

米国における石炭ガス化技術開発の動向

(第 2 卷)

昭和63年3月

石炭利用水素製造技術研究組合

NEDO 図書・資料室



010017684-1

ま え が き

昭和62年度、石炭利用水素製造技術研究組合の自主研究として、昭和61年度に引き続き、米国の石炭ガス化技術開発の動向についての研究を行った。

本報告書は、この結果を取り纏めたものである。

昨年度の報告書に於いても述べたが、米国に於いては石炭技術開発について官民を上げて取り組んでいる。今回の調査に於いて、国の研究機関であるモルガンタウン・エネルギー技術センター（METC）、長い歴史を持つガス技術研究所（IGT）及び商業化プロジェクトであるグレートプレインズ等の活動状況を見るにつけても、先進研究国としての技術の蓄積は大きいものがある。

本研究に於いては、内外の文献等からの調査の他、昨年10月には米国において現地調査を行なった。

本報告書の作成にあたり、新エネルギー総合開発機構他ご協力を頂いた方々に心から感謝の意を表する。

本報告書が、組合員他関係者方々のご参考となれば幸甚とするところである。

昭和63年 3月 2日
石炭利用水素製造技術研究組合

目 次

	ページ
第1章 モルガントウン・エネルギー技術センター (METC)	4
1. 総合的石炭ガス化研究開発政策の展開	
(1) 輝かしい研究成果	
(2) 石炭ガス化研究プログラムの役割	
(3) 研究プログラムの構成	
(4) 組織及び予算	
2. ガス化先端技術の開発	
(1) 研究テーマと実施機関	
(2) 新型噴流床石炭ガス化の研究	
3. ガス化プラント構成要素技術の研究	
第2章 ガス技術研究所 (IGT)	31
1. 幅広い研究活動	
(1) 組織及び研究活動	
(2) フランス等への技術協力	
(3) 各種石炭のガス化研究	
(4) 先端的石炭ガス化技術	
(5) 湿式炭化	
2. U-Gas プロセスについて	
(1) プロセスの開発経緯	
(2) プロセスの特徴	
3. ユタ炭による石炭ガス化商業プラントの計画	
(1) ユタ瀝青炭のガス化テスト	
(2) 生成ガスの燃焼テスト	
(3) 商業プラントの概要	
(4) 環境対策	
(5) 経済性の検討	

4. 高圧アグロメレーション U-Gas法

(1) 概 要

(2) 試験結果

第3章 グレートプレインズ石炭ガス化プロジェクト 61

1. プロジェクトの概要

(1) プラント概要

(2) プラント建設の経緯

2. 商業化への道

(1) 生産能力の向上

(2) コスト低減運動

(3) 民間へのプラント売込

添付資料－1 第7回EPR I石炭ガス化会議資料一覧 77

添付資料－2 訪問先及び面会者 78

第1章 モルガンタウン・エネルギー技術センター (METC)

1. 総合的石炭ガス化研究開発政策の展開

(1) 輝かしい研究成果

昭和61年度自主研究報告「米国における石炭ガス化技術開発の動向」において述べたように、米国はレーガン政権になってから、代替エネルギーの研究開発の政策には大きな転換を行い、1986年3月に発表した第5回国家エネルギー政策 (National Energy Policy Plan V ; NEPPV)においても、この路線が引き継がれている。

米国政府は、エネルギーに関する研究開発を推進していくための次の5つの基本目標を掲げている。

- ① 技術革新の基本となる科学技術知識の増進。
- ② 基礎知識の開発のための、学術研究の支援。
- ③ 民間部門単独では企画しそうな長期的でリスクの大きい研究についての企業との協力。
- ④ 大学研究プログラムの援助による科学技術専門家訓練の支援。
- ⑤ 技術の効果的移転を促進し、研究開発の成果をマーケットで広く迅速に利用出来るようにすること。

エネルギー技術の研究開発は、普通、基礎研究、応用研究、概念実証プロセス開発及び商業化という順に進められる。

レーガン政権の政策は、最初から研究開発の初期段階に勢力を集中し、金のかかる後期段階の経済的実行可能性検討については、マーケットに実施させる事にしてきた。特に力を注いだ点は、もしプログラムが成功すれば、大きなプラスになるにも拘らず民間資本が得られない分野、又は何等かの厳しい制約を受けている分野と云えよう。

連邦政府の研究は、米国全体の研究所、大学、その他研究施設で進められている何千にも及ぶ個別プロジェクトを通じて、米国全体の科学陣の創造性と洞察力を引き出すために続けられてきた。石炭ガス化の分野についてみると、次に示す通りで、これは、1986年会計年度中におけるエネルギー省 (Department of energy, DOE) 化石エネルギー局 (Office of Fossil Energy, FE) のガス化開発計画において、達成した業績の主なものの幾つかである。

- ① ユニオンカーバイトリサーチ社は、高品質の液化油を製造するガス化試験設備の運転に成功した。
- ② KRWエネルギーシステムズ社は、3炭種について、流動床式ガス化炉にドロマイトまたは石灰石を添加することによって、環境基準を満たす硫黄分除去法を実証した。更に、再生可能な亜鉛フェライト吸着剤を使用し、高温生成ガス中の硫化水素を99.8%まで除去できることも実証した。
- ③ ジェネラル・エレクトリック社は、モジュール式石炭ガス化複合発電について研究した。これらのモジュール式は、排煙脱硫装置を備えている新設の在来型石炭火力発電所に比べコスト的にはるかに有利であることが確認された。
- ④ アーカンザス大学は、石炭生成ガスを生物処理によりメタンガスに転化する方法について技術的に可能であることを立証した。
- ⑤ ローレンス・パークレー研究所は、水酸化カリウムと酸化ニッケルの混合物は、歴青炭や亜歴青炭のチャーの水蒸気ガス化に際し在来型の炭酸カリウム触媒に比し6倍以上の活性を示すことを発見した。
- ⑥ ノースダコタ大学エネルギー研究センター（UNDERC）は、溶融スラグ滴の接触角度を温度の関数として定められる表面張力と関連付ける法則をあみだした。
- ⑦ ガス技術研究所は、高温用監視システムを開発した。これによって、温度2,500° F、圧力500psigまでの範囲で石炭灰の高温挙動を観察できるようになった。
- ⑧ ブルックヘイブン国立研究所は、UCC ウェルマー No. 8亜歴青炭の急速熱分解に関する基準を確立した。
- ⑨ アドバンスヒューエルリサーチ社は、解重合・再重合・結合のモデルを追加することによって、官能基モデルのシミュレーション能力を大幅に改善した。この結果、原料炭からの液相、気相および固相の熱分解生成物の分布をより正確に予測できるようになった。
- ⑩ 国立標準局は、液体膜をガス分離に適用する研究プロジェクトを成功のもとに完了した。
- ⑪ ガス技術研究所は、褐炭を新型の湿式炭化装置で処理すると、極めて安定して水分の除去が出来、同時に他の利点を伴う技術に成功した。
- ⑫ アリスチャーマー社は、同社のKiln Gasガス化プロセスについて、稼働能力、ガスの発熱量、硫黄分除去法、およびカーボン転化率の各面で著しく向上させた。

これらのシステムの経済性向上が達成できれば、石炭ガス化によって、米国の将来のエネルギー需要の大部分を石炭で満たせるようになる。この為には、現在のガス化技術を更に改善する必要がある。石炭の反応や挙動に関する基礎研究、公害物質の影響についての検討、公害物質を効率的かつ経済的に除去する触媒の開発及びガス精製と品質向上に関する新しい発想の技術が必要となってきた。

以下、METCを中心として行っている米国の石炭ガス化研究開発政策とその実施状況についてみてみよう。

(2) 石炭ガス化研究プログラムの役割

(イ) 石炭ガス化の多様な用途

米国の石炭資源は、今後、予想される国のエネルギー供給問題を解決する代替燃料の供給源として、最も有力な資源になる。しかしながら、石炭資源には、泥炭から褐炭さらには瀝青炭に及ぶ非常に数多くの炭種があるという特徴がある。これら石炭は、米国に広く分布しているが、これらの性状は、揮発分含有率、炭素含有率、反応性、水分、硫黄分および灰分等においてそれぞれ大幅に異っている。このように、不均質な原料であるこの石炭資源を有効な代替エネルギー製品に転化できれば、その潜在的価値を十分に引き出せるのである。この目的を達成する最も一般的な石炭転化技術は、石炭ガス化であるが、現在まだ開発途上と考えて良い。この石炭ガス化プロセスでは、炭素、水素、酸素、硫黄、窒素及び微量金属等の不純物を含んでいる石炭が各種形態の燃料及び合成ガスに転化されるのである。この転化は、処理した原料炭を、温度、圧力、及び流量条件下で運転されているガス化炉(固定床、流動床、又は噴流床)に供給し、ガス化剤を導入することによって行われる。ガス化反応により生成するガス成分(一酸化炭素、二酸化炭素、メタン、水素、水蒸気、窒素、硫化水素等)の比率は、炭種、ガス化剤の組成及びガス化反応の条件によって左右される。

ガス化炉で発生した生成ガスは、炉を出ると、第1-1図に示すように種々のガス処理工程で処理されるが、この処理工程の種類は環境規制条件と最終製品によって決まる。石炭ガス化プロセスを構成するこれらのガス処理によって、あらゆる種類の石炭を下記のような燃料に転化することが出来るのである。

- ① 発電や産業用燃料としての燃焼に適した低、中カロリーのクリーンな気体燃料。
- ② 付加価値の高い凝縮可能な炭化水素の副産物。

- ③ 化学原料から高品質燃料に至る各種製品に再転化出来る合成ガス。
- ④ 代替天然ガスとして使用できる高カロリーガス(パイプライン輸送の品質)。

すなわち、第1-2図に示すように、石炭ガス化によって、主要なエネルギー消費部門に代替エネルギーを供給出来る可能性が充分にあることが判る。

(ロ) 経済性改善のためのシステムの設定

現時点における石炭ガス化技術を評価すれば、用途にもよるが、経済性から判断して、まだ、主要な競合燃料(燃料油、天然ガス)に取って代われるまでには至っていない。しかしながら、ガス化の経済性を改善できる特定のシステムを開発し、これを適用すれば、当然コスト低減は可能になってくる。

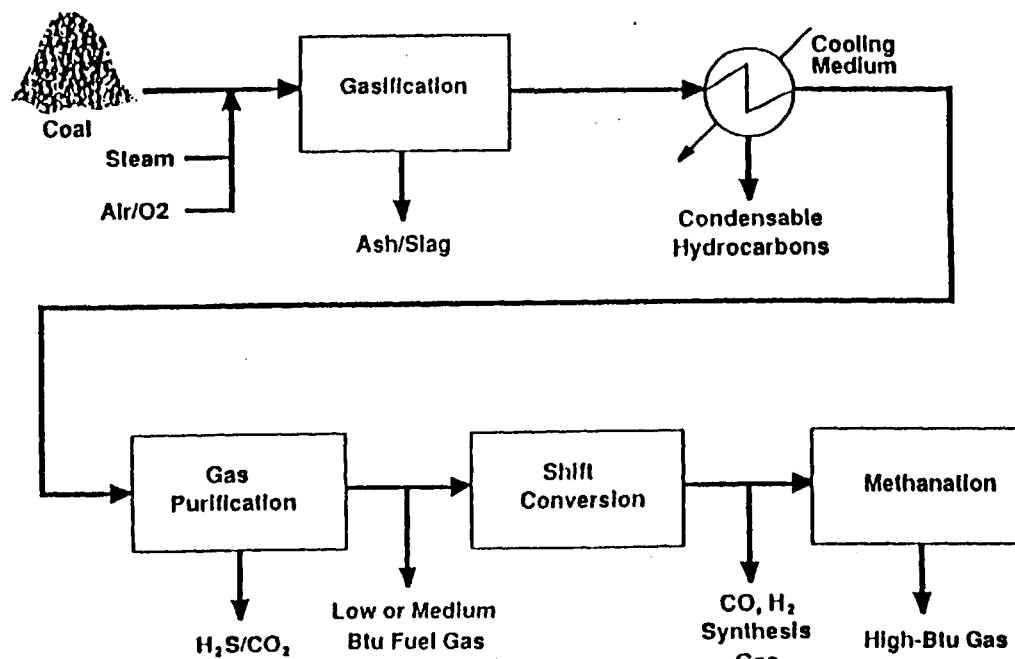
石炭ガス化開発計画の目標は、将来のエネルギー需要に対処出来る石炭ガス化技術を開発することである。この技術は、各システムごとに、又は、目標とする用途によっても必然的に違ってくるが、これまでのところでは、下記のガス化システムを最重点システムと判断している。

- ① 新方式ガス化炉、高温脱硫技術、新方式タービンの特徴とする最新型 I G C C システム。
- ② 価値の高い副産物製造システム
- ③ 合成ガス製造システム
- ④ 産業用燃料ガス製造システム

これら4つの重点システムは、電力用、2次製品転化用、産業用および民生用の燃料、ならびに化学原料用等で将来の需要を満たすものであり、これらは全て高度の技術を必要とするものばかりである。

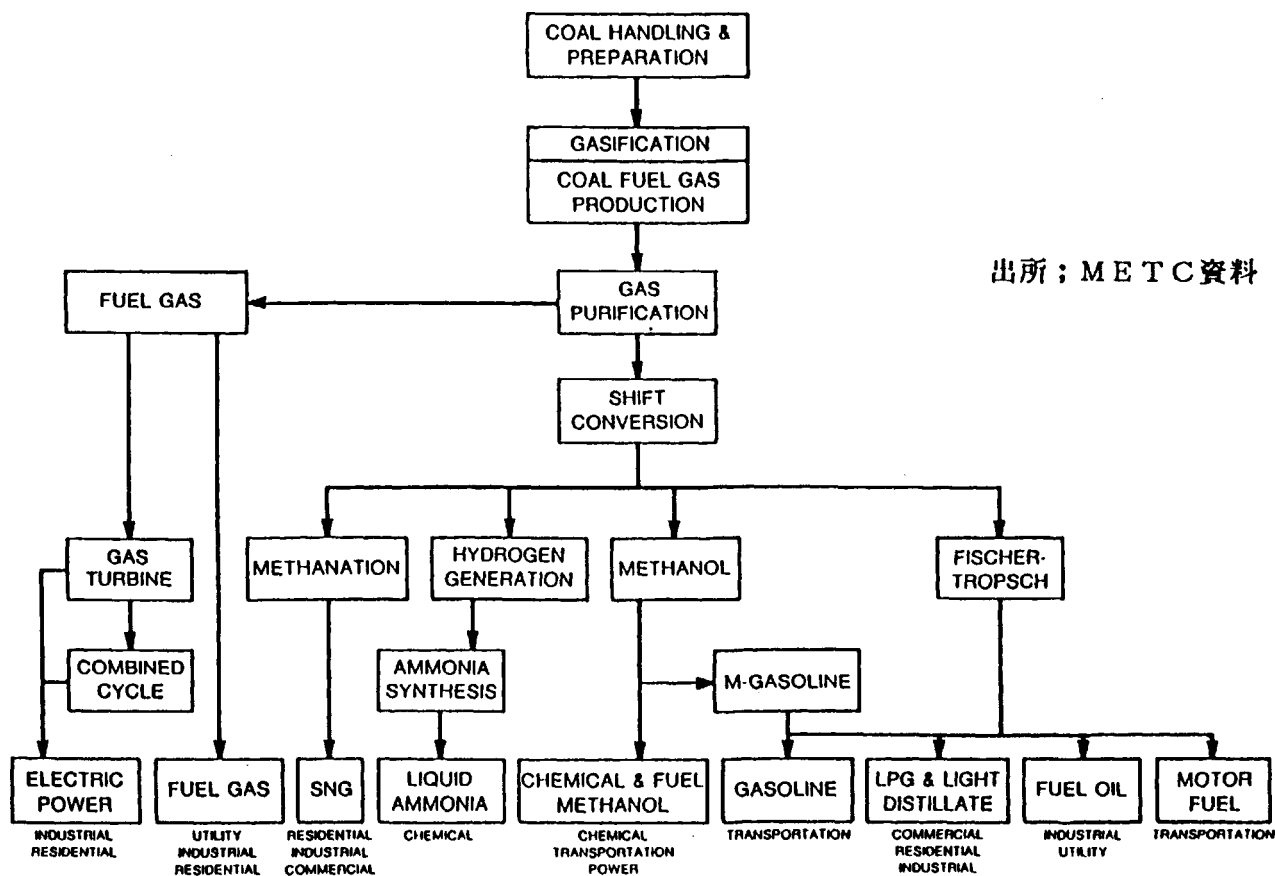
この各重点システムは、最終用途の必要条件を満たしながら、大幅なコスト低減を達成し得る可能性を持つプロセスユニットの集合体でなくては成らない。このシステム開発に成功すれば、各プロセスユニットを組合せるか、あるいは取替えることにより、大幅にコスト低減につながる最も魅力的な方法を見出すことが出来る。このように、各プロセスユニットに対しては、性能のみでなく、コスト的にも魅力のあることが要求されるものである。

このように、システム開発上の拘束条件の枠内で、石炭ガス化開発計画の達成目的として、次に示す事項を設定することが出来る。



出所；METC資料

第1-1図 石炭ガス化プロセスの主要工程



出所；METC資料

第1-2図 石炭ガス化の応用自在性

(ハ) 石炭ガス化開発の目的

- a. 石炭ガス化技術の水準を向上させ、さらに高性能あるいは高度のガス化システム技術を提供し続ける。

この目標は、下記事項を研究することによって達成出来る。

- ① 総合効率を高める。
- ② 操業費用を削減する。
- ③ 資本費用を削減する。
- ④ 設備建設期間を短縮する。
- ⑤ プラントの可用性を高める。
- ⑥ 環境規制をクリアする。
- ⑥ 諸問題の解決やシステムの構成部品の設計最適化に役立つようなデータベースに貢献する。

- b. 石炭ガス化技術によって出来る全てとその柔軟性を明確にする。

これによって、エネルギー消費市場のあらゆる部門に対処出来る石炭転化プロセスが生まれる。

(ニ) 必要なデータとその取得方法

現在、研究開発は、次に掲げるようなガス化プロセス自体の開発およびプロセスと運転条件の関連をよく理解するのに役立つデータの取得に焦点を絞って行われている。

- ① 石炭ガス化技術やガス化プロセスを進歩させ、関連分野の進歩に遅れずについて行けるようにする。この結果、ガス化は、各種燃料(例えば、水素、メタノール、液体燃料等)の市場の変動にも随時対応できる能力を有するようになる。
- ② 技術の躍進、あるいは技術の著しい改善をもたらす新しい提案。
- ③ システムの最適化やガス精製機器の適切な選択が出来るガス化炉出口条件の決定。
- ④ 固定床、流動床ならびに噴流床システム等のスケールアップおよび応用に必要なガス化プロセスの化学的、流体力学的、かつ熱力学的な検討。

今後、これらのデータは、研究開発計画に次のような項目を盛り込むことによって取得されよう。

- ① 原料の処理，ガス化，精製，転化等のプロセス上の各単位プロセスを改善，追加または省略出来る新たな発見や技術的進歩を求める。
- ② 各設備費用を大幅に低減し，又システムの信頼性を高めて休転期間を最小限にとどめ稼働効率を向上させる材料や補機を開発する。
- ③ ガス化による石炭の転化が環境に及ぼす影響を最小限にとどめる環境対策志向型プロセスについての研究をする。
- ④ これらの技術について、新しいプロセスへ又は、従来技術の改善等への適用市場について調べる。

(3) 研究プログラムの構成

石炭ガス化研究開発計画は、大きく分けると次の3つの部分からなる。これは（イ）先端技術の研究，（ロ）先端のプロセスの開発，（ハ）システム技術の実証と検証である。

この計画の構成は、今後、研究が進んでいくとガスの最終用途の生産プロセスを含むシステムの検討へと移行して行くことが予想される。

（イ）先端技術の研究

先端技術の研究は、石炭ガス化開発計画の研究基盤をなすものであって、この使命は、単に一般的な基礎研究を実施するだけにとどまらず、まず石炭転化、利用技術に必要な技術基盤を固めることである。

この研究計画の主要な目標は下記の課題に絞られている。

- ① 基本的な石炭ガス化メカニズムについて
- ② 触媒の反応メカニズムについて
- ③ 熱分解について
- ④ 石炭のガス化時の化学反応について
- ⑤ 石炭ガス化やガス精製技術に関する斬新な発想を生みだすための基礎的な技術知識について

基本的な反応メカニズムや物理的性質に関して研究するプロジェクトで現在、熱分解時やガス化時における石炭組織変化を研究している。その他のプロジェクトでは、灰化中に生じる化学的変化や鉱物学的変化を調べて、スラグの熱物理学的性質や物理的・化学的反応のメカニズムに関する基礎知識を得ようとしている。

これ等の研究は、ガス化技術の開発に不可欠なものである。

一方、プロセスの効率と経済性向上を目的として、ガス精製に関する新規のプロジェクトが始まっている。不要な成分を除去し、必要とする純粋な気体成分を回収するガス精製技術についての化学的、物理的、および生物学的な手法が現在検討されている。これらの斬新な発想の研究によって、技術が著しく進歩すると共に、プロセスの経済性が飛躍的に高められよう。

更に、流動メカニズムや灰分組成の反応メカニズムに対する温度と圧力の総合作用についての基本的な理解を得るための研究プロジェクトも継続中である。

この実験データの使用により、流動床式ガス化炉の設計、運転が改善され、スケールアップが可能となろう。

(ロ) 先端のプロセスの開発

この研究計画の主な目標は、官民両部門の各種研究機関における基礎研究と応用研究を通じて石炭ガス化技術の進歩を図ることである。この計画に含まれるものとして、有望な先端的石炭ガス化プロセスについての実現性の検証と実証、ガス化およびガス精製技術に関する研究開発、および経済的に評価されたガス化システムの設計に際し、業界が使用する総合的な基礎知識の開発がある。

