

(ニューサンシャイン計画)

平成7年度新エネルギー・産業技術総合開発機構

委託業務成果報告書

「産業用等ソーラーシステム実用化技術開発

ソーラーシステムの調査研究

太陽熱利用システムに関する調査研究」

平成8年3月

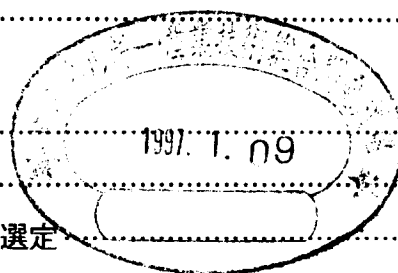
株式会社 三菱総合研究所



010008941-6

目 次

1. 調査の概要	1
1. 1 調査結果の概要	1
1. 2 調査の目的	4
1. 3 調査の内容	5
1. 4 調査方法	10
1. 5 調査の概要	11
2. 太陽熱利用技術の現状	29
2. 1 国内の太陽熱利用及び研究開発の現状	29
2. 2 海外の太陽熱利用及び研究開発の現状	31
3. 太陽熱利用コンセプトの策定	43
3. 1 利用ニーズの抽出とコンセプトの列挙	43
3. 2 コンセプトの検討及び有望コンセプトの選定	53
4. コンセプトの評価	57
4. 1 評価軸の設定	57
4. 2 各コンセプトの評価と実用化・実現化のための課題	60
5. 太陽熱利用技術の開発プログラムの策定	67
5. 1 わが国における太陽熱利用の課題	67
5. 2 コンセプトを実現化するための開発プログラム	70
5. 2. 1 技術開発に関するプログラム	70
5. 2. 2 シミュレーション開発プログラム	73
5. 2. 3 太陽熱利用技術実験フィールドの提案	75
参考資料 1 海外における技術開発の状況	79
参考資料 2 海外調査報告（米国・欧州）	89
参考資料 3 サザンカリフォルニアエジソン社の概要	114
参考資料 4 アンケート集計結果（第 1 回、第 2 回）	130



1. 調査の概要

1. 調査の概要

1. 1 調査結果の概要

(1) 今回調査の結論

日本において太陽エネルギーが積極的に利用され始めたのは、太陽熱を集めて温水を作る温水器の登場からであるが、政府の本格的な施策としては、昭和49年に始められたサンシャイン計画及びこれに引き続いて平成5年から実施されたニューサンシャイン計画によって太陽熱利用についての研究開発が進められてきた。その結果、民生用については基本的な要素技術の開発はほぼ確立されており、いくつかのシステムが既に商業段階に入っている。平成5年末の累積普及台数は、ソーラーシステムが約40万台、太陽熱温水器が約450万台である。しかしながら、太陽熱利用システムはまだ国民一般には馴染みが薄いものであり、またイニシャルコストが高く資本回収に長期間を要するとの理由から、普及が円滑に進んでいるとは言い難い。一方、産業用については、要素技術の研究開発はかなり進んでいるものの、未だ商品化するまでには至っていない。これまでに、いくつかの産業用ソーラーシステムに関して部分的なフィールドテストが行われてきたが、いずれも実用化するまでには至っておらず、当時の実験用システムも現在ではほとんど稼動していないのが現状である。

日本と海外の太陽熱利用の現状を比較してみると、技術開発の面ではそれほど差は認められないが、実用化のための実験のあり方には大きな差がある。日本におけるフィールドテストは部分的で小規模なものが1・2年から長くて数年で終了してしまうのに対して、海外においては組織的で大規模なフィールドテストが長年に渡って進められている。英国のミルトンキーンズ、ドイツのフライブルグ、米国のモハベ砂漠の太陽熱発電等はその顕著な例である。

ユーザーサイドのニーズとしては、イニシャルコストの低減の他にシステムの能力や使い易さの向上、メンテナンスの充実、普及のためのPR及び情報提供等が挙げられる。また、地球環境問題の観点から化石燃料の大量消費に伴うCO₂の発生を抑制するため、あるいはエネルギー源の乏しい開発途上国援助のためといった社会性からの必要性を強調する声も少なくない。

以上のようなことから、本報告書では今後我が国において太陽熱利用システムを実用化していくためには、次に挙げる3つのプログラムが必要であることを提案している。

①技術開発プログラム

社会的ニーズが高くかつ普及までには実用化技術開発が必要な案件について技術開発を行うことが必要である。社会的ニーズでは、特に環境問題、エネルギー問題、健康・高齢化問題等の課題に応えることの出来るものが挙げられる。今回の調査の中で浮上してきたコンセプトでは、「医療用煮沸殺菌」「金属表面処理工程での加温」「光触媒を用いた水の浄化」「分散型小型発電」「バイオを用いた下水処理」等が提案される。

②シミュレーションソフト開発プログラム

要素技術の研究開発が成熟段階にある分野においては、その技術を実用化・商品化するためにコストの削減を行う必要がある。また、コンピューター関連技術の発達により、複数の太陽熱利用システムの組み合わせや、システムと建物のマッチング、また実証試験等をコンピューター上でシミュレートすることが可能となり、開発コストや設置コストを減少させ、普及促進につながる事が考えられる。欧米のいくつかの国では、ソフト開発に力を入れつつあるが、我が国においてはまだまだあまり見られない。

ソフト開発については、「設計ツール」、「システム評価」「建築デザインシステム等」システムが考えられ、今後検討を行うことが望まれる。

③太陽熱利用技術実験フィールド

シミュレーション結果を基に実用化を図るためには、実験フィールドにおいて実地検証を行うことが必要である。我が国の太陽熱研究の問題点は、要素技術部分にとどまり、社会の必要性を高めるところまでのものがなかったことにある。この実験フィールドは、過去に行ったような部分的なものではなく、民生用システムから産業用システムに至るまで、都市機能に必要なエネルギーの中で太陽エネルギーで代替できるものをほとんど全て使用した大規模かつ組織的な実験フィールドである。特に重要なことは、このフィールドにおいて長期間に渡って実験を継続し、実験データを蓄積することである。また、その実験施設（システム）や実験データを広く一般に公開することにより、太陽熱利用システムは国民に馴染み深いものとなり、信頼性が向上するとともに、次の段階の研究開発の方向性を明らかにすることができる。

