調査用産業分類に基づく。)

項目名 (＊もしくは産業分類コードのどちらか)

入力素材の名称。(IDAF) の Format3-入力-名称に対応。

平均値

この入力素材の平均値。指数入力も可。(IDAF) の Format3-入力-平均値に対応。

単位

この入力素材の平均値の単位。ここで単位が選択された場合、単位名フィールドは入力不可。(IDAF) の Format3-入力-単位に対応。

単位名

この入力素材の平均値の単位名。単位の選択肢にない単位名を入力することができる。単位未選択の場合のみ入力可能。((IDAF) の Format3-入力-単位に対応。)

上限値

この入力素材の平均値の精度の上限。指数入力も可。

下限値

この入力素材の平均値の精度の下限。指数入力も可。

備考

この入力素材の上限値・下限値に関する備考。

搬入・名称

この入力素材の搬入サービスの名称。

搬入・燃費

この搬入輸送サービスの燃費。この燃費と距離から、燃料タイプで記述した燃料の使用量を算出することができる。指数入力も可。

搬入・燃費・単位

この搬入輸送サービスの燃費の単位。ここで搬入・燃費・単位が選択された場合、搬入・燃費・単位名フィールドは入力不可。

搬入・燃費・単位名

この搬入輸送サービスの燃費の単位名。搬入・燃費・単位の選択肢にない単位名を入力することができる。搬入・燃費・単位未選択の場合のみ入力可能。

搬入・手段

この搬入輸送サービスの具体的手段。

搬入・燃料タイプ

この搬入輸送サービスで用いられる燃料の種類。値は［自動車ガソリン（含　航空ガソリン）・ジェット燃料・軽油・A 重油・B 重油・C 重油・液化石油ガス・石油ガス・燃料ガス・販売電力］のいずれか。

搬入・距離

この搬入輸送サービスの輸送距離。指数入力も可。

搬入・距離・単位

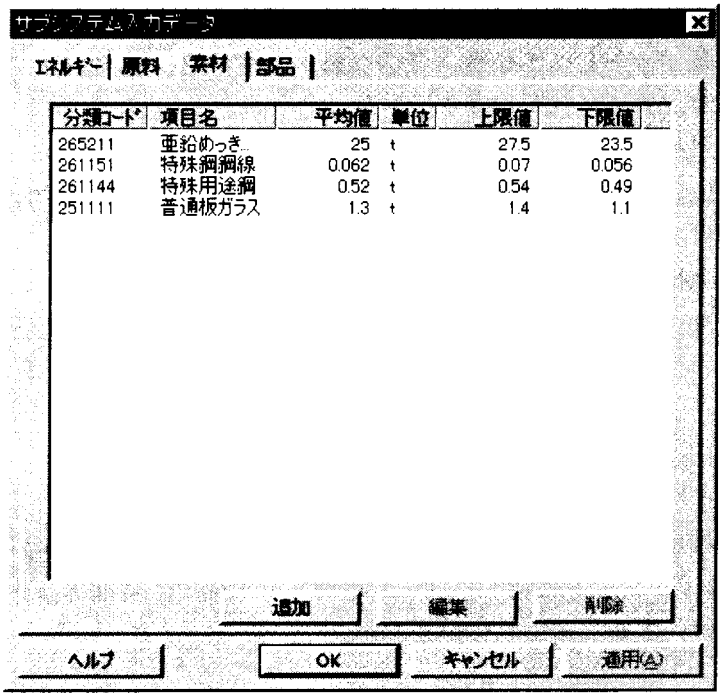
この搬入輸送サービスの距離の単位。ここで搬入・距離・単位が選択された場合、搬入・距離・単位名フィールドは入力不可。

搬入・距離・単位名

この搬入輸送サービスの距離の単位名。搬入・距離・単位の選択肢にない単位名を入力することができる。搬入・距離・単位未選択の場合のみ入力可能。

搬入・備考

この搬入輸送サービスに関する備考。



第 3.2-12 図　素材入力データ画面

d. 部品

このサブシステムの、部品に関する入力の情報を入力する画面です。

【**追加**】ボタンで新しい入力・部品データ項目を入力することができます。

【**編集**】ボタンで選択したすでに入力された入力・部品データ項目を編集することができます。

【**削除**】ボタンで選択したすでに入力された入力・部品データ項目を削除することができます。

【ＯＫ】ボタンまたは【**適用**】ボタンで追加・編集・削除された入力・部品データ項目情報をローカルデータベースに反映し、【ＯＫ】ボタンの場合はウィンドウを閉じます。

【**キャンセル**】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで追加・編集・削除された入力・部品データ項目情報をローカルデータベースに反映せずにこのウィンドウを閉じます。

この画面で入力する各項目についての説明を以下に示します。(＊は入力必須項目)

産業分類コード （＊もしくは項目名のどちらか)

この入力部品が関連する統計分類。インベントリデータ用整理フォーマット（IDAF）の Format3-入力-コードに対応。【**参照**】ボタンでツリー構造の産業分類から選択することができる（産業分類選択参照)。

（※この統計分類は、JIS X0403 1987、及び通商産業大臣官房調査統計部編・工業統計調査用産業分類に基づく。)

項目名 （＊もしくは産業分類コードのどちらか)

入力部品の名称。(IDAF) の Format3-入力-名称に対応。

平均値

この入力部品の平均値。指数入力も可。(IDAF) の Format3-入力-平均値に対応。

単位

この入力部品の平均値の単位。ここで単位が選択された場合、単位名フィールドは入力不可。(IDAF) の Format3-入力-単位に対応。

単位名

この入力部品の平均値の単位。単位の選択肢にない単位名を入力することができる。単位未選択の場合のみ入力可能。((IDAF) の Format3-入力-単位に対応。)

上限値

この入力部品の平均値の精度の上限。指数入力も可。

下限値

この入力部品の平均値の精度の下限。指数入力も可。

備考

この入力部品の上限値・下限値に関する備考。

搬入・名称

この入力部品の搬入サービスの名称。

搬入・燃費

この搬入輸送サービスの燃費。この燃費と距離から、燃料タイプで記述した燃料の使用量を算出することができる。指数入力も可。

搬入・燃費・単位

この搬入輸送サービスの燃費の単位。ここで搬入・燃費・単位が選択された場合、搬入・燃費・単位名フィールドは入力不可。

搬入・燃費・単位名

この搬入輸送サービスの燃費の単位名。搬入・燃費・単位の選択肢にない単位名を入力することができる。搬入・燃費・単位未選択の場合のみ入力可能。

搬入・手段

この搬入輸送サービスの具体的手段。

搬入・燃料タイプ

この搬入輸送サービスで用いられる燃料の種類。値は［自動車ガソリン（含　航空ガソリン）・ジェット燃料・軽油・A 重油・B 重油・C 重油・液化石油ガス・石油ガス・燃料ガス・販売電力］のいずれか。

搬入・距離

この搬入輸送サービスの輸送距離。指数入力も可。

搬入・距離・単位

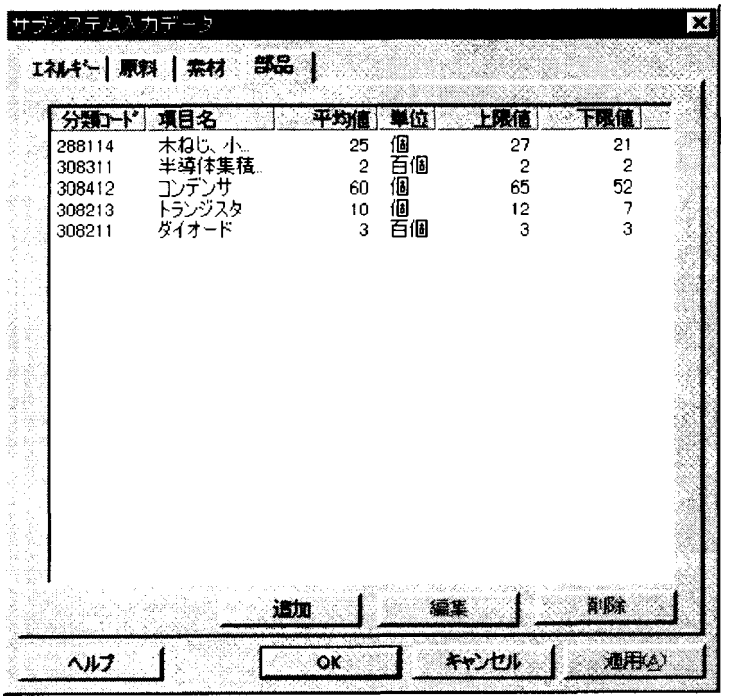
この搬入輸送サービスの距離の単位。ここで搬入・距離・単位が選択された場合、搬入・距離・単位名フィールドは入力不可。

搬入・距離・単位名

この搬入輸送サービスの距離の単位名。搬入・距離・単位の選択肢にない単位名を入力することができる。搬入・距離・単位未選択の場合のみ入力可能。

搬入・備考

この搬入輸送サービスに関する備考。



第 3.2-13 図　部品入力データ画面

（5）出力データ

a. 出力製品

このサブシステムの主製品に関する情報を表示し、その他産物に関する出力の情報を入力する画面です。ここに記述されるその他産物は、サブシステム情報-配分方法で配分されているものです。

主製品の情報は、製品名（サブシステム情報-製品名と同じ。インベントリデータ用整理フォーマット（IDAF）の Format3-出力-名称に対応。）・数量（サブシステム情報-単位量と同じ。（IDAF）の Format3-出力-平均値に対応。）・単位（サブシステム情報-単位と同じ。（IDAF）の Format3-出力-単位に対応。）・分類コード（サブシステム情報-分類コードと同じ。（IDAF）の Format3-出力-コードに対応。）が表示され、ここでは更新・削除することはできません。サブシステムプロパティ・サブシステム情報で修正します。

【追加】ボタンで新しい出力・出力製品・その他産物データ項目を入力することができます。

【編集】ボタンで選択したすでに入力された出力・出力製品・その他産物データ項目を編集することができます。

【削除】ボタンで選択したすでに入力された出力・出力製品・その他産物データ項目を削除することができます。

【ＯＫ】ボタンまたは**【適用】**ボタンで追加・編集・削除された出力・出力製品・その他産物データ項目情報をローカルデータベースに反映し、【ＯＫ】ボタンの場合はウィンドウを閉じます。

【キャンセル】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで追加・編集・削除された出力・出力製品・その他産物データ項目情報をローカルデータベースに反映せずにこのウィンドウを閉じます。

この画面で入力する各項目についての説明を以下に示します。（＊は入力必須項目）

産業分類コード　（＊もしくは項目名のどちらか）

このサブシステムの参照機能であるその他産物が関連する統計分類。**【参照】**ボタンでツリー構造の産業分類から選択することができる（産業分類選択参照）。

（※この統計分類は、JIS X0403 1987、及び通商産業大臣官房調査統計部編・工業統計調査用産業分類に基づく。）

項目名　（＊もしくは産業分類コードのどちらか）

このサブシステムの参照機能であるその他産物の名称。

平均値

このサブシステムのその他産物の出力量。指数入力も可。

単位

このサブシステムのその他産物の出力量の単位。ここで単位が選択された場合、単位名フィールドは入力不可。

単位名

このサブシステムのその他産物の出力量の単位名。単位の選択肢にない単位名を入

力することができる。単位未選択の場合のみ入力可能。

上限値

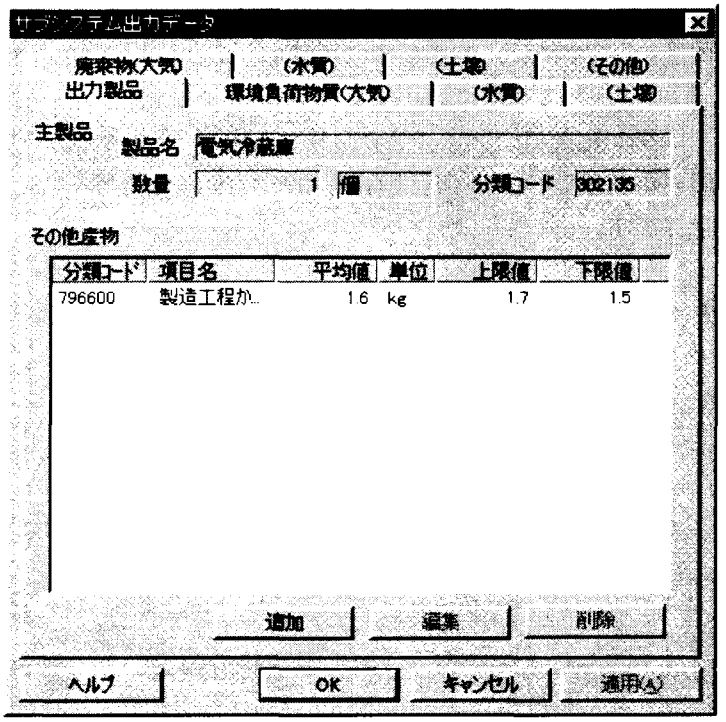
このその他産物の平均値の精度の上限値。指数入力も可。

下限値

このその他産物の平均値の精度の下限値。指数入力も可。

備考

このその他産物に関する備考。



第 3.2-14 図　出力製品出力データ画面

b. 環境負荷物質・大気

このサブシステムから大気への環境負荷物質の出力に関する情報を入力する画面です。

【**追加**】ボタンで新しい出力・環境負荷物質データ項目を入力することができます。
【**編集**】ボタンで選択したすでに入力された出力・環境負荷物質データ項目を編集することができます。
【**削除**】ボタンで選択したすでに入力された出力・環境負荷物質データ項目を削除することができます。
【ＯＫ】ボタンまたは【**適用**】ボタンで追加・編集・削除された出力・環境負荷物質データ項目情報をローカルデータベースに反映し、【ＯＫ】ボタンの場合はウィンドウを閉じます。
【**キャンセル**】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで追加・編集・削除された出力・環境負荷物質データ項目情報をローカルデータベースに反映せずにこのウィンドウを閉じます。

この画面で入力する各項目についての説明を以下に示します。(＊は入力必須項目)

項目名（＊）

このサブシステムから大気に出力される環境負荷物質の名称。インベントリデータ用整理フォーマット（IDAF）のFormat3-出力-名称に対応。

平均値

このサブシステムから大気に出力される環境負荷物質の出力量。指数入力も可。（IDAF）のFormat3-出力-平均値に対応。

単位

このサブシステムから大気に出力される環境負荷物質の出力量の単位。ここで単位が選択された場合、単位名フィールドは入力不可。(IDAF) のFormat3-出力-単位に対応。

単位名

このサブシステムから大気に出力される環境負荷物質の出力量の単位名。単位の選択肢にない単位名を入力することができる。単位未選択の場合のみ入力可能。((IDAF) のFormat3-出力-単位に対応。)

上限値

この環境負荷物質の平均値の精度の上限値。指数入力も可。

下限値

この環境負荷物質の平均値の精度の下限値。指数入力も可。

備考

この環境負荷物質に関する備考。



第 3.2-15 図　環境負荷物質（大気）出力データ画面

c. 環境負荷物質・水質

このサブシステムから水質への環境負荷物質の出力に関する情報を入力する画面です。

【追加】ボタンで新しい出力・環境負荷物質データ項目を入力することができます。

【編集】ボタンで選択したすでに入力された出力・環境負荷物質データ項目を編集することができます。

【削除】ボタンで選択したすでに入力された出力・環境負荷物質データ項目を削除することができます。

【ＯＫ】ボタンまたは【適用】ボタンで追加・編集・削除された出力・環境負荷物質データ項目情報をローカルデータベースに反映し、【ＯＫ】ボタンの場合はウィンドウを閉じます。

【キャンセル】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで追加・編集・削除された出力・環境負荷物質データ項目情報をローカルデータベースに反映せずにこのウィンドウを閉じます。

この画面で入力する各項目についての説明を以下に示します。(＊は入力必須項目)

項目名（＊）

このサブシステムから水質に出力される環境負荷物質の名称。インベントリデータ用整理フォーマット（IDAF）のFormat3-出力-名称に対応。

平均値

このサブシステムから水質に出力される環境負荷物質の出力量。指数入力も可。（IDAF）のFormat3-出力-平均値に対応。

単位

このサブシステムから水質に出力される環境負荷物質の出力量の単位。ここで単位が選択された場合、単位名フィールドは入力不可。(IDAF) の Format3-出力-単位に対応。

単位名

このサブシステムから水質に出力される環境負荷物質の出力量の単位名。単位の選択肢にない単位名を入力することができる。単位未選択の場合のみ入力可能。((IDAF) のFormat3-出力-単位に対応。)

上限値

この環境負荷物質の平均値の精度の上限値。指数入力も可。

下限値

この環境負荷物質の平均値の精度の下限値。指数入力も可。

備考

この環境負荷物質に関する備考。



第 3.2-16 図　環境負荷物質（水質）出力データ画面

d. 環境負荷物質・土壌

このサブシステムから土壌への環境負荷物質の出力に関する情報を入力する画面です。

【追加】ボタンで新しい出力・環境負荷物質データ項目を入力することができます。

【編集】ボタンで選択したすでに入力された出力・環境負荷物質データ項目を編集することができます。

【削除】ボタンで選択したすでに入力された出力・環境負荷物質データ項目を削除することができます。

【ＯＫ】ボタンまたは【適用】ボタンで追加・編集・削除された出力・環境負荷物質データ項目情報をローカルデータベースに反映し、【ＯＫ】ボタンの場合はウィンドウを閉じます。

【キャンセル】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで追加・編集・削除された出力・環境負荷物質データ項目情報をローカルデータベースに反映せずにこのウィンドウを閉じます。

この画面で入力する各項目についての説明を以下に示します。(＊は入力必須項目)

項目名（＊）

このサブシステムから土壌に出力される環境負荷物質の名称。インベントリデータ用整理フォーマット（IDAF）のFormat3-出力-名称に対応。

平均値

このサブシステムから土壌に出力される環境負荷物質の出力量。指数入力も可。（IDAF）のFormat3-出力-平均値に対応。

単位

このサブシステムから土壌に出力される環境負荷物質の出力量の単位。ここで単位が選択された場合、単位名フィールドは入力不可。(IDAF) の Format3-出力-単位に対応。

単位名

このサブシステムから土壌に出力される環境負荷物質の出力量の単位名。単位の選択肢にない単位名を入力することができる。単位未選択の場合のみ入力可能。((IDAF) のFormat3-出力-単位に対応。)

上限値

この環境負荷物質の平均値の精度の上限値。指数入力も可。

下限値

この環境負荷物質の平均値の精度の下限値。指数入力も可。

備考

この環境負荷物質に関する備考。



第 3.2-17 図　環境負荷物質（土壌）出力データ画面

e. 廃棄物・大気

このサブシステムから大気への廃棄物の出力に関する情報を入力する画面です。

【**追加**】ボタンで新しい出力・廃棄物データ項目を入力することができます。

【**編集**】ボタンで選択したすでに入力された出力・廃棄物データ項目を編集することができます。

【**削除**】ボタンで選択したすでに入力された出力・廃棄物データ項目を削除することができます。

【**OK**】ボタンまたは【**適用**】ボタンで追加・編集・削除された出力・廃棄物データ項目情報をローカルデータベースに反映し、【**OK**】ボタンの場合はウィンドウを閉じます。

【**キャンセル**】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで追加・編集・削除された出力・廃棄物データ項目情報をローカルデータベースに反映せずにこのウィンドウを閉じます。

この画面で入力する各項目についての説明を以下に示します。(＊は入力必須項目)

項目名（＊）

このサブシステムから大気に出力される廃棄物の名称。インベントリデータ用整理フォーマット（IDAF）のFormat3-出力-名称に対応。

平均値

このサブシステムから大気に出力される廃棄物の出力量。指数入力も可。(IDAF)のFormat3-出力-平均値に対応。

単位

このサブシステムから大気に出力される廃棄物の出力量の単位。ここで単位が選択された場合、単位名フィールドは入力不可。(IDAF)のFormat3-出力-単位に対応。

単位名

このサブシステムから大気に出力される廃棄物の出力量の単位名。単位の選択肢にない単位名を入力することができる。単位未選択の場合のみ入力可能。((IDAF)のFormat3-出力-単位に対応。)

上限値

この廃棄物の平均値の精度の上限値。指数入力も可。

下限値

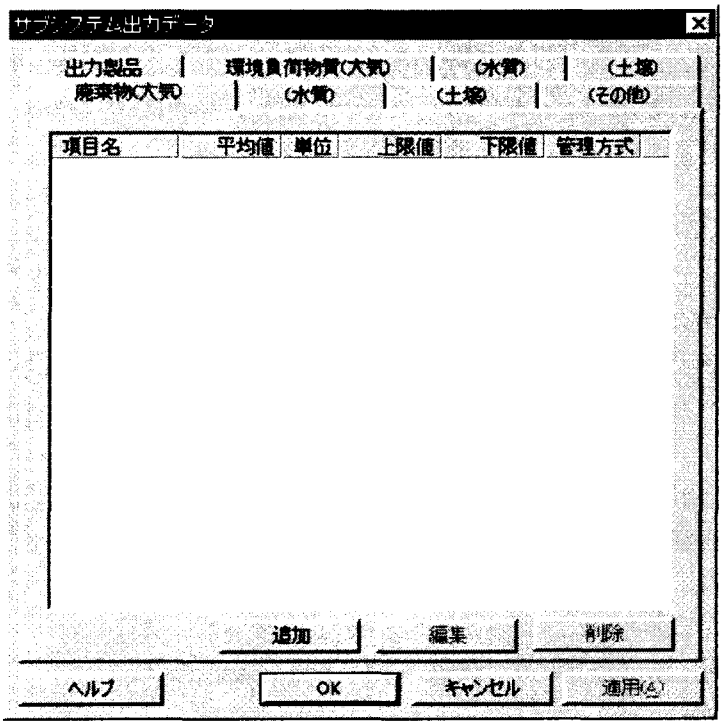
この廃棄物の平均値の精度の下限値。指数入力も可。

管理方式

このサブシステムから大気に出力される廃棄物の管理方式。この値は、[なし・遮断型・安定型・管理型・その他]のいずれか。

備考

この廃棄物に関する備考。



第 3.2-18 図　廃棄物（大気）出力データ画面

f. 廃棄物・水質

このサブシステムから水質への廃棄物の出力に関する情報を入力する画面です。

【**追加**】ボタンで新しい出力・廃棄物データ項目を入力することができます。

【**編集**】ボタンで選択したすでに入力された出力・廃棄物データ項目を編集すること ができます。

【**削除**】ボタンで選択したすでに入力された出力・廃棄物データ項目を削除することができます。

【ＯＫ】ボタンまたは【**適用**】ボタンで追加・編集・削除された出力・廃棄物データ項目情報をローカルデータベースに反映し、【ＯＫ】ボタンの場合はウィンドウを閉じます。

【**キャンセル**】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで追加・編集・削除された出力・廃棄物データ項目情報をローカルデータベースに反映せずにこのウィンドウを閉じます。

この画面で入力する各項目についての説明を以下に示します。

（＊は入力必須項目）

項目名（＊）

このサブシステムから水質に出力される廃棄物の名称。インベントリデータ用整理フォーマット（IDAF）の Format3-出力-名称に対応。

平均値

このサブシステムから水質に出力される廃棄物の出力量。指数入力も可。（IDAF）の Format3-出力-平均値に対応。

単位

このサブシステムから水質に出力される廃棄物の出力量の単位。ここで単位が選択された場合、単位名フィールドは入力不可。（IDAF）の Format3-出力-単位に対応。

単位名

このサブシステムから水質に出力される廃棄物の出力量の単位名。単位の選択肢にない単位名を入力することができる。単位未選択の場合のみ入力可能。((IDAF）の Format3-出力-単位に対応。)

上限値

この廃棄物の平均値の精度の上限値。指数入力も可。

下限値

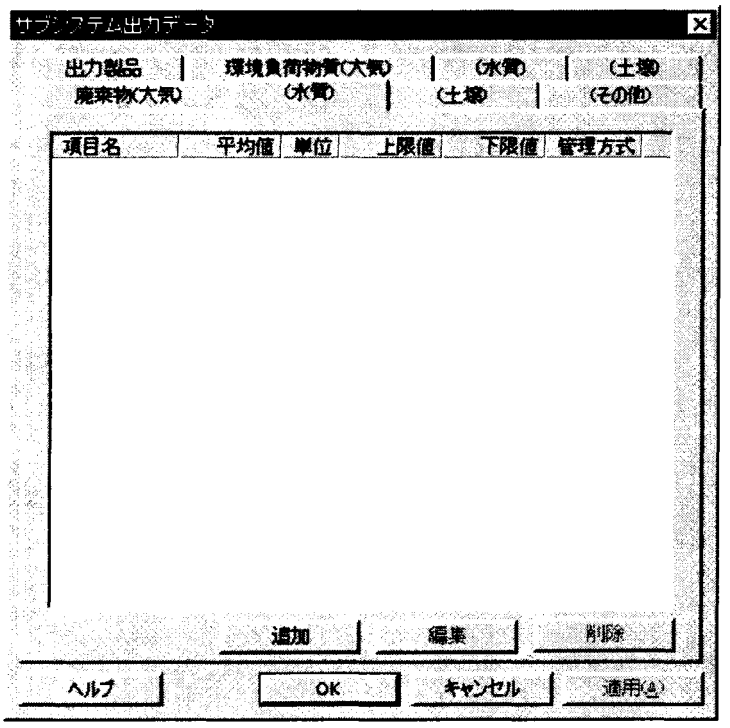
この廃棄物の平均値の精度の下限値。指数入力も可。

管理方式

このサブシステムから水質に出力される廃棄物の管理方式。この値は、[なし・遮断型・安定型・管理型・その他] のいずれか。

備考

この廃棄物に関する備考。



第 3.2-19 図　廃棄物（水質）出力データ画面

g. 廃棄物・土壌

このサブシステムから土壌への廃棄物の出力に関する情報を入力する画面です。

【**追加**】ボタンで新しい出力・廃棄物データ項目を入力することができます。

【**編集**】ボタンで選択したすでに入力された出力・廃棄物データ項目を編集すること ができます。

【**削除**】ボタンで選択したすでに入力された出力・廃棄物データ項目を削除することができます。

【**ＯＫ**】ボタンまたは【**適用**】ボタンで追加・編集・削除された出力・廃棄物データ項目情報をローカルデータベースに反映し、【**ＯＫ**】ボタンの場合はウィンドウを閉じます。

【**キャンセル**】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで追加・編集・削除された出力・廃棄物データ項目情報をローカルデータベースに反映せずにこのウィンドウを閉じます。

この画面で入力する各項目についての説明を以下に示します。(＊は入力必須項目)

項目名（＊）

このサブシステムから土壌に出力される廃棄物の名称。インベントリデータ用整理フォーマット（IDAF）の Format3-出力-名称に対応。

平均値

このサブシステムから土壌に出力される廃棄物の出力量。指数入力も可。(IDAF)の Format3-出力-平均値に対応。

単位

このサブシステムから土壌に出力される廃棄物の出力量の単位。ここで単位が選択された場合、単位名フィールドは入力不可。(IDAF) の Format3-出力-単位に対応。

単位名

このサブシステムから土壌に出力される廃棄物の出力量の単位名。単位の選択肢にない単位名を入力することができる。単位未選択の場合のみ入力可能。((IDAF) の Format3-出力-単位に対応。)

上限値

この廃棄物の平均値の精度の上限値。指数入力も可。

下限値

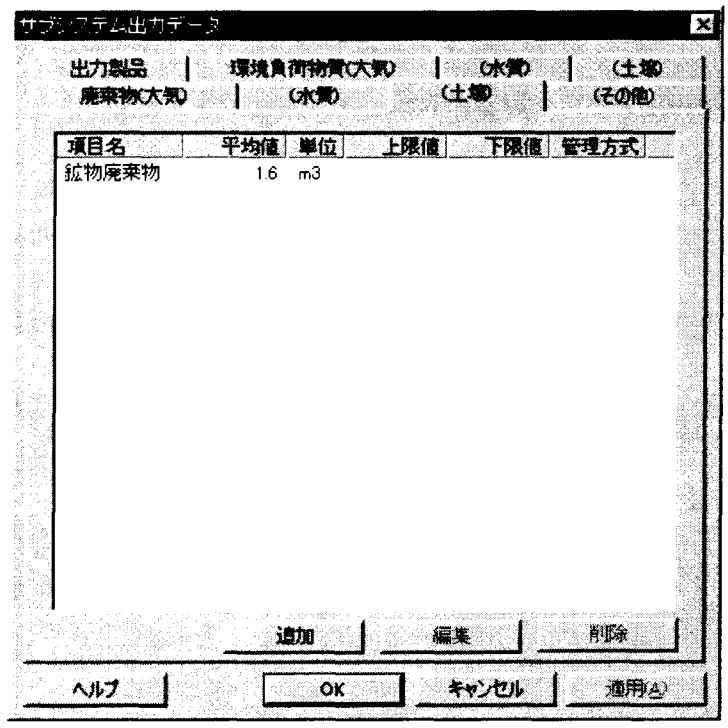
この廃棄物の平均値の精度の下限値。指数入力も可。

管理方式

このサブシステムから土壌に出力される廃棄物の管理方式。この値は、[なし・遮断型・安定型・管理型・その他] のいずれか。

備考

この廃棄物に関する備考。



第 3.2-20 図　廃棄物（土壌）出力データ画面

h. 廃棄物･その他

このサブシステムからその他への廃棄物の出力に関する情報を入力する画面です。ここでのその他への廃棄物の出力とは、騒音や振動、悪臭などの事を意味します。

【追加】ボタンで新しい出力・廃棄物データ項目を入力することができます。

【編集】ボタンで選択したすでに入力された出力・廃棄物データ項目を編集することができます。

【削除】ボタンで選択したすでに入力された出力・廃棄物データ項目を削除することができます。

【ＯＫ】ボタンまたは【適用】ボタンで追加・編集・削除された出力・廃棄物データ項目情報をローカルデータベースに反映し、【ＯＫ】ボタンの場合はウィンドウを閉じます。

【キャンセル】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで追加・編集・削除された出力・廃棄物データ項目情報をローカルデータベースに反映せずにこのウィンドウを閉じます。

この画面で入力する各項目についての説明を以下に示します。(＊は入力必須項目)

項目名（＊）

このサブシステムからその他に出力される廃棄物の名称。インベントリデータ用整理フォーマット（IDAF）のFormat3-出力-名称に対応。

平均値

このサブシステムからその他に出力される廃棄物の出力量。指数入力も可。(IDAF)のFormat3-出力-平均値に対応。

単位

このサブシステムからその他に出力される廃棄物の出力量の単位。ここで単位が選択された場合、単位名フィールドは入力不可。(IDAF)のFormat3-出力-単位に対応。

単位名

このサブシステムからその他に出力される廃棄物の出力量の単位名。単位の選択肢にない単位名を入力することができる。単位未選択の場合のみ入力可能。((IDAF)のFormat3-出力-単位に対応。)

上限値

この廃棄物の平均値の精度の上限値。指数入力も可。

下限値

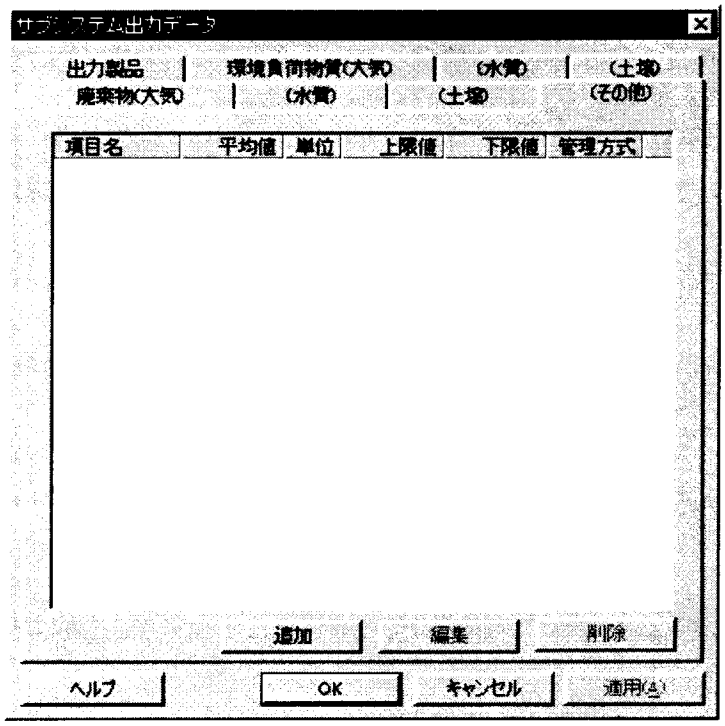
この廃棄物の平均値の精度の下限値。指数入力も可。

管理方式

このサブシステムからその他に出力される廃棄物の管理方式。この値は、[なし・遮断型・安定型・管理型・その他]のいずれか。

備考

この廃棄物に関する備考。



第 3.2-21 図　廃棄物（その他）出力データ画面

（6）内部輸送

このサブシステム内部で発生する輸送サービスに関する情報を入力する画面です。

【**追加**】ボタンで新しい内部輸送データ項目を入力することができます。

【**編集**】ボタンで選択したすでに入力された内部輸送データ項目を編集することができます。

【**削除**】ボタンで選択したすでに入力された内部輸送データ項目を削除することができます。

【ＯＫ】ボタンまたは【**適用**】ボタンで追加・編集・削除された内部輸送データ項目情報をローカルデータベースに反映し、【ＯＫ】ボタンの場合はウィンドウを閉じます。

【**キャンセル**】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンで追加・編集・削除された内部輸送データ項目情報をローカルデータベースに反映せずにこのウィンドウを閉じます。

この画面で入力する各項目についての説明を以下に示します。（＊は入力必須項目）

名称（＊）

このサブシステム内部で発生する輸送サービスの名称。

燃費

この輸送サービスの燃費。この燃費と距離から、燃料タイプで記述した燃料の使用量を算出することができる。指数入力も可。

燃費・単位

この輸送サービスの燃費の単位。ここで燃費・単位が選択された場合、燃費・単位名フィールドは入力不可。

燃費・単位名

この輸送サービスの燃費の単位名。燃費・単位の選択肢にない単位名を入力することができる。燃費・単位未選択の場合のみ入力可能。

手段

この輸送サービスの具体的手段。(10t トラック、タンカーなど)

燃料タイプ

この輸送サービスで用いられる燃料の種類。値は［自動車ガソリン（含　航空ガソリン)・ジェット燃料・軽油・A 重油・B 重油・C 重油・液化石油ガス・石油ガス・燃料ガス・販売電力］のいずれか。

距離

この輸送サービスの輸送距離。指数入力も可。

距離・単位

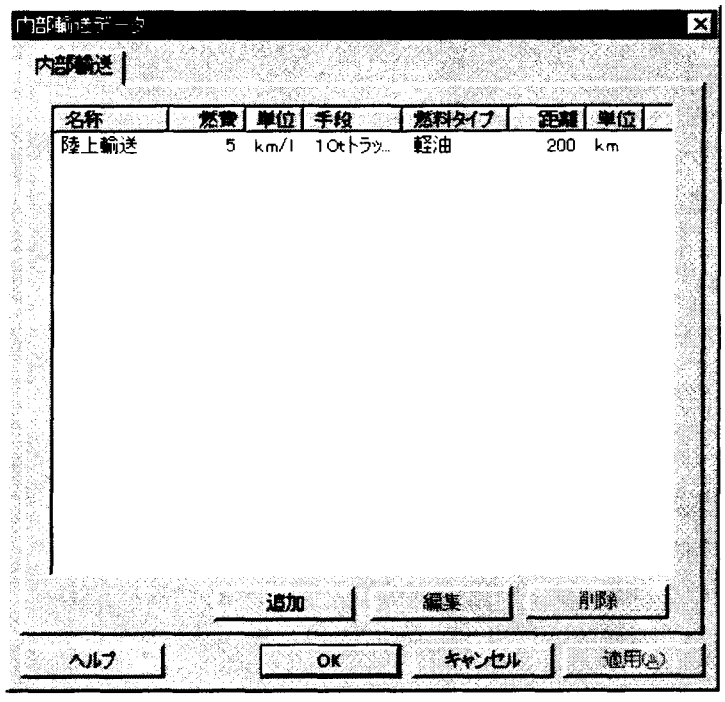
この輸送サービスの距離の単位。ここで距離・単位が選択された場合、距離・単位名フィールドは入力不可。

距離・単位名

この輸送サービスの距離の単位名。距離・単位の選択肢にない単位名を入力することができる。距離・単位未選択の場合のみ入力可能。

備考

この輸送サービスに関する備考。



第 3.2-22 図　内部輸送データ画面

3.2.2　辞書保守

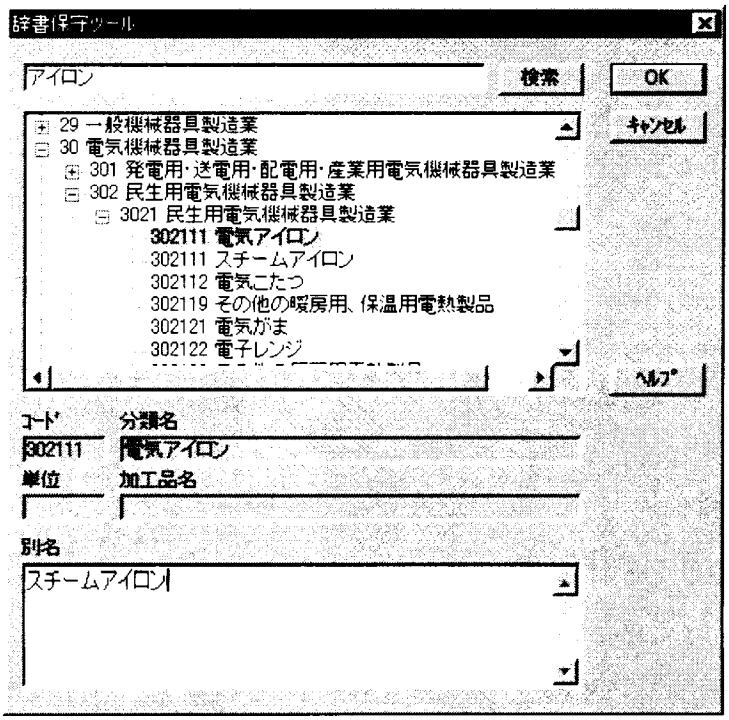
ある分類コードに対してつけられている正式名称に対して、各業界や各企業などで独自の呼称がある場合、この辞書保守機能で正式名称に対する別名として登録する事ができる画面です。

辞書保守機能で別名を登録すると、以降その別名を使用して分類コードを参照することができるようになります。

1．上のダイアログに表示されたツリーで対象となる名称を選択します。(検索テキストボックスに検索したい名称の文字列を入力し【**検索**】ボタンを押すと該当名称のツリーに移動します。)

2．それに対する別名を入力し、【OK】ボタンを押すと別名を辞書ファイルに追加し、また、別名を選択して削除し、【OK】ボタンを押すとその別名を辞書ファイルから削除してこのウィンドウを閉じます。
入力エリアに複数の別名を入力できますが、一行が一別名になります。複数の別名を登録する際、一別名を入力後改行してください。

3．【**キャンセル**】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンを押すと辞書ファイルに変更は反映されずにこのウィンドウを閉じます。

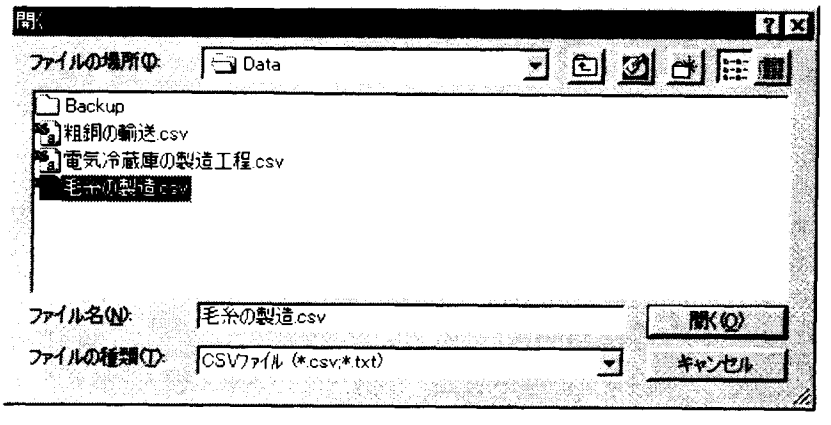


第3.2-23図　辞書保守画面

3.2.3　インポート

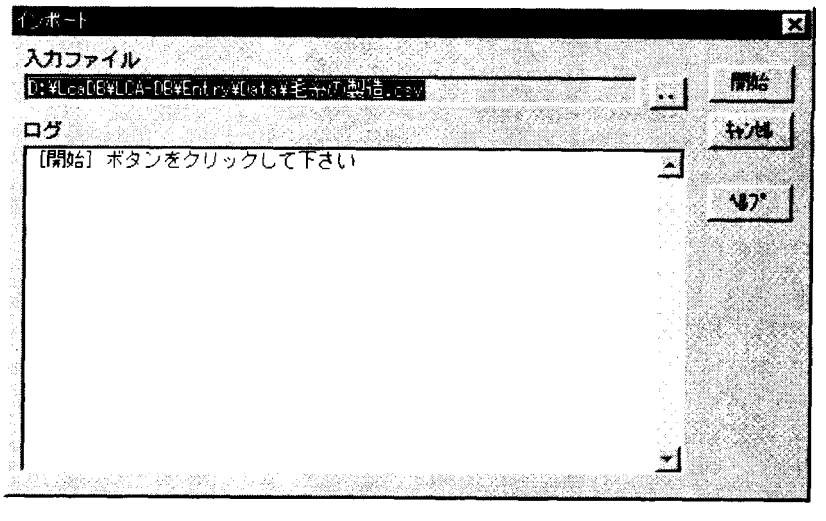
他のアプリケーションで作成されたデータをこの入力ツールで使用するためにインポートを行う画面です。フォーマットは下記を参照してください。入力ファイルはcsv形式です。

1．入力ファイル名を指定します。指定できるファイルはcsv形式（カンマ区切り）のテキストファイルです。
【開く】ボタンでインポート画面へ移動します。
【キャンセル】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンでインポート機能を終了します。



第3.2-24図　インポート画面

2．**【開始】**ボタンで指定したファイルの入力ツールへのインポートを開始します。【..】ボタンで入力ファイルの指定を変更することができます。
【キャンセル】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンでインポート機能を終了します。

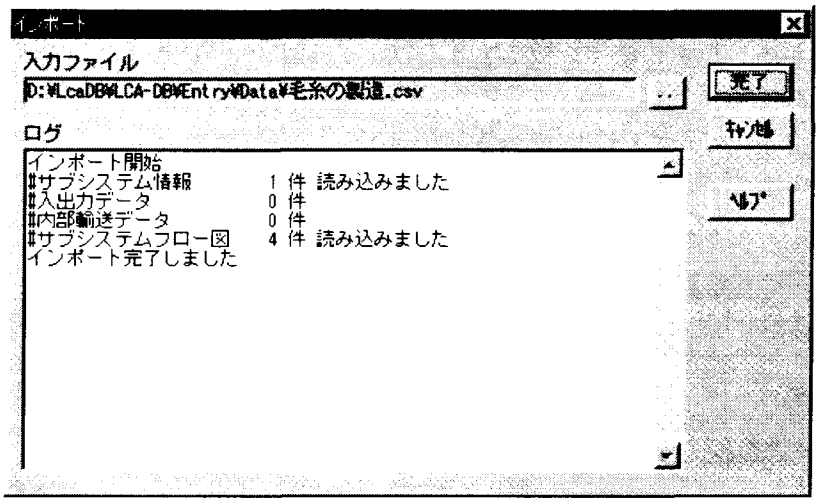


第3.2-25図　インポート結果画面1

3．インポートの詳細情報が表示されます。

【完了】ボタンでインポートしたデータを入力ツールで表示します。

【キャンセル】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンでインポート機能を終了します。



第 3.2-26 図　インポート結果画面 2

＜フォーマット＞

・ファイルフォーマット

下記の内容をデータ名単位で繰り返す。

1. データ名（1行）

先頭に # を付けた次の名称を使用する。

#サブシステム情報

#入出力データ

#内部輸送データ

#サブシステムフロー図

2. フィールド名（1行）

列名をカンマ区切りで出力する。

3. データ（複数行）

各フィールドの値をカンマ区切りで出力する。

日付型の書式は、YYYY/MM/DD 等。　例）1999/1/18

文字列は基本的に次の例外を除きそのまま出力する。

・カンマ（半角）が含まれる時、文字列全体を引用符で囲む。

例）CO2,NOX => "CO2,NOX"

・引用符（半角）が含まれる時、その前に更に引用符を付加し、文字列全体を引用符で囲む。

例）CO2"NOX" => "CO2""NOX""

・改行コード（CR&LF）は、¥n に変換する。

例）=> 1行目¥n2行目

4. 区切り行

表を区切るための空行。無くてもよい。

・基本的にはエクスポートの逆になるのでフォーマット具体例にエクスポートの出力内容を用いるとよい。

・空行は読み飛ばす。

・「データ名」行の次の行（空行除く）は「フィールド名」行とみなし、読み飛ばす。

・「入出力データ」，「内部輸送データ」の項目 ID と「サブシステムフロー図」のＮＯはＡＰで自動採番する。

・「システム情報」の更新日，登録者名は無視する。

・データが存在しない場合、規定値を適用する。
「内部輸送データ」には規定値がないので関係ない。

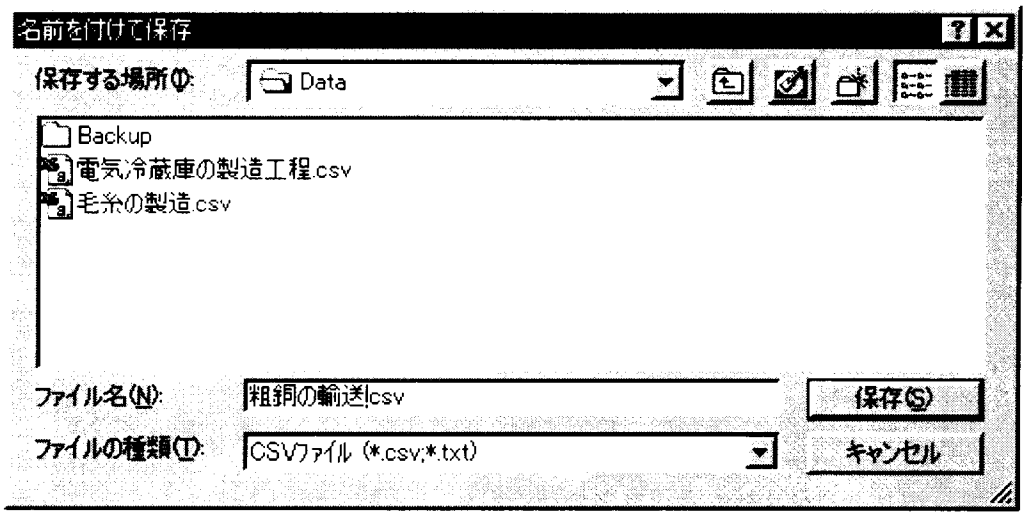
・次の場合はエラーとみなす。
1. 項目数（カンマの数）が少ない。
2. 「システム情報」の作成日の日付が無効な場合。
但し、値無しの時は現在日付を適用し、エラーとしない。
3. 下記の項目が異常（数値以外の文字，小数点が複数）な場合または指数表記でない場合。
システム情報　：単位量
入出力データ　：平均値，精度上限，精度下限，搬入距離，搬入燃費
内部輸送データ：距離，燃費
4. 産業分類コードが６桁以内の数字でない場合。
5. 下記項目がマスタに存在する値でない場合。
システム情報：システム ID，単位コード，割付方法，収集方法
入出力データ：入出力データ区分，単位コード，管理方式，搬入燃料タイプ，搬入距離単位コード，搬入燃費単位コード
内部輸送データ：燃料タイプ，距離単位コード，燃費単位コード
但し、入出力データ区分以外は値無しを可とする。
6. 「サブシステムフロー図」の種別，属性の値が範囲外の場合。
7. 「サブシステム情報」のデータが２件以上ある場合。

・エラーがあった場合はその時点でインポートを中止する。

3.2.4　エクスポート

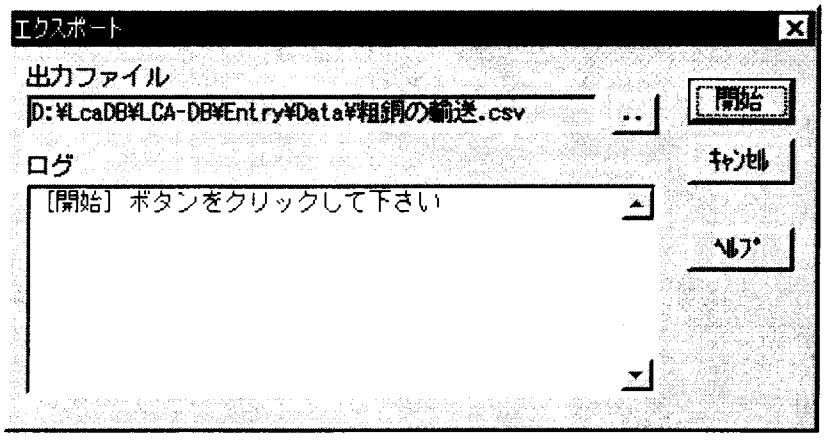
この入力ツールで作成されたデータを他のアプリケーションで使用するためにエクスポートを行う画面です。出力ファイルはcsv形式となります。

1．出力ファイル名を指定します。指定できるファイルは.csv形式、または.txt形式です。
【保存】ボタンでエクスポート画面へ移動します。
【キャンセル】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンでエクスポート機能を終了します。



第3.2-27図　エクスポート画面

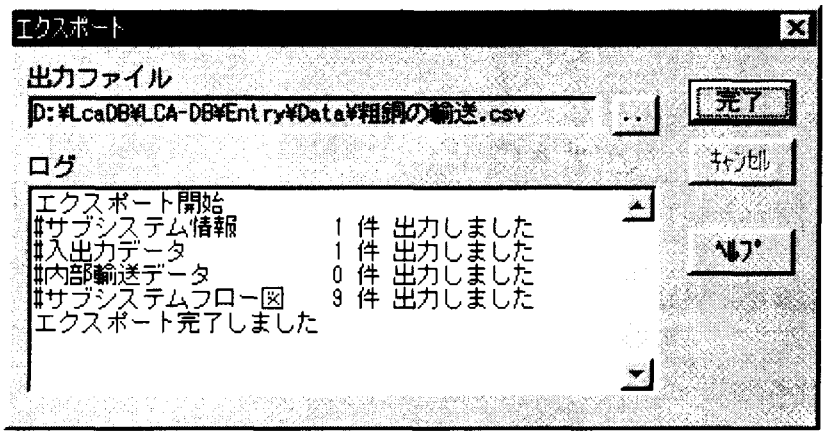
2．【開始】ボタンで現在入力ソフトで開いているデータの指定したファイルへのエクスポートを開始します。
【..】ボタンで出力ファイルの指定を変更することができます。
【キャンセル】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンでエクスポート機能を終了します。



第3.2-28図　エクスポート確認画面1

3．エクスポートの詳細情報が表示されます。

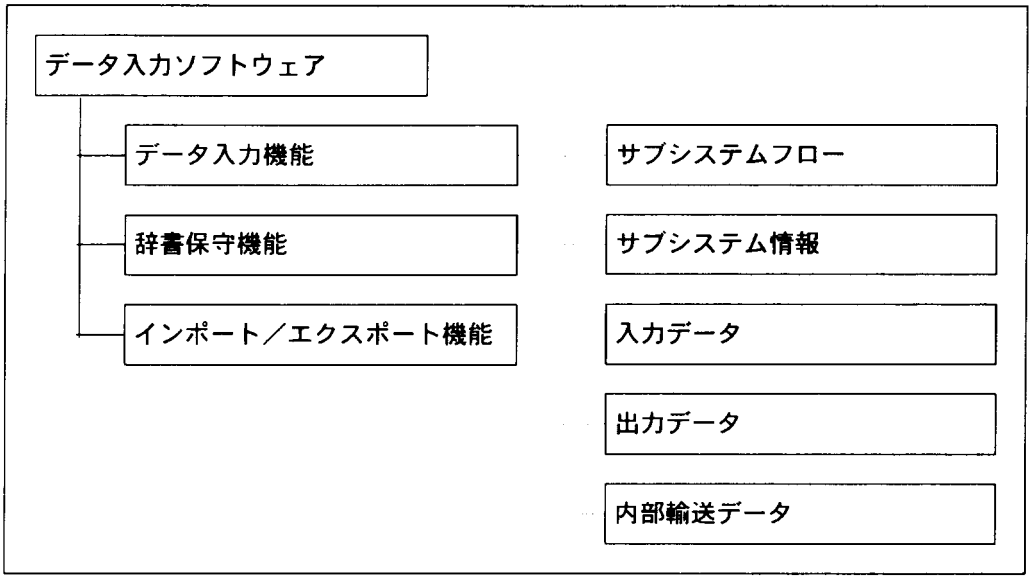
【完了】ボタンまたは【×】(ウィンドウを閉じる)ボタンでエクスポート機能を終了します。



第 3.2-29 図　インポート確認画面 2

3.3　データ入力ソフトウェアの構成と内容

データ入力ソフトウェアの機能を分けると、第 3.3-1 図の様に分類される。この分類に従って、各機能の説明を行う。

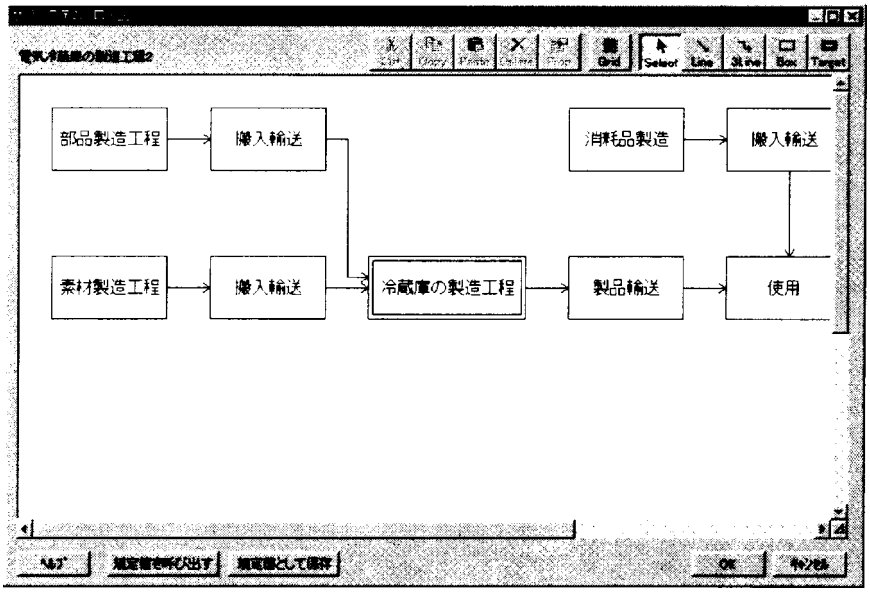


第 3.3-1 図　データ入力ソフトウェア機能構成

3.3.1　データ入力機能

サブシステムフロー

サブシステムフローにおいて、現在データを入力しようとしているプロセスサイクルの中でどんな関連になっているかを描画、表示する機能を提供する。



第 3.3-2 図　サブシステムフロー画面

・サブシステム情報

サブシステム情報として、以下の項目を入力、修正を行う。

（1）プロセス定義

・サブシステム分類（製造、輸送、使用、サイクル、廃棄の種別）

・プロセス情報（システム名、分類コード、単位量、単位、製品名の補足、製品の備考）

・配分方法（物理量、経済価値、その他）

（2）作成者

・データ作成日

・作成者情報

（3）データ品質情報

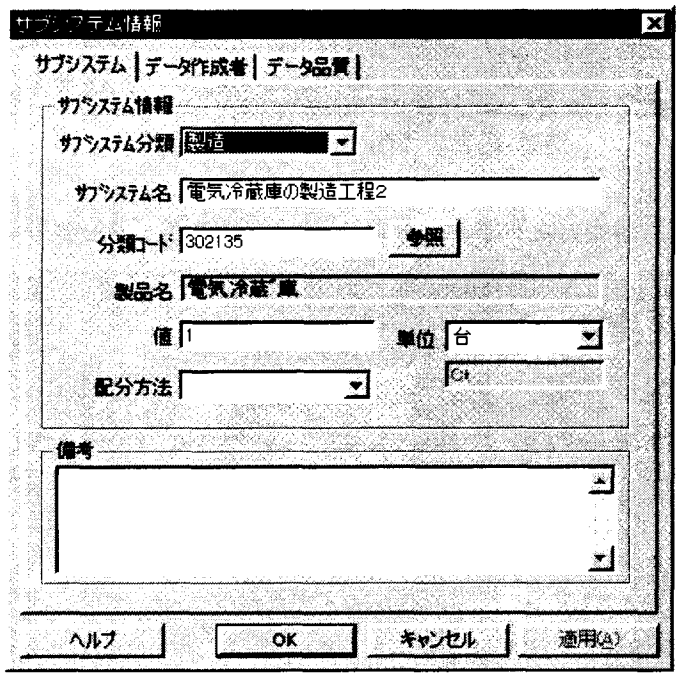
・地理的範囲、時間的範囲、技術的範囲

・精度、完全性、代表制、整合性

・再現性の保証（データ収集法、作成法）

・データの不確実性情報

・参考文献、その他情報

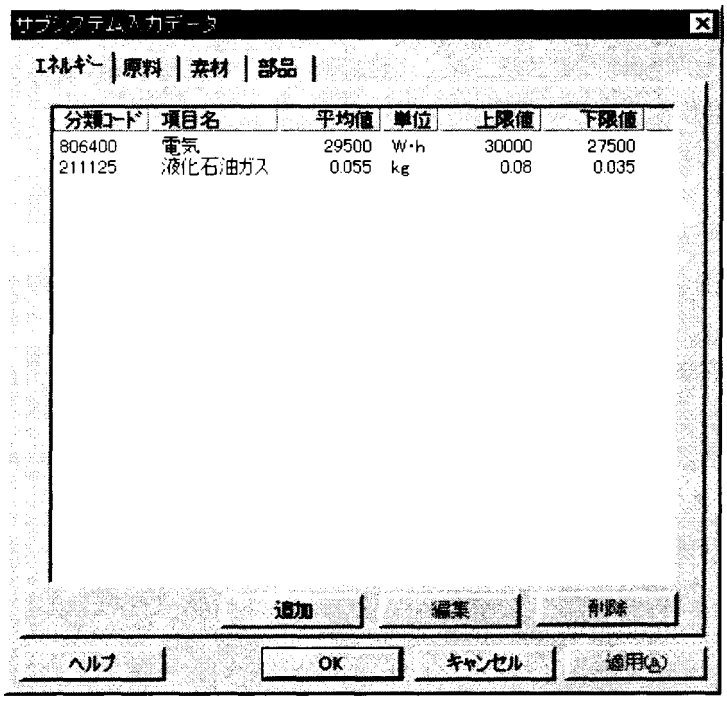


第 3.3-3 図　サブシステム情報画面

・入力データ

サブシステムへのエネルギー（熱・燃料）原料/素材/部品のデータを入力する。

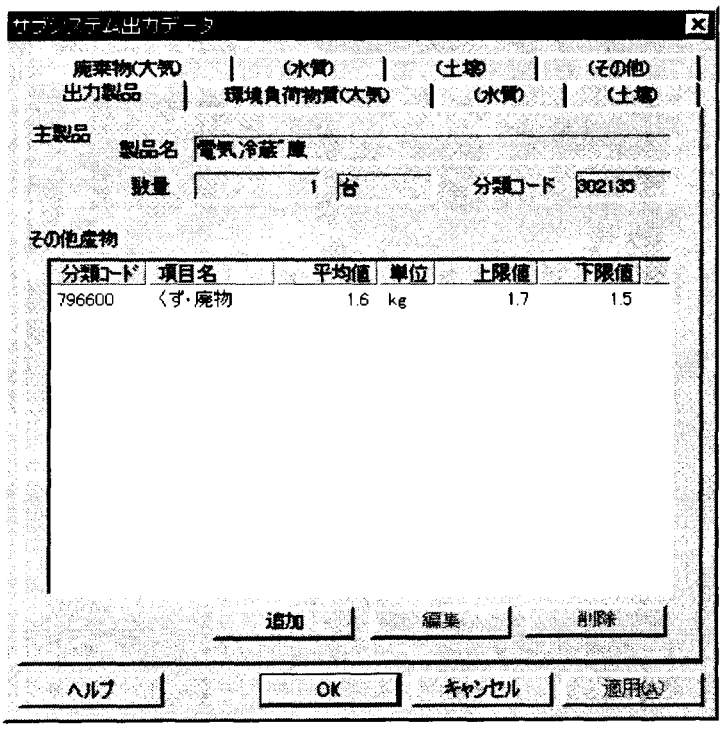
産業分類コード、項目名、平均値、単位、上下限値を入力する。



第 3.3-4 図　入力データ画面

・出力データ

サブシステムら出力される出力製品、環境負荷物質、廃棄物のデータを入力する。

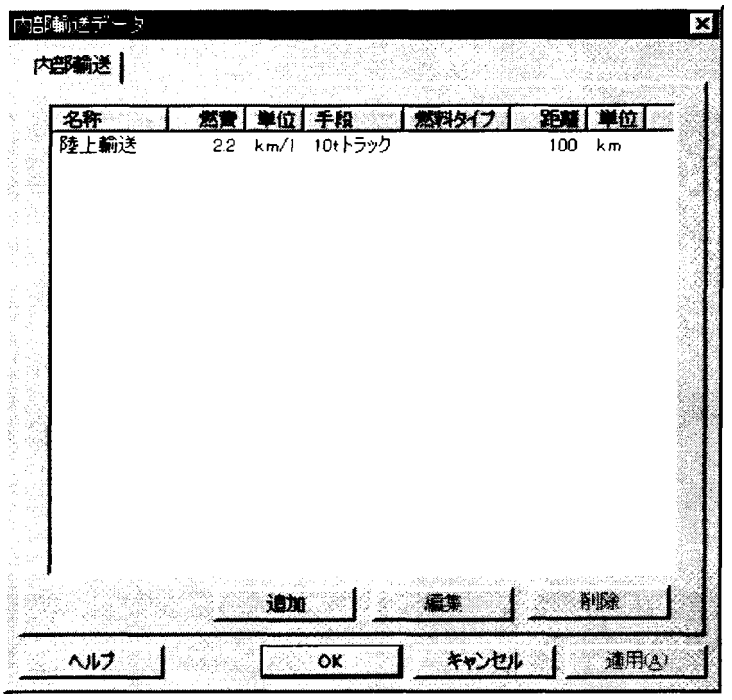


第 3.3-5 図　出力データ画面

・内部輸送データ

サブシステムから出力される製品の輸送データを入力する。

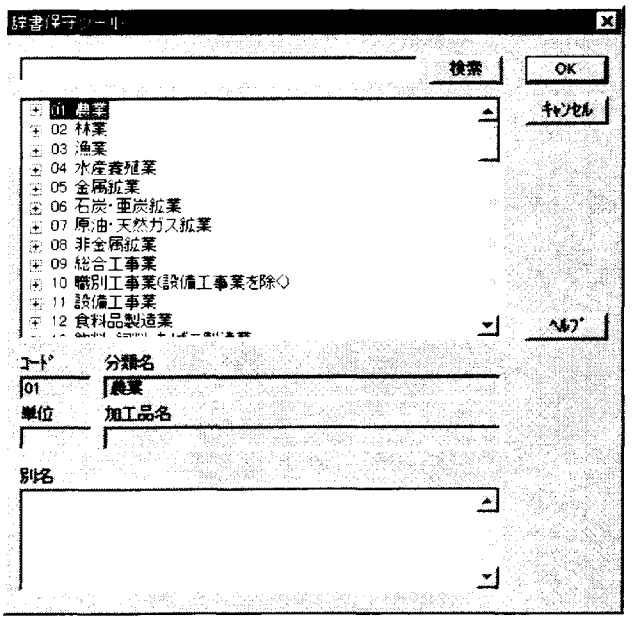
名称、燃費、単位、手段、燃料タイプ、距離を入力する。



第 3.3-6 図　内部輸送データ画面

3.3.2　辞書保守機能

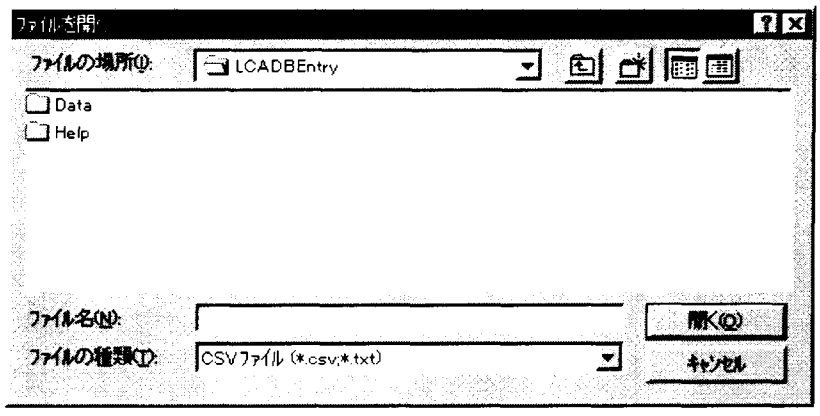
辞書保守機能は、ある産業分類コードに対してつけられている正式名称に対して、各業界や各企業などで独自の呼称を別名として登録する機能である。