この分野の研究作業は下記に焦点を絞って実施される。

- ① 気体および液体燃料の製造を目的とする、中カロリーガス又は合成ガス生産に関する新規なガス化方法の化学反応およびプロセスについての検討。
- ② 化学的および物理的なガス精製について効率と経済性を向上するための新規発想の検討並びに既存および将来の石炭ガス化システムからの排出物(廃液、灰等)を処理する方法の探求。
- ③ ガス化炉モデルを用いた、各種タイプのガス化システムにおける流体力学的挙動に関する理論的および実験的研究による実地的な開発と応用。

これ等が開発されれば、ガス化炉やガス精製システムにおける化学的現象や物理的現象をモデル化出来る画期的なものとなろう。

(ハ) システム技術の実証と検証

この部分の主な目標は、石炭ガス化技術を実証すると共に、民間部門への技術移転の一環として大いに役立つデータを収集することである。更には、潜在的なユーザーの要求を満たす有望なシステムの検証も行われる。

(4) 組織及び予算

石炭ガス化技術を開発するシステムアプローチに基づいて、METCプログラムは、第1-3図に示すように、4つの要素に分かれている。

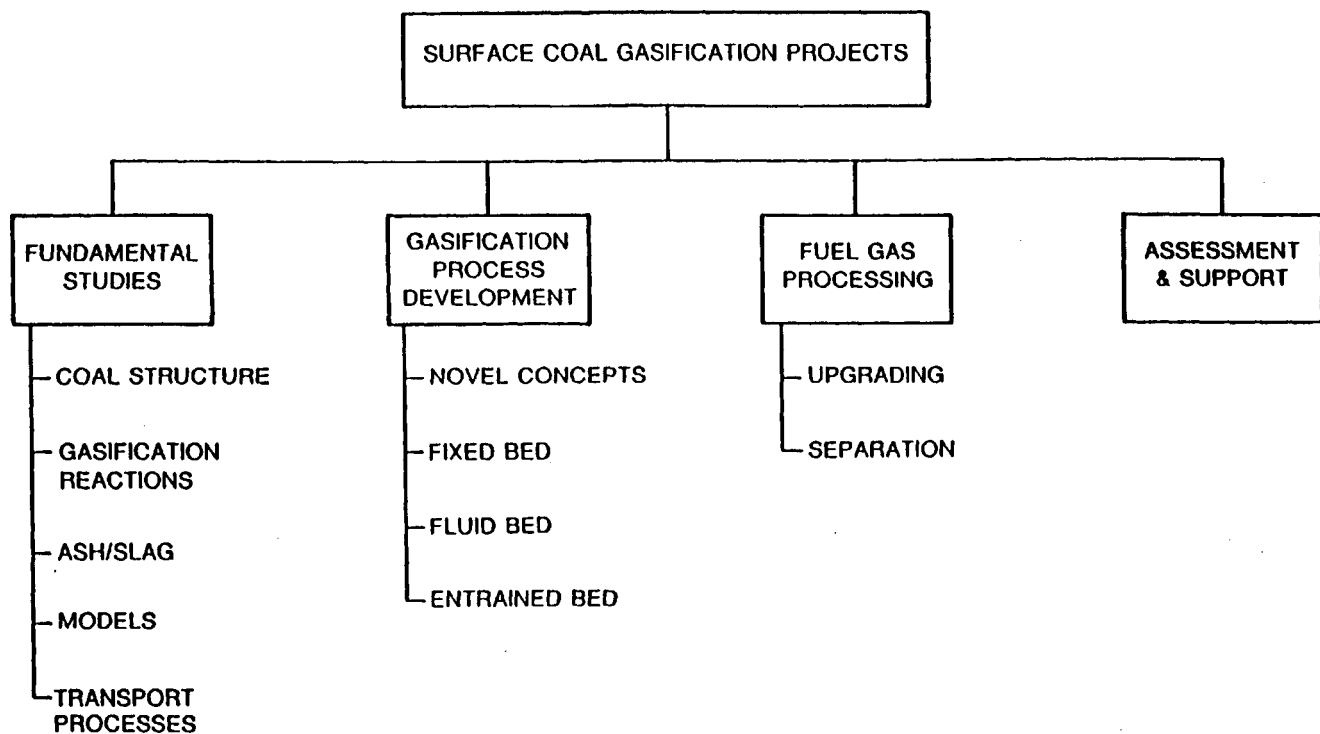
各分野は、研究室規模の新規発想プロセスの基礎研究から従来技術の支援及び評価にわたり、これらは、技術の成熟度に基づいている。

1986年度までを通してみると、エネルギー省化石エネルギー局の石炭ガス化開発計画は民間研究機関、国立研究所、エネルギー技術センター、他の政府機関及び大学にて行われ、これらには、約50におよぶプロジェクトが含まれている。

METC, Office of Fossil Energy 及びエネルギー省(Department of Energy, DOE)の組織図を第1-4図、第1-5図及び第1-6図に示す。

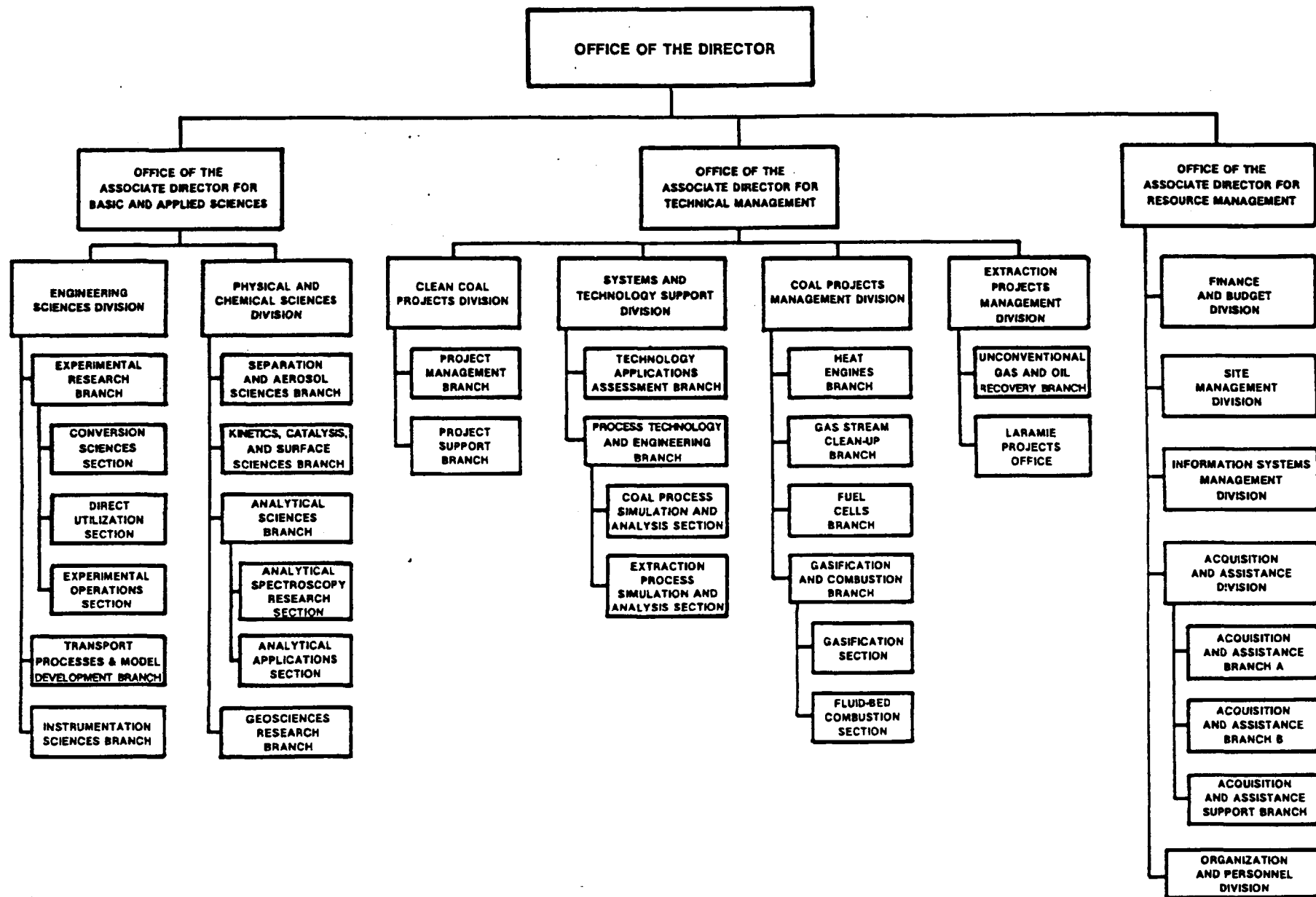
又、METCの1976年度～1987年度にかけての研究予算の推移、及び同センターの1987年度予算の内訳を第1-7図及び第1-8図に示す。

尚、1988年度における石炭ガス化に関する予算は、2千7百万ドルである。



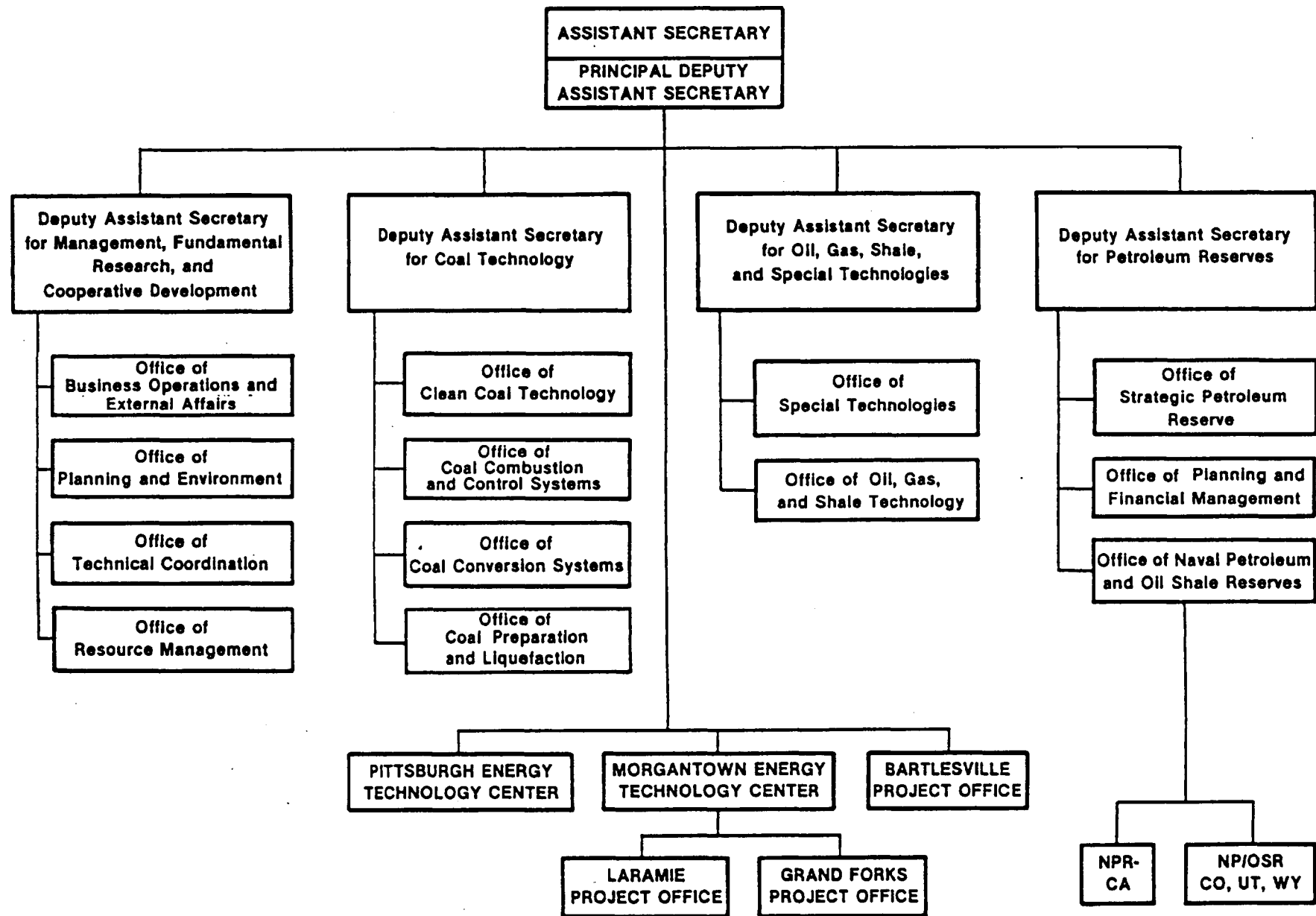
出所；METC資料

第1-3図 石炭ガス化プログラムの要素



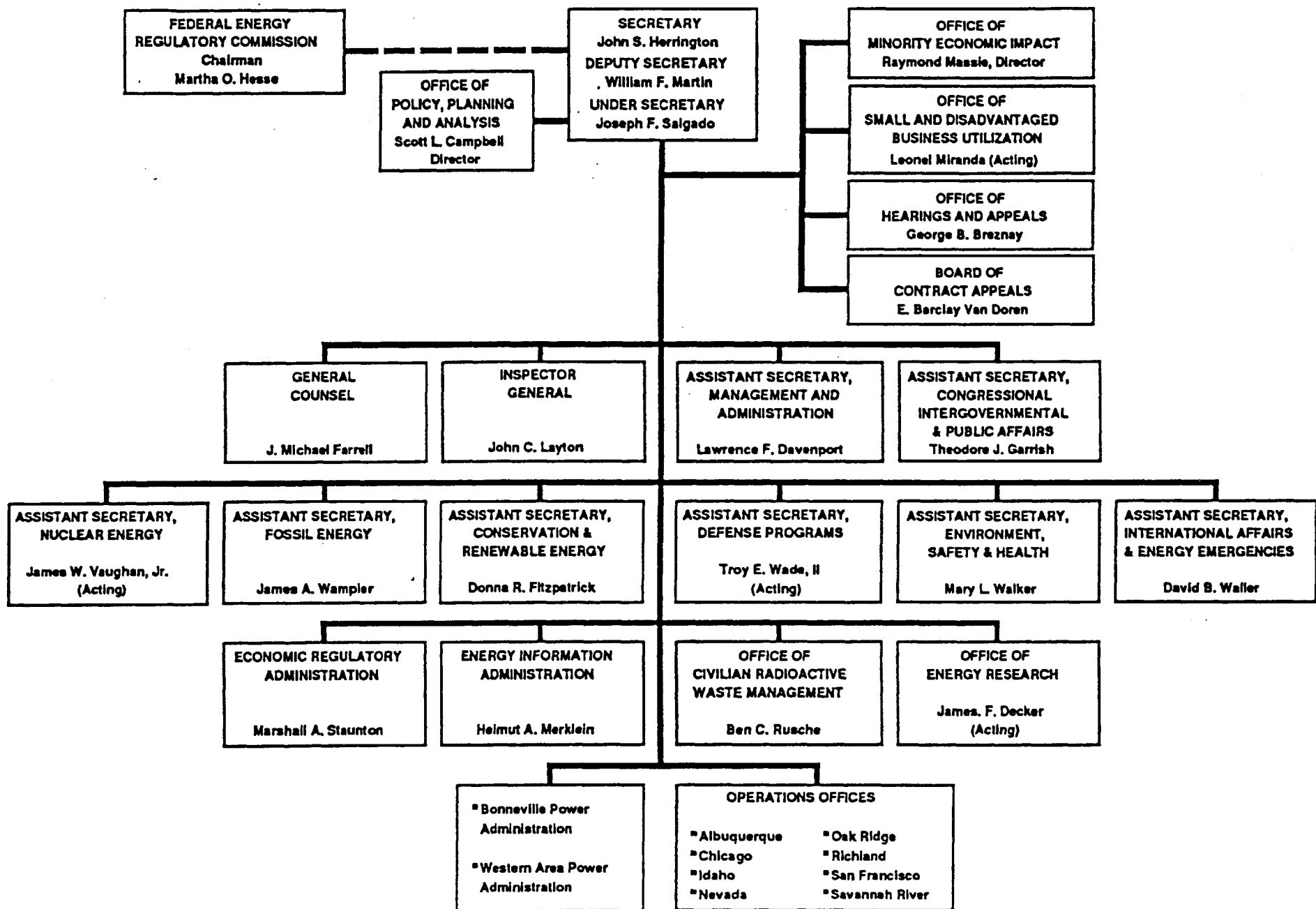
出所；METC資料

第1-4図 モルガンタウン、エネルギー技術センター 組織図

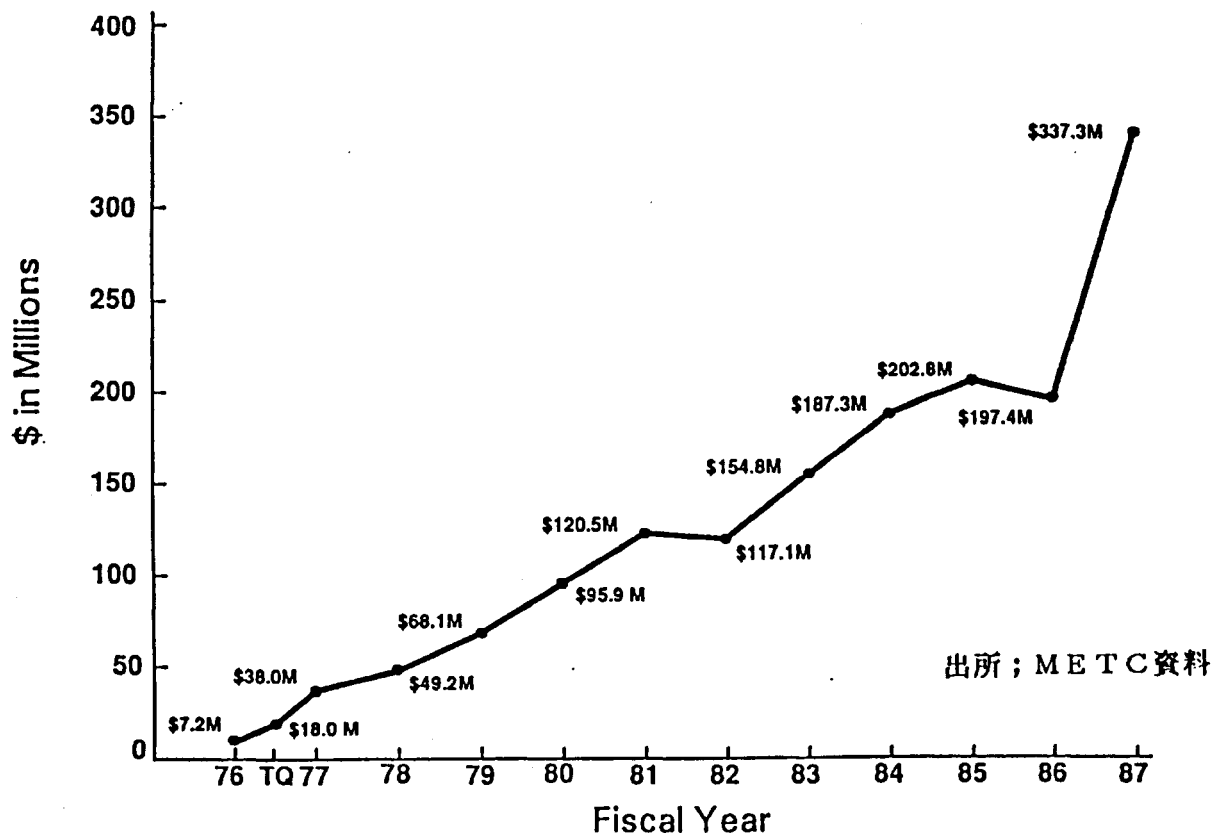


出所；METC資料

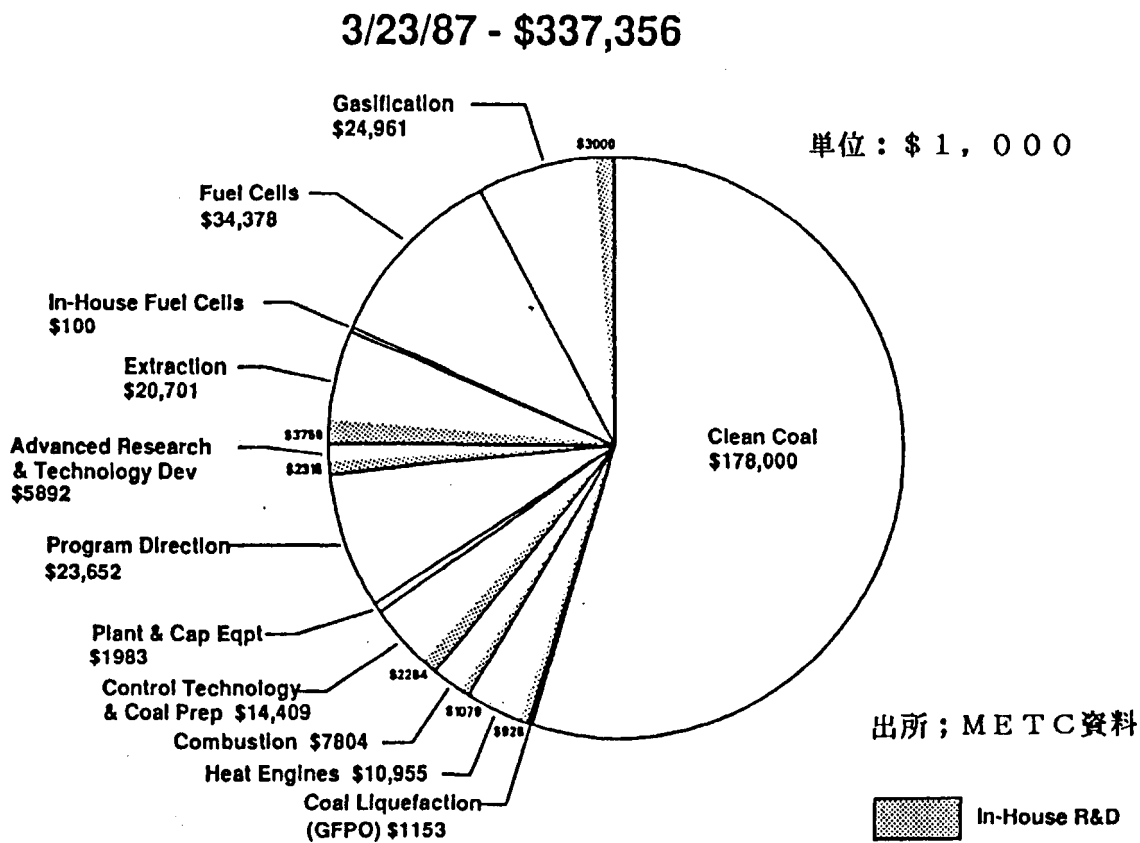
第1-5図 化石エネルギー局 組織図



出所；METC資料



第1-7図 モルガンタウン、エネルギー技術センター 予算推移



第1-8図 モルガンタウン、エネルギー技術センター 予算内訳

2. ガス化先端技術の開発

(1) 研究テーマと実施機関

METCにおいて取り組めを行っている、エネルギー省支援のガス化先端技術開発プログラムは、その研究テーマの内容により大きく次の4つに分かれる。

① 最新のガス化プロセスの研究

燃料ガス、中カロリーガス、合成ガス等の製造を目的とする研究であり、第1-1表に示すように、7プログラムを7機関で実施している。

② 石炭ガス化に関する基盤技術の研究

ガス化反応機構、石炭の構造、接触反応等のガス化の基盤となる技術の研究であり第1-2表に示すように、12プログラムを12機関で実施している。

③ ガス処理の研究

ガス精製、ガス分離およびガス・アップグレーディングに関する研究であり、第1-3表に示すように、10プログラムを9機関で実施している。

④ 石炭ガス化システムのモデル化に関する研究

ガス化システムの理論的、実験的解析により、ガス化システム中の物理的、化学的現象をモデル化し、研究を進めるものであり、第1-4表に示すように、8プログラムを6機関で実施している。