(2) 今後の方向性

それぞれのプログラムに対して以下のような方向性を提案する。

①技術開発プログラム

今回、絞り込んだ5つのプログラムについて、詳しい調査が必要。特に、技術的検討、経済的検討を行う必要がある。又、中にはすでにフィージビリティスタディーが行われているものもあるが、それらについては、具体的実証試験プログラムの作成を行うことが必要である。

更に今後の方向性としては、従来のアクティブな技術開発に加えて、ソーラーケミストリーや生物学的な太陽熱（光）の利用技術（光触媒やバイオ利用等）の開発を行うことが重要である（例えば光触媒による汚染物質の浄化や発電、光合成による液体燃料の生成、CO₂固定等の環境やエネルギー対策面での技術開発等）。この際、これらと我が国のその他の高度な技術力（材料技術、システム化技術等）を複合させ、実用化を目指したものとすることが必要である。

②シミュレーションソフト開発プログラム

シミュレーションソフトに絞った海外調査を行う必要がある。今回の海外調査でも良好なソフトが見つかっており、その中味に関する詳細な調査を行うことは我が国において太陽熱利用システムを普及させることに大きく寄与するであろう。

また、それらと併せて、国で開発すべきシミュレーションソフトを定め、アクションプランの設定を行う必要がある。特に、検討に際しては太陽熱などの専門家に加え、設計事務所、ディベロッパー、設備設計の学識経験者等を交えた検討会議の設置が必要であろう。

③太陽熱利用技術実験フィールド

実験フィールドの実際の展開は現在の経済情勢等から考えると困難な面が大きいが、今回の海外調査の結果等から、コンセプト（展開する実証試験の内容、収集データの内容等、各実験の関連性）を策定することが必要。

コンセプトが出されれば、シミュレーションソフト上での展開も可能であるし、また規模を縮小しての展開も可能となる。

また船上におけるフィールドの展開など方法の可能性を探る必要はある。

まとめでも述べたが、我が国のこれまでの開発において積み重ねと啓蒙が少なかった点を充実していける方法を探る必要がある。

1. 2 調査の目的

石油、天然ガス等化石燃料の賦損量が、極めて少ない我が国において、新エネルギーの有効な活用は、従来からの課題であった。加えて最近の地球温暖化等の地球環境問題の高まりから、更にクリーンな新エネルギーの有効活用の期待は高まるとともに、諸外国からも我が国の新エネルギー利用技術に対するニーズが高まってきているところである。

このような新エネルギーのうち、太陽熱利用に関しては、民生用を中心に、太陽熱温水器が普及しており、また積極的な利用拡大に向けて、冷暖房、給湯システムや、産業用ソーラーシステム、太陽熱発電システム等の様々な取り組みとともに、各々の要素技術の開発も進んできており、今後は、これまでの成果をふまえつつ、実用化のためのコンセプトの作成とさらに、実用化に必要な技術開発、普及課題の抽出と対策作りが必要となってくる。

本調査は、産業用を中心として、太陽熱利用技術の現況を明らかにするとともに、具体的な太陽熱（光）利用コンセプト（利用分野、利用方法、効果）を明らかにし、技術開発案件の抽出、社会性・経済性等の評価を行い、今後の技術開発のプログラムの策定を行うことを目的とする。

1. 3 調査の内容

(1) 太陽熱利用技術の現況調査

これまで研究開発が行われてきた太陽熱利用技術の状況を把握するとともに、以下の項目について研究者、開発者等の技術開発状況を調査した。

- ①集熱技術
- ②蓄熱技術
- ③熱輸送技術
- ④材料技術
- ⑤ハイブリット化技術
- ⑥システム化技術

また、欧州（英国、ドイツ）及び米国については現地調査を実施し、以下の項目についてその概要を把握した。

- ①太陽熱に関する政府の方針等
- ②太陽熱の新しい利用方法や利用技術に関する事項
- ③太陽熱利用システムの省エネルギー性や快適性等に関するシミュレーションソフトの状況
- ④太陽熱利用システムに関するフィールドテスト（実施試験）の概要

(2) 太陽熱利用コンセプトの策定

1) 熱利用の実態把握とニーズ調査

既存の太陽熱利用システムに関してユーザーアンケートを行い、現在の利用状況、太陽熱利用システムの利点及び問題点を把握するとともに、産業や民生用での熱利用ニーズの抽出を行った。

また、我が国のエネルギー全体に占める太陽熱の役割及び太陽熱利用システムの趨勢に関して、関連企業・大学・学会等の有識者に対するヒアリングを実施した。

●調査項目

- 需要の種類
- 熱温度レベル（光のエネルギーレベル）
- 熱の媒体の種類
- 熱需要の時間的变化

●調査分野

- ①産業用の熱利用分野
 - 機械・金属工業用
 - 農業・林業・水産業・畜産業用

- 食品加工業用
- サービス業用
- エネルギー製造用
- その他

②民生用の熱利用分野

- 住宅用
- 地域冷暖房用
- 公共施設（プール、老人ホーム等）用
- オフィスの給湯加熱用
- 調理用
- 医療用
- その他

2) 太陽熱（光）利用コンセプトの策定

上記の熱利用ニーズ調査であがった各分野に対して、太陽熱（光）の適用可能性コンセプトを抽出した。

また、利用先として、日本国内だけでなく、海外の日照条件のよい国やインフラが未整備である開発途上国等も視野に入れて幅広く検討を行った。

(3) 太陽熱利用システムの評価

上記（2）で出された各分野の太陽熱（光）システムについて、下記の項目について分析し、評価を行った。

- 社会性（ユーザーのニーズ、地球環境問題・開発途上国援助等の観点からのニーズ）
- 安定性（ユーザーの需要に応じたエネルギー供給の可能性）
- 経済性（従来の化石エネルギーとのコスト比較）
- 環境性（CO₂の削減量）