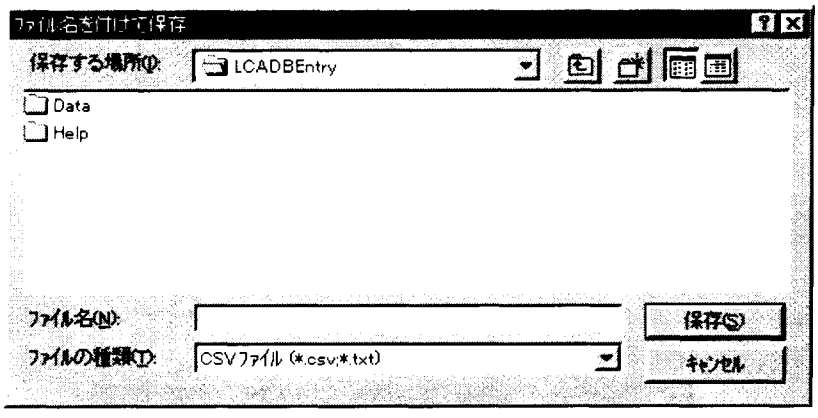
第 3.3-7 図　辞書保守画面

3.3.3　インポート／エクスポート機能

他のアプリケーションで作成されたデータをこの入力ツールで使用するためのインポート機能、他のアプリケーションで利用可能なＣＳＶ形式のファイルを出力するエクスポート機能を提供する。



第 3.3-8 図　インポート画面



第 3.3-9 図　エクスポート画面

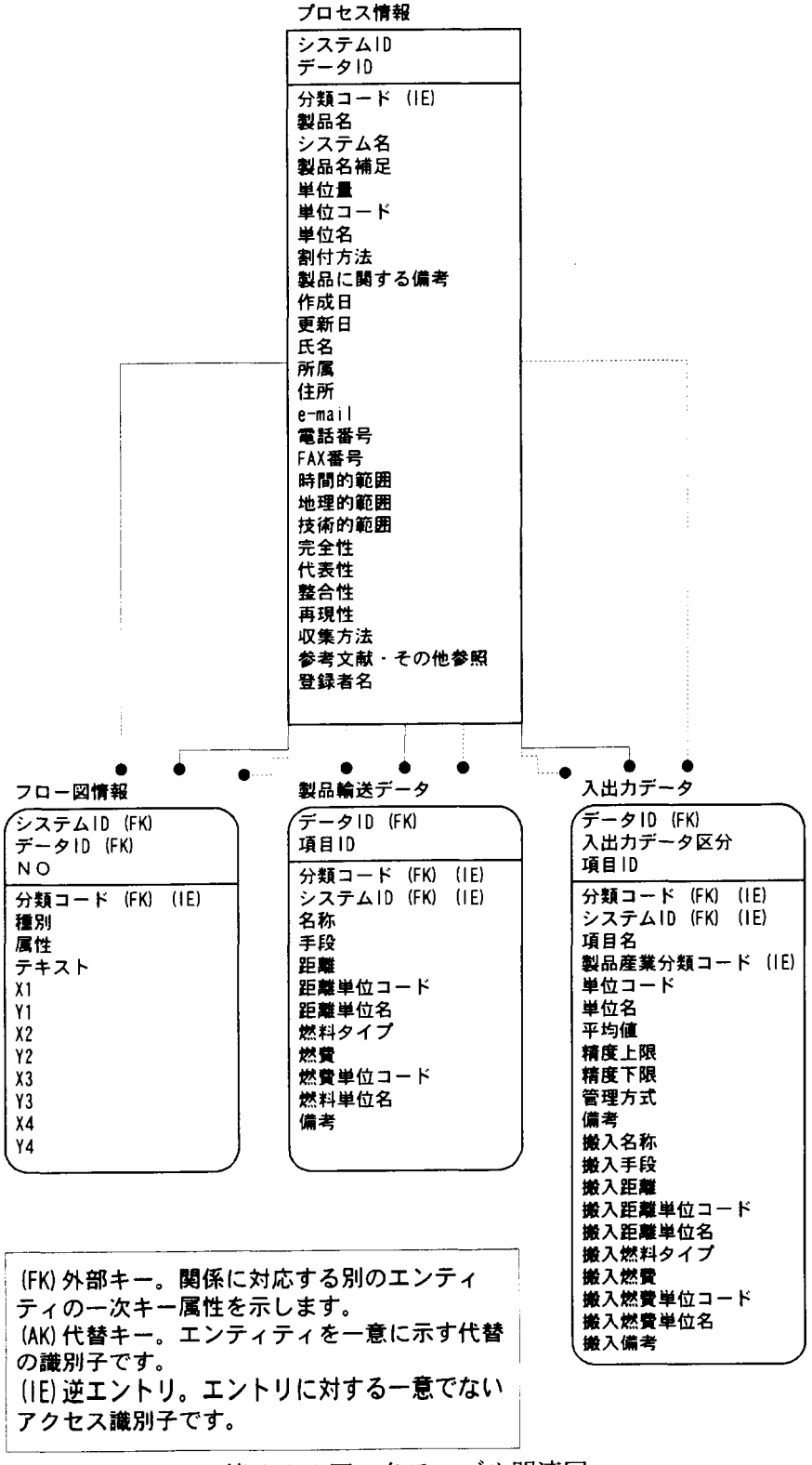
第4章　データベースサーバの開発

4.1　データベース構造の開発

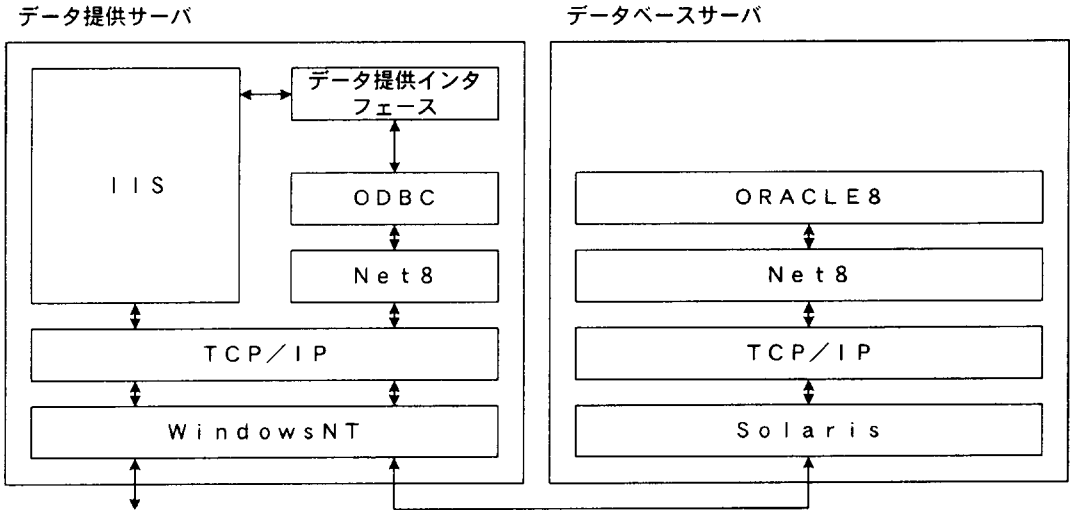
データベースシステムとして、ORACLE データベースを採用し、3.1 で検討したデータフォーマットに従って、データベース項目を検討した。

データ格納テーブルとして、プロセス情報テーブル（サブシステム情報の基本的情報を格納する）と入出力データテーブル（サブシステムに対する入力データ、出力データを格納する）と、製品輸送データテーブル（サブシステムに対する輸送データを格納する）と、フロー図情報テーブル（入力ツールでサブシステムのフロー図の情報を格納する）に分けた。
各テーブルは、サブシステムの産業分類コードと、システム ID、データ ID で一意になり、関連付けされている。第 4.4-1 図に各テーブルの関連図を示す。

また、データ提供用サーバとのインタフェースは、IIS（Internet Information Server）から ODBC（Open Database Connectivity）を経由し、ORACLE データベースと通信を行う方式を採った。これにより、検索条件の変更や、データベース項目の変更に迅速に対応できるようになった。



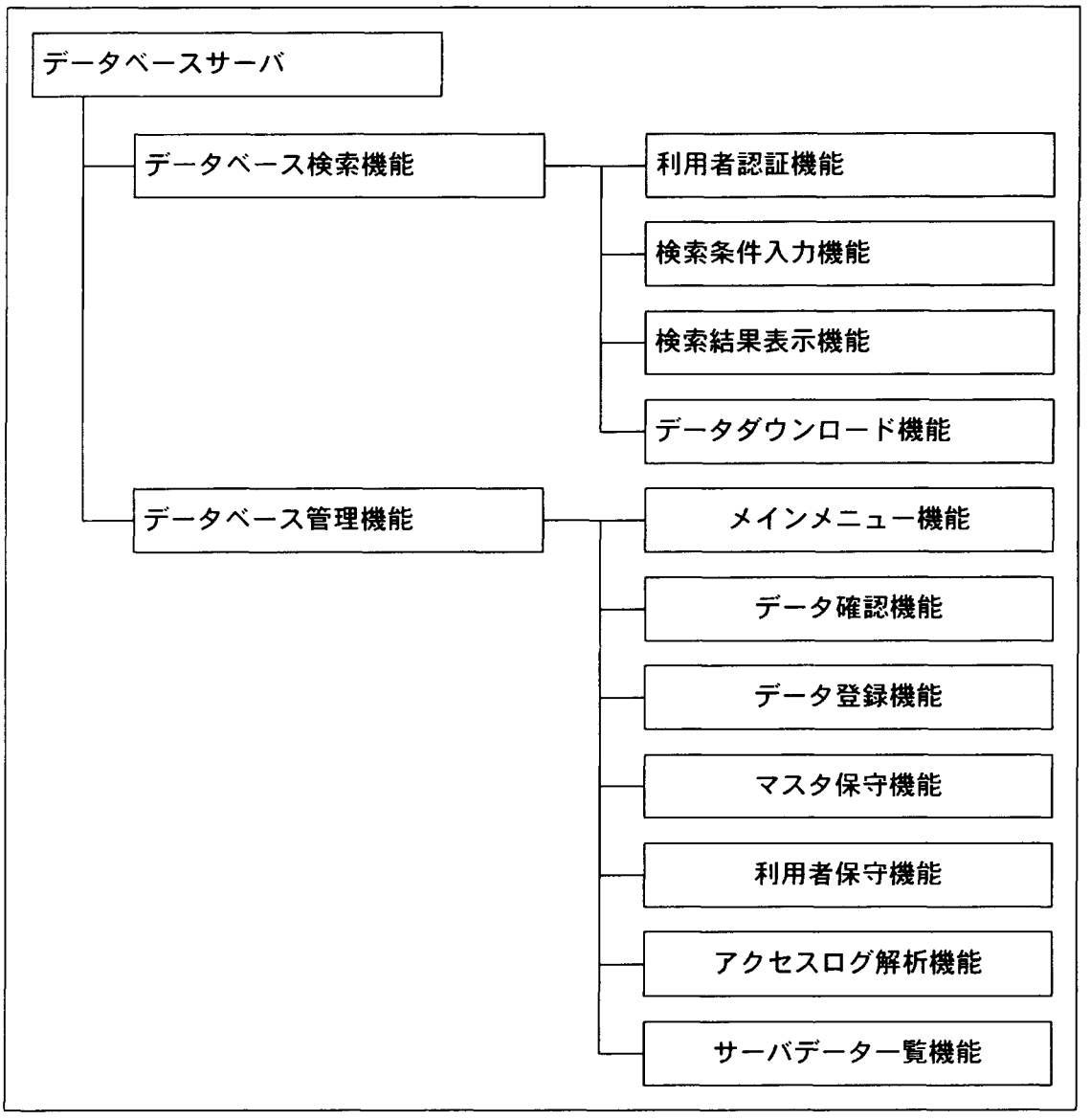
第 4. 1-1 図　各テーブル関連図



第4.1-2図　インタフェース図

4.2　データベースシステムの構成と内容

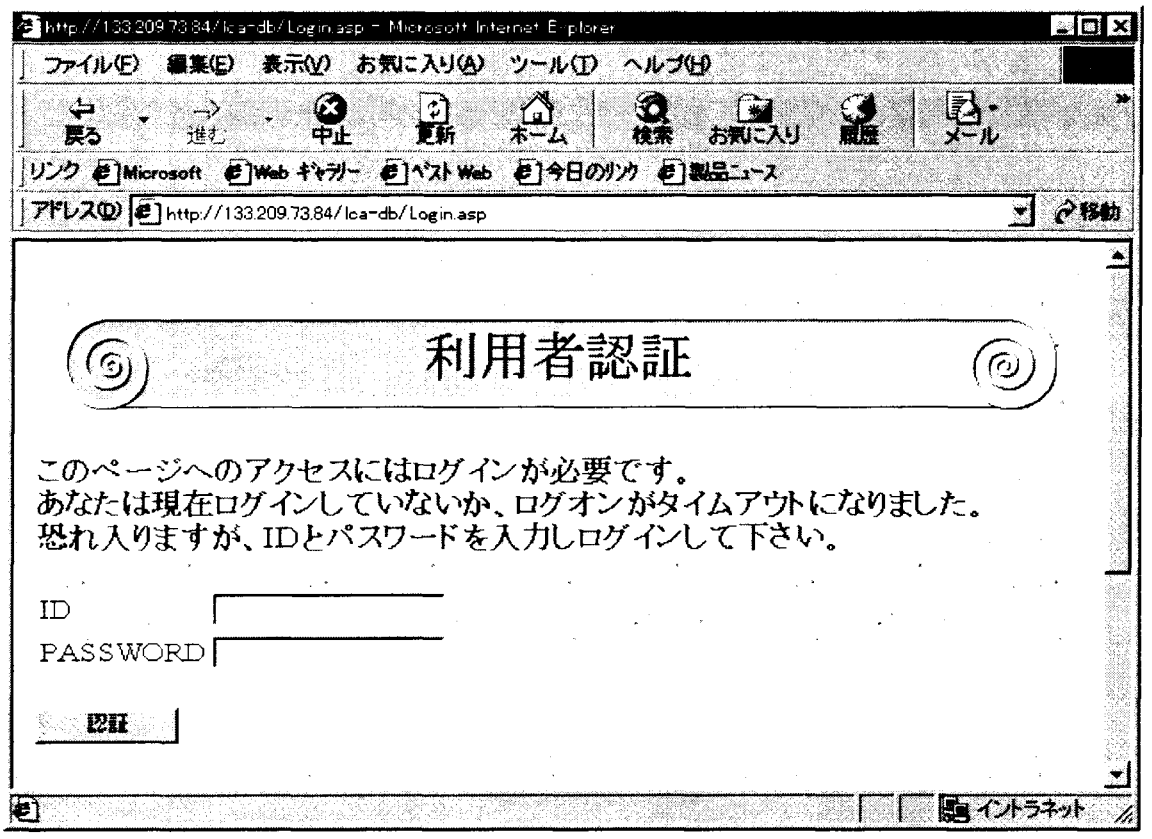
データベースサーバの機能を分けると、第4.2-1図の様に分類される。この分類に従って、各機能の説明を行う。



第4.2-1図　データベースサーバ機能関連図

4.2.1　利用者認証機能

データベースサーバ内のデータを参照する場合に、利用可能者であるかの認証を行う。利用可能者はあらかじめ、データベースサーバに利用者登録されている必要がある。



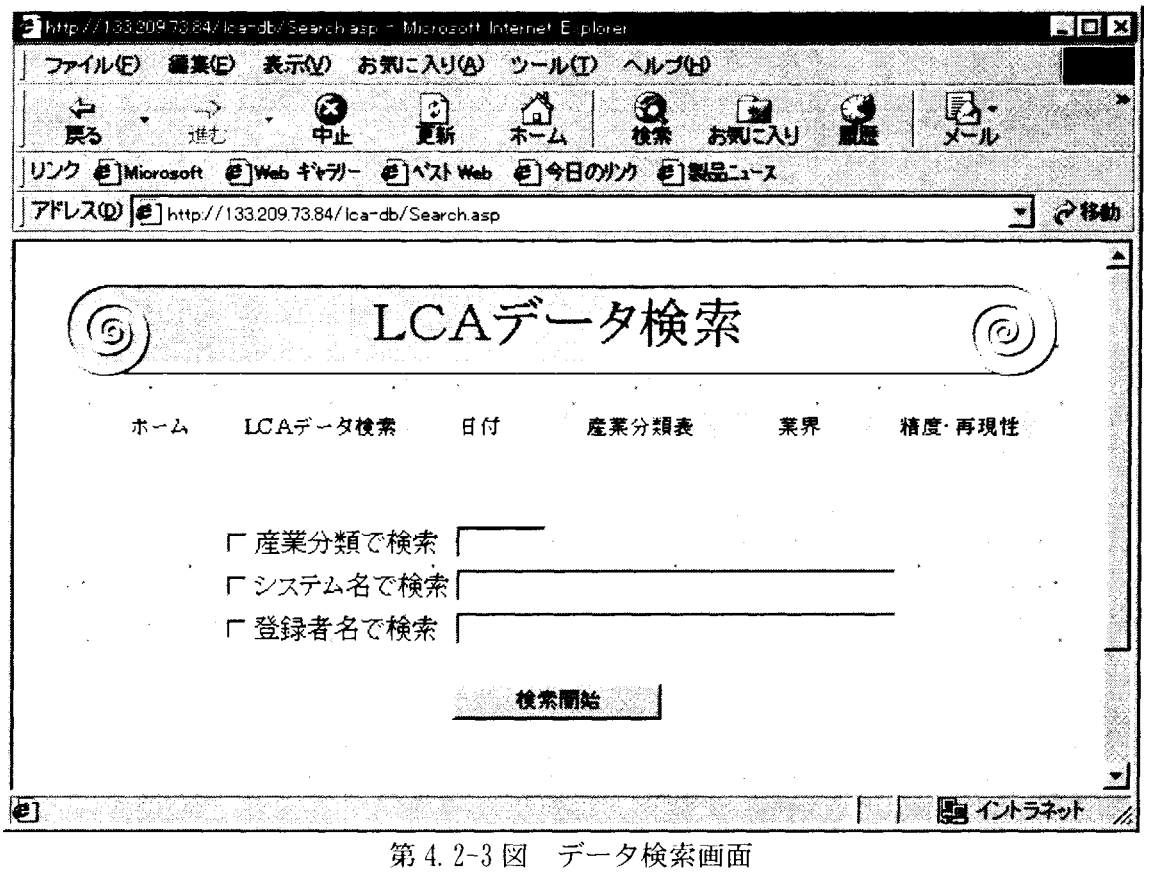
第4.2-2図　利用者認証画面

4.2.2　データ検索機能

利用者認証がＯＫの場合、データベースを検索する為の、検索画面が表示される。

検索条件としては、産業分類コードでの検索、システム名での検索、登録者名での検索または、それらのＡＮＤ条件検索を行うことができる。

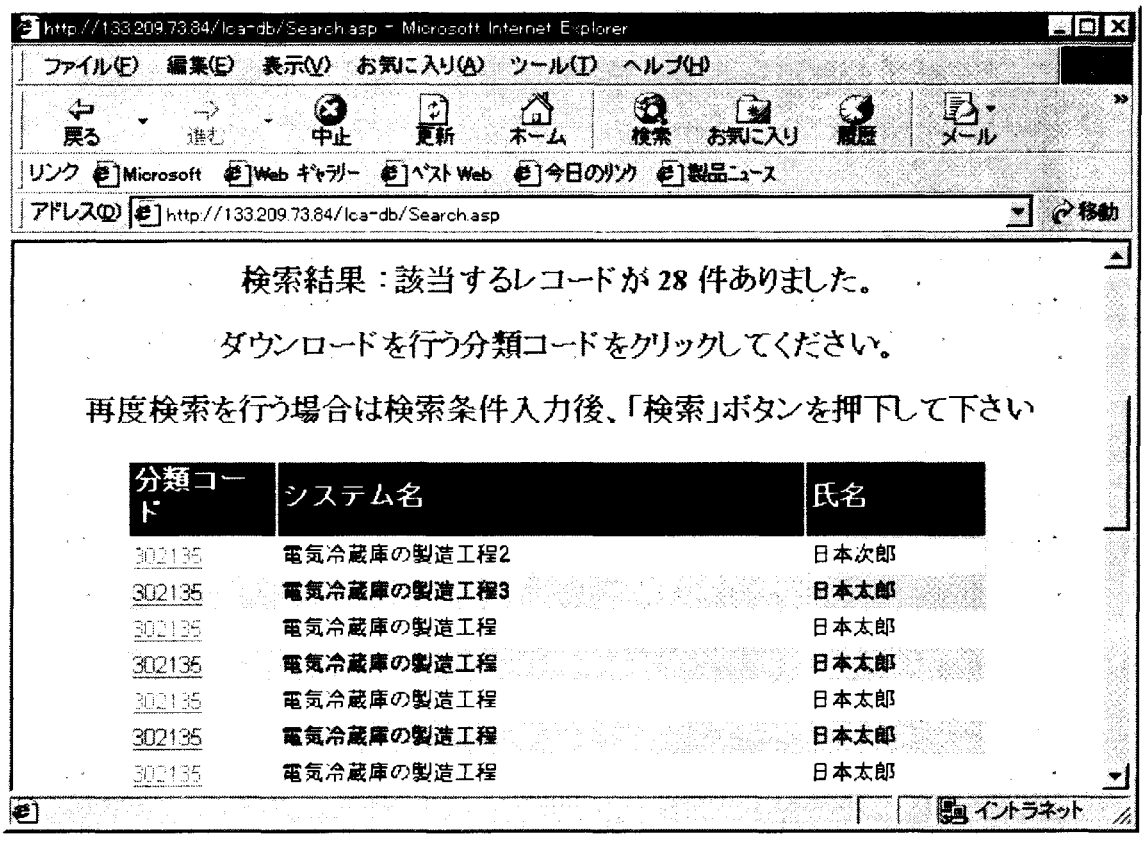
検索条件を設定したところで、検索ボタンを押すことにより検索を開始する。



第4.2-3図　データ検索画面

4.2.3　検索結果一覧表示機能

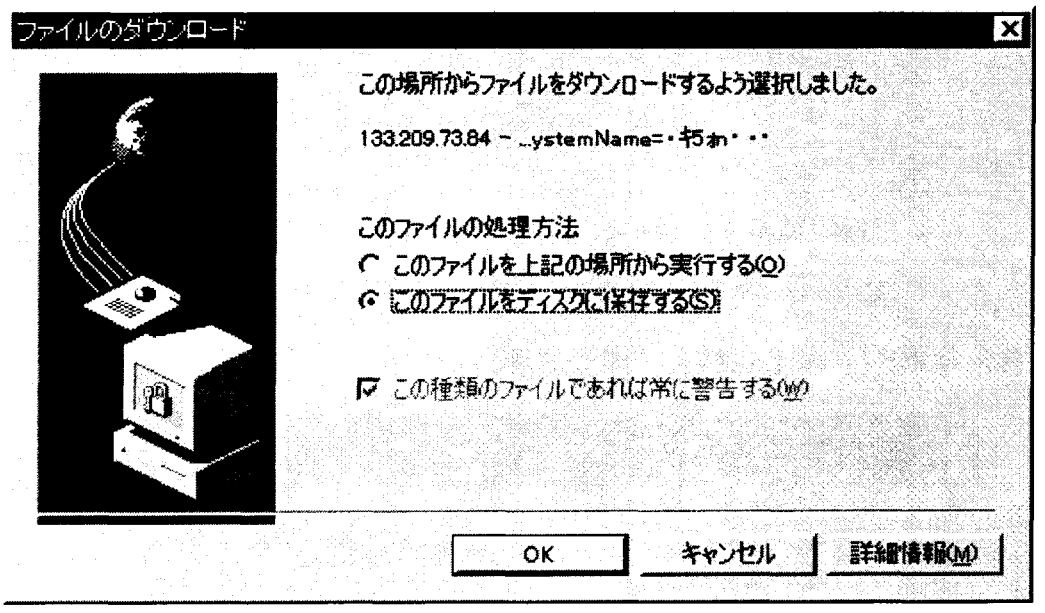
検索条件に一致するデータ一覧を表示する。ここで、参照したいデータの産業分類コードを選択することにより、データのダウンロードが開始される。



第4.2-4図　検索結果一覧画面

4.2.4　データダウンロード機能

データダウンロード画面が表示される。ここで、格納ディレクトリを指定することにより、選択した産業分類コードのデータがローカルディスクに格納される。ダウンロード完了後、格納されたファイルを参照することができる。

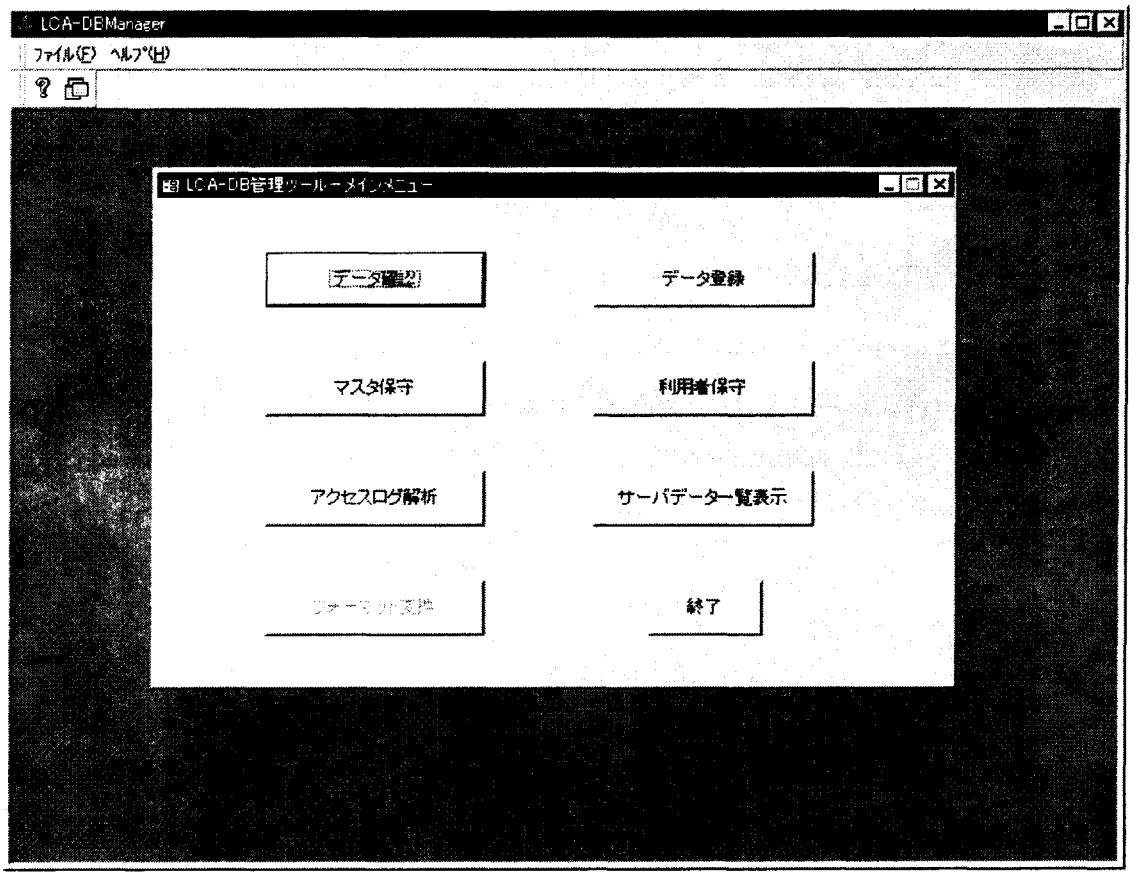


第4.2-5図　ダウンロード画面

4.2.5　メインメニュー機能

ＬＣＡデータベースを管理するための以下の機能を呼び出すことができる。

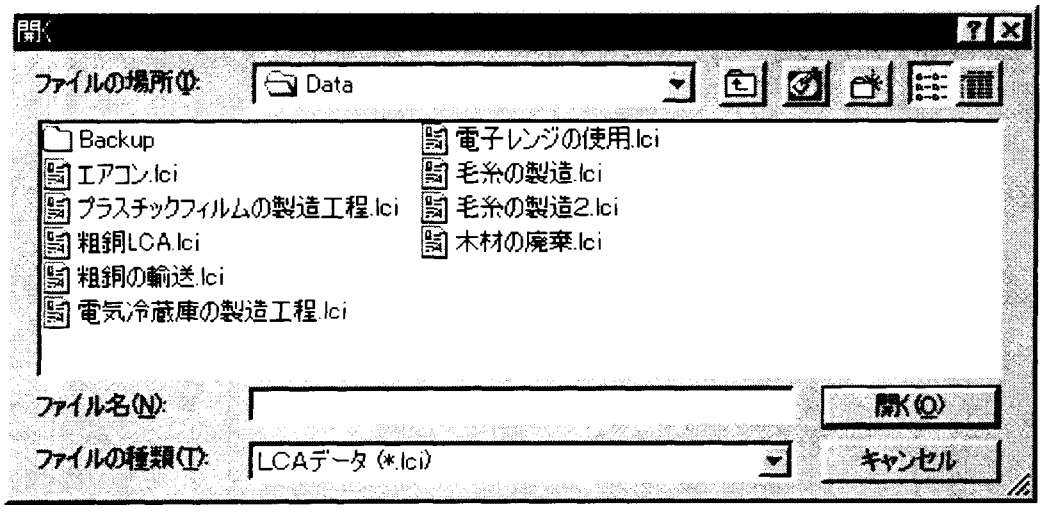
データ確認機能、 データ登録機能、マスタ保守機能、利用者保守機能、アクセスログ解析機能、サーバデータ一覧機能



第4.2-6図　管理者メニュー画面

4.2.6　データ確認機能

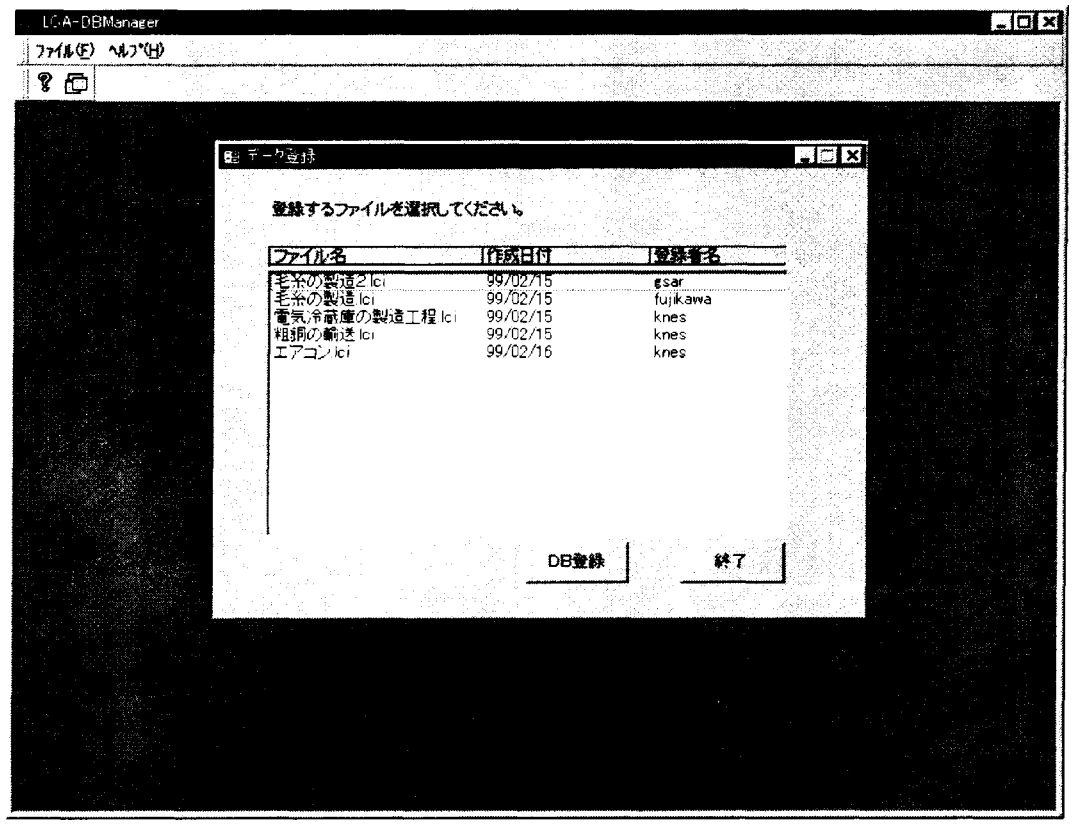
LCA データ作成者から送られたデータの内容を確認し、登録可能かを確認する。確認後、データ登録機能で、データベースに登録を行う。



第 4.2-7 図　データ確認画面

4.2.7　データ登録機能

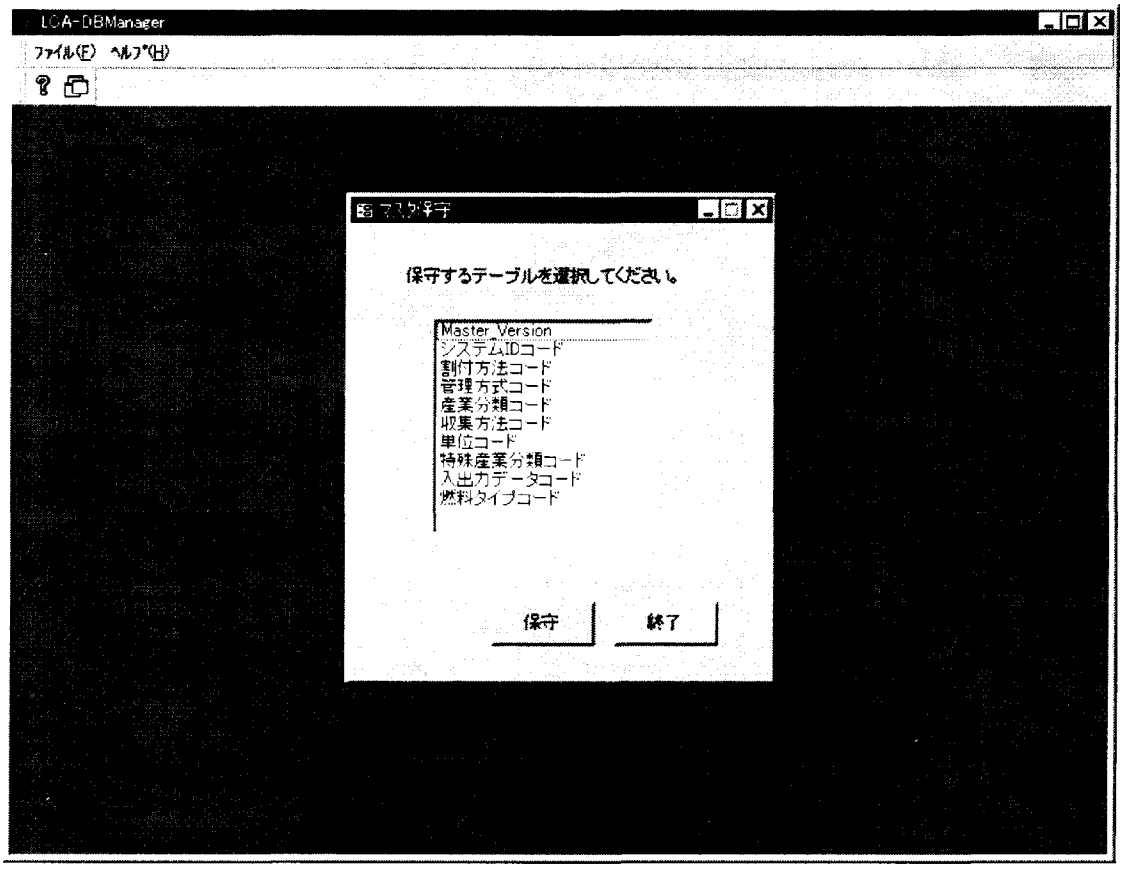
データ登録機能を選択することにより、データ確認機能で確認済みのデータファイル一覧が表示される。登録するデータファイルを選択し、ＤＢ登録ボタンを押すことによりデータベースに登録される。



第4.2-8図　データ登録画面

4.2.8　マスタ保守機能

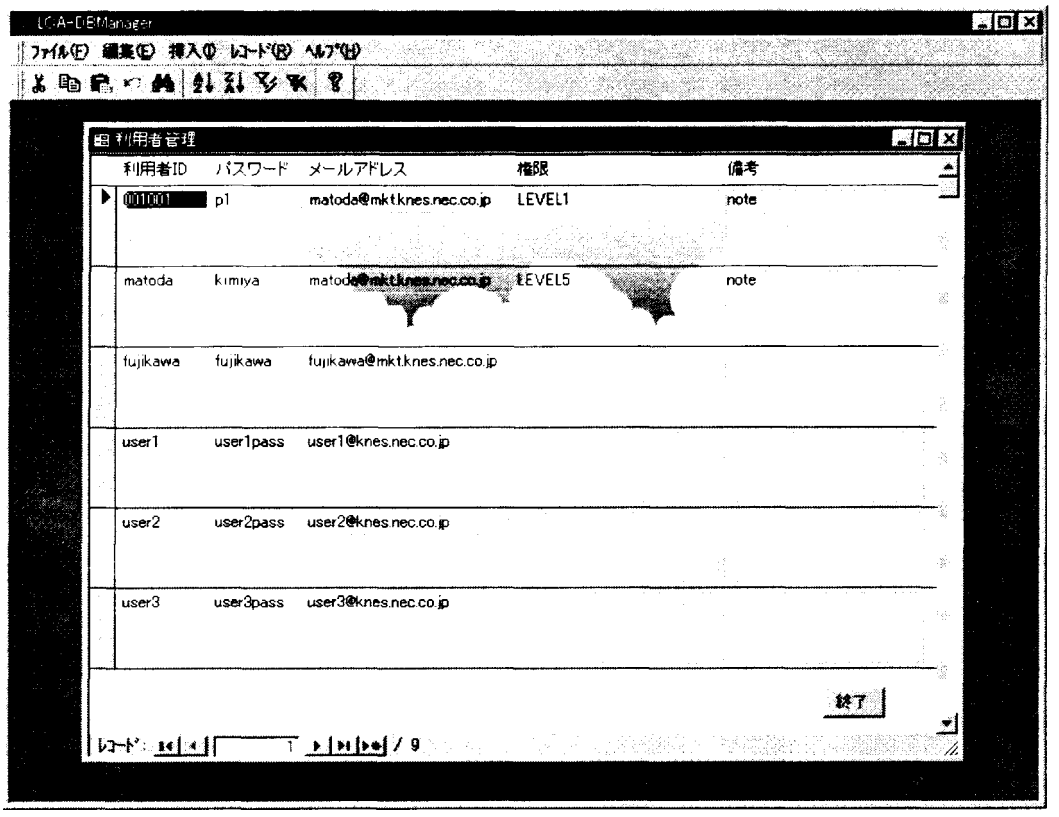
マスタ保守機能は、データベースに格納されているマスタデータの追加、更新、削除を行う機能を提供する。



第4.2-9図　マスタ保守画面

4.2.9　利用者保守機能

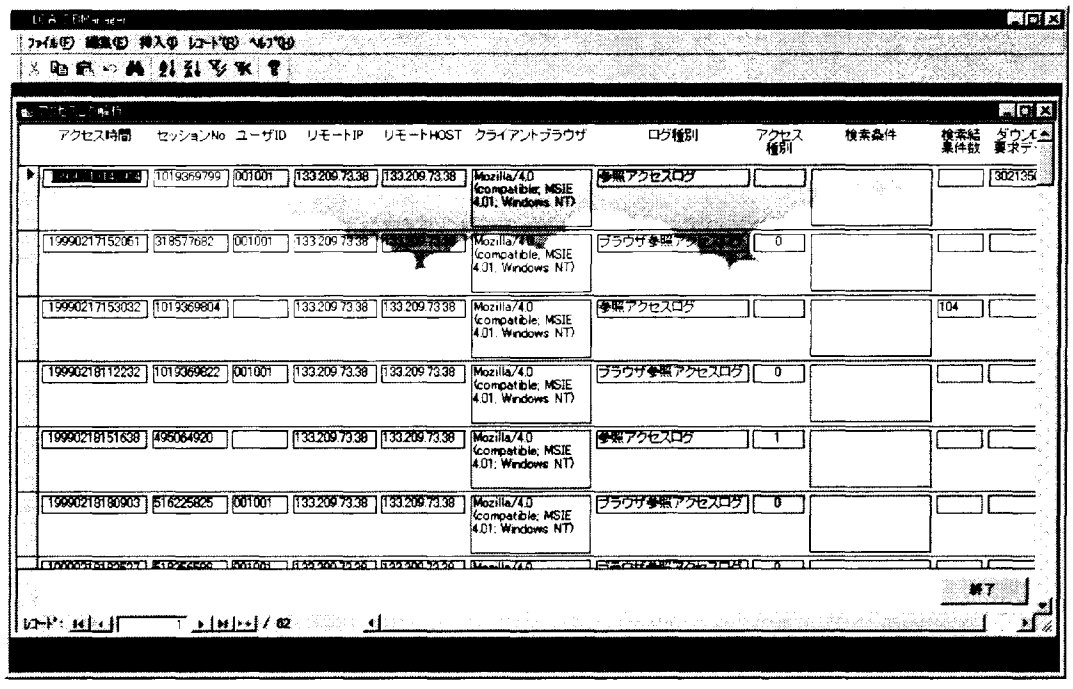
利用者保守機能は、LCA データベースの利用可能者を登録更新する機能を提供する。利用者 ID、パスワード、メールアドレス等の更新を行う。



第 4.2-10 図　利用者保守画面

4.2.10　アクセスログ解析機能

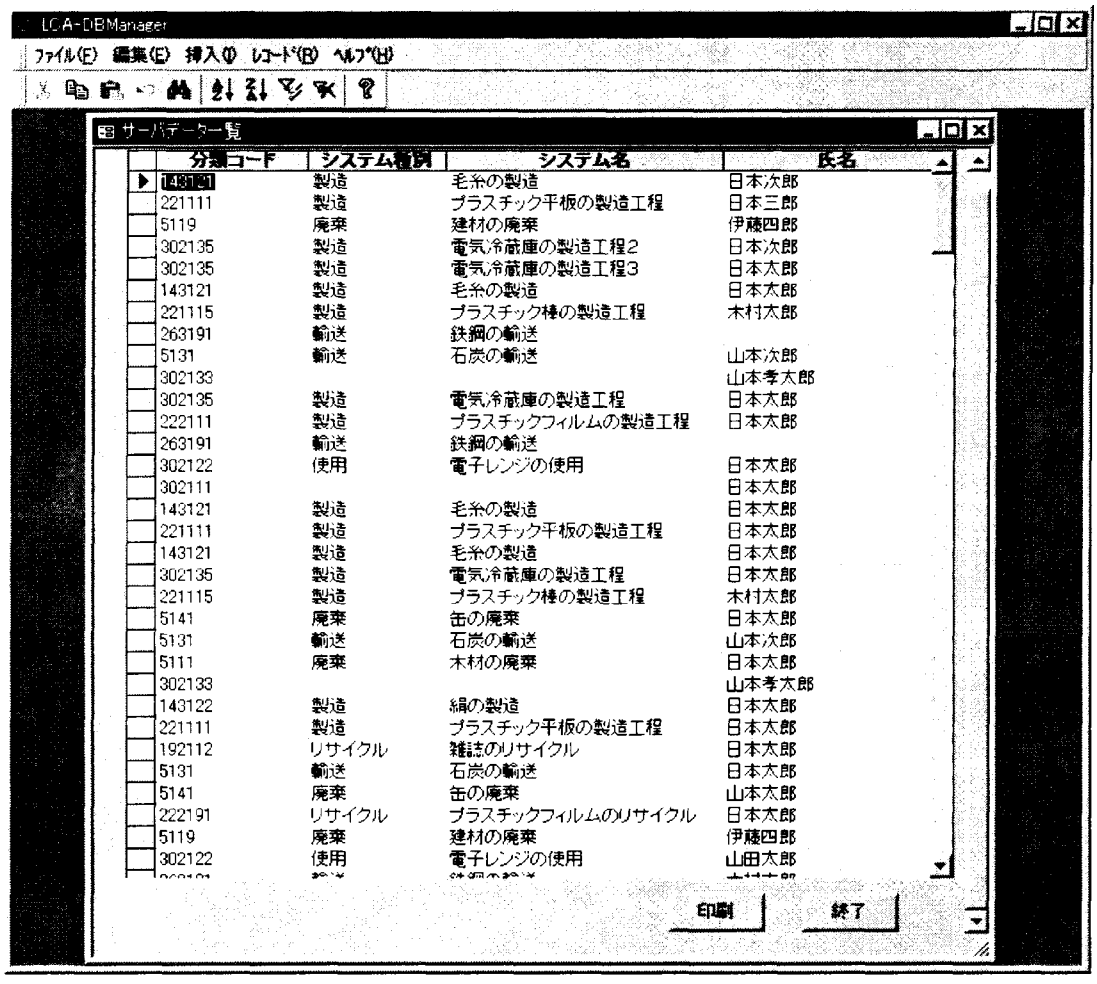
アクセスログ解析機能は、データベースにアクセスした履歴を表示する機能を提供する。アクセス時刻、利用者 ID、ログ種別からアクセス内容を解析することができる。



第4.2-11図　アクセスログ解析画面

4.2.11　サーバデータ一覧機能

サーバデータ一覧機能は、現在データベースに登録されているデータの一覧を表示する機能を提供する。



第4.2-12図　サーバデータ一覧画面

第Ⅳ編

インパクト評価研究会活動結果

要旨

現在のインパクト評価は「潜在的な」環境影響でもって評価されるのが一般である。この評価はインパクトカテゴリ内に含まれる物質が該当するカテゴリに及ぼす寄与について知る為の情報にはなり得るが、それによって実際にどのような被害を及ぼすか自然科学的知見の下に定量化したものではない。現在実施されている統合化手法もこのような影響ポテンシャルに基いて行うものが殆どである。被害を受ける対象とその態様を明確化し、環境負荷物質の放出により発生する被害を定量化することは、統合化の透明性を担保する上で極めて重要といえる。また統合化には何らかの形で価値判断(Value Choice)が含まれる。その判断を行うのための情報や基準を設定することも必要である。

インパクトカテゴリの数は現在地球温暖化やオゾン層破壊、有害物質による人間の健康影響など 10 種以上提案されている。必ずしも環境問題の専門家ではない LCA 実施者からすれば、特性化による結果のみから意思決定を行うのは困難な場合があり、統合化に対する期待は高い。環境負荷物質の放出によって発生する環境影響は放出された地域により大きく異なるため、日本においても環境影響統合化手法が提案されている。しかし計算方法や考え方は手法間で大きく異なるため、LCA 実施者は自身が設定する目的に合致する手法を選択できるようにこれまでの手法の特徴について整理し、我が国の統合化手法構築のための指針を得ることが重要である。

このような背景から、本研究会では①インパクトカテゴリ間の重み付け手法における特徴の明確化 (第 1 章) ②日本版のインパクト評価開発する上で重要な要点の抽出と被害算定のため基礎データの収集 (第 2 章)について調査研究を進めた。

第 1 章ではこれまでに提案された日本及び海外の統合化手法について整理した。日本で提案された方法については、同一のインベントリデータを下にケーススタディを行うことで、各手法で考慮されるインパクトカテゴリや保護対象、算定に含まれる物質数、計算方法や考え方等、各手法の特徴を明らかにした。

第 2 章では日本におけるインパクト評価手法を構築する際の重要な事項について抽出するとともに、環境負荷物質の放出から保護対象が受ける被害までの関連付けを行うための調査結果について示した。エンドポイントにおける被害態様はインパクトカテゴリによって大きく異なる。本年度は地球温暖化、オゾン層破壊、光化学オキシダント、毒性物質の放出により保護対象が受け得る被害を評価する為の基礎データについて収集した。今回得たデータによる被害評価は多くの推定が含まれている。今後は各分野の専門家による意見を参考にしつつ信頼性の向上に向けた検討を行うことが重要である。

またこれまで海外では環境影響を貨幣換算して評価を行う経済評価手法が提案されている。本研究会では、経済評価手法の一つであるコンジョイント分析を取り上げて事例研究を行った。本手法によれば環境負荷物質の放出に関するコストのみでなく、製品の品質についても考慮した形で評価を行うことができ、価値判断を合理的に導入した統合化手法を提案することの可能性を示唆する結果を得た。

第1章　インパクト評価手法の開発現状と課題

1.1 海外におけるインパクト評価手法の現状

ISODIS14042 において提案されているインパクト評価のプロセスにおいては Weighting や Normalization については必須項目から除外されていること、Weighting による統合化を行うと内在的にしろ外部的にしろ主観的価値基準の導入は避けられないことから、近年海外においては一時期ほど統合化に関する手法開発の研究事例は多くない。しかし Ecoindicator'98, EPS version 1996 のようにこれまでの手法の改訂版が開発されており、現在 SETAC WIA2 では、暴露評価等と同様に Weighting/Normalization を研究項目の一つとして掲げているように、依然国際的にも合意のとれた手法開発に対する要求は高い。本節においては、これまでに海外で開発された統合化手法と統合化に利用される主な特性化手法について簡潔に紹介する。

(1) 統合化に関する主な手法

Ecoindicator'95[1]

オランダの Goedkoop らにより開発された手法である。本手法は DtT アプローチをインパクトカテゴリごとに適用した方法として著名である。本手法による評価は予め設定された規格値(現状の年間総環境影響値)、低減係数(目標と現状との比)を利用して計算される。評価に含められるインパクトカテゴリは地球温暖化、オゾン層破壊、酸性化、富栄養化、重金属、発癌性物質、冬期スモッグ、夏期スモッグ、農薬の 9 項目である。

ここでは資源枯渇、廃棄物、土地消費等が含まれないこと、人間の健康と生態系の健全性との比較を予め設定していること等、問題点が指摘されることもあるが、評価に含まれる物質が多くかつ計算方法もシンプルであることから、最も頻繁に利用される統合化手法の一つである。

Ecoindicator'98[2]

Goedkoop らを中心としてオランダの専門家により開発されたものであり、Ecoindicator'95 において指摘された問題点について修正することを主目的としたものである。本手法の考え方はトップダウン的思考に基づいており、人間の健康、生態系の健全性、資源の三種を保護対象(ここでは damage categories と表記)として設定する。Ecoindicator'95 と大きく異なる点は、資源枯渇、土地利用による影響評価、運命分析を導入したこと、人間の健康影響を DALY、生態系への影響を PAF を利用したことにある。資源枯渇は資源の消費により鉱物資源の質(品位)が低下することを資源が受ける被害として定量化する。毒性物質については EUSES のマッケイマルチステージモデルによる暴露評価を用いる。最終結果は規格化により無次元値で表されるが、それぞれの保護対象が受ける被害評価の結果は次元を有する。保護対象間の重み付けは 100 人の LCA 実施者で構成するパネルにより設定する。インパクトカテゴリは資源、地球温暖化、オゾン層破壊、発癌性物質、呼吸器系障害(冬期スモッグ)、呼吸器系障害(夏期スモッグ)、生態毒性物質、酸性化/富栄養化、土地使用の 9 種類を設定する。

Ecopoints[3]

1978 年に Muller-Wenk が考案したエコロジー簿記を基礎にしており、DtT 法をいち早く導入した方法として有名である。本手法による評価はインパクトカテゴリ間の Weighting を行う Ecoindicator'95 と異なり、環境負荷物質ごとに設定する。そのため、本手法による結果からどの環境影響が大きいか解釈することは困難である一方で、エネルギー消費、土地消費、騒音等被害評価が困難なものについても算定に含めることが可能である。

EPS[4]

EPS (Environment Priority Strategies for Product Design)は IVL で開発された方法でこれまでに自動車の評価に適用された実績がある。本手法は貨幣換算法を代表する手法であり、Willing to pay の大きさを環境指数決定のための一つの要素としており、最終結果は金額で表される。本手法では保護対象を資源、人間の健康、審美性、生物多様性、生態系の生産能力の五種類について対象とする。インパクトカテゴリは資源は鋼種、人間の健康は病態毎に分類され全部で 37 種類有する。

NOGEPA[5]

NOGEPA (The Dutch Oil and Gas Exploration and Production Association)は CML において提案されたインパクトカテゴリ間の優先度を 26 人で構成するパネルにより設定したものである。97 年に改訂されており、そこではこれまでに含められていなかった非生物資源枯渇、生態毒性の二種類が追加されている。

ExternE[6]

ExternE プロジェクトは European Comission と US Department of Energy の共同研究によるものであり、エネルギー資源の消費による影響とそれに関わる外部コストについて定量化することを目的とする。評価は放出量の特定→濃度上昇度の推算→健康影響との関連づけ→貨幣換算の四つのプロセスで行われる。従って本手法による結果は金額によって表記される。濃度上昇の推算においては運命モデルを導入する。本手法はある特定のサイトから放出される環境負荷物質の放出量に対して発生する影響を評価しようとするもので、ボトムアップ的アプローチにより評価するものである。本手法では大気汚染物質数種類のみが評価に含められる。

EDIP[7]

EDIP(Environmental Design of Industrial Products)は Wensel らがデンマークの国家プロジェクトにおいて開発した方法である。環境負荷物質の放出や資源採掘による影響として三つのタイプ(環境影響、資源消費、労働環境中の影響)を設定する。本手法による評価は DtT によるものであるが、目標値(Target)として 1990 年における年間影響値を利用する。また毒物に関する項目については運命モデルを利用する。

(2) 特性化(Characterization)に関わる主な手法

PAF[8]

PAF(The Potentially Affected Fraction)は NOEC(No Observed Effect Concentration; 無影響濃度)を超過して暴露を受ける種の割合で定義される。NOEC と PAF の関係は Dose-Effect の S 字カーブと同じ軌跡を取る。PAF による評価はある物質の濃度に対して生態系が受ける毒性影響を示すものであり、一定量の放出による暴露量の推算を含めたものとな

っていない。Ecoindicator'98 ではこのコンセプトを生態系が受ける毒物影響に関する評価に含める。

(E)USES[9]

USES(Uniform System for the Evaluation of Substances)は毒性物質のリスクアセスメント(RA)のために RIVM において開発された手法である。毒物放出に関する等価係数を決めるのに有効と考えられている。本手法によれば大気、水、土壌を介した人間への毒性影響、水生生物、陸生生物への影響についての評価結果が得られる。USES1.0 では暴露評価と影響(毒性)評価結果の比較によって定量づける。計算は予め求めた PEC(predicted exposure concentration)/PNEC(predicted no effect concentration)比でもって得る。PEC はマルチメディアモデルにより計算される。これには拡散輸送が考慮され、生体濃縮係数や吸収モデル等が導入される。PNEC は実験から得たある特定種に関する毒性データを外挿することで、人間等の無影響レベルを求める。

本手法では 94 種の毒性物質について等価計数 ; HTP(Human Toxicity Potential), AETP(Aquatic EcoToxicity Potential), TETP(Terrestrial EcoToxicity Potential)について設定している。これは対象物質(1,4-ジクロロベンゼン)の PEC/PNEC との比から求めたものである。

参考文献

(1) Goedkoop, M.; The Ecoindicator 95, Weighting method for environmental effects that damage ecosystem or human health on a European scale, Final report, NOH report 9523, Pre Consultants, Amersfoort, Netherlands. (1995)

(2) Goedkoop, M., International Journal of LCA, 6, (1998)

(3) Braunschweig, A., R. Forster, P. Hofstetter, R.Mullerwenk; Evaluation und Weiterentwicklung von Bewertungsmethoden fur Okobilanzen- Erste Ergebnisse, IWO-Diskussionsbeitrag Nr 19, Zwischenbericht des Nationalprojects Nr 5001-35066, SSP Umwelt, Institut fur Wirtschaft und Okologie (IWO) St. Gallan, Switzerland. (1994)

(4) Steen, B., EPS-Default Valuation of Environmental Impacts from Emission and Use of Resources, Version 1996, AFR report 111, Avfallsforskningsradet (AFR), Swedish Environmental Protection Agency, Stokholm, Sweden. (1996)

(5) Huppes, G., Sas, H., de Haan, E. and Kuyper, J.; Efficient environmental invenstments, SENSE International Workshop, Amsterdam, 20 Feb. 1997, CML, Leiden University, Leiden, the Netherlands.