尚、この中でわが組合にも関係の深い噴流床の石炭ガス化については、METC自身でも研究開発を行っており、これは第1-2表に示す、石炭ガス化に関する基盤技術の研究の中に含まれている。これについては(2)でその概要を述べる。また、この他に噴流床石炭ガス化の研究としては、マウンテン・ヒューエル・リソーセズ社の実験が有るが、これについては既に完了したとのことであった。

尚、同社のPDUのフロー図を第1-9図、その装置の外観写真を第1-10図に示す。

第1-1表 最新のガス化プロセスの研究

研 究 テ ー マ		実 施 機 関
1. 接触ガス化反応	BEACON技術	TRW (TRW)
	新石炭ガス化プロセス	ガス技術研究所 (IGT)
2. 新プロセスデータ	石炭ガス化技術の改良	ニューヨーク市立大学 (CCNY)
	水性ガス化シフト反応の改良	パシフィック・ノースウェスト研究所 (PNL)
3. プロセス化学	急速熱分解	ブルックヘブン国立研究所 (BNL)
4. 新プロセス開発	水蒸気熱分解	アプコ・エバレット研究所 (Avco)
	湿式炭化	ガス技術研究所 (IGT)

出所；METC資料

第1-2表 石炭ガス化に関する基盤技術の研究

研 究 テ ー マ		実 施 機 関
1. ガス化反応機構	石炭ガス化反応	アドバンスト・フューエル研究所 (AFR)
	接触ガス化反応機構	サウスウェスト研究所 (SRI)
	ガス化の初期反応	ライス大学 (Rice)
	チャーと水蒸気の反応	ウェストバージニア大学 (WVU)
	灰分凝集の反応速度と機構	ガス技術研究所 (IGT)
2. プロセス化学と石炭の構造	石炭の可塑性と揮発分の2次反応	マサチューセッツ工科大学 (MIT)
	新型噴流床のガス化反応	モルガンタウン・エネルギー技術センター (METC)
	石炭の断層影像	ゼネラル・エレクトリック (GE)
	灰分とスラグの特性	ノースダコタ大学エネルギー研究センター (UNDERC)
	灰分凝集の反応速度と機構	ガス技術研究所 (IGT)
3. 新プロセスの開発	プラズマ化学	ロスアラモス国立研究所 (LANL)
	ガス化プロセス評価	ニューヨーク市立大学 (CCNY)
	メタン化触媒の反応機構	ペンシルバニア大学
4. 熱分解	新型噴流床のガス化反応	モルガンタウン・エネルギー技術センター (METC)

出所；METC資料

第1-3表 ガス処理の研究

研 究 テ ー マ		実 施 機 関
1. ガス精製	CNGプロセス	コンソリデート・ナチュラ ガス・リサーチ (CNG)
	タールに関する研究	ワシントン州立大学 (WSU)
	高温アルカル除去技術	ウェスチングハウス
	CaOによる芳香族化合物 の分解	マサチューセッツ工科大学 (MIT)
	CaOによるタールの分解	マサチューセッツ工科大学 (MIT)
	脱硫プロセス	ローレンス・ベーカーリー研究所 (LBL)
2. ガス分離	H ₂ とCH ₄ の分離	ニューヨーク州立大学 (SUNY)
	ガスの吸着分離	パシフィック・ノースウェスト 研究所 (PNL)
	ガスの膜分離	米国標準局 (NBS)
3. ガスのアップ グレーディング	生物処理によるガス・アップ グレーディング	アーカンサス大学

出所；METC資料

第1-4表 石炭ガス化システムのモデル化に関する研究

研 究 テ ー マ		実 施 機 関
1. 流動床	高温高圧流動床	ガス技術研究所 (IGT)
	ジェット・ペネトレーション と混合	マサチューセッツ工科大学 (MIT)
	機械学的モデルの評価	ウェストバージニア大学 (WVU)
	コールドモデル	ピッツバーグ・エネルギー技術 センター (PETC)
	灰凝集ガス化研究	ガス技術研究所 (IGT)
	ガス化プロセスモデルの 評価	マサチューセッツ大学
2. 噴流床	S ³ 噴流床石炭ガス化	ロスアラモス国立研究所 (LANL)
	機械学的モデルの評価	ウェストバージニア大学 (WVU)
	噴流床ガス化の運転最適化	ブライアム・ヤング大学 (BYU)

出所；METC資料

(2) 新型噴流床石炭ガス化の研究

METCにおける噴流床石炭ガス化の研究は、所内研究設備である噴流床石炭ガス化反応器を用いて行うもので、広範囲の条件下で石炭を反応させることによりガス化反応に関する基礎的データを得て、より進んだガス化技術の開発を促進することを目的としている。そのため供試した石炭を、高温、高圧下で窒素、水蒸気および二酸化炭素の雰囲気中で反応させ、その時の生成物の組成および収率を求めるとともに、高温、高圧下における水蒸気および二酸化炭素とチャーとの反応速度を求めるものである。次にこの研究の概要を紹介する。

1984年においては、無煙炭、亜瀝青炭および瀝青炭を使って22回のテストを行い、操作特性を調べるとともに、最良のパラメータ範囲を求め、窒素雰囲気での生成物の組成および収率に関する初期のデータを集めた。

これらテストの結果として、粘着状態での熱分解ガス化がなくなるように混合状態を変えたほか、当初予定のテスト・マトリックスを拡大していくつかの液状生成物も含むようにした。そしてより広範なテストを行うための原料としてモンタナ・ローズバッド亜瀝青炭を選んだ。

モンタナ・ローズバッド炭のテスト条件として、反応温度 815～1,370° C, 反応圧力 7～63atg, ガス滞留時間2.19～10.0秒の範囲で実施した。研究計画全体としては、4つの主要なテストと合計71の実験を含んでいた。1984年度に始まった第1のテストは、石炭を窒素雰囲気中でガス化した。第2のテストは、窒素の代わりに水蒸気を使っている。第3のテストは、水蒸気、二酸化炭素およびチャーを高温条件下で使っており、第4のテストは二酸化炭素と石炭を高温条件下で使っている。

石炭の粒度は、大部分のテストが、200～270メッシュであるが、若干の窒素及び水蒸気のテストについては100～150メッシュの粒度範囲を、又、粒度の効果を調べるためには325～400メッシュの範囲の石炭をそれぞれ用いた。そしてこの全体のテストから得られるデータを使って、熱分解とガス化に関する数値計算モデルの改良を行った。初期のモンタナ炭のテストで明らかになった点は次の通りである。

- ① モンタナ・ローズバッド炭は、加熱速度が 55,000° C/secに近づくと弱い粘結性を示す。
- ② 液状生成物は、圧力の上昇につれて増加する。
- ③ 不均一系反応は、1,100° C以上で顕著になる。

1985年から1986年にかけてはモンタナ・ローズバッド炭を原料とする研究計画は、石炭をテストする雰囲気ガスに応じてクラス分けしてあり、不活性ガスがクラス3、水蒸気がクラス4、二酸化炭素がクラス6となっている。追加クラス（クラス5）では、テスト中に生成したチャーのガス化反応を調べている。クラスによっては、試験条件を変えて、反応温度、圧力およびガス滞留時間の各要因の影響を調べている。条件設定値とそれぞれのコードを第1-5表に示す。

第1-5表 試 験 条 件

項 目	設 定 値				
METCテストコード	1	2	3	4	5
温 度 (°C)	815	916	1,037	1,185	1,370
圧 力 (atg)	7	13	22	37	63
ガス滞留時間 (sec)	2.19	3.20	4.68	6.84	10.0

出所；METC資料

クラス3Aの一連の熱分解テストから得られたデータを統計的に処理してその傾向を予測し、また、クラス4Aの試験は、200～270メッシュのモンタナ・ローズバッド炭を使って水蒸気中で行われた。この水蒸気テストは、反応雰囲気が75モル%の水蒸気と25モル%のアルゴンであった。

水蒸気テストの結果、反応温度が重要な変数であり、チャー中の成分の残留量は反応温度の上昇につれてほぼ直線的に減少することがわかった。総じて、残留率が最も大きかったのは炭素、最も小さかったのは酸素である。水素の残留率は酸素のそれより常に大きかった。この傾向は、熱分解テストで観察されたのと同じである。但し、熱分解テストでは、分解反応が炭素残留率を増大させたが、水蒸気テストでは、温度が上がるにつれてチャー反応率が徐々に増大したので、そのような残留率増大現象は観察されなかった。反応率の増大は、温度の上昇につれてガス化率が直線的に増大するため、チャーの収率は直線的に減少するという結果となって現われた。

窒素雰囲気の熱分解テストにおいては、二酸化炭素および水蒸気とチャーが起こすガス化反応は小さいので、二酸化炭素収率は高温にもかかわらず無視できる程度であったが、水蒸気テストではチャーのガス化反応が活発であるので、二酸化炭素収率と水素収率のはるかに高くなった。また、反応温度1,037°C以上の温度から急

冷するテストでは、水性ガスシフト反応の平衡温度は $930^{\circ}\sim 980^{\circ}\text{C}$ の範囲となる結果が得られている。

この研究で用いている石炭ガス化反応器を第 1-1 1 図、及びその外観写真を第 1-1 2 図に示した。反応器は電熱ヒーターで囲まれたダウンフロータイプのリアクターであり、最外殻は水冷耐圧構造となっている。原料石炭はアルゴンガスを搬送ガスとして反応器上部から供給される。一方、水蒸気、二酸化炭素等のガス化剤は、図のような横型のガス予熱器を通して図中央のミキシング部へと供給される。石炭とガス化剤はミキシング部で混合した後、その下部のリアクター部へ流下する。

リアクターは内径 3 インチ (76φ)、長さ 4 フィート (1,200mm) の高アルミナ製で、3 分割された電熱ヒーターにより温度制御される。リアクターを出たチャーを含む生成ガスは $200\sim 315^{\circ}\text{C}$ でダストフィルターを通った後、一旦、コンデンサーで約 40°C に冷却され液状物を回収した後、再び約 120°C に昇温され、仕上げのフィルターを通して、最後に生成ガスとして計量される。

第1-6表 プラント構成要素技術研究プロジェクト(機器)

研究テーマ	実施機関
(1) 石炭ガス化システムのための石炭前処理機器	オークリッチ国立研究所(ORNL)
(2) 石炭のハンドリソング機器と分級器の評価	ケネディ・バン・ソーン(KVSC)
(3) ダイナミック・スリープ・ピストン・フイダ	コンスレー・コンストラクション・システムズ(CCSI)
(4) カイネティック・エクストルダ・フイダ	ロッキード・ミサイル・フンド・スペース(LMSC)
(5) リニア・ボケット・フイダ	フォスター・ミラー・ソシエイツ(FMA)
(6) ピストン・フイダー・スクリーナー・エクストルダ・フイダ	インガソルランド研究所(IRRI)
(7) 高温含塵ガス用熱交換器	オークリッチ国立研究所(ORNL)
(8) 高温含塵ガス用コンプレッサと膨脹システム	オークリッチ国立研究所(ORNL)
(9) 高温含塵ガス用制御弁と安全弁	オークリッチ国立研究所(ORNL)
(10) スラリー・ポンプ	オークリッチ国立研究所(ORNL)
(11) ロック・ボッパ・バルブ	フェアチャイルド・コントロール・システムズ(FCS)
(12) バルブ試験装置	モルガン・タウソン・エネルギー技術センター(MBTC)
(13) 石炭スラリー減圧装置	ジェット推進研究所(JPL)
(14) 固体流動研究	ジェナイク・フンド・ジョンソン(J&J), ピツバーク・エネルギー技術センター(PETC)
(15) 粉体流れのモデル化による曲がり部の摩擦の低減	ウエストバージニア大学(WVU)

出所：METC資料

第1-7表 プラント構成要素技術研究プロジェクト（計装）

研 究 テ ー マ	実 施 機 関
(1) 温度計開発	アルゴンヌ国立研究所 (ANL)
(2) レベル計開発	アルゴンヌ国立研究所 (ANL)
(3) 浸食・摩耗監視装置の開発	アルゴンヌ国立研究所 (ANL)
(4) 固-液 流体用流量計開発	アルゴンヌ国立研究所 (ANL)
(5) 固-気 流体用流量計開発	アルゴンヌ国立研究所 (ANL)
(6) 高性能光学監視装置開発	サンディア国立研究所 (SNL)
(7) 光学計器用測定位置の研究	モルガンタウン・エネルギー技術センター (METC)
(8) 計測・制御技術に関する研究	アルゴンヌ国立研究所 (ANL)
(9) 光学監視装置開発を目的とする 噴流床の燃焼部の分光データ研究	米国標準局 (NBS)
(10) 石炭転換プロセス用制御システムの 系統的研究	ウエストバージニア大学 (WVU)
(11) 石炭灰化炉監視用示差光学吸収技術	ミシシッピ州立大学 (MSU)
(12) 生成ガス光学分析による高度監視技術	ロアラモス国立研究所 (LANL)
(13) 石炭流量計の開発	サウスウエスト研究所 (SRI)
(14) チャーのオンライン分析	ブルックヘブン国立研究所 (BNL)
(15) 粉体装置用オンライン成分分析	アルゴンヌ国立研究所 (ANL)
(16) 含塵量測定	モルガンタウン・エネルギー技術センター (METC)
(17) ガス化プロセスへの原子吸光分析の 応用	ローレンス・バーカリー研究所 (LBL)
(18) 石炭ガス化システム用の干渉性 非ストークス・ラマン分光分析による監視技術	ロアラモス国立研究所 (LANL)
(19) 流体センサーの研究	ハリー・ダイヤモンド研究所 (HDL)
(20) 極性分子及び高分子石炭誘導物質用 超臨界液体クロマトグラフと質量分析計の開発と評価	パシフィック・ノースウエスト研究所 (PNL)
(21) スラッグ堆積と汚損の監視技術の開発	ピッツバーグ・エネルギー技術センター (PETC)
(22) 炉外測定輻射温度計	TRW インコーポレーテッド (TRW)
(23) 光ファイバー応用技術、デポジットの 現場監視技術及びプロセス制御技術	モルガンタウン・エネルギー技術センター (METC)
(24) 硫黄化合物の電気化学的電位測定法の 開発	バッテル・コロンバス研究所 (BCL)
(25) 半導体利用ガス分析計の開発	ウエスチングハウス研究開発センター (WR&DC)
(26) アルカリ金属化合物の光学的測定技術	ロアラモス国立研究所 (LANL)
(27) ガス化への干渉性ラマン分光分析の 応用	ロアラモス国立研究所 (LANL)

出所；METC資料

第1-8表 フラント構成要素技術研究プロジェクト (材料及び性能)

1. 材料

研究テーマ	実施機関
(1) 耐火材の改良と評価	アルゴンヌ国立研究所 (ANL)
(2) セラミック材の製造及び適用技術	アルゴンヌ国立研究所 (ANL)
(3) コーティング材及びクラッド材の開発	アルゴンヌ国立研究所 (ANL)
(4) フラント材料の評価と機器の破損解析	アルゴンヌ国立研究所 (ANL)
(5) パイロットフラント材料の現地試験	オークリッジ国立研究所 (ORNL)
(6) 圧力容器製造技術の改良	オークリッジ国立研究所 (ORNL)
(7) エレクロアラジ製造法	オークリッジ国立研究所 (ORNL)

2. 性能

研究テーマ	実施機関
(1) フラント構成機器の評価と情報収集	オークリッジ国立研究所 (ORNL), アルゴンヌ国立研究所 (ANL)
(2) 信頼性解析	メカニカル・テクノロジー (MTI)
(3) フロセス制御研究	ウエストバージニア大学 (WVU), モルガンタウン・エネルギー技術センター (MRTC)

出所：M E T C 資料

第1-9表 ガス化プロジェクトと要素技術開発との関連

技術分野	研究機関	要素技術	プロジェクト 完了期限	関連するガス化プロジェクト		
				噴流床	流動床	固定床
石炭前処理	ケネディ・バン・ソーン (KVSC)	分級器	1982/12	○	○	○
石炭供給装置	インガソルランド研究所 (IRRI)	スクリュ・エクストルダ	1980	○		○
	"	ピストン・フィーダ	1984	○	○	○
	コンスプレ・コンストラクション・システムズ (CCSI)	ピストン・フィーダ	1984	○	○	○
	ロッキード・ミサイル・アンド・スペース (LMSC)	カイネティック・エクストルダ	1984	○		
	フォスター・ミラー・アソシエイツ (FMA)	リニア・ポケット・フィーダ	1984	○	○	○
流動床燃焼技術の 評価	アルゴンヌ国立研究所 (ANL)	PFBCボイラーからの 灰分抜き出し	1981/6	○	○	
計装機器	サウスウェスト研究所 (SRI)	石炭流量測定器	継続中(1985)	○	○	○
基礎技術	ジェナイク・アンド・ジョソツ (J&J)	石炭流動解析	継続中(1985)	○	○	○
		粉体バルブ	1984	○		
機器の改良	メカニカル・テクノロジー (MTI)	信頼性解析	1983/10	○	○	○
摩耗の低減	ウェストバージニア大学 (WVU)	ガス・インジェクションによる 曲管部の摩耗対策	継続中(1985)	○	○	○

出所；METC資料

第2章 ガス技術研究所（IGT）

1. 幅広い研究活動

（1）組織及び研究活動

ガス技術研究所(Institute of Gas Technology, IGT)は、無利益団体として1941年に天然ガス配送会社によって設立され、エネルギーに関する研究開発、情報センター、及び教育についての業務を行っている。

当研究所は150の会員及び賛助会員がおり、この中に天然ガス会社、石油会社、一般産業及びエンジニアリング会社が含まれている。また海外にある40の団体と連携をもっている。

本部はシカゴにあるイリノイ工科大学の構内に位置し、20万平方フィートの敷地に研究所、事務所及び教室がある。パイロットプラントをもつ研究所は、Energy Development Center と言っており本部からそう遠くないところに立地している。またプログラム開発事務所がワシントンにある。職員数は300人で年予算は、2千万ドルで主として研究開発の委託契約によるものである。スポンサーは、連邦、州の政府、天然ガス、電力、コンバインド施設、ガス研究所(Gas Research Institute, GRI)、電力研究所(Electric Power Research Institute EPRI)、米国ガス協会(American Gas Association, AGA)、製造業、エンジニアリング業、ガス開発会社(Gas Development Corporation, GDC, Inc.)等である。

この年予算のうち石炭関係予算は5百万ドルとなっている。

IGTの研究開発分野は、エネルギーの利用、輸送、供給及び基盤技術に関するものとなっている。まず利用では、コジェネレーション、燃料電池、ガスタービン及び天然ガス自動車等である。輸送では、新輸送システム、リーク検知法及びパイプラインの疲労等。供給では、石炭ガス化、流動床、水素及びオイルシェール等である。基盤技術では、灰化学、触媒及び石炭化学等である。