(4) 太陽熱利用技術の開発プログラムの策定

1) 技術開発に関するプログラム

抽出した有望な太陽熱利用コンセプトに関して、優先順位をつけ、今後10年間の技術開発プログラムを策定した。

2) シミュレーション開発プログラム

太陽熱利用システムの研究開発や普及に資するためのシミュレーションソフトの開発要領について提言した。

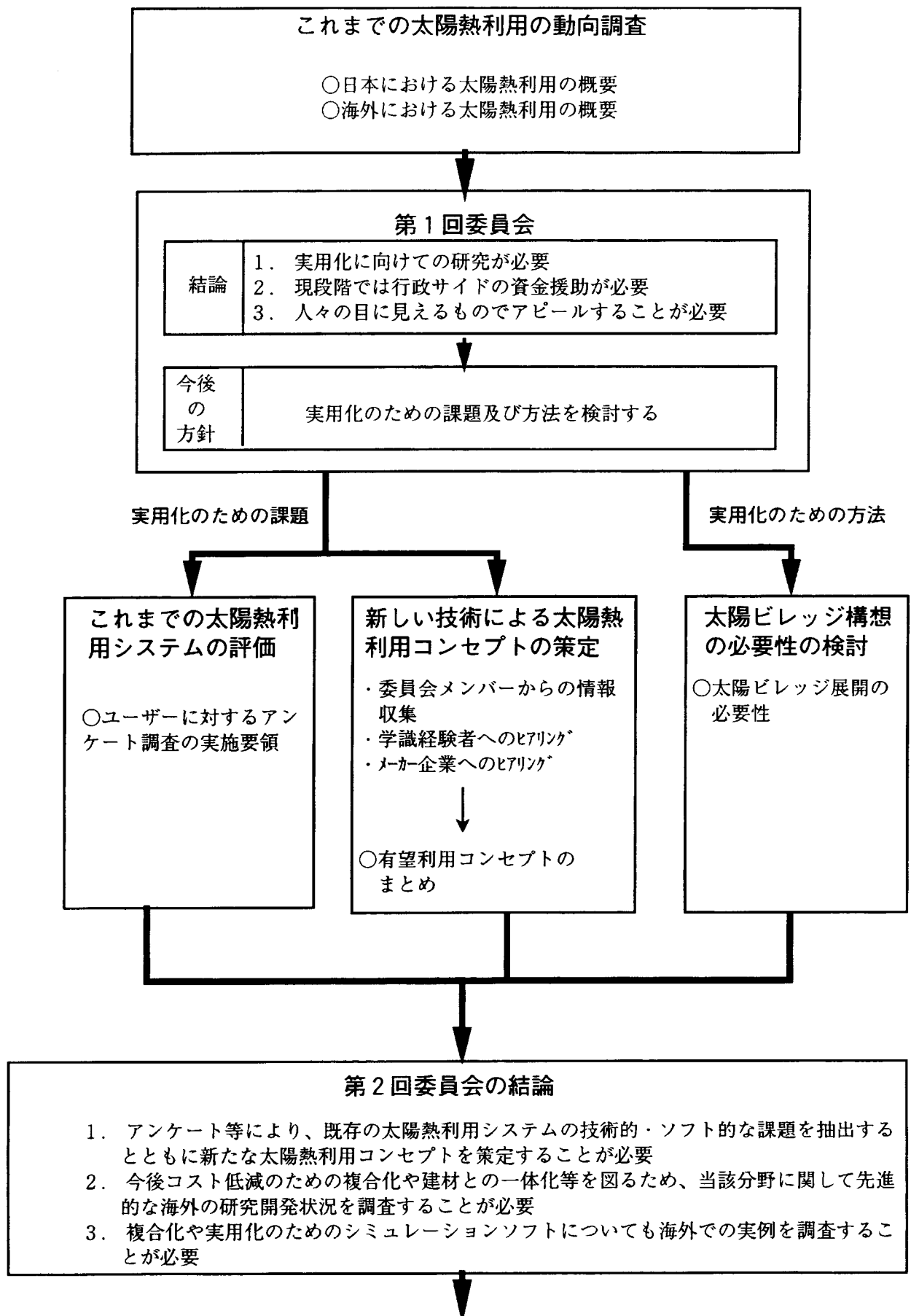
3) 太陽熱技術実験フィールドの提案

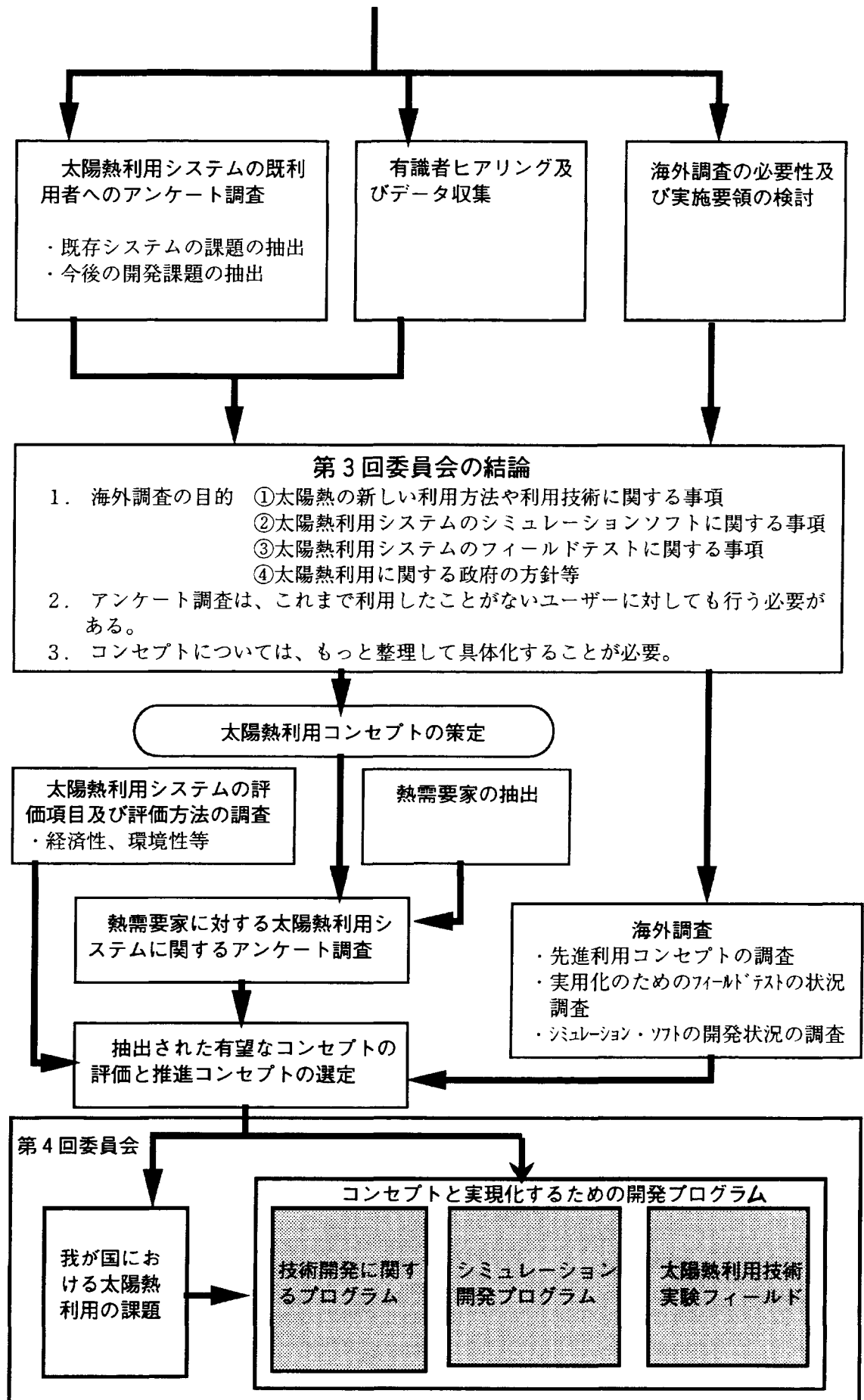
太陽熱利用システムの実地試験を行うとともに、経済的な研究開発及び太陽熱利用システムの普及促進に資するためのフィールドについて提言した。