(6) Externalities of Energy Volum1-5. European Commission, Directorate-General VII, Science, Research and Development, Luxembourg

(7) Wenzel,. H., M. Hauschild & L. Alting; Environmental Assessment of Products. Volume 1. Methodology, tools and case studies in product development. Chapman &Hall, London. (1997)

(8) Hamers, T., T. Aldenberg & D. van de Meent (1996) Definition Report-Indicator Effects Toxic Substances (Itox). Repport nr. 607128001. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven

(9) RIVM, VROM, WVC; Uniform system for the evaluation of substances (USES), version 1.0. National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM), Ministry of Housing and Cultural Affairs (WVC). The Hague, Ministry of Housing Spatial Planning and Environment. Distribution No 11144/150, the Netherlands (1994)

1.1-1表　海外において開発された主な統合化手法

手法	Ecoindicator'95	Ecoindicator'98	Ecoscarsity	EPS	ExternE	NOGEPA	EDIP
開発国等	オランダ	オランダ	スイス	スウェーデン	EC	オランダ	デンマーク
保護対象	人間の健康 生態系の健全性	人間の健康 生態系の健全性 資源	なし	資源 人間の健康 審美性 生物多様性 生態系の生産能力	なし	なし	環境影響 資源消費 労働環境
インパクトカテゴリ	地球温暖化 オゾン層破壊 酸性化 富栄養化 重金属 発癌性物質 冬期スモッグ 夏期スモッグ 農薬	資源 地球温暖化 オゾン層破壊 発癌性物質 呼吸器障害(夏期スモッグ) 呼吸器障害(冬期スモッグ) 生態毒性物質 酸性化/富栄養化 土地消費	なし	資源枯渇(石油、石炭等26種) 人間の健康(死亡超過、重態等5種) 生産能力(肉・魚の減少、木材等5種)	人間の健康	非生物資源 人間毒性 生態毒性 酸性化 富栄養化 オゾン層破壊 地球温暖化 夏期スモッグ	地球温暖化 オゾン層破壊 酸性化 富栄養化 光化学オキシダント生成 人間毒性(大気・水・土壌) 生態毒性(水(慢性・急性)) 放射性廃棄物 スラグ・焼却灰 廃棄物(バルク)
運命分析	×	○	×	×	○	×	○
評価に含まれる物質数	大気汚染・水質汚染・土壌汚染(>300)	不明	エネルギー消費 大気汚染(7) 水質汚染(7) 空間消費 廃棄物 騒音	資源(26) 大気汚染(17) 水質汚染(4)	大気汚染(8)	資源消費(10) 大気汚染・水質汚染・土壌汚染(>300)	不明
単位	無次元	無次元	無次元	金額	金額	無次元	無次元

1.2. 我が国におけるインパクト評価手法

1.2.1 地域性考慮法（Distance-to-Target 法を用いた統合化指標および局地性インパクトカテゴリに関する排出地域の考慮について）

（1）Distance-to-Target method(DtT 法）に基づく統合化手法について

著者らは、Distance-to-Target method(DtT 法）[1]に基づく統合化手法を開発してきた[2]。DtT 法を用いた統合化では、恣意的なインパクトカテゴリ間の重み付けを避けることができるほか、目標値に政府が取り決めた環境基準値および排出目標値を用いることにより透明性を保つことができる利点がある。DtT 法に基づくインパクトアセスメント統合化をわが国で行う場合に、取り上げることが可能なインパクトカテゴリおよび物質について検討を行うとともに、各カテゴリの規格値、重みつけ係数の算出を行った。また、局地性インパクトカテゴリを評価するにあたり、排出地域を考慮した評価手法を開発した[3]。

（2）考慮するインパクトカテゴリ、物質および特性化手法

a. インパクトカテゴリ

インパクトアセスメントを実施するには、考慮するインパクトカテゴリ、各インパクトカテゴリにおいて考慮する物質、そして特定化にどの手法を用いるのか順次決定する必要がある。SETAC-Europe では、インパクトアセスメントにおいて考慮するインパクトカテゴリとして、14 のインパクトカテゴリを提唱している[4]。DtT 法は、基準値または目標値に対する現状値の超過の割合に比例した重み付けを行い負荷指標を算出する手法であるため、基準値、目標値そして現状値が明確に把握できないインパクトカテゴリについては取り上げることができない。従って本手法では、第 1.2.1-1 表に示すように、地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性化、湖沼の富栄養化、光化学オキシダントの生成、人間への毒性影響の６つのインパクトカテゴリを取り上げた。

b. インパクトカテゴリにおいて取り上げる物質

次に、各インパクトカテゴリにおいて取り上げる物質を決定する必要がある。取り上げる物質は、各インパクトカテゴリに影響を及ぼす全ての物質を取り上げるのが理想である。しかしながら、インパクトアセスメントの規格化の段階において、各物質の対象とする地域おける年間排出量を把握する必要があるため、年間排出量を算出することができない物質を取り上げることはできない。また、富栄養化、人間への毒性影響など局地性のインパクトカテゴリ関しては、わが国各地における各物質の環境濃度現状値を把握する必要があるが、測定データが公開されている物質は限られている[3]。そこで、わが国における年間排出量、そして各地の環境濃度現状値が把握できる物質のみを各インパクトカテゴリにおいて取り上げた[2]。本手法において、各インパクトカテゴリにおいて取り上げる物質を、第 1.2.1-1 表に示す。第 1.2.1-1 表には、ライデン大学の Center of Environmental Science (CML)により提案されている、各インパクトカテゴリにおいて検討すべき物質数（ハロン、CFC、四塩化炭素、1,1,1-トリクロロエタンおよび HBFC は除く）も併せて示している[5]。本手法において検討する手法では、各物質の年間排出量に関する情報の不足から、ライデン大学が提案している物質数に比べて、著しく取り上げる物質数が少なくなっている。今後、各物質の年間排出量に関するデータ、各物質の各地での環境濃度現状値に関するデー

タが公開されるに従い、各インパクトカテゴリにおいて取り上げる物質数を増やすことは可能である。

c. 特性化(Characterization)

特定化では、地球温暖化およびオゾン層の破壊に関しては、各物質の排出量と影響を与えるポテンシャルの関係が科学的モデルによって明確になってきており、Global warming potential (GWP)値および Ozone layer depletion (ODP)値を用いて異なる物質を等価値へ変換し積み上げることは広く受け入れられている[6, 7]。酸性化に関しては、オランダのライデン大学が、酸性化に対する特性化係数 (Acidification potential (AP)値) を提言している[5]。本手法では、地球温暖化、オゾン層の破壊および酸性化に対する特性化係数には、それぞれGWP値 (積算期間100年値)、ODP値 (平均値)、AP値を用いた。

一方、光化学スモッグ、人体に有害な物質の排出、富栄養化などの局地性のインパクトカテゴリについては、バックグランド環境濃度依存性が大きいこと、明確なメカニズムが確立されていないこと、地域依存性が大きいことなどの理由により、インパクトカテゴリ内で異なる物質の積み上げを行い指数化することには問題があることが指摘されている[8]。そこで、局地性のインパクトカテゴリについては、各物質ごとに、地域ごとの現状値と環境基準値の比を求め、直接統合化を行う手法を用いる。しかしながらその際に、排出地域を、どの程度詳細に考慮するかが課題になる。排出地域を詳細に区別するに従い、収集する情報が膨大になり、インベントリ分析を実施することが困難になる。本手法では、大気圏排出物質に関しては４７都道府県に分割し、公共用水域の水質汚濁および富栄養化に関連する水圏排出物質については東京湾、伊勢湾、瀬戸内海の三海域への排出を考慮し、各区域ごとに統合化指標を算出することを検討した。

（３）規格値

本論文において、地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性化で取り上げる物質の年間排出量、特性化係数、そして規格値を第1.2.1-2表に示す。オゾン層の破壊物質の排出量は、公開データではないため、不確実性が大きいと考えられる。また、富栄養化、光化学オキシダントの生成、人間への毒性影響の局地性インパクトカテゴリにおいて取り上げる物質については、排出を考慮する都道府県および海域ごとの各物質の年間排出量を規格値として用いる。第1.2.1-3(a), (b)表に示す。

（４）重み付け係数の算出

a. 地球規模・広域インパクトカテゴリ

地球温暖化、オゾン層の破壊などの地球規模のインパクトカテゴリに関しては、物質の排出重量と地球全体における生態系の損害の度合いとの相関に基づいて、統合化指標を検討していく必要があると考えられる。しかしながら現時点では、地球規模のインパクトカテゴリに関して、物質が排出されることにより、生態系がどれだけの損害を被るかについて定量的に評価することは困難である。そこで、本手法では、地球規模・広域インパクトカテゴリに対する重み付け係数を、DtT 法に基づいて算出するにあたり、目標値にわが国の排出削減目標値を用い、現状値にわが国における関連物質の排出の現状値を用いた。地球規模・広域インパクトカテゴリに対する重み付け係数を、第1.2.1-4表に示す。

b. 局地性インパクトカテゴリ

本手法では、局地性インパクトカテゴリである、富栄養化および閉鎖性水域の水質汚濁、光化学オキシダントの生成、人間への毒性影響では、都道府県および海域ごとの重み付け係数を用いる。排出地域を分割する場合、各区域での相対的な影響ポテンシャルは、各区域における物質の環境濃度のみならず人口にも依存する。物質の環境濃度現状値が環境基準値を超過している割合が同じであっても、人口が多い区域ほど影響ポテンシャルは大きいと考えられる。そこで各区域の人口を考慮することにより、より実際の影響ポテンシャルを反映させた指標が得られると考えられる。本手法では、各区域の各物質に対する重み付け係数を、環境濃度現状値と環境基準値の比に、わが国の全人口に対する各区域の人口の割合を掛け合わせて算出することを検討した。各区域の人口をわが国の全人口で割るのは、重み付け係数を無次元化させるためである。なお、本手法では、以下の前提により DtT 法を適用した。

1）各物質の環境基準値には、わが国の環境基本法において定められている値を用いる。

2）各地点における各物質の環境濃度現状値には、環境基本法において定められている環境基準達成状況の評価方法において、環境基準値と比較される値を用いる。

3）各区域において物質の環境濃度現状値が最も超過している地点の濃度を、各区域の現状値の代表値として用いる。

4）各区域における物質の重み付け係数を、以下の式で算出

（重み付け係数）＝（各区域の現状値の代表値）／（環境基準値）×（各区域の人口）／（日本の全人口）

5）物質の環境濃度が環境基準値を超過している測定地点を有する区域を取り上げ、全ての測定地点において環境基準値を満たしている区域の影響ポテンシャルは検討しない。

局地性インパクトカテゴリに関連する各物質の重み付け係数を、第 1.2.1-5(a), (b)表に示す。

（5）統合化指標の算出式

a. 地球規模・広域インパクトカテゴリ

地球規模・広域インパクトカテゴリに対する統合化指標の算出式を、以下に示す。

$$I = \sum_{i} \frac{Ei}{Ni} \times Fi \qquad (1)$$

ここで、I：統合化指標、Ei：製品がライフサイクルにおいてインパクトカテゴリ(i)に対して引き起こす影響度、Ni：対象とする地域における規格値、Fi：重みつけ係数である。

b. 局地性インパクトカテゴリ

局地性インパクトカテゴリの統合化指標の算出方法を、以下の式に示す。

$$I = \sum_{i,j} \frac{E_{ij}}{N_{ij}} \times F_{ij} \qquad (2)$$

$$Fij = \frac{Ci}{C0i} \times \frac{Pj}{P} \qquad (3)$$

ここで、I：統合化指標、E_{ij}：製品がライフサイクルにおいて排出する物質(i)の各区域(j)における排出重量、N_{ij}：各区域(j)における物質(i)の年間排出量（規格値)、F_{ij}：各区域(j)における物質(i)に対する重み付け係数、Cij：各区域(j)における物質(i)の環境濃度の現状値、C_0ij：各区域(j)における物質(i)の環境基準値、Pj：各区域(j)における人口、P：わが国の全人口、である。

なお、本論文で検討した地球規模のインパクトカテゴリの統合化指標は、排出削減目標値を用い評価しているので、環境基準値を用い評価を行う局地性インパクトカテゴリの統合化指標と単純に加算して評価を行うことは不適切である。

（6）まとめ

本手法では、地球規模のインパクトカテゴリである地球温暖化およびオゾン層の破壊、そして広域インパクトカテゴリである酸性化に関しては、日本全体での規格値および重み付け係数を用い統合化を行う。一方、局地性のインパクトカテゴリに関しては、都道府県および海域ごとの排出を考慮し、各物質ごとに、地域ごとの規格値および重み付け係数を用い直接統合化を行う。今回の委員会で、欧州研究機関が算出したコピー機のインベントリデータは、欧州における平均化されたデータに基づいている。従って、本手法を適用することはできない。今後、わが国における排出地域を考慮したインベントリデータが作成されるに従い、本手法を適用していくことが可能と考えられる。

引用文献

1) Powell, Jane C., David W. Pearce and Amelia L. Craighill, Approaches to Valuation in LCA Impact Assessment, Int. J. LCA, 2, 11 (1997)
2) 松野泰也、稲葉　敦、伊坪徳宏、山本良一、日本におけるインパクトアセスメント統合指標の開発、日本エネルギー学会誌、77(12)、1139-1147 (1998)
3) 松野泰也、稲葉　敦、水野建樹、排出地域および排出形態を考慮した局地性インパクトカテゴリのインパクトアセスメント手法の開発、日本エネルギー学会誌、77(12)、1128-1138 (1998)
4) Udo de Haes, H. A., TOWARDS A METHODOLOGY FOR LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT, Society of Environmental Toxicology and Chemistry - Europe, Brussels (1996)
5) Heijungs, R., Environmental Life Cycle Assessment of Products, Backgrounds - October 1992
6) 気象庁、気候変化 1995　気候変化の化学、1996
7) Haes, H. A. Udo de, Selected topics in Life Cycel Impact Assessment, short course at the 7th annual meeting of SETAC EUROPE, April 6, 1997
8) Owens, J. W., Int. J. LCA, 1, 151 (1996)

第 1.2.1-1 表 本手法において検討したインパクトカテゴリと排出物質 および CML，ライデン大学により考慮されている物質数

インパクトカテゴリ	物質	CML，ライデン大学により考慮されている物質数 [5]
地球温暖化	CO2 CH4 N2O HCFC-22 HCFC-123 HCFC-124 HCFC-141b HCFC-142b HFC-134 HFC-23	14 (CFCs, HALONs, tetrachloro-methane and 1,1,1-trichloroethane は対象外)
オゾン層の破壊	HCFC-22 HCFC-123 HCFC-124 HCFC-141b HCFC-142b Methyl bromide	8 (CFCs, HALONs, tetrachloro-methane and 1,1,1-trichloroethane は対象外)
酸性化	NOx SOx	7
富栄養化	COD N(total) P(total)	8
光化学オキシダントの生成	Non-methane hydrocarbon	89
人間への毒性影響	NOx Suspended particulate matter	283

第 1.2.1-2 表 地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性化に対する特性化係数および規格値

インパクトカテゴリ	物質	年間排出量 (kg/year)	特性化係数		規格値
地球温暖化	CO2	1.26E+12	1	(CO2 equiv. kg)	1.36E+12 (CO2 equiv. kg)
	CH4	1.38E+09	21		
	N2O	4.30E+07	310		
	HCFC-22	2.40E+07	1600		
	HCFC-123	8.10E+04	90		
	HCFC-124	3.39E+06	440		
	HCFC-141b	1.43E+06	580		
	HCFC-142b	2.55E+06	1800		
	HFC-134	7.00E+05	1000		
	HFC-23	1.20E+06	11700		
オゾン層の破壊	HCFC-22	2.40E+07	0.055	(CFC equiv. kg)	1.86E+06 (CFC equiv. kg)
	HCFC-123	8.10E+04	0.020		
	HCFC-124	3.39E+06	0.022		
	HCFC-141b	1.43E+06	0.11		
	HCFC-142b	2.55E+06	0.065		
	Methyl bromide	2.38E+05	0.6		
酸性化	NOx	1.90E+09	0.70	(SOx equiv. kg)	2.21E+09 (SOx equiv. kg)
	SOx	8.76E+08	1		

第 1.2.1-3(a)表 局地性インパクトカテゴリに関する規格値 (kg/year)

都道府県	光化学オキシダントの生成	人間への毒性影響	
	NM-HC	NOx	SPM
茨城	-	-	4.7E+06
栃木	-	-	3.2E+06
群馬	-	-	3.4E+06
埼玉	5.1E+07	5.4E+07	8.1E+06
千葉	3.5E+07	8.9E+07	6.5E+06
東京	1.0E+08	6.6E+07	1.2E+07
神奈川	7.6E+07	7.5E+07	9.9E+06
静岡	3.0E+07	-	7.2E+06
愛知	5.9E+07	-	1.2E+07
三重	1.4E+07	-	3.3E+06
滋賀	8.4E+06	-	-
奈良	4.9E+06	-	-
京都	1.6E+07	-	2.6E+06
大阪	7.0E+07	6.0E+07	9.5E+06
兵庫	2.9E+07	x	6.9E+06
岡山	-	-	3.8E+06
山口	1.0E+07	-	-
香川	-	-	1.9E+06
愛媛	-	-	2.6E+06
福岡	-	-	6.6E+06
熊本	9.4E+06	-	2.8E+06

1) -: 本手法では検討せず

第 1.2.1-3(b)表 富栄養化に関する規格値 (kg/year)

海域	COD	T-N	T-P
東京湾	1.0E+08	1.0E+08	8.4E+06
伊勢湾	9.0E+07	6.4E+07	6.9E+06
瀬戸内海	2.7E+08	2.7E+08	1.6E+07

第 1.2.1-4 表 地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性化に対する重み付け係数

インパクトカテゴリ	重み付け係数
地球温暖化	1.14
オゾン層の破壊	1.54
酸性化	1

第 1.2.1-5(a)表 局地性インパクトカテゴリに対する重み付け係数 (-)

都道府県	光化学オキシダントの生成	人間への毒性影響	
	NM-HC	NOx	SPM
茨城	-	-	0.034
栃木	-	-	0.019
群馬	-	-	0.022
埼玉	0.099	0.057	0.100
千葉	0.068	0.048	0.077
東京	0.144	0.130	0.148
神奈川	0.112	0.072	0.096
静岡	0.048	-	0.039
愛知	0.074	-	0.069
三重	0.021	-	0.016
滋賀	0.012	-	-
奈良	0.012	-	-
京都	0.033	-	0.025
大阪	0.110	0.076	0.085
兵庫	0.058	0.049	0.055
岡山	-	-	0.017
山口	0.014	-	-
香川	-	-	0.010
愛媛	-	-	0.014
福岡	-	-	0.046
熊本	0.018	-	0.016

1) -: 本手法では検討せず

第 1.2.1-5(b)表 富栄養化に対する重み付け係数 (-)

海域	COD	T-N	T-P
東京湾	0.31	3.30	3.30
伊勢湾	0.12	0.12	0.13
瀬戸内海	0.40	0.91	0.77

1.2.2 時間消費法

（1）時間消費法の概要

a. 時間消費法のコンセプト

人間活動をこのままのペースで続けていけば、２１世紀には、資源・エネルギー枯渇、オゾン層破壊、温暖化等いくつかの環境危機が到来すると予想されている。つまり１年間の人間活動は、危機までの時間の１年分を消費しているということが言える。例えば、５０年後に石油枯渇の危機がくるとしたら、１年間の石油消費量は、危機までの時間の１年分を消費していることに相当する。

このような考え方を用いて、製品・サービスのライフサイクルに渡って消費している資源物の量や排出している汚染物質の量を、危機までの時間の消費量に換算して評価する方法が時間消費法である。

また、カテゴリ内及びカテゴリ間の重み付け係数を実施者が変更できるようになっており、実施者の考え方が評価結果に反映されるというのも時間消費法の大きな特徴の一つである。なお、この時間消費法は、東京大学国際・産学共同研究センター長の安井至教授が提唱した手法である。

b. 保護対象の種類

時間消費法で選択した保護対象は以下の３項目である。

・人間の健康
・生態系への影響
・資源消費

なお、これらの項目は、JISQ14040で規定されている考慮すべき概括的な環境影響の領域、「資源利用」「人の健康への影響」「生態系への影響」と同一である。

c. インパクトカテゴリ

時間消費法で選択したインパクトカテゴリとその対象地域（影響地域）を第1.2.2-1表に示す。

第1.2.2-1表．インパクトカテゴリと対象地域

インパクトカテゴリ	対象地域
①地球温暖化	地球全体
②オゾン層の破壊	地球全体
③酸性化	日本全体
④大気汚染	日本全体
⑤重金属汚染・発ガン物質汚染	日本全体
⑥水質汚濁・富栄養化	日本全体
⑦水資源使用量	日本全体
⑧エネルギー消費	地球全体
⑨鉱物資源消費	地球全体
⑩固形廃棄物	日本全体

これらのカテゴリは、保護対象の項目に関連すると考えられるインパクトカテゴリと、既存のインパクト評価手法（エコポイント、ＥＰＳ、インディケータ９５、早稲田大学の永田教授方式等）で用いられているカテゴリとを参考にして選定したものである。

なお、対象地域を設けた理由は、地球温暖化やオゾン層の破壊等のように地球全体に影響を及ぼすものと、酸性化や大気汚染のように影響範囲が地域に限定されるものとは、評価の基準を分ける必要があると判断したためである。

d. 統合化のための計算式

時間消費法の統合化指標（インパクトファクター）は、危機の到来時期(years)と、その危機の致命度(fatality)を用い、以下の式で定義されている。

式１：　Ｆｉ ＝ fatality／years

なお、yearsとfatalityは、インパクト評価の実施者が決めることになっている。

fatalityとyearsの例を第1.2.2-2表に示す。

第1.2.2-2表．時間消費法の統合化指標値の例

	Years	Fatality	F
①地球温暖化	80	10	0.1250
②オゾン層の破壊	45	2	0.0444
③酸性化	40	5	0.1250
④大気汚染	30	10	0.3333
⑤重金属汚染・発ガン物質汚染	25	10	0.4000
⑥水質汚濁・富栄養化	25	2	0.0800
⑦水資源使用量	30	2	0.0667
⑧エネルギー消費	500	80	0.1600
⑨鉱物資源消費	130	20	0.1538
⑩固形廃棄物	20	5	0.2500

この例では、地球温暖化がfatal（危機的状況）になるには約80年程度先で、エネルギー消費そのものがfatalになるには約500年程度先としており、また、エネルギーが枯渇すると全ての人間活動が停止してしまうという理由から、エネルギー消費のfatalを80としている。

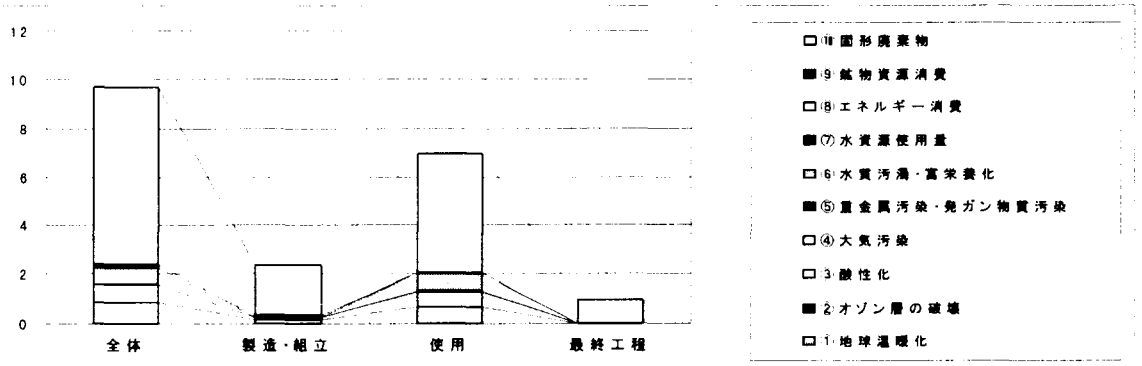
（２）ケーススタディの評価結果（仮想複写機）

a. 評価結果

ケーススタディの評価結果を第1.2.2-3表、第1.2.2-1図に示す。なお、fatalityとyearsは第1.2.2-2表の値を使用した。

第1.2.2-3表　評価結果（仮想複写機全体）

	全体	製造・組立	使用	最終工程	Years	Fatality	F
①地球温暖化	0.0084992	0.0010266	0.0074612	0.0000113	80	10	0.1250
②オゾン層の破壊	0	0	0	0	45	2	0.0444
③酸性化	0.8537156	0.1749125	0.6772962	0.0015096	40	5	0.1250
④大気汚染	0.7184626	0.0921364	0.6250662	0.0012578	30	10	0.3333
⑤重金属汚染・発ガン物質汚染	0.0067759	0.0008664	0.0059058	0.0000037	25	10	0.4000
⑥水質汚濁・富栄養化	0.6790109	0.0018995	0.6769387	0.0001702	25	2	0.0800
⑦水資源使用量	0.1160198	0.0380713	0.0779003	0.0000527	30	2	0.0667
⑧エネルギー消費	0.0045532	0.0001809	0.0043714	0.0000009	500	80	0.1600
⑨鉱物資源消費	0.0360428	0.0349699	0.0010728	0.0000000	130	20	0.1538
⑩固形廃棄物	7.2374585	2.0426176	4.8647928	0.9823580	20	5	0.2500
合計	9.6605385	2.3866811	6.9408054	0.9853642			



第1.2.2-1図．評価結果（仮想複写機全体）

a．評価範囲全体における評価結果

評価範囲全体における評価結果を以下に示す。

ｱ）ライフステージで見ると、使用段階の負荷が一番大きくなっている。

ｲ）カテゴリで見ると、⑩固形廃棄物の負荷が最も大きく、次いで、③酸性化、④大気汚染、⑥水質汚濁・富栄養化、⑦水資源消費量などとなっており、対象地域が日本全体であるカテゴリの評価結果の値が大きくなっている。

ｳ）⑩固形廃棄物の値が他のカテゴリーの値に比べて非常に大きくなっている。

b．各ライフステージにおける評価結果

全てのライフステージにおいて、⑩固形廃棄物の負荷が最も大きく、次いで、③酸性化、

化、④大気汚染となっており、対象地域が日本全体であるカテゴリの評価結果の値が大きくなっている。

ハ．インパクトカテゴリ別の評価結果

インパクトカテゴリ別では、⑨鉱物資源消費カテゴリのみ製造・組立段階の負荷が一番大きくなっているが、他のカテゴリは全て使用段階の負荷が一番大きくなっている。

ただし、この評価結果はあくまでも第1.2.2-2表の値を使用したものであり、実施者が自分自身の考えに基づいたfatalityとyearsの値を用いれば、この評価結果とは異なった結果となる。

なお、第1.2.2-4表に各カテゴリーのインパクトファクターと評価結果値の差を示すが、対象地域が日本全体であるカテゴリのインパクトファクターと評価結果値の差が大きく（Ⅰ）、特に、⑩固形廃棄物ではその差が非常に大きくなっている（Ⅱ）。それぞれの理由を以下に示す。

第1.2.2-4表　インパクトファクターと評価結果値の差

	評価結果（全体）	F	差
①地球温暖化	0.0084992	0.1250	0.06799336
②オゾン層の破壊	0	0.0444	0
③酸性化	0.8537156	0.1250	6.82972506
④大気汚染	0.7184626	0.3333	2.15538780
⑤重金属汚染・発ガン物質汚染	0.0067759	0.4000	0.01693977
⑥水質汚濁・富栄養化	0.6790109	0.0800	8.48763581
⑦水資源使用量	0.1160198	0.0667	1.74029754
⑧エネルギー消費	0.0045532	0.1600	0.02845741
⑨鉱物資源消費	0.0360428	0.1538	0.23427807
⑩固形廃棄物	7.2374585	0.2500	28.94983394

○Ⅰの理由

時間消費法では、製品による環境負荷を時間スケールに転換するときに、以下の式を用いる。

式２：　時間消費（年）＝（その製品による環境負荷）／（地域内における環境負荷）

なお、式の分母は、対象地域が地球全体であるカテゴリに含まれる環境負荷項目の場合には「世界全体の排出量」、日本全体であるカテゴリに含まれる環境負荷項目の場合には「日本全体の排出量」である。

しかし、今回のケーススタディで使用した仮想複写機の場合、インベントリデータの対象地域は日本を含む世界全体となっている。従って、対象地域が日本全体であるカテゴリに含まれる環境負荷項目の場合、インベントリデータの対象地域（世界全体）とインパクト評価の対象地域（日本全体）が異なるので、式２の時間消費（年）は、

（仮想複写機による世界中で発生した環境負荷量）／（日本全体の環境負荷量）

となる。この結果、第1.2.2-4表に示すように、対象地域が日本全体であるカテゴリのインパクトファクターとその評価結果値の差が大きくなるのである。

これは、時間消費法の欠点と言えなくもないが、インパクト評価に地域性を含めようとする場合には必ず発生する問題である。この問題の解決には、インベントリデータの対象地域とインパクト評価の対象地域を同一にさせることが必要である。

○Ⅱの理由

時間消費法は日本国内で埋め立てられた廃棄物及びその量を評価対象とするが、今回ケーススタディで使用した仮想複写機の廃棄物のインベントリデータは、海外において発生した廃棄物を含んでおり、また、実際に埋め立て処理された廃棄物ではなく発生した廃棄物のデータであるため、評価結果値が大きくなっている。

（2）評価に含まれるインベントリ項目

時間消費法に含まれるインベントリ項目と評価結果を第1.2.2-5表～第1.2.2-14表に示す。なお、表に示した評価結果の値は統合化を実施する前の評価結果値である。なお、インベントリデータを時間消費（年）に変換するためには、第1.2.2-15表の式を用いて変換を行っている。

第1.2.2-15表．インベントリデータの変換式一覧

インパクトカテゴリ	計算式
①地球温暖化	インベントリデータ×重み付け係数／地域内における環境負荷量
②オゾン層の破壊	インベントリデータ×重み付け係数／地域内における環境負荷量
③酸性化	インベントリデータ×重み付け係数／地域内における環境負荷量
④大気汚染	インベントリデータ×重み付け係数／地域内における環境負荷量
⑤重金属汚染・発ガン物質汚染	インベントリデータ×重み付け係数／地域内における環境負荷量
⑥水質汚濁・富栄養化	インベントリデータ×重み付け係数／地域内における環境負荷量
⑦水資源使用量	インベントリデータ×重み付け係数／地域内における環境負荷量
⑧エネルギー消費	インベントリデータ×重み付け係数／地域内における環境負荷量
⑨鉱物資源消費	インベントリデータ×地域内における環境負荷量
⑩固形廃棄物(トータル)	インベントリデータ／埋立量全体
⑩固形廃棄物(特定物質)	インベントリデータ×重み付け係数／特定物質合計

第1.2.2-5表．①地球温暖化についての評価結果

	全体	製造・組立	使用	最終工程
CO2	0.1148548	0.0137577	0.1009415	0.0001546
CH4	0.0026775	0.0003822	0.0022930	0.0000023
N20	0.0006583	0.0001346	0.0005236	0.0000001
HFC134a	0	0	0	0
HFC else	0	0	0	0
PFC	0	0	0	0
SF6	0.0000017	0.0000017	0.0000000	0
CFC-11	0	0	0	0
CFC-12	0	0	0	0
合計	0.1181922	0.0142762	0.1037581	0.0001570

第1.2.2-6表．②オゾン層の破壊についての評価結果

	全体	製造・組立	使用	最終工程
CFC-11	0	0	0	0
CFC-12	0	0	0	0
CFC-113	0	0	0	0
HCFC-22	0	0	0	0
HCFC-123	0	0	0	0
合計	0	0	0	0

第1.2.2-7表．③酸性化についての評価結果

	全体	製造・組立	使用	最終工程
SOx	7.8970617	2.0984713	5.7951161	0.0036114
NOx	3.9749851	0.3339190	3.6235855	0.0173821

第1.2.2-10表．⑥水質汚濁・富栄養化についての評価結果

	全体	製造・組立	使用	最終工程
BOD	2.1255172	0.0083719	2.1166897	0.0004632
COD	12.2467586	0.0234455	12.220517	0.0026992
SS	0.3653931	0.0082221	0.3571724	0
n-hex	0	0	0	0
NOx	0	0	0	0
N total	0.0000010	0.0000010	0	0
P total	0.0163076	0.0012334	0.0145379	0.0005369
合計	14.7539775	0.0412739	14.708951	0.0036992

第1.2.2-11表．⑦水資源使用量についての評価結果

	全体	製造・組立	使用	最終工程
H20	3.0251429	0.9926857	2.0312000	0.0013735
合計	3.0251429	0.9926857	2.0312000	0.0013735

第1.2.2-12表．⑧エネルギー消費についての評価結果

	全体	製造・組立	使用	最終工程
Crude oil	0.0011223	0.0000725	0.0010462	0.0000036
Coal	0.0004763	0.0001350	0.0003412	0.0000001
Natural gas	0.0020227	0.0001795	0.0018428	0.0000004
Electricity	0.0458460	0.0015783	0.0442619	0.0000054
合計	0.0494673	0.0019654	0.0474920	0.0000095

第1.2.2-13表．⑨鉱物資源消費についての評価結果

	全体	製造・組立	使用	最終工程
Al	0.0001128	0.0000429	0.0000699	0

合計	11.8720469	2.4323903	9.4187016	0.0209935

第1.2.2-8表. ④大気汚染についての評価結果

	全体	製造・組立	使用	最終工程
CO	0.0036449	0.0006681	0.0029655	0.0000113
Dust(SPM)	1.5014028	0.0990300	1.4010355	0.0013283
NOx	0.9061231	0.0761190	0.8260193	0.0039624
PAH	0.0019243	0.0015567	0.0003674	0.0000001
SOx	1.0801112	0.2870159	0.7926201	0.0004939
CH4	0.0062444	0.0008913	0.0053479	0.0000052
VOC	0.2472395	0.0151984	0.2312843	0.0007580
合計	3.7466903	0.4804793	3.2596401	0.0065593

第1.2.2-9表. ⑤重金属汚染・発ｶﾞﾝ物質汚染についての評価結果

	全体	製造・組立	使用	最終工程
Hg	0.0001888	0.0000298	0.0001589	0.0000001
Mn	0	0	0	0
Pb	0.0052169	0.0003870	0.0048292	0.0000005
As	0.0014185	0.0001207	0.0012978	0.0000000
B	0	0	0	0
Ba	0.0109673	0.0000249	0.0109424	0
Cd	0.0002347	0.0000149	0.0002194	0.0000004
Cr	0.0041859	0.0025542	0.0016315	0.0000003
Cu	0.0000173	0.0000012	0.0000161	0.0000000
Mo	0.0000004	0.0000004	0	0
Ni	0.00188	0.00008	0.00179	0.00000
Cu	0.3521774	0.3479128	0.0042645	0
Fe	0.0017744	0.0017710	0.0000035	0.0000000
Ni	0.0358830	0.0358099	0.0000721	0
Pb	0.0039003	0.0014369	0.0024634	0
Sn	0.0000158	0.0000158	0	0
Zn	0.0118204	0.0080278	0.0037926	0
SiO2	0.0000366	0.0000366	0.0000000	0
CaCO3	0.0015214	0.0006557	0.0014557	0.0000000
Clay	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0
Wood	0.0000011	0.0000011	0	0
合計	0.4072434	0.3951207	0.0121218	0.0000000

第1.2.2-14表. ⑩固形廃棄物についての評価結果

	全体	製造・組立	使用	最終工程
Total Weight	5.2206783	1.5193229	3.0796007	0.6209541
Total Components	9.6392119	9.3480140	10.9837924	11.0000000
Steel/Iron	0	0	0	0
Aluminium	0.0093922	0.0112569	0.0007815	0
Copper	0	0	0	0
Plastics (w/o Cl)	0	0	0	0
Plastics (w/Cl)	0	0	0	0
Glass	0	0	0	0
Glass(w/Pb)	0	0	0	0
Paper	0	0	0	0
Ash	8.629819	8.33675	9.98301	10

	58	68	85	07
Sb	0	0	0	0
PAH	0.00514 35	0.00037 85	0.00475 09	0.00001 40
Org. Cl cmp	0.00018 71	0.00016 68	0.00002 03	0.00000 00
合計	0.02944 62	0.00376 53	0.02566 50	0.00001 59

w/oCl(Inc)	7	71	09	
Ash w/Cl(Inc)	0	0	0	0
Slug(Melt)	0	0	0	0
Ash(Bug Filter)	0	0	0	0
	50.32322 416	14.2026 519	33.8256 942	6.83049 498

1.2.3　アンケート法

（1）統合化指標ＥＬＰの概要

これまでに永田教授（早稲田大）らでは、アンケート調査をもとにインパクトカテゴリーの重み付け係数を得、これを用いてＥＬＰ（Environmental Load Point）を算出し統合評価を行う方法を提案してきた[1, 2]。そのインパクトカテゴリー、算出方法について以下にまとめる。

a.カテゴリー内の重み付け係数

指標統合化を行うためには、その前段でカテゴリー内での重み付けによる「特性解析」を行う必要がある。表1.2.3-1に各カテゴリー内の指標の設定方法をまとめて、対象項目数とともに示している。それぞれ括弧内に示すような相対化を行っている。インパクトカテゴリーは９つである。

表1.2.3-1　カテゴリー内の重み付け係数

インパクトカテゴリー	重み付け係数	対象項目数
エネルギー枯渇	低発熱量／可採年数　（原油＝１）*2	5
地球温暖化	GWP_{100}*1（CO_2＝１）*2	３８
オゾン層破壊	ＯＤＰ　（ＣＦＣ-11＝１）*2	２４
酸性雨	ＡＰ［酸性化ポテンシャル］（ＳＯｘ＝１）*2	7
資源の消費*3	１／可採年数　（鉄鉱石＝１）*2	３２
大気汚染	１／環境基準　（ＳＯｘ＝１）*2	１０
海洋・水質汚染	１／環境基準　（ＢＯＤ＝１）*2	３７
廃棄物処理問題	１［重量換算］	1
生態系への影響	ＥＣＡ［水圏生態毒性定量化ファクター］（Ｃｒ＝１）*2	３２

＊１　ＩＰＣＣの最新データより　　＊２　括弧内の項目を１として相対化

＊３　原油の消費を含まず

b.カテゴリー重要度を用いた指標統合化手法

上述した特性解析の結果に、アンケート調査より求めたカテゴリー重要度を乗じ合算することでＥＬＰが求められる。ただし、「規準化」として個別環境項目に対する日本の年間総投入・排出量を使用している。

具体的なＥＬＰ算出方法は図1.2.3-1のように表現される。すなわち、はじめにカテゴリーｊごとの各個別環境項目ｋの重み付け係数（$C_{j,k}$）に、原油、石炭などの年間総投入量およびCO_2、ＮＯｘなどの年間総排出量（TQ_k：世界値と日本値を設定したが今回は日本値を使用）を乗じ合算する。この値をカテゴリーごとの年間総負荷（A_j）とする。カテゴリーごとの重み付け係数にアンケートから得られたカテゴリー重要度（Ｗｊ）を掛け、年間総負荷で割り、個別環境項目ごとに合算して統合化係数（ELF_k）を算出する。同じ物質でも複数のカテゴリーに存在する場合（例えば、ＳＯｘは酸性雨および大気汚染に存在する）は、物質ごとに合計してＥＬＦとした。このＥＬＦ

$_k$にインベントリー分析からの投入・排出量を掛け合算することでＥＬＰを求める。

以上のように算出したＥＬＦを各アンケート対象ごとに、その一部を表 1.2.3-2 に示す。

$$A_j = \sum_k \left(C_{j,k} \times TQ_k \right)$$

$$ELF_k = \sum_j \left(C_{j,k} \times W_j \,/\, A_j \right) \times 10^{16}$$

$$ELP_i = \sum_k \left(ELF_k \times Q_{i,k} \right)$$

ELP_i : i 製品あるいは事象の統合化指標
A_j : j カテゴリーごとの年間総負荷
$C_{j,k}$: j カテゴリー内の k 項目の重み付け係数
TQ_k : k 項目の年間投入・排出量(kg)*
W_j : j カテゴリーの重要度
ELF_k : k 項目の統合化係数(ELP/kg)
$Q_{i,k}$: i 製品あるいは事象における k 項目の投入・排出量(kg)
添字 i : 製品あるいは事象
j : インパクトカテゴリー
k : 個別環境項目

* 年間投入・排出量は日本値，世界値を設定

図 1.2.3-1　ＥＬＰの算出方法

表 1.2.3-2　統合化係数ＥＬＦ（その一部）

	個別項目		ＥＬＦ ELP/kg					
			A財団会員企業		化学系B学会		早大理工学生	大妻女子大学生
			ＬＣＡ専門家	環境一般	企業内環境専門家	一般会員		
原材料	原油	oil	3.33E+03	3.56E+03	5.16E+03	3.20E+03	3.31E+03	3.43E+03
	石炭	coal	4.28E+02	4.58E+02	6.63E+02	4.11E+02	4.25E+02	4.41E+02
	天然ガス	natural gas	2.74E+03	2.94E+03	4.25E+03	2.64E+03	2.73E+03	2.83E+03
	ウラン鉱石	uranium ore	5.32E+04	5.70E+04	8.25E+04	5.12E+04	5.29E+04	5.49E+04
	原木	wood	1.90E+02	2.04E+02	2.95E+02	1.83E+02	1.89E+02	1.96E+02
	鉄鉱石	iron ore	5.71E+03	6.66E+03	7.08E+03	6.23E+03	7.96E+03	9.28E+03
	ボーキサイト	bauxite	4.06E+03	4.73E+03	5.03E+03	4.43E+03	5.66E+03	6.60E+03
	銅	Cu	2.24E+04	2.61E+04	2.78E+04	2.44E+04	3.12E+04	3.64E+04
	鉛	Pb	4.40E+04	5.13E+04	5.46E+04	4.80E+04	6.13E+04	7.15E+04
	亜鉛	Zn	4.27E+04	4.99E+04	5.30E+04	4.66E+04	5.96E+04	6.95E+04
	アンチモン	Sb	1.76E+04	2.05E+04	2.18E+04	1.92E+04	2.45E+04	2.86E+04
	ビスマス	Bi	3.31E+04	3.86E+04	4.11E+04	3.61E+04	4.62E+04	5.38E+04
	カドミウム	Cd	3.46E+04	4.03E+04	4.29E+04	3.77E+04	4.82E+04	5.62E+04
	クロム	Cr	1.04E+04	1.21E+04	1.29E+04	1.13E+04	1.45E+04	1.69E+04
	コバルト	Co	1.04E+04	1.22E+04	1.29E+04	1.14E+04	1.46E+04	1.70E+04
	ガリウム	Ga	5.76E+02	6.72E+02	7.14E+02	6.28E+02	8.03E+02	9.37E+02
	金	Au	4.06E+04	4.74E+04	5.03E+04	4.43E+04	5.66E+04	6.60E+04
	インジウム	In	5.80E+04	6.77E+04	7.20E+04	6.33E+04	8.09E+04	9.43E+04
	水銀	Hg	3.95E+04	4.61E+04	4.90E+04	4.31E+04	5.51E+04	6.43E+04
	ニッケル	Ni	1.53E+04	1.78E+04	1.90E+04	1.67E+04	2.13E+04	2.48E+04
	白金族	Pt	4.30E+03	5.02E+03	5.34E+03	4.69E+03	6.00E+03	7.00E+03
	希土類元素		9.92E+02	1.16E+03	1.23E+03	1.08E+03	1.38E+03	1.61E+03
	セレン	Se	1.62E+04	1.89E+04	2.01E+04	1.76E+04	2.26E+04	2.63E+04
	銀	Ag	4.46E+04	5.21E+04	5.53E+04	4.87E+04	6.22E+04	7.26E+04
	スズ	Sn	4.38E+04	5.11E+04	5.43E+04	4.78E+04	6.11E+04	7.12E+04
	タングステン	W	1.50E+04	1.75E+04	1.85E+04	1.63E+04	2.09E+04	2.43E+04
	モリブデン	Mo	7.37E+03	8.60E+03	9.14E+03	8.04E+03	1.03E+04	1.20E+04
	マンガン	Mn	4.44E+03	5.18E+03	5.50E+03	4.84E+03	6.19E+03	7.22E+03
	バナジウム	V	1.05E+03	1.22E+03	1.30E+03	1.14E+03	1.46E+03	1.70E+03
	タンタル	Ta	7.37E+03	8.60E+03	9.14E+03	8.04E+03	1.03E+04	1.20E+04
	マグネシウム	Mg	8.11E+02	9.47E+02	1.01E+03	8.85E+02	1.13E+03	1.32E+03
	ゲルマニウム	Ge	1.37E+01	1.60E+01	1.71E+01	1.50E+01	1.92E+01	2.24E+01
	リチウム	Li	5.95E+02	6.94E+02	7.38E+02	6.49E+02	8.30E+02	9.67E+02
	ジルコニウム	Zr	1.49E+04	1.74E+04	1.85E+04	1.63E+04	2.08E+04	2.42E+04
大気への排出	二酸化炭素	CO2	1.16E+03	7.04E+02	9.49E+02	6.31E+02	8.45E+02	6.89E+02
	窒素酸化物	NOx(NO2)	7.57E+05	8.24E+05	6.84E+05	8.58E+05	7.61E+05	6.43E+05
	硫黄酸化物	SOx(SO2)	7.87E+05	8.53E+05	7.68E+05	8.94E+05	8.06E+05	6.71E+05
	亜酸化窒素	N2O	3.73E+05	2.25E+05	3.04E+05	2.02E+05	2.70E+05	2.20E+05
	メタン	methane	2.85E+04	1.73E+04	2.33E+04	1.55E+04	2.07E+04	1.69E+04
	非メタン炭化水素	NMHC	2.39E+05	2.63E+05	1.70E+05	2.69E+05	2.28E+05	2.01E+05
	ばいじん	particulates	3.22E+05	3.53E+05	2.28E+05	3.62E+05	3.07E+05	2.71E+05
	フロン	CFC-11	1.64E+07	1.46E+07	1.86E+07	1.35E+07	1.82E+07	1.47E+07
		CFC-12	2.16E+07	1.78E+07	2.28E+07	1.64E+07	2.20E+07	1.78E+07
		HCFC-141b	2.02E+06	1.74E+06	2.22E+06	1.61E+06	2.16E+06	1.75E+06
		HFC-134a	1.51E+06	9.16E+05	1.23E+06	8.21E+05	1.10E+06	8.95E+05
*1 水域	生物化学的酸素要求量	BOD	6.15E+05	6.46E+05	4.26E+05	7.18E+05	5.42E+05	5.61E+05
	化学的酸素要求量	COD	6.15E+05	6.46E+05	4.26E+05	7.18E+05	5.42E+05	5.61E+05
*2 固	固形廃棄物	solid waste	2.72E+03	3.36E+03	2.51E+03	3.70E+03	2.81E+03	4.64E+03

注）*1　水域への排出.
　　*2　固形廃棄物.

(2)仮想複写機のＥＬＰによる評価

ＥＬＰの適用例として、共通インベントリーによる仮想複写機の評価を行った。投入・排出量の算出には、ＥＬＰの計算では通常 SimaPro2.1 を用いているが、上記の GaBi3.0 のものが提示されている。

a.投入・排出量

図 1.2.3-2 に仮想複写機１台の投入・排出量を示す。処理プロセスとしてそれぞれ製造段階、使用段階、最終段階が示されており、これから累積値を求めて示している。なお、スラグ等再利用されていると考えられる物質は投入･排出量から除外した。

まず、使用段階まで、最終段階までが製造段階までに比べて投入･排出量が大きくなっている。これは GaBi3.0 において、仮想複写機使用時の電力消費によるのCO_2排出が多いためである。さらに、仮想複写機では各段階で廃棄物の占める割合が大きい。これも GaBi3.0 による投入・排出量には、鉱物採掘の際の廃棄物が多いためである。使用段階と最終段階を比較すると、投入･排出量は増加しているものの大きな違いはない。これは、最終段階としてシュレッダー処理を行っており、その投入･排出量が小さいためである。

b. ＥＬＰによる評価

上記の投入・排出量をもとに算出した仮想複写機１台のＥＬＰを図 1.2.3-3 に示す。全体の傾向としては、投入・排出量にそった形となっており、使用段階で値が急増している。一般にＥＬＰでは廃棄物、CO_2の重み付けが低く、ＮＯｘ、ＳＯｘの重み付けが高い。しかし仮想複写機では、廃棄物、CO_2の割合が比較的少なく、ＢＯＤ、ＣＯＤの割合が高い。これは紙の生産時に発生するＢＯＤ、ＣＯＤの影響が大きいためである。

c. 海外の統合化指標による評価

投入・排出量をもとに算出した海外の各統合化指標：オランダＥＰ、スイスＥＰ、ＥＬＵ、エコインジケーター９５（ＥＩ９５）による仮想複写機１台の評価を図 1.2.3-4～7 に示す。

ＥＬＰと同様に、どの指標でも使用段階で値は大幅に大きくなっている。その中では、ＥＬＵが、指標の増加が最も少ない。これはＥＬＵが資源の枯渇（その他に含まれる鉱物）を重視しており、電力消費による影響が相対的に小さいからである。

指標ごとに見ると、オランダＥＰはＳＯｘのウェイトがＮＯｘより高く、スイスＥＰはＳＯｘ、ＢＯＤ、ＣＯＤ、廃棄物のウェイトが高い。オランダＥＰはＥＬＰと同じくCO_2のウエイトがかなり小さい。一方、スウェーデンのＥＬＵは、他の３指標に比べCO_2の影響が大きく、また費用換算法を用いているため資源の枯渇のウェイトが高くなっている。また、廃棄物の項目がない。ＥＩ９５はＮＯｘ、ＳＯｘの割合が高い。このように物質の重み付けは統合化指標により異なる。

参考文献
1) 永田勝也，服部君弥，横田隆一郎，嬉野通弥：ＬＣＡにおけるインパクトアセスメント手法の開発（その１）－指標統合化のためのカテゴリー重要度の推定について－日本機械学会第５回環境工学総合シンポジウム講演論文集，pp.151-154，1995.10-4～5
2) 新エネルギー・産業技術総合開発機構，（財）地球環境産業技術研究機構：平成９年度調査報告書 NEDO-GET9711 環境負荷分析におけるインパクトアセスメントに関する調査（Ⅱ），1998.3

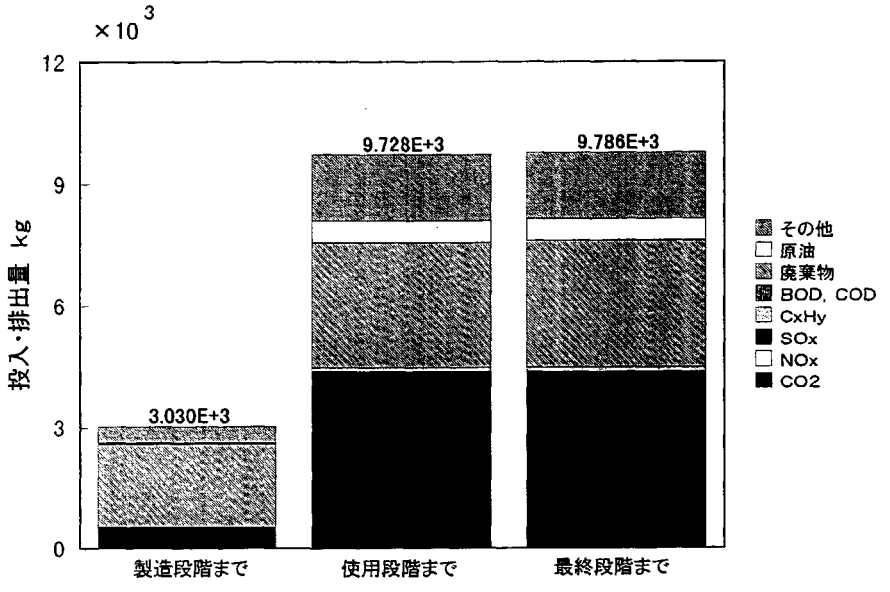


図 1.2.3-2 仮想複写機１台の投入・排出量

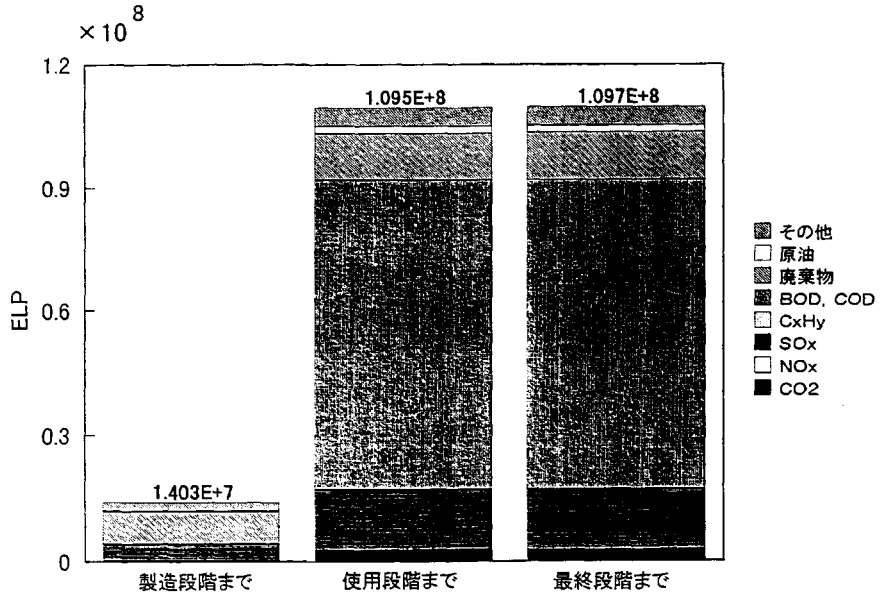


図 1.2.3-3 仮想複写機１台のＥＬＰ

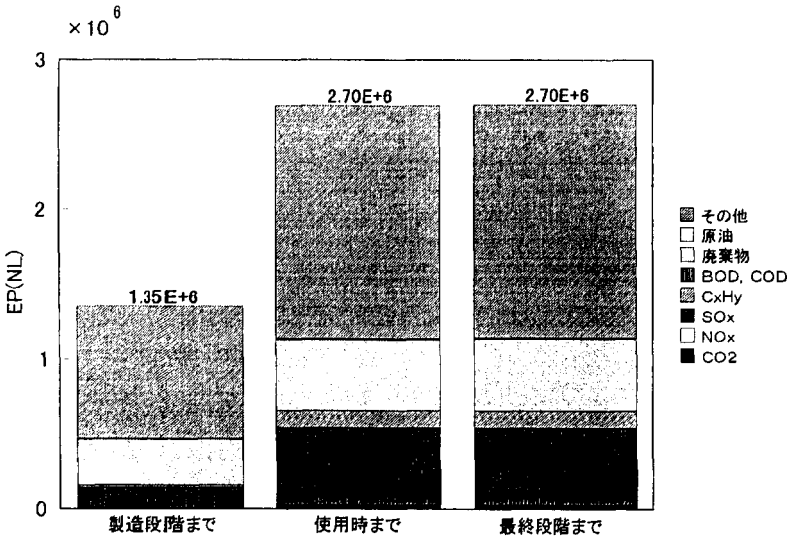


図 1.2.3-4　仮想複写機１台のオランダＥＰ

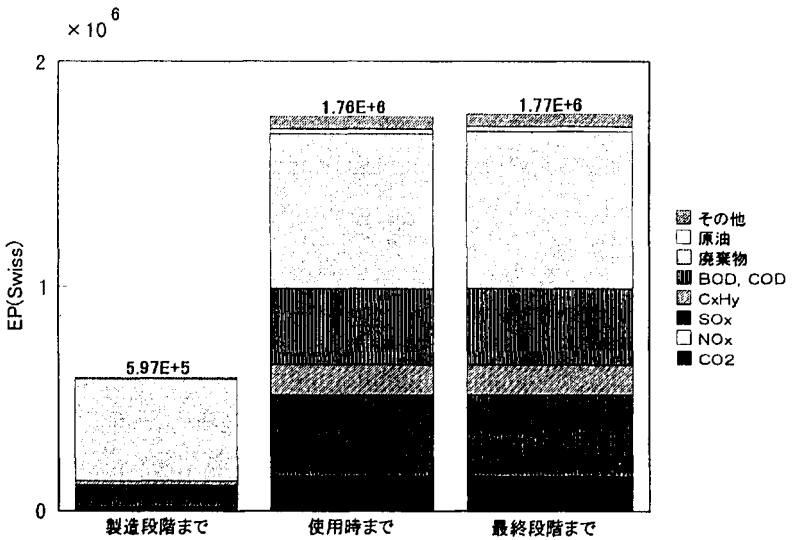


図 1.2.3-5　仮想複写機１台のスイスＥＰ

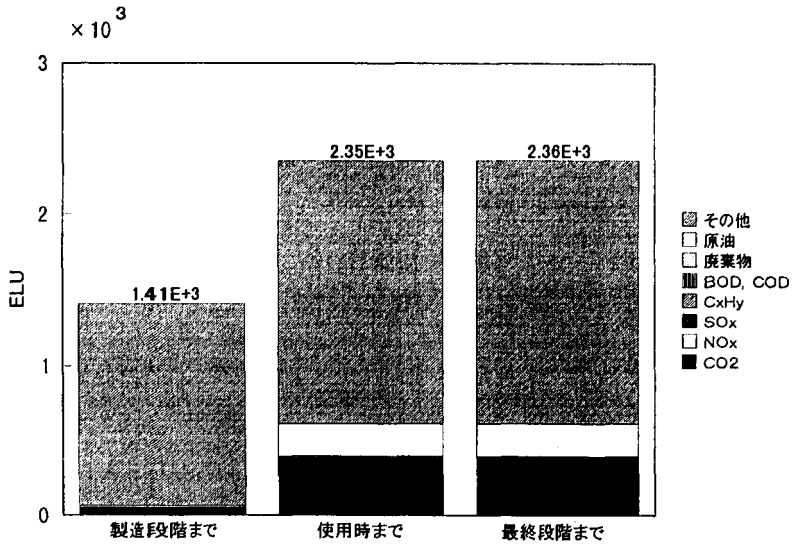


図 1.2.3-6　仮想複写機１台のＥＬＵ

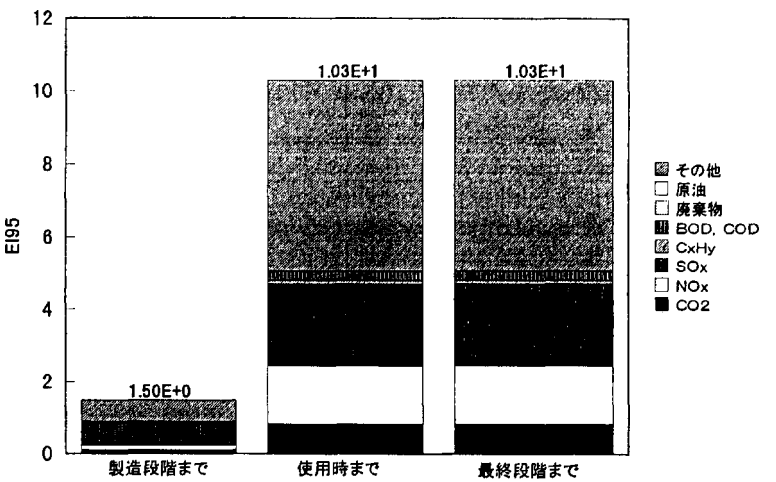


図 1.2.3-7　仮想複写機１台のＥＩ９５

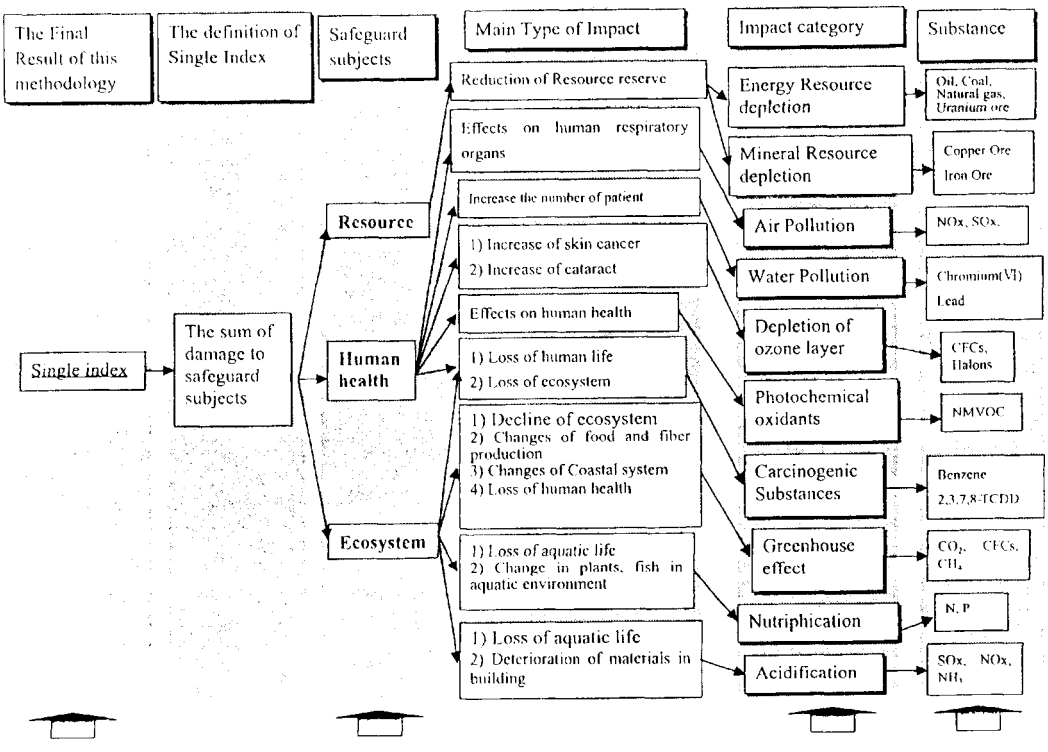
1.2.4 I-O 統合化法

(1) はじめに

LCA の第三段階である影響評価は、評価者の意志決定に大きな影響を及ぼす中心的役割を有する。その中で総合的な環境影響を単一指標で表す統合化では、環境負荷物質間若しくはインパクトカテゴリ間の比較だけでなく、不可避的に被害を受ける保護領域(Safeguard Subjects 若しくは Protection Areas)間の比較が必要となる。一般にこれらの比較は評価者または手法考案者による主観的価値基準により行われるため、社会的合意形成を得るには極めて困難なものとなる。その一方で LCA 実施者は必ずしも環境問題の専門家ではないため、評価者の解釈を容易化する一つの手段として統合化手法の開発に対する期待は高い。このような背景から日本においても統合評価手法がいくつか提案されている。本節ではその中の一手法(I-O 統合化)[1-3]について簡単に紹介し、これを用いて仮想複写機について評価を行った結果について示す。