今回のIGTへの訪問ではエネルギー供給研究(Energy Supply Research)担当の副社長補佐(Assistant Vice President)のベアー氏(Mr. W.G. Bair)と石炭ガス化担当のパテル氏(Mr. J.G. Patel)から話をきくことができた。

21世紀に水素社会が到来することが一般によく言われているが、ベアー氏は、HYCOLプロジェクトに関連し、日本は来るべき水素社会をどのように考え、そしてこのプロジェクトと水素社会の結びつきはどのようなになるのか盛んに気にしているようであった。

以下IGTの石炭ガス化の研究開発の状況についてみてみよう。

(2) フランス等への技術協力

I G Tにおける石炭ガス化の方式は流動床方式によるU-Gas法であるが、これについては後に詳しく述べる。ここではU-Gas法による石炭ガス化プロジェクトが米国内はもとよりフランス等の海外諸国にまで進出したことについて概観したい。

1983年、I G Tは将来の石炭ガス化技術に向けて、このU-Gas法を選択したフランスの国営石炭会社Charnonnages de France (C d F) との間にライセンス協定の交渉に成功している。C d F、I G T及びU-Gas法の商業化を担当するI G Tの子会社であるG D Cの三者が署名したこの協定により、C d Fは、欧州諸国にU-Gas技術のライセンスを供与できることになった。

C d Fは、パリの北東、Mazingarbeにあるフランス国営石炭試験センターに、能力200T/Dの実証プラントを設計、建設する計画をした。この実証プラントは、高圧で運転されるもので、これによってU-Gas法の用途が一層拡大されることになる。C d Fは、U-Gas法の最初の商業用途に、アンモニア又はメタノールの原料となる合成ガスの生産を計画していた。既存の石炭ガス化プロセスのほとんどを徹底的に研究した上で、C d Fは、多種多様の石炭に最も適合できる方式として流動床法式を選択したのである。C d Fがその後、この流動床方式の中からU-Gasプロセスを選んだのは、I G TがU-GASパイロットプラントによってフランス国内炭を使った長期テストに成功したためであった。

フランス、ロレーヌ地方のMelebach産石炭は、8500Btu/lbと発熱量が低く、灰分が25~35 wt%と多い、しかもこれらの性状の変動巾が大きいにも関わらずU-Gas法ガス化炉の性能に悪影響を及ぼさなかったと言われている。試験では、高品質のガスが生成され、灰分98%程度の凝集灰が排出され、カーボン転換率は、95%にも達した。

当初のスケジュールによれば、200T/D規模の高圧U-Gas実証プラントの建設が1984年末にもフランスで着工される予定であった。I G Tは、このプラントのプロセス設計を実施すると共に、C d Fとフランスのエンジニアリング会社に対する技術コンサルタントとしての役割を果たしていた。1984年度には、このエンジニアリング会社による詳細設計とコスト見積りもほぼ完了し、又、C d Fの技師4名がI G Tに出向し、本プロセスの技術全体を習得し、更に、石炭ガス化の基本技術について研究する為に、C d Fのベルヌイユ研究所に高圧、高温反応器を納入する追加契約が、I G Tとの間に結ばれたのである。

1985年度に入るとフランス政府は、C d Fに対し、建設着工目前にして、プロジェクトパートナーとして欧州経済共同体以外の諸国から協力を得るよう要請し、パートナーの候補と目されていた数カ国との間で討議が進められた。

尚、本プロジェクト計画は、資金的理由で現在中止されている。

一方、米国内についてみると1983年にU-Gas法は、テネシー州メンフィスに建設を予定した中カリーの産業用燃料ガス生産プラント用に提案され、メンフィス市の電気、ガス、水道局の管轄下にあるMid South Synfuels社が、同プラントの価格、借入金保証について合成燃料公社（SFC）と交渉したこともあった。

ほぼ8年間に渡ってテネシー州メンフィスにU-GASプロセスを使用する産業用燃料ガスプラントを建設する検討をし、SFCからの財政援助を求めていた企業連合体は、このプロジェクトを打ち切ってしまった。このように、本プロジェクトは未完に終わったが、IGTとしては、商業規模のU-Gasプラントの詳細設計について貴重な経験を得たのである。

この他、クリンコール技術の一環としてのIGCCへの組み入れ、ウエストヴァージニア州に建設を予定したガス化プラントの計画を、コンソリデーションコールド社やフォスター・フイーラー社と共に実施したこと、更には、南アメリカ、中国、インドへの技術協力として検討したことがあった。

(3) 各種石炭のガス化研究

U-Gas法では米国内の産地の異なる石炭をはじめ、各国の石炭についても多くの実験が試みられた。

1983年にはU-Gas法の事業として、最大500psigの圧力で運転できる内径8インチのプロセス開発ユニット(PDU)の製作があった。これは、高圧下での灰の凝集現象の研究に使われる他、多種多様の石炭を選定する炭種選定用炉として使うのが目的であった。

又、同年 VEG-Gasinstituut (オランダ) は、U-Gas法開発への支援を続けており、内径8インチのPDUによって一連の高圧テストを開始している。VEGは又、自身のU-Gas法開発においてCDFと協力し合うことも考慮中であった。更に、いくつかのU-Gas開発が、欧州およびアフリカからの依頼によっても行われていた。

1984年には、IGTは、高圧における追加のデータを得るため、PDUによる試験を実施した。このPDUによる試験は、灰凝集技術からなるプロセスが、この用途拡大に必要な圧力水準(500 psig)まで圧力を上げられるかという新たな計画を基本とするものであった。

1985年になると、内径8インチの高圧PDUを使って、ガス研究所(GRI)向けのガス化テストを行った。

このテストの目的は、歴青炭、亜歴青炭および褐炭を使用し、300psig程度の圧力で流動床による灰凝集法ガス化のデータを確立することであった。このテスト結果から、生成ガスの品質、反応器容量および酸素必要量に及ぼす圧力の影響に関するデータが得られた。

又、米国天然資源会社(American Natural Resources Company)向けとしてPDUを使って、6日間にわたるユタ産歴青炭による低カロリーのガスを生成するテストも行った。テストは、この目的を達成し、この時のカーボン転換率は99%にも達した。

設計データは、6通りの運転条件のもとで得られたもので、この中には、産業用低カロリーガス生産プラントの性能と経済性の向上を目指した2つの特殊な実験が含まれていた。その一つは、石灰石を石炭とともにガス化炉に投入し、ガス化の間に生じる硫黄化合物をその場で除去しようとする実験である。他の一つは、セラミック製キャンドルフィルタを設置して、この高温脱塵フィルタの性能を評価する実験であった。いずれの実験でも、石炭からの低カロリーガス生産の経済性を向上する有望な結果をもたらしている。更に、IGTは、高温(1800°F程度)かつ高圧(1000psig程度)の条件下で運転できる最新型の多目的流動研究用反応器を設計、建造し、試運転を実施した。この反応器によるテストでは、石炭ガス化炉において温度や圧力が流動床の流体力学的挙動や灰分凝集性状に及ぼす影響を追及するものであった。又、同年にチャーの流動床における消耗や飛散に、温度および圧力が及ぼす影響を調べる研究も開始されている。

1986年にはIGTは、シカゴにあるU-Gas法パイロットプラントを使い、フィンランド産の泥炭を使い、泥炭からアンモニア製造用の合成ガスを生成する技術に関心を持つ大手化学会社(Kemira Oy)向けのガス化テストを行った。テストの結果、石炭用に設計されたガス化炉でも泥炭で運転できること、又、U-Gas法は泥炭から合成ガスを極めて高い効率で生成できることが判った。この試験で、IGTは商業プラントの設計に必要なデータがすべて揃ったと判断している。

(4) 新石炭ガス化プロセス

1985年度より、エネルギー省は、I G Tでの石炭ガス化プロセスの2つの斬新なアイデアによる基礎研究に対し資金付けをした。このことは、第1章においてI G Tの研究テーマとして掲げた最新のガス化プロセスの研究のうち、接触ガス化反応の新石炭ガス化プロセスとして取り上げられている。

第1のアイデアは、石炭ガス化剤として蒸気の代わりに二酸化炭素を使おうというものである。これは、ガス化炉出口ガスから二酸化炭素を高温のままで分離し、再度、ガス化炉に戻すものである。

過去15年間に開発された石炭ガス化プロセスについて比較検討した結果、設備費用および操業費用の大部分が、プロセス用の蒸気発生設備と、生成ガスより CO_2 、硫黄化合物等の酸性ガスを除去するガス精製設備に注ぎ込まれていることが判った。従って、プロセス用蒸気の必要量を大幅に減じ、従来より簡単かつ経済的な方法で酸性ガスを除去できるような新しい石炭ガス化プロセスの開発が必要となってくる。このアイデアは、この目的にそうもので、実験では、熱天秤とベンチスケールの反応器を使って、二酸化炭素を含有する種々の混合気における石炭ガス化率を測定するものと、種々の金属酸化物の CO_2 吸着剤(酸化マグネシウムを含有するもの等)による、吸着剤の吸着、再生性能、最適な条件を求めようとしている。

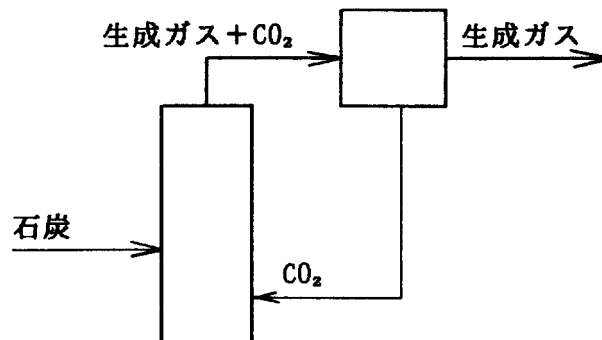
一方、二酸化炭素による石炭ガス化に関する文献によれば、石炭の乾留を不活性ガス媒質中で行なった場合と、 CO_2 ガス媒質中で行なった場合とでは、ガス収率に差があるとされている。ノースダコタ産亜炭とイリノイ産No.6瀝青炭を使って熱天秤によるガス化テストを行ったところ、 CO_2 は、1400° Fまでの試験温度では、ガス化に良い結果をもたらすことが明らかになった。 CO_2 は、生成ガスの分布を変えるような気相反応に影響するものと想像できる。

テストとしては、等温度で、 CO_2 介在下での乾留テストを実施している。又、テストデータをベースとして、プロセスの設計とコスト試算までを行うものであるが、この手順としては、まずテスト結果を基に、ガス化炉のタイプ(たとえば流動床式、移動床式等)を選定する。次に高温での CO_2 吸着に用いる吸着剤の再生に関し、圧力変化および温度変化の影響を調べ、その上で、 CO_2 雰囲気での石炭ガス化工程と高温 CO_2 除去工程とをプロセスに組込むものである。

このように、 CO_2 石炭ガス化プロセスは、新技術のひとつと考えてよい。

尚、実験は、2年間以上続けられたが現在は予算の関係で中止されている。

上記したCO₂雰囲気石炭ガス化プロセスのフローを、第2-1図に示す。



第2-1図 CO₂雰囲気での石炭ガス化プロセスフロー

第2のアイデアは、半揮発性無機化合物をガス化炉内部を循環できるガス化触媒として使おうというものである。

原理としては、用いる触媒が、ガス化炉の下部に見られる比較的高い温度のもとで揮発性を示し、チャー排出前にチャーから完全に蒸発分離する一方、ガス化炉の上部に見られる低い温度域で凝縮し、供給直後のまだ温度の低い石炭に付着させ、ガス化触媒として作用させるものである。

検討は、実験室規模のバッチ式反応器システムを設計、製作し、この反応器を使ったテストによっている。結果では、石炭チャーガス化の場合、水酸化セシウムが最高の触媒活性を持つことが判っている。又、この水酸化セシウムは、温度1200～1400°F、圧力135psigの条件下で、褐炭によるガス化率を25%～50%高める結果を得ている。

I G Tは先頃、数種の有望な半揮発性触媒を実験室規模でテストした。未だ十分な成績を上げるに及んではないが、この方向でアプローチをさらに展開していくことは、プロセスの簡素化とコスト節減の利益をもたらすという点で重要なことである。

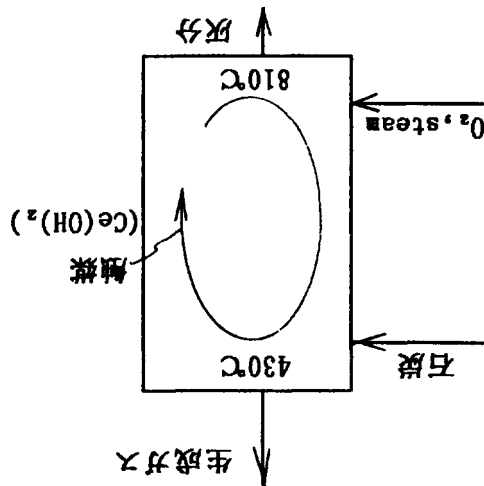
- (a) プロセス研究ユニット(PRU)の設計および製作。(b) プラス計画作成。
(c) PRUによる湿式炭化プロセス。(d) 高品質化石炭の特性テスト。
(e) 生成水の処理テスト。(f) システムおよびプロセス最適化の検討。
- I GTではこの湿式炭化の研究を下記の6通りの作業に分けて行っている。

褐炭や泥炭のように水分、 O_2 分の含有が多い石炭は、発熱量が低い、自然発火しやすい等の欠点を持っている。これを H_2O のかたちで、脱 O_2 すれば、この欠点をカバー出来、品質、取扱の面で向上が計れることになる。この湿式炭化とは、脱 O_2 方法として、石炭を入れた容器にスチームを吹き込み高温高圧中で操作する技術である。

本研究も(4)項の研究と同じようにM E T Cの研究計画の中で、最新のガス化プロセスの研究、新プロセス開発として取り上げられている。

(5) 湿式炭化

第2-2図 半揮発性ガス化触媒の内部循環原理図



上記した半揮発性物質を利用した、内部循環ガス化触媒の原理図を、第2-2図に示す。

テストプランについては、詳細な計画を立てた。実施するテストの数、テスト条件、テスト目的、予想されるデータ、用いる機器および操作手順を検討した。

供試炭は4種の石炭を選定し、供給は、採炭時の石炭サンプルを変質させないで供給出来る業者にこれを請負わせた。

この研究は、現在、水処理技術に課題が残っているとのことであるが、この研究が成功すれば、米国の化石燃料資源の中で最大規模に属するグレートプレーンズとガルフステーツの低品質炭に適用出来よう。これらの石炭は、硫黄分が少ない上、米国内産石炭の中で最も採炭コストが低いにもかかわらず、下記の理由から、これらの石炭の利用は少ない。

- (a) 水分が多く、発熱量が低いため、輸送コストが高い。
- (b) 空気との化学反応性が高いため、自然発火の危険性がある。
- (c) 機械的性質に劣り、微粉化し易いので、取扱いが困難である。
- (d) ナトリウム分が多く、工業用途において灰分付着の問題が出てくる。

このように湿式炭化とは、低品質炭を、発熱量が高く、脱水性と耐候性にすぐれた高品質の製品にする熱化学的な石炭処理プロセスである。

この湿式炭化による低品質炭の処理は、これらの石炭を市場に送り出すまでのコストを下げ、ガス化システムの経済性と効率を高め、又、低品質炭のガス化システムへの適合性を高める等、多くの利点を持つものである。

2. U-Gas プロセス について

(1) プロセス の開発経緯

U-Gas プロセスは、石炭を原料とし、低カロリー、中カロリーガスを生成する目的で、IGTにて次の3点を主眼において開発されたプロセスである。

- ① 操作が簡単であること。
- ② ガス化効率が高く、さらにタール、オイルを発生しないこと。
- ③ 環境上の問題が無いこと。(無公害プロセス)

このプロセスにて生成されるガスは、産業用から家庭用燃料に至る幅広い用途に用いられるばかりでなく、複合発電及び燃料電池等の用途としても目が向けられている。

IGTは、このU-Gasプロセス開発をエネルギー省、民間会社の支援のもとに実施してきた。手段としては、IGT内部に第2-3図に示すパイロットプラントを建設し(1974年建設)、このプロセス開発ユニット(PDU)により開発を続けてきた。

このPDUは、建屋内に設けられており、内径0.9m、高さ9m、容量30T/Dのガス化炉を主体とした装置で、石炭の乾燥、分級から始まり、生成したガスを焼却処理する焼却炉に至るまでの設備である。

このPDUにて各種石炭による試験を続け、物質収支、熱収支及び操作性の検討を行ってきた。今までに実施してきた試験の実績及び使用した原料実績を第2-1表、第2-2表に示す。

この開発試験は、PDUが完成した1974年より開始され、このトータル試験時間は、11,000時間以上にも達する。この開発により、今では、能力200T/Dクラスのプラントでも計画出来るまでに達している。

(2) プロセスの特徴

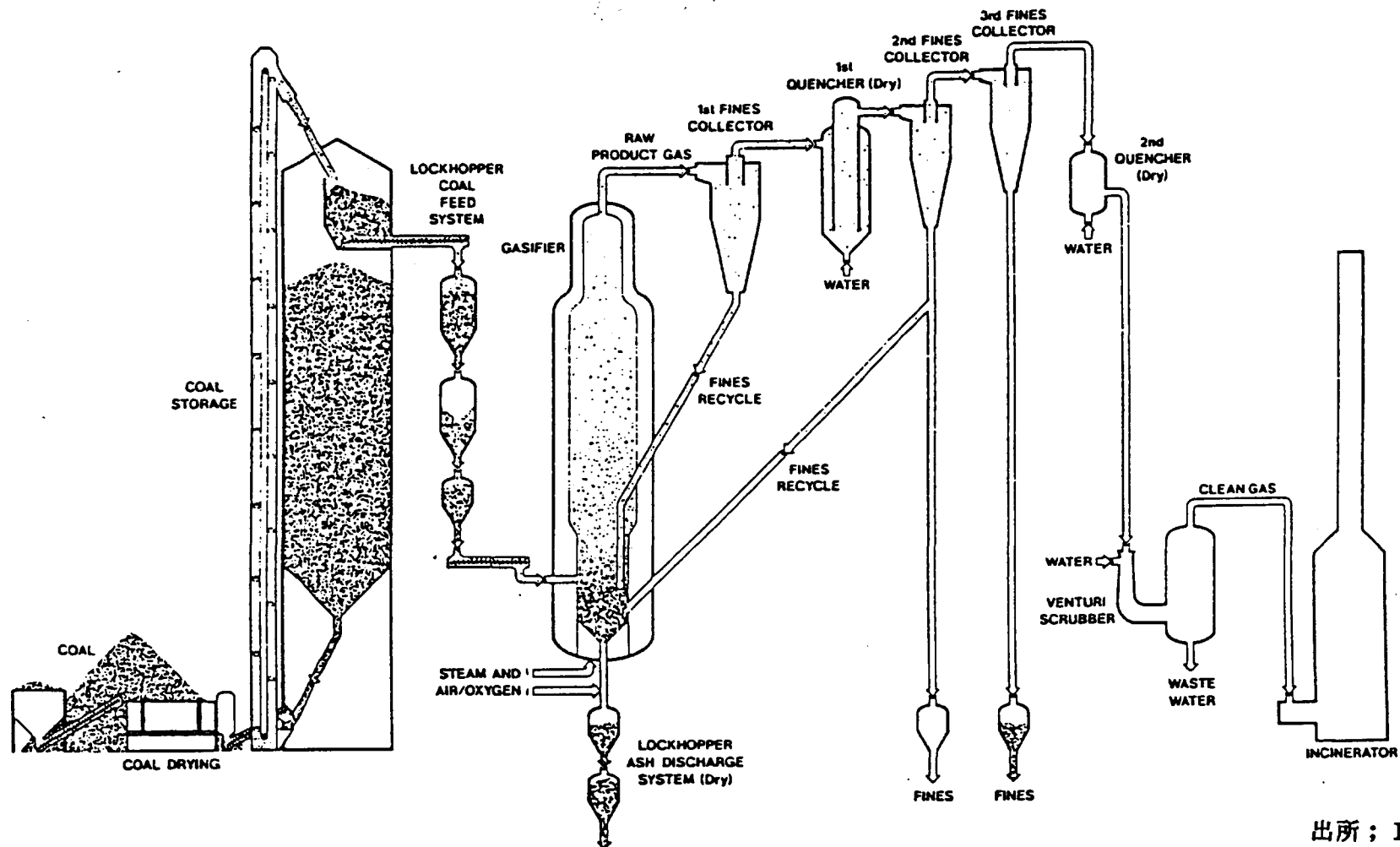
U-Gas 法の特徴について、IGTは第2-3表に示す内容をアピールしている。

尚、第2-3表に記載されるタール、油の発生が無いことに関する利点は、生成ガスラインの閉塞の問題が無いことはもちろん、熱回収技術が容易である等を示すものである。

一方、装置上の特徴はガス化炉にある。このガス化炉の概略図を第2-4図に示す。

炉のタイプは、ジョウゴ型分散版を持つ流動床炉であるが、この分散版底部の中心部で、灰が軟化するまで温度を上げ、灰粒子を凝集させる点が一般の流動床炉方式と違う点である。

プロセスは、このガス化炉を中心とするものである。まず、6mm角以下に破碎された石炭は、気流輸送にてガス化炉へ供給され、ここでガス化される。このガス化炉は、温度約650～1100℃、圧力1.5～35kg/cm²の範囲で運転される。尚、圧力は、