(5) 調査フロー

次頁に調査フロー図を示す。

調査フロー図





1. 4 調査方法

調査にあたっては、文献及び既存の報告書の調査をもとに、大学・学会等の有識者、関連企業及び海外（米国・欧州）の関係者への直接ヒアリングもしくは電話ヒアリングを行うとともに、ユーザーに対するアンケート調査を行った。

また、有識者による「太陽熱利用システムに関する調査研究委員会」を設置し、調査の方向性の検討や調査結果の評価・分析を行った。（委員会の編成については後述）

海外の現地調査に際しては、次の方々に同行していただきご協力をお願いした。

○欧州： 田中 忠良 氏

工業技術院 電子技術総合研究所 エネルギー部
環境エネルギー研究室 室長 工学博士

○米国： 鈴木 研夫 氏

東京農工大学 工学部 電気工学科 助手

1. 5 調査の概要

1. 5. 1 太陽熱利用技術の現状

(1) 国内

わが国における太陽熱利用技術の研究開発は、1973年の第1次オイルショックを契機としてその翌年の「サンシャイン計画」によって本格的に開始された。1974年から1980年まで実施された「太陽熱暖房・冷房システムの研究開発」ではシステムを構成する各要素機器技術（集熱技術、冷房技術、蓄熱技術等）と4つの実証システム（新築個人住宅用、既存個人住宅用、集合住宅用、大型ビル用）の研究が行われ、1980年からは産業用としても利用できる技術開発プロジェクトの中で様々な利用分野における要素技術からシステム技術に至るまで広範に渡って研究開発が行われてきた。しかしながら、わが国においてはどちらかという実用化のための研究開発よりも要素技術の研究開発に重点が置かれ、過去の研究開発プロジェクトにおいて作成したフィールドテスト用のシステムは現在では取り壊されているかまたは残っていてもほとんど稼働していないため、実用化されたものはほとんどないというのが実情である。

太陽熱利用システムの普及については、「サンシャイン計画」の開始以降、太陽熱温水器とソーラーシステムの商品化が急速に進み、1979年の第2次オイルショックを経てピーク時には太陽熱温水器が年間約80万台（1980年）、ソーラーシステムが年間約6万台（1983年）の設置実績があったが、円高及び石油価格の低位安定を背景にその後は下降線をたどっている。1993年末の時点での累積普及台数は太陽熱温水器が約450万台、ソーラーシステムが約40万台であるが、石油や天然ガス等の代替エネルギーとしては、イニシャルコストが高く国民一般には馴染みが薄いものであるため、まだまだ普及しているとは言い難い。

(2) 海外

太陽熱に関する研究開発は、世界の各地で行われており、各国とも研究開発の推進施策や普及のための補助金制度等を導入している。(参考資料1参照) 太陽熱利用システムは、各国とも1973年のオイルショックの影響を受けて税制上の優遇措置がとられたために急速に普及したが、その後石油や天然ガスの価格が低位安定したために下降線をたどった。そして最近再び地球環境問題の深刻化を契機として活況を呈してきている。

今回の調査では、英国・ドイツ及び米国において現地調査を行ったわけであるが、欧州と米国との間には、エネルギー問題に対する取り組み方に根本的な違いがあるように見受けられた。即ち、米国は、自国の中に広大な領土と豊富な資源エネルギーを保有するため、自国内でのエネルギー安全保障が可能であり、たとえ米国内の一部の地域で環境汚染が発生してもそれが米国全域や周辺諸国に及ぼす影響は少なく、自国内の問題として処理することができる。従って再生可能エネルギーの研究は一般的には下火となっており、太陽エネルギーの研究開発も一部では継続されてはいるものの経済的な理由から国全体としては組織も予算も縮小の方向にある。一方欧州の英国やドイツにおいては、国土も小さく周辺諸国と国境も陸続きであったり狭い海峡が存在するのみであったりするため、一つの国で発生した環境汚染は偏西風や潮の流れによって直ちに周辺諸国へ悪影響を及ぼす。また、両国は米国に比して資源エネルギーも乏しいため、欧州各国間で相互に依存し合うことはエネルギー安全保障上必要不可欠である。従って、環境問題への関心は高く、太陽エネルギーの研究開発は経済的に合わないものでも継続して取り組むべきだという意識が強いという印象を受けた。

1. 5. 2 太陽熱利用コンセプトの策定

これまで我が国において研究されてきた太陽熱利用システムや現在諸外国において研究開発されつつある太陽熱利用技術等を踏まえ、今後我が国において研究開発すべき太陽熱利用コンセプトはどのようなものであるべきかを明らかにする為、委員及び関連企業・大学・学会等の有識者から情報収集を行うとともに、ユーザーに対するアンケート調査（第1回アンケート）を実施した。