(2) 影響評価の考え方と計算方法

第 1.2.4-1 図に本手法における影響評価の概念図について示す。ここでは影響評価の最終結果として統合化による単一指標化を行うことを目的とする。統合化指標は保護対象として設定した人間の健康、生態系の健全性、資源の三種が受け得る潜在的被害から算出する。この三種の保護対象に影響を与えるインパクトカテゴリとしては第 1.2.4-1 図に示す 10 種類を設定した。本手法により得られる評価結果は、インパクトカテゴリ毎に分類された結果(いわゆる特性化)、保護対象別の結果、統合化による単一指標の三種がある。LCA 実施者はインベントリの結果と合わせると四種の結果から解釈を行うことができる。



第 1.2.4-1 図　本手法の概念図

次に本手法における評価式について示す。一般に LCIA で考慮されるインパクトカテゴリは大きく環境負荷物質の放出による影響と枯渇性資源の投入による影響に分けられる[4][5]。本手法において保護対象として考慮される人間や生態系が受ける影響は前者に、資源枯渇への影響は後者に属する。ここでは単純化したダメージ関数として、環境負荷物質の放出量に対する保護対象が受ける被害の増分の関係と枯渇性資源の投入量に対して保護対象が受ける被害の増分の関係を下に示す式(1)のように設定した。

$$I = \sum_k W_{k-output} \sum_i \left(\frac{E_i}{N_i} \times W_i \times R_i \right) + W_{k-input} \sum_r \left(\frac{E_r}{N_{J,r}} \times \frac{N_{w,r}}{R_r / 100} \right) \quad (1)$$

I: 環境指標(%)

W_k: 保護対象間の比較のための重み付け係数(k-output:出力に関わる保護対象;人間の健康、生態系の健全性, k-input:入力に関わる保護対象; 資源枯渇)(-)

E_i: 評価対象によるインパクトカテゴリ i の影響値

N_i, W_i: インパクトカテゴリ I における規格値(年間影響値), 重み付け係数(-)

R_i: インパクトカテゴリ I における影響発生領域率(%)

E_r: 評価対象の資源 r の利用量(kg)(鉱物資源の場合は金属量で計算)

$N_{J,r}$: 日本における資源 r の年間消費量(kg)(鉱物資源の場合は金属量で計算)

$N_{w,r}$: 世界における資源 r の年間消費量(kg)

R_r: 資源 r の埋蔵量(kg)

この式は各保護対象が受け得る被害と評価者自身が設定する保護対象間の重要度の積の総和である。第一項が output に関連し、第二項が input に関連する。W_k は保護対象間の重要度を比較した重み付け係数である。これについては評価者自身が各自想定する係数を設定する。インパクトカテゴリ間の比較を行う W_i は世界若しくは日本における現状と目標との比較を影響範囲を考慮しつつ予め設定されたものである。規格値 N_i はインパクトカテゴリ間の不公平がなきよう、いずれも日本の現状値に統一した。

ローカルレベルのインパクトカテゴリに関する重み付け係数(W_i)は、各地域におけるワーストケースを現状値として利用することで算出した。この場合ローカルレベルの影響については、目標値を超過していない地域についても現状がワーストケースと同レベルという推定となり、これらのカテゴリについて過大評価につながる恐れがあった。そこでここでは各地方の現状を得て、目標を超過している(被害が発生しているものと推測される)地域を別途求めて、その結果から被害が発生し得る割合(R_i)を得ることで補正を行った。規格値、インパクトカテゴリ間の重み付け係数、被害の発生領域率についての詳細な説明は省略するが、第 1.2.4-1 表にこれらの係数についてまとめた。

(3) ケーススタディ

ここでは日欧共同プロジェクトにより得られた仮想複写機のインベントリデータ[6][7]に基づき影響評価した結果について紹介する。

第 1.2.4-2 図に統合化した結果をライフサイクルステージ毎に分類した結果を示す。これによれば、全体としては使用段階における影響がライフサイクル全体の約 65%、製造・組立までの影響が約 35%で、最終段階における影響の寄与は小さかった。またインパク

トカテゴリ毎に見ると使用段階におけるエネルギー資源の消費による影響、製造時における鉱物資源の消費による影響が大きく、使用段階における地球温暖化、有害物質、富栄養化、光化学オキシダント、製造段階の有害物質の放出による影響も無視できない。第 1.2.4-3 図に本手法で考慮した保護対象毎に分類した結果を示す。これによれば、エネルギー資源と鉱物資源の消費による資源枯渇への寄与が大きく、続いて生態系に対する影響が大きく、人間の健康影響が比較的小さかった。この結果はそれぞれの保護対象間の重要度を等価(W_k=1)としたものである。第 1.2.4-4 図に人間の健康と生態系をより重要視した場合(ex. $W_{human\ health}$:$W_{ecological\ health}$:$W_{resource\ depletion}$=3:3:2)を想定した結果を示す。これによれば、生態系への影響をより重視したため、生態系に及ぼす影響と資源枯渇への影響がほぼ同じという結果となった。これは評価者が設定したそれぞれの保護対象間の重要度により結果の解釈が変わる可能性があることを示すものである。ただし同一保護対象内におけるインパクトカテゴリが寄与する割合を変えるものではない。第 1.2.4-5 図に今回の評価に含めた物質間の比較(ここでは影響の大きい 30 物質を抜粋)を行った結果を示す。インプットに関連するものでは天然ガス、銅、ニッケル、クロム、原油が、アウトプットに関連するものとしては CO_2、ホルムアルデヒド、非メタン炭化水素、BOD による影響が大きかった。上記物質を含めた上位 10 物質で全体の影響の約 8 割を、第 1.2.4-5 図に示した上位 30 物質で 99.7%を占める。今回の評価に含めた物質は全部で 67 物質であったが、その半分でほぼ全体の影響を評価できるという結果となった。以上より使用段階における天然ガスや原油の消費量、製造段階における銅、ニッケル、クロムの消費量、使用時における CO_2 や有害物質の放出量を削減することが環境効率の改善に大きく寄与するものと推測される。特に使用時におけるエネルギー消費量や温室効果ガス等の放出については、使用モデル、電源構成等に大きく影響を受ける可能性を有するので、これらの設定に対する評価結果の感度は高いものと考えられる。

LCA の一般的な手順は LCIA の結果から、再度目的や範囲の設定、LCI が行われる[8]。今回の結果から重要視すべき環境負荷物質を抽出し、今後行うべき信頼性向上のためのアプローチをより効率的に利用する Screening LCA として利用することも考えられる。

(4) まとめ

日本で提案されている統合評価手法の一つについて紹介するとともに、日欧共同プロジェクトにより得た仮想複写機のインベントリデータに基づき影響評価を試算した結果について示した。

ここで示した方法はインベントリデータに対して日本で発生し得る環境影響を線形近似したものであり、暴露評価や時間の概念を含めたものとなっていない。今後の方針としてはこれらの情報も含めた形で評価できるダメージ関数を設定し、影響評価の精度向上を図ることが挙げられる。

参考文献

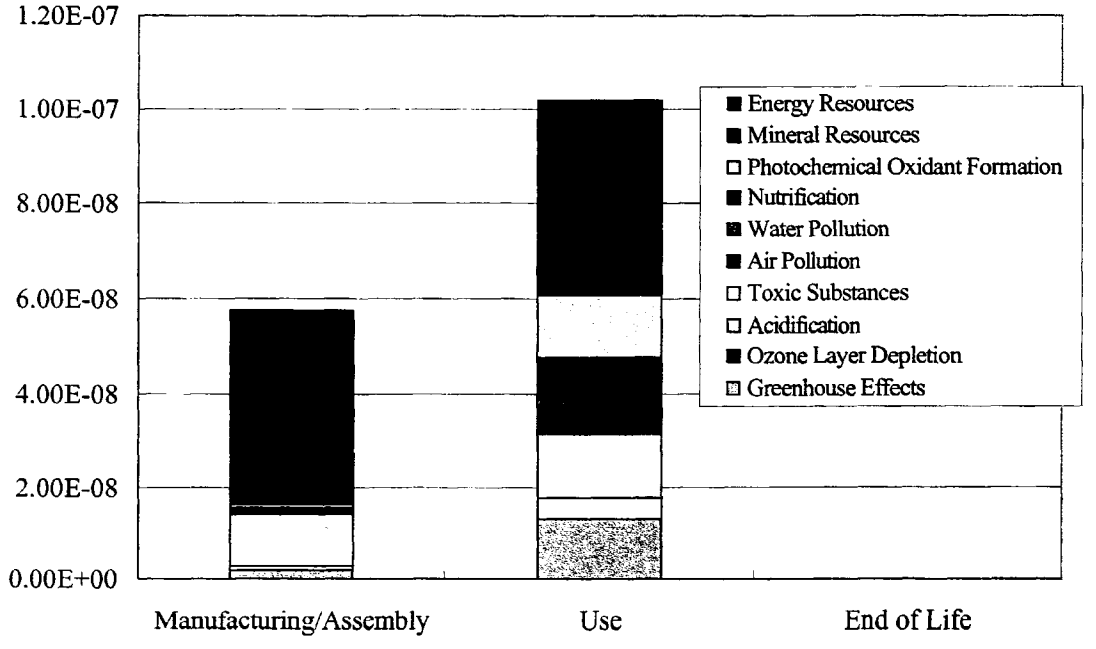
1. 伊坪徳宏, 山本良一, 日本エネルギー学会誌, 77,11, (1998) p.1080-1088
2. (社)産業環境管理協会, 平成 9 年度環境調和型製品導入促進調査等報告書, p.56, 平成 10 年 3 月

3. 伊坪徳宏, 東京大学博士論文, 平成 9 年 12 月
4. Lars-Gunnar Lindfors, et, LCA-NORDIC Technical Reports No10 and Special Reports No1-2, 1995, P.9
5. Udo de Haes, H. A., Towards a Methodology for Life Cycle Impact Assessment, Society of Environmental Toxicology and Chemistry-Europe, Brussels 1996
6. 新エネルギー・産業技術総合開発機構, (社)産業環境管理協会,エネルギー使用合理化手法国際協力調査報告書, 平成 10 年 3 月
7. IKP/PE, EMPA; Inventory Data Table for Copy Machine
8. ISO14040, Environmental management -Life cycle assessment- Pronciples and framework, 1997

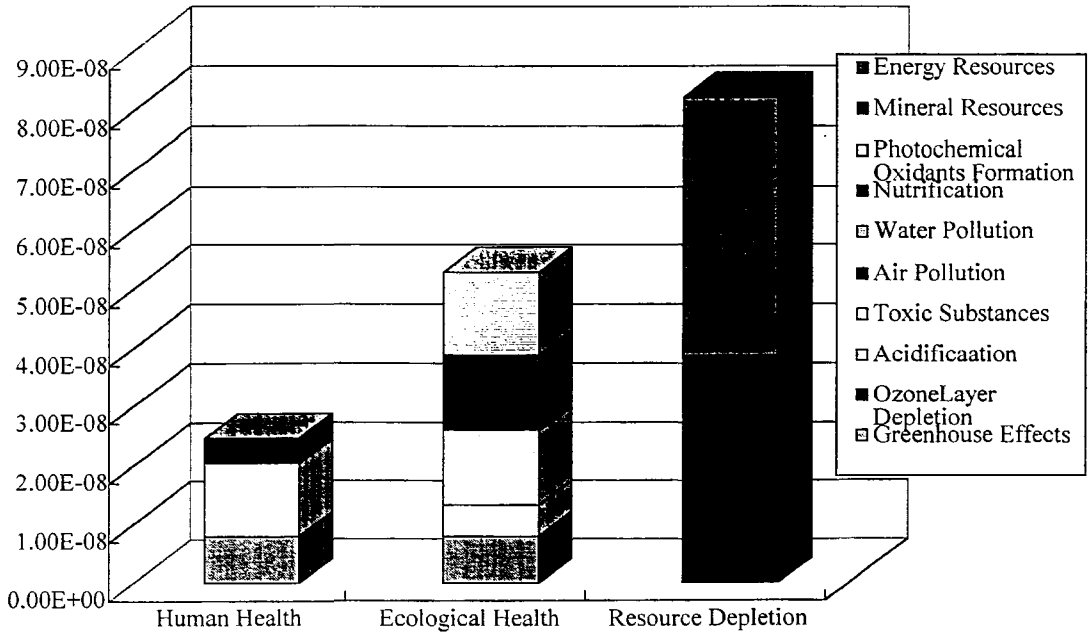
第 1.2.4-1 表 本研究で利用した規格値、インパクトカテゴリ間の重み付け係数、被害の発生領域率の一覧

Impact Category	Normalization Values	The number of substances for calucurating normalization values	Weighting Factor	Ratio of Damaged Area
Greenhouse Effects	1.29E+09	10	2.24	1
Ozonelayer Depletion	4.66E+03	5	1.53	1
Acidification	5.17E+06	5	1	1
Photochemical Oxidant Creation	7.90E+05	2(1)	3.56	1
Nutrification	2.36E+05	3	1.84	0.8
Air Pollution	4.47E+06	2	1.95	0.35
Water Pollution	1.08E+05	23	7.38	0.85
Carcinogenic Substances	3.96E+05	12	3.57	1

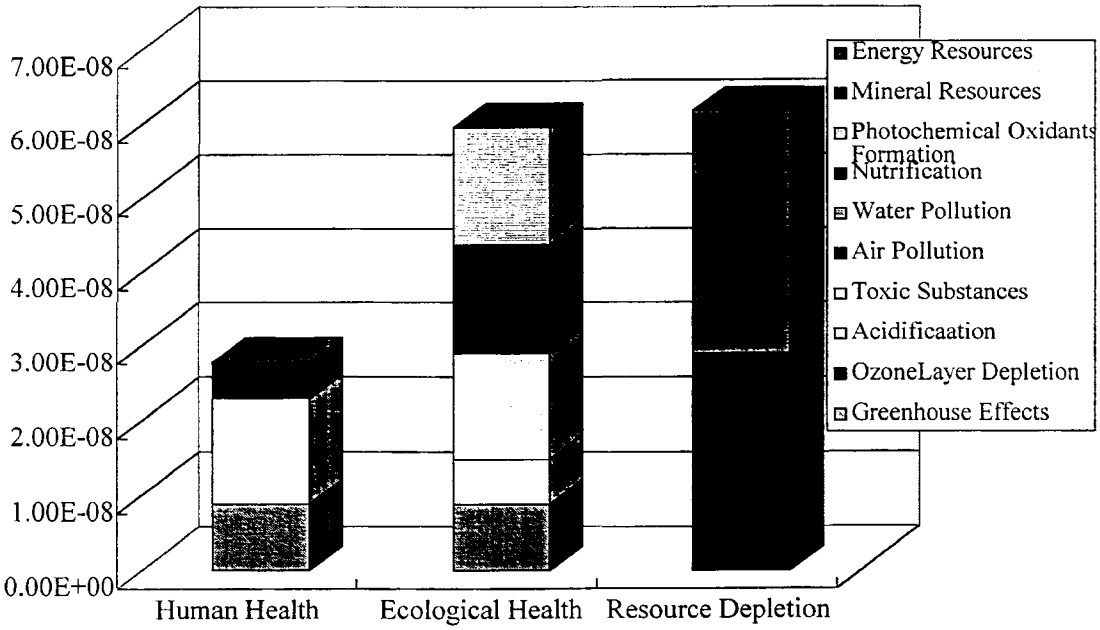
(1) NMVOCを一物質として考慮



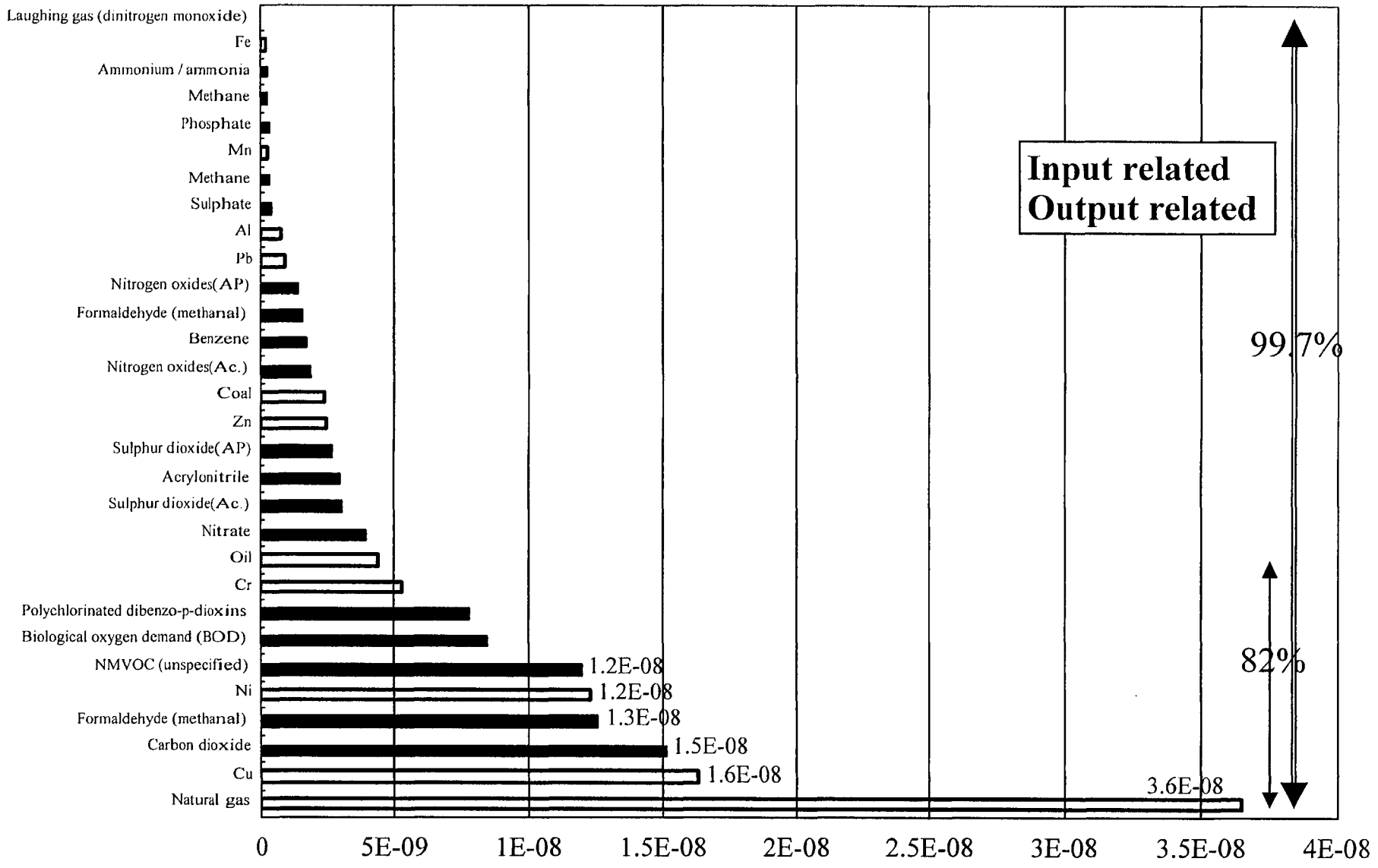
第 1.2.4-2 図ライフサイクルステージ毎(製造まで、使用、最終処分)に分類した影響評価結果; 使用段階におけるエネルギー資源の消費による影響、製造段階における鉱物資源の消費による影響が大きい。廃棄段階における影響は小さかった。



第 1.2.4-3 図　保護対象間の重要度を等価(W_k=1)としたときの影響評価結果



第 1.2.4-4 図　人間の健康、生態系の健全性に関する重要度を高く設定したとき($W_{humanhealth}$:$W_{ecological\ health}$: $W_{resources}$=3:3:2)の影響評価結果



第 1.2.4-5 図　複写機のライフサイクルにおける影響への寄与が大きいと推測された上位 30 物質；今回の評価に含めた全 64 物質のうち上位 10 物質で約 8 割、上位 30 物質でほぼ 100%の影響について評価される。

第2章 日本版インパクト評価手法の開発と基礎調査

2.1 日本版インパクト評価手法開発において考慮すべき要点

(1) LCAにおけるインパクト評価の位置づけ

LCAにおけるインパクト評価は、評価の対象とするシステムに対する資源の入力と汚染物質や廃棄物の出力のインベントリー分析の結果をもとに、これらの入力と出力が環境にどのような影響を及ぼすかを明らかにするプロセスである。わが国においては、ＬＣＡのケーススタディが数多く行われるようになったものの、その多くはインベントリー分析にとどまっており、インパクト評価手法の開発はまだ不十分な状況にある。むろん、インベントリー分析だけでも有用な結果が得られる場合が少なくないが、ＬＣＡが「環境への負荷の大きさやそれがもたらす影響の大きさ」をはかるツールであることの理解を深めるには、インパクト評価のプロセスを経験することが有用である。

インパクト評価の手法が未熟だからといって、まずインベントリー分析を行い、後でインパクト評価を行う、という進め方は必ずしも適切ではない。インパクト評価でどのような影響をとりあげたいのか（とりあげるべきか）、を明らかにしておかなければ、インベントリーデータを収集すべき項目が異なるためである。インベントリー分析で製品に関する全ての入力や出力のデータを取得することは事実上不可能であり、何らかの判断基準でデータ収集の対象とする項目を選ばねばならない。多くの場合、インベントリーの対象項目の選定はデータの入手可能性に大きく支配されるが、環境問題の関わりの深さも考慮されねばならない。後に述べるように、ISO14041では、目的と調査範囲の中でこの問題に触れている。結局、これはＬＣＡを何のために実施するのか、という根本的な問題に戻ることになる。ひとことで「環境に良い」といっても、まもるべき「環境」のもつ意味は、時と場合によって、あるいは主体によってさまざまである。LCAをどのような意味での「環境」の改善に役立てないのかを明確にすることが、インパクト評価手法に、あるいはLCAの手法全体にどのような内容が求められるかを決定することになる。地域依存性の反映させた手法や、価値観も含めた統合評価の手法が必要か否かといったインパクト評価手法のあり方の議論も、こうした観点から行なうべきであろう。

自戒の意味も含めて言えば、従来のLCA手法の検討においては、専らLCAの専門家が、「環境」を定義し、そのための手法を開発してきた感がある。LCAを誰が実施し、誰のために（何のために）使うのかを明確にすることが必要であることが広く認識されながらも、必ずしも目的が明らかにならないまま手法開発の要請が一人歩きしつつあることも否めない。

こうした状況をふまえ、ここでは、LCAの手法開発や価値観を伴う決定にどのような主体が関与すべきかに留意しながら、日本版インパクト評価手法の開発にあたって考慮すべき要点を明らかにしたい。とくに、LCAで扱う「インパクト」とはどのような範囲をさし、主にどのような「環境」をとらえようとしているのかを、「どのような種類のインパクトが、どのような理由で、誰にとって重要かを、誰が決定するのか」という問題提起を通じて明らかにすることを試みたい。こうした論点は、日本版インパクト評価手法の開発のうち、とくにインパクトカテゴリーの選定を行う上で重要と思われる。

(2) インパクトカテゴリー間における重要度の比較評価の必要性

インパクト評価において、異なる環境インパクトカテゴリー間での足し合わせ、いわゆる「統合

評価」に関しては、その方法論が確立していないこと、自然科学の範囲をこえた「価値」の評価に踏み込んでしまうことなどから、その実施そのものに慎重な意見が聞かれる。実際、「どの環境インパクトが重要なのか」を決めることは容易ではない。しかし、この問いは統合評価を行わないからといって回避できる問題ではない。インパクトカテゴリーを設定する際に、本来含めるべき重要なインパクトカテゴリーを漏らせば、LCA の結果は大きな影響を受ける。したがって、インパクトカテゴリーの設定においては、少なくとも暗黙のうちにある種の重要性評価が行われる必要がある。しかし、インパクトカテゴリーの設定が、classification の段階でインベントリーにおける入力及び出力の項目に対応づけて、「ボトムアップ」的に行われるのならば、重要性の判断はそれ以前、すなわちインベントリーの対象とする項目の選択に委ねられていることになる。

この点に関して ISO14041 では、「目的及び調査範囲の設定」のうち、「入力及び出力の初期採択基準(5.3.5 項)」において重要な規定が行われているように見える[1]。この項では、調査対象とすべき項目の選択基準の例として、質量、エネルギー、および環境問題との関連性(Environmental relevance)があげられており、この段階で「環境,問題との関連性の大きさ」を決めるにあたって、どのようなインパクトカテゴリーを想定するかという問いに対する一定の答が必要である。ある意味では、ISO の LCA は、インベントリー分析やインパクト評価の技術的問題点を「目的及び調査範囲の設定」に転嫁しているように見える。これまでの LCA の試みでは、「目的及び調査範囲の設定」は軽視されがちであり[1]、注意が必要であろう。

このように、インベントリー分析に含める入力・出力の項目が環境上の重要度を反映して適切に選択されるべきこと、それとともにインパクトカテゴリーの設定が適切に行われるべきことが、インパクト評価手法の健全な発展にとって不可欠である。一部のインパクトカテゴリーについては、characterization のために高度な科学的手法が必要であり、手法開発のための時間や資源を有効に使うためにも、どのようなインパクトが「環境上重要か」の初期設定を行なう必要がある。

こうした優先度の設定が適切に行われてはじめて、より困難な元の問題、すなわち異種のインパクトカテゴリー間の統合評価は可能か、またそれが必要かどうか、という論点に戻ることになる。もし、重要なインパクトカテゴリーが一つしかないなら、統合評価は必要ない。

統合評価の必要性は、次の２点に集約される。第一は、LCA により複数の製品やシステムの環境性能の優劣を比較するときに、複数のインパクトカテゴリー間でトレードオフ、すなわち「あちらを立てればこちらが立たず」という状況が生じた場合である。環境問題への対応においては、こうしたトレードオフは頻繁に発生するため、極論すれば、LCA はこうした困難な問題が生じる場合にこそ真価を発揮することが求められる。第二に、消費者など、ＬＣＡの結果の外的利用者を想定するならば、「どちらがよいか」の評価結果が簡単に理解できることが必要である。一つの指数への集約は、その是非はともかく最も簡単な表現法である。

(3) インパクトカテゴリー、エンドポイントと保護対象

①インパクトカテゴリーの設定

では、多岐にわたる環境問題を限られた数のカテゴリーに具体的にどのように切り分けるべきであろうか。重要な問題を網羅し、かつカテゴリー間で重複のないようなインパクトカテゴリーのリストが求められる。後に統合評価を行うか否か、あるいは行う場合どのような方法を適用するかにも依存するが、ある問題を単独のインパクトカテゴリーとして採用すること自身が、暗黙のうちにその問題の重要性を評価していることになる場合が多い。このことは、パネル法によってカテゴ

リー間の重み付けを試みる場合に、とくに留意すべきである。

既存のインパクト評価手法についてみると、地球温暖化、オゾン層破壊などの地球規模の問題は、ほとんどの手法で共通して取り上げられており、これらは問題の性質も原因物質も、ほぼ共通の理解ができているとみられる。しかし、従来からの大気や水質の汚染、昨今話題の微量有害化学物質汚染といった問題になると、扱う物質の種類や影響の及ぶ先は複雑であり、地域によって現在抱えている問題の深刻さの認識にも相違があるためか、これらをカテゴリーに「縦割り」にした結果は、手法間でかなり違いがある。次に述べる影響の判定点と保護対象の考え方も、こうした相違の要因であろう。

②影響の判定点と保護対象[2)]

インパクトカテゴリーは、日頃われわれが「環境問題(environmental issues/problems)」としてとらえているひとまとまりの問題で括られるが、これらの問題の背後には、原因から影響に至る因果関係の長い鎖が存在する。最も代表的なインパクトカテゴリーである「地球温暖化」を例にとると、「温室効果ガスの排出→大気中の温室効果ガスの増加→放射強制力の増加→気温の上昇→海水温の上昇→海面上昇→沿岸生態系への影響」のように記述できる（注：これは鎖の一部を記述したに過ぎず、実際には枝分かれした因果の鎖が多数存在する)。インパクト評価では、原因となる活動から最終的に影響が行き着く先までに至るこうした鎖のどこかに、影響の判定点（エンドポイント）を定める。環境リスク評価の分野では、発癌リスクが典型的なエンドポイントであるが、これは影響の判定点であると同時に、われわれが、そのリスクを避け、保護したい対象でもある。これに対しLCIAでは、保護対象（safeguard subject）を意識しながらも、影響の判定点をリスクアセスメントにおける判定点よりもかなり前の段階を含めた柔軟な位置（カテゴリーエンドポイント）におく方向で検討されているが、これは定量化を容易にする上で現実的な選択であろう。カテゴリーエンドポイントでの影響の定量化を適切に行っておくことは、統合評価にとっても有用である。ただし、ダメージに基づく統合評価を行うためには、保護対象自身をエンドポイントとしておくほうが望ましい。たとえ影響の種類やその計測単位がまちまちであっても、人間の健康、生態系、物財といった保護対象を明らかにした上で、保護対象ごとの影響を定量化しておくことが、異なるインパクトの重要性の相互比較を行う上で必要と考えられるからである。保護対象の視点からインパクトカテゴリーを設定している手法の例として、スウェーデンで開発されたEPSがある。

保護対象を明らかにしておくことの必要性は、どのインパクトが「なぜ」重要かを「誰が」決めるのか、というここでの問題提起の最も本質的な部分である。「環境にやさしい○○」という言葉にこめられらた保護すべき「環境」とは何かをインパクトの鎖を追って突き詰めてみれば、かなりの割合が、「環境」変化からの影響のはねかえりを受ける「人間の健康・生存」やその「生産・生活基盤」に行き着くであろう。これらは、不確実性をもちながらも、科学的な定量化に比較的なじみやすい。これに対して「生態系」に行き着く影響は、生態系の変化の現象面を科学的に解明することの困難さ、生態系の変化を価値におきかえることの困難さの両面において、定量化のより困難な領域であろう。また、現在までの科学では知られていない何か未知のcatastrophicな影響があるのではないかといった「おそれ」や、事故のように確率は低いがいったん起きれば大きな影響を生じる事象をどう扱うのかについても、リスクの評価・管理やリスクコミュニケーション分野における知見を援用しながら、議論をはじめる必要があろう。

(4)インパクトの重要性の評価を誰が行うか

① 従来のインパクト評価手法における判断の主体

これまで、LCA の手法開発は主に専門家の手によって行われてきた。無論、インパクト評価においても例外ではない。ここで問いかけている「誰が判断するのか」という点は、これまでのインパクト評価の手法では表立って議論されることは少なかったが、実際には暗黙のうちに誰かが判断を行ってきたことになる。

従来、どのようなインパクトカテゴリーを採用するかについては、データの利用可能性の制約の中で、主にインパクト評価手法の開発者自身が行ってきたとみられる。これに対し、統合評価ではより多様な主体が明に暗に評価にかかわっている。パネル法は評価主体が最も明らかである。パネルには専門家が主に選ばれているが、学生など、より一般国民に近い主体を評価者に選んでいる事例もある。Distance-to-target 法では、既に設定された target を判断の拠り所としており、target を定めた主体（政府など）の判断が反映されている。ただし、target を定めた主体は、個々の target を定めているにすぎず、ある target が別の target と等価のものとの判断のもとに加算方法を決定しているのは、インパクト評価手法の開発者である。また、金銭価値による方法のうち、CVM（仮想市場評価法）を LCIA 手法の開発のために新たに行えば、パネル法と同様に評価主体を明確にできるが、既往の研究を文献から拾い集める場合には、多様な異なる主体による評価が混在することになる。

② 評価主体についての今後の方向性

今後の LCA を進める際には、これまで曖昧であった評価の主体をより明確にしていくことが必要となろう。先述のとおり、ISO 規格でも目的及び調査範囲の設定におけるインベントリーの項目選定において、環境問題との関連性の大きさの判断が必要であり、まずはその判断を誰かが行わねばならない。

誰が評価主体となるべきかの論点は、次の２つの軸で整理されよう。

a) 統一的な方法を（政府等が）制定←→（企業など）LCA の実施主体が自主的に判断

b) 専門的な科学者・技術者（テクノクラート）←→消費者なども含めた多様な主体

a)について、ある意味では、「お墨付き」の得られた手法が、LCA の実施主体にとって最も必要とされているかもしれない。しかし、これは昨今の表現を借りれば「護送船団」的判断とも解釈される。LCA を事業者による自主的な環境改善ツールの一つと位置付けるならば、実施者自身が価値判断について関与することも必要であろう。b)は、LCA の専門家や環境問題の専門家にどこまで依拠すべきか、という論点である。むろん、characterization までの自然科学的評価は専門家が行うべき領域としても、その後の価値判断を伴う評価については、専門家の価値観を消費者など一般国民の価値観よりも優先させるべきとは限らない。パネル法の意義はここにあるといえる。

簡略化や結果のわかりやすい表現、環境ラベルへの適用などによって、LCA を専門家だけのツールにしないための努力は別途必要である。しかし、それにとどまらず、LCA の実施プロセスに多様な主体が参加することが、LCA の社会性を増すためのひとつの方向性であろう。アセスメントが意思決定の手続きである以上、その過程への利害関係者への参加が、評価の結果が社会的に受け入れられるための重要な要素である。参加の度合いを高めるには、LCA の早期の段階、すなわち目的と調査範囲における参加が求められよう。ワークショップ形式による比較リスク評価は、参加型手法の試みのひとつである[3]。

こうした視点は何も社会における市民参加のようなケースに限定されるものではない。企業で LCA を実施するにあたっても、LCA を専門の部署に任せるのではなく、さまざまな部門、願わくは

経営の意思決定者にも早期から参加を求めることが有益と思われる。

(5) どのインパクトが重要に関するいくつかの論点

① ナノグラムかメガトンか

このタイトルは、1998 年 11 月に開催された第3回エコバランス国際会議のパネルディスカッションにおける論点のひとつとしてとりあげられたものである。パネリストの一人であったシュミット・ブレーク氏（MIPS 概念の提唱者）が、環境インパクトの近似指標として投入される質量のフローの大きさが重要であることを説いたのに対して、そのような方法では微量の有害物質による影響が評価できないとの反論が寄せられたためである。この「対立」は、既に多くの場で何度も繰り返されているが、ここで提起している基本的視点と共通する、LCA にとっての重大な問題である。この議論では、そもそも環境問題として「ナノグラム」側の問題と、「メガトン」側の問題のどちらが重要なのかという命題に加えて、リスクアセスメントとの分業や化学物質の有害性評価の困難性、影響の地域依存性といった問題のために、LCA で「ナノグラム」側の問題を評価することが方法論的にみてそもそも適切かどうか、という論点が混在している。後者については、欧米の LCA において、「ナノグラム」側の問題を得意とする SETAC が大きな影響力をもってきたことに留意が必要であろう。一方、国内の LCA 研究者の中には、後者の視点から、LCA では「ナノグラム」側の問題よりも CO_2 やエネルギー・資源消費に重きをおくべきとの意見も聞かれる[4]。

② データの利用可能性と問題の重要度とのギャップ

「入力及び出力の初期採択基準」において、環境上の重要度が考慮されるべきことに先に触れたが、項目の採択においては、データの利用可能性が決定的要素となることに十分な注意が必要である。環境上重要な項目が、しばしばデータが利用できないとの理由で分析から除外されるためである。では、データの利用可能性と重要度は両立しているだろうか。日本では最近、CO_2 についで NOx や SOx を対象としたインベントリー分析の事例が多くみられる。これらがわが国で比較的長い規制の歴史をもち、一定規模以上の工場ではインベントリー分析に必要なデータが既に用意されているためであろう。しかし、現在の日本において、SOx を環境上の重要度がきわめて高い項目とすることには異論があるかもしれない。「データが利用可能」という条件に依拠した LCA は、必然的に時代遅れのものになりがちである。

一方、CO_2 やエネルギー消費量のみを対象とした LCA が日本では初期から盛んに行われてきた。地球温暖化対策が京都議定書の削減目標達成に向けて、社会全体にとって重視すべき課題となっている現在、CO_2 のみを対象とした LCA はあながち「遅れた」LCA であるとはいえない。ただし、製品や産業の特性から重視すべき項目は必然的に異なるため、分野ごとに整備すべき優先度の高いインベントリー項目のデフォルトリストを用意しておくことが有用であろう。とくに、ダイオキシンをはじめとする微量物質が大きな社会的関心を呼んでいる現在、これまで遅れていた化学物質のインベントリー作成が重要であろう。

(6) インパクト評価とインベントリー分析の連携の必要性

現在までの LCIA では、インベントリーをまず用意し、その環境面からの意味づけを classification 以降のインパクト評価のプロセスで行う、という流れが主流であった。しかし、インベントリーの整備には多大な労力とコストを伴うにもかかわらず、インパクト評価を行ってみると、結果に重要な影響を与える項目は比較的限られている場合が多い。あらかじめ優先度の高い

インベントリーの項目がわかっていれば、結果に大きな影響を与えずに、より簡便なLCAを実施できる。その意味で、インベントリー分析とインパクト評価の双方向のコミュニケーションが不可欠であることを付言しておく。

[引用文献]

1)　赤井誠:解説ISO14041、LCA日本フォーラムニュース、第13号、5-9, 1999.

2)森口祐一・松橋啓介・寺園淳:多様な環境問題とその重大性の認識, 環境情報科学, 27(4), 13-17, 1998.

3)松橋啓介・寺園淳・森口祐一:LCIAのValuationにおける環境問題領域と影響の行き着く先の検討、第3回エコバランス国際会議講演集3-1, 73-76, 1998.

4)松橋隆治・石谷久・菅幹雄・吉岡完治:ガソリン自動車と電気自動車のライフサイクルアセスメント, 日本エネルギー学会誌, 77(12), 1184-1192, 1998.

2.2 コンジョイント分析によるＬＣＡインパクト・アセスメント[1]

2.2.1 ＬＣＡインパクト・カテゴリの統合評価と製品多属性評価

ＬＣＡにおけるインパクト・カテゴリは、製品が体化している属性として解釈できる。製品は、その有用性を認識する側の消費者や中間投入としての需要者などからみれば、さまざまな属性のかたまりとしてとらえられる。コンピュータならば、ＣＰＵの速さや、搭載ＯＳ、ハードディスク容量、デザイン、価格などの通常性能の属性を持っている。自動車ならば、排気量や、デザインや、用途、価格などの属性を持っている。これらの属性は、消費者の前に統合化された指標として与えられていない。消費者や利用者が自己の選好にもとづいて、これらの属性に共通の指標を与えることによって、製品の購入希望順位を決めているのである。製品が与えるライフサイクル環境負荷のインパクト・カテゴリもまた、これらの属性と同じなのである。

さまざまな通常性能や価格などの属性に、消費者や利用者がどれほどの部分効用を与えているかを知る多属性評価手法として、コンジョイント分析がある。コンジョイント分析は、１９６０年代に計量心理学、マーケティングリサーチの分野で開発されたもので、新製品の需要、コンセプト開発、製品属性決定に利用されている。実験計画法を利用した調査設計と消費者の選好度を順位データとして収集する点に特徴があり、８０年代以降、欧米では一般的な新製品開発技法として定着した。９０年代に入って、環境評価にも応用されるようになってきている。

基本的な方法は製品のプロファイル（profile：特定の製品を構成する属性の束）に主要な属性の水準を表示し、回答者にどのプロファイルを選好するかを答えてもらうことによって、ウエイトを統計的に計算する。２つのプロファイルを提示し、どちらをどれだけ好むかを一定のフォーマットにしたがって答えるペアワイズ評定型コンジョイント分析、数種類のプロファイルを提示し、どれを一番好むかを答える選択型コンジョイント、選好の順番を表明してもらうランキングコンジョイントなどの方法が、今日有力になっている。

コンジョイント分析は環境の社会経済評価手法の分類に従うと、ＣＶＭ（仮想評価法）と同じ表明選好（stated preference method）に属する。ＣＶＭがひとまとまりの属性を含んだ２つのプロファイル（環境の状態）の貨幣的評価（WTP：Willingness To Pay, 支払い意志額）を導き出すのに対して、コンジョイント分析は、それぞれの属性ごとのウエイトを測定するという意味で、ＣＶＭを一般化した手法という性質も持っている。

ヨーロッパでは、すでに自動車のリサイクル率に対する消費者の貨幣評価額を測定するなどの試みがなされてきている。日本でも油濁汚染に対する観光被害やレクレーション、生態系、健康被害などの属性評価がおこなわれたり、製品のリサイクル率の評価もおこなわれている。コンジョイント分析を用いれば、通常性能や価格だけではなくＬＣＡによって得られた環境属性についても、人々の与える評価を推計することができる。

---

[1] 本研究は鷲田豊明（神戸大学経済学部）、國部克彦（神戸大学経営学部）、栗山浩一（北海道大学農学部）によっておこなわれたものである。また、家庭用エアコンに関する環境負荷標準値としてのライフサイクルデータは、ダイキン工業（株）からのご厚意によって提供されたものに基づいて、鷲田らの判断で設定したものである。

製品の持っている、ＬＣＡインパクト・カテゴリの属性ではなく、リサイクル率などの通常の環境属性を含んだコンジョイント分析は、すでに先進的な企業によって実際の調査が行われており、また研究上の成果もあらわれている[2]。しかし、ＬＣＡのインベントリー分析などを通して得られた各インパクト・カテゴリデータを、環境属性としてコンジョイント分析した例は、まだあらわれていない。

本研究では、この点での最初の試みとして、家庭用エアコンを対象にして、通常性能、価格、通常環境性能、そして、ライフサイクルデータを含めた形でのコンジョイント分析調査を行った。家庭用エアコンを選択した理由は、第１に、調査対象を容易に集めることができる消費者に、日常的に親しみのある製品であること。第２に、通常性能としてリサイクル率を取り上げることを通して、予定されている家電リサイクル法との関係づけが可能になること。第３に、すでにＬＣＡを実施している企業の協力が期待できたこと、などである。

調査においては二つのコンジョイント分析の手法を用いた。１つは、ＡＣＡ（適応コンジョイント分析）である。東京銀座でモールトラッピングの方法で、平成１１年１月２９日に実施され１０２人からの回答を得た[3]。もう１つは、仮想ランキングによるコンジョイント調査である。同年２月９日東京渋谷で同様の方法で実施され１０２人からの回答を得た。回答者のＬＣＡに対する認識の把握、ＬＣＡデータに対して理解を促すための説明は、各々のコンジョイント分析調査の前に、共通の調査票を用いておこなわれた。

2.2.2 属性と水準の設定

（１）　通常性能

まず、通常性能と価格の属性とその中でのレベルの設定について述べておこう。

エアコンの通常性能として、代表的なものは「冷暖房パワー」がある。冷暖房パワーの水準としては、ここでは６畳、８畳、１０畳、１２畳の４つを用いることにした。ただし、この冷暖房パワーは、選好としての線形性を持っていないことが予測される。すなわち、一番望ましいものが１２畳で、小さくなればなるほど望ましさが低下するとはいえない。たとえば、狭い部屋しかない場合、１２畳は敬遠され、８畳や１０畳が最も選好される可能性もある。この問題は、実際の推計上もあらわれてくるので、後にもう一度触れよう。

つぎに、消費者が注目すると予想されるのは、電気代である。電気代は、時間あたりの電気代として水準を設定することも考えたが、回答者にわかりにくいので、１日５時間使用して１ヶ月（３０日）あたりの電気代として水準を設定した。水準としては２０００円、３０００円、４０００円、５０００円の４水準とした。

この他に、エアコンの通常性能としては、除湿機能や脱臭機能、あるいは騒音水準など多様な機能属性があるが、今回はＬＣＡ属性に注目しているため、属性が多くなると回答者がこれらの属性に対して、明確な反応が困難になる可能性も予想されるために、多様な

---

[2] 栗山浩一・石井寛、１９９９年、「リサイクル商品の環境価値と市場競争力―コンジョイント分析による評価―」、『環境科学会誌』、１２（１）。

[3] ACA は Sawtooth Software 社のソフトウエアである。調査は、仮想ランキングも含めて（株）日経リサーチが実施した。

通常属性とＬＣＡ属性との結合は、今後の課題とした。

（２）　価格

価格は、消費者が最も強く反応する属性であると予想される。今回は、工事費込みの価格として１０万円、１５万円、２０万円、２５万円の４つの水準に設定した。

（３）　通常環境属性としてのリサイクル率

ＬＣＡではない、製品に帰属する通常の環境属性の代表として重量比のリサイクル率を考慮することにした。リサイクル率としては、６０％を標準リサイクル率としてそれよりも悪い５０％と、標準より高い７５％と９０％を水準として設定した。

（４）　ＬＣＡ属性

ＬＣＡに関する属性としては、当初、温暖化ガス負荷、大気汚染負荷、水質汚染負荷の３つを予定していたが、最後の水質汚染負荷はデータとしての精度の問題と、ＬＣＡ属性が相対的に多くなることによって、回答者が十分識別できなくなることを回避するために分析対象からはずした。

しかし、これはあくまでもＬＣＡ属性をコンジョイント分析に組み込む最初の試みであることからの制約であって、一般にコンジョイント分析がＬＣＡの多様な属性を評価する困難性を持っているということではない。本研究がおこなった二つの手法のうち、ＡＣＡの場合は、最大３０属性まで処理することが可能であり、ＬＣＡのインパクト・カテゴリの全体をコンジョイント分析によって対象とすることも不可能ではない。

使用したライフサイクルデータは、製品のライフサイクル、全体を通した、負荷である。

（温暖化ガスＬＣ負荷）

地球温暖化に関わるＬＣガス排出は、平成９年の気候変動枠組み条約の京都会議などによる盛り上がりもあって、比較的一般市民に理解しやすいのではないかと考えて採用した。ライフサイクルデータとしては、「標準的な家庭用エアコン」のライフサイクルでの二酸化炭素で測った温暖化ガス排出量が５ﾄﾝとして設定した。この約７割は、使用中に排出される。問題は、この５ﾄﾝという意味を消費者としての回答者がどこまで理解できるかである。

そこでまず、日本人１人あたりの１年間の二酸化炭素排出量が約１０ﾄﾝであることを意識させる。そして、ライフサイクルデータとして得られた５ﾄﾝという排出を、エアコンの耐用年数を８年とし、また日本の平均世帯人数を２．７人とすると、標準的エアコンを１年間使用することによって一人あたり直接、間接に排出する温暖化ガスが０．２３ﾄﾝであることを示すことによってライフサイクル排出量の意味をとらえるようにした。

この属性の水準としては、０．２８ﾄﾝ（標準エアコンの１２０％）、０．２３ﾄﾝ（同１００％）、０．１８ﾄﾝ（同８０％）、０．１４ﾄﾝ（同６０％）の４つとした。

（大気汚染ＬＣ負荷）

大気汚染に関するライフサイクルデータとしては、大気汚染基準の逆数を負荷係数とする方法でとらえられた、負荷をもとにした。各大気汚染物質のライフサイクルでの排出量に、この負荷係数をかけた値の総計を、１００Ｎm^3とし、これを基礎に設定した。大気

汚染負荷の場合は、まず、この数字の意味をわかり易くとらえることが容易ではない。

負荷係数は、たとえば大気汚染基準が０．０４ｐｐｍの二酸化硫黄の場合、０．１１４ｍｇ／Ｎm^3でありこの逆数は８．７７２Ｎm^3／ｍｇとなる。この意味は、数字の作り方から１ｍｇの二酸化硫黄が排出された場合にそれを大気汚染基準まで薄めるためには８．７７２Ｎm^3の汚染されていない、きれいな大気が必要になるということである。その他、一酸化炭素、煤塵、二酸化窒素などのほかの大気汚染物質の排出量について、それぞれ環境基準まで薄めるのに必要な大気量を算定し、合計したものとして１００Ｎm^3となる、と解釈することができる。

そこで、１００Ｎm^3を、必要とされる６畳の部屋５部屋分のきれいな大気として、回答者に表現することにした。　水準としては、１２０Ｎm^3、１００Ｎm^3、８０Ｎm^3、６０Ｎm^3の４つとした。属性と水準をまとめると第２．２－１表のようになる。

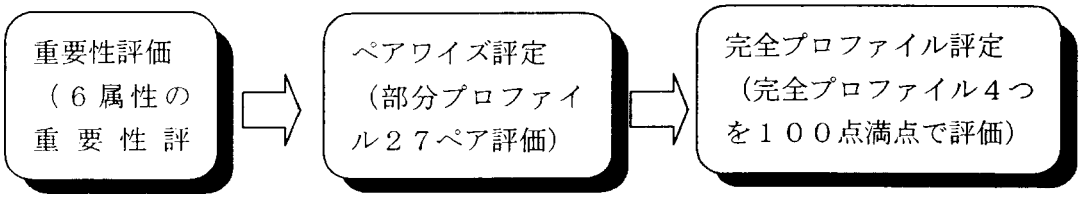
第２．２－１表　属性と水準

属性	水準１	水準２	水準３	水準４
冷暖房パワー	６畳用	８畳用	１０畳用	１２畳用
電気代	２０００円	３０００円	４０００円	５０００円
リサイクル率	５０％	６０％	７５％	９０％
温暖化ガス排出	０．１４ﾄﾝ（標準の６０％）	０．１８ﾄﾝ（標準の８０％）	０．２３ﾄﾝ（標準と同じ）	０．２８ﾄﾝ（標準の１２０％）
大気汚染物質排出	６０立方ﾒｰﾄﾙ（標準の６０％）	８０立方ﾒｰﾄﾙ（標準の８０％）	１００立方ﾒｰﾄﾙ（標準と同じ）	１２０立方ﾒｰﾄﾙ（標準の１２０％）
価格	１０万円	１５万円	２０万円	２５万円

2.2.3 ＡＣＡコンジョイント分析の結果

（１）　ＡＣＡの流れ

ＡＣＡコンジョイント分析は調査票によるＬＣＡの認識についての質問などの後に、コンピュータを利用した質問のことをさしている。ＡＣＡのおよその流れは、つぎのようなものである。



ただし、この重要性評価の前に各属性のレベルの選好順序をあたえる質問がある。ここでは、レベルの選好順序が不明確なのは、冷暖房パワーだけであるので、それについて一番望ましいものから順序を尋ねる質問部分が用意された。

重要性評価部分では、各属性についてもっとも望ましいものと望ましくないものが示されて、その間の重要性の差がどれほどか１から４のランクで尋ねられる。一番望ましくな

いものに比べて望ましいものの重要性が大きい場合は４の評定があたえられ、逆にもっとも小さい場合は１の評定を与えるように質問がおこなわれる。

ペアワイズ評定では、重要性評価の質問に基づいて、６個の属性のうちから２つないしは３つが選ばれそれぞれのレベルとともにペアになって示される。そして、どちらがどれほど重要であるか１から９までの評定によって示すことを求められる。右側のペアがもっとも望ましい場合には、９の評定、逆に左がもっとも望ましい場合には１の評定を与えることになる。このペアは、２７ペアが示され回答することが要求される。かなりの神経的な消耗を経験する回答者が少なくない。

最後に、すべての属性がその適当なレベルとともに示されたプロファイルが示され望ましさの水準を０から１００点の間で示されることが要求される。この完全プロファイル評定は４つのプロファイルについておこなわれる。

一人の回答者から上記のような多様なデータを得ることができることもＡＣＡの特徴となっている。

（２）　ＡＣＡデータの解析

ＡＣＡは得られたデータから属性の部分効用を計算する場合に最小二乗法のダミー回帰分析で推計している。しかし、この方法は効用測度を与えるものとしては不適切であるといわれている。そこで、ここでは回答者が共通のランダム効用関数をもとに回答していることを仮定して、すべてのデータを結合した形での最尤法で推計した[4]。（紙幅の関係で推計の詳細は省略する）

（３）　ＡＣＡの結果

ＡＣＡの計算にあたっては、ペアワイズ評定のデータについて対称性を前提にして推計した[5]。そして、冷暖房パワーについては、非線形性が予測されるため次のような効用関数に特定化した[6]。

$$V(X_j) = \beta_0 + \beta_1 PWR + \beta_2 PWR^2 + \beta_3 CST + \beta_4 RCY + \beta_5 GHG + \beta_6 AIR + \beta_7 PRC$$

ただし、PWR は冷暖房パワーの水準、CST は電気代の水準、RCY はリサイクル率の水準、ＬＣＡデータとしての GHG は温暖化ガスの排出水準、AIR は大気汚染物質の排出水準、PRC は価格水準である。計算には、計量経済分析パッケージＧＡＵＳＳＸを使用した[7]。

---

[4] 同様の推計方法をとったものとしては、竹内憲司・栗山浩一・鷲田豊明、1997、「油流出事故の沿岸生態系への影響－コンジョイント分析による評価－」、鷲田他編『環境評価ワークショップ』、pp.91－104、築地書館。

[5] ただし、非対称の場合も推計したが、理論的整合性から対称性を前提にしたモデルを検討対象としている。

[6] 推計にあたっては、あらかじめペアワイズ評定データだけを用いて順序プロビット関数を用いて推計し、その推定係数を初期値としてすべてを結合したモデルの最尤推定をおこなった。

[7] ＧＡＵＳＳＸは Econotron Software 社の計量経済分析パッケージである。以下の推計は、すべてこのソフトウエアを利用して計算されている。GAUSSX を動かすためには、Aptech Systems,Inc. 社のソフトウエアパッケージである GAUSS が必要である。

ＡＣＡデータの最尤法による推定結果は、第２．２－２表にまとめられる。なお対数尤度は-5559.2555 だった。この対数尤度は、冷暖房パワーをランキング値にした場合と比べて低下しているが、最初のモデルである冷暖房パワーを線形に直接入れた場合と比べて増大している。全体としてのモデルパフォーマンスの改善もそこにあらわれていると、考えることができる。

第２．２－２表　ＡＣＡデータの最尤法による推計

		係数	標準偏差	ｔ値	ｐ値
定数項		3.565409	0.232496	15.335342	0.000
（１）	冷暖房パワー１次	0.303821	0.017850	17.020425	0.000
（２）	冷暖房パワー２次	-0.015774	0.000925	-17.050604	0.000
（３）	電気代	-0.271178	0.018643	-14.546003	0.000
（４）	リサイクル率	0.016220	0.001190	13.632813	0.000
（５）	温暖化負荷	-0.010996	0.000831	-13.231210	0.000
（６）	大気汚染負荷	-0.011202	0.000759	-14.760956	0.000
（７）	価格	-0.054466	0.003342	-16.297156	0.000
σ 1		0.897213	0.061062	14.693572	0.000
σ 2		1.556206	0.194496	8.001214	0.000
α 1		-0.820856	0.065136	-12.602148	0.000
α 2		-0.189247	0.028166	-6.718889	0.000
α 3		0.208279	0.023264	8.952967	0.000
α 4		0.596865	0.041126	14.513254	0.000