出所；IGT資料

第2-3図 U-Gas パイロットプラント概略フロー図

第2-1表 U-GASパイロットプラントの試験実績

年	試験回数	内 容
1974	9	機器の習熟運転
1974～ 1975	53	プロセス評価
1975	13	反応性の高い小粒径石炭のガス化
1977	4	パイロットプラント改造後の習熟運転
1977	7	反応性の高い石炭のガス化
1977	6	瀝青炭のガス化試験開始
1978	8	未選炭の高灰分石炭のガス化
1978～ 1982	25	実証プラント／商業プラント設計用データ取得試験
1980	3	強粘結炭のガス化
1981	3	顧客向け石炭のガス化実証試験
1983	2	未選炭のフランス石炭のガス化実証化試験
1984	1	未選炭ユタ炭のガス化実証試験（空気及び酸素富化 空気使用）

出所；IGT資料

第2-2表 ガス化原料（試験実績）

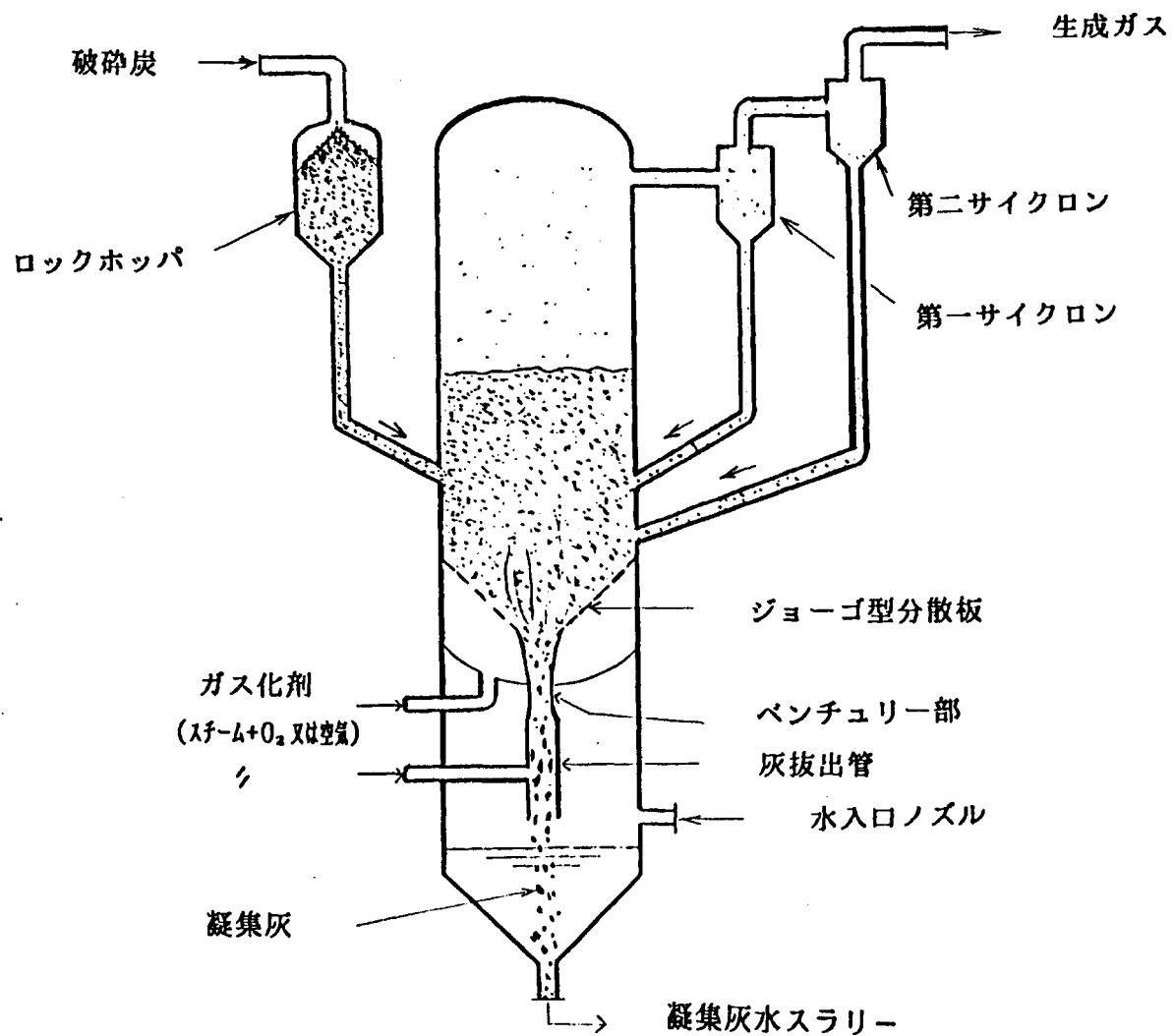
1. ウェステンケンタッキーNO. 9 瀝青炭（洗炭，未洗炭）
2. ウェステンケンタッキーNO. 11 瀝青炭
3. イリノイNO. 6 瀝青炭
4. ピッツバーグNO. 8 瀝青炭
5. モンタナ亜瀝青炭
6. ワイオミング亜瀝青炭
7. ポーランド瀝青炭
8. フランス瀝青炭（未洗炭）
9. オーストラリア瀝青炭
10. ユタ瀝青炭（未洗炭）
11. 冶金用コークス
12. ウェステンケンタッキー炭チャー
13. イリノイNO. 6炭チャー
14. フィンランド泥炭

出所；IGT資料

第2-3表 U-GASプロセスの特徴

1. 灰凝集プロセスの採用により石炭の転換率が高い。
2. 適用炭種の巾が広い。
3. 微粉炭もガス化原料として受け入れることができる。
4. 構造が単純で運転の安全性、信頼性が高い。
5. 制御が容易で、変動追従性が高い。
6. タールや油分の生成はほとんどない。
7. 環境上の問題がない。
8. 噴流床ガス化に比べ、比較的低温で運転する。
9. 許容負荷変動巾が大きい。
10. 大容量ユニットの計画が可能。

出所；IGT資料



出所；IGT資料

第2-4図 U-Gas ガス化炉概略図

設定の巾が広いが、この設定は、生成ガスの用途により決められている。

又、石炭粒子を流動させる流動化用ガスは、ガス化剤でもあるが、このガスの供給は、次の2ヵ所より供給される。

- ① 炉下部の分散版を通して。
- ② 分散版中心の灰抜き出し管を通して。

この流動化ガスは、スチームと酸素、又は空気の混合物であるが、混合比は、層内においては十分に活発な流動が得られるよう、又、分散版底部においては、灰粒子が軟化し、凝集する温度を保つように設定される。尚、この凝集の程度（凝集塊の大きさ）は、凝集した灰が、灰抜き出し管から供給するガス化剤流に逆らって落下する大きさで決まる。

一方、生成ガスに同伴し、ガス化炉より飛散する微粒子は、炉出口に2段階で設けたサイクロンで捕集され、再度ガス化炉へ戻される。戻す位置は次の様になっている。

- ① 一次サイクロンで捕集した粒子～層部
- ② 二次サイクロンで捕集した粒子～分散版底部(灰の凝集部)

このように飛散粒子を再度炉へ戻すことにより、カーボンのロスを少なくするように考慮されている。

尚、このガス化法に対する適性な炭種としては、第2-2表に示したように、多種原料に対応できるものであるが、この性状を纏めると、第2-4表のごとくなり、巾広い対応が可能であることが判る。

第2-4表 ガス化原料特性の範囲

項 目	範 囲
水 分 (%)	1 ~ 40 *
揮 発 分 (%)	3 ~ 65 **
灰 分 (%)	6 ~ 35 **
全 硫 黄 (%)	0.6 ~ 4.6 **
ポタン指数 (-)	1 ~ 8
灰軟化点 (℃)	1,080 ~ 1,370
発熱量(高位) (Btu/Lb)	5,620 ~ 12,650 *

注) * ; 到着ベース

** ; ドライベース

出所 ; I G T 資料

3. ユタ炭による石炭ガス化商業プラントの計画

ユタ瀝青炭のガス化テストについては、概要を既に述べたが、ここでは、このテスト結果、及びこれを基に進められた石炭ガス化商業プラントの計画、検討について述べる。

(1) ユタ瀝青炭のガス化テスト

ANR社は、ユタ瀝青炭を原料とし、ガス化剤として空気、スチームを用いた低カロリーガスの生産に興味を持った。

IGTでは、過去、パイロットプラントによるガス化テストに西部瀝青炭を使った例及びガス化剤として空気、スチームを用いた例が無かった(従来は酸素とスチーム使用)。このため、IGTでは、新しくANR社向けとして、ユタ瀝青炭を空気、スチームをガス化剤としてガス化するテストを実施することになった。

このテストは、パイロットプラントにより実施し、このデータに基づいて、低カロリーガスを生産する商業プラントを計画しようとするものであった。

このテストの工程と内容は、第2-5表に示す様に、スタートアップを含め7日間を費やし、この間、5つの内容のテストをするもので、これによって、当初の目的は全て達成されたのである。

このテスト目的とは次の事項であった。

- (イ) 空気、スチームをガス化剤とする低カロリーガス生成の実証
- (ロ) ガス化効率の把握
- (ハ) ガス化用空気量の把握
- (ニ) 許容負荷変動巾の把握
- (ホ) 石灰石による脱硫効果の把握
- (ヘ) 高温脱塵フィルターの性能評価
- (ト) 生成ガスの燃焼特性の把握
- (チ) その他、商業プラント計画に必要なデータの採取

このテスト期間中、パイロットプラントを6日間運転し、ユタ瀝青炭の消費量は、58トンにも達した。

各テスト条件でのテスト結果の要約を第2-6表に示し、あるテスト条件でのアッシュバランスデータの一例を第2-5図に示す。

このテストに於いて、カーボン転化率は第2-6表に示すように、93～99%の範囲と良好な結果を得た。又、生成ガスの発熱量は、ガス化剤に空気と酸素濃度の高い空気(O_2 ; 34%)の両方を使った為、75～171 Btu/SCF (670～1,520 Kcal/Nm³)間の値を得た。

出所：I G T 資料

テストNO.	テスト内容	粒子再循環の有無	運転温度 (° F)	石炭供給量 (lb/h)	炭化率 (%)
403.1	空気供給	なし	1831	1250	9 3
403.2A	空気供給	あり	1841	1274	9 8
403.2B	酸素添加空気供給	あり	1844	1343	9 6
403.3B	酸素添加空気供給	なし	1847	1598	9 3
403.4	許容負荷変動	あり	1818	859	9 9
403.5	石灰石添加	あり	1802	1215	9 7

第2-6表 パイロットプラントでのテスト結果の要約

出所：I G T 資料

日数 (日)	時間 (h)				テスト計画表
	81624	81624	81624	81624	
1					スタートアップ (コ-クス, 石灰石使用) 運転の安定化 (石灰使用) 条件1テスト (粒子の部分再循環) 条件2テスト (粒子の完全再循環) 条件3テスト (許容負荷変動) 条件4テスト (酸素添加空気供給) 条件5テスト (石灰石添加) シャットダウン
2					
3					
4					
5					
6					
7					

第2-5表 パイロットプラントでのテスト計画表

その他、テストによって把握した事項を次に記す。

(イ) 許容負荷変動巾；約 1/2 負荷運転を達成。

(ロ) ホットパンキング時間；約 10 時間停止後再スタート出来た。

これは、石炭供給系の故障により、偶然得られたデータであった。尚、この停止の間（修理の間）は、ガス化炉は極力高温に保つ努力がなされた。

(ハ) チャーリサイクル効果；チャーリサイクルによってカーボン転化率が 3～5 % アップする事が実証された。

(ニ) 石灰石による脱硫効果；石炭と共に石灰石をガス化炉へ投入し、ガス化で生ずる硫黄化合物を除去するもので、テストの結果、石灰石の添加による悪影響も無く、S 分を CaSO_4 として除去できることが判った。

(ホ) 高温脱塵フィルター性能；セラミック製フィルターを 1 次サイクロン出口に取付、テストの全期間（6 日間）にわたりテストしたもので、材質的な点、システム的な点等に於ても問題は無く、この間、異常な圧力損失の発生も無く良好な結果を得た。尚、このフィルター出口のダスト濃度を光度計法にて測定し、結果を第 2-6 図に示す。

(ヘ) ガス中の油分量把握；生成ガス中に含むタール、オイルは、U-ガスプラントの技術で充分に除去されている事が判った。

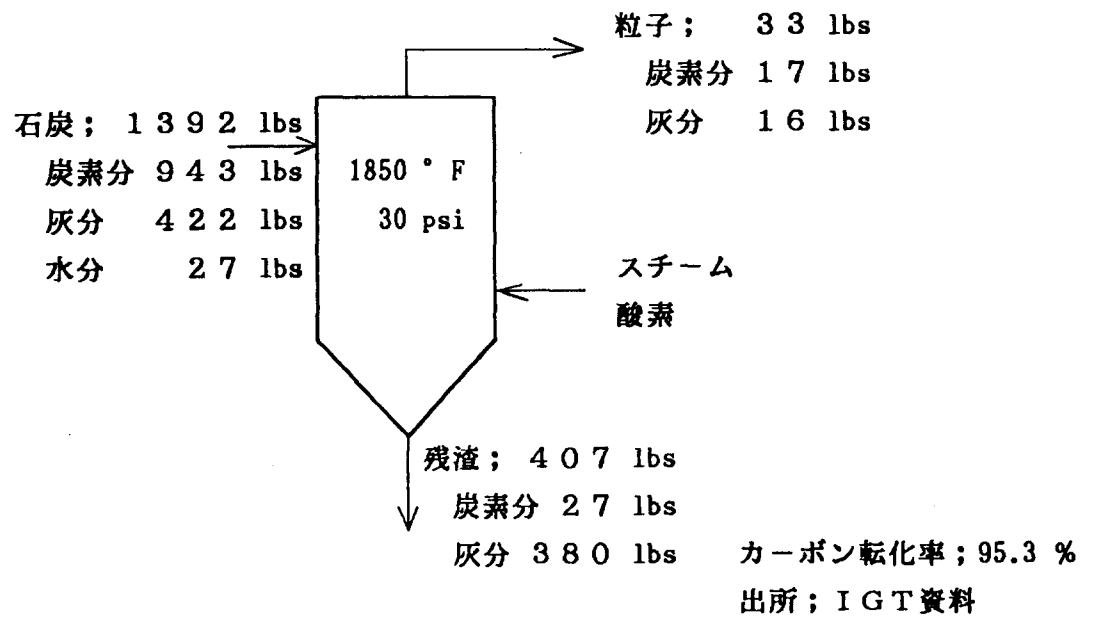
これ等のテスト結果に於て、ユタ瀝青炭は、U-ガスプロセスにて、高いガス化効率のもとに低カロリーガスが生産出来、更に運転もし易い等の特性を持っている事が判った。

(2) 生成ガスの燃焼特性

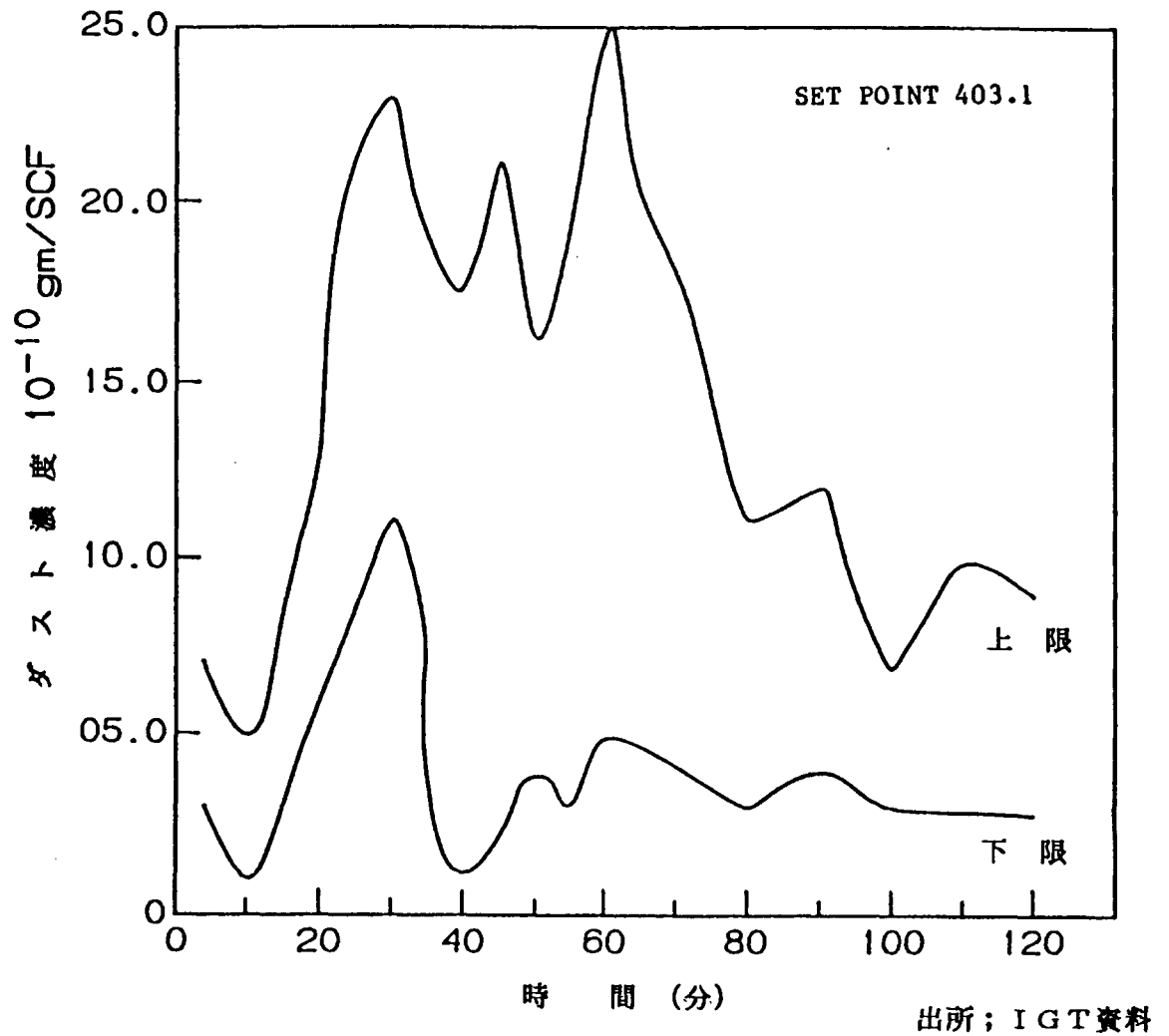
ユタ瀝青炭のガス化テストにて生成した、低カロリーガスの燃焼特性把握のため、特別に準備したバーナー及び燃焼炉を使い、3 条件の燃焼テストが実施された。

このテストに於て、 SO_2 、 NO_x を測定した。測定結果、 NO_x の発生が認められた。この NO_x は、低カロリーガス中に微量のアンモニアを含有しており、この N 分の影響、即ちフューエル NO_x が発生したものと判断された。又、サーマル NO_x については、燃焼時の火炎温度が $3,000^\circ \text{F}$ 以下であったことから殆ど発生が無いと判断された。尚、この NO_x 発生に対しては、商業化計画時、低 NO_x バーナーを使うことで充分に対処出来るものである。

一方、 SO_2 に対しては、ユタ瀝青炭が低硫黄炭であるため、問題になる値には成らなかった。とはいえ、生成ガス中の S 分を更に少なくしたい場合は、先に述べた石灰石をガス化炉へ添加する技術の採用が考えられる。