その結果、委員からは、太陽熱利用の実用化については、エネルギー全体の中における太陽熱のニーズを明確にするとともに、研究者の立場のみならず、ユーザーの立場に立って研究開発や政策を進める必要があるとの意見が出された。また、国内において普及させるための研究開発ばかりでなく、開発途上国援助のための研究開発といった視点も必要であるという意見も出された。

企業及び有識者からのヒアリングにおいては、デザインを良くするとともに熱損失を少なくし、取り付け工事やメンテナンス等のサービス体制についても考慮することが必要であるとの意見が出された。

ユーザーアンケートにおいては、現在太陽熱利用システムを利用している人の9割以上が引き続き使用したいと考えており、その理由としては、経済性（ランニングコスト）がよいことと地球環境によいことを挙げた人が多かった。改善すべき事項としては、イニシャルコストが高い、季節によって使えない期間があるという意見が多く、また、国や地方自治体に対して補助金制度の充実や太陽エネルギーのPRを要望する声も多かった。

以上のような委員・有識者の意見及びアンケート結果をもとにコンセプトを列挙し、それらを委員会で審議した結果有望コンセプトとして図表1-1のような有望コンセプトを選定した。これらのコンセプトは、社会的ニーズ及び実用化の可能性を重視して選定したものである。

図表１－１ 有望コンセプト

コンセプト	コンセプトの概要	ユーザー等	必要な技術
①医療用の煮沸殺菌	開発途上国や僻地等において、煮沸殺菌の為に利用	開発途上国、僻地等	システム化技術 コンパクト化技術
②海水の淡水化	海水を淡水化することにより水の不足地域へ真水を供給	水の不足地域	防錆技術 気密化技術
③金属の表面処理工程での加温	金属の塗装・メッキ等の前処理の際に加温に利用	鉄鋼業	雨天対応の大規模蓄熱技術
④洗車場の給湯	ソーラー洗車場における熱湯の供給	コイン洗車場、ガソリンスタンド等	夜間にも利用できる蓄熱技術
⑤サッカーグラウンドの天然芝の育成	太陽熱によって冬季においてもエバーグリーンを保つ	サッカークラブ、地方自治体等	寒冷地の地表の保温技術
⑥養殖池の加温	太陽熱によって水を加温して魚を育成する	水産業	池全体の断熱保温技術
⑦光触媒を用いた水の浄化	湖沼におけるプランクトン等の有害物質の浄化	地方自治体	湖沼水の循環処理技術、有害物質の浄化技術
⑧融雪	太陽熱によって道路や滑走路等の雪を溶かす	積雪寒冷地	積雪位置の雪を感知する技術、蓄熱技術
⑨分散型小型発電（500kw以下）	スターリングエンジンを利用した小型発電機によってインフラが未整備の地域で発電を行う	僻地 開発途上国等	システム化技術 コンパクト化技術
⑩バイオを用いた下水処理	工場排水、生活排水等の浄化	地方自治体	バイオを用いた污水浄化のための要素技術

1. 5. 3 コンセプトの評価

今回の調査における評価の目的は、メーカーや研究者といった供給者サイドからの評価だけでなく、一般家庭や自治体あるいはユーザー企業といった需要サイドからの評価も同時に行うことによって、実用化・実現化の可能性が高い太陽熱利用コンセプトを抽出することにある。また、今回の調査における特性としては、未だ実用化されていない段階での評価であるため、実験による評価や定量的な比較は困難であり、コンセプトのイメージをもとに予測による定性的な評価にならざるを得ないことが挙げられる。

太陽熱利用システムの評価は、これまでも色々な形で行われてきているが、上記の様な評価の目的及び特性から今回の調査における評価軸としては

- ①社会性
- ②安定性
- ③経済性
- ④環境性

の4項目を選定して評価を行った。その結果、社会的ニーズがあり、かつ技術的・経済的に実用化の可能性が高いコンセプトとして次の6項目を選定した。なお、これらはいずれも今すぐ実用化が可能なものではなく、何らかの技術開発を必要としているものであるため、実用化するためには今後国の政策として研究開発を進めていくことが重要である。

- 医療用の煮沸殺菌
- 金属の表面処理工程での加温
- サッカーグラウンドの芝育成
- 光触媒を用いた水の浄化
- 分散型小型発電
- バイオを用いた下水処理

1. 5. 4 太陽熱利用技術の開発プログラムの策定

(1) 技術開発に関するプログラム

前述した6つのコンセプト（医療用の煮沸殺菌、金属の表面処理工程での加温、サッカーグラウンドの芝育成、光触媒を用いた水の浄化、分散型小型発電、バイオを用いた下水処理）は、いずれも早期の実用化のための技術開発が必要なものである。しかしながら、「サッカーグラウンドの芝育成」については、実用化のための課題はイニシャルコストの低減のみでその他については特に問題がない段階にまで開発が進んでおり、既に一部の企業においては商品化を検討しているコンセプトであるため、今後は企業側のコスト低減の努力によって実用化が期待されるレベルにあると言える。従って本項においては、それ以外の5つのコンセプトの実用化を目指した技術開発のためのプログラムを提案する。

近年では地球環境問題が世界的な規模でクローズアップされてきているところであるが、日本国内においても湖沼や河川の汚濁は深刻な問題となってきた。従って、「光触媒を用いた水の浄化」や「バイオを用いた下水処理」のようにクリーンな太陽エネルギーによって汚水を浄化するコンセプトは、国や地方自治体等の政策としては極めて重要な意義を持つものであり、国内におけるエネルギー問題対処という観点から最優先して取り組むべきものであると考えられる。「分散型小型発電」は、僻地や離島における発電のために必要なコンセプトである。発電方法には、スターリングエンジンによる発電と熱電素子発電の2つがあり、いずれも既に研究が進められているところであるが、これらを小型化して実用化するためには今しばらく要素技術の開発に時間を要するものと思われる。また、「金属の表面処理工程における加温」を実用化するためには、企業のイニシャルコスト低減努力を促すとともに、優れた長期蓄熱技術を開発することが必要不可欠である。夏季の太陽エネルギーを冬季に使用したり、あるいは晴天時の太陽エネルギーを雨天時に使用できるような蓄熱技術が開発されれば、太陽熱エネルギーによって24時間安定したエネルギーを供給することが可能となる。国内のエネルギー問題解消に寄与するためには、優れた蓄熱技術の開発が望まれるところである。