統計的には、どの係数も高い有意性を持って推定されている。したがって、ここでは、評価ウエイトを示す係数に注目しよう。冷暖房パワー１次（１）から価格（７）までが本研究が求めている評価ウエイトである。冷暖房パワーは畳数が単位となっている。電気代は、結果の桁数を調整したためにデータを千で割っているので、１単位が１０００円となっている。リサイクル率は%がそのまま単位となっている。温暖化負荷は１%すなわち２．３ｋｇ排出が１単位となっている。大気汚染負荷も１%すなわち１立方メートルが１単位となっている。

冷暖房パワーを除いてすべての係数は、それぞれの１単位が上昇することによって効用がどれだけ上昇するかを示している。価格や環境負荷につながるものはその増加が効用水準を低下させるので負の値となっている。

まず、やっかいな冷暖房パワーを片づけておこう。冷暖房パワーに関する１次と２次の項の推計された値から、冷暖房パワー（*PWR*）については効用水準（*UPWR*）と次のような関係があることがわかる。

$$U_{PWR} = 0.303821PWR - 0.015774PWR^2$$

効用水準の値の大きさそのものに意味はないが、冷暖房パワー（畳数）に対する大きさの順番は意味を持っている。この効用水準は放物線を描き、その山は、９．６畳水準で頂上に達する。すなわち、回答者の冷暖房パワーに対する平均的な選好は９．６畳が最も高いのである。したがって、８畳と１２畳は１０畳についでほぼ同じ選好であり、６畳が最

も低い選好となっていることがわかった。

本研究が問題にするのは、限界効用である。すなわち、パワーが１単位増加したときの効用水準の増加度合いである。これが、他の限界効用と比較されることによって、ウエイトが求められるのである。限界効用が最も高いのは、提示した水準の中では６畳である。

（４）　ＡＣＡによるＬＣインパクト・アセスメント

家庭用エアコンに関するこれまでの計算結果を総合しよう。

本研究が注目すべきは、その係数である。冷暖房パワーについては、その限界効用（上式の傾き）が水準に依存する。ここでは、6 畳の水準における冷暖房パワーの限界効用を指数として採用しよう。すなわち、上式における６畳の位置における接線の傾きを指数として用いるのである。このとき、各指標の評価ウエイトは第２．２－３表のようにまとめられる。

第２．２－３表　各属性の評価ウエイト

カテゴリ（属性）	冷暖房パワー	電気代改善	リサイクル率	温暖化負荷改善	大気汚染負荷改善	製品価格
（単位）評価ウエイト効用指数	効用／畳 0.114533	効用／千円 0.271178	効用／% 0.016220	効用／% 0.010996	効用／% 0.011202	効用／万円 0.054466
（単位）評価ウエイト製品価格単位	万円／畳 2.1	円／円 49.8	円／% 2978.0	円／Kg 877.9	円／m^3 2056.7	円／円 1.0

この表の二重線から上段はパラメータの推計値をすべて正の値に直したものである。たとえば、電気代の場合は、負号がついていたがこれは電気代の上昇が効用水準を「低下」させるということを表していた。これは、電気代の上昇ではなく低下、すなわち電気代の節約と考えれば、そのパラメータの値は改善に対する正の評価ウエイトなるのである。同じように、温暖化ガスの排出の増加は効用水準を低下させるが、その改善は人々の効用を増大させる。これも、このように考えれば正の値とすることができるのである。

効用指数は、その水準そのものに意味を持たず、他の効用水準との比較においてしかウエイトの機能を果たさない。そこで、それぞれを製品価格の単位で基準化したものが二重線から下の部分にあらわされている。それぞれについて説明を加えておこう。

＜冷暖房パワー＞

まず、冷暖房パワーである。冷暖房パワーについては先にも述べたように非線形である評価関数の６畳付近の傾きを指数として採用している。したがって、この２．１万円／畳という意味は、６畳から１畳冷暖房パワーが増加することを、消費者は価格として２．１万円の上昇に値すると評価するということである。あるいは、冷暖房パワーが６畳の製品に比較して７畳の製品は製品価格が２．１万円高くてもそれを受け入れるほどに評価することを意味している。先の式から明らかなようにこの評価は、基準となる畳数が大きくなるに従って低下する。例えば９畳から１０畳に冷暖房パワーが増加しても、消費者はそれをほとんど評価しなくなってしまうのである。

＜電気代の改善＞

電気代改善の４９．８円／円の意味するところは、１ヶ月の電気代が１円安い家庭用エアコン製品の価格は約５０円高くてもそれを受け入れるということである。ここでのエアコンは耐用年数が８年であることを前提としている。この耐用年数は、紙の調査票の中には明示的に示していなかったので、回答者の意識していた耐用年数は不明である。仮に、およそ８年の耐用年数を前提としていたとすると、96 ヶ月間１円の電気代を追加的に払いつづけることと、現在の４９．８円の貨幣額が等しい価値を持つと考えているとみなすことができる。すなわち、１ヶ月の割引率をrとして、これを求める式は次のようになる。

$$49.8=\frac{1}{1+r}+(\frac{1}{1+r})^2+(\frac{1}{1+r})^3+\cdots\cdots+(\frac{1}{1+r})^{96}$$

これを解くと$r=0.01549$となる。すなわち、１ヶ月の割引率が約1.5%である。これは、現行の金利水準からみれば高いが、割引率としてある程度妥当な値であるといえる。すなわち、消費者は電気代をかなり合理的に評価しているとみなすことができる。

＜リサイクル率＞

リサイクル率に対する評価はかなり高めに出ている。すなわち、重量比リサイクル率の１%の増加は製品価格で 2978 円の増加に値する評価されている。これは、先に述べたように回答者の８割以上が費用はかかってもリサイクル率は高めるべきだと、高い選好を持っていることの結果である。実際にリサイクル率を高めるための費用は平均的でも、これほどの高さにはならないだろう。電気製品メーカーがリサイクル率を高めることの重要な意味がここに示されている。家電リサイクル法におけるメーカーが義務を負うべきリサイクル率は与えられて義務的にこなすというのではなく、その高さを積極的にアピールすることが必要であるといえる。

＜温暖化負荷改善・大気汚染負荷改善＞

ライフ・サイクルデータとしての温暖化負荷の改善は、二酸化炭素換算で測った１人１年間の温暖化ガス排出量を１Kg 低下させることが、製品価格でみて 878 円の追加的な上昇を受け入れさせるほどに評価されることがわかった。また、大気汚染負荷の場合は、１m^3の要求大気量の改善について 2056 円の製品価格での評価が与えられることがわかった。

このようなＬＣ環境負荷に対する社会経済的評価の高低を、現時点で判断する材料はないが、これらが比較的高い評価になっている可能性がある。

また、これらの評価は、ＬＣＡデータを評価する経験をほとんどない回答者によって行われていることに注意が必要である。回答者が調査票の中でＬＣＡを「知っていた」と明確に答えているのは１割に満たない。すなわち、その場で与えられた温暖化負荷と大気汚染負荷についての情報をもとに回答しているのである。もちろん、評価と回答そのものが全体としてみれば一貫性のあるものだったことは、推計されたパラメータの有意性に反映している。しかし、情報の与え方によって値が無視しがたいほどに異なる可能性を現時点では否定できない。

ＬＣＡのコンジョイント分析評価を、どのように「評価」するかは、今後の重要な課題なのである。

2.2.4　仮想ランキングによるコンジョイント分析の結果

ＡＣＡとともに仮想ランキングによる家庭用エアコンのコンジョイント分析もほぼ平行して行った。ＬＣＡの意義やＬＣＡデータの意味の解説については、ＡＣＡとまったく同じ紙の調査票を用いて回答者に正した。その調査票の結果は、ＡＣＡとほぼ同じ傾向を示している。

（１）仮想ランキングの特徴

ＡＣＡと比較した仮想ランキングの著しい特徴は、回答者にプロファイルが複数（今回の調査の場合は３）示され、回答者にそれらのプロファイルの選好順序を回答することを要求する点にある。今回の場合は、一人の回答者あたり、１０個のリストが提示された。１つのリストに３つのプロファイルがはめ込まれていて、その中から最も望ましいものと２番目のものを回答する。もしも、いずれも望ましくない場合は、「どれも望ましくない」と回答する。

ＡＣＡと異なり、仮想ランキングの調査票デザインにおいて重要な問題となるのは、提示するプロファイル中のそれぞれの属性をどの水準と共に示すかという点である。仮想ランキングでは、分析を容易にし、回答者の混乱を可能な限り回避するために、冷暖房パワーは除いた５つの属性を用いた。それぞれの属性が４つの水準を持っているために理論的には$4^5 = 1024$種類のプロファイルが存在する。すべてのプロファイルを用意することは困難であり、また、パラメータ推計上でも望ましくはない。そこで、これらのプロファイルの中から調査に望ましいプロファイルを選び出してリストを作成する必要がある。このときに考慮されるのが実験計画法における直交デザインである。直交デザインは、各レベルの登場回数の均等性や配置が対角でありパラメータ推計上の多重共線性などの回避も容易になる。しかし、機械的に構成するために、すべてのほかの水準はもう一方のプロファイルと比べて望ましくなっているのに、価格だけが高くなっているなど、非現実的なプロファイルが発生する可能性もある。

今回の調査では、４水準の直交表を用いて、見た目の不自然さをなくすことと、６つのバージョンを作成して、全体のばらつきを確保する形でプロファイルデザインをした[8]。

（２）仮想ランキングの推計理論と計算結果

仮想ランキングもＡＣＡと同じソフトウエアを用いて推計した[9]。結果は第２．２－４表のようになった。なお、対数尤度は-1432.7210であった。

---

[8] 直交表は、島田正三著、『やさしい直交配列の話』、日本規格協会、１９５８年刊にある４水準の直交表を用いた。直交デザインに関しては、その他、朝野熙彦著、『入門多変量解析の実際』、講談社、１９９６、Lorenzen,T.J. and V.L.Anderson, 1993, *Design of Experiments: A No-name Approach*, Marcel Dekker, Inc. などを参照した。

[9] ただし、本研究のデータは、「どれも望ましくない」という選択肢は、他の選択肢と同様に順序づけがなされるようになっていないので、３個のプロファイルに順序づけるランキングになっている。

第２．２－４表　仮想ランキングデータの最尤法による推計

	係数	標準偏差	t 値	p 値
電気代	-0.290995	0.027558	-10.559511	0.000
リサイクル率	0.013769	0.002020	6.816784	0.000
温暖化負荷	-0.011414	0.001466	-7.784490	0.000
大気汚染負荷	-0.009265	0.001264	-7.331781	0.000
価格	-0.050902	0.005465	-9.314518	0.000

いずれの係数も高い有意性で推定され、かつ符号条件も予想通りの結果となっている。

（３）仮想ランキングによるＬＣインパクトアセスメント

上で推定された係数をもとに、ＡＣＡと同様に通常性能とＬＣＡデータとの社会経済評価のウエイトを調べてみよう。

まず、全体の結果は第２．２－５表のように表すことができる。

第２．２－５表　仮想ランキングでの各属性の評価ウエイトとＡＣＡ結果との比較

カテゴリ（属性）	電気代改善	リサイクル率	温暖化負荷改善	大気汚染負荷改善	製品価格
（単位） 評価ウエイト 効用指数	効用／千円 0.290995	効用／% 0.013769	効用／% 0.011414	効用／% 0.009265	効用／万円 0.050902
（単位） 評価ウエイト	円／円 57.2	円／% 2705.0	円／Kg 974.9	円／m^3 1820.2	円／円 1.0
（ＡＣＡ結果）	(49.8)	(2978.0)	(877.9)	(2056.7)	(1.0)

ＡＣＡの場合と比較しながら、それぞれ検討してみよう。まず、電気代改善であるが、これはＡＣＡと比較してやや高くなっている。しかし、ＡＣＡとの差は７．４円（１５%）である。リサイクル率もまたＡＣＡと比較して２２８円（８%）の差しかでていない。温暖化負荷改善も９７円（１１%）の差である。大気汚染負荷改善は２３６．５円（１２%）の差となっている。

全体としてみれば、回答者標本もまったく異なり、調査方法もＡＣＡとランキングとかなり異質なものであるにもかかわらず、ここまで結果の類似性が出てきていることは注目すべきことである。

2.2.5　まとめと今後の課題

上記の研究は、コンジョイント分析によるＬＣインパクトアセスメントの可能性が示されたという点で重要な意味を持っている。しかし、また一方でこの研究は、ＬＣインパクトアセスメントをコンジョイント分析の枠組みの中で発展させていく端緒的試みに過ぎない。これまで、ほとんど研究がなされていず、社会的な経験の蓄積がゼロという中で、統

計的にも高い有意性をもちながらＬＣＡデータの評価ができたことは今後の研究発展の上で重要な意味を持っている。ＬＣインパクトアセスメントをコンジョイント分析と発展させていく上での方向性と課題について、以下述べておこう。

（1）ＬＣＡデータの表現手法に対する研究

コンジョイント分析においては、回答者が評価可能な事前情報をどのように与えるのかが重要な意味を持っている。自然科学的な数値を並べたとしても、それは専門知識を持った研究者にしか理解できない。通常の製品評価能力しか持ち合わせていない一般の人々がＬＣＡデータを自らの限界的貨幣支出とつなげられるほどに理解するためには、ＬＣＡ結果をわかりやすく表現する手段に対して真剣な検討が必要である。

研究の課題としては、第１に、このようなＬＣＡデータに関する事前情報の与え方とＬＣＡ属性に対する評価との関係を実証的に分析することである。第２に、回答者にとってのコンジョイント分析の調査の環境が実際の製品購入の環境と同様の状況をつくりだし、そのもとで得られた調査データによって評価ウエイトを推計すべきである。そのためには、仮想的にでも実際に商品イメージを的確に表現しＬＣＡデータの意味をわかりやすく解説した製品パンフレットを作成し、それによって情報を伝えることによって回答者の評価ウエイト情報を取り出すことが必要である。

（2）　異なった製品間での同一ＬＣＡインパクト・カテゴリの評価水準の比較

基本的に同じインパクト・カテゴリのＬＣ環境負荷は、それが与えられている製品が異なったとしても同じに評価されるべきである。これに対して、コンジョイント分析は、ＬＣＡの場合製品を対象にしておこなわれるが普通である。したがってそこに、異なった商品に対しておこなわれたコンジョイント分析によるＬＣＡインパクト・カテゴリの評価ウエイトが同一化するのか、異なったものになるのか、異なるとすれば原因は何かが分析、研究されるべきである。それはまた、製品から独立した一般的で共通のＬＣＡの評価ウエイトを、コンジョイント分析によって作り上げることができるか否かという問題でもある。これは、多くの時間と費用を要するが、今後のＬＣインパクトアセスメント研究の決定的に重要な課題であると考えられる。

（3）　多様なＬＣＡインパクト・カテゴリの評価ウエイトの推計

コンジョイント分析は、取り上げる属性に絶対的な制限はないが、回答者に直接質問するという形式をとっているために、一度に数多くのＬＣＡインパクト・カテゴリをコンジョイント分析の属性化することは困難である。１つの製品に関わる多様なＬＣＡインパクト・カテゴリのデータをコンジョイント分析で推計する方法も、もっと研究される必要がある。

以上を、今後の新たな研究方向課題としながら、コンジョイント分析によるＬＣインパクトアセスメントにもっと多くの人的、物的資源が投下されるべきである。

2.3 ﾀﾞﾒｰｼﾞ関数導出のための基礎調査（環境影響と被害）

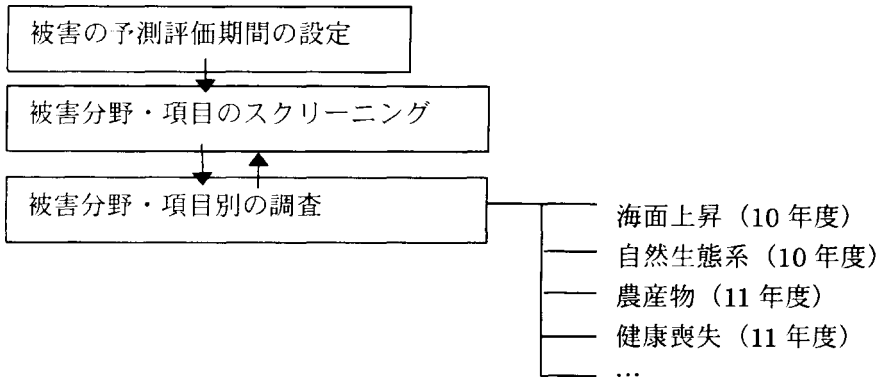
2.3.1 地球温暖化

(1) 調査の考え方

地球温暖化を含む気候変動は、海水面の上昇、蒸散・降雨の変化等の影響をもたらし、それらは森林や草地など自然（生態系）、農業漁業などの産業、エネルギーや水資源などの資源消費、インフラや建築物、さらには人間健康（生命も含む）等へ被害をもたらす。本調査では、最終的には二酸化炭素を含む温室効果ガスと、それらが気候変動を通じてもたらす様々な被害との関連をできるだけ関数の形で明らかにすることを目的とする

a. 調査の流れ

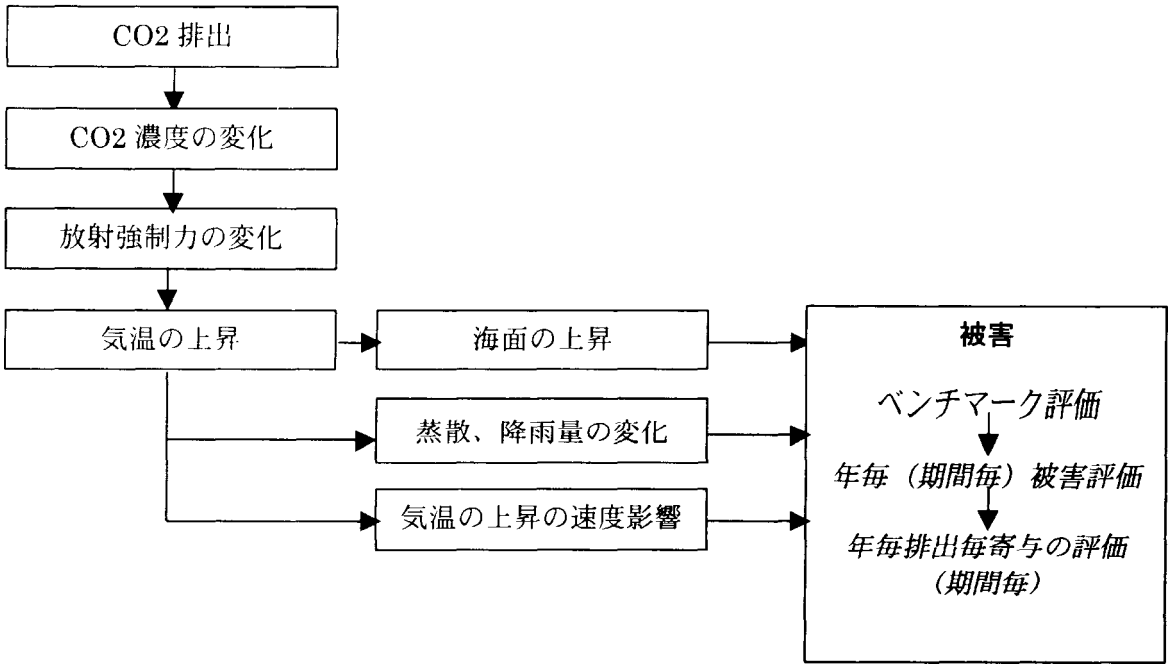
調査においては、まず、CO2 排出から気温の上昇までの関係を整理するした上で、評価を行なう被害の期間の設定を行なう。次に、インパクトカテゴリ及び被害項目の整理を行なった後、主要なカテゴリおよび被害項目を被害の大きさ重要性によってスクリーニングし、被害分野・被害項目ごとに調査を行う。



第 2.3.1-1 図　調査の流れ

b. 被害評価の流れ

被害評価の基本的な流れは以下のようになる。CO2 排出から気温の上昇までの関係は分野に関係なく共通するものである。



第 2.3.1-2 図　被害評価の流れ

(2) 被害の予測評価期間の設定

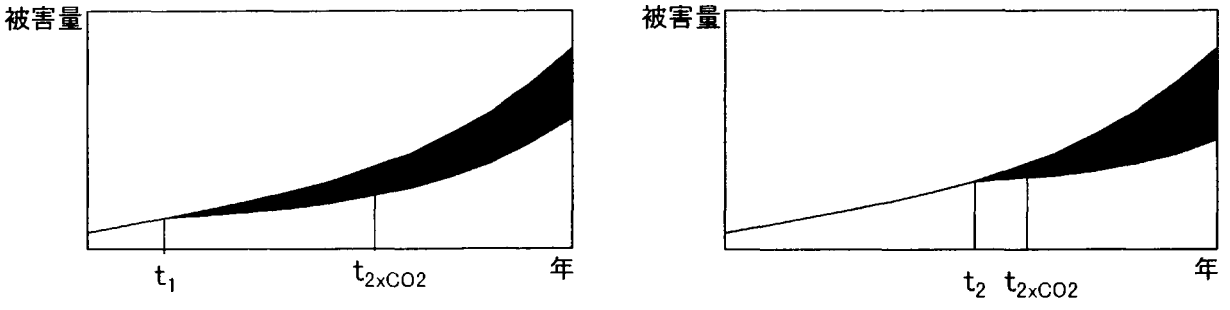
現在の科学的影響予測のほとんどが CO2 濃度二倍時（産業革命以前と比べて）における影響評価に集中している。しかし、被害はその前後も続くものであるため、どの時点の被害を基準とするか、超長期の取扱いはどうするか（特に海面上昇について）等について、あらかじめ検討を行っておくべきである。

CO2 濃度二倍時の被害評価がベンチマーク的に利用されている理由は、単にこの値が解りやすく便利であるという、研究者側の都合によるものである。現在、現状の経済活動維持（business as usual）のシナリオでは、CO2 濃度二倍は 2050 から 60 年に発生すると予想されている。ただし、海面上昇については 2100 年の上昇がベンチマークとなっている。これは、気温上昇にたいする海面上昇の反応の遅さを考慮していると考えられる。つまり、タイムラグを 40 から 50 年と見ていると考えることもできる。

これまでの被害評価が、CO2 濃度二倍時の被害評価に集中して行なわれたのは、このようなベンチマーク的な時点として利用されていることと、被害コスト予測等において、時系列的な予測を行なう際の基準となる時点として利用されたからである。それらの予測は、ベンチマーク評価から他の期間のダメージを内挿、外挿することによって行なわれている。

ここで問題となるのは、CO2 排出量と被害の関連である。CO2 排出から、CO2 濃度の変化、放射強制力の変化、温度の変化までそれぞれ線形の関係ではない。更に、温度の変化と被害の関係については、気候の熱的慣性により、長期の影響となる。IPCC をはじめとする、これまでの研究では CO2 排出の単位量当たりの被害（限界排出費用）は、図のように一単位当たりの CO2 の排出が行なわれた場合と回避された場合での被害の差を時間で積分する作業を行なっている。排出量と被害の関係は、線形ではないので、被害の大きさはその時点の CO2 濃度および将来の排出量に左右される。

第 2.3.1-1 図は、排出時点の違いによる被害の大きさの違いを表したものである。一単位当たりの CO2 の排出が行なわれた場合と回避された場合の差は、塗りつぶした部分で表される。排出量と被害の関係は、線形ではないので、被害の大きさはその時点の CO2 濃度および将来の排出量に左右される。左図に対して右図の方が、遅い時点で排出を回避している。この２つを比較すると排出回避が遅いほど、CO２一単位当たりの被害が大きいことが分かる。しかし、この方法は年毎の被害の積分を行なわなければならず、実質的には被害の金銭評価を行なった場合のみに有効であると考えられる。その場合、合計被害額が割引率の大きさによって大きく異なってくるという別の問題点が生じてくる。



第 2.3.1-3 図　限界排出（削減）被害の概念

この様な問題を回避して簡易的に単位当たりの排出のダメージを評価する方法として、被害の増加分のみを捉え、年別、あるいは数年の期間毎に排出量あたりの被害を評価する方法がある。この方法を利用するには、いくつかの仮定が必要となる。その内主要なものの一つが、一つは、排出が行なわれる時点に対して、影響が現れる時点が一定であるという仮定である。もう一つは、CO2 濃度が増加するスピードは被害の大きさに関係が無いという仮定でである。この２つは、厳密には正しい仮定ではないが、簡易的な分析を行なう上では、採用できることとする。

(3) 二酸化炭素排出と温度上昇の関係

二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスはそれ自身が持つ放射強制力（赤外放射の吸収・放射）によって大気中に赤外放射を閉じ込め、地表近くの気温を上昇させる。ここでは、温室効果ガスの排出が大気の温度上昇に対して及ぼす効果について述べ、温室効果ガスの中で最も排出量の多い二酸化炭素の排出と気温上昇の関係についてモデルを用いて計算した結果を示す。

a. 温室効果ガスの排出から温度上昇を導くモデル式

温室効果ガスは排出された後、大気中の濃度を変化させ、濃度の変化によって大気の赤外放射の放射強制力を変化させる。放射強制力が強くなるに伴い、大気中に赤外放射が閉じ込められ、その結果として気温の上昇へとつながる。この温室効果ガスの排出から気温上昇にいたるまでのメカニズムをモデル化したものが、いくつか開発されている。DICE モデル（W. D. Nordhaus, 1994）その代表的なもので、一般の研究者がパソコンによって簡単に取り扱えるような簡素な構造となっており、その再現性についても定評がある。DICE モデルは CO2 の蓄積を２つの層（深海、海面・大気）によって計算する２レイヤーモデルとなっており、他のモデルでも同様の構造を取っている。ここでは、定評のある DICE モデルを採用する事にする。

DICE モデルは温室効果ガスとして、二酸化炭素の他にフロンとメタン、亜酸化窒素の４つを対象としている。また、全球平均の気温変化の関数になっており、温室効果ガスのある期間の排出量に従って変化するようになっている。

DICE モデルでは、まず、年間の温室効果ガスの排出量と濃度の関係について、大気中に放出された温室効果ガスは、ある割合で海面・海中に移送され、大気中に残った温室効果ガスは何年間か残留することを考慮し、各年の濃度変化を排出量と現在の濃度から算定している。この濃度変化に従い、濃度と各温室効果ガスの放射強制力との関係から温度変化を導いている。DICE モデルのモデル式は２つの式からなる場合とより簡単なモデルとして１つの式の場合があるが、２式の関数は以下の(1)式、(2)式の通りである。ここではこの式に基づいて計算を行った。

$$T(t)=T(t-1)+(1/R1)\{F(t)-\lambda T(t-1)-(R2/\tau_{12})[T(t-1)-T^*(t-1)]\} \quad \cdots\cdot(1)$$

$$T^*(t)=T^*(t-1)+(1/R1)\{(R2/\tau_{12})[T(t-1)-T^*(t-1)]\} \quad \cdots\cdot(2)$$

t は時間の変数、T は大気中、地表面、海面の温度、T*は深海の温度となっており、T, T*の時間変化の関数となっている。また、R1, R2, λ, τ_{12} は後で述べるパラメータである。ここで、(1)式中の F(t)が放射強制力を示す関数であり、濃度の関数 M(t)によって以下の(3)式で表される。また、温室効果ガスの濃度 M(t)は(4)式で示される。

$$F(t)=\alpha\{\log[M(t)/677]/\log 2\} \quad \cdots\cdot(3)$$

$$M(t)-677=\beta E(t-1)+(1-deltaM)[M(t-1)-677] \quad \cdots\cdot(4)$$

E(t)は時間 t における温室効果ガスの排出量、(4)式の β, deltaM はパラメータである。パラメータについては後で述べる。以上のモデルに従い、現状の地球の状態にそくして温室効果ガスの排出量と全球平均気温の上昇の関係について計算を行う。

b. パラメータの設定

DICE モデルではいくつかのパラメータの設定を行わなければならない。本計算にあたっては、それらのパラメータについては、文献の値に従い設定を行なった。ただし、ここでは 1965 年からシュミレーションを行なっているので、開始年次による影響を調整するため、開始時点の GHG 量を調整した。また、再現される温度が IPCC の IS92a と整合するように、放射強制力に関するパラメーターの調整を行なった。第 2.3.1-1 表は使用したパラ

メーターを整理したものである。時間の関数となっている温室効果ガスの排出量は IPCC の IS92a シナリオにそって定めた。このシミュレーションによって、算出される CO2 排出による GHG 濃度上昇、放射強制力上昇、気温上昇は IS92a と整合するものである。

第 2.3.1-1 表 計算に用いたパラメータ

R1	13.2 W・year/℃m2	大気中および海面の熱容量
R2	223.7 W・year/℃m2	深海の熱容量
β	0.67	marginal atomospheric retention ratio
λ	1.41 ℃m2/W	気候モデルのフィードバックパラメータ
τ_{12}	500	上層から下層への移送割合
T(0)	0.2 ℃	現時点での大気温度
T*(0)	0.1 ℃	現時点での深海海洋温度
E(0)	7.2 Gt-C	現時点でのGHG排出量
M(0)	677 Gt-C	現時点での大気中のGHG量
deltaM	0.008333	上層から下層へのGHGの移送割合
α	3.17	CO2ﾀﾞﾌﾞﾙにおける1965年との放射強制力の差

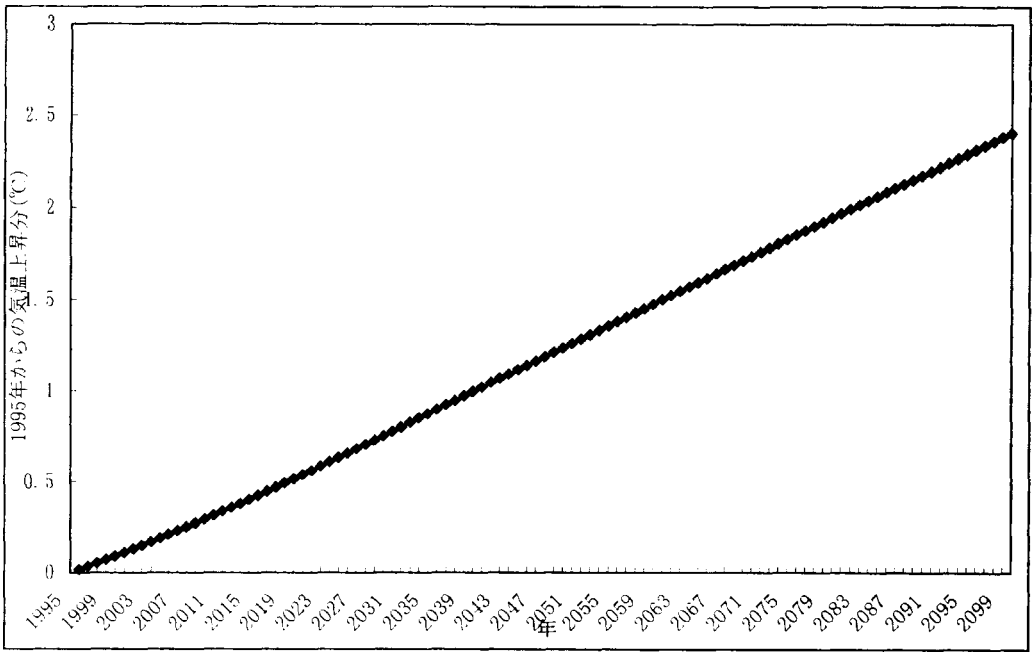
c.計算結果

上記の条件に従って計算した気温変化の結果を各 10 年毎の二酸化炭素排出量とあわせて、第 2.3.1-2 表と第 2.3.1-4 図に示す。

第 2.3.1-2 表 気温変化の計算結果

年	気温上昇分 T(t) (℃)	前年との気温差 (℃)	前10年間のCO2排出量 (Gt-C)	単位排出量あたりの気温上昇 (10^{-2}℃/Gt-C)
1995	0.000		71.3	
2005	0.143	0.143	83.8	0.171
2015	0.302	0.159	98.4	0.161
2025	0.474	0.173	113.6	0.152
2035	0.656	0.181	126.1	0.144
2045	0.838	0.182	135.3	0.135
2055	1.018	0.180	144.8	0.124
2065	1.196	0.178	156.0	0.114
2075	1.372	0.176	167.6	0.105
2085	1.547	0.174	179.2	0.097
2095	1.718	0.172	190.8	0.090

第 2.3.1-4 図 気温変化の図



(4) 調査分野と項目のスクリーニング

a. カテゴリ分類と保護対象・指標

地球温暖化に関するカテゴリ、保護対象について LCA のインパクト評価を念頭に置きながら、整理を試みた。今回調査の分野の切り分けはｻﾌﾞ・ｲﾝﾊﾟｸﾄ・ｶﾃｺﾞﾘに相当すると考えられる。また、これらのカテゴリ、保護対象に対してそれぞれ指標を割り当てることが検討可能であると考えられる。

第 2.3.1-3 表 カテゴリ・保護対象の整理

ｲﾝﾊﾟｸﾄ・ｶﾃｺﾞﾘ	ｻﾌﾞ・ｲﾝﾊﾟｸﾄ・ｶﾃｺﾞﾘ	ｶﾃｺﾞﾘ・ｴﾝﾄﾞﾎﾟｲﾝﾄ	保護対象（LCA 一分類）	指標
地球温暖化（気候変動）	海面上昇	水没被害 洪水被害 塩害被害	人間の健康 生態系の健全性（湿地） 資源（土地、ｲﾝﾌﾗ）	損失土地面積（ha） 損失土地価格（¥） 損失ｲﾝﾌﾗ価格（¥） 対策費用（¥）
	自然生態系への影響	植生の変化 動物の影響 微生物への影響	生態系の健全性	？ 純一次生産量（tC）
	農業への影響	農業適地の移動 収量（反収）の変化	資源（農業適地） 人間の健康［二次影響］	農業生産量（t）
	健康影響（直接的及び間接的）	健康影響（疾病ﾘｽｸの変化、死亡ﾘｽｸの変化）	人間の健康	影響人口（人数）
	水資源への影響	利用可能淡水量の変化	生態系の健全性 資源	淡水量(t)
	漁業林業への影響	生産高の変化	資源	漁獲量(t) 漁獲高(¥) 林業生産量(t) 生産額（¥）
	エネルギー消費及び交通への影響	エネルギー消費量の変化 交通整備需要の発生	資源	エネルギー消費量(J) 設備投資費用(¥)
	金融ｻｰﾋﾞｽへの影響	保健支払いの増加	資源	生産額（¥）
	その他産業への影響	対策費用発生	資源	生産額（¥）
	移住	移住者数の増加	資源	移住者数（人数） 移住コスト(¥)

b. スクリーニング

温暖化の影響の評価を行なうべき分野を検討するに当たって、分野別影響評価を経済的に行なったものを見る。この中では、陸地損失、湿地損失、生態系損失、農業、エネルギー、水資源、人命／疾病率での被害が大きいことがわかる。Fankhauser の研究例の場合、これらの分野で全世界の被害額の約８割を占める。

また、これまでの世界での分野別の被害の研究事例は、海面上昇におる被害と、農業被害に関するものが多く、これらの分野の研究が先行している感がある。本調査では、陸地損失、湿地損失に関連する海面上昇被害、生態系損失、農業、エネルギー、水資源、人命／疾病率について評価を行なっていくこととする。

第2.3.1-4表 $2\times CO_2$による総ダメージ(10億ドル)

	Fankhauser						Tol
	EU	USA	Ex-USSR	China	OECD	World	World
浸水対策	0.1	0.2	0.0	0.0	0.4	0.9	9.5
陸地損失	0.3	2.1	1.2	0.0	8.1	14.0	9.8
湿地損失	4.9	5.6	1.2	0.6	16.9	31.6	18.8
生態系損失	9.8	7.4	2.3	2.2	25.5	40.5	22.0
農業	9.7	7.4	6.2	7.8	23.1	39.1	14.5
森林	0.1	0.6	0.4	0.0	1.8	2.0	
漁業	-	-	-	-	-	-	
エネルギー	7.0	6.9	-0.7	0.7	20.5	23.1	
水資源	14.0	13.7	3.0	1.6	34.8	46.7	
その他の部門	-	-	-	-	-	-	
アメニティー	-	-	-	-	-	-	38
人命／疾病率	13.2	10.0	2.3	2.9	34.4	49.2	88
大気汚染	3.5	6.4	2.1	0.2	11.9	15.4	
移住	1.0	0.5	0.2	0.6	2.0	4.3	13.8
暴風雨	0.0	0.2	0.0	0.1	1.0	2.7	1.4
合計(10億ドル)	63.6	61.0	18.2	16.7	180.4	269.5	315.7
(%GNP)	(1.4)	(1.3)	(0.7)	(4.7)	(1.3)	(1.4)	(1.9)

出典) Fankhauser, Samuel (1995), *Valuing Climate Change,* Richard S. Tol, *The damage cost of Climate Change Toward More Comprehensive Calculations* (1995)

(5)海面上昇

a. 評価対象と評価の考え方

被害項目は以下のように整理される。分野のスクリーニングにおいて利用した被害の経済評価の研究結果から、被害項目としては土地損失、生態系損失、健康被害が重要であると考えられる。海面上昇の場合、IPCC の報告に見られるように、被害は被害防止の対策を考慮して算出するのが通常となっている。OECD 諸国については、防波堤の拡大などのによって多くの部分が浸水から免れると予想されている。

第 2.3.1-5 表 海面上昇における被害項目等の分類

被害分野	カテゴリー・エントポイント	被害項目	指標
海面上昇	◎水没被害	◎土地損失	損失土地面積 (ha)
		(陸地、湿地、農地)	損失土地価格 (¥)
		◎生態系損失、	損失ｲﾝﾌﾗ価格 (¥)
		インフラ損失	損失 NPP (C-t)
	洪水被害	健康、人命被害	対策費用 (¥)
	塩害被害	△農業被害	
		水資源被害	
	対策費用		

CO2 濃度二倍のベンチマーク評価に相当する、2100 年の海面上昇に対しての被害評価を行なう。IPCC の予測によれば、IS92a のシナリオで気候感度を中レベルとすると、2100 年には海水面が平均で 49cm 上昇すると予測されている (第 2.3.1-6 表)。ここでは、これに対応して 0.5m の上昇に対しての被害評価を行なう。海水面の上昇のタイムラグは 40 年で一定とし、2100 年における放射強制力の差から 75%の海面上昇が CO2 に起因する事とする。

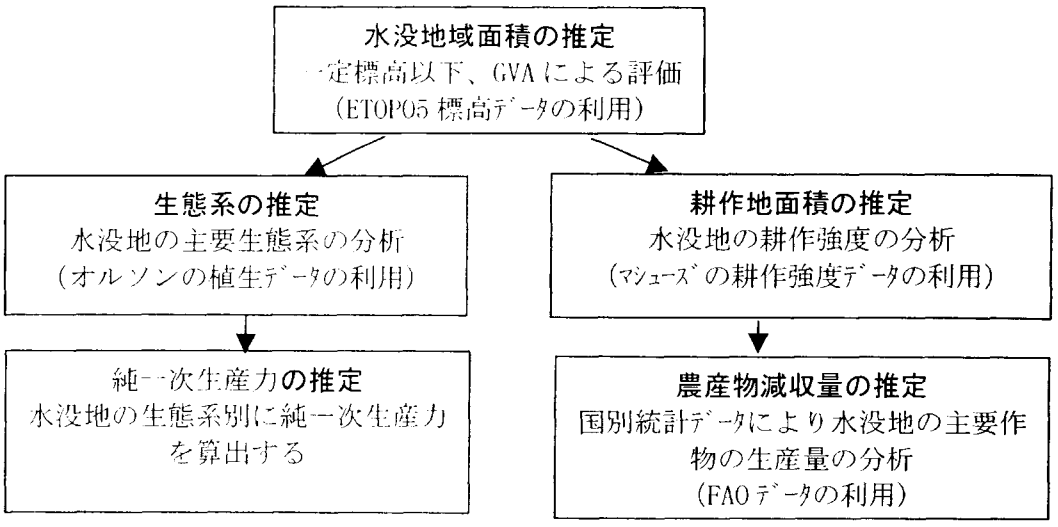
第 2.3.1-6 表 年毎の海面水位の上昇

年	海面水位上昇 (cm)	前５年間の水位上昇 (cm/5年)	前10年間のCO2排出量 (Gt-C)	単位排出量あたりの海面上昇 (10^{-2}cm/Gt-C)
1995	0.0	0.0	71.3	3.47
2005	2.5	2.5	83.8	3.22
2015	4.4	1.9	98.4	4.11
2025	7.4	3.1	113.6	3.70
2035	9.9	2.5	126.1	3.69
2045	12.6	2.7	135.3	3.32
2055	16.7	4.1	144.8	3.00
2065	20.9	4.2	156.0	
2075	25.5	4.7	167.6	
2085	30.0	4.5	179.2	
2095	34.4	4.3	190.8	

(注) CO2 排出は 40 年後の海面上昇に反映するという時間差を考慮して、単位排出量あたりの海面上昇を算定している。

b. 水没被害—被害面積

発生する被害に関しては、陸上生態系及び産業に与える影響が大きいと予想される。したがって、水没地域の面積及び土地利用の分析が必要となる。ここでは、GIS（地図情報システム）を利用して水没面積を算出し、植生等を把握すると共に、既存の海面上昇被害調査との比較を行なう。GIS を利用した被害評価は図のような流れとなる。



第 2.3.1-5 図 GIS を使った海面水位上昇による水没被害（生態系、農産物減収量）

イ. 土地の損失

＜ベンチマーク評価－2100 年＞

損失土地面積は、GIS により標高 0.5m 以下の地域を抽出することから始める。標高についてのデータセットは、NGDC（米国地球物理データセンター）が作製した「ETOPO5」標高データを利用する。解像度は緯度経度 5 分であり、1m 単位のデータとなっている。土地損失に関するこれまでの既存の研究例では、人口密度の高い地域では、浸水対策によって土地は喪失しないと仮定するのが通常となっている。そこで、ここでは、UNEP-GRID の世界都市人口データベースを利用し、人口 10 万人以上の都市が存在する緯度経度解像度 0.5 度のメッシュにおける低標高地点は水没しないこととし、データから除外した（第 2.3.1-6 図）。抽出した地点から水没面積を算出したのが第 2.3.1-7 表である（標高別の水没地点は第 2.3.1-7 図参照）。

第 2.3.1-7 表 CO2 濃度二倍時の水没土地面積（GIS によって算出）

	緯度	水没土地面積（km2）		
		OECD以外	OECD	計
北半球	75以上	14,410	7,337	21,747
	60～75	92,433	115,071	207,504
	45～60	32,708	101,764	134,472
	30～45	67,524	41,004	108,528
	15～30	140,699	45,109	185,808
	0～15	168,725	0	168,725
	計	516,499	310,285	826,784
南半球	-15～0	394,400	27,795	422,195
	-30～-15	52,614	30,415	83,029
	-45～ 30	54,604	23,256	77,860
	-45～-60	21,944	1,508	23,452
	計	523,562	82,974	606,536
合計		1,040,061	393,259	1,433,320

○既存研究

既存の海面上昇の影響の分析については、オランダの Delft Hydraulics が行なった Global Vulnerability Assessment (GVA) がもっとも重要である。IPCC の報告等の主要な温暖化の影響の研究はほとんどがこの研究結果を利用している。この研究の基本的な手法は、世界の海岸線において低地の海岸を抽出し、その内人口密度の高い海岸線は防御されるが、他は水没するという考え方である。

２つの研究を比較すると、ここで行なった GIS による分析は、GVA の結果より約 3.5 倍程度広い水没面積を算出した。

第 2.3.1-8 表 CO2 濃度二倍時の水没土地面積（GVA の結果）

	低地の海岸 (km)	陸地（乾燥地）の損失 (km^2)	海岸部の湿地の損失 (km^2)
EU	3,470	1,596	9,887
米国	23,250	10,695	11,121
旧ソ連	52,000	23,920	9,788
中国	0	0	11,918
OECD	87,870	40,420	33,862
世界	304,180	139,923	252,985

（出典）Delft Hydraulics, Global Vulnerability Assessment (1993)

＜期間毎評価＞

年毎の水没面積は、以下の式で算出される（Extern E, 1998)。

$$\Delta L(t) = PL \times (\Delta s(t) / 50) \times \%LL$$

ここで、ΔL(t)はある時点の損失土地面積、PL は潜在的損失土地面積（低標高地)、Δs(t)はある時点の CO2 に起因する海面上昇量、%LL は実質損失土地パーセント（国別）である。

ここでは、%LL はベンチマークにおいて都市地域を海面上昇の対策が行われる地域と除外することですでに織り込まれているとし、１として年毎の水没面積を算出する。ただし、この設定は最低限の対策に近い考え方である。この式から解るように、水没面積は海面上昇の一次関数となる。各年の CO2 排出量と 40 年後の損失土地面積から CO2 単位当たりの損失土地面積が算出される。

ロ．沿岸の陸上生態系の破壊

＜ベンチマーク評価－CO2 濃度二倍時＞

水没地域の面積および植生の分類から、水没地域の純一次生産力（NPP）を算出する。先に行なった GIS による水没地点のデータに、植生の分類についてはオルソンの植生の GIS データ（UNEP GRID）を結合させる。オルソンの植生のデータは 47 分類にもおよぶ細かい地点別の陸域生態系を持っている。

一方、単位あたりの NPP については、いくつか算出方法が研究されている。ここでは、気候モデル法を利用することとし、その中で、日射と乾燥から比較的に NPP を算出する筑後モデルを採用する。筑後モデルの再現性については、いくつかの研究によって確かめられている（甲斐ら、1996)。このモデルの式は以下の通りである。

$$NPP=0.29[\exp(-0.216RDI^2)]R_n$$

ここで RDI(=R_n/lr)は年平均放射乾燥度、R_n は年間純放射（または正味放射）量（kcal/cm^2)、r は年間降水量（cm)、l は水の蒸発潜熱（kcal/gH_2O）である。純放射量は次式を用いると

気候学的に計算できる。

$$R_n=(1-a)S_t-F$$

ここで S_t は年間全天日射量（Kcal/cm²）、a は植生地の日射反射率（アルベド、0～1.0）、F は長波有効放射（Kcal/cm²）である。

RDI および R_n については、植生毎の研究例があるので、ここではそれらを算出することはせず、研究結果を利用することとする（内嶋、清野、1986）。RDI および R_n から算出された植生毎の NPP は第 2.3.1-9 表の通りである。

第 2.3.1-9 表 植生毎の NPP

	Rn kcal/cm²	RDI	NPP t 乾物/ha・年
熱帯雨林	85	0.7	22.2
常緑広葉樹	65	0.7	17.0
夏緑広葉樹	45	0.7	11.7
亜寒帯針葉樹林	25	0.7	6.5
夏緑針葉樹林	15	0.7	3.9
サバンナ	50	1.7	7.8
ステップ	38	1.7	5.9
乾性ステップ	40	2.8	2.1
ツンドラ	8	0.2	2.3

（注）RDI および R_n については、内嶋、清野（1986）による図から読みとったの

ここで算出された植生毎の NPP をオルソンの陸域生態系の分類に対応させて、GIS の地点データと結合させる。水没地域の面積と、地点毎の NPP を乗じることによって水没地域の NPP 損失量が算出される（第 2.3.1-8 図）。

第 2.3.1-10 表 CO2 濃度二倍時の水没による NPP 損失量

	緯度	固定炭素損失量(千t-C)
北半球	75以上	8,118
	60～75	110,128
	45～60	312,515
	30～45	144,180
	15～30	535,750
	0～15	512,873
	計	1,623,564
南半球	-15～0	2,020,055
	-30～-15	179,120
	-45～-30	126,241
	-45～-60	63,987
	計	2,389,392
合計		4,012,956

＜期間毎評価＞

年毎の水没によって失われる植物貯蔵炭素量は、年毎の損失土地面積から算出される。従って、損失土地面積と同様に、海面上昇の一次関数となり、以下の式によって算出される。

$$\Delta NPP_{LL}(t) = \Delta NPP_{LL}(CO2x2) \times (\Delta s(t) / 50)$$

ここで、ΔNPPLL(t)はある時点の水没による NPP 損失量、ΔNPPLL(CO2x2)は海面が 50cm 上昇した時の水没による NPP 損失量（ベンチマーク評価）、Δs(t)はある時点の海面上昇量である。

各年の CO2 排出量と 40 年後の NPP 損失量から CO2 単位当たりの損失植物貯蔵炭素量が算出される。

第 2.3.1-10 表 10 年毎の CO2 排出による海面上昇を通じての水没土地面積と損失 NPP 量

年	前5年間のCO2排出量 (Gt-C)	海面上昇水没面積 (km2)	海面上昇水没NPP損失量 (10^3t-乾物)	前10年の海面上昇水没面積 (km2)	前10年の海面上昇水没NPP損失量 (10^3t-乾物)	単位CO2排出量あたり 海面上昇水没面積 (km2/Gt-C)	単位CO2排出量あたり 海面上昇水没NPP損失量 (10^3t-乾物/Gt-C)
1995	71.3	0	0			1,865.37	984.11
2005	83.8	132,964	70,147	132,964	70,147.23	1,731.64	913.56
2015	98.4	233,693	123,289	100,730	53,141.84	2,210.25	1,166.05
2025	113.6	398,891	210,442	165,197	87,152.62	1,985.53	1,047.50
2035	126.1	531,854	280,589	132,964	70,147.23	1,980.42	1,044.81
2045	135.3	676,905	357,113	145,051	76,524.25	1,786.26	942.37
2055	144.8	894,482	471,900	217,577	114,786.38	1,614.13	851.56
2065	156.0	1,120,117	590,937	225,635	119,037.73		
2075	167.6	1,369,927	722,729	249,810	131,791.77		
2085	179.2	1,611,679	850,269	241,752	127,540.42		
2095	190.8	1,845,373	973,559	233,693	123,289.08		

（注）CO2 排出は 40 年後の海面上昇に反映するという時間差を考慮して、単位排出量あたりの海面上昇を算定している。

(6)生態系

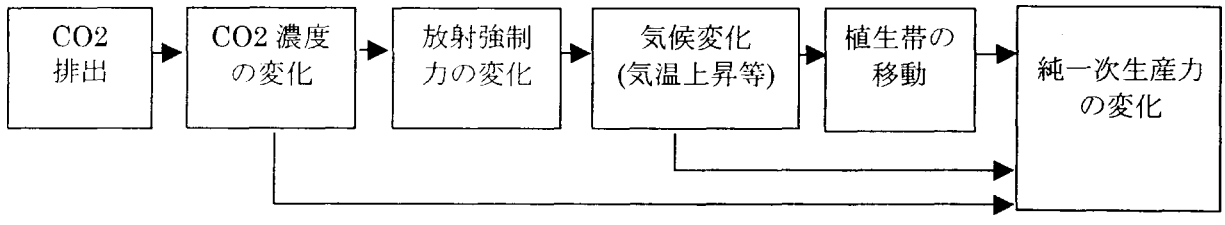
a. 評価対象と評価の考え方

被害項目は以下のように整理される。しかしIPCCの影響評価をはじめとする温暖化の生態系への影響ついての既存の研究では、その影響を定量的に評価したものは、ほとんど見当たらない。ただし、IPCCの報告のWG1中で、温暖化への陸上生態系の応答として純一次生産力（NPP）変化の予測評価が行なわれている。ここで取り上げられた理由としては、温暖化との相互の影響の検討の他に、生態系が植生をスタート点とした食物連鎖で成り立っていることもあげられる。植生に現れる影響が動物にも連鎖していくためである。IPCCでは全ての動物は、究極的には直接、間接的に、植物の炭酸同化作用によるエネルギーによっていると記述されている。本調査では、このような考えから、生態系については純一次生産力について影響評価を行なうことで代表させることとする。

第2.3.1-11表 海面上昇における被害項目等の分類

被害分野	ｶﾃｺﾞﾘ・ｴﾝﾄﾞﾎﾟｲﾝﾄ	被害項目	指標
自然生態系への影響	地上生態系	◎植物	？
		動物	純一次生産量
	水棲生態系	海洋生物	（tC、乾物t）
		淡水生物	
	生物学的多様性	微生物	

純一次生産力への影響については、簡略化すると以下のようなフローが考えられる。純一次生産力の変化に関しては主に3つの影響が考えられる。1つはCO2濃度の上昇が肥料効果による光合成の増加によって純一次生産に影響を与えるものである。もう1つは、気温上昇等の気候変化が葉面蒸散の抑制や植物呼吸の増加を通じて純一次生産に影響を与えるものである。最後の1つは気候の変化に対応して植生帯が移動することによるものである。ここでは、それぞれの連関について検討を行うと共に、モデル分析の結果を中心に全ての影響をまとめたものについても分析を行う。



第2.3.1-9図 CO_2排出から純一次生産力（NPP）への影響の流れ

b. 影響の種類

○CO2濃度の上昇の影響

CO2濃度の増加は肥料効果をもたらす。これらは、実際の生態系を前提として行われた実験で確かめられている。

○気候変化の影響

気温の上昇は土壌水分を減少させ、その結果葉面蒸散の抑制させる分、光合成を抑制する。気温の上昇は植物呼吸を増加させ、純一次生産を減少させる方向に働く。

○植生帯の移動による影響

温暖化による気温の上昇によって植生帯は北へ移動すると考えられる。その一方、乾燥地域については拡大も予想されている。

b. 複合的影響

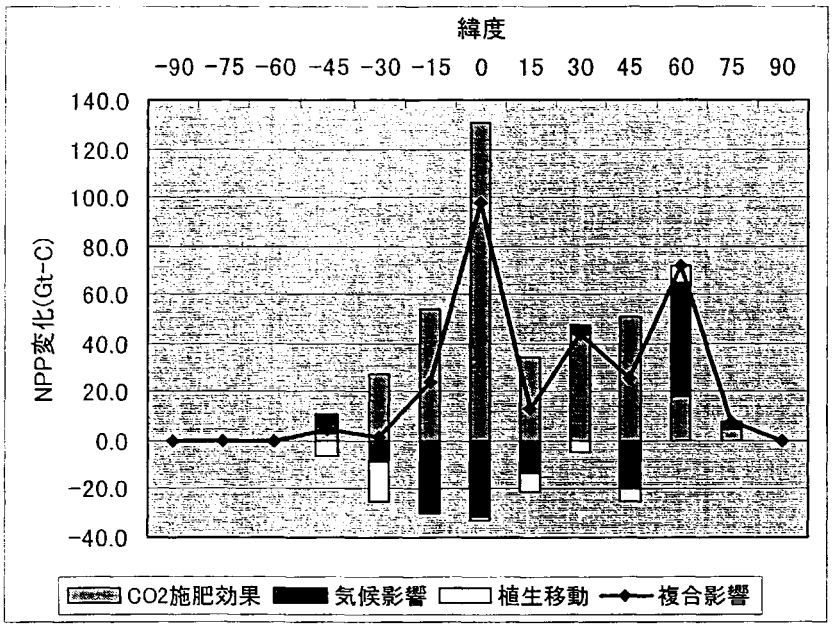
＜ベンチマーク評価－CO2 濃度二倍時＞

実験室等での影響分析の以外では、純一次生産力への影響は生態系モデルによって評価される。主要な既存の生態系モデルは Melillo et al によるものと、Alcamo によるものである。

ここでは、IPCC の報告の中でも、重視されている Melillo のモデル分析結果を採用することとする（Melillo et al. 1995)。ここで分析が行なわれている３つの影響を合わせた複合的な影響の評価によると、CO2 の肥料効果は、他のマイナスの影響を上回ると予想されており、全体では正の増加となっている。

ただし、３つの影響の中では、CO2 の肥料効果は温暖化の影響とは言えず、CO2 濃度が直接的に影響するものである。したがって、CO2 以外の温室効果ガスでは現れないものである。そこで、影響を大きく CO2 濃度による影響と温暖化による気候変動を通じての影響と２つに分けて、期間別の分析を行なうこととする。

第 2.3.1-10 図 純一次生産力への影響への複合的影響資料）Melillo(1995)の図を元に改変



第 2.3.1-12 表 純一次生産力への影響への複合的影響

緯度	CO2施肥効果	気候影響	複合影響
75	4.5	3.0	7.5
60	18.0	54.0	72.0
45	51.0	-25.5	25.5
30	43.5	0.0	43.5
15	34.5	-21.0	13.5
0	130.5	-33.0	97.5
-15	54.0	-30.0	24.0
-30	27.0	-25.5	1.5
-45	3.0	1.5	4.5
-60	0.0	0.0	0.0
-75	0.0	0.0	0.0
計	366.0	-76.5	289.5

注）緯度は±7.5 度の値を含む。Melillo(1995)の図を元に推定。気候影響は、複合影響から CO2 施肥効果を差し引いて算出した。

＜期間毎評価＞

年毎の NPP の増減については、CO2 施肥効果と、気候変動（温暖化）影響を別々に算出する。CO2 施肥効果による年毎の NPP の増減は、CO2 濃度の関数として以下の式で表す。

$$\Delta NPP_{CO2}(t) = \Delta NPP_{CO2}(CO2x2) \times (\Delta M(t) / \Delta M(CO2x2))$$

ここで、$\Delta NPP_{CO2}(t)$はある時点の CO2 施肥効果による NPP 増減量、$\Delta NPP_{CO2}(CO2x2)$は CO2 濃度二倍時の CO2 施肥効果による NPP 増減量（ベンチマーク評価）、$\Delta M(t)$はある時点の CO2 濃度、$\Delta M(CO2x2)$ CO2 濃度二倍時の CO2 濃度である。

気候変動（温暖化）影響は年毎の NPP の増減は、乾燥度などいくつかの変数で説明されると考えられるが、それらと関係をもつ気温の関数の関数として表すことにする。

$$\Delta NPP_{climate}(t) = \Delta NPP_{climate}(CO2x2) \times (\Delta T(t) / \Delta T(CO2x2))$$

ここで、$\Delta NPP_{CO2}(t)$はある時点の気候変動による NPP 増減量、$\Delta NPP_{CO2}(CO2x2)$は CO2 濃度二倍時の気候変動による NPP 増減量（ベンチマーク評価）、$\Delta Tt)$はある時点の CO2 に起因する気温上昇分、$\Delta T(CO2x2)$ CO2 濃度二倍時の気温上昇分である。

各年の CO2 排出量と次の年の NPP 量から CO2 単位当たりの NPP 増加または減少量が算出される。

第 2.3.1-13 表 年毎の NPP に対しての CO2 施肥効果と気候変動影

年	前10年間のCO2排出量 (Gt-C)	NPPCO2施肥効果 (Gt-C)	前10年の施肥効果 (Gt-C)	NPP気候変動影響 (Gt-C)	前10年の気候変動影響 (Gt-C/年)	単位CO2排出量あたり 施肥効果 (10^6t-C/Gt-C)	気候変動影響 (10^6t-C/Gt-C)
1995	71.3	0.00		0.00			
2005	83.8	-25.14	-25.14	4.86	4.86	-300.16	58.05
2015	98.4	-53.54	-28.39	10.26	5.40	-288.44	54.83
2025	113.6	-85.10	-31.57	16.13	5.87	-277.78	51.62
2035	126.1	-118.61	-33.50	22.29	6.17	-265.60	48.88
2045	135.3	-152.72	-34.11	28.49	6.20	-252.06	45.78
2055	144.8	-187.48	-34.76	34.61	6.12	-240.12	42.26
2065	156.0	-223.49	-36.01	40.66	6.05	-230.80	38.78
2075	167.6	-260.77	-37.28	46.65	6.00	-222.41	35.77
2085	179.2	-299.22	-38.45	52.57	5.92	-214.53	33.05
2095	190.8	-338.75	-39.52	58.40	5.83	-207.12	30.55