第2-5図 ガス化時のアッシュバランスデータの一例



第2-6図 セラミックフィルター出口のダスト濃度

(3) 商業プラントの概要

先に述べたパイロットプラントによるテスト結果に基づいて、商業プラントの計画設計が進められた。

この商業プラントの計画設計と費用見積は、フォスター・ウィラー・エネルギー社の手によって進められた。

この商業プラントは、5億7千6百万 Btu/hのガスと9万5千 lb/hのスチームを発生する設備である。このプラントの概略フローを第2-7図に示す。

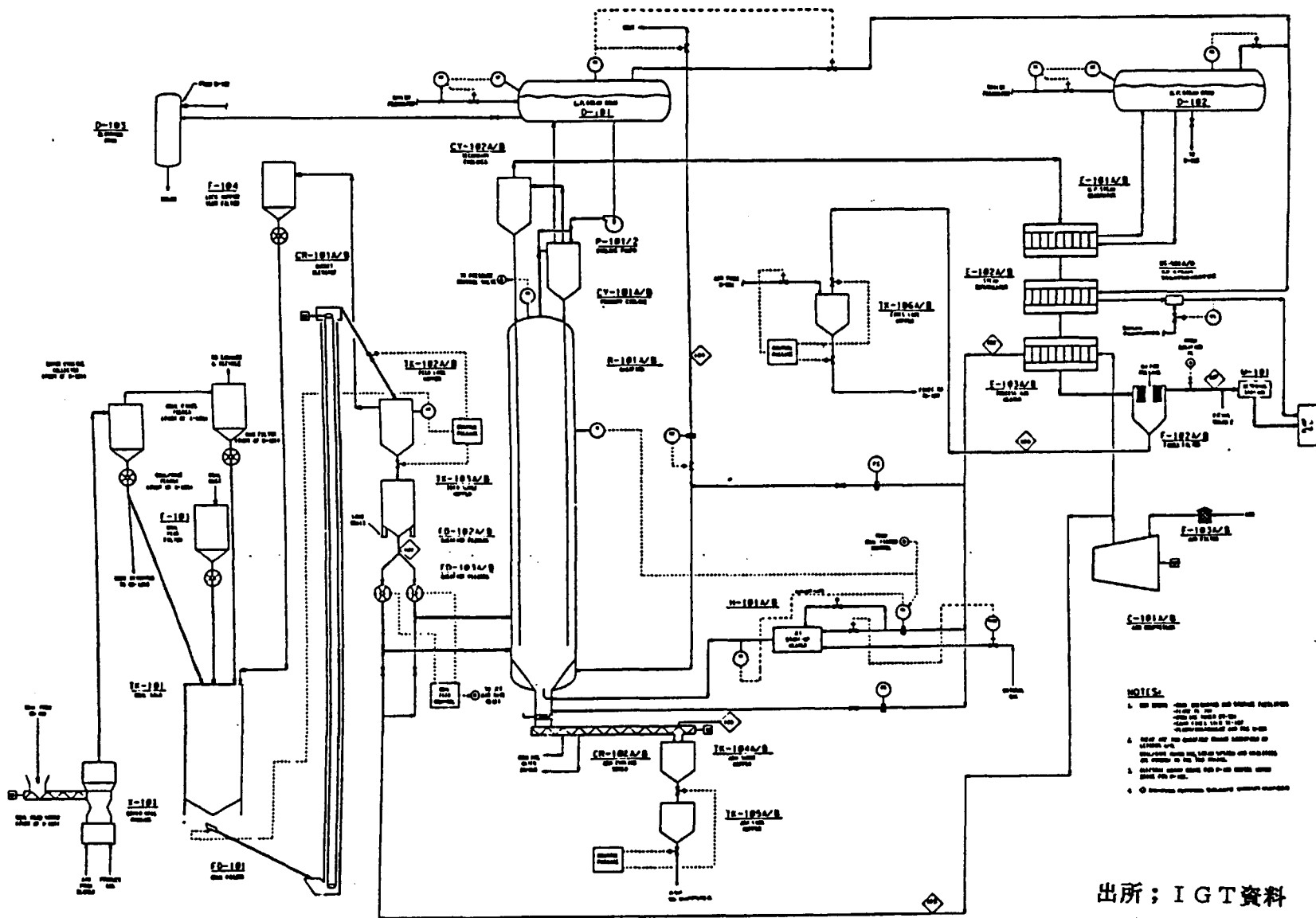
このプラントには、年間23万トンの石炭が搬入されるが、現地には、この石炭を搬入する為の約3,000フィートの鉄道の設置及び30日分の石炭貯炭場の設置が計画された。以下、第2-7図に従って説明する。

まず石炭は、貯炭場からコンベアーにて破碎/乾燥機まで搬送され、ここで、1/4インチ程度に破碎及び付着水分の除去が為され、製品ビンに持ち込まれる。尚、この製品ビンは約1日分の容量を持っている。破碎炭は、この製品ビンから更にバケットコンベアーにてロックホッパーシステムへ移送され、このロックホッパーシステムにて2つのガス化炉へ供給される。

このガス化炉は、耐火材が内張りされ、内径4.6 m、高さ15 mの大きさ、圧力1.4 kg/cm²g で運転される灰凝集方式の流動層炉である。

一方、ガス化剤(空気、スチーム)は、分散版を通して、及び炉低中心から噴流吹き込みにて供給され、炉から発生する生成ガスは炉頂部より、残渣(凝集灰)は、炉底部より排出される。

この生成ガスは、約1,000℃の高温のまま、2段有るサイクロン集塵器に流入し、除塵され、この捕集ダストは自重により再度ガス化炉へ戻る。一方、生成ガスは、この除塵工程を経て熱交換器へ導かれる。この熱交換器を通すことにより、生成ガスは790℃から210℃まで冷却される。この間、過熱蒸気(400℃, 39kg/cm²g), 予熱空気(260℃)が得られる。又、この様に冷却された生成ガスは、更にバグフィルターに通されガス中に残った微量ダストを完全に取り除いてしまう。尚、この点でのガス圧力は、約0.7 kg/cm²gである。更に、この生成ガスは、長さ1200m, サイズ42インチのパイプでボイラ設備まで供給されるものである。この供給端(バーナー元)での圧力は、約0.25 kg/cm²gとなる予定である。



第2-7図 商業プラント計画の概略フロー図

出所：IGT資料

(4) 環境対策

商業プラント計画での環境対策としては、以下に記すように、設備対応及び廃棄物の安全性確認がなされた。

(イ) 石炭前処理工程機器の対応

この石炭前処理工程に於ては、石炭微分の飛散防止を考慮して、コンペアー類は、全て密閉構造とし、バグフィルター払出部には、水スプレーで加湿する等の計画をした。

(ロ) 固体廃棄物

固体廃棄物は、灰化したガス化残渣と少量の石炭微粒子である。これらの廃棄物は、埋め立て処理できる性状の物である。

(ハ) 廃 水

雨水、貯炭場排水を含めたプロセス廃水は、沈殿処理，PH調整処理が為される。尚、ガス化設備からは、廃水，タール，オイル等の液状物は発生しない。

(ニ) 廃ガス

プロセスから2種類が発生する。1つは、スタートアップ時，シャットダウン時等の非定常時の発生ガスであり、これは、フレアースタックで燃焼処理される。他の1つは、破碎機/乾燥機から放出される石炭乾燥用の廃ガスで、これは、サイクロン，バグフィルターで除塵後大気へ放出される。

(5) 経済性の検討

このプラントは、プロジェクト開始から2年間で完成できるもので、この建設費用は、第2-7表に示すように、臨時費，エスカレーションを含め30.8百万ドルである。又、この費用全額を融資によったとし、この利子を12%と仮定した利息，運用資金及び試運転費用等を加算した合計は、37.3百万ドルとなる。

一方、年間の運転費用は、第2-8表に示すように、16.7百万ドルとなる。本表で、石炭費が、他の項目に比べ極度に大きい事が判る。次に電力費が大きい、これは空気コンプレッサーの影響が大きい。

プラントの経済検討に於ては、上記プラント建設費，及びプラント運転費の他に、生産物の販売価格が問題となる。

この販売価格は、天然ガス価格(\$2.21/100万Btu)も当然考慮されねばならないが、ここでは、生成ガスは油の代替燃料であることを考慮して、一般燃料として使用され、かつ価格の点でも充分競争出来ると思えるN0.6オイルと比較検討を行った。

このN0.6オイル価格に於て、1987年は、\$27/パーレルを基準にした。将来価格については、インフレを考慮して5%アップを見込んで算出した。

又、生成ガスの販売価格は、投資した資金の回収も考慮されねばならないが、油の価格を下回ることが必要条件であり、この生成ガスの販売価格を油価格に対し、9 % 下回る値とした。これらの値を第2-9表に示す。

本表によれば、プラントの建造によって、油の代替燃料として生成ガスが使用され、相当量の油が節約となり、この節約量は、1987年には年間2.29百万ドル、1988年には年間2.41百万ドルと年々増加し、蓄積量は、1988年4.70百万ドル、1989年7.23百万ドルと上昇し、償却期間(15年後)では約63百万ドルにも達する。

第2-7表 商業プラントの見積価格

項 目	金 額 (百万ドル)
プラント建設費	26.8
臨時費	2.3
エスカレーション費	1.7
小 計	30.8
利 息	3.7
運用資金	1.9
試運転費用	0.9
小 計	6.5
合 計	37.3

出所；IGT資料

第2-8表 年間運転経費の内訳 (1985年ベース)

項 目	金 額 (百万ドル)
石 炭	11.4
電 力	2.7
運 転	0.9
メンテナンス	0.9
消耗品	0.1
税金及び保険	0.7
合 計	16.7

出所；IGT資料

第2-9表 生成ガス(低カロリーガス)販売価格検討表

年 度	燃料価格 (ドル/百万 Btu)		油節約量 (百万ドル)	
	N0.6オイル	低カロリーガス	年 間	累 計
1987	4.50	4.08	2.29	2.29
1988	4.73	4.29	2.41	4.70
1989	4.97	4.51	2.53	7.23
1990	5.43	4.93	2.76	9.99
1991	6.05	5.49	3.08	13.07
1992	6.67	6.05	3.39	16.46
1993	7.29	6.62	3.71	20.17
1994	8.07	7.32	4.11	24.28
1995	8.67	7.87	4.41	28.69
1996	9.32	8.46	4.74	33.43
1997	10.02	9.09	5.10	38.53
1998	10.77	9.78	5.48	44.01
1999	11.58	10.51	5.89	49.91
2000	12.45	11.30	6.34	56.24
2001	13.38	12.14	6.81	63.05

出所；IGT資料

一方、このプラントの建設に関する決断は、この油価格、ガス生産コスト及び生成ガスの販売価格を比較検討し、投資した資金が回収出来るか否かによって下されるが、この収支計算については、税金がどの様に影響するかについても検討する必要がある。

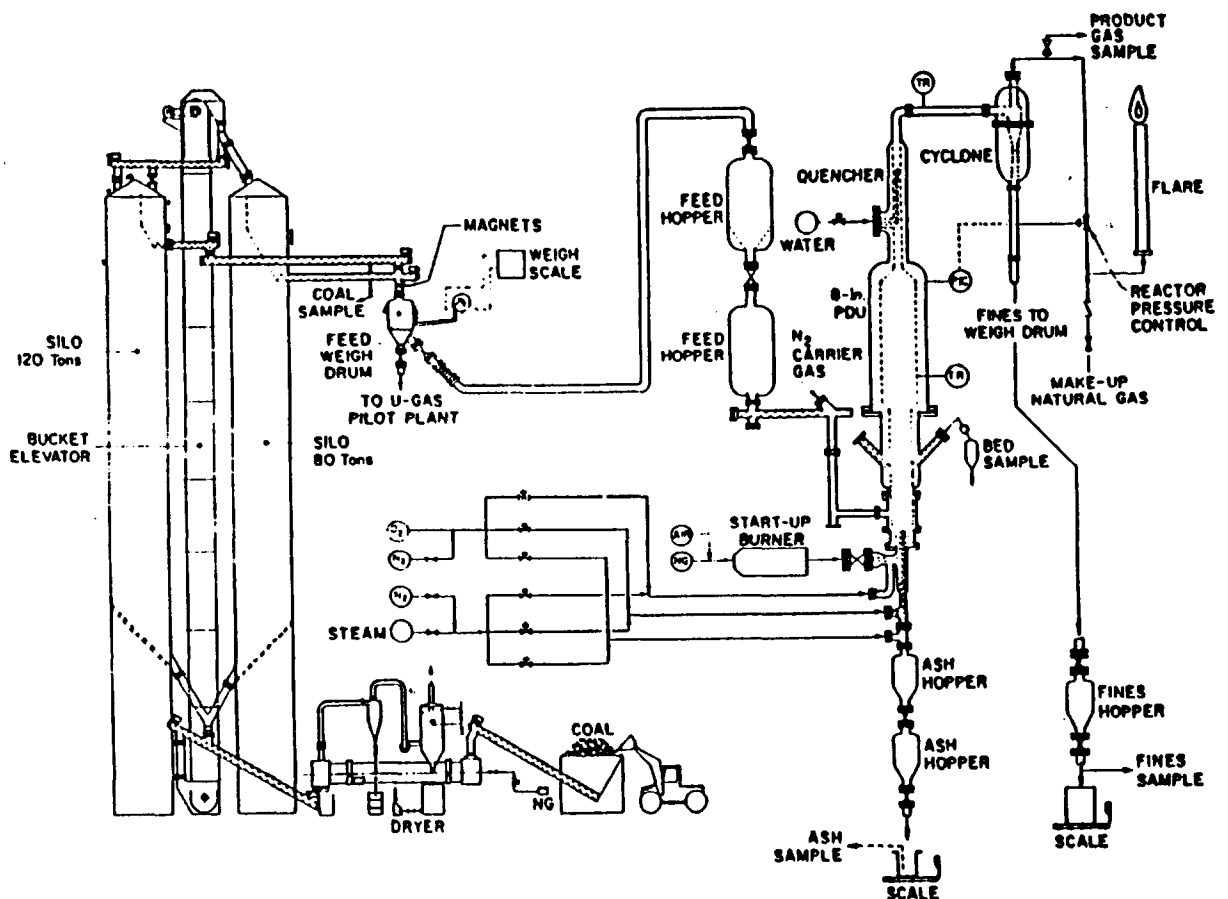
4. 高圧アグロメレーションU-GAS法

(1) 概要

高圧U-GAS PDUは、既設のU-GAS パイロットプラントに隣接して設置されている。PDUの目的は、既設のパイロットプラントが比較的低压運転であり、U-GASの用途としてSNGやIGCCを想定すると圧力は30atg位が適切であることから高圧のU-GASプロセスのデータが必要となったためである。

このテストプログラムはDOE/GRIの支援を受けて、米国炭を用いて高圧下におけるU-GASプロセスを確立することであり、1986年8月迄にピツバグ#8瀝青炭、モンタナ・ローズバット亜瀝青炭、ノースダコタ褐炭の3種のテストを実施している。

PDUのフローを第2-8図に示す。石炭の乾燥から石炭量の計量まではパイロットプラントと共用している。



出所；IGT資料

第2-8図 PDUのフロー図

ガス化炉は、内径0.2m×高さ1mの流動床部と内径0.45m×高さ2.4mの空塔部で構成されている。

ガス化炉の主な仕様は次のとおり。

- ・ 石炭処理量 5 t/d
- ・ 圧力 ～ 35 atg
- ・ 温度 ～ 1,100 ℃
- ・ 空塔速度 0.3 ～ 1.8 m/sec
- ・ 耐圧構造 バランスプレッシャー方式
- ・ ボトム構造 グリッドアッセンブリー方式

(2) 試験結果

第2-10表には試験炭の性状を、第2-11表には試験結果のデータの一例を示す。

第2-10表 試験炭の性状

炭 種		ピツバーグ#8 瀝青炭	モンタナ亜瀝青炭	ノースダコタ褐炭
工業 分 析(%)	Mo	1.4	15.3	9.6
	Ash	9.4	9.1	10.1
	V _m	36.3	32.3	36.1
	F _c	52.9	43.3	44.1
元 素 分 析 (%)	C	75.6	66.6	61.0
	H	5.1	4.6	4.1
	N	5.8	16.2	22.1
	O	1.4	1.0	1.0
	S	2.6	0.9	0.7

出所；IGT資料

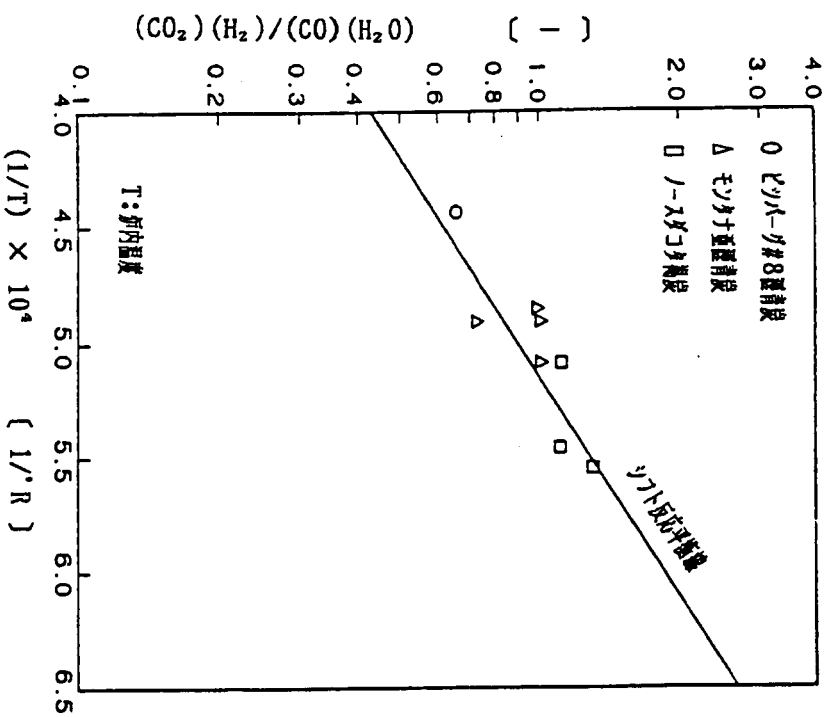
第2-11表 試験データ例

炭 種	ピツバーグ#8 瀝青炭	モントナ垂瀝青炭	ノースダクタ褐炭
圧 力 (ata)	8	21	22
温 度 (℃)	980	810	805
石炭供給量 (kg/h)	53	150	200
水蒸気供給量 (kg/h)	99	260	276
酸素供給量 (kg/h)	59	103	123
生成成分ガスの組成%	CO	14	12
	CO ₂	19	25
	H ₂	28	32
	CH ₄	4.2	5.0
	N ₂	34	25
ガス発熱量 (Kcal/Nm ³) (ドライ, N ₂ フリー)		2,450	2,310
石炭転換率 (%)	89	83	91

出所； I G T 資料

① 生成ガス組成

生成ガスのシフト反応の平衡達成度を見るため、第2-9図で実測値と平衡値の比較をした。その結果、実測値はシフト反応平衡値にほぼ一致していることが分かる。平衡値とのズレはほぼ10%以内と見ることが出来る。

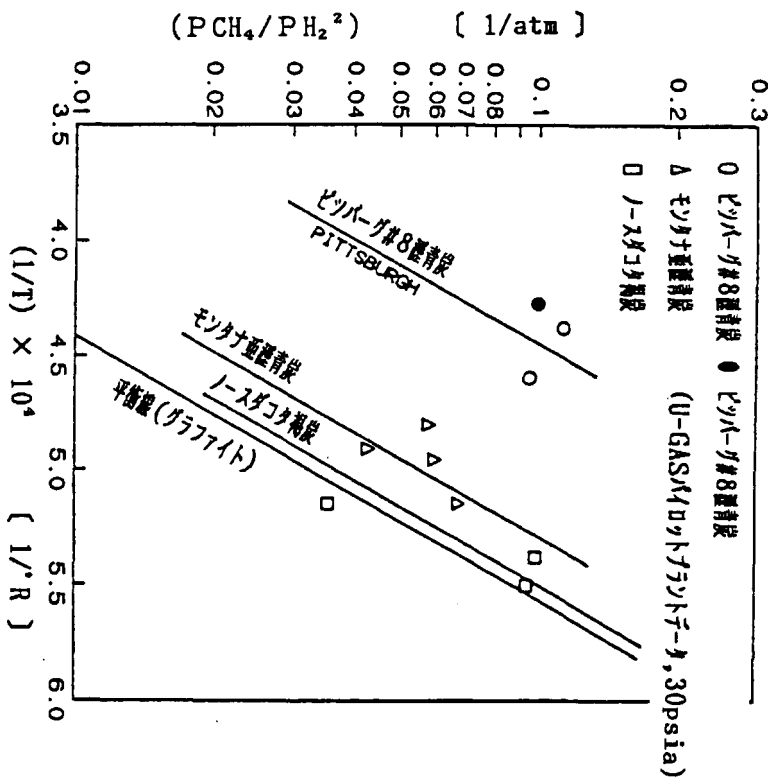


出所； I G T 資料

第2-9図 シフト反応平衡値と実測値

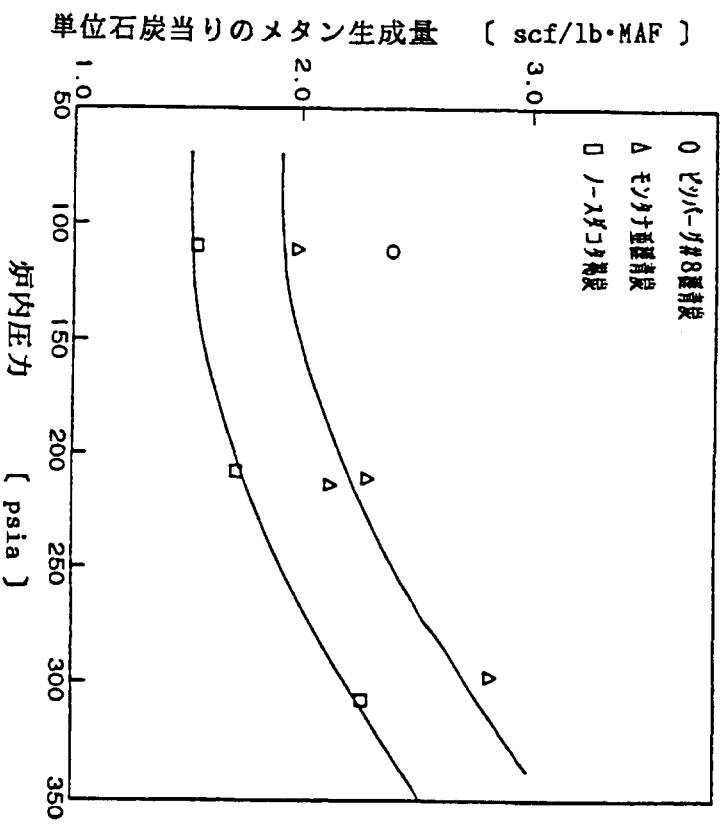
② メタン生成量

第2-10図にメタン化反応($C+2H_2=CH_4$)の平衡値と実測値を示したが、褐炭はほぼ平衡値であるが、他の2炭種は平衡値よりもメタンが多い。この理由は熱分解によりメタンが増加しているためと考えられる。