以上のことから、太陽熱エネルギーを実用化するためには、「光触媒を用いた水の浄化」及び「バイオを用いた下水処理」のための技術開発を最優先し、次いで「分散型小型発電」及び「金属の表面処理工程での加温」のための開発を行うことが重要であると言える。特に、触媒・バイオ等のソーラーケミストリーや生物学的な太陽熱（光）利用は、我が国の高い技術力で世界をリードしていく分野であると考えられ、今後より一層の研究開発が必要である。早期に開発項目の探索を行い、実用化へ向けた取り組みへの支援が望まれる。（現在考えられているソーラーケミストリーや生物学的な太陽熱（光）利用の技術的テーマの一例を図表1-2に掲載する。）

更に最近では、PKOや国際緊急援助隊の活躍にも見られるように、日本が海外において医療や救援活動を行う機械が増えてきており、今後ともこのような需要は益々多く

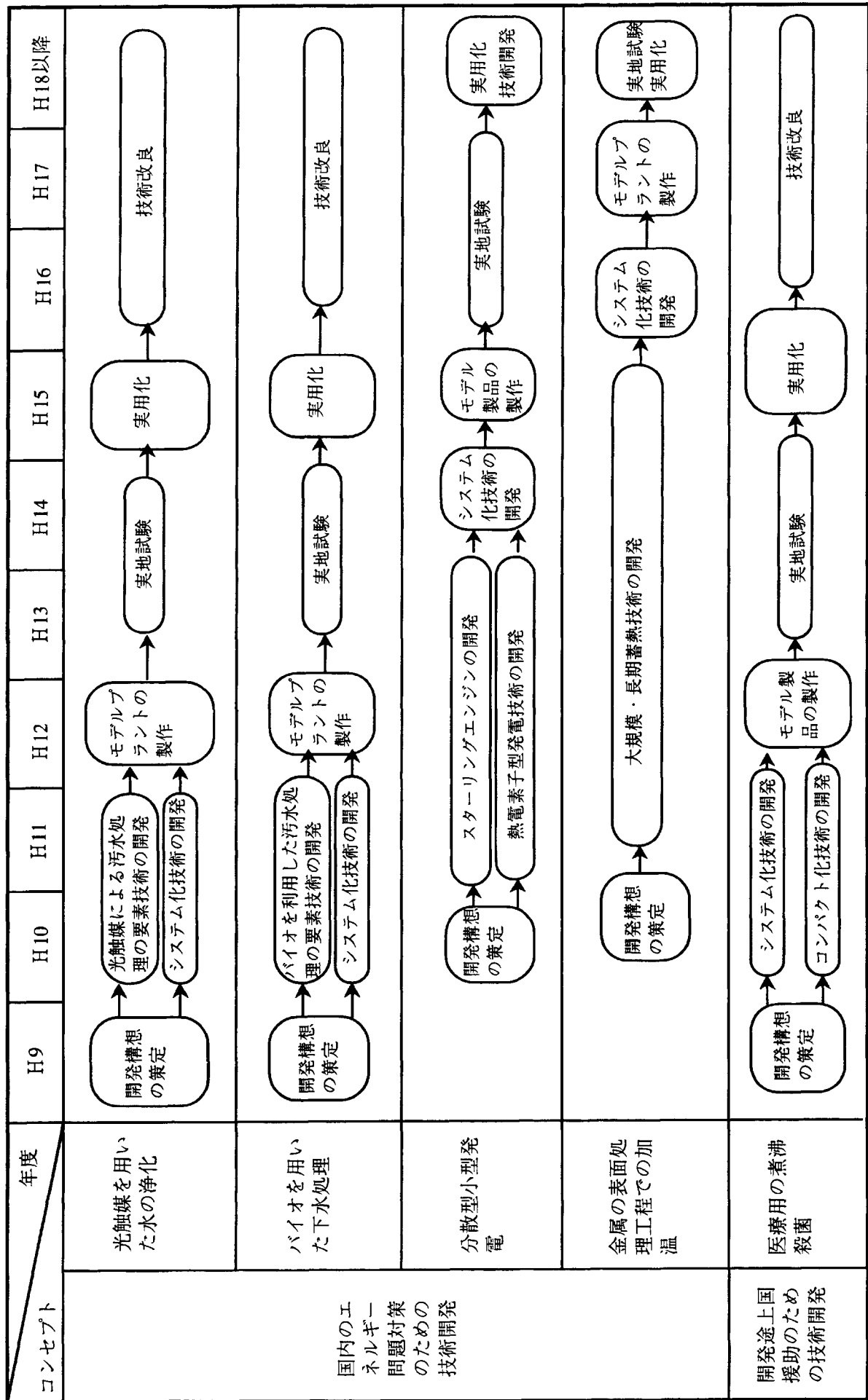
なるものと予想される。従って、「医療用の煮沸殺菌」のコンセプトは、インフラが整備されていない開発途上地域や僻地において救援活動を行うために必要なものであり、経済的な利・不利にかかわらず継続して研究開発を行い、早期に実用化することが必要である。

上記5つのコンセプトの技術開発のためのプログラムの一案を図表1-3に提示する。

図表1-2 太陽エネルギーの化学的利用（ソーラケミストリー）及び生物学的利用のテーマの一例

	テーマ	概 要
化学的利用	●電気エネルギーへの変換 ○太陽エネルギー変換と光化学電池 ○ポリアセチレンを使った太陽光発電素子と蓄電池	・溶液を含む「湿式光電池」は、固体素子に比べて系が複雑なために将来の展望も期待されており、電気エネルギーを得るのみでなく、水を水素・酸素に分解するなどの化学的変換の可能性もあり、貯蔵し得るエネルギーへの変換法として大いに期待がもたれている。 ・太陽光発電素子の材料として、シリコンなどの無機半導体ばかりでなく、シアニン色素などの共役系有機化合物についても活発な研究が続けられているが、最近ポリアセチレンがその素材として注目を集めている。
	●光化学反応とエネルギー蓄積 ○太陽光エネルギーの科学的蓄積 ○光化学と触媒としての金属錯体	・太陽光の作用により、低いエネルギーの物質から高いエネルギーの物質を合成し、これを何らかの方法でもとに戻し、その際放出されるエネルギーを熱エネルギーあるいは電気エネルギーの形で利用することができればその意義は極めて高い。 ・触媒の面から見た金属錯体と光化学反応とには緊密なかかわり合いがあり、これに太陽エネルギーを用いることは有効な利用手段の一つである。
生物学的利用	●太陽エネルギーによる燃料生産	・乾燥バイオマス（木材、切屑など）や湿潤バイオマス（下水汚物、水生植物など）を資源として、生物法や燃焼・過熱法等の変換技術によって生成された燃料は今後ますます重要になると考えられる。