(7)まとめ

地球温暖化の被害は多分野にわたるため、被害分野のスクリーニングを行い、本年度は海面上昇の影響と生態系への影響を調査した。海面上昇については、水没による損失土地面積、損失純一次生産力（NPP）、損失植物固定炭素量について評価し、生態系については純一次生産力（NPP）の変化について評価を行う事にした。

CO2 排出に関しては、IPCC の排出シナリオをもとに、DICE モデルを使用して各年の排出量の予測を行った。一方、被害については、CO2 濃度二倍時のベンチマーク評価（海面上昇については 2100 年 0.5m 上昇）を行い、その時点での CO2 排出量当たりの地球温暖化被害を算出した。ベンチマーク評価をもとに経年の被害を算出し、各年（各期間）の排出量で除して、排出量当たりの被害を算出した。2015 までの 10 年毎の排出量当たりの被害は表の通りである。

第 2.3.1-14 表 2015 までの 10 年毎の排出量当たりの被害

	海面上昇		生態系	
	海面上昇 水没面積 (km2/Gt-C)	海面上昇水没 NPP損失量 (10^3t-乾物/Gt-C)	施肥効果 NPP変化 (10^6t-C/Gt-C)	気候変動影響 NPP変化 (10^6t-C/Gt-C)
2005	1,731.64	913.56	-300.16	58.05
2015	2,210.25	1,166.05	-288.44	54.83

温暖化の被害予測評価は、不確実性が多く評価の精度を上げる事は非常に難しい。本調査でもこの事を十分認識した上で、LCA 的な視点をもとに被害のオーダーを推定するという考え方で調査を行った。しかしながら、影響発生年次を一定とする点や、気温変化の速度の影響を無視している点等が、現在の世界的の研究動向とは異なる点となっている。また、海面上昇においては国別の対策レベルについて納得できる想定が必要である。これらが、今後取組むべき課題として挙げられる。

2.3.2 オゾン層破壊

(1) オゾン層破壊問題

オゾン層破壊問題とは、人為起源物質であるフロンなどのハロゲン化炭素に起因する地球環境問題である。フロンは対流圏中では極めて安定であるが、成層圏では強い紫外線により塩素や臭素を遊離させ、これがオゾンを連鎖的に破壊して成層圏のオゾンを減少させる。その結果、①地上紫外線の増加による生物への影響、②成層圏の熱源などオゾン層が持つ気候上の役割への影響、③地上紫外線の増加による材料への影響などが生じることが懸念されている。生物へ影響のみを取り上げても、紫外線による人間の健康への影響（皮膚癌、白内障および免疫力低下）、植物の光合成機能への影響、水生生物への影響など、その範囲は多岐にわたる。

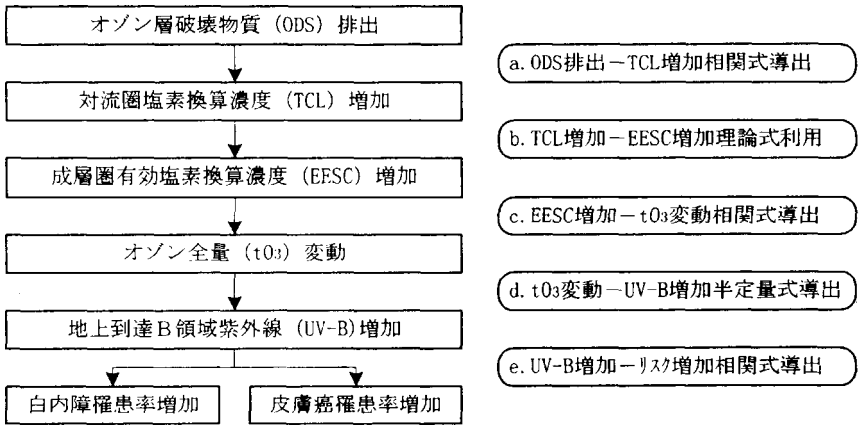
(2) 調査目的

これまで LCA では、オゾン層破壊物質（ODS：Ozone Depleting Substances）の排出量にオゾン破壊係数（ODP：Ozone Depleting Potential）を乗じた値［ODP･t］によってODS の排出を評価していた。ODP は、ある ODS のライフタイムにおけるオゾン破壊量を、CFC-11 を基準とした相対値に換算したものである。ODP は ODS 排出量削減のための政策判断に有効なツールと考えられるが、その定義上、オゾン破壊により生じる影響を考慮しておらず、LCA においてインパクト評価を行うには不十分といえる。

本調査は、オゾン層破壊の影響に関するダメージ関数の構築を目的とした。ただし、オゾン破壊による影響は多岐にわたることから、本調査ではオゾン層破壊による人の健康への影響のうち、①皮膚癌および②白内障のみを対象とした。

(3) 調査方法

オゾン層破壊に関連する個々のプロセス、すなわち ODS の排出から皮膚癌および白内障のリスク増加までについて、既存の知見およびデータを収集し、これらを関連づけることにより、ODS の排出に対する皮膚癌および白内障のダメージ関数の構築を行った。各調査項目のフローは第 2.3.2－1 図に示すとおりである。



第 2.3.2－1 図　ダメージ関数（オゾン層破壊）作成フロー

(4) ダメージ関数の構築（オゾン層破壊）

a　オゾン層破壊物質の排出による対流圏塩素換算濃度の増加

ODS 排出に対する塩素 Cl・臭素 Br の対流圏濃度増加を与える回帰係数を作成した。

Cl ・ Br の対流圏濃度は、Daniel 他(1995)に基づき TCL（Tropospheric Chlorine Loading：対流圏塩素換算濃度）であらわした。TCL［pptv＝pmol/mol＝10^{12}分の 1］は式(2.3.2-1)のように定義される。ここで、X は各 ODS、nCl および nBr は X 1 分子中の Cl および Br 原子数、α はオゾン破壊能の Br/Cl 比、そして $C(X)_{trop}$ は X の対流圏濃度[pptv]をあらわす。α は Daniel 他(1995)および WMO（1994）に基づき 40 とした。

$$TCL = \sum_{X} \{ nCl(X) + nBr(X) \cdot \alpha \} \cdot C(X)_{trop} \qquad (2.3.2\text{-}1)$$

ｲ　CFC-11 の回帰係数（基本値）

全球の年次別 CFC-11 排出量は Kaye 他(1994)より得た。一方、CFC-11 対流圏濃度は NOAA の CMDL（Climate Monitoring and Diagnostic Laboratory）のデータセットに基づき各年初頭の値を求めた。これを TCL に換算した後、各年の差を当該年における TCL 増加量、dTCL(CFC-11)/dt とした。

CFC-11 の排出量が減少し始めた 1988 年以降 1991 年までのデータを用いて、CFC-11 の排出量[kt]に対する dTCL(CFC-11)/dt[pptv]の傾き、すなわち CFC-11 の回帰係数を求めた。その結果、0.081 という値が得られた。

ﾛ　他の ODS の回帰係数

他の ODS の回帰係数は、CFC-11 の回帰係数を Cl ・ Br 原子数により補正することによりあらわされると仮定した。補正式は式(2.3.2-2)のとおりである。同式により求めた各 ODS の回帰係数は第 2.3.2－1 表に示すとおりである。なお、この回帰係数は、物質 X の排出量[kt]を乗じることにより、X に起因する正味の TCL 増加、dTCL(X)/dt[pptv]を与えるものである。

回帰係数(X) ＝ 回帰係数(CFC-11)・原子数補正係数A　　(2.3.2-2)

A ＝ ODS(X)1ｇ中 Cl 換算原子数／CFC-11 1ｇ中 Cl 換算原子数

ODS(X)1ｇ中 Cl 換算原子数 ＝ (nCl(X)＋nBr(X)・α)／分子量(x)

α ＝ 40 （Br のオゾン破壊能が Cl の 40 倍との仮定より）

第 2.3.2－1 表　各 ODS の dTCL(X)/dt 回帰係数

ODS名		化学式	分子量	分子中原子数		係数A	回帰係数
				Cl	Br		
CFCs	CFC-11	CCl_3F	137.4	3		1.000	0.081
	CFC-12	CCl_2F_2	120.9	2		0.757	0.061
	CFC-113	CCl_2FCClF_2	187.4	3		0.733	0.059
Halons	Halon-1211	CF_2ClBr	165.4	1	1	11.353	0.920
	Halon-1301	CF_3Br	148.9		1	12.300	0.996
四塩化炭素		CCl_4	153.8	4		1.191	0.096
1,1,1-トリクロロエタン		CH_3CCl_3	133.4	3		1.030	0.083
HCFCs	HCFC-22	CHF_2Cl	86.5	1		0.530	0.043
	HCFC-123	CF_3CHCl_2	152.9	2		0.599	0.049
	HCFC-124	CF_3CHFCl	136.5	1		0.336	0.027
	HCFC-141b	$CFCl_2CH_3$	117.0	2		0.783	0.063
	HCFC-142b	CF_2ClCH_3	100.5	1		0.456	0.037
臭化メチル		CH_3Br	94.9		1	19.292	1.563

b　対流圏塩素換算濃度の増加による成層圏有効塩素換算濃度の増加

対流圏の ODS すなわち TCL が増加することにより成層圏の ODS がどれだけ増加するかを推計した。成層圏では ODS から遊離した Cl ・ Br のみがオゾン破壊に寄与する。成層圏においてオゾン破壊に寄与しうる Cl ・ Br の Cl 換算濃度は、Daniel 他(1995)により、EESC（Equivalent Effective Stratospheric Chlorine：成層圏有効塩素換算濃度）と定義され、次式のようにあらわされる。ここで、ある年次 t の EESC を求めるための TCL が t-3 と 3 年ずれているのは、対流圏の空気が成層圏に入り込むには大気の大循環上のタイムラグがあり、それは概ね 3 年といわれることによる（WMO,1994 など）。

$$EESC_t = \Sigma (nCl(X) + nBr(X) \cdot \alpha) \cdot C(X)_{trop.\ t-3} \cdot FC(X)$$
$$= \Sigma\ TCL(X)_{t-3} \cdot FC(X) \qquad (2.3.2\text{-}3)$$

式(2.3.2-3)中の FC(X)は成層圏における X 中の Cl ・ Br の遊離しやすさ(Fractional Chlorine Release：塩素等遊離係数）をあらわし、次式のように定義される。ここで、$\mu_{entry}(X)$は成層圏に入り込む X の濃度、$\mu_{\phi,z}(X)$は緯度ϕおよび高度 Z における X の濃度をあらわす。FC(X)は 0～1 の値をとり、1 であれば X は成層圏において全ての Cl ・ Br を遊離させることを示す。

$$FC(X) = (\mu_{entry}(X) - \mu_{\phi,z}(X)) / \mu_{entry}(X) \qquad (2.3.2\text{-}4)$$

ｲ　各オゾン層破壊物質の塩素等遊離係数

FC は緯度・高度により異なり、厳密に求めるためには全球規模のデータが必要であるが、Daniel 他(1995)に CFC-11 の FC に対する各 ODS の FC の比が示されていたことから、本調査ではこれを利用して簡易に求めた。ただし、Daniel 他(1995)には基準となる CFC-11 の FC 値が示されていなかったため、この推計を行った。

CFC-11 の FC は、三陸上空における CFC-11 濃度の高度分布を示すグラフ（環境

庁,1998）から、高度 Z[km]および、高度 Z における CFC-11 濃度 $C(CFC\text{-}11)_Z$[pptv]を読み取って推計した。各高度の気圧 P_Z[hPa]を重みとして求めた CFC-11 の加重平均濃度を式(2.3.2-4)の $\mu_{\phi\cdot z}$ とし、圏界面における CFC-11 濃度を同式の μ_{entry} とした。P_Z は高度の関数として簡易に与えた。この結果、CFC-11 の FC は 0.59 と推計された。これは成層圏に流入する CFC-11 の 59%が成層圏中で分解することを示す。この値は三陸上空のデータより得られたものであるが便宜的に全球に適用した。

ロ　各オゾン層破壊物質の成層圏有効塩素換算濃度の増加を与える回帰係数

2.3.2(4)a において求めた各 ODS の dTCL(X)/dt 回帰係数に上記の FC(X)を乗じて、地上における X の排出に対して、成層圏における EESC(X)の増加を与える回帰係数を求めた。その結果は第 2.3.2-2 表に示すとおりである。

$$dEESC(X)/dt[pptv] = dEESC(X)/dt\ 回帰係数 \cdot 排出量(X)[kt] \qquad (2.3.2\text{-}5)$$

$$dEESC(X)/dt\ 回帰係数 = dTCL(X)/dt\ 回帰係数 \cdot FC(X) \qquad (2.3.2\text{-}6)$$

第 2.3.2－2 表　各 ODS の dEESC(X)/dt 回帰係数

			dTCL(X)/dt 回帰係数	FC(X)	dEESC(X)/dt 回帰係数
附属書A	CFCs	CFC-11	0.081	0.59	0.048
		CFC-12	0.061	0.35	0.022
		CFC-113	0.059	0.44	0.026
	Halons	Halon-1211	0.920	0.65	0.597
		Halon-1301	0.996	0.47	0.470
附属書B	四塩化炭素		0.096	0.63	0.060
	1,1,1-トリクロロエタン		0.083	0.64	0.053
附属書C	HCFCs	HCFC-22	0.043	0.21	0.009
		HCFC-123	0.049	0.65	0.032
		HCFC-124	0.027	0.31	0.008
		HCFC-141b	0.063	0.42	0.027
		HCFC-142b	0.037	0.21	0.008
附属書E	臭化メチル		1.563	0.64	0.996

＊dEESC(X)/dt回帰係数 ＝ dTCL(X)/dt回帰係数 ・ FC(X)

＊dEESC(X)/dt [pptv] ＝ dEESC(X)回帰係数 ・ 排出量(X) [kt]

ハ　オゾン層破壊物質排出後の成層圏有効塩素換算濃度（総量）

各 ODS の dEESC(X)/dt の積算値 ΣdEESC(X)/dt を、1998 年（基準年＋3 年）の EESC に加算することにより、ODS 排出後の EESC（以降、$EESC_{1998+ODS}$）とした。1998 年の EESC は WMO（1994）の EESC グラフより読み取り、3276 pptv とした。

c　成層圏有効塩素換算濃度の増加によるオゾン全量の変動

EESC とオゾン全量の相関を求めて、EESC の変動に対するオゾン全量の変動を与える回帰式群を作成した。オゾン全量とは、大気柱の上端から地上までの全てのオゾン量を示し、対流圏中のオゾンも含まれるが、大気中のオゾンの約 9 割は成層圏に存在する（WMO,1994）ことから、オゾン全量の変動は成層圏オゾンの変動を指標するものと仮定した。

イ　成層圏有効塩素換算濃度の経年変化

過去の EESC のトレンドを WMO (1994) のグラフより読み取った。オゾン全量のトレンドが 1978～1993 年の範囲で得られたことから、EESC は 1975～1995 年の値を読み取り、1975～1995 年の任意の時点での EESC を与える近似式を作成した。

ロ　オゾン全量の経年変化

過去のオゾン全量のトレンドは、人工衛星 Nimbus-7 搭載の TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) データを利用した。観測期間は 1978 年 11 月～1993 年 4 月であり、5° 刻みの緯度帯別・月別のオゾン全量が示されている。

本調査では、各緯度帯の面積を重みとした 10° 刻みの加重平均を求め、さらに 12-2 月（北半球の冬季）、3-5 月（同春季）、6-8 月（同夏季）および 9-11 月（同秋季）を季節区分として算術平均することにより、10° 刻み緯度帯別・季節別のオゾン全量トレンドを求めた。

ハ　成層圏有効塩素換算濃度とオゾン全量との関係

EESC は緯度帯によらず同値と仮定したうえで、EESC に対して各緯度帯のオゾン全量を与える回帰式群を作成した。ただし、極夜が起こる地域では衛星データが得られず、北緯 60° 以北および南緯 60° 以南では全季節の回帰式を求められなかった。したがって、本調査では評価対象とする緯度帯を北緯 60° ～南緯 60° の範囲とした。

第 2.3.2－3 表　EESC－オゾン全量回帰式

	12-2月(北半球の冬)	3-5月(北半球の春)	6-8月(北半球の夏)	9-11月(北半球の秋)
北緯80-90	－	－	-0.0059 EESC＋ 343.93	－
北緯70-80	－	-0.0310 EESC＋ 503.91	-0.0051 EESC＋ 341.94	－
北緯60-70	－	-0.0284 EESC＋ 489.31	-0.0077 EESC＋ 353.88	－
北緯50-60	-0.0222 EESC＋ 430.27	-0.0261 EESC＋ 466.61	-0.0069 EESC＋ 360.20	-0.0123 EESC＋ 345.61
北緯40-50	-0.0275 EESC＋ 419.69	-0.0232 EESC＋ 431.72	-0.0053 EESC＋ 342.10	-0.0098 EESC＋ 325.72
北緯30-40	-0.0197 EESC＋ 351.03	-0.0143 EESC＋ 365.35	-0.0040 EESC＋ 314.19	-0.0066 EESC＋ 297.64
北緯20-30	-0.0100 EESC＋ 286.17	-0.0043 EESC＋ 301.71	-0.0020 EESC＋ 294.12	-0.0054 EESC＋ 282.73
北緯10-20	-0.0041 EESC＋ 256.45	-0.0005 EESC＋ 269.62	-0.0020 EESC＋ 284.19	-0.0034 EESC＋ 273.99
赤道-北緯10	0.0018 EESC＋ 244.74	-0.0001 EESC＋ 260.14	-0.0025 EESC＋ 277.84	-0.0009 EESC＋ 268.46
赤道-南緯10	0.0021 EESC＋ 252.04	-0.0002 EESC＋ 259.59	-0.0046 EESC＋ 272.18	-0.0025 EESC＋ 272.13
南緯10-20	-0.0014 EESC＋ 267.90	-0.0026 EESC＋ 265.45	-0.0078 EESC＋ 278.92	-0.0044 EESC＋ 283.20
南緯20-30	-0.0051 EESC＋ 284.32	-0.0048 EESC＋ 277.07	-0.0078 EESC＋ 295.37	-0.0047 EESC＋ 304.07
南緯30-40	-0.0102 EESC＋ 311.29	-0.0082 EESC＋ 297.92	-0.0118 EESC＋ 336.25	-0.0082 EESC＋ 342.57
南緯40-50	-0.0156 EESC＋ 343.80	-0.0114 EESC＋ 319.99	-0.0150 EESC＋ 365.41	-0.0135 EESC＋ 382.27
南緯50-60	-0.0214 EESC＋ 376.50	-0.0136 EESC＋ 338.47	-0.0190 EESC＋ 374.44	-0.0309 EESC＋ 436.35
南緯60-70	-0.0233 EESC＋ 381.87	－	－	-0.0620 EESC＋ 478.55
南緯70-80	-0.0259 EESC＋ 375.97	－	－	-0.0804 EESC＋ 463.33
南緯80-90	-0.0292 EESC＋ 377.22	－	－	－

d　オゾン全量の変動による地上 UV-B 量の変動

既存の観測データなどを用いて、オゾン全量と地上 UV-B 量の関係などを求めた。

イ　オゾン全量と地上 UV-B 量の関係

i　オゾンの UV-B 吸収についての光学的厚さ

オゾンの紫外線吸収についての波長別吸収断面積を Houghton(1986) より得て、各波長帯（290-300nm、300-310nm および 310-320nm）平均吸収断面積を求めた。

オゾン 1 分子の波長別平均吸収断面積とオゾン全量を用いて、その大気柱に含

まれる全オゾンの紫外線吸収断面積の和、すなわち、オゾンの UV-B 吸収についての光学的厚さ τ_{03} [$m^{-1}\cdot nm^{-1}$] を理論的に求めた。

ii　大気の見かけ光学的厚さ

上記のオゾンの光学的厚さとは太陽からの直達光に対するものであるが、地上に到達する UV-B はオゾンによる吸収の影響のみならず、空気分子による散乱およびエアロゾルによる散乱吸収などの影響を受ける。また地上に到達する UV-B は太陽からの直達光のみではなく、大気を通過中に散乱された散乱光も含む（直達光と散乱光の和が全天光である）。したがって、オゾンの光学的厚さのみでは地上における UV-B 量を推計することはできない。

大気を通過する太陽光の強度は放射伝達の理論を用いることにより推計可能であるが、放射伝達方程式を厳密に解くことは困難であり、解析解を得るためにも近似解式を構築して多くのデータを集める必要があることから、本調査においてその適用は困難と判断して、次に示す簡易な方法を用いた。

オゾン層観測年報第 8 号（気象庁、1998）より、国内 4 ヶ所（札幌、つくば、鹿児島、那覇）におけるオゾン全量と地上 UV-B 量（全天光）を得た。データ数が多いことから 1995 年のデータのみを利用した。晴天時におけるオゾン全量、ほぼ同時刻に測定された UV-B 全天光（波長帯別）および太陽天頂角 ZA（天頂からの太陽の角度：天頂ならば 0° 地平線ならば 90° ）を抽出した。

次に、大気上端における UV-B（波長帯別）を理論的に算出した。

大気上端 UV-B 理論値 I_0 と地上 UV-B 観測値 I を用いて、その減衰が直達光の減衰式、$I = I_0 \cdot e^{-\tau/\cos ZA}$ によりあらわされると仮定したうえで、見かけの光学的厚さ τ を求めた。τ_{03} と UV-B 全天光との相関を求めずに見かけの τ を求めた理由は、大気路程の影響を消去するためである（大気路程＝1／cosZA、太陽光が斜めに射すほど大気中を通過する距離が長くなり散乱吸収をより受ける）。

iii　オゾンの光学的厚さと大気の見かけ光学的厚さの関係

τ_{03} はオゾン全量の関数として理論的に求められる。これと τ_{03} と τ の相関を組み合わせて、オゾン全量により τ を与える回帰式を作成した。

ロ　基準となる年次の地上 UV-B 量

基準年（1995 年）+3 年（タイムラグ分）における緯度帯平均地上 UV-B 量を推計した。ただし、用いたデータが晴天時のみのものであること、諸データを簡略化したことなどから、実際の地上 UV-B 量とは一致しない。地上 UV-B 量の変動の指標として位置づけられる。

1998 年を対象として、大気上端 UV-B、見かけ光学的厚さ τ および太陽天頂角 ZA の季節平均値を求めた。τ および ZA は緯度帯別に求めた。

大気上端 UV-B は、太陽定数の UV-B 成分に、地球－太陽間距離補正係数の季節平均値を乗じて算出した。τ は、オゾン全量により τ を与える回帰式に基づき求めた。ZA の季節平均値は、大気上端における日積算 UV-B 量を理論的に算出した上で、日照時間と同じ時間で先の日積算 UV-B 量を与える一定の太陽天頂角を求めた。日照時

間は、各緯度帯の中心緯度における季節平均値とした。

大気上端 UV-B 量 I_0、τ および ZA の季節平均値を $I=I_0 \cdot e^{-\tau/\cos ZA}$ に代入して、地上における緯度帯別季節平均 UV-B 量 [$W \cdot m^{-2}$]（入射方向に垂直な面に対する放射強度）を求め、さらに cosZA を乗じて水平面に対する放射強度とした。これに当該季節の日照時間を乗じたものを期間積算地上 UV-B 量 [$kJ \cdot m^{-2} \cdot$期間$^{-1}$]とした。

ハ　オゾン層破壊物質排出後の地上 UV-B 量

ODS 排出後の地上 UV-B 量は基本的に上記と同様に求めた。ただし、τ は ODS 排出後の $\tau_{1998+ODS}$ を用いた。大気上端 UV-B 量、日照時間および太陽天頂角は基準となる年次と同じ値を用いた。

e　地上 UV-B 量の変動による健康リスクの変動

UV-B 暴露に関する人の健康のリスクとして、皮膚癌および白内障を取り上げた。いずれも UV-B の長期的な暴露が発症の一因と考えられている病変である。

イ　地上 UV-B 量の変動による皮膚癌罹患者数の変動

はじめに、基準となる年次の緯度帯別年積算地上UV-B量を用いて、年積算地上UV-B量を緯度の関数として与える近似式を作成した。

次に、既存の癌罹患率データベース（Ferlay 他,1997）に基づき、主な国・地域における皮膚癌の罹患率を把握し、各データの地理的位置から、その中心にあたる緯度の値を与えた。皮膚癌の種別は、利用したデータベースの区分にしたがい、①悪性黒色腫および、②その他皮膚癌とした。

当該国・地域の中心緯度を年積算地上 UV-B 量の近似式に代入して、年積算 UV-B 量と皮膚癌罹患率の回帰式を求めた。その結果は第 2.3.2－4 表に示すとおりである。

第 2.3.2－4 表　年積算地上 UV-B による皮膚癌罹患率の回帰式

悪性黒色腫	白色人種	北半球	y = 0.5907x + 2.892
		南半球	y = 0.7394x + 19.546
	黄色人種	北半球	y = 0.0471x + 0.0355
		南半球	逆相関を示した
	黒色人種	北半球	y = 0.0026x + 0.6043
		南半球	データなし
その他皮膚癌	白色人種	北半球	y = 1.9759x + 21.795
		南半球	データなし
	黄色人種	北半球	y = 0.3772x - 2.2271
		南半球	y = 3.4163x - 1.5338
	黒色人種	北半球	y = 0.2592x - 1.1184
		南半球	データなし

＊y：ASR.世界平均の年齢階級より補正した皮膚癌罹患率（人/10万人・年）
x：年間積算地上UV-B（$MJ \cdot m^{-2} \cdot$年$^{-1}$）

ODS 排出後の年積算地上 UV-B 量をこの回帰式に代入して、ODS 排出後の皮膚癌罹患率を推計した。ODS 排出後の皮膚癌罹患率と基準年（1998 年）の皮膚癌罹患率を比較することにより罹患率の変化を求めた。

この罹患率の変動は、ある量の ODS を 1 年間に放出した場合の、「初期の」罹患率の変動をあらわすものである。実際には大気中に放出された ODS はそのライフタ

イムにより徐々に濃度が低下するため、ある ODS の排出による総影響を推計するためにはライフタイムを考慮した補正が必要である。本調査では、初期の罹患率の変動をライムタイム全体の罹患者数の変動に換算する係数を次のように求めた。

大気中に放出された ODS の初期濃度を 1 とし、経時的な濃度 C が e^{-kt} によりあらわされると仮定した。k は大気中寿命に依存する係数、t は時間[年]であり排出時の t を 0 と考えた。C が初期の 1000 分の 1 となった時を寿命と仮定し、既存のライフタイムデータ（WMO,1994）を利用して各 ODS の k を求め、C を大気中寿命において積分した。この値を、ライフタイム全体の罹患者数補正係数とした。

初期の罹患率の変動に補正係数を乗じて「ある ODS の排出による皮膚癌罹患者増加数」とした。この値は、ある 1 年間に新たに排出された ODS のライフタイム全体における皮膚癌罹患者数の増加を示すものである。

□ 地上 UV-B 量の変動による白内障有症率の変動

白内障の疫学データは非常に限られており、本調査で把握することができたデータは、50 歳以上を対象とした、アイスランド、能登およびシンガポールにおける白内障有症率のみであった（環境庁,1998）。

同データは 50 歳以上 10 歳刻みの年齢階級について、白内障有症率を示したものである。これを WHO で用いている世界標準年齢階級別人口（Ferlay 他,1997）を用いて、10 万人あたりの白内障有症率に換算した（第 2.3.2－5 表）。

この結果より、白内障有症率と年間 UV-B 量推計値との間には直線的な関係があることが明らかとなった。しかし、有症率のみでは罹患者数の変動を推計できず、本調査では ODS の排出に伴う白内障のダメージ関数を作成できなかった。

第 2.3.2－5 表　白内障有症率に関する既存データの整理結果

		ﾚｲｷｬﾋﾞｸ	能登	ｼﾝｶﾞﾎﾟｰﾙ
年齢階級別白内障有症率（%）	50歳台	2.4	10.1	15.4
	60歳台	10.5	32.7	51.2
	70歳台	35.8	50.3	78.2
	80歳台以上	62.9	66.4	99.1
白内障有症数（人/10万人）	50歳台	216	909	1386
	60歳台	735	2289	3584
	70歳台	1074	1509	2346
	80歳台以上	629	664	991
10万人あたり白内障有症率（%）		2.65	5.37	8.31
地域が位置する緯度（北緯°）		65.0	37.0	1.0
年間UV-B量推計値（MJ/年）		3.2	8.2	17.1

＊白内障有症率は環境庁研究調査室（1998）より

←

世界標準年齢階級別人口（人/10万人）	
50歳台	9000
60歳台	7000
70歳台	3000
80歳台以上	1000

＊Ferlay他（1997）より

(5) ダメージ関数（オゾン層）試算結果

2.3.2(4)で示した方法にしたがって、主要な ODS の排出による皮膚癌罹患者数の増加を与えるダメージ関数を作成した。悪性黒色腫について求めたダメージ関数を第 2.3.2－6 表に示す。この数値は、各 ODS の当該重量の排出により、そのライフタイム全体で増加する皮膚癌罹患者数（人/10 万人）をあらわす。

第 2.3.2－6 表　皮膚癌（悪性黒色腫）のダメージ関数（1）

物質名	排出量 [kt]	病変名	人種	緯度帯 50-60N	40-50N	30-40N	20-30N	10-20N	0-10N	30-40S	40-50S
CFC-11	100	悪性黒色腫	白	0.004	0.006	0.006	0.004	-	-	0.009	0.009
			黄	-	-	0.001	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	200	悪性黒色腫	白	0.007	0.011	0.013	0.009	-	-	0.017	0.019
			黄	-	-	0.001	0.001	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	500	悪性黒色腫	白	0.018	0.028	0.032	0.022	-	-	0.043	0.046
			黄	-	-	0.003	0.002	0.001	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
CFC-12	100	悪性黒色腫	白	0.003	0.005	0.006	0.004	-	-	0.008	0.009
			黄	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	200	悪性黒色腫	白	0.007	0.010	0.012	0.008	-	-	0.016	0.017
			黄	-	-	0.001	0.001	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	500	悪性黒色腫	白	0.017	0.026	0.029	0.020	-	-	0.040	0.043
			黄	-	-	0.002	0.002	0.001	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
CFC-113	100	悪性黒色腫	白	0.003	0.005	0.006	0.004	-	-	0.008	0.009
			黄	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	200	悪性黒色腫	白	0.007	0.010	0.012	0.008	-	-	0.016	0.017
			黄	-	-	0.001	0.001	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	500	悪性黒色腫	白	0.017	0.026	0.030	0.021	-	-	0.041	0.043
			黄	-	-	0.002	0.002	0.001	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-

第 2.3.2－6 表　皮膚癌（悪性黒色腫）のダメージ関数（2）

物質名	排出量 [kt]	病変名	人種	緯度帯 50-60N	40-50N	30-40N	20-30N	10-20N	0-10N	30-40S	40-50S
Halon -1211	100	悪性黒色腫	白	0.018	0.028	0.032	0.022	-	-	0.043	0.046
			黄	-	-	0.003	0.002	0.001	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	200	悪性黒色腫	白	0.036	0.055	0.063	0.044	-	-	0.087	0.093
			黄	-	-	0.005	0.004	0.002	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	500	悪性黒色腫	白	0.090	0.139	0.159	0.111	-	-	0.219	0.234
			黄	-	-	0.013	0.009	0.005	0.001	-	-
			黒	-	0.001	0.001	0.001	0.000	-	-	-
Ha -1301	100	悪性黒色腫	白	0.046	0.071	0.081	0.056	-	-	0.111	0.119
			黄	-	-	0.006	0.004	0.003	0.001	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	200	悪性黒色腫	白	0.091	0.142	0.162	0.113	-	-	0.223	0.238
			黄	-	-	0.013	0.009	0.005	0.001	-	-
			黒	-	0.001	0.001	0.001	0.000	-	-	-
	500	悪性黒色腫	白	0.230	0.356	0.406	0.283	-	-	0.559	0.597
			黄	-	-	0.032	0.023	0.013	0.003	-	-
			黒	-	0.002	0.002	0.001	0.001	-	-	-
四塩化炭素	100	悪性黒色腫	白	0.004	0.006	0.007	0.005	-	-	0.009	0.010
			黄	-	-	0.001	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	200	悪性黒色腫	白	0.008	0.012	0.013	0.009	-	-	0.018	0.020
			黄	-	-	0.001	0.001	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	500	悪性黒色腫	白	0.019	0.029	0.033	0.023	-	-	0.046	0.049
			黄	-	-	0.003	0.002	0.001	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
1,1,1-トリクロロエチレン	100	悪性黒色腫	白	0.000	0.001	0.001	0.001	-	-	0.001	0.001
			黄	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	200	悪性黒色腫	白	0.001	0.001	0.002	0.001	-	-	0.002	0.002
			黄	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	500	悪性黒色腫	白	0.002	0.003	0.004	0.003	-	-	0.005	0.006
			黄	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
HCFC-22	100	悪性黒色腫	白	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	0.000	0.000
			黄	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	200	悪性黒色腫	白	0.000	0.001	0.001	0.000	-	-	0.001	0.001
			黄	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	500	悪性黒色腫	白	0.001	0.001	0.002	0.001	-	-	0.002	0.002
			黄	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
HCFC-123	100	悪性黒色腫	白	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	0.000	0.000
			黄	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	200	悪性黒色腫	白	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	0.000	0.000
			黄	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	500	悪性黒色腫	白	0.000	0.001	0.001	0.000	-	-	0.001	0.001
			黄	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
HCFC-124	100	悪性黒色腫	白	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	0.000	0.000
			黄	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	200	悪性黒色腫	白	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	0.000	0.000
			黄	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	500	悪性黒色腫	白	0.000	0.001	0.001	0.000	-	-	0.001	0.001
			黄	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
HCFC-141b	100	悪性黒色腫	白	0.000	0.001	0.001	0.000	-	-	0.001	0.001
			黄	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	200	悪性黒色腫	白	0.001	0.001	0.001	0.001	-	-	0.002	0.002
			黄	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
	500	悪性黒色腫	白	0.002	0.003	0.003	0.002	-	-	0.005	0.005
			黄	-	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
			黒	-	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-

第 2.3.2－6 表　皮膚癌（悪性黒色腫）のダメージ関数（3）

物質名	排出量 [kt]	病変名	人種	緯度帯 50-60N	40-50N	30-40N	20-30N	10-20N	0-10N	30-40S	40-50S
HCFC-142b	100	悪性黒色腫	白	0.000	0.000	0.000	0.000	－	－	0.001	0.001
			黄	－	－	0.000	0.000	0.000	0.000	－	－
			黒	－	0.000	0.000	0.000	0.000	－	－	－
	200	悪性黒色腫	白	0.000	0.001	0.001	0.001	－	－	0.001	0.001
			黄	－	－	0.000	0.000	0.000	0.000	－	－
			黒	－	0.000	0.000	0.000	0.000	－	－	－
	500	悪性黒色腫	白	0.001	0.002	0.002	0.001	－	－	0.003	0.003
			黄	－	－	0.000	0.000	0.000	0.000	－	－
			黒	－	0.000	0.000	0.000	0.000	－	－	－
臭化メチル	100	悪性黒色腫	白	0.002	0.003	0.003	0.002	－	－	0.005	0.005
			黄	－	－	0.000	0.000	0.000	0.000	－	－
			黒	－	0.000	0.000	0.000	0.000	－	－	－
	200	悪性黒色腫	白	0.004	0.006	0.007	0.005	－	－	0.009	0.010
			黄	－	－	0.001	0.000	0.000	0.000	－	－
			黒	－	0.000	0.000	0.000	0.000	－	－	－
	500	悪性黒色腫	白	0.010	0.015	0.017	0.012	－	－	0.024	0.026
			黄	－	－	0.001	0.001	0.001	0.000	－	－
			黒	－	0.000	0.000	0.000	0.000	－	－	－

(6) 今後の課題

・信頼区間や不確定性を評価する。

・ダメージ関数構築方法をより定量的な方法に改良する。

・白内障のダメージ関数を構築する。

・人の健康影響以外の他影響についてダメージ関数を構築する。

・LCA のインパクト評価における利用方法を検討する。

<参考資料>

会田 勝（1982）大気と放射仮定－大気の熱源と放射収支を探る－．東京堂出版，280p.

Altmeyer, P., Hoffmann, K. and Stucker, M. (eds) (1997) Skin Cancer and UV Radiation. Springer, 1331p.

Aoki, K., Kurihara, M., Hayakawa, N. and Suzuki, S. (eds) (1992) Death Rates for Malignant Neoplasms for Selected Sites by Sex and Five-Year Age Group in 33 Countries 1953-57 to 1983-87. International Union Against Cancer, University of Nagoya Coop Press, 560p.

Daniel, J. S., Solomon, S. and AlbrittonD. L. (1995) On the Evaluation of Halocarbon Radiative Forcing and Global Warming Potentials. Journal of Geophysical Research, Vol. 100, No. D1, pp1271-1285.

Ferlay, J., Black, R. J., Whelan, S. L. and Parkin, D. M. (1997) CI5VII: Electronic Database of Cancer Incidence in Five Continents Vol. 7. IARC CancerBase No. 2, IARC (International Agency for Research on Cancer) / WHO, CD-ROM with Booklet.

Houghton, J. T. (1986) The Physics of Atmospheres second edition. Cambridge University Press, 271p.

環境庁企画調整局地球環境部環境保全対策課研究調査室（1998）A-4(3)白内障の実態把握並びに，白内障発症と紫外線暴露との関連性解明に関する国際比較研究．地球環境研究総合推進費平成 9 年度研究成果報告集（中間報告 I）オゾン層の破壊，p. 127-130.

環境庁地球環境部監修（1995）オゾン層破壊－紫外線による健康影響，植物・生態系への影響－．中央法規出版，216p.

環境庁（1998）平成 9 年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書．87p.

Kaye, J. A. Penkett, S. A. and Ormond, F. M. (eds) (1994) Report on Concentrations, Lifetimes, and Trends of CFCs, Halons, and Related Species. NASA Reference Publication 1339, NASA Office of Mission to Planet Earth, 247p.

気象庁（1998）オゾン層観測年報第 8 号．CD-ROM 版．

MacPeter, R. and Beach, E. (eds) (1996) TOMS Version 7 O_3 Gridded Data: 1978-1993. Goddard Space Flight Center/NASA.

NOAH (Nitrous Oxide and Halocompounds Group) / CMDL (Climate Monitoring and Diagnostic Laboratory) / NOAA (in 1998) Halocompounds Dataset through its ftp site. "ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/noah/"

Solomon, S., Mills, M., Heidt, L. E., Pollock, W. H. and Tuck, A. F. (1992) On the Evaluation of Ozone Depletion Potentials. Journal of Geophysical Research, Vol. 97, No. D1, pp825-842.

Solomon, S. and Albritton, D. L. (1992) Time-Dependent Ozone Depletion Potentials for Short- and Long-Term Forecasts. Nature, Vol. 357, pp33-37.

UNEP (1994) Environmental Effects of Ozone Depletion: 1994 Assessment.

WMO (1994) Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1994. World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No. 37.

2.3.3　人間毒性、生態毒性

(1) 毒性によるインパクト

有毒物質による環境への影響は、人間や動植物に対する影響として捉えることが出来る。インパクトの評価項目として見た場合には、大きく人間毒性と生態毒性に分けて考えることが一般的であり、かつ実用的である。

一般に毒性項目として挙げられているのは、以下に示すような、発がん性、変異原性、吸入毒性、経口毒性、催奇形性、生殖毒性、内分泌撹乱作用などである。また、いわゆる毒性については死亡（致死）に対する影響（被害）を評価することが多く、有毒物質による各種の疾病についても考慮される場合がある。

ここでは、インベントリ分析結果から得られるデータから、これらの被害（ダメージ）をどのように評価すれば良いか、その評価手法と評価に際して必要となるダメージ関数について取りまとめる。

・発がん性：動物の正常細胞に作用して、細胞をがん化する性質
・変異原性：突然変異を引き起こす性質（発がん性などと関連あり）
・吸入慢性毒性：呼吸によって反復して長期間にわたり体内に入る化学物質による毒性
・経口慢性毒性：食物、飲料水または胃内への直接投与により、反復して長時間に渡って体内に入る化学物質による毒性
・急性毒性：吸入もしくは経口により短期間に体内に入る化学物質による毒性
・催奇形性：化学物質などが胎生期に作用して、先天異常のうち、奇形及び機能発達異常を引き起こす性質
・生殖毒性：雌雄の生殖機能に対する有害作用のことで、不妊や流産など出生力に影響を及ぼす性質などが含まれる
・生態毒性：各種動植物に対する毒性

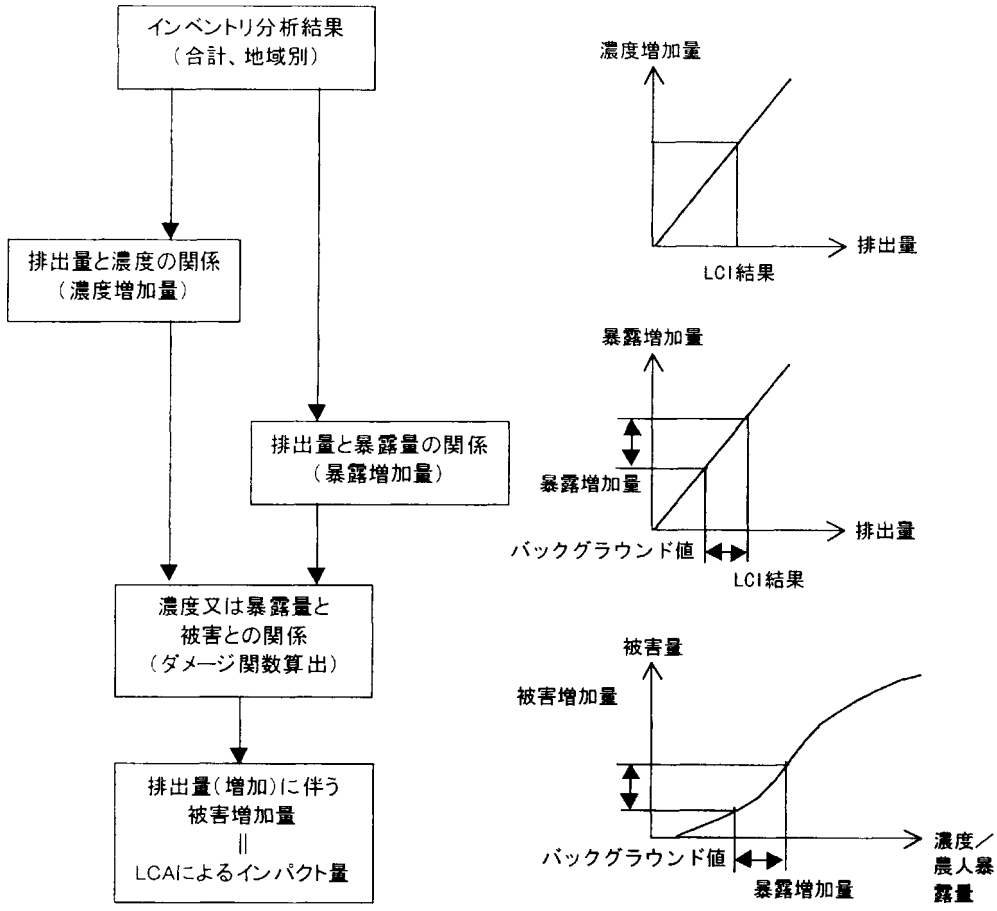
(2) 毒性に関するインパクト評価の流れ

a　インパクト評価の流れ

LCA のインパクト評価として、インベントリ分析の結果得られた排出量がもたらす被害増加（場合によっては減少）について定量化するため、次のような一連の手法を検討するものとする（第 2.3.3-1 図参照）。

ここで示した評価の手順は、大きく以下の 3 つに分けて考えることができる。手順①及び手順②は、後に述べるように、毒性項目に応じてダメージ関数に入力すべきデータが濃度もしくは暴露量と異なるためである。さらに、最終的ダメージ評価を行う手順③では、被害項目毎のダメージ関数を用いて評価を実施する。

手順①　インベントリ分析の結果から環境中（大気、水域）濃度増加量の算定
手順②　インベントリ分析の結果からと人間、生態系への暴露量（もしくは暴露増加量）の算定
手順③　暴露量（もくしくは環境濃度）と被害量（もくしくは被害増加量）の算定
＝ダメージ関数の算定



第 2.3.3-1 図　毒性に関するインパクト評価の流れ

第 2.3.3-1 図の評価手順を、具体的な影響項目毎に整理すると第 2.3.3-2 図のように、基本的には 3 つのタイプに分けて考えることができ、それぞれに以下の手順によりダメージ評価を行う。

イ　大気汚染物質による毒性影響（タイプⅠ）

・拡散計算：インベントリ分析で得られた排出量から濃度上昇もしくは上昇後の濃度を評価

・大気汚染のダメージ関数：大気汚染物質による人間への各種健康影響を拡散計算結果から評価

ロ　有害物質による急性毒性（タイプⅡ）

・拡散計算：インベントリ分析で得られた排出量から濃度上昇もしくは上昇後の濃度を評価

・毒性物質のダメージ関数：有毒物質による人間への各種健康影響を拡散計算結果から評価

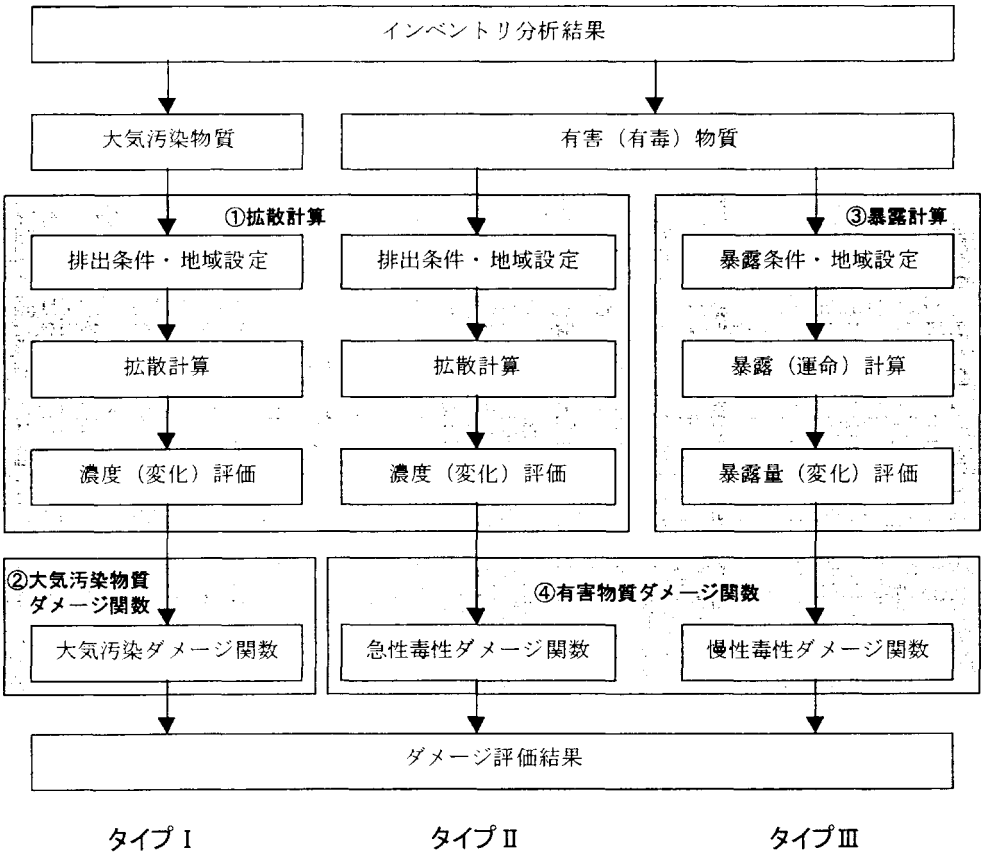
ハ　有害物質による慢性毒性（タイプⅢ）

・暴露計算：物質の存在する環境（大気、河川、湖沼、海洋等）の間での物質移動や、生物を含めた物質移動（暴露）を評価するための運命分析について、既存調査を整理する。

・毒性物質のダメージ関数：有毒物質に起因する各種の被害（ダメージ）を整理し、そのダメージの定量化手法（ダメージ関数）の評価方法をとりまとめる。さらに、人間の致死量に関するダメージ関数の具体的評価を試みる。

b インベントリをダメージ評価に用いる際の問題

毒性のインパクト評価を行う際に、インベントリデータから得られた排出量データ（何 kg の排出）を、拡散計算や暴露計算で用いる排出速度データ（何 kg/日の排出）に換算する必要がある。この問題は流束パルス問題と呼ばれており、毒性のインパクトだけでなく他のインパクト項目についても検討が必要となる問題である。この問題を回避する方法はいくつか検討されている（「有毒物質の LCA インパクトアセスメント」オランダ CML, RIVM、、（社）産業環境管理協会、1997）。しかしこの問題の検討は、LCIA 全体としての考え方や、統合化指標の性格などにより見なおす必要があると思われる。従って、ここでは流束パルス問題の具体的回避方法については触れずに、排出速度データが得られると考えて以下の議論を進めていく。



第 2.3.3-2 図　毒性項目別のダメージ評価手順

(3) 拡散評価手法

インパクト評価の流れで示したように、拡散評価を行うにはインベントリから排出速度を求めることが必要である（流束パルス問題）。しかしここではこの問題については触れず、インベントリデータから拡散計算に必要なデータが得られたこととし、拡散評価の手法を検討する。

大気中に排出された物質の濃度予測方法として、「公害防止の技術と法規　大気編」（(社) 産業環境管理協会）、「窒素酸化物総量規制マニュアル」（公害対策研究センター，1995）、「浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル」（浮遊粒子状物質対策検討会，1997）等に示されているモデルを整理すると第 2.3.3-1 表となる。

プリュームモデル、パフモデルでは第 2.3.3-2 に示す大気安定度により拡散パターンが異なる。この大気安定度は風速と日射もしくは雲量により決定されるため、これらのモデルにより地域性を考慮する場合には、風速や日射／雲量を地域に合わせて設定することとなる。

なお、慢性毒性の影響評価のために拡散計算を行う場合は、その地域における風向・風速及び大気安定度の出現確率を考慮した長期平均的な濃度（例：年間）を評価する必要がある。具体的には、風向、風速及び大気安定度をそれぞれ複数の階級に区分した上で、各階級毎の濃度をプリュームモデル（有風時）もしくはパフモデル（無風時）によって求め、その階級の出現確率によって重み付けして、平均濃度を求めることとなる。

第 2.3.3-1 表　各種要因に対応した拡散評価モデル分類

	排出源	風の条件	拡散モデル
1	点源	有風時（1[m/s]以上）	プリュームモデル
2	点源	無風時及び弱風時（1[m/s]以下）	パフモデル
3	線源	有風時（1[m/s]以上）、 風速が線源と直角（約 40° ≦ θ ≦90° ）	線源モデル（JEA モデル*等）
4	線源	有風時（1[m/s]以上）、 風速が線源と平行（約 0° ≦ θ ＜40° ）	線源モデル（JEA モデル*等）
5	線源	無風時（1[m/s]以下）	線源モデル（JEA モデル*等）

*「窒素酸化物総量規制マニュアル」（公害対策研究センター，1995）
「浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル」（浮遊粒子状物質対策検討会，1997）

第 2.3.3-2 表　Pasquill 大気安定度階級分類

風速（U）[m/s]	昼間　日射量（T）[kW/m²]				夜間　雲量		
	$T \geqq 0.60$	$0.60 > T \geqq 0.30$	$0.30 > T \geqq 0.15$	$0.15 \geqq T$	本雲（8～10）	上層雲（5～10）中下層雲（5～7）	雲量（0～4）
$U < 2$	A	A-B	B	B	D	G	G
$2 \leqq U < 3$	A-B	B	C	D	D	E	F
$3 \leqq U < 4$	B	B-C	C	D	D	D	E
$4 \leqq U < 6$	C	C-D	D	D	D	D	D
$6 \leqq U$	C	D	D	D	D	D	D

※A～G：大気安定度の階級

「窒素酸化物総量規制マニュアル」（公害対策研究センター，1995）

(4) 暴露評価手法

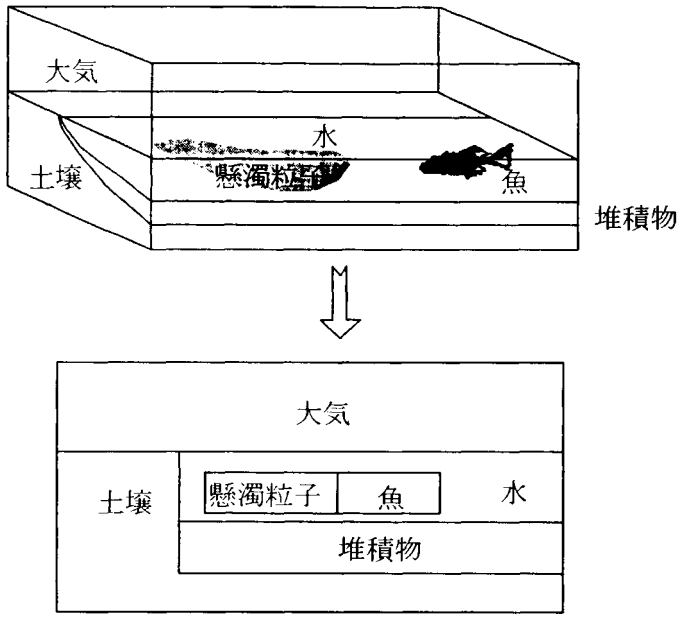
有毒物質の長期的な被害（ダメージ）は、一般的に生物の一生もしくは一定期間にどの程度の量の有害物質を摂取（暴露）したかが重要である。この際に、有害物質はインベントリで考慮された媒体のみからの暴露を受けるのみでなく、他の媒体や食物連鎖等を通じての暴露も考慮する必要がある。

このように物理的な現象以外に、大気や水等の媒体間や、生物も含めた物質の循環を考慮したモデルを暴露モデルもしくは運命モデル（Fate モデル）と呼ぶ。厳密には、運命モデルは主として化学物質の環境中での運命（移動、化学変化等）を追跡するモデルであり、暴露モデルは、運命モデルに食物連鎖を組み込んだモデルと見なすことができる。

大気や水等の各媒体内の取り扱いについては、それぞれの媒体を１つのボックスとして取り扱い、媒体内では濃度が一様であるとみなすモデルが基本となる。代表的なボックスモデルとしては Mackay モデルを挙げることができる。Mackay モデルは、環境を大気、水、土壌、堆積物、懸濁粒子、生物（魚）等のコンパートメントに分け、排出された物質がどのコンパートメントに分配されていくかを予測するモデルである（第 2.3.3-3 図参照）。

一般に Mackay モデルなどのボックスモデルは、一般には国・地方レベル等におけるマクロな物質の分配を推計する場合に用いられる。これに対して、ボックス内を複数のメッシュに分割し、各メッシュ内の値を計算するメッシュモデルも考案されている。また、暴露評価を行うには、人間の食生活をモデル化し運命モデルに組み込むことが必要である。

運命モデルを用いた暴露評価に際しては、拡散計算に必要なパラメータに加えて、対象物質の各媒体（大気、水、土壌、生物等）間の移行過程のモデル化に伴うパラメータの設定が必要となる。基本的には各媒体間の物質の移行過程を表現するためのパラメータと、時間の経過とともに物質がどのように変化するかを示す化学反応等のパラメータである。



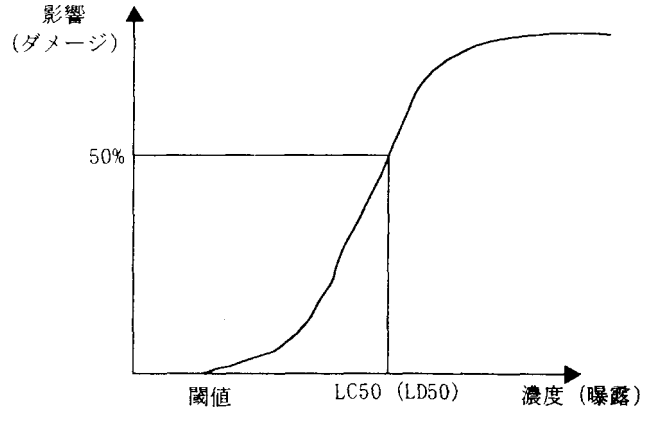
第 2.3.3-3 図　Mackay モデルの環境コンパートメント設定例

(5) 人間毒性のダメージ関数

a 有毒物質

有毒化学物質による毒性は、一般的にその発現機構から 2 つに分類して評価する。一つは、閾値があると推定される場合で、一般毒性、生殖発生毒性および遺伝毒性を示さない発がん性がこれに相当する。もう一つは閾値がないと推定される場合で、遺伝毒性を示す発がん性および雄性生殖細胞の変異原性がこれに相当するが、通常は遺伝毒性を示す発がん性を対象とする。

有毒化学物質の濃度（曝露）と影響（ダメージ）発生の関係は、一般的に第 2.3.3-4 図のように S 字カーブの曲線となる。閾値までは影響がゼロで、閾値を超えると濃度の低い領域では徐々に影響が増えてゆく。その後、濃度の増加とともに影響が急速に大きくなり、影響が 100%に近づくと緩やかになってくる。また、半致死濃度は傾きの一番大きな領域に当たることとなる。



第 2.3.3-4 図　典型的な濃度と影響の関係（ダメージ関数）

イ　閾値なしの場合のダメージ関数

閾値なしの場合のダメージ関数は、第 2.3.3-4 図で閾値を 0 と考えた場合に相当する。この際、低濃度領域においてはリスクアセスメントの観点等も含めて幾つかの数学的モデルが考案されており、その代表的モデルを以下に示す。①～③は耐性分布（tolerance distribution）モデルと呼ばれ、低領域のカーブのフィッティングを行うモデルである。これに対し、④～⑦のモデルは機序的（mechanistic）モデルと呼ばれ、発ガン機構を模した考えによるモデルである。つまり、ある発がん物質が特定の細胞を打てばしたときにがんが発生（ヒット）するという発がんメカニズムに基づいている。

①プロビットモデル（probit）
②ロジットモデル（logit）
③ワイブルモデル（Weibull）
④ワンーヒットモデル（one-hit）
⑤マルチヒットモデル（multi-hit）
⑥マルチステージモデル（multistage）
⑦線形マルチステージモデル（linearized multistage）

ロ　閾値ありのダメージ関数の数学的モデル

閾値が存在するとしたダメージ関数のモデルは、一つの方法としては閾値なしのモデルに閾値をパラメータとして増やしたモデルと考える方法である。この場合も、閾値で影響が 0 になるのではなく、限りなく 0 に近づくという形式でモデル上表現されることとなる。ここではさらに、閾値ありの場合のみに適用される 2 つのモデルを紹介する。

①ホッケースティックモデル（hockey stick）
②カイネティックモデル（kinetic）

ハ　ダメージ関数算出手順

最後に、有毒化学物質の毒性に関するダメージ関数を算出する手順を示す。

①ダメージ関数モデルの選定：対象とする影響項目の特性に合わせて、閾値の有無や関数モデルを選定する。
②既存データの変換：各種の化学物質データから得られる過去の観測値（LC_{50}、LD_{50}、LDL_0 等）を対象生物種の値に換算する。
③ダメージ関数の推定：ダメージ関数の評価モデルを選定し、統計的手法を用いてダメージ関数を算出する。

ニ　ダメージ関数評価結果

具体的なダメージ関数の評価は、下記の手順で実施する。まず、以下の優先度で、分析に使用する毒性データを抽出する。

- 人間に対するデータが存在する場合は、人間のデータを使用
- 人間に対するデータが存在しない場合には、動物データの換算値を使用
- その他の情報から、分析に不適切なデータを除外

今回の評価モデルとしては、吸入毒性、経口毒性に対しては閾値を考慮し、ホッケースティックモデルを採用した。ホッケースティックモデルの場合のダメージ関数評価手順は以下のとおりで実施した。

- 閾値（LC0、LD0）を、それぞれ閾値データの対数平均から推定する。
- 半致死量（LC50、LD50）を、それぞれ半致死量データの対数平均から推定する。
- 上記2点を結ぶ直線を用いて、ホッケースティックモデルのダメージ関数とする。

これらの手順によりホッケースティックモデルで評価された死亡に関するダメージ関数を第2.3.3-3表に示す。

発がん率に関しては、アメリカ EPA で標準的に使用されている線形マルチステージモデルを用い、閾値なしのダメージ関数を評価した。この結果を第2.3.3-4表に示す。

第2.3.3-3表　毒性による死亡率（risk）のダメージ関数（ホッケースティックモデル）

		吸入毒性		経口毒性	
		閾値	傾き	閾値	傾き
		ppm	risk/ppm	mg/kg	risk/(mg/kg)
ベンゼン	71-43-2	1.262E+03	5.013E-07	9.849E+01	5.457E-05
ﾄﾘｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	79-1-6	2.900E+03	3.140E-07	7.000E+03	8.479E-06
ﾃﾄﾗｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	127-18-4	2.900E+05	5.169E-07	2.527E+02	6.007E-05
ヒ素	7440-38-2			1.176E+00	8.918E-04
塩化水素	7647-01-0	1.975E+03	3.999E-06	8.100E+01	1.412E-05
チウラム	137-26-8			2.980E+03	5.362E-05
セレン	7782-49-2			9.519E+01	8.207E-05
パラチオン	56-38-2	4.256E+02	3.166E-04	1.064E+00	2.583E-01
鉛	7439-92-1	7.734E-03	2.355E-04		
EPN	2104-64-5			2.063E+00	8.725E-04
ジクロロメタン	75-9-2	8.394E+04	2.622E-07	2.553E+00	3.513E-06
四塩化炭素	56-23-5	7.071E+03	5.049E-07	1.968E+00	4.632E-06
カドミウム	7440-43-9	1.479E+00	1.925E-01	1.176E+00	1.010E-03
1,3-ｼﾞｸﾛﾛﾌﾟﾛﾍﾟﾝ	542-75-6	4.234E+03	7.239E-06	1.922E+03	4.062E-05
1,2-ｼﾞｸﾛﾛｴﾀﾝ	107-06-2	2.590E+04	2.653E-06	4.519E+02	2.003E-05
1,1,2-ﾄﾘｸﾛﾛｴﾀﾝ	79-00-5			1.843E+03	2.611E-05
1,1,1-ﾄﾘｸﾛﾛｴﾀﾝ	71-55-6	2.088E+04	7.615E-07	2.042E+06	3.201E-09

※　risk　＝　死亡率

第2.3.3-4表　発がん性物質のダメージ関数（係数）

発がん性物質	CAS番号	吸入による暴露		経口による暴露	
ヒ素	7440-38-2	5.00E+00	risk/(mg/m3)	5.00E-05	risk/(ug/L)
6価クロム	18540-29-9	1.25E-05	risk/(mg/m3)	—	
カドミウム	—	1.67E+00	risk/(mg/m3)	—	
ベンゼン	71-43-2	7.69E-09	risk/(mg/m3)	1.00E-06	risk/(ug/L)
四塩化炭素	56-23-5	1.43E-02	risk/(mg/m3)	3.33E-06	risk/(ug/L)
1,1-ジクロロエチレン	75-35-4	5.00E-02	risk/(mg/m3)	—	
1,1,2-トリクロロエタン	79-005	1.67E-02	risk/(mg/m3)	—	
1,2-ジクロロエタン	107-06-2	2.50E-02	risk/(mg/m3)	2.50E-06	risk/(ug/L)
1,1,2-トリクロロエタン	79-00-5	1.67E-02	risk/(mg/m3)	1.67E-06	risk/(ug/L)

※ risk＝発がん率

b 大気汚染物質

大気汚染物質については、その影響が単純に毒性データとして評価されていないので、疫学的研究を中心に、過去に実施された大気汚染の影響評価研究の成果を用いてダメージ関数の評価を行った。

イ　大気汚染物質のダメージ関数評価手法

大気汚染物質のダメージ関数の評価手法としては、大きく分けて次の２つの方法がある。どちらの方法も、特定の大気汚染物質に対しての分析も複合的な大気汚染物質の分析も可能である。大気汚染物質の濃度が低い状態では、特定の大気汚染物質のみが、影響を与えると考えることが難しいため、複数の物質の影響を総合的に分析し、その中で各物質の影響を評価することが多い。

i　時系列分析

汚染物質の濃度の変化と死亡率の変化を時系列的に定量化し、ダメージ関数を算出する。できるだけ、細かな時間間隔でデータが存在することが望ましく、過去の分析事例では毎日のデータに基づいた分析が行われている。この場合には、分析の対象となる地域（都市）を特定し、その都市におけるダメージ関数を算出するが、基本的な条件が同じ地域であれば、このダメージ関数が適用できると考えてよい。

ii　Cross-Section 分析

Cross-Section 分析は、様々な地域の汚染物質濃度と死亡率の相関関係を定量化しダメージ関数を算出する方法である。具体的算出方法としては、総人口をもとに重回帰分析を行う方法と、同じ年齢層毎に分析を行うコーホート分析の方法がある。Cross-Section 分

析は、地域のバックグラウンドの相違などを考慮することが難しいため、できれば時系列分析の手法により求められたダメージ関数を用いることが望ましい。

ロ　大気汚染物質のダメージ関数

ここでは、過去の疫学的研究におけるダメージ関数の算出事例について調査した。

物質としては、浮遊粒子状物質（SPM）を取り上げた。なぜなら、浮遊粒子状物質（SPM）の場合、過去の研究で人間の健康への影響が明確に認められ、ダメージ関数の定量的評価が行われているが、他の物質、例えば硫黄酸化物（SOx）の場合、研究により影響の有無がわかれているからである。

SPM の場合、最近の研究により人間への健康影響を考える場合には閾値なしと考えることが一般化している（岩井, 1997）。従ってダメージ関数についても閾値なしのものを採用する。

第 2.3.3-5 表に SPM のダメージ関数の調査結果を示す。これらのダメージ関数は、基本的に特定の研究成果に基づいて算出されているものであり、地域やその他条件が異なった場合に必ずしも適用できるものではないが、現在ではこのようなものしかダメージ関数として利用できるものはない。

第 2.3.3-5 表　大気汚染物質（SPM）に対するダメージ関数

影響項目	リスク係数	文献
死亡率増加（Mortality）	1.2% per ⊿PM（10 $\mu g/m^3$）	Schwartz and Dockery
成人の慢性気管支炎（CB、Chronic bronchitis in adults）	6.1×10^{-5} per ⊿PM（$\mu g/m^3$）	Abbey et al.
呼吸器系の入院（RHA、Respiratory hospital admissions）	3.3×10^{-8} per ⊿PM（$\mu g/m^3$）	Pope
救急処理室での措置（ERV、Emergency room visits）	6.5×10^{-7} per ⊿PM（$\mu g/m^3$）	Samet et al.
喘息発作（AA、Asthma attacks）	1.6×10^{-4} per ⊿PM（$\mu g/m^3$）	Whittemore and Korn Ostro et al.
活動制限日（RAD、Restricted activity days）	1.6×10^{-4} per ⊿PM（$\mu g/m^3$）	Ostro Ostro and Rithschild
急性呼吸器疾患（ARS、Acute respiratory symptoms）	4.6×10^{-1} per ⊿PM（$\mu g/m^3$）	Krupnick et al.
子どもの気管支炎（Bronchitis in children）	1.60×10^{-3} per ⊿PM（$\mu g/m^3$）	Dockery et al.