出所：IGT資料
第2-10図 メタン反応平衡値と実測値

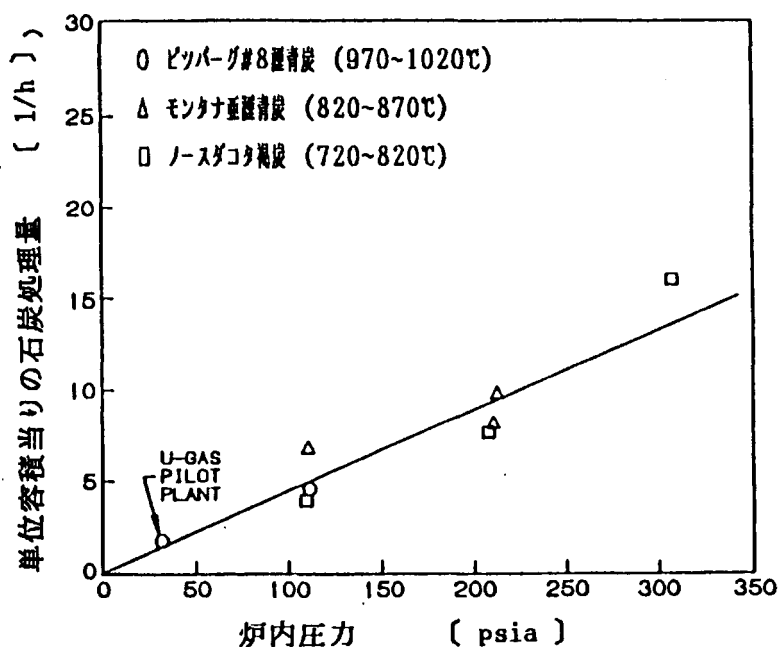
第2-11図に炉内圧力と単位石炭当りのメタン生成量の関係を示すが、圧力の増加と共にメタンの生成量が増すこと及び、高品位炭の方がメタンの生成量が多いことが示されている。



出所：IGT資料
第2-11図 メタン生成量と炉内圧力の関係

③ 石炭処理量

第2-12図に炉内圧力と単位容積当りの石炭処理量(MAFベース)の関係を示す。図によれば圧力と石炭処理量の関係は比例関係になっているが、図中に示すように炭種ごとのガス化温度が異なっているので、ストレートな比較は無理である。但し、炉内圧力が高い方がガス化温度が低いので、圧力の影響は小さめにでていると考えられる。



出所；IGT資料

第2-12図 石炭処理量と炉内圧力の関係

④ 生成ガス発熱量

試験では、生成ガスの発熱量に対する炉内圧力と炭種の影響を調べた。その結果、圧力の影響は殆ど無かったが、炭種による差がやや見られた。炭種ごとの平均的な発熱量はピツバーグ#8炭 2,450Kcal/Nm³、モンタナ・ローズバット炭 2,390Kcal/Nm³、及びノースダコタ炭 2,160Kcal/Nm³であった。ガス化温度が低い場合はシフト反応の関係からCO₂が多く生成し、ドライベースでの発熱量は低下することになる。

以上の試験結果は、炉内圧力 7 ~ 21atg で得られたデータであり、今後圧力を 35atg まで上げて、更に高圧時のデータを取得する予定である。

第3章 グレートプレーンズ 石炭ガス化プロジェクト

1. プロジェクトの概要

(1) プラント概要

なだらかにうねる小麦畑とノースダコタの広い地平線に向かって行くと、グレートプレーンズ石炭ガス化プラントが徐々に見えてくる。そして突然、直立のタワー、ずんぐりした貯蔵タンク、入り組んだパイプライン・ラックの広大な眺めが飛び込んでくる。

グレートプレーンズ石炭ガス化プラントは、褐炭より高カロリーガスの生産を目的とし、5社による企業体が、DOEからの融資15億ドルを得て、総額21億ドル（このうち約55%がプラント建設費に該当する）にて建設したものである。又、世界各地でこれまでに建設された石炭ガス化プラントの中で最大の規模のもののひとつであり、アメリカで最初の商業規模の合成燃料生産設備である。

現在、天然ガス価格の低落により1985年8月以降DOEの所有下のもと、ANG石炭ガス化会社(ANG Coal Gasification Company)の手により運転が続けられている。

第3-1図にプラントの全景写真及び設備の概要を示す。

(a) 原料

ノースダコタ産褐炭は、含水率が比較的高く、発熱量が低い化石燃料である。計画では、サイト周囲の4鉱区からプラントに毎日約2万2千トンが供給されることになっている。約1億4千トンの石炭を一連の前処理段階で約2インチ～1/4インチの塊に破碎し、巨大な貯蔵設備に搬入する（7日分貯蔵できる）。ここから、ガス化炉に供給する。

微粉炭としてふるい分けした残り8千トンは、隣接のBasin Electric発電所にボイラ用燃料として供給する。この発電所の440MWボイラ2基は、Combustion Engineering, Inc.が建設したものである。タワー高さ350フィートのこの発電所は、西半球で最も背の高いものとされている。

グレートプレーンズ・サイトで利用できる採取可能な原料炭の埋蔵量は、褐炭1億2千5百万トンで、実質上無制限の供給量である。

尚、この石炭を採取した跡地は、プラントより発生した石炭灰で埋め戻されている（所定の政府規則がある）。

(b) ガス化炉

グレートプレーンズ石炭ガス化プラントの心臓部は、Lurgi Mark IV型ガス化炉(14基)である。計画能力としては12基で足り、2基は予備としている。

このガス化炉は、メンテナンスを考慮し(特に凍結防止を考慮)、屋内に設置されている。

このガス化炉へ、一定の大きさに破碎した褐炭を頂部から供給ホッパーを介して導入する。これに、蒸気と酸素(両方とも構内の工場で発生)を吹込み、温度を約2,200°Fに上げる。高熱の中で、石炭と蒸気の分子構造は破壊され、一酸化炭素、二酸化炭素、水素、イオウ、窒素等のガスが発生して生成ガスを形成する。

(c) ガス冷却

ガス化炉で発生した生成ガスは、予冷の後、ガス流からタール、油、フェノール、アンモニアおよび水を分離、凝縮するために冷却する。この後、水素を加え更に、このガスをRectisolユニットにおいて低温メタノールで洗浄、浄化する。これで、ナフタリン類と、二酸化イオウおよび二酸化炭素のほとんどが除去される。精製されたガスは、次の工程のニッケル触媒床でメタン化される。この最終段階で、高カロリーのガスとなる。このガスを冷却によって脱水し、1,440psigに圧縮した上で、市場につながるパイプラインに送り込む。

(d) 副産物回収

生成ガスから除去した液状物は、重力分級、化学抽出およびストリッピングの各段階を経ることにより、一連の有用な副産物として回収される。この中には、特に米国中西部で需要の高い肥料である無水アンモニア(93トン/日)、市場性の高いイオウ(88トン/日)およびノースダコタ西部の大手石油会社向けの油回収に利用する二酸化炭素(1億8千万立方フィート/日)が含まれている。その他の副産物は、タール・油(143,000ガロン/日)、フェノール(20,000ガロン/日)、ナフタリン(19,000ガロン/日)等で、全てプラント内の燃料として利用されている。

(e) 環境対策

プラントが環境に及ぼす影響を最小限にするため、進んだプラント設計技術及び豊富な経験を基に、Lummus Crest社は、地方自治体、州政府および連邦政府の定める環境基準を達成する検討を実施した。この環境対策には相当の時間と金をかけて（1973年から1978年までの5年間）、数多くの報告書を提出し、又、数多くの公開ヒアリングを催した。

この種のプロセスのプラントとしては米国で最初の設備だったため、連邦の環境規制値そのまま適用できるものが存在しなかった。従って、当時の環境規制値を参考にして新たな指針作りをしなければならなかった。

グレートプレーンズ・プラントでは、現在、プロセスの過程で生じる全てのガスを回収、精製している。又、副産物は、プラント内で消費するか市場に出すかのどちらかである。尚、生じた石炭灰は、鉱区に戻して一定の場所に埋めている、採炭跡は、最新の埋立技術を駆使して元通りの地形に戻し、表土で覆い、植物が育生できるようにしている。

(f) ガス供給

グレートプレーンズ・プラントで発生した合成ガスは、全長32マイルの24インチ径パイプラインを通過して南西に向かい、ノースダコタの南西端を横切る北部国境パイプラインとの連絡点に達する。このパイプラインは、カナダ国境のモンタナ州から中西部の上の方を通過してアイオワ州ベンツラ市まで走っている。ここから、米国の東側半分全域の需要を賄うパイプライン網が広がっている。

(2) プラント建設の経緯

グレートプレーンズ石炭ガス化プロジェクトの建設計画が表面化したのは、1960年代の末、American Natural Resources Company (ANR) の長期計画の検討で、石炭ガス化は天然ガス供給補給に取って代るものとして最も実現可能性の高いものであると認めたときであった。

1970年代の初め、ANRは、ノースダコタの褐炭鉱の権利を取得し始めた。この地域には、米国の褐炭埋蔵量の2/3が眠っていた。

1973年、ノースダコタ事業に対してLummus Crest社がプロジェクト・マネージャーに選ばれ、石炭ガス化プロセスとしては実証済みで定評のあるLurgiプロセスが選ばれた。同時に、南アフリカで20年以上Lurgiガス化炉を利用して成果を上げて

いたSasol社が参加し、ノースダコタ産褐炭がLurgiプロセスに適合するかどうかをSasol社のプラントでテストすることになった。

Lurgi, Sasol両社で有望なテスト結果が得られたことから、1975年、A N Rは連邦電力委員会に、日産2億7500万立方フィート能力の合成ガスプラント（後に、もう1基別のガス化プラントまたは液化プラントの建設を考慮してこの能力規模を半分に縮小）の建設許可を正式に申請した。そして、Lummus Crest社およびLurgi社は第2段階として、基礎エンジニアリングに着手したのである。

同時に、A N R社とBasin電力会社は、プラント建設に向けて打ち合わせを開始し、そこで、廃熱利用発電の利益を双方で得られるようにする方策、ならびに、環境への影響を少なくする方策等を検討した。こうして、Basin Electricは、ガス化プラント向けの電力を、特にこのために（Combustion Engineering's Power Systems Group）設計、製作されたボイラを使って供給することになり、発電所の方は石炭燃料を受取ることになったのである。

工事は、挑戦の連続であったといわれている。厳冬期を乗り切るため、夏の間に作業要員を最大限活用できるようなスケジュールが立てられた。

現地が遠隔の僻地であったため、要員の手配、既婚および独身の作業員とその家族数千人分の食糧と住宅の確保など、困難な問題があった。又、物資輸送のために長距離の道路を建設しなければならなかった。

大量の機材をアメリカ国内、国外の各地から調達、運搬することも、Lummus Crest社に割当てられた仕事だったが、同社のエンジニアリングセンターの世界ネットワークが無事この大役を果たしたが、これによってプロジェクトに国際的な特色を添えることにもなった。

プロジェクトへの融資は、これがこの種の初めてのプロジェクトであったために最初から難航した。連邦借入金保証を得るための懸命の努力が実って、議会の強い支持を得ていたが、実際には、1975年、1976年と米国下院で否決された。（1976年の場合は、たった1票の差でしりぞけられた。）

再度新たな融資交渉が始まったが、この融資交渉では、大手エネルギー会社5社でグレートプレーンズ石炭ガス化協同組合（Great Plains Gasification Associates）を設立することが取決められた。これが、そうでなくても複雑な関係にあるプロジェクト関係者（元請業者、下請業者、パートナー、ライセンサー、コンサルタント、供給業者など）相互間の調整を一層複雑にした。これらグループ間のやりとりを効率的に調整することが、Lummus Crest社の最大の業務であった。

1979年11月、連邦エネルギー規制委員会（FERC）は、ようやく工事許可の命令を出した。最終承認は、1981年に2億200万ドルの借入金保証付きで与えられ、調達および工事が同年8月より始まったのである。

1984年夏、試運転を行い、同年12月より操業運転を開始した。こうして、米国で最初の商業規模の石炭ガス化プラントが予定通り予算内で首尾よく完成したのである。

2. 商業化への道

グレートプレインズ石炭ガス化プラントは、現在、エネルギー省の所有下にあることは先に述べた。しかし、エネルギー省ではあくまでも民間で運営されることを基本とし、この為に多くの努力がなされてきた。この努力によって、今やプラントを民間へ売り込めるまでに至っている。この成功した理由には、色々あるが、基本と成るものは、設備の改善による生産性の向上と、スタッフ全員による生産コスト低減努力によるものである。この生産コスト低減努力と結果及び民間企業へのプラント売り込みについて述べる。

(1) 生産能力の向上

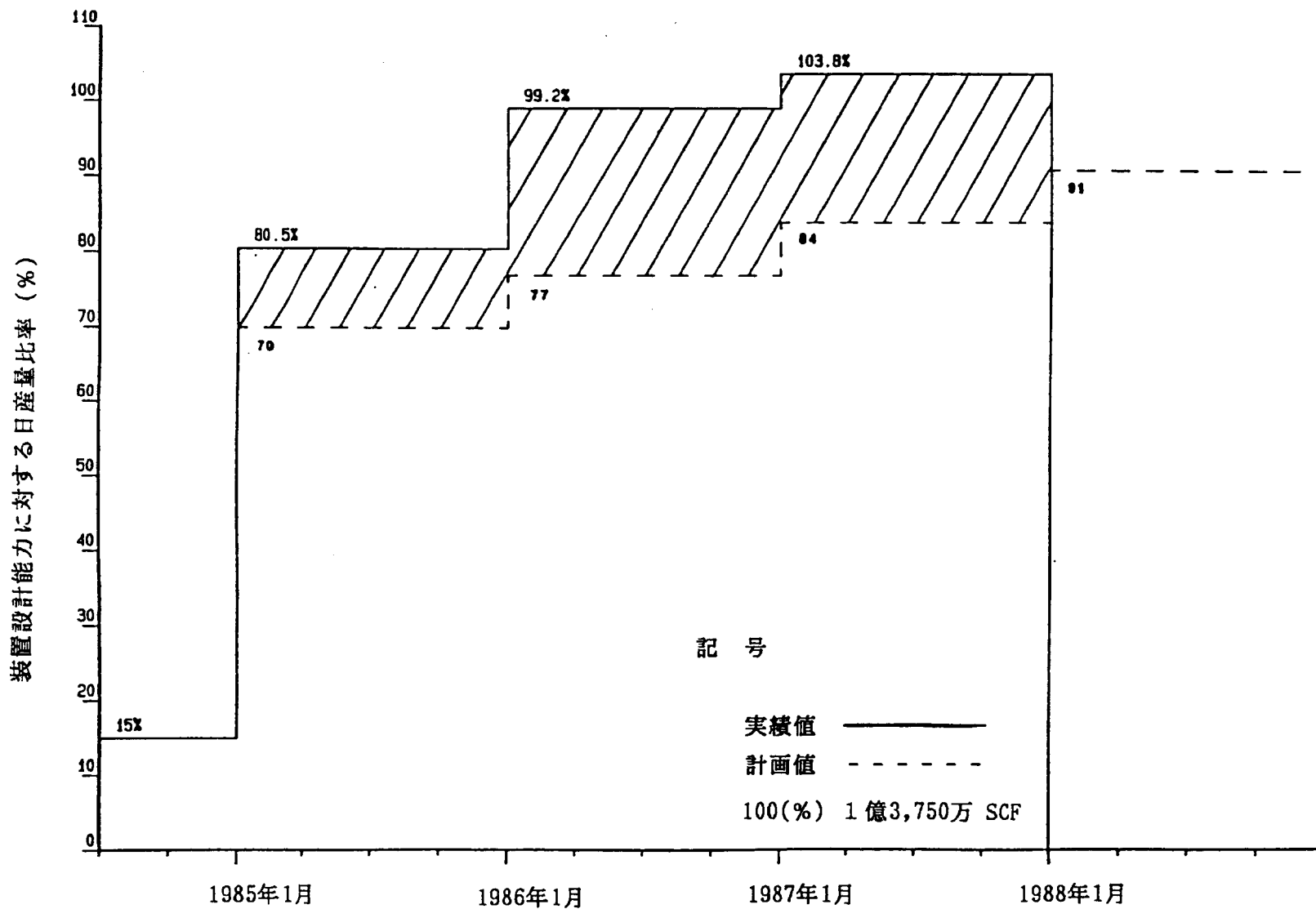
年間生産量は、日産能力と年間稼働率という2つの主要な要素によって決まる。グレートプレインズ・プラントは、SNGの日産能力を1億3750万SCF(標準立方フィート)、年間稼働率を91%として計画されている。このため、年間平均の日産量は1億2500万SCFとなる予定であった。

建設当初、この設計能力(1億3750万SCF)で、年間91%の稼働率を達成するにはプラントの規模及び難しさから判断して4年にかかるものと予想していた。しかし、現実には、第3-2図に示すように、操業開始から丸3年で当初の見通しをはるかに上回る実績を上げ、過去12ヵ月間の平均日産量は、1億4200万SCFにも達したのである。又、第3-3図は、過去2年間にわたる操業実績を示したものであり、2年間の半年ごとに区分し、この区分内での日産量に対する稼働日数を示したものである。本図から、年月の経過に伴い稼働日数が多い範囲が日産量が高い領域に移行しており、生産量が、年月の経過と共に増大していることが判る。

エネルギー省に対して、ANG社が実施した性能と稼働率の調査によると、1987年上期の生産状況は、稼働率93%、日産能力1億5250万SCFであることが判った。このように高性能でかつ信頼性の高い状態で生産が続けられているのは、関係者の大きな努力によるものであるが、この実施事項は、プラント建設前に実施した事項と操業開始後の実施事項の2つに大別することが出来る。

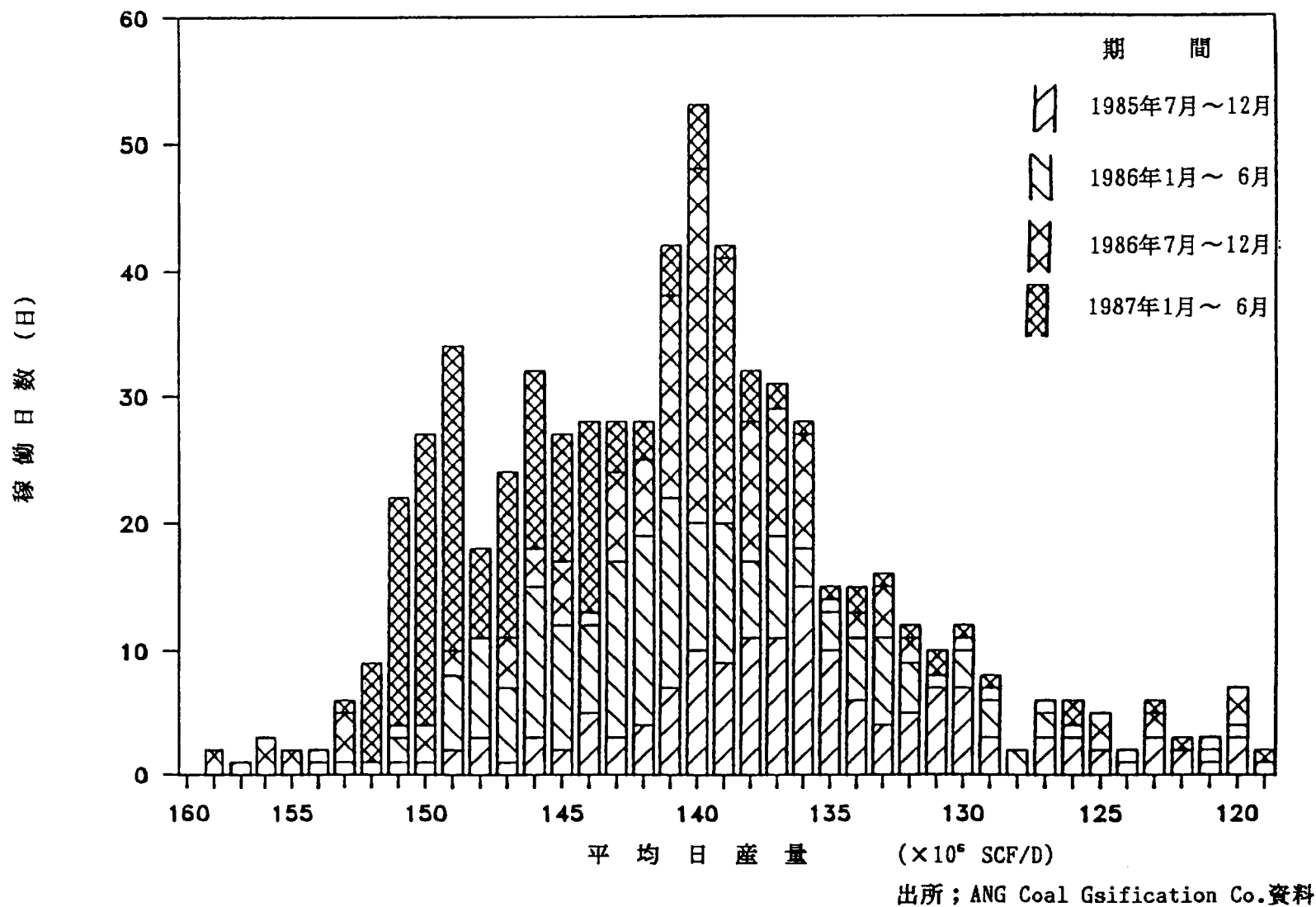
プラント建設前の実施事項としては、次の内容であった。

- (イ) プロセスの十分な選択
- (ロ) 設備の選択と予備品の確保



出所；ANG Coal Gsification Co.資料

第3-2図 グレートプレインズ ガス化プラントの SNG 生産量特性



第3-3図 グレートプレインズガス化プラントの日産量と稼働日数の関係

- (ハ) 制御システムの慎重な計画
- (ニ) スタッフの人選
- (ホ) 運転員の早期雇用そして訓練実施

最初の3つの項目は別として、最後の2つの項目は、操業が開始されてからの改善に関わるもので、スタッフが正しい訓練と指導を受けたかどうかにかかっている極めて重要な事項である。