図表 1-3 技術開発のためのプログラムの一案



(2) シミュレーションソフト開発プログラム

シミュレーションソフト開発については、以下のようなツール、システムが挙げられ今後検討を行うことが望まれる。

●パッシブソーラーハウスの設計ツール

機器リスト、建材リスト、データ（負荷データ、日照データ、その他のエネルギー供給データ）、必要があればコスト情報も含まれる。（建物エネルギー分析プログラム日照シミュレーション、日照と内部照明シミュレーションも必要）

●アクティブソーラーシステムのベストミックス型設計ツール

太陽熱利用システムとボイラー、コジェネレーション、冷暖房用機器（吸収冷凍機ターボ冷凍機など）、蓄熱槽等の統合利用設計ツール。

現在我が国においても、太陽エネルギーを利用しないものでは、様々なソフトシステムがある。

（ソーラー及び他のエネルギー機器を用いた空調設計ソフト。ビル用、住戸用、住棟用、地域エネルギー供給型等の用途別ソフトが必要）

●システムの評価分析

太陽熱利用システム導入を検討するためのシステムで、経済性を中心に、省エネルギー評価、環境性評価が可能なシステム。特に経済性は、単なるシステムコスト比較ではなく、資本最適化、運営費最適化等の長期的比較もできることが必要。

また、経済性の他に、正味エネルギー利用料、エクセルギー評価システム、環境性評価システム等が、太陽システムの評価の場合重要な要素となる。

●太陽熱利用システム建築デザインシステム

太陽熱利用システムの建築デザインを行うためのシステムで、アクティブシステムの場合の外観、機器の効率配置などについての支援。また、パッシブシステムの場合は建材や建物との一体化が、需要家のニーズに答えなければならずCAD、CAM等を利用したツールが必要。

建築デザインを考慮した設計支援ツール。

発達すれば、VR技術を利用したビジュアルツールにより、より臨場感をもたせることにより普及促進を図る。

以上の様な、5種類のタイプのソフトが考えられるが、これらのソフトの開発については、我が国の状況を鑑み、ソフトに関する関係者（設計者、太陽熱利用機器メーカー、建設会社等）、必要なソフトについての選定・開発優先順位、開発主体の設定など役割分担の明確化および開発体制、海外との協力の可能性などを探る必要がある。

(3) 太陽熱利用技術実験フィールドの提案

本項では、太陽熱利用の実用化を促進させる太陽熱利用技術の実験フィールドの必要性を検討し、イメージ図を示す。

1) 太陽エネルギー利用の意義

欧州では、E C域内での環境問題（特に地球温暖化問題）の激化が国の領土問題にまで発展しており、化石燃料依存からの脱却への意識が強く、環境にやさしい太陽エネルギー利用への積極的な取り組みがなされている。

これに対して、我が国ではC O₂等の削減を目的とした化石燃料依存の低減、アジア諸国のエネルギー利用増大によるエネルギー需給構造の逼迫化への準備といった観点から太陽エネルギー利用を進めていく必要性が高いと考えられる。

2) 太陽熱利用技術実験フィールドの必要性

このような中で、欧州（特に英国）では、政府のニュータウン計画の中にエネルギーパークを取り入れて新エネルギーのフィールドテストを行うなど、実用試験に積極的に取り組んでいる（参考資料2参照）。

しかし、我が国では、太陽熱利用関連の要素技術の研究は多くなされてきたものの、実用試験での研究はほとんどなされていないのが現状である。今後、開発された要素技を具体的な太陽熱利用システムの実用化に結びつけるためには、これまでの研究成果を生かして、様々な技術を複合させた実用試験を行う実験フィールドを展開し、継続的な実験、データの蓄積、成果の積み重ね、ユーザーニーズの把握（ソフト面での研究）を行っていくことが必要になると考えられる。また、その実験施設（システム）や実験データを広く一般に公開することにより、太陽熱利用システムは国民に馴染み深いものとなり、信頼性が向上するとともに、次の段階の研究開発の方向性を明らかにすることも可能になる。

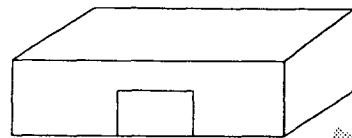
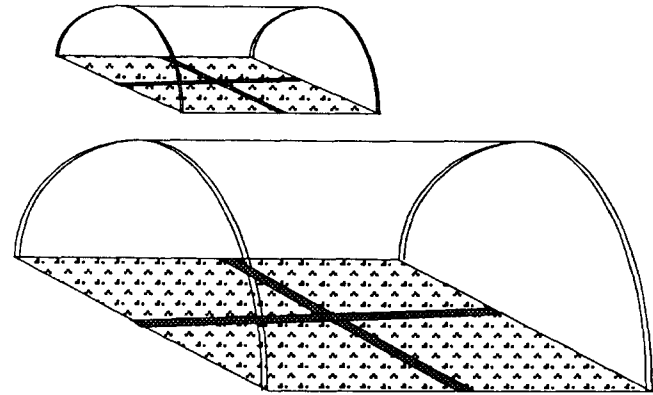
ここでは、太陽熱利用技術実験フィールドのイメージ図を次頁に示す。