(6) 生態毒性のダメージ関数

a 生態毒性評価のための各種試験

有毒物質の生態（動植物等）へのダメージは、一般的に人間への健康影響を調査する中で行われてきた動物実験などの知見を、そのまま適用することができると考える。

- 生態影響試験法
  藻類、ミジンコ、魚類（ヒメダカ）、ミミズ等を用いた毒性試験
- 哺乳動物を使った毒性試験法
  マウス、ラット、モルモット、ウサギ等を用いた各種の毒性試験
- 変異原検出のための試験
  突然変異を調べるための in vitro 試験及び in vivo 試験

b 生態毒性ダメージ

生態毒性のダメージについても、基本的に人間に対する毒性ダメージ関数の算出方法と同じ手法を適用して算出する。つまり、閾値の有無などを考慮して、評価モデルを選定し、毒性試験から求められた毒性評価データを用いて統計解析するという方法によりダメージ関数を算出することとなる。

この際に、各種試験の結果を対象とする生物種に変換することが必要である。一般的に動物の場合、毒性は体表面積に比例して影響を及ぼすと考えられている。従って、動物実験の結果は、実験動物の体表面積（体重の 2/3 乗）を評価対象動物の体表面積に換算して毒性データ（半致死濃度 LC50 等）を評価する。

参考文献

1. 「公害防止の技術と法規　大気編」通商産業省環境立地局、社団法人　産業環境管理協会
2. 「窒素酸化物総量規制マニュアル　増補改訂版」、環境庁大気保全局大気規制課編、公害対策研究センター、1995.
3. 「浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル」、浮遊粒子状物質対策検討会、環境庁大気保全局大気規制課監修、東洋館出版社、1997.
4. Mackay, D. et al., "Generic models for evaluating the regional fate of chemicals", Chemosphere, Vol.24, No.6, 1992.
5. 「疫学入門 第3版　医学・医療・生物学のために」、土屋健三郎（編）、医学書院、1997.
6. "The New York State environmental externalities cost study. VOLUME Ⅰ:Introduction and methods ", Rowe, R. D. et al., Oceana Publications Inc., 1995.

2.3.4 光化学オキシダント

(1) 光化学オキシダントによるインパクト

光化学オキシダントによる各種の被害（ダメージ）が認識されるようになったのは、1950年代初めからであり、わが国では 1970 年頃から一般的に知られるようになってきた。光化学オキシダントは、炭化水素類と窒素酸化物が日光照射下で化学、光化学反応により二次的な汚染物質に変化する現象である。二次汚染物質としてはオゾン、二酸化窒素、PAN（Peroxy-acetyl-nitrate）、過酸化物、アルデヒド、有機硝酸塩、硝酸、過酸化水素、エアロゾルなどであり、これらの酸化性物質の総称をオキシダントと呼ぶ。

各種の測定結果から光化学オキシダントの大部分は、オゾン（O_3）であることがわかっており、光化学オキシダントによるダメージもオゾンによるものが主である。オゾン以外には刺激性物質であるPANによる被害も報告されている。

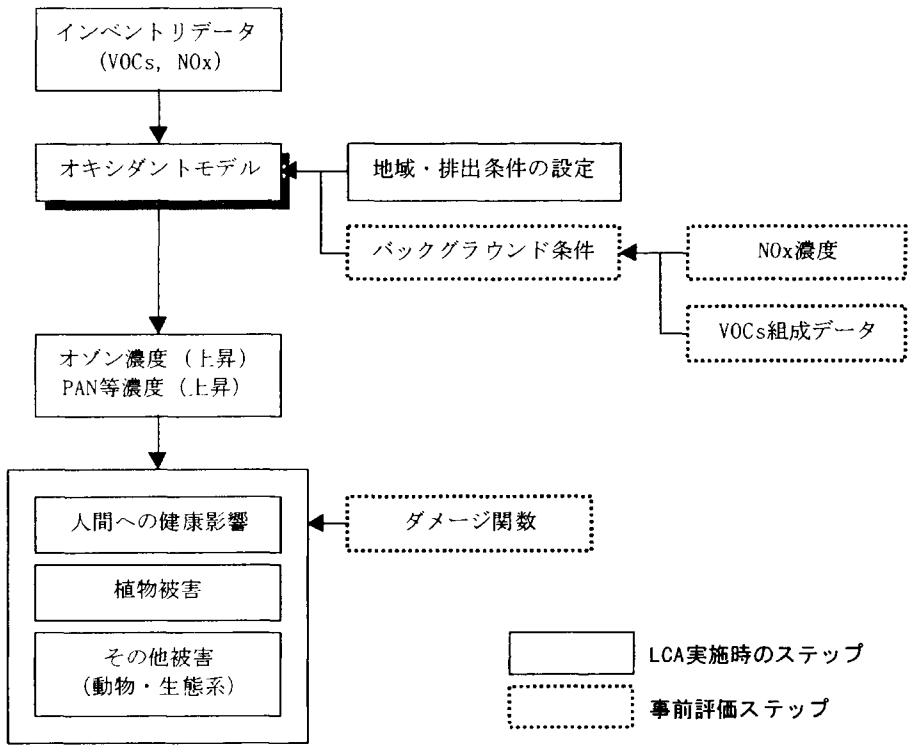
オゾン及び PAN によるダメージとしては、人間に対しては決して致死的な影響ではないが、各種の健康被害を発生させている。生態へのダメージとしては、植物に対するダメージが顕著であり、作物の収量の減少や葉などの損傷が重要である。

(2) インパクト評価手順

光化学オキシダントのダメージを評価するには、オキシダントの生成方法が複雑であるため、第 2.3.4-1 図のようなインパクト評価手順を考える。この評価手順のなかで重要となるのが、オキシダントの生成を評価するオキシダントモデルである。オキシダントモデルでは、揮発性炭化炭化水素（VOCs）もしくは非メタン炭化水素（NMHC）の排出データと対象地域の気象やバックグラウンド濃度などの条件を設定して、光化学オキシダントに関連する各種物質の拡散や化学反応を計算するモデルである。インベントリデータをもとにオキシダントモデルの適用を行うためには、2.3.3 で検討した流束パルス問題を解決する必要があるが、ここでの議論においても当面この問題は除いて進めることとする。

オキシダントモデルによる濃度シミュレーションに際しては、地域のバックグラウンド条件として、NOx 濃度や各種 VOC（揮発性炭化水素）の大気濃度、排出量データを用いるため、これらのデータを事前に収集しておく必要がある。これらの項目を第 2.3.4-1 図では事前評価ステップとして示している。このようにオキシダントモデルは、精密なモデルであるが、詳細なデータに基づき膨大な計算を行わなければ結果が得られないため、簡便にインパクトを求めることができない。このため、後に示すように簡易的なオキシダント濃度評価手法についても検討を行った。

こうして得られた、オゾンや PAN 濃度、もしくは濃度上昇量と各種影響項目のダメージ関数から具体的なダメージを算出する。ダメージ関数は、人間への健康影響や植物被害などの各項目毎に事前に評価しておくこととなるが、このダメージ関数はオゾン濃度とダメージの関係を表すものであり、詳細なオキシダントモデルを用いた場合でも、後に示す簡易的な方法を用いた場合でも共通に利用できるものである。



第 2.3.4-1 図　光化学オキシダントインパクト評価手順

(3) オキシダントモデル

a．オキシダントモデル

オキシダントモデルは、2 次元もしくは 3 次元の拡散モデルに、光化学オキシダント生成に係わる多数の化学反応を組み込んだシミュレーションモデルであり、ヨーロッパの EMEP MES-W モデルやアメリカの EKMA、UAM などが代表的なモデルとして知られている。これらのモデルは、各炭化水素分子の光化学オキシダントの生成能力を評価する POCP 係数（Photochemical Ozone Creation Potentials）の評価にも用いられている。わが国においても、欧米のモデルを基に光化学オキシダント・シミュレーションモデルの構築が行われており、検証計算も実施されている（大原他、1997)。第 2.3.4-1 表に代表的なオキシダントモデルとその概要をまとめた。

これらのシミュレーションモデルは複雑なため、モデルに関する専門知識が必要となる点や、気象データや化学物質データなど計算条件のデータ収集に手間が掛かるなど、簡単にインパクト評価に適用することは困難である。また、これらのモデルは今のところ一般的には公開されておらず、誰でも利用可能な状況には無い。

第 2.3.4-1 表　代表的オキシダントモデル概要

項　目	EMEP MSC-W	UK Photochemical	Harwell
対象スケール	・地域から大陸規模	・地域から大陸規模	・地球規模
モデル手法	・2D Lagrangian	・Lagrangian	・2D Eulerian
適用地域	・ヨーロッパ	・ヨーロッパ	・全世界
予測期間	・6ヶ月	・1週間程度	・月、年
水平解像度	・150 km	・10 km	・全球を 24×24 分割
対象化学物質	・66 種類	・386 種類	・56 種類
対象反応	・140 反応	・684 反応	・125 反応
文献	・Simpson (1992)	・Derwent and Jenkin (1991)	・Andersson-Skold, et. al (1992)

項　目	UAM/CALGRID	EKMA-OZIPM4	(日本モデル)
対象スケール	・局所から地域	・局所から地域	・地域
モデル手法	・3D	・1D Lagrangian	・3D
適用地域	・	・	・関東地方
予測期間	・1日から1週間	・1日	・1日
水平解像度	・2-5 km	・	・Δx = 6.79 km Δy = 5.55 km
対象化学物質	・33 種類 (CBM-IV)	・33 種類 (CBM-IV)	・33 種類 (CBM-IV)
対象反応	・82 反応 (CBM-IV)	・82 反応 (CBM-IV)	・82 反応 (CBM-IV)
文献	・Stern and Scherer (1984)	・EPA	・大原他　(1997)

b. POCP (Photochemical Ozone Creation Potentials)

光化学オキシダントの形成に最も大きな寄与をするのが、各種の炭化水素である。

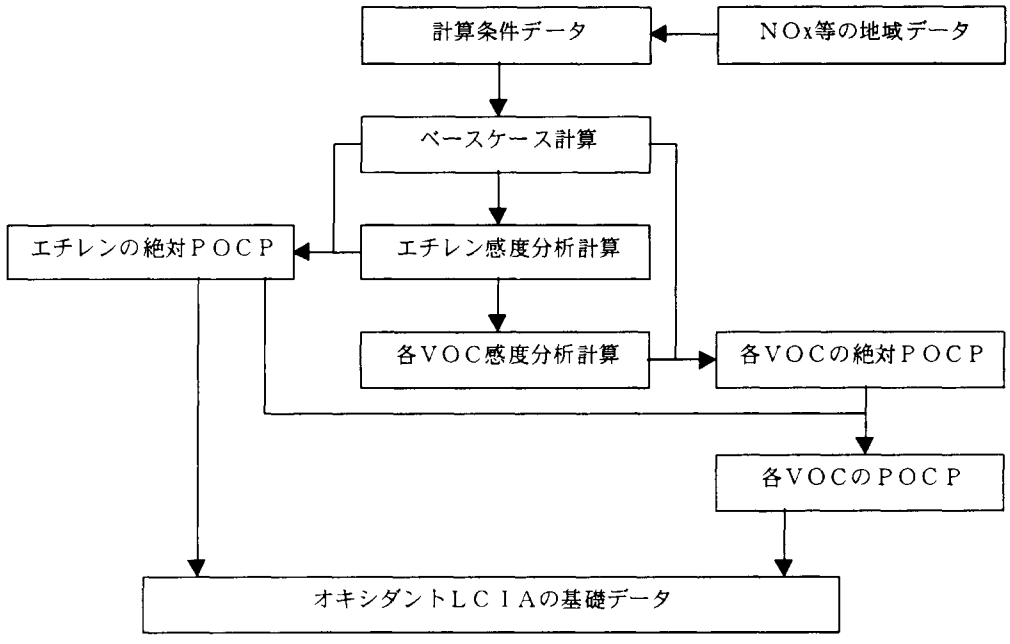
POCP の概念は、Derwent and Jenkin (1991)が導入したものであり、各種の炭化水素のオゾン生成能力を特定の炭化水素（エチレン）のオゾン生成能力に換算する係数である。

$$POCP_i = 100 \times \frac{\text{change in (mean or excess) ozone when species } i \text{ reduced}}{\text{change in (mean or excess) ozone when ethylene reduced}}$$

従来、光化学オキシダントのインパクト評価では、地球温暖化における GWP (Global Warming Potential) と同様に POCP 値を用いて評価を行うことが一般的であった。特に、相対的な比較を行う上では、POCP 値が光化学オキシダントの良い指標であることは間違いない。但し、POCP 値はその地域特性（気象条件や、窒素酸化物、揮発性炭化水素濃度）により異なるため、地域もしくは地域グループ毎の POCP 値を求めておく必要性がある。

ここでは POCP 評価する目的で、Trajectory モデルや 3D モデルといったオゾンモデルによるシミュレーション実施手順を示す。手順としては第 2.3.4-2 図のように、現状（ベースケース）の計算を実施した後、個別 VOCs の排出量のみを変化させて計算し、そのオゾン生成量の変化量をエチレンの場合と比較することにより POCP を求めていくこととなる。

このエチレン量の変化に対するオゾン生成量の変化を後に示すように絶対 POCP 値と呼ぶ。
なお、地域（NOx 濃度）が異なる場合は、この手順を全部繰り返すことが必要である。



第 2.3.4-2 図　POCP 評価のための手順

ｃ．簡易計算方法

先に示したオキシダントモデルを用いたインパクト評価は困難なため、ここでは POCP 値を用いてオキシダント濃度変化を求めるための簡易計算方法を示す（第 2.3.4-3 図参照）。

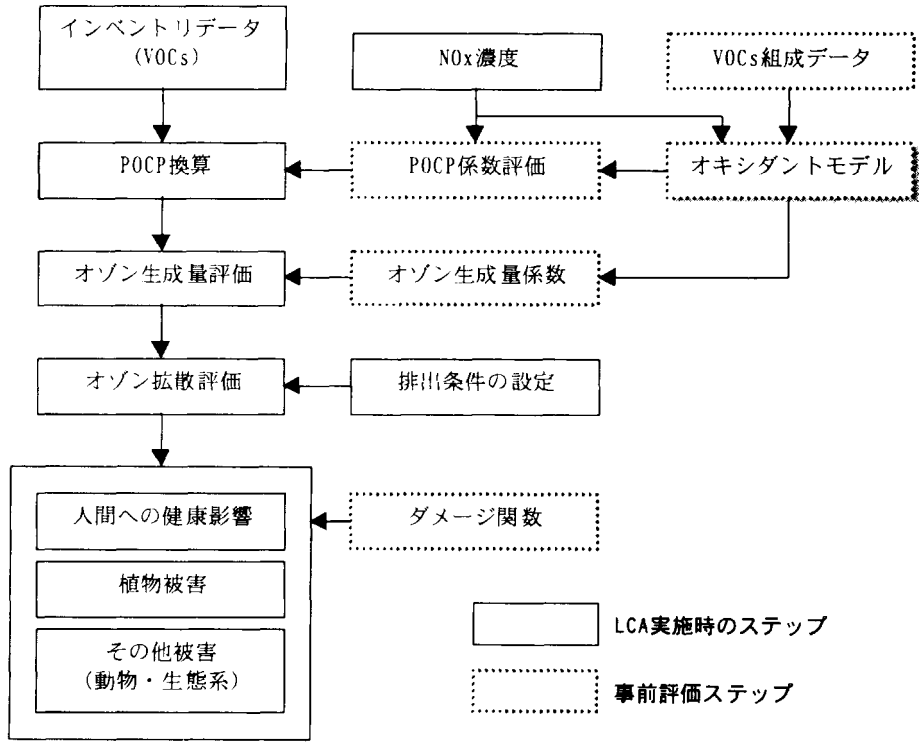
この方法の特徴は、POCP 値を用いて各 VOC の排出量をエチレン換算し、かつエチレンの排出量を、オキシダントモデルを使って算出しておいたオゾン生成量係数（あるいは絶対 POCP 値）に換算することである。ここでオゾン生成量係数は、オキシダントモデルを感度分析的に用いて計算した、エチレン排出量の変化に対するオゾン生成量の変化である。この絶対 POCP 値についても POCP と同様に、第 2.3.4-2 表のようにあらかじめオキシダントモデルを用いて、地域毎の値を事前に評価しておく必要がある（第 2.3.4-3 図の事前評価ステップ）。こうして求めたオキシダント（オゾン）が拡散し、濃度上昇が起こると考える。これにより、オキシダントモデルを用いた詳細なシミュレーションではなく、簡易的な拡散計算（プリュームモデルやパフモデル）のみで、インパクト評価が出来る点が簡易方法のメリットとなる。

ただし、この方法ではオキシダントモデルで組み込まれている化学反応が考慮されておらず、VOCs の排出とオゾン等の生成をきちんと評価した手法でない点がこの方法の限界となる。

第 2.3.4-2 表　オゾン生成量係数（絶対 POCP 値）

評価手法	絶対 POCP 値（kg ozone / kg ethylene）
"Peak Ozone"	0.90
Maximum Difference	1.72
48 hour average	2.05
96 hour average	2.18
96 hour average high NOx	3.08

※ 出典：Andersson-Skold et.al、1992



第 2.3.4-3 図　簡易的な光化学オキシダントインパクト評価方法

(5) 人間へのダメージ関数

ａ．ダメージ項目

光化学オキシダントは、オゾンもしくは PAN 等の有害性物質が形成されることにより、人間に対して各種のダメージを与える。これら光化学オキシダントのダメージに関しては、過去に多くの研究がなされており、ダメージ関数もしくは被害係数等の定量化が行われている。本調査では、独自のダメージ関数を算定するのではなく、過去の研究成果を適用もしくはダメージ関数化してインパクト評価に用いることとする。

なお第 2.3.4-3 表に、光化学オキシダントにより生ずる人間への健康影響項目の一覧を示す。これらの影響項目の中には、光化学オキシダントの影響の有無のみ（統計的有意）が明らかになっている項目や、影響が疑われているが研究により結果の異なる項目も含まれている。

第 2.3.4-3 表　光化学オキシダントによる人間の健康影響項目

影響区分	症状	影響物質	影響区分	症状	影響物質
急性影響	死亡	オキシダント	急性影響	混合曝露	オキシダント他
	罹患	オキシダント		適応	オゾン
	呼吸器疾患の悪化	オキシダント		眼への刺激や眼のかすみ	PAN
	呼吸機能	オキシダント		眼精疲労	PAN
	自覚症状	オキシダント	慢性影響	死亡	オキシダント
	眼刺激	オキシダント		罹患	オキシダント
	運動能力	オキシダント		肺機能	オキシダント

b．ダメージ関数

光化学オキシダントの人間への影響として最も重要な項目は、死亡（過剰死亡率）である。しかし、既存の疫学研究では光化学オキシダントの影響が認められていない調査もあり、必ずしも光化学オキシダントが死亡率の増加をもたらすかどうかは確定的ではない。本調査では、このような疫学的問題に対する検討は行わず、「インパクト評価は潜在的な影響を評価する」という観点に立ち、影響が認められた研究の中から適切なものを選択し、ダメージ関数の評価を実施する。

オゾン、及び PAN については臨床学的研究から幾つかの症状の発生についての研究がなされている。ただし、オキシダント生成モデルや実際の測定はオゾン（オキシダント）濃度のみを対象としているため、ここではオキシダント濃度と主要な症状の発生についてのダメージ関数の評価を実施する。第 2.3.4-4 表にオゾンの人間への健康影響に関するダメージ関数として代表的な事例を示す。これらのダメージ関数には閾値が日数（年間に閾値を越える日数）として考慮されているが、オゾンの場合には閾値なしとして 365 日が与えられている。表のダメージ関数はリスクで示しているが、これに対象人口を掛けると具体的なダメージを受ける人数となる。

第 2.3.4-4 表　オゾンの人間への健康影響ダメージ関数（年間ダメージ）

Endpoint	ダメージ関数	文　献
年間死亡率上昇 （付加的死亡率）	⊿Mortality（リスク）＝365（日） ×3.3E-6（リスク/ppm 日）×⊿03（ppm）	Kinney and Ozkaynak (1991) Kinney and Ozkaynak (1992)
呼吸器系の入院 （RHA）	⊿RHA（リスク）＝365（日） ×13.7E-6（リスク/ppm 日）×⊿03（ppm）	Thurston et al. (1992)
ぜん息発作 （AA）	⊿AA（リスク）＝365（日） ×0.188（リスク/ppm 日）×⊿03（ppm）	Whittmore and Korn (1980) Holguin et al. (1985) Stock et al. (1988)
行動制限日 （MRAD）	⊿MRAD（リスク）＝365（日） ×4.67E-2（リスク/ppm 日）×⊿03（ppm）	Ostro and Rothschild (1989)
急性呼吸器疾患 （ARS）	⊿ARS（リスク）＝365（日） ×0.137（リスク/ppm 日）×⊿03（ppm）	Krupnick et al. (1990)

(6) 生態へのダメージ関数

a．ダメージ項目

光化学オキシダントによる生態へのダメージは、大きく植物に対するものと動物に対するものに分類できる。植物に対しては、可視障害（葉の変色、落葉等）と主として作物の収量減少が大きなダメージ項目である。動物に対するダメージは、基本的に人間に対するダメージと同じで、死亡（過剰死亡率）や呼吸器系への影響である（第 2.3.4-5 表）。

生態へのダメージに関しても、過去に多くの研究がなされており、ダメージ関数もしくは被害係数等の定量化が行われており、本調査では独自のダメージ関数を算定するのではなく、過去の研究成果を適用もしくはダメージ関数化してインパクト評価に用いることとする。

第 2.3.4-5 表　光化学オキシダントによる生態系および物理的影響項目

影響対象	症状	影響物質
植物	可視障害（顕性被害）	オキシダント
	成長阻害、収量減少	オキシダント
動物	死亡	オキシダント
	機能障害	オキシダント

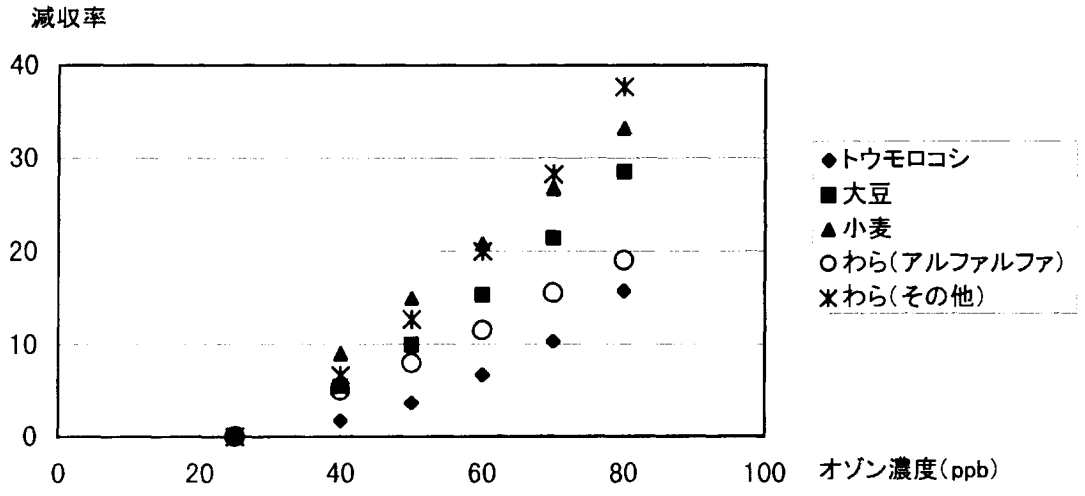
※動物については基本的に人間の健康影響と同様の症状を示す

b．ダメージ関数

生態へのダメージの有無については広範な生物種（特に植物）に対して評価が行われている。しかし、ダメージ関数としての定量化まで行われた既存研究は多くないため、これらの研究を中心に、対象とする影響項目及び対象生物種を選択し、ダメージ関数の評価を実施する。

イ．作物の収量減少

オキシダントによる最大の影響項目と考えられる作物の収量に対する影響としては、第 2.3.4-4 図のような関係が得られており、これらに基づいてダメージ関数を導出する。第 2.3.4-4 図の減収率を、オゾンの収量減少の関数として一般的に使われている２次関数でフィッティングすると第 2.3.4-6 表のダメージ関数が得られる。この場合には 25ppb のオゾン濃度が閾値となっており、これ以下のオゾン濃度では被害が発生しない。また、ダメージ関数が線形ではないため、ダメージを評価する際にはバックグランド濃度を考慮する必要がある。同じデータから、バックグラウンドを考慮しない線形のダメージ関数（傾き）を求めると、第 2.3.4-6 表の⊿（減収率／ppb）となる。



・Heagle et al. (1988)、Lesser et al. (1990)による、オゾン濃度は6月～9月の9am-9pmの時間平均値

・減収率は、バックグラウンドのオゾン濃度25ppbとの比較結果（25ppbの減収率=0）

第2.3.4-4図　作物の減収率（%）と平均オゾン濃度の関係

第2.3.4-6表　作物収量のダメージ関数

作　物　種	ダメージ関数 (Y：減収率、X：オゾン濃度ppb)	傾き⊿ (減収率/ppb)
トウモロコシ	Y = 5.216E-03 ・ (X – 25)^2	0.285
大豆	Y = 1.025E-02 ・ (X – 25)^2	0.518
小麦	Y = 1.261E-02 ・ (X – 25)^2	0.604
わら（アルファルファ）	Y = 7.179E-03 ・ (X – 25)^2	0.345
わら（その他）	Y = 1.351E-02 ・ (X – 25)^2	0.685

※　Y = 0　for　X＜25ppb

ロ．植物のオゾン感受性

植物のオゾンによる影響は様々な形態で顕れて来る。植物のオゾンによる影響については、これらの被害を傷害率としてまとめ、オゾンによる影響の受けやすさをオゾン感受性として取り扱われている。オゾン感受性は次式で定義されており、オゾン濃度と暴露時間の関数となっている。ここで C はオゾン濃度（ppm）、I は傷害率、T は暴露期間（hr）である。

$$C = A_0 + A_1 \cdot I + \frac{A_2}{T}$$

植物の種類によりオゾン感受性は、感受性群、中間群、耐性群にグループ化されている。この式を傷害率 I について整理すると次式が得られる。この式の各パラメータ及び閾値は第2.3.4-7表に示したような値が求められており、ダメージ関数として使用することができる。ただし、この式には暴露時間 T が含まれているため、第2.3.4-6表のダメージ関数のようにオゾン濃度だけでダメージを算出することができない。

オキシダントモデルを利用する場合には、時々刻々のオゾン濃度及び暴露時間を推計す

ることができるが、簡易方法を用いる場合には何らかの方法で暴露時間を設定してやることが必要となる。例えば一般的にオゾン濃度が高くなる日中 3 時間を暴露時間として設定する等の方法が考えられる。

$$I = \frac{C}{A_1} - \frac{A_0}{A_1} - \frac{A_2}{A_1 T}$$

ハ．動物へのダメージ

光化学オキシダントの動物へのダメージは、基本的に人間に対する健康影響を評価するための動物実験として行われている。また、実験方法としても定量化よりも影響の有無を評価する実験の方が多い。

一方、現実の被害としても光化学オキシダントの影響は都市部の方が大きいため、動物へのダメージについては、参考資料に過去の研究成果を取りまとめることとし、具体的なダメージ関数の評価は実施しない。

第 2.3.4-7 表　オゾンの感受性と各パラメータ値

グループ	植物種	A0	A1	A2	閾値濃度（ppm）
感受性群	全植物	-1.52	0.40	21.3	0.03
	牧草	-5.65	0.48	29.1	0.01
	マメ科植物	4.52	0.36	17.2	0.09
	トマト	-8.23	0.43	24.3	なし
	エンバク	-4.27	0.51	27.3	0.02
	インゲンマメ	-0.98	0.38	16.4	0.03
	タバコ	2.45	0.34	13.7	0.06
中間群	全植物	2.44	0.65	29.0	0.09
	野菜	-0.79	0.64	26.3	0.06
	牧草	1.87	0.59	26.2	0.09
	マメ科植物	1.16	0.74	32.9	0.09
	多年性植物	7.48	0.70	23.7	0.14
	クローバ	-0.99	0.71	29.8	0.06
	コムギ	-0.36	0.81	30.2	0.08
	タバコ	6.31	0.87	15.2	0.13
耐性群	全植物	16.89	0.95	27.8	0.25
	マメ科植物	8.98	1.08	30.4	0.18
	牧草	19.06	1.17	26.3	0.28
	野菜	19.79	1.26	18.7	0.28
	樹木	23.12	0.61	28.8	0.30
	キュウリ	15.05	1.41	10.6	0.23
	キク	20.68	0.52	25.6	0.27

参考文献

1. 「昭和 56 年度環境庁委託業務結果報告書　光化学オキシダントに関する文献レビュー」特殊法人　日本科学技術情報センター、昭和 57 年
2. US EPA, "Air quality criteria for ozone and related photochemical oxidants"
3. Andersson-Skold, Y. et al., "Photochemical ozone creation potentials : a study of different concepts", J. Air Waste Manage. Assoc., Vol.42, No.9, 1992.
4. 大原他、光化学オキシダント・シミュレーションモデルの構築と検証、大気環境学会誌、第 32 巻、第 1 号、1997
5. 「環境汚染物質の生体への影響 13　光化学オキシダント（上）（下)」Committee on Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants, NATIONAL RESEARCH COUNCIL（編）, 中島泰知・宗森　信、東京化学同人
6. "The New York State environmental externalities cost study. VOLUME Ⅰ:Introduction and methods ", Rowe, R. D. et al., Oceana Publications Inc., 1995.

2.4 年間総環境影響値（規格値）の調査

（1）調査内容

多種多様な環境問題を統合化して評価するためには、評価対象から発生する各環境影響について、対象地域における全影響度（＝規格値）に対する相対的な影響度を算出することが必要となる。規格値は、対象地域における環境負荷物質の全排出量及び枯渇性資源の全投入量等を算出することにより求められる。

本調査では、環境負荷物質の排出に関する規格値及び枯渇性資源の投入に関する規格値を求めるために、物質の種類によって影響のスケールを考慮し、対象地域を世界全体、日本全体及びより小さな地域に分けて、それぞれの地域における負荷排出及び資源投入の合計量を整理した。

調査対象は、第 2.4-1 表に示すとおり、環境負荷物質として温室効果ガス、オゾン層破壊物質、酸性化寄与物質、毒性物質、光化学オキシダント形成物質及び水質汚濁物質、枯渇性資源としてエネルギー資源及び鉱物資源とした。

第 2.4-1 表　調査対象項目

	項目	対象物質
環境負荷物質排出	温室効果ガス	CO2、CH4、N2O、NOx、CO、NMVOC、SO2、HFC、PFC、SF6
	オゾン層破壊物質	CFC、HCFC
	酸性化寄与物質	NOx、SOx、NH3
	毒性物質	重金属（鉛、カドミウム、六価クロム、水銀等）、ダイオキシン類等環境庁及び経団連PRTR事業対象物質
	光化学オキシダント形成物質	NOx、NMVOC
	水質汚濁物質	COD、T-N、T-P
枯渇性資源投入量	エネルギー資源	石油、石炭、天然ガス、原子力
	鉱物資源	金、銀、銅、鉛、亜鉛、鉄、アルミニウム、ニッケル、クローム、タングステン、コバルト、モリブデン、マンガン、カドミウム、すず、硫酸等

（2）調査結果

a 温室効果ガス

気候変動に関する国際連合枠組条約の締約国については、温室効果ガスの排出の吸収の目録を定期的に報告することが義務づけられている。それに基づいて報告された日本及び世界における排出量は第 2.4-2 表及び第 2.4-3 表に示すとおりである。なお、締約国は世界中のすべての国を含んでいないので、海外における排出量については、他の調査において全世界の排出量が算出されている場合は、その値を記載した。

第2.4-2表　日本における温室効果ガス排出量

	CO2	CH4	N2O	NOx	CO	NMVOC	SO2	HFC	PFC	SF6
単位	Gg	Gg	Gg	NO2換算 Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg
排出の合計	1,211,740	1,548	110.0	2,237	3,862	1,873	847	9.7	1.6	1.9
吸収の合計	90,834									
1エネルギー	1,133,291	274	69.0	2,153	3,336	460	769			
1A燃料の焼却	1,133,291	105	69.0	2,153	3,336	242	769			
1A1エネルギー産業部門	369,363	4	26.2	285	69	7	258			
1A2製造業・建設業部門	340,796	21	27.9	490	823	9	351			
1A3運輸部門	234,676	79	13.8	1,049	2,358	202	91			
1A4民生・農林水産業部門	166,961	1	1.2	329	86	23	69			
1A5その他	21,495									
1B燃料の漏出		169				218				
1B1固体燃料		94								
1B2石油及び天然ガス		75				218				
2工業プロセス	61,303	47	23.9	22		79	37	9.7	1.6	1.9
3有機溶剤及び他の製品の使用			1.4			1,333				
4農業		849	9.1		172					
4A家畜の腸内発酵		345								
4B家畜の糞尿管理		110	4.7							
4C稲作		389								
4D農業土壌			3.6							
4Eサバンナの野焼き										
4F農業廃棄物の焼却		5	0.8		172					
4Gその他										
5土地利用変化及び森林	-90,834	4	0.0	1	35					
5A森林等バイオマスの変化	-94,362									
5B森林草地の転換	929	4	0.0	1	35					
5C土地管理の放棄										
5D土壌からのCO2排出吸収	2,599									
5Eその他										
6廃棄物	17,146	373	6.6	61	300	0	41			
6A固形廃棄物の埋立		364								
6B下水処理		6								
6C廃棄物の焼却	17,146	3	6.6	61	300	0	41			
6Dその他										
7その他					18					
国際バンカー油	37,494	2	0.4	440	63	15				

注)対象年は1994年
出典:日本国政府

第 2.4-3 表　世界における温室効果ガス排出量

物質	単位	排出量	対象年	出典	備考
CO2	Gg	22,398,800	1995年	OECD	注1)
CH4	Gg	286,100	mid1990s	OECD	
N2O	Gg	2,594.3	1995年	FCCC	注2)
NOx	NO2換算Gg	39,629	1995年	FCCC	注3)
CO	Gg	156,396	1995年	FCCC	注3)
NMVOC	Gg	43,013	1995年	FCCC	注3)
SO2	Gg	32,690	1995年	FCCC	注4)
HFC	Gg	149,241.0	1995年	FCCC	注5)
PFC	Gg	89,204.7	1995年	FCCC	注6)
SF6	Gg	101,138.0	1995年	FCCC	注7)

注1)エネルギー利用と工業プロセスによる排出

注2)21ヶ国(オーストラリア、オーストリア、ベルギー、カナダ、チェコ、デンマーク、フランス、ドイツ、ギリシャ、アイルランド、日本、ラトビア、モナコ、オランダ、ニュージーランド、ノルウェー、スロバキア、スウェーデン、スイス、イギリス、アメリカ)合計

注3)28ヶ国(オーストラリア、オーストリア、ベルギー、ブルガリア、チェコ、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシャ、ハンガリー、アイスランド、アイルランド、イタリア、日本、ラトビア、ルクセンブルグ、オランダ、ニュージーランド、ノルウェー、ポルトガル、ロシア、スロバキア、スペイン、スウェーデン、スイス、イギリス、アメリカ)合計

注4)16ヶ国(デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、アイスランド、イタリア、日本、ラトビア、オランダ、ニュージーランド、ノルウェー、ロシア、スロバキア、スイス、イギリス、アメリカ)合計

注5)19ヶ国(オーストリア、ベルギー、カナダ、チェコ、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、アイスランド、イタリア、日本、オランダ、ニュージーランド、ノルウェー、ロシア、スウェーデン、スイス、イギリス、アメリカ)合計

注6)20ヶ国(オーストラリア、オーストリア、ベルギー、カナダ、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、アイスランド、イタリア、日本、オランダ、ニュージーランド、ノルウェー、ロシア、スロバキア、スウェーデン、スイス、イギリス、アメリカ)合計

注7)18ヶ国(オーストリア、ベルギー、カナダ、チェコ、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、アイスランド、イタリア、日本、オランダ、ニュージーランド、ノルウェー、スウェーデン、スイス、イギリス、アメリカ)合計

FCCC:Framework Covention on Climate Change (United Nations)

b　オゾン層破壊物質

オゾン層破壊物質については、モントリオール議定書によって生産量及び消費量が規制されている。日本における規制スケジュールは、CFC が 1995 年末をもって既に生産及び消費とも全廃されており、HCFC が 2019 年末をもって消費が全廃することとされている。しかし、過去に生産され、冷蔵庫、カーエアコン等の機器の中に充填された形で相当量の CFC 等が存在している。

CFC 及び HCFC の排出量は第 2.4-4 表に示すとおりである。

第 2.4-4 表　オゾン層破壊物質排出量

		単位	日本			世界			
			排出量	年代	出典	排出量	年代	出典	備考
CFC	CFCs	1000t	23.0	mid 1990s	OECD	280.0	mid 1990s	OECD	
	CFC-11	1000t				118.2	1996年	AFEAS	注1)
	CFC-12	1000t				166.1	1996年	AFEAS	注1)
	CFC-113	1000t				15.7	1996年	AFEAS	注1)
	CFC-114	1000t				2.4	1996年	AFEAS	注1)
	CFC-115	1000t				9.5	1996年	AFEAS	注1)
HCFC	HCFC-22	1000t				242.0	1996年	AFEAS	注1)
	HCFC-141b	1000t	5.56	1996年	化学品審議会	39.5	1996年	AFEAS	注1)
	HCFC-142b	1000t	2.45	1996年	化学品審議会	11.7	1996年	AFEAS	注1)
	HCFC-124	1000t				3.5	1996年	AFEAS	注1)

注1)調査対象国は、アルゼンチン、オーストラリア、ブラジル、カナダ、EU、日本、メキシコ、南アフリカ、アメリカ、ベネズエラ

AFEAS:Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study

c 酸性化寄与物質

日本における酸性雨には、日本国内のみでなく東アジアで排出された酸性化寄与物質が影響を及ぼしている。そこで、関連物質として、原因物質である SO2、NOx 及び中和成分である NH3 を対象として、日本を含む東アジア地域の排出量を整理した。結果を第 2.4-5 表に示す。

第 2.4-5 表　酸性化寄与物質排出量

	NOx	SO2	NH3
	Gg	Gg	Gg
中国	6,722	20,951	13,578
日本	1,576	990	700
日本の火山	-	1,444	
韓国	926	1,611	200
北朝鮮	297	676	175
台湾	599	583	
5カ国合計	10,120	26,255	

注1）Nox及びSoxの推計年は1989～1991年
注2）NH3の推計年は1989～1991年で人間活動に起因するもの。
　　台湾のデータはなし。
出典：東野晴行(1997)、ZHAO and WANG(1994)

d 毒性物質

毒性物質の排出に関して、環境庁及び経団連が 178 物質を対象として PRTR（環境汚染物質排出・移動登録）事業を実施している。環境庁の PRTR 事業は、パイロット事業として実施され、地域が限定されたものであるが、事業場の点源排出現に加えて、農薬散布、自動車、家庭といった非点源排出源もすべて対象としていることから、本調査では、この調査結果を用いて日本全国からの排出量を推定した。推定方法は、点源排出源の製造業については製造品出荷額、非製造業については人口を指標として全国／対象地域比を乗じることによって推定した。非点源排出源については、PRTR 事業と同様の方法で全国からの排出量を推定した。推定結果を第 2.4-6 表に示す。また、ダイオキシン類に関して環境庁が発表している発生源別発生量を第 2.4-7 表に示す。

第 2.4-6 表　毒性物質排出量推定値（日本国内）

（単位：t／年）

整理番号	CAS	和名	排出先								
			大気			公共用水域			土壌		
			点源	非点源	経団連集計	点源	非点源	経団連集計	点源	非点源	経団連集計
1	NONE	亜鉛化合物	34		94	746		278	1		20
2	79-06-1	アクリルアミド	17		1	16		24			
3	79-10-7	アクリル酸	17		145	0		4			
4	140-88-5	アクリル酸エチル	109		17	0					
5	107-13-1	アクリロニトリル	1,327	4	1,670	32		169			
6	75-07-0	アセトアルデヒド	42	3,770	171	17		80			
7	90-04-0	o－アニシジン；2－メトキシアニリン									
8	NONE	アンチモン及びその化合物	1		1	5		4			
9	18854-01-8	イソキサチオン；チオリン酸＝0，0－ジエチル＝0－(5－フェニル－3－イソオキサゾリル)					101			101	
10	26087-47-8	イプロベンホス					266			266	
11	NONE	インジウム及びその化合物			1						
12	75-21-8	エチレンオキシド；オキシラン；酸化エチレン	1,185		210	0		8			
13	106-89-8	エピクロロヒドリン	64		84	32		9			
14	75-56-9	1,2－エポキシプロパン；酸化プロピレン	936		204	0		3			
15	7647-01-0	塩化水素	6,758		1,390	53		4,550			4
16	1897-45-6	クロロタロニル；TPN					326	1		326	
17	75-01-4	塩化ビニルモノマー；塩化ビニル；クロロエチレン	642		1,640	0		210			
18	7782-50-5	塩素	21		51	12		14			
19	NONE	カドミウム及びその化合物	2			0					
20	105-60-2	カプロラクタム；ε－カプロラクタム	0		88	5		375			
21	1330-20-7;1330-20-7 (o-)95-47-6 (m-)108-38-3 (p-)106-42-	キシレン類	64,574	58,035	31,600	218		26	2		220
22	NONE	銀化合物									
23	120-71-8	p－クレジシン；パラクレジシン									
24	NONE	クロム化合物(六価)	16		2	1		1			2
25	NONE	クロム化合物(六価以外)	21		6	14		14	0		
26	5598-13-0	クロルピリホスメチル					32			32	
27	NONE	クロロニトロベンゼン類						79			
28	76-06-2	クロロピクリン					3,723			3,723	
29	122-34-9	2－クロロ－4,6－ビス(エチルアミノ)－S－トリアジン；シマジン；CAT					58			58	
30	126-99-8	クロロプレン；塩化プレン	962		57	112		18			
31	28249-77-6	S－4－クロロベンジル＝N,N-ジエチルチオカルバマート；チオベンカルブ					271			271	
32	67-66-3	クロロホルム；トリクロロメタン	17		2,050	0		334			1
33	107-30-2	クロロメチルメチルエーテル			1						
34	NONE	コバルト及びその化合物	0		1	0		1			
35	13356-08-6	酸化フェンブタスズ					15			15	
36	101-77-9	4,4'－ジアミノジフェニルメタン									
37	NONE	シアン化合物	16		4	23		5			
38	50512-35-1	ジイソプロピル1,3－ジチオラン－2－イリデンマロネート；イソプロチオラン					402			402	
39	333-41-5	0,0－ジエチル－0－(2－イソプロピル－4－メチル－6－ピリミジル)ホスホロチオエート；ダイアジノン					293			293	
40	298-04-4	0,0－ジエチル－S－2－(エチルチオ)エチルホスホロジチオアート；エチルチオメトン；ジスルホトン					258			258	

（単位：t／年）

整理番号	CAS	和名	排出先								
			大気			公共用水域			土壌		
			点源	非点源	経団連集計	点源	非点源	経団連集計	点源	非点源	経団連集計
41	56-23-5	四塩化炭素	5		67						1
42	123-91-1	ジオキサン；1,4－ジオキサン	802		57	5					
43	107-06-2	1,2－ジクロロエタン；二塩化エチレン	3,208		2,070	32		16			
44	75-35-4	1,1－ジクロロエチレン			429			1			
45	101-14-4	3,3'－ジクロロ－4,4'－ジアミノジフェニルメタン；4,4'－ジアミノ－3,3'－ジクロロジフェニルメタン；MOCA									
46	78-87-5	1,2－ジクロロプロパン	144		20	64		4			
47	542-75-6	1,3－ジクロロプロペン			1		5,026			5,026	
48	75-27-4	ジクロロブロモメタン									
49	106-46-7	p－ジクロロベンゼン；p－DCB		**26,000**	182			10			10
50	75-09-2	ジクロロメタン；二塩化メチレン	23,438	**90**	23,500	6		22	0		10
51	85-00-7	ジクワット					254			254	
52	156-59-2	シス－1,2－ジクロロエチレン									
53	121-14-2-	ジニトロトルエン類									
54	NONE	ジニトロベンゼン類									
55	101-68-8	4,4'－ジフェニルメタンジイソシアネート；ジフェニルメタンジイソシアネート	106		122						
56	106-93-4	1,2－ジブロモエタン			103						
57	57-14-7	1,1－ジメチルヒドラジン									
58	68-12-2	N,N－ジメチルホルムアミド；ジメチルホルムアミド	505		2,390	32		681			
59	122-14-5	0,0－ジメチル－0－（3－メチル－4－ニトロフェニル）ホスホロチオエート；フェニトロチオン；MEP					755			755	
60	74-83-9	臭化メチル；ブロモメタン	779		98		3,059			3,059	
61	144-62-7	シュウ酸	1		1,040	25		35			120
62	NONE	水銀及びその化合物	1								
63	100-42-5	スチレンモノマー	2,309	**374**	3,450	32		9			
64	NONE	セレン及びその化合物	27								
65	2921-88-2	クロルピリホス；チオリン酸0,0－ジエチル－0－3,5,6－トリクロロ－2－ピリジン					73			73	
66	127-18-4	テトラクロロエチレン；パークロロエチレン	890		1,970	0					
67	NONE	テルル及びその化合物									
68	NONE	銅化合物	2		81	322	1,757	23	0	1,757	55
69	156-60-5	トランス－1,2－ジクロロエチレン									
70	71-55-6	1,1,1－トリクロロエタン	444	**772**	118	0					
71	79-00-5	1,1,2－トリクロロエタン	8		359	0					
72	79-01-6	トリクロロエチレン	3,415		3,690	1		4			
73	1836-77-7	クロルニトロフェン；CNP；2,4,6－トリクロロフェニル－4'－ニトロフェニルエーテル									
74	NONE	トリクロロフェノール類									
75	NONE	トリフェニルスズ化合物									
76	NONE	トリブチルスズ化合物									
77	1582-09-8	トリフルラリン					100			100	
78	95-53-4	o－トルイジン						2			
79	108-88-3	トルエン	66,845	61,451	41,600	333		203	4		63
80	NONE	鉛化合物	62		21	2		2	0		4
81	NONE	ニッケル化合物	7		7	74		116	0		
82	91-23-6	o－ニトロアニソール；ニトロアニソール									
83	137-26-8	チウラム；二硫化四メチルチウラム；テトラメチルチウラムジスルフィド			1		193			193	
84	NONE	バナジウム及びその化合物			1			2			
85	1910-42-5	パラコート					152			152	
86	NONE	バリウム及びその化合物	0		7	316		21			197
87	NONE	ヒ素及びその化合物									
88	302-01-2	ヒドラジン	7		3	54		14	0		

（単位：t／年）

整理番号	CAS	和名	排出先								
			大気			公共用水域			土壌		
			点源	非点源	経団連集計	点源	非点源	経団連集計	点源	非点源	経団連集計
89	2104-64-5	EPN；フェニルチオリン酸＝O－エチル－O－p－ニトロフェニル					91			91	
90	NONE	フェニレンジアミン類									
91	55-38-9	フェンチオン；MPP					211			211	
92	106-99-0	1,3－ブタジエン；ブタジエン	10,282	1,612	1,640	13		13			
93	117-81-7	フタル酸ジ(2－エチルヘキシル)；DOP；フタル酸ジ－2－エチルヘキシル	478		96	6		1			3
94	7664-39-3	フッ化水素	51		15	238		15			32
95	7782-41-4	フッ素			1	4		14			
96	NONE	フッ素化合物(無機)	304		802	191		28			22
97	23950-58-5	プロピザミド					10			10	
98	114-26-1	プロポキスル；プロポクサー；PHC					24			24	
99	NONE	ベリリウム及びその化合物									
100	71-43-2	ベンゼン	1,355	8,468	4,420	54		21			
101	115-29-7	ベンゾエピン					57			57	
102	82-68-8	ペンタクロロニトロベンゼン；キントゼン；PCNB					233			233	
103	87-86-5	ペンタクロロフェノール									
104	NONE	ほう素及びその化合物	30		3	70		390			
105	50-00-0	ホルムアルデヒド；ホルマリン	475	12,243	573	200	338	106			1
106	121-75-5	マラソン					104			104	
107	NONE	マンガン化合物	9		5	3,141		9	0		
108	3766-81-2	フェノブカルブ；N－メチルカルバミン酸－2－sec－ブチルフェニル；BPMC					316			316	
109	74-93-1	メチルメルカプタン；メタンオール			119			3			
110	NONE	モリブデン及びその化合物			1	11		37	1		
111	7553-56-2	ヨウ素									
112	62-73-7	ジクロルボス；リン酸2,2－ジクロロビニルジメチル；DDVP	2		1		303			303	
113	124-04-9	アジピン酸	32		66	0		1			7
114	103-23-1	アジピン酸ジ－2－エチルヘキシル；アジピン酸ビス(2－エチルヘキシル)									
115	103-33-3	アゾベンゼン									
116	62-53-3	アニリン			5			51			
117	107-18-6	アリルアルコール	3		3	11		4			
118	NONE	アルミニウム化合物(溶解性塩)	2			112	16	329		16	
119	78-79-5	イソプレン	321		72						
120	80-05-7	4,4－イソプロピルアイデネジフェノール；ビスフェノールA			34	1					
121	141-43-5	エタノールアミン；モノエタノールアミン	62		28	383	984	58			
122	2212-67-1	モリネート；S－エチルヘキサヒドロ－1H－アゼピン－1－カルボチオエート					204			204	
123	100-41-4	エチルベンゼン	175	2,917	148	0		7			
124	110-80-5	エチレングリコールモノエチルエーテル	1,614	744	948			1			
125	80844-07-1	エトフェンプロックス					97			97	
126	133-06-2	カプタン					309			309	
127	63-25-2	カルバリル；NAC					95			95	
128	91-22-5	キノリン									
129	107-22-2	グリオキサール			2			1			
130	123-73-9	クロトンアルデヒド			51			4			
131	106-47-8	p－クロロアニリン									
132	109-70-6	1－クロロ－3－ブロモプロパン；1－ブロモ－3－クロロプロパン									
133	74-87-3	クロロメタン；塩化メチル	3,882		2,470	32		32			1