操業開始後の改善事項は、主要な問題に対し迅速に対応し、改善努力がなされ解決したものである。この操業開始後に改善された主な事項は、次の通りであった。

- (イ) ボイラの信頼性～最初の半年間で300回もトリップしたものが、火炉、バーナー配管、制御システム等の改善で殆どトリップを生じなくなった。
- (ロ) 冷却塔の熱効率～水質管理の徹底で計画以上の熱効率を得られている。
- (ハ) ガス精製の改善～レクチソールユニットの改善によりメタネーション触媒寿命を従来の約2倍の18ヵ月に伸ばした。
- (ニ) 石炭供給時間の改善～プラント利用率(ガス化時間)を20%高くした。
- (ホ) 供給石炭サイズの改善～1/4インチ以下サイズの石炭をカットすることにより、後流側での微粉によるトラブルを無くした。

(2) コスト低減運動

プロジェクトチームは、アメリカで大規模な石炭ガス化施設を建設し操業することが技術的に可能であることを立証してきたが、石炭ガス化が経済的に成り立つ時期については、依然として大きな疑問が残っている。彼等がこのプロジェクトを開始した1970年代の初以来、諸条件は著しい変化を遂げてきた、現在では低コストのスポット買いでガスの大量供給を受けることが出来るのに対し、1970年代末に崩壊した工業用ガスの需要市場はいまだに回復していないのである。

エネルギー省は、1985年にグレートプレインズ・プラントの所有権を肩代わりした時に、プラントの操業を続けるに当たり、納税者に余分な負担をかけないと約束した。ANG社とエネルギー省は今でもその約束を守っており、生産コストを低く抑えるために絶えず改良を加えている。

プラントが政府所有であるために、未払金や減価償却は要因費用として考える必要は無かったが、通常の運転コスト以外の項目も含んだ全ての費用が十分に分析さ

れ、この結果によると、彼等が1970年代に予想したより遙かに良好であった。

1985年の前半では、毎月の運転コストは1800万ドルと高かったが、現在では、平均日産量が1億1000万 SCFから1億4200万 SCFに増大したにも関わらず、運転コストは1ヵ月当たり1200万ドル近くまで低下しているのである。

第3-4図は、1985年8月～1987年7月の間における10サーム当りの生産コストの区間平均値を示したものである。上の線は、総運転コストを10サーム単位でのガス総販売量で割った値を表わしている。下の線は、生産コストの一部に副産物の生産も含んでいるため、副産物収入を差し引き、より正確な生産コストを表わしたものである。

1985年8月より1987年7月までの24ヵ月間に於るコスト低減率は、10サーム当たり90セントであった(3ドル60セントより2ドル70セントに低下)。

この成果は、あらゆる費目を対象としたコスト低減運動の実施によって達成されたものである。

この運動の実施に当っては、まずチームが選抜され、生産に対する直接部門の目標と間接部門の目標が設定された。次に850名の全従業員が、この目標達成運動に参加するよう命令された。この様うに全従業員によって実施されたのである。

設定された総合的目標は、1989年半ばまでに10サーム当りの生産コストを2ドル50セントにすることであった。

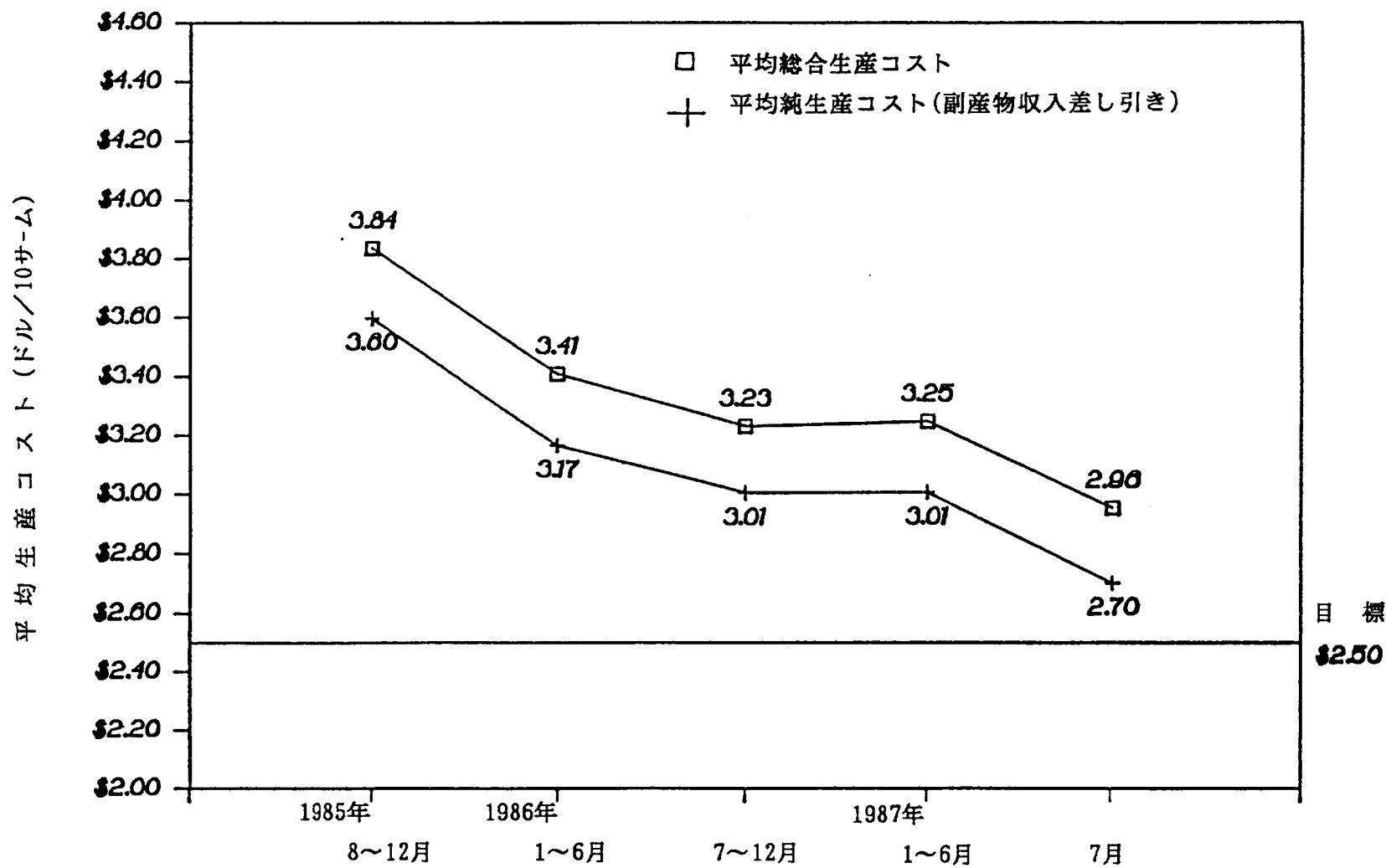
この方策に対する間接部門の目標は、次の通りであった。

- (イ) 電力会社との契約を見直す
- (ロ) 採鉱会社に対し同様のコスト低減運動を実施するよう働きかける
- (ハ) 全ての保険契約を見直す

直接部門の目標は、プラントが広い範囲に亘るため、プラントを9つの操業別工程に分け、この分野に属する部署ごとのチームを結成し、それぞれのチームに目標を定めた。

目標は、次の通りである。

- (イ) 環境および安全上の付帯条件の制限
- (ロ) 重要設備の故障回数の制限
- (ハ) 化学薬品消費量の低減
- (ニ) 超過勤務時間と補足的請負労働回数の低減
- (ホ) 新しい保守要領の採用による緊急作業指令発生回数の低減



出所; ANG Coal Gsification Co.資料

第3-4図 グレートプレインズ ガス化プラントの生産コスト推移

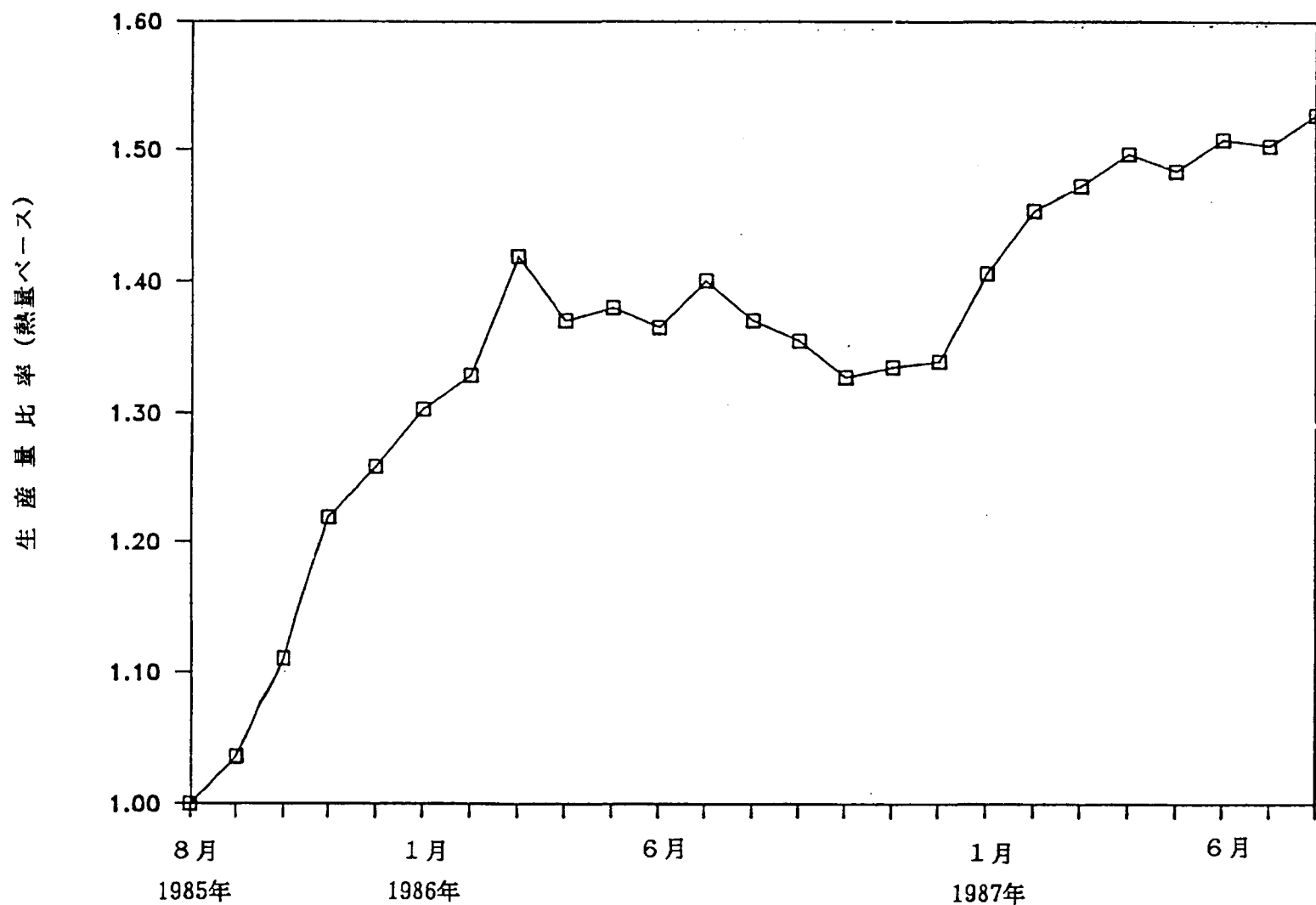
この結果、実際には次の点において著しい改善が成された。

- ① 活性汚泥法採用の水質管理によるクーリングタワーの高効率化。
- ② ガス冷却器のオンラインでの清掃実施（年間100万ドルの増収）。
- ③ メタネーション触媒の運転サイクル短縮（9日より5日半）による長寿命化。
- ④ プラント発生スラッジのガス化炉再供給（年間5百万ドルの節約）。
- ⑤ ボイラーの燃料多様化の成功（CO₂リッチガス、タールオイル、フェノール、ナフサ、SNG）
- ⑥ 有機廃棄物のガス化炉での焼却処理（年間90万ドルの節約）。
- ⑦ 化学薬品消耗品使用料の低減（22%低減）。
- ⑧ 酸素プラントにおける完全なバックアップ体制。
- ⑨ ウェットアッシュ法の開発。
- ⑩ プラント制御システムの成功。
- ⑪ 臭気問題の解決。
- ⑫ 安全作業に対するプラントの改善。

第3-5図は、1985年8月時の生産量(熱量換算)を1.0とし、1987年8月までの各月別の生産比率を示したものである。年月の経過と共に生産コストが低減したのは、本図に示す様に生産量の向上も関連している。

グレートプレインズ・プロジェクトは、管理可能なすべての分野で引き続き生産コスト低減努力がなされており、今後もエネルギー省とANG社従業員は、このプロジェクトの有効性と経済性を改善するための斬新なアイデアと技術を探求し続けることであろう。

アメリカにおいて合成燃料が必要となる時期は、今のところ予測が難しい。しかし、将来、諸条件の変化により、合成燃料が必要とされる時が来たとき、グレートプレインズ・プロジェクトの優れた成果は、今後、他のプロジェクトの模範となることであろう。



出所；ANG Coal Gasification Co.資料

第3-5図 グレートプレインズ石炭ガス化プラントの生産量推移

(3) 民間へのプラント売込み

石炭ガス化プラントは融資金の返済不能に伴い、1985年8月以降エネルギー省が所有を引き受けてきた。しかし、エネルギー省では、あくまでも民間経営を基本としており、先に述べたコスト低減運動とは別に、1987年初めS L B社(Shearson Lehman Brothers Inc.)に対して、民間へのプラント売却に関するマーケティング戦略について委託した。そこで、S L B社は調査結果として、エネルギー省に対し二つの事項を提案した。

一つは、プラント生産物の市場価値の向上を計る手段として、価値の高い副産物の増産を計ることであった。

この副産物としてアルゴンガス、コールタールを原料とする化学製品、タールオイル及びクレゾールとフェノールが取り上げられた。

提案の他の一つは、プラントの売却計画(手順)に関するもので、この手順として2段階の要領を提案した。

第1段階としては、S L B社で可能性の有る企業に案内書を配布し、購入希望の企業に、1987年11月20日までにS L B社へ申請書類を提出させ、エネルギー省とS L B社で候補者を選定する。

そして、第2段階としては、第1段階で決めた候補者より正式に購入申請書を提出させ、この中から最も魅力有る企業に決める。

これらの提案に対し、エネルギー省では、まず、副産物の増産に対しては、設備の改造を必要とするため、将来の所有者に委ねるものとし、売却手順に対しては、これを承認し、プラントの売買契約を1988年9月までに締結したい希望を表明した。

この承認によって、早速、S L B社では可能性の有る企業に案内書を配布したが、この提示には次の様なものがあつた。

(イ) 1986年6月までの1年間値として

- ・ 売上高 ; 1億7,500万ドル
- ・ 操業利益 ; 1,850万ドル
- ・ 褐炭消費量 ; 1万6,000トン/日
- ・ 合成天然ガス生産量 ; 1億4,200万 SCF/D

(ロ) ガス生産賦存量(埋蔵量) ; 1.1×10^{12} SCF

(ハ) ガス引取契約 ; 2009年までは、パイプライン会社4社と引取契約がなされている。

(二) 優遇税制

；連邦優遇税制により、生産コストが必然的に約1.15
ドル/百万Btu 下がる。この法律は2001年1月1日まで
有効。

尚、このSLB社の働きかけに対し、興味を示した企業は昨年末の発表で15社に
及んでいる。

又、この15社中、The Coastal社(現在、本プラントの運転業務を任されているAN
G社の親会社であるANR社の親会社である)が、我が国の企業と共同で実施したい意
向を示している。

この様に、本年9月を目標に進められているプラントの売却計画は、順調に進ん
でおり、再度、民間の手で運営される日は間近いものと予想される。

第7回 EPRI 石炭ガス化会議資料一覧表

資料NO.	資料題名	発表者	概要
001	GCC Staged Construction Studies with Shell Technology	T.A.Matchak Fluor Daniel	Potomac電力会社(PEPCO)とFluor Daniel社が共同で実施したIGCCケーススタディについて。ガス化炉~Shell,タービン~GEが支援。
002	Integretion of a Coal Gasification Combined Cycle Unit into the Florida Power & Light System	W.H.Smith Florida Power & Light	FPLとFluorTechnology社が共同で実施したIGCCケーススタディについて。ガス化炉~Shell,タービン~GEが支援。
003	British Gas/Lurgi(BGL)180-MW Site-Specific IGCC Study	G.S.Booras Bechtel National Inc.	EPRIとBechtel社が実施したIGCCケーススタディ。ガス化炉~BGL,タービン~GE対象。
004	Low-Cost for IGCC Facilities	W.R.Brown Air Products and Chemicals Inc.	空気分離等を得意とするAir Products社のIGCC用酸素プラントの改善について。
005	Simplified IGCC: "Adam Smith" Response to a Changing World	A.A.Pitrolo METC	IGCCの標準化及びモジュール化が必要で、特にホットガスクリーンアップについて。
006	A Reconciliation of the Cool Water IGCC Plant Performance and Cost Data With Equivalent Projections for a Mature 360MW Commercial IGCC Facility	D.Watts CWCGP	クールウォーター実証プラントでのデータを基に実施した360MW IGCCのコスト,性能検討について。
007	The Dow Syngas Project Start-Up and Initial Operation	R.M.Webb Dow Chemical Co.	1987年運開となったダウ合成ガスプロジェクトの試運転等について。
008	The Great Plains Success Story	M.Mujadin ANG Coal Gasification Co.	1984年11月より商用運転されているガス化プラントの運転実績について。
009	Start-Up and Operating Experience with the Shell Coal Gasification Demonstration Plant	A.B.Krewinghaus Shell Oil Co.	Shell社の石炭ガス化実証プラントによる試験データと計画値との比較について。
010	The BGL Gasifier Status and Application for IGCC	J.E.Scott British Gas Pic	BGLガス化炉(350T/D実証プラント)データを基にした550T/D IGCCの検討。
011	Status of German Gasification Technologies	V.R.Breme Projectieiting Biologie	西独には、HTW,SAR,COREX及びPRENFLOの実証プラントが有。これらの概要について。
012	Production of Synthesis Gas from German Hard Coal by the Texaco Coal Gasification Process	R.Durrfeld Ruhrkohle	テキサゴ炉を用いたRUHR合成ガスプラントの説明と試験結果概要について。
013	Status of the High-Temperature Winkler Coal Gasification Process	J.Engelhard Rheinische	メタノール用合成ガス製造用としてHTW実証プラントが建設された、このHTWについて。
014	Concepts of PRENFLO-Based IGCC Power Plants	U.Buskies GKT	Koppers-Totzekの噴流床を改良したPRENFLOをベースとしたIGCC実証プラントについて。
015	Status of Japans IGCC Development with Entrained-Flow Gasification Technology	M.Ishimori CRIEPI	日本における噴流床炉によるIGCC開発状況2.4T/Dの結果と200T/Dの計画概要について
016	Technology for Coal-Based Hydrogen Production	M.Kuroki NEDO	HYCOLプロセスの概要,技術の特徴及び今後の開発スケジュールについて。
017	Materials for Coal Gasification	W.Bakker EPRI	石炭ガス化プラント用材料の研究開発結果の全般について。
018	Materials Development Experience at Cool Water Coal Gasification Plant	M.E.Fahrion Cool Water	クールウォーターガス化プラントに各種試験片を取付け実施した材料の開発について。
019	Environmental Monitoring of the Dow Syngas Project Phase I Commissioning Stage Status	G.Le Blanc Dow Chemical Co.	ダウ合成ガスプラントの環境測定結果について。
020	Long-Term Leaching of Coal Gasification Slag	W.Menjies Radian Co.	EPRIの委託によるRadian社とTVAの共同研究。スラグの長期間(2.5年)溶出試験結果。

添付資料－2 訪問先及び面会者

訪問先及び面会者を、第1表及び第2表に示す。

第1表 訪問先一覧

	訪 問 先	住 所 TEL
1	I G T (Institute of Gas Technology)	本部 3424 South State Street, Chicago, IL 60616 Tel ; 312-567-3650 研究所(Energy Development Center) 4201 West 35th Street, Chicago, IL 60616 Tel ; 312-890-7000
2	M E T C (Morgantown Energy Technology Center)	Collins Ferry Road P.O.Box 880 Morgantown, WV 26505 Tel ; 304-291-4364
3	Great Plains (ANG Coal Gasification Company)	P.O.Box 1149 Beulah, North Dakota 58523 Tel ; 701-221-4405
4	第7回 E P R I 石炭ガス化会議 (Hyatt Richeys Hotel Palo Alto)	3412 Hillview Avenue Palo Alto, CA 94304 Tel ; 415-855-2149

第 2 表 面 会 者

訪 問 先	名 前	職 名
I G T	Mr. W. G. Bair	Assistant Vice President Energy Supply Reseach
	Mr.J. G. Patel	Associate Director Coal Gasification Development
	Dr. Colleen Taylor Sen	Assistant Director, External Relations
M E T C	Dr. Paul R. Wieber	Deputy Associate Director Office of Technical Management
	Dr. Madhav R. Ghate	Chief, Gasification and Combustion Branch
Great Plains (ANG Coal Gasification Co.)	Mr.Joel D. Melarvie	Vice President Public Affairs and Administration
	Mr. Donald C. Pollock	Technical Services Director
	Mr. Alan C. Lukes	Process Operations Manager