（単位：t／年）

整理番号	CAS	和名	排出先								
			大気			公共用水域			土壌		
			点源	非点源	経団連集計	点源	非点源	経団連集計	点源	非点源	経団連集計
134	111-15-9	酢酸2－エトキシエチル；酢酸エチレングリコールモノエチルエーテル；2－エトキシエチルアセテート；セロソルブアセテート；エチレングリコールモノエチルアセテート	1,091	**793**	309						
135	108-05-4	酢酸ビニルモノマー；ビニルアセテート	48	**112**	1,570	11		56			
136	NONE	ジクロロイソプロパノール						0>			
137	94-75-7	2,4－ジクロロフェノキシ酢酸；2,4PA					56			56	
138	98-87-3	ジクロロメチルベンゼン；塩化ベンザル									
139	60-51-5	ジメトエート；ジチオリン酸＝0,0－ジメチル＝（メチルカルバモイル）メチル					62			62	
140	97-02-9	2,4－ジニトロアニリン									
141	92-52-4	ジフェニル；ビフェニル			1						
142	122-39-4	ジフェニルアミン									
143	128-37-0	2,6－ジ-t-ブチル-4-メチルフェノール；BHT	0		1						
144	124-40-3	ジメチルアミン	3		77			31			
145	131-11-3	ジメチルフタレート；DMP			2						
146	NONE	ジルコニウム及びその化合物						4			
147	409-21-2	炭化ケイ素				2			0		
148	NONE	タングステン化合物			1						
149	109-99-9	テトラヒドロフラン；THF	185		755	5		37			
150	100-21-0	テレフタル酸；TPA	0					2			1
151	108-77-0	2,4,6－トリクロロ－1,3,5－トリアジン；三塩化シアヌリル；塩化シアヌル									
152	75-50-3	トリメチルアミン									
153	NONE	ニトロトルエン類									
154	98-95-3	ニトロベンゼン			5			283			
155	25154-52-3	ノニルフェノール			15						
156	123-31-9	ハイドロキノン			4			27			
157	111-44-4	ビス（2－クロロエチル）エーテル；2,2'－ジクロロエチルエーテル									
158	27355-22-2	フサライド					406			406	
159	84-69-5	フタル酸ジイソブチル			10						
160	84-74-2	フタル酸ジ－n－ブチル；DBP		**120**				2			
161	98-01-1	フラフラール				32		7			
162	314-40-9	ブロマシル					30			30	
163	41814-78-2	トリシクラゾール；ベアム					129			129	
164	124-09-4	ヘキサメチレンジアミン									
165	100-44-7	ベンジルクロリド；α－クロロトルエン；クロロメチルベンゼン；塩化ベンジル			2						
166	115-77-5	ペンタエリスリトール	11	**15**	9	0		1			
167	8018-01-7	マンゼブ					1,569			1,569	
168	16752-77-5	メソミル					172			172	
169	563-47-3	メタリルクロライド									
170	950-37-8	メチダチオン					147		0	147	
171	74-89-5	メチルアミン	3		40						
172	60-34-4	メチルヒドラジン									
173	74-88-4	ヨウ化メチル；ヨードメタン									
174	126-73-8	リン酸トリブチル；TBP									
175	NONE	ダイオキシン類	0.002								
176	NONE	多環芳香族炭化水素類	16	0							
177	NONE	多環芳香族ニトロ化合物									
178	NONE	ニトロソアミン類									

注1）環境庁報告書では、神奈川県（川崎市及び湘南地区）及び愛知県（西三河地区）を対象としているが、全国値への推定は点源の製造業については製造品出荷額、点源の非製造業については人口を用いて、対象地域内合計値と全国合計値の比を乗ずることによって推定した。また、非点源については、報告書に記載されている値はその値を用いており、報告書に記載されていない場合には、基本的に報告書と同様の方法で算出した。ただし、家庭での水道使用を通して発生するトリハロメタン（クロロホルム及びジクロロブロモメタン）については、全国人口と対象地域内人口の比を乗ずることによって推定した。

注2）PRTR調査における事業所のデータは、事業所へのアンケートにより報告されるものでるが、調査票の回答率は、環境庁調査が約52%、経団連調査が約63%であった。また、調査対象にも事業所規模による裾切りがある。表の数字は、これらによるカバー率の低下に対する補正は行っていない。ちなみに、経団連の調査対象となった38団体による調査対象物質の日本全体の取扱量に対するカバー率は、物質当たり平均約80%である。

注3）排出先の媒体は大気が最も多く、総排出量で、環境庁調査が98%、経団連調査が93%を占めている。

注4）排出先の区分において、農薬については、環境庁PRTR報告書において排出先が区分されていなかったため、土壌と水域に50%ずつ排出されるものとしている。

注5）太字は、環境庁報告書に記載されている排出量を合計しただけのもので、本調査において値を推定したものではない。

注6）対象年度は、環境庁調査が1995～1996年、経団連調査が1997年

第 4.2-7 表　日本におけるダイオキシン類発生量

（単位：g-TEQ/年）

発生源	排出量
＜燃焼工程＞（注1）	
一般廃棄物焼却	4300
産業廃棄物焼却	547～707
金属精錬	250
石油添加物（潤滑油）	20
たばこの煙	16
黒液回収ボイラー	3
木材、廃材の焼却	0.2
自動車排出ガス	0.07
小計	5,140～5,300
＜漂泊工程＞（注2）	
晒クラフトパルプ	0.7
＜農薬製造＞（注2）	
PCNB	0.06
合計	5,140～5,300

注1）一般廃棄物焼却は「ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止等ガイドライン」より、
その他は平岡京都大学名誉教授の試算より
注2）環境庁試算
出典：環境庁環境保健部環境安全課

e　光化学オキシダント形成物質

光化学オキシダントは、NOx と NMVOC の光化学反応によって生成されるため、形成物質として、NOx 及び NMVOC を対象とした。これらの排出量については、①温室効果ガスの箇所に記載した。

f　水質汚濁物質

水質汚濁物質については、富栄養化が問題となっている東京湾、伊勢湾及び瀬戸内海を対象として、富栄養化の原因物質である COD、T－N 及び T－P の排出量を整理した。結果を第 4.2-8 表に示す。

第 4.2-8 表　水質汚濁物質排出量

（単位：t／年）

		COD	T-N	T-P
東京湾	合計	104,390	102,565	8,395
	産業系	21,535	18,250	1,533
	生活系	71,905	63,875	5,183
	その他	10,950	20,440	1,679
伊勢湾	合計	89,790	63,510	6,899
	産業系	30,295	17,155	2,008
	生活系	48,910	23,725	2,336
	その他	10,585	22,630	2,555
瀬戸内海	合計	272,290	268,640	15,549
	産業系	112,785	94,170	5,074
	生活系	133,225	75,555	6,059
	その他	26,280	98,915	4,417

注）対象年度は、平成6年度
出典：環境庁水質保全局

g エネルギー資源投入量

エネルギー資源投入量として、日本及び世界におけるエネルギー源別及び消費部門別の消費量を整理した。結果を第4.2-9表～第4.2-13表に示す。

第4.2-9表　日本における一次エネルギー供給量

（単位：10^{10}kcal）

年度	1993	1994	1995	1996	1997
石炭	81,551	87,474	89,899	90,639	94,332
石油	286,590	306,570	303,582	304,784	299,454
ガス	54,160	57,480	58,927	63,026	64,572
水力	22,008	15,403	18,888	18,487	20,958
原子力	56,083	60,554	65,532	67,995	71,788
新エネルギー他	6,373	6,498	7,081	7,320	7,473
合計	506,764	533,979	543,908	552,252	558,577

出典：通産省、エネルギー計量分析センター

第4.2-10表　日本におけるエネルギー源別最終エネルギー消費

（単位：10^{10}kcal）

年度	1993	1994	1995	1996	1997
石炭・コークス	39,237	39,933	40,122	40,409	40,621
石油	204,313	211,310	218,675	220,359	220,330
天然ガス	545	541	498	449	443
都市ガス	18,875	19,146	20,608	21,438	22,055
電力（事業者）	60,634	64,909	66,416	67,950	69,462
電力（自家発）	7,676	8,003	8,398	8,687	9,062
電力（その他）	3,971	3,959	4,099	4,119	4,083
合計	335,251	347,799	358,795	363,409	366,057

出典：通産省、エネルギー計量分析センター

第4.2-11表　日本における部門別最終エネルギー消費

（単位：10^{10}kcal）

年度		1993	1994	1995	1996	1997
産業部門	非製造業	18,373	18,153	18,884	18,419	17,088
	製造業	141,315	147,549	150,864	153,422	155,424
	合計	159,688	165,702	169,749	171,842	172,513
民生部門	家庭	47,904	47,981	51,210	51,190	51,131
	業務	39,043	41,773	43,059	43,116	44,031
	合計	86,947	89,753	94,269	94,306	95,161
運輸部門	旅客	49,695	52,395	54,193	56,032	57,426
	貨物	30,514	31,608	32,447	32,883	32,807
	合計	80,209	84,005	86,640	88,916	90,235
非エネルギー		8,408	8,339	8,137	8,346	8,148
合計		335,251	347,799	358,795	363,409	366,057

出典：通産省、エネルギー計量分析センター

第 1.2-12 表　世界における一次エネルギー消費

（単位：石油換算百万トン）

年度	1990	1993	1994	1995	1996
合計	7,781	7,979	8,017	8,212	8,478
固体燃料	2,154	2,127	2,150	2,201	2,249
石油	3,079	3,148	3,153	3,207	3,305
天然ガス	1,671	1,751	1,743	1,794	1,887
原子力	522	569	581	605	627
水力	185	202	203	214	216

注1）IEA統計が網羅している国が対象
注2）真発熱量ベース
注3）非OECD諸国は可燃再生エネルギーを含まない
出典：IEA、エネルギー計量分析センター

第 1.2-13 表　世界における最終エネルギー消費

（単位：石油換算百万トン）

年度	1990	1993	1994	1995	1996
合計	5,449	5,585	5,571	5,720	5,911
産業	2,112	2,055	2,040	2,107	2,157
交通	1,414	1,464	1,482	1,535	1,582
民生・農業	1,731	1,901	1,875	1,905	1,990
非エネルギー消費	191	164	173	171	180
電力	829	880	903	932	964

注1）IEA統計が網羅している国が対象
注2）真発熱量ベース
注3）非OECD諸国は可燃再生エネルギーを含まない
注4）非エネルギーは、潤滑油、アスファルト、グリース、パラフィン等を指す
出典：IEA、エネルギー計量分析センター

h　鉱物資源投入量

鉱物資源投入量として、日本及び世界における消費量を整理した。結果を第 4.2-14 表及び第 4.2-15 表に示す。

第 4.2-14 表　日本における鉱物資源消費量

	単位	平成6年度		平成7年度		平成8年度		備考	出典
		内需	輸出	内需	輸出	内需	輸出		
金	トン	333.7	44.5	383.8	80.0	305.3	48.0		通産省及び(社)日本金地金流通協会資料
銀	トン	3,466	56.0	3,423	59.0	3,429	65.0		資源統計年報
銅(地金)	千トン	1,534.6	99.3	1,503.4	179.9	1,518.2	154.5		資源統計年報
鉛(地金)	千トン	280.1	0.0	268.9	1.8	273.5	0.5		資源統計年報
亜鉛(地金)	千トン	627.8	38.7	627.1	26.6	625.7	27.0		資源統計年報
鉄鉱石類	千トン	123,191.0		122,906.0		124,697.0			鉄鋼統計月報
鉄鋼	千トン	272,464.0		271,212.0		273,641.0		生産高	鉄鋼統計年報
アルミニウム(地	千トン	2,335.0	13.0	2,239.0	13.0	2,348.0	11.0		資源統計年報
ニッケル(地金等)	トン	77,085.0	80.0	79,963.0	352.0	72,918.0	1,584.0		資源統計年報
クローム鉱	精鉱千トン	522.0							資源、鉄鋼、窯業・建材統計年報
タングステン鉱	精鉱トン	1,653.0		712.0		650.0			資源統計年報
コバルト(地金等)	トン	2,579.0		2,539.0		2,521.0			資源統計年報
モリブデン鉱	精鉱トン	7,042.0	1.0	6,029.0	169.0	6,542.0	139.0		資源統計年報
マンガン鉱	精鉱千トン	977.0						平成5年度データ	鉄鋼統計年報
電解二酸化マンガン	トン	24,371.0	33,018.0		35,938.0		30,640.0	国内出荷のみ	資源統計年報
五酸化バナジウム	トン	3,799.0	52.0					平成4年度データ	鉄鋼統計年報
カドミウム	トン	2,619.0	0.0	2,316.0	0.0	2,171.0	46.0	国内出荷のみ	日本鉱業協会調べ
ビスマス	トン	550.0	0.0	558.0	0.0	536.0	0.0	国内出荷のみ	日本鉱業協会調べ
セレン	トン	232.0	523.0	223.0	305.0	215.0	443.0	国内出荷のみ	日本鉱業協会調べ
すず	トン	29,278.0	8.0	27,509.0	2.0	27,184.0	9.0		資源統計年報
アンチモン	トン	685.0	88.0	588.0	59.0	496.0	213.0		資源統計年報
三酸化アンチモン	トン	9,621.0	11.0	9,630.0	121.0	9,733.0	85.0	国内出荷のみ	日本鉱業協会調べ
水銀	トン	49.0	19.0	36.0	1.0	24.0	45.0		資源統計年報
スポンジチタン	トン	11,007.0	4,977.0	10,534.0	6,066.0	10,474.0	12,194.0		(社)日本チタン協会調べ
硫化鉄鋼	トン	161.0		66.0		19.0			資源統計年報
いおう	千トン	961.0	701.0	1,048.0	644.0	1,031.0	764.0		総合硫黄源対策ワーキンググループ資料
硫酸	H_2SO_4 100%千トン	5,518.0	1,075.0	5,722.0	1,179.0	5,573.0	1,276.0		硫酸協会調べ
石灰石	千トン	203,840.0	3,692.0	202,285.0	3,638.0	202,955.0	3,521.0		資源統計年報、石灰石鉱業協会資料
ドロマイト	千トン	3,957.0		3,889.0		4,091.0			資源統計年報、石灰石鉱業協会資料
石こう	千トン	8,895.0	0.0	9,051.0	0.0	9,570.0	11.0		通産省基礎産業局調
けい砂	千トン	4,459.0		4,205.0		3,598.0			資源統計、窯業・建材統計、雑貨統計年報
けい石	千トン	16,264.0		16,760.0		17,281.0			資源統計、窯業・建材、鉄鋼年報
重晶石	千トン	88.0		98.0		94.0			日本無機薬品協会資
耐火粘土	千トン	547.0		452.0		467.0			資源統計年報
ろう石	千トン	552.0		551.0		527.0			資源統計年報、耐火物協会等資料
ほたる石	千トン	556.0		639.0		542.0			鉄鋼統計年報、化学工業統計年報
ろう石クレー	千トン	270.0		299.0		300.0			資源統計年報

引用:鉱業便覧(資源エネルギー庁)

第 4.2-15 表　世界における鉱物資源消費量

	単位	1994年	1995年	1996年	その他の年	備考	出典
金	トン	3,032.7	3,257.2	3,289.8		加工量	Gold 1995～1997
銀	トン			24,984.0	19,789.0 （1993年）		ハンディハーマン社資料、WORLD SILVER SURVEY 1997
銅(地金)	千トン	11,513.5	11,928.3	12,131.0			WMS 1995～1997
鉛(地金)	千トン	5,077.4	5,413.2	5,571.7		再生鉛を含む	WMS 1995～1997
亜鉛(地金)	千トン	6,881.4	7,172.0	7,412.0			WMS 1995～1997
鉄鉱石類	百万トン	1,000.0	1,000.0	1,000.0		生産量	Mineral Commodity Summaries 1995～1997
アルミニウム(地金)	千トン	19,658.4	19,808.4	20,456.8			WMS 1995～1997
ニッケル(地金等)	千トン		890.1	936.7	749.3 （1992年）	Ni純分	World Metal Statistics 1994-4,1993-12,Year Book
クローム鉱	千トン				11,637.0 （1992年）	クロム精鉱	Roskill 1993
タングステン鉱	トン		43,488.0		37,934.0 （1991年）	W含有量	International Tungsten Industry Association,工業レアメタル
コバルト(地金等)	トン		21,600.0		27,450.0 （1991年）	Co純分	96新金属データブック、Roskill 1992
モリブデン鉱	トン	214,000.0	95,800.0	98,883.0		Mo純分	工業レアメタル
マンガン鉱	千トン		19,083.0		21,952.0 （1991年）	マンガン精鉱	Roskill 1993,Mn97
電解二酸化マンガン	千トン				117.0 （1983年）		資源エネルギー庁鉱業課調べ
バナジウム	トン		50,500.0	64,610.0	75,000.0 （1992年）	V205量	工業レアメタル
カドミウム	トン	18,176.0	19,328.0	16,128.2			World Metal Statistics 1985～1997
ビスマス	トン		3,200.0	3,030.0		生産量	Mineral Commodity Summaries 1996,1997
セレン	トン		1,890.0	2,050.0	2,188.0 （1992年）	生産量	Mineral Commodity Summaries 1996,1997
すず	千トン	205.4	224.0	214.6			World Metal Statistics 1995～1997
アンチモン	トン	97,710.0	126,617.0	100,000.0		生産量(Sb含有量)	World Metal Statistics 1995～1997
いおう	千トン	34,797.0	37,498.0	38,359.0		生産量	British Sulphur Corp資料
硫酸	千トン	138,761.0	154,447.0	152,097.0		H2SO4 100%	British Sulpher Corp、硫酸協会
ニオブ	トン	22,440.0	23,540.0	24,100.0		Nb205量	工業レアメタル
タンタル	トン		366.0			純分量	レアメタルニュース
ゲルマニウム	トン				53,000.0 （1989年）	純分量	Roskill Ge90
ストロンチウム	トン				170,000.0 （1990年）	炭酸Sr量	Roskill Sr92
プラチナ	トン		146.5	151.8		純分量	Johnson Matthey社資料
パラジウム	トン		183.0	191.3		純分量	Johnson Matthey社資料
チタン	千トン				3,956.0 （1992年）	Ti02量	Roskill Ti93
ベリリウム	トン				341.0 （1988年）	純分量	Roskill Be89
ジルコニウム	千トン	900,000.0				精鉱量	Roskill Zr95
レニウム	トン				27,200.0 （1991年）	純分量	Roskill Re92
リチウム	トン				9,600.0 （1992年）	純分量	Roskill Li94
ホウ素	千トン				2,500.0 （1993年）	B203量	Roskill B95
ガリウム	トン		139.0	155.0		純分量	レアメタルニュース
バリウム	千トン				4,415.0 （1991年）	重晶石量	Roskill Ba91
テルル	トン	265.0			250.0 （1992年）	純分量	Mineral Handbook 1996/1997
インジウム	トン		200.0		128.9 （1991年）	純分量	Roskill In92,In96
希土類	トン				79,600.0 （1992年）	酸化物量	Roskill RE94

引用：鉱業便覧(資源エネルギー庁)

（3）参考文献

日本国政府（1997）：「気候変動枠組条約」に基づく第2回日本国報告書（案）

OECD（1997）：OECD ENVIRONMENTAL DATA COMPENDIUM 1997

UNITED NATIONS Framework Convention on Climate Change (1998) : Summary compilation of annual greenhouse gas emission inventory data from Annex I Parties Note by the secretariat

UNITED NATIONS Framework Convention on Climate Change (1998) : Second compilation and synthesis of second national communications Addendum

AFEAS（Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study）HOME PAGE :http//www.afeas.org/

東野晴行（1997）：東アジア地域における大気汚染物質の排出と輸送シミュレーション，安全工学，Vol.36，No.6，402-408

ZHAO DIANWU and WANG ANPU (1994) : ESTIMATION OF ANTHROPOGENIC AMMONIA EMISSIONS IN ASIA， Atmospheric Environment，Vol.28，No.4，689-694

環境庁環境保健部環境安全課（1998）：ＰＲＴＲパイロット事業中間報告 －環境汚染物質排出・移動量集計結果－

（社）経済団体連合会（1998）：経団連ＰＲＴＲ（環境汚染物質排出・移動登録）調査結果報告

環境庁環境保健部環境安全課（1998）：ダイオキシンってなあに？（パンフレット）

須藤隆一、環境庁水質管理局水質規制課監修（1996）：内湾・内海の水環境，（株）ぎょうせい

日本エネルギー経済研究所 エネルギー計量分析センター編（1999）：エネルギー・経済統計要覧，（財）省エネルギーセンター

資源エネルギー庁長官官房鉱業課監修（1998）：鉱業便覧，（財）通商産業調査会

2.5 排出物現況調査（汚染マップ作成）

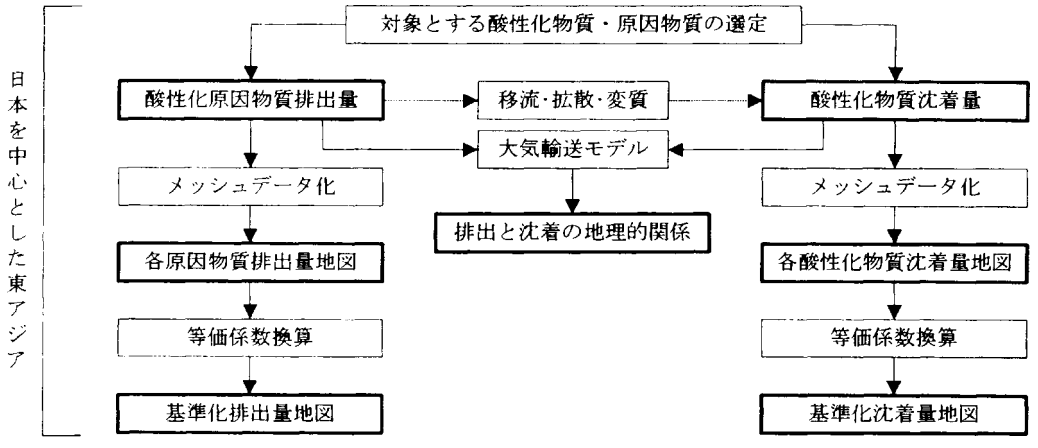
2.5.1 調査目的

本調査は、各環境問題の環境負荷物質ごとに、大気質および水質の汚染状況をあらわす汚染マップを作成し、サイトスペシフィックな環境問題の今後の具体的な評価に資することを目的とした。平成10年度の調査で取り上げる環境問題は、日本およびその周辺における酸性化問題（酸性化寄与物質）ならびに、日本における富栄養化問題（富栄養化寄与物質）とした。前者はリージョナルスケール、後者はローカルスケールの環境問題である。

2.5.2 酸性化寄与物質

(1) 調査項目

酸性化寄与物質の調査項目は、①汚染マップの作成（原因物質排出状況・酸性化物質沈着状況）および、②原因物質排出と酸性化物質沈着の地理的関係の推計とした。調査全体のフローは第2.5.2－1図に示すとおりである。



第2.5.2－1図　汚染マップ（酸性化寄与物質）調査フロー

(2) 対象物質および地理範囲

酸性化原因物質は①硫黄酸化物（主に二酸化硫黄）、②窒素酸化物および③アンモニアを対象とした。一方、酸性化寄与物質は①非海塩性硫酸イオン、②硝酸イオンおよび③アンモニウムイオンを対象とした。アンモニウムイオンは大気中ではアルカリであるが、地表に沈着後に硝酸化成を起こし、その過程でプロトンを2つ放出して正味1価の酸として挙動することから酸性化寄与物質に含めた。

酸性化原因物質のうち特に硫黄酸化物は大気中を長距離輸送されるため、日本のみでなく周辺地域もマップ作成の範囲に含めることが望ましい。しかしながら、利

用可能なデータの問題から、本調査では、酸性化原因物質は日本および韓国、酸性化寄与物質は日本のみを対象としてマップを作成した。

(3) 汚染マップの作成

a 原因物質排出状況マップ

イ 原因物質排出状況マップ作成に用いた既存のデータセット

二酸化硫黄および窒素酸化物の排出量は Akimoto and Narita(1994)、アンモニアの排出量は Murano 他(1996)より把握した。これらはいずれも緯度 1° ×経度 1° メッシュスケールのデータセットである。

Akimoto and Narita(1994)のデータセットは、アジア地域における化石燃料起源の二酸化硫黄、窒素酸化物および二酸化炭素の排出量を 1° メッシュ単位で 1975、1980 および 1987 年について推計したものである。アジア地域における二酸化硫黄および窒素酸化物双方の排出量を含む唯一のデータセットであったことから、本調査において利用した。

Murano 他(1996)のデータセットは、日本および韓国における家畜（肉牛・乳牛、豚および鶏）および施肥（肥料製造を除く）起源のアンモニア排出量を 1° メッシュ単位で推計したものである。排出量の年次は項目により異なる（1990～1994 年）。メッシュ単位でアンモニアの排出量を推計した事例が他にみられなかったことから本調査において利用した。ただし、①全ての発生源を含んでいない、②項目により年次が異なる、といった制限に注意が必要である。

ロ 原因物質排出状況マップ作成方法

利用したデータセットはいずれも 1° メッシュデータであることから、作成するマップの解像度も 1° メッシュとし排出量データを直接に利用した。

各物質の日本周辺における排出量を整理するとともに、二酸化硫黄を基準とした等価係数による総排出量を求めた。等価係数は欧州において開発された酸性化係数（AP：Acidification Potential）を用いた（Heijungs 他,1992）。各物質の AP は第 2.5.2－1 表に示すとおりである。あるメッシュにおける酸性化原因物質の総排出量（AP 換算値）は、次式のようにあらわされる。

$$\text{AP換算総排出量}[\text{AP}(t\text{SO}_2)/\text{年}] = 1.00 \cdot \text{SO}_2\text{排出量}[t\text{SO}_2/\text{年}] + 0.70 \cdot \text{NOx排出量}[t\text{NOx}/\text{年}] + 1.88 \cdot \text{NH}_3\text{排出量}[t\text{NH}_3/\text{年}] \quad (2.5.2\text{-}1)$$

第 2.5.2－1 表　酸性化係数

酸性化原因物質名	酸性化係数（AP）
二酸化硫黄（SO_2）	1.00
窒素酸化物（NOx）	0.70
アンモニア（NH_3）	1.88

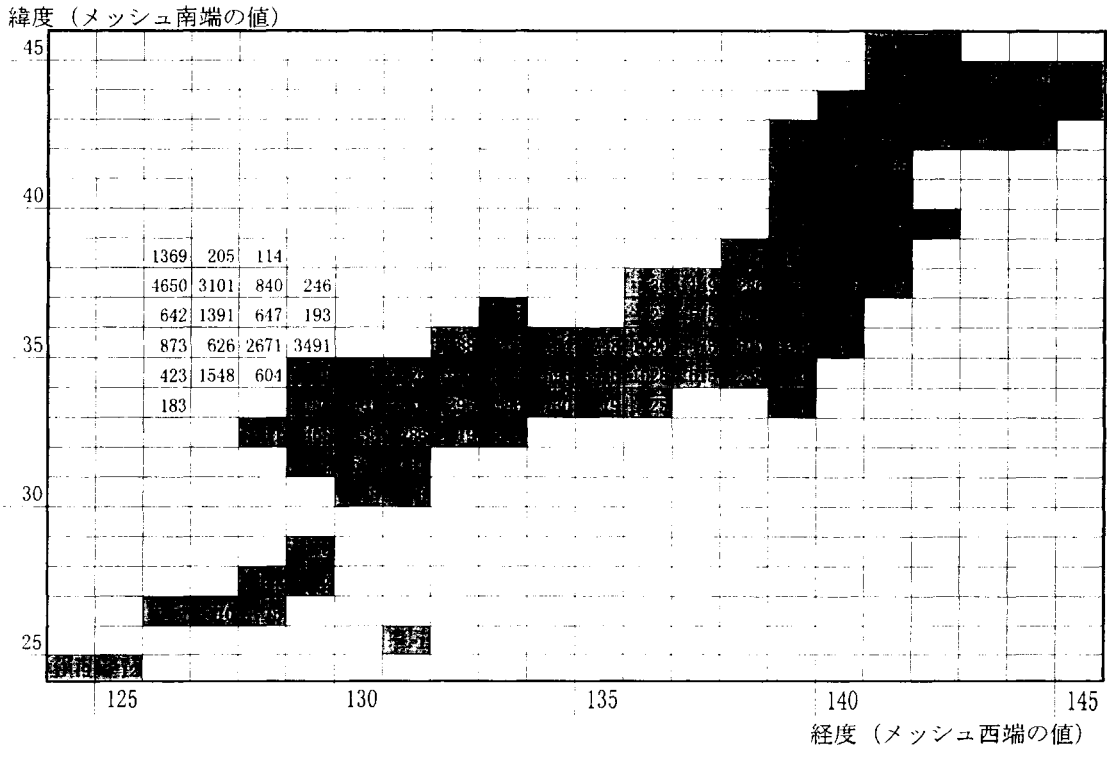
＊窒素酸化物の AP は NO_2 の AP とした。

酸性化原因物質の排出量のマップは、表計算ソフトで利用可能なデータセットとして加工した。加えて、地理情報システム（GIS）で利用可能なデータセットを作成した。

ハ　原因物質排出状況マップ作成結果

酸性化原因物質排出状況マップのうち、AP 換算総排出量を第 2.5.2－2 図に示す。マップには日本および韓国における AP 換算総排出量が示されている。

AP に占める各原因物質の割合は、日本では SO_2 が約 24%、NOx が約 75%、NH_3 が約 1%であった。一方、韓国では SO_2 が約 56%、NOx が約 43%、NH_3 が約 1%であった。日本では固定発生源の対策が進んでいることから、固定発生源の寄与が大きい SO_2 の排出が抑えられ、相対的に移動発生源の寄与が大きい NOx の比率が高くなっていると考えられる。アンモニアの排出量は人為的な発生源の全てを含まないが、Zhao and Wang(1994)によると、日本および韓国ともに家畜および施肥からの排出量は全体の約半分を占める。これを考慮しても、AP 換算総排出量に占めるアンモニアの割合は数%にとどまり、発生源対策など酸性化問題の解決にあたっては、SO_2 および NOx に対する対策が重要であるといえる。



第 2.5.2－2 図

日本および韓国における酸性化原因物質排出量［100AP(tSO_2)・$mesh^{-1}$・$年^{-1}$］

＊SO_2 および NO_x は 1987 年の排出量、NH_3 は項目により 1990～1994 年の排出量。

b　酸性化物質沈着状況マップ

イ　酸性化物質沈着状況マップ作成に用いた既存のデータセット

非海塩性硫酸イオン、硝酸イオンおよびアンモニウムイオンの沈着量は全国第 1 次酸性雨データセット（国立環境研究所地球環境研究センター、http://www-cger.nies.go.jp/acid/acid0.html）より把握した。このデータセットには各地点における沈着物の測定値が収められている。

データは各自治体の公害・環境研究機関により測定されたもので、データセットには 1991～1993 年度のデータが収められている。また、同データセットの作成に携わった野口研究員（北海道環境科学研究センター）より、データ利用およびマップ作成に関する助言を受けた。

ロ　酸性化寄与物質沈着状況マップ作成方法

各測定地点における酸性沈着物の測定頻度は、週 1 回、2 週 1 回、半月 1 回、4 週 1 回あるいは月 1 回と異なるが、データセットには原則として月ごとに集計された沈着量（単位は $meq \cdot m^{-2}$）が収められている。本調査ではこの月沈着量を測定年度中の総沈着量に再集計した。

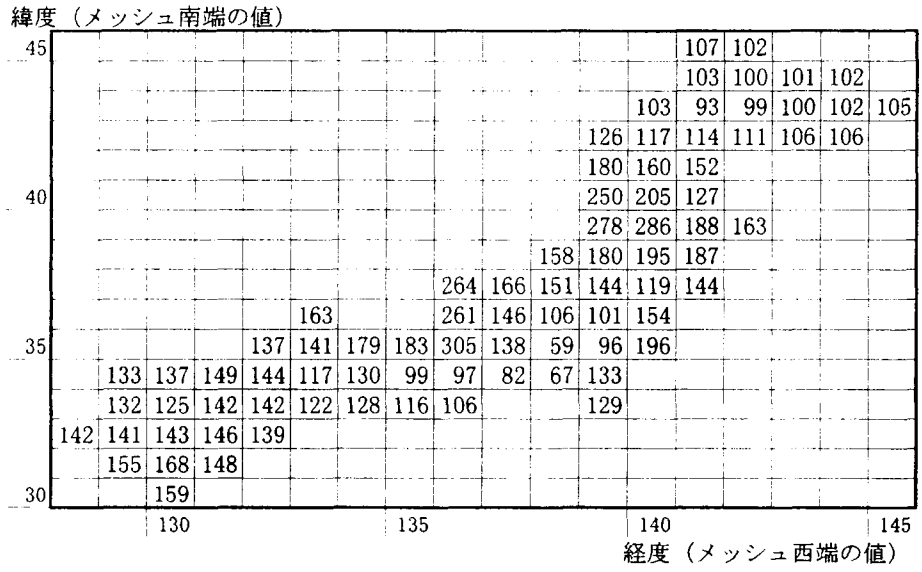
しかしながら、観測地点には清浄地域や都市域が混在している。汚染度が比較的高い都市域のデータは、メッシュデータ加工に強い影響を与える可能性がある。したがって、全国公害研協議会酸性雨調査研究部会（1993、1994、1995）に基づき清浄地域に位置する測定地点を抽出し、これらの地点のデータを用いてメッシュデータを作成した。さらに、%PCL（Percent Precipitation Coverage Level）は、環境庁のデータ処理方法にしたがって測定期間の 9 割とした（四捨五入の 9 割なので 85%以上）。すなわち、測定日数が 1 年の 85%に満たない測定地点を除いた。

硫酸イオンは海塩起源と非海塩起源のものに分けられるが、それぞれを直接に測定することはできない。一般には、ナトリウムイオンが全て海塩起源であると仮定した上で、海水のイオン組成比から海塩起源の硫酸イオン量を推計し、硫酸イオン沈着量から差し引いて非海塩性硫酸イオン沈着量とする（酸性雨調査法研究会編、1993）。本調査においてもこの方法を用いた。

GIS を用いて、各測定地点の沈着量データからメッシュデータを加工した。すなわち、あるメッシュの中心から最寄りの 3 測定地点の沈着量データを用いて、メッシュ中心からの距離の 2 乗に反比例する加重平均値を求めた。

1991～1993 年度のそれぞれについて各酸性化物質のメッシュデータを作成した後、3 ヶ年のメッシュデータを算術平均して 1991～1993 年度の年平均沈着量データを作成した。また各酸性化物質の総沈着量のメッシュデータも作成した。各酸性化物質の総沈着量は、各物質の酸としての等量和であらわされる（単位は $meq \cdot m^{-2}$）。非海塩性硫酸イオンは 2 eq/mol、硝酸イオンは 1 eq/mol、アンモニウムイオンは 1 eq/mol（潜在的な酸として）である。

酸性化寄与物質の 1991～1993 年度の平均沈着量（非海塩性硫酸イオン、硝酸イオンおよびアンモニウムイオンの合計）は第 2.5.2－3 図に示すとおりである。沈着量の単位は meq･m^{-2}･年$^{-1}$ である。



第 2.5.2－3 図　日本における酸性化寄与物質沈着量量 [meq･m^{-2}･年$^{-1}$]
＊1991～1993 年度の平均値であり、SO_4^{2-}、NO_3^-および NH_4^+の合計。

(4) 原因物質排出と酸性化物質沈着の地理的関係の推計

既往の大気輸送モデルを利用して、日本の各地域において排出される原因物質の沈着先の係数化を試みた。これは LCA において非常に有用なデータと考えられる。第一段階として、発生源および沈着先ともに日本国内のみを対象とした。

a　推計方法

本調査では、製品として領布されているアジア域を対象とした酸性化モデル RAINS-ASIA (Regional Air Pollution Information System-Asia) を用いて、日本国内の排出と沈着の関係を把握した。

RAINS-ASIA は 1990 年を基準年とし、予測対象物質は硫黄である（窒素は含まない）。モデルは 4 つのモジュールから構成され、エネルギー需要シナリオ作成（RESGEN）、原因物質の排出（ENEM）、大気輸送（ATMOS）、そして酸性沈着に対する生態系の耐性の評価（IMPACT）が可能である。モデルの地理範囲は、北緯 60° ～南緯 10° 、東経 60° ～160° のアジア域であり 23 ヶ国が含まれる（Foell 他, 1995）。

RAINS-ASIA の大気輸送モジュール ATMOS は、1° ×1° メッシュ単位の硫黄の沈着量を発生源ごとに求めることができる。本調査では、日本を含むメッシュを対象として ATMOS を用いて発生源ごとの沈着量を求めた。第一段階として、発生源

および沈着先とも日本のみを対象とし、計算対象年次は基準年の 1990 年、発生源対策は 1990 年時点のものとした。

RAINS-ASIA では、日本の発生源を 6 地域（①北海道・東北、②関東、③中部、④近畿、⑤中国・四国、⑥九州・沖縄）に区分している。したがって、この 6 地域を対象として、ある地域において排出される硫黄の沈着先を分配する係数、すなわち発生源寄与率（仮称）を算出した。算出の流れは次のとおりである。

RAINS-ASIA の RESGEN/ENEM モジュールより、国内 6 地域それぞれの硫黄総排出量を求めた。

RAINS-ASIA の ATMOS モジュールより、国内の各メッシュごとに発生源別沈着量を求めた。

GIS を用いて各メッシュの陸域比（全てが陸ならば 1）を求め、各メッシュの面積（地球半径と緯度の関数）とかけあわせて陸域面積を求めた。さらに、1 つのメッシュが複数の地域にまたがる場合は、それぞれの地域ごとの面積を求めた。

各メッシュの陸域面積（地域別）に各メッシュの排出地域別単位面積あたり沈着量をかけて各地域起源の沈着量を求め、これを地域ごとに集計した。すなわち、関東地方を例とすると、関東地方全体の沈着量を排出地域別に集計した。

ある地域の硫黄総排出量に対する、各地域における当該地域起源の沈着量の比を求めることにより、ある地域において排出される硫黄の発生源寄与率とした。

b　推計結果

硫黄の発生源寄与率の推計結果は、第 2.5.2－2 表に示すとおりである。

第 2.5.2－2　　RAINS-ASIA を用いて推計した発生源寄与率（1990 年）

	総排出量（t S/yr）	各地域への沈着量（t S/yr）					
		北海道・東北	関東	中部	近畿	中国・四国	九州・沖縄
北海道・東北地方	55153	9265	235	196	3	0	0
関東地方	84028	1709	10983	4089	323	72	0
中部地方	78883	2120	4229	15743	3100	392	6
近畿地方	62616	286	567	3234	7935	1277	13
中国・四国地方	81080	422	341	1581	4524	12640	50
九州・沖縄地方	56424	98	77	283	324	2044	705

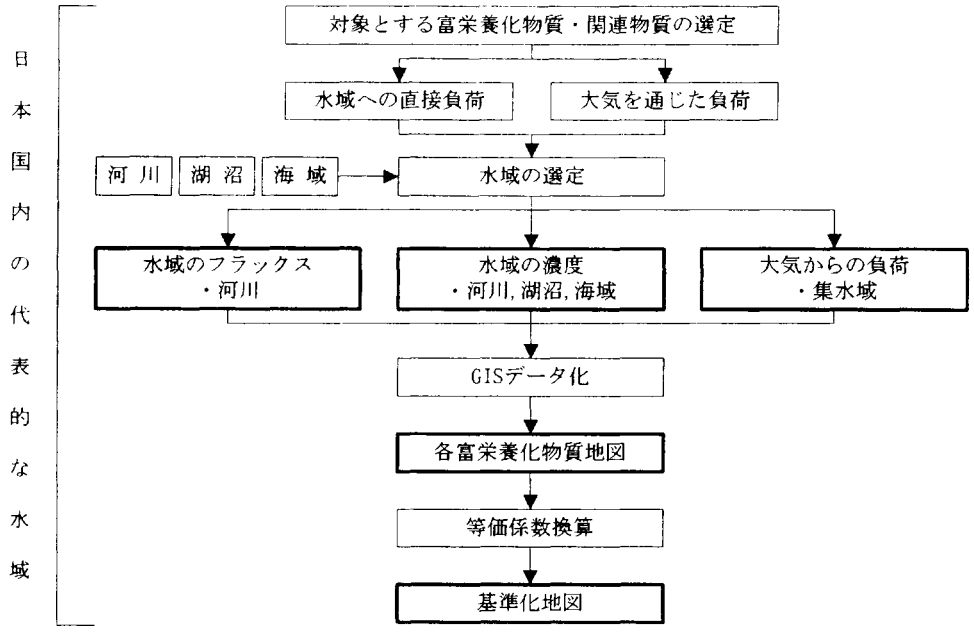
	発生源寄与率（%）＝ 各地域への沈着量／総排出量						
	北海道・東北	関東	中部	近畿	中国・四国	九州・沖縄	その他
北海道・東北地方	16.8	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	82.4
関東地方	2.0	13.1	4.9	0.4	0.1	0.0	79.6
中部地方	2.7	5.4	20.0	3.9	0.5	0.0	67.6
近畿地方	0.5	0.9	5.2	12.7	2.0	0.0	78.7
中国・四国地方	0.5	0.4	2.0	5.6	15.6	0.1	75.9
九州・沖縄地方	0.2	0.1	0.5	0.6	3.6	1.2	93.7

＊関東地方を例とすると、関東地方で排出されたSのうち、2.0%が北海道・東北地方、13.1%が関東地方、4.9%が中部地方、0.4%が近畿地方、0.1%が中国・四国地方、0.0%が九州・沖縄地方に沈着することを示す。その他は海洋あるいは他国に沈着するものを示す。

2.5.3　富栄養化寄与物質

(1) 調査項目

富栄養化寄与物質の調査項目は、汚染状況マップの作成（フラックス、濃度および沈着量）とした。調査フローは第2.5.3－1図に示すとおりである。



第2.5.3－1図　汚染マップ（富栄養化寄与物質）調査フロー

(2) 対象物質および地理範囲

富栄養化寄与物質は、水域に直接負荷される富栄養化物質として、①全窒素、②全リンおよび③BOD(河川)･COD(湖沼および海域)、また大気を通じて負荷される物質として、④硝酸イオンおよび⑤アンモニウムイオンとした。BOD ・ COD は富栄養化物質ではないが、藻類を形成する主要元素の1つ（炭素）の指標として選定した。

対象とする地理範囲は、日本国内の主な水域、すなわち主要河川、湖沼および海域とした。

(3) 汚染マップ作成方法

a　フラックスマップ（河川）

イ　フラックスマップ作成方法

河川の富栄養化物質フラックス、すなわち、河川のある断面を年間に通過する富栄養化物質量を求めてマップを作成した。なお、湖沼および海域はフラックスを求めることができないため対象外とした。対象物質は全窒素、全リンおよびCODとした。

河川の富栄養化物質フラックスは、ある観測時の河川流量[m^3/秒]と同時に測定された各富栄養化物質濃度[mg/l＝g/m^3]の積によりあらわした。

水質年表（建設省河川局編）には、主要河川の各水質観測地点における流量および水質データが概ね月ごとに示されている。本調査では 1990 年のデータを利用して、地点ごとに個々の時点のフラックスを求め（単位は g/秒とした）、1 年分の平均値を年平均フラックス[g/秒]として、これを年フラックス[t/年]に換算した（すなわち、3600 秒×24 時間×365 日を乗じた）。

各富栄養化物質のフラックスに加えて、富栄養化への寄与を基準化した富栄養化係数（NP：Nutrification Potential）の総量値も求めた。NP は欧州で開発されたものであり、リン酸を基準物質とした係数である。各富栄養化物質の NP は第 2.5.3－1 表に示すとおりである。

第 2.5.3－1 表　富栄養化係数

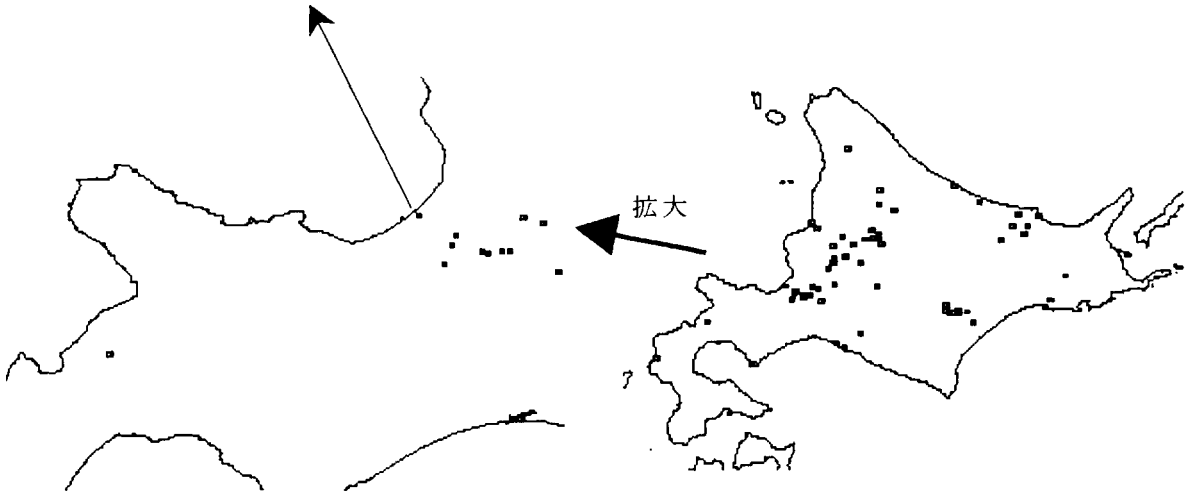
富栄養化寄与物質名	富栄養化係数（NP）
全窒素	0.42
全リン	3.06
COD（BOD も同様と仮定）	0.022

□　フラックスマップ作成結果

流量および各水質項目のデータが得られた調査地点を対象としてフラックスマップを作成した。マップは GIS ソフト（ARC/Info）上で利用可能なデータセットとした。北海道地域のイメージを第 2.5.3－2 図に示す。

水系名	河川名	調査地点名	年間フラックス（NP-tP/年）			
			COD	全窒素	全リン	計
石狩川	石狩川	石狩河口橋	1724	7642	3459	12825

属性データ



第 2.5.3－2 図　フラックスマップ
（北海道地　域イメージ）

b　濃度マップ（河川、湖沼、海域）

イ　濃度マップ作成方法

河川、湖沼および海域における水質観測データを利用して、各地点の汚濁状況をあらわすマップを作成した。対象物質は全窒素、全リン、BOD（河川）およびCOD（湖沼および海域）とした。

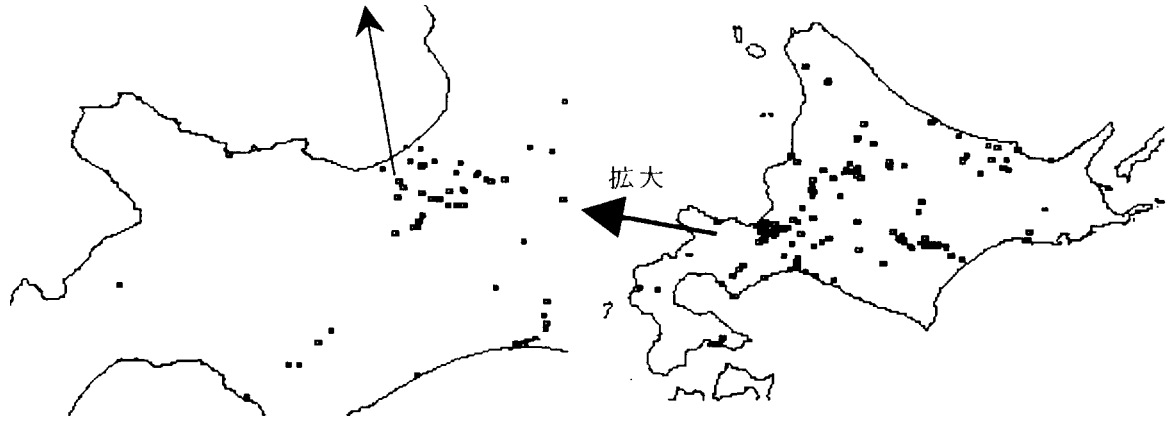
河川、湖沼および海域の水質データは、全国公共用水域水質年鑑（環境庁水質保全局監修）の1995年度のデータを利用した。

各観測地点における各富栄養化寄与物質の濃度を把握するとともに、フラックスマップと同様に富栄養化係数を用いてNPとしての濃度も求めた。

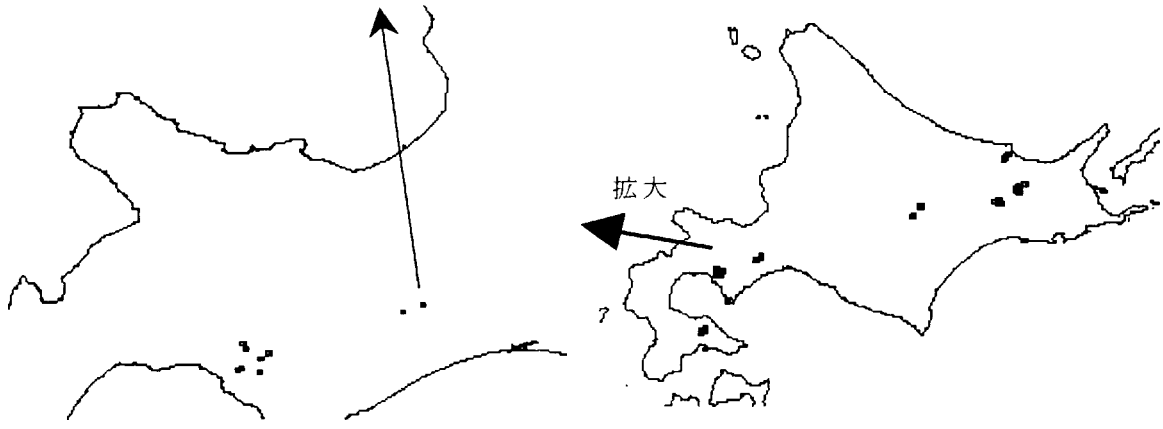
ロ　濃度マップ作成結果

各水質項目のデータが得られた河川、湖沼および海域の調査地点を対象として濃度マップを作成した。マップはGISソフト（ARC/Info）上で利用可能なデータセットとした。北海道地域のイメージを第2.5.3－3図に示す。

河川名	環境基準類型	地点名	年平均濃度（NP-mgP/l）			
			BOD	全窒素	全リン	計
石狩川中流下流	B	石狩大橋	0.03	0.38	0.23	0.64



湖沼名	環境基準類型	地点名	年平均濃度（NP-mgP/l）			
			BOD	全窒素	全リン	計
支笏湖	AA	St-1	0.02	0.05	0.01	0.07



第2.5.3－3図　濃度マップ
（北海道地域イメージ、上段：河川、下段：湖沼）

c　沈着量マップ（集水域）

富栄養化物質のうち、窒素は硝酸イオンあるいはアンモニウムイオンの形で相当量が大気を経由して沈着していると考えられる。

硝酸イオンおよびアンモニウムイオンの沈着量は、酸性化寄与物質の汚染マップとして作成したものが利用可能である。このマップは、集水域に対する単位面積あたりの負荷量をあらわすものである。

2.5.4　今後の課題

(1) 酸性化寄与物質

・LCAにおける利用方法を検討する。
・より新しいデータを反映させる。
・全ての発生源を考慮する（アンモニア）。
・排出と沈着の関係について科学的知見をさらに収集整理し、信頼度を高める。

(2) 富栄養化寄与物質

・LCAにおける利用方法を検討する。
・より新しいデータを反映させる。
・フラックスおよび汚染状況を、原因物質の排出源と関連づける。
・フラックスマップについて、小集水域あたりの負荷量を推計する。

＜参考資料＞

酸性化物質

Akimoto H. and Narita H. (1994) Distribution of SO_2, NOx and CO_2 Emissions from fuel combustion and industrial activities in Asia with 1° x1° Resolution. *Atmospheric Environment*, Vol.28, No.2, pp.213-225.

Foell W., Amann M., Carmichael G., Chadwick M., Hettelingh J-P., Hordijk L. and Zhao D. (eds.) (1995) RAINS-ASIA: An Assessment Model for Air Pollution in Asia. World Bank.

市川陽一（1998）入門講座 酸性物質の長距離輸送．大気環境学会誌，Vol.33，No.2，pp.A9-A18.

環境庁地球環境部監修（1997）地球環境の行方－酸性雨－．中央法規．東京．252p.

環境庁大気保全局大気規制課監修・酸性雨調査法研究会編（1993）酸性雨調査法－試料採取，成分分析とデータ整理の手引き－．ぎょうせい．東京．401p.

Murano K., Hatakeyama S., Kuba N., Lee D-S. and Lee T-Y. (1996) Gridded ammonia emission fluxes in Japan and Korea. *Proceedings of the International Symposium on Acidic Deposition and its Impacts*, International Conference on Acid Deposition, Tsukuba, Dec.10-12, 1996.

全国公害研協議会酸性雨調査研究部会（1993）平成3年度酸性雨全国調査報告書．全国公害研会誌．18

全国公害研協議会酸性雨調査研究部会（1994）平成4年度酸性雨全国調査報告書．全国公害研会誌．19（2）

全国公害研協議会酸性雨調査研究部会（1995）酸性雨全国調査報告書（平成3年度から平成5年度）．全国公害研会誌．20（2）

Zhao D. and Wang A. (1994) Estimation of Anthropogenic Ammonia Emissions in Asia. *Atmospheric Environment*, Vol.28, No.4, pp.689-694.

富栄養化物質

R. Heijungs, J.B. Guinee, G.Huppes, R.M. Lankreijer, H.A. Udo de Haes, A.Wegener Sleeswijk (1992) ENVIRONMENTAL LIFR CYCLE ASSESSMENT OF PRODUCTS Guide-October 1992

環境庁水質保全局監修（1990）1997年版全国公共用水域水質年鑑．富士総合研究所．673p.

建設省河川局編（1992）水質年表第31回平成2年（1990年）．関東建設弘済会．1587p.

第３章　まとめ

ＬＣＡでの影響評価は、①Classification（クラシフィケーション）、②Characterisation（キャラクタリゼーション）、③Weighting（統合評価）から成っている(ISO-14040)。

クラシフィケーションでは、資源消費や排出物を予想される環境影響の種類に基づいた影響カテゴリーに振り分ける。キャラクタリゼーションでは、排出物が指定された影響カテゴリーに対して果たす役割を相対的に評価し、影響カテゴリー内での役割を数値化して総計する。すなわち、カテゴリー内での影響の定量化を行う。

インパクト評価は、ISO-14040では、「製品ｼｽﾃﾑの潜在的な影響を評価すること」と定義され、「影響評価の方法論的及び科学的枠組みは、いまだ開発途上にある。（中略）広く受け入れられているものは存在しない」と書かれている。現状では、科学的な方法では「潜在的な」影響の可能性を記述することができるだけであるというコンセンサスと受け取れる。

現在議論中であるISO-14042の原案では、これを受けて、分類化・特性化によるカテゴリ内の指標化(Indicator)をインパクト評価の要素とし、正規化(Normlization)、ｸﾞﾙｰﾋﾟﾝｸﾞ、ｶﾃｺﾞﾘ間の重み付けは付加的要素(optional elements)と位置づけている。簡単に言えば、「地球温暖化」や「ｵｿﾞﾝ層の破壊」というカテゴリ内で、二酸化炭素や特定フロンを基準物質とする指標化は認められたが、それらを統合化することは困難という認識である。

実際に、カテゴリ内の評価でも、地球温暖化とｵｿﾞﾝ層の破壊以外は定まった手法はない。特に、人間への健康影響や湖沼の富栄養化のような地域規模のインパクトの評価を、被害を受ける地域を限定して行おうとすると、インベントリデータも地域を特定して収集すると言う困難さが付随する。

さらに、ＬＣＡを意思決定のための道具(tool)と見るならば、ｶﾃｺﾞﾘ間の重み付け手法を検討しなければならない。カテゴリ間の重み付けの手法は大きく３つに分類できる。①専門家が構成するパネルで決定する方法、②ターゲットとする値と現実の排出量を比較する方法(distance to target)、③経済価値(金額)に換算する方法。分野の異なる影響を重み付けしなければならないので、実施者の価値判断が大きな要素となる。重み付けには、社会の価値(Sociatal values)が必要と認識されている[1)]。

ISOは、インパクト評価を科学的な根拠を持って示すことができる範囲に限定する方向でまとまりつつあるが、排出物質が影響カテゴリに与えるポテンシャルではなく、実際のダメージを定量化するためには、さらなる科学的知見の集積が必要であり、また、インパクト評価をＬＣＡを意思決定の手段と考える時には、カテゴリ間の重み付けが必要になると思われる。

以上を鑑み、インパクト評価研究会の本年度の活動は、①各種の影響カテゴリにおけるエンドポイントのダメージを推定する既存の手法を整理すること。②影響カテゴリ間の重み付けの手法を整理すること。の２つの方向に向かって行われた。

さらに、①の実施においては、②で検討される影響カテゴリの統合化を意識し、異なるエンドポイントのダメージを共通の指標で評価する可能性を追求した。また、②においては、我が国の統合化指標の開発を意識し、統合化に含めるべき影響カテゴリとそのエンドポイントを議論した。以下に、上記の二つの方向の議論の内容を総括する。

①各種の影響カテゴリにおけるエンドポイントのダメージを推定する既存の手法の整理

環境負荷物質の放出からエンドポイントのダメージを評価する手法を整理することが課題である。ダメージを共通の指標で評価することができれば、インパクトカテゴリ間の比較を行う際にも極めて有用な情報となる。

本年度は地球温暖化、オゾン層破壊、人間毒性・生態毒性、光化学オキシダントについてダメージを算定するための基礎データ収集作業を行い、環境負荷物質の放出からダメージまでの関係の定量化を試みた。

各カテゴリ内で考慮すべき排出物項目が多数存在し、また考慮すべきエンドポイントも多く、さらに、エンドポイントのダメージを推定する手法（モデル）も多様であり、かつそれらの手法の基礎となるデータが十分に集積されていない。これらの現状を整理し、その現状の中で考え得る最良のダメージ算定手法を用いる場合の問題点を整理した。今後、問題点を克服するためのデータ収集・精度の向上、手法の精緻化が必要であろう。

②影響カテゴリ間の重み付けの手法の整理

統合化は、ISODIS14042では任意項目である。しかし、総合的な環境影響を単一指標で表わすので、環境インパクトのスクリーニングなどに役立つものとして、企業を中心に手法開発への要求が高い。

我が国においても、いくつかの統合化手法開発の事例研究が行われている。しかし、環境影響の考え方、計算方法などが大きく異なっている。本年度はこれまでに提案された統合化手法について調査し、手法間の比較を行うために、同一のインベントリデータを用いて、それぞれの評価を行うケーススタディを実施した。

共通のインベントリデータとして、平成9年度エネルギー使用合理化手法国際調査の結果を基に、ドイツのIKP/PEがプロセスモデルにより推算した仮想複写機のインベントリデータを用いた。本データは計算の容易化のため、原料の採取から部品製造、製品製造までドイツで行い、日本において輸入、使用、廃棄を想定したもので、現在日本において生産されている複写機を意味するものではない。

ケーススタディ結果は、インベントリデータが同一であっても影響評価結果は手法により大きく異なることを示している。影響評価を行う際の考え方(どの保護対象を重要と考えるか、どのインパクトカテゴリを重要と考えるか)に大きな違いがあることが大きな要因となっている。

本研究会では、このケーススタデイとは別に、インパクト評価手法を構築する際に何が重要であるか整理した後、研究会の委員を回答者とするアンケートを行い、重要と考えるインパクトカテゴリ、保護対象を検討した。保護対象についてはある程度の一致を見たが、インパクトカテゴリの選定については、委員の間でも大きな差異が見られた。日本における統合化指標を開発する上では、統合化指標の目的と手法について十分に議論を行うことが必要である。

環境インパクトを経済価値に換算する方法は、統合化指標の一つの方向である。本研究会でも、経済評価手法の一つとして有力視されるコンジョイント分析について調査を行い、エアコンを例にケーススタディを試みた。コンジョイント分析は、環境負荷物質の放出、冷暖房パワー、価格などパソコンの持つ属性の相対的評価を行い、その結果として環境負

荷物質の放出を抑制するコストを算出する手法である。また、研究途上にあり、今後ケーススタデイを継続することが必要である。

本年度のインパクト評価研究会は、一つの委員会で上記の２つの方向を同時に検討してきた。①の「影響カテゴリの評価」の方向は、科学的知見の集積を基礎として議論を進める必要があることに対し、②の「統合化」は、社会的価値・選択の考察が基礎となることが多い。さらに、①の影響カテゴリは多様であり、それぞれの科学的専門性が異なる。

したがって、これら２つの方向性を持つ研究を一つの委員会活動として実施することは、委員の専門性が異なるので、無理があると判断される。来年度の研究会活動は、それぞれの目的と専門性に応じたワーキンググループを設置し、その活動を中心とすべきと思われる。来年度のさらなる研究の進捗を期待したい。

1)SETAC,"Towards a Methodology for Life Cycle Impact Assessment",(1996)

本報告書の内容を公表する際はあらかじめ
新エネルギー・産業技術総合開発機構環境
技術開発室の許可を受けて下さい。

電話 03-3987-9368