太陽ビレッジイメージ図

太陽熱の化学変換、光合成などを取り入れた農園である。
この農園では種々の作物の栽培を行う。

農園

光合成・化学変換・乾燥

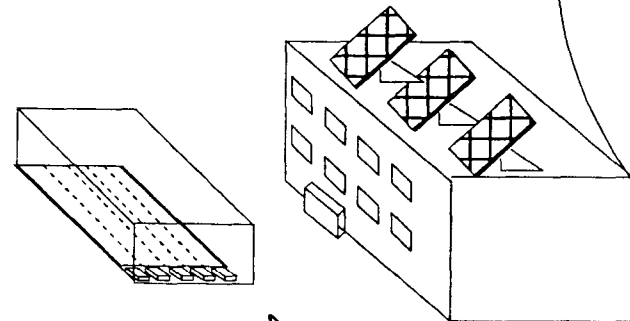


バックアップシステム

石油・ガスなどのバックアップを整備する。

学校

冷暖房・給湯・温水プール

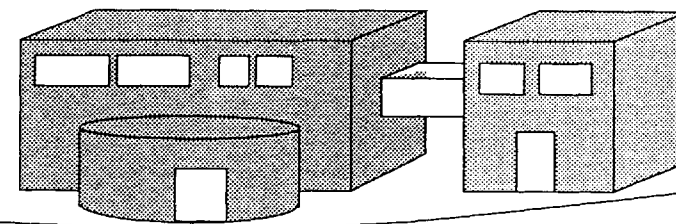


冷暖房をはじめ、温水プールにも太陽熱システムを用いる。
また、各教室ごとに通常の暖房の他、床暖房を導入する。

博物館においては世界で行われている太陽システムの研究・
開発・実証試験及び実用化状況などの情報・資料を展示する。
また、付属の図書館においては関連文献を貯蔵し、広く一般
に開放する。

博物館・図書館

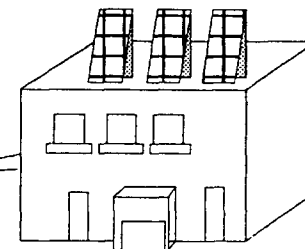
情報蓄積・発信



融雪道路

研究所

研究・開発



研究・開発ゾーン

創造ゾーン

トロンプ壁や真空窓等の太陽熱システム（技術）を各戸に設置し、
有効なシステムを検証する。
また、定期的に住民に対してアンケート調査を行い、ユーザーサイド
からみた問題点などを明らかにする。

住宅街

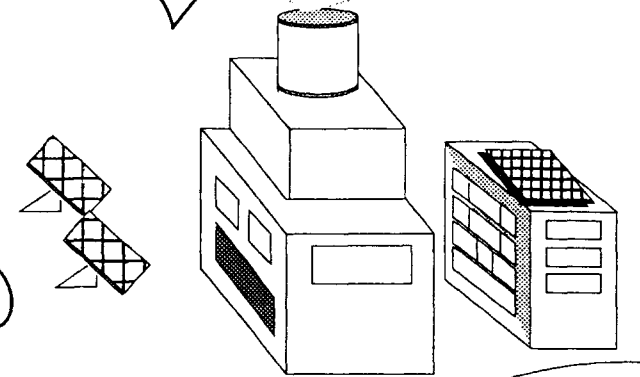
冷暖房・給湯



太陽熱・光等を用いた工場排煙等の浄化、
場内エネルギーへの適用など、他に比べて広
い利用の方法を試験する。

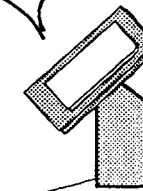
工場

換気空気加熱・排煙浄化



CO2 -30%

環境値測定板

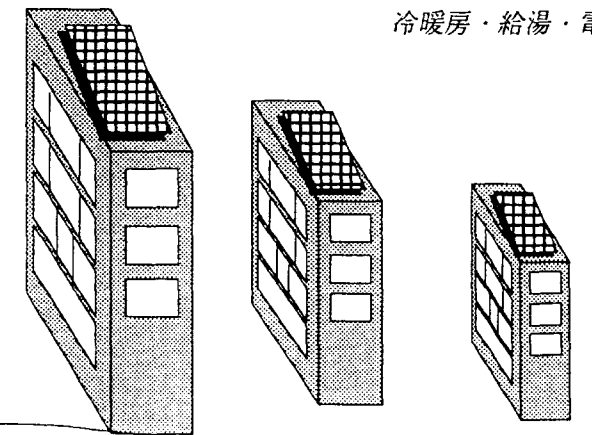


国からの研究補助費等をもとに、専門家が研究を行う。
この場では特に、新しい太陽熱システムの利用コンセプト
を策定し（創造ゾーン）、それに関する技術的な課題等を
研究し、商品の開発を試みる。
また、商品の市場性が高まった時点で他のエリア（工場、
住宅等）に試験的に設置し、実用化の可能性を探る。

冷暖房の他、太陽電池により電気を送電する。

オフィスビル街

冷暖房・給湯・電気



SURVEY FOR THE SYSTEMS UTILIZING SOLAR HEAT

(Summary)

Objectives

In Japan, where energy resources are scarce, the effective utilization of new energies has long been a theme of interest. In addition, expectations for the effective utilization of a clean new energy have increased together with the increase in the seriousness of environmental problems. The goals of this survey are to provide a means of grasping the present situation concerning solar heat utilization technology and to propose a concrete technological development program, mainly for industrial use.

Work Program

(1) Survey of the current status of solar heat utilization technology

The recent technological development situation was surveyed concerning solar heat utilization technology as well as heat collection technology, heat accumulation technology, heat shipping technology, materials technology, hybridization technology, and systems technology to obtain a grasp of the past situation concerning solar heat utilization technology research and development.

Local surveys were also made in European countries such as England and Germany, and the United States.

(2) Establishing solar heat utilization concepts

① Grasping the actual solar heat utilization situation and survey of needs

A user survey related to existing solar heat utilization systems was made and hearings were held with knowledgeable people to grasp the current utilization situation, the advantages and problems of systems that utilize solar heat, and to abstract the heat utilization needs in the industrial and private sectors.

② Establishing solar heat utilization concepts

Hopeful solar heat utilization concepts were established based on the above (1) survey of heat utilization needs.

(3) Evaluation of solar heat utilization systems

The solar heat systems in the various fields mentioned in item (2) above were analyzed and evaluated as to society, safety, economy and the environment.

(4) Establishing a development program for solar heat utilization technology

- Technological development programs
- Simulation development programs
- Solar heat technological testing fields

Summary

(1) Current status of solar heat utilization systems

① In Japan

Research and development on solar heat utilization technology began in Japan in earnest with the "Sunshine Plan" a year after the first oil shock in 1973. This research continues even today in various forms. This has already resulted in products such as solar hot water heaters and solar systems for home use. This research and development, however, placed more importance on essential technology research and development than on practical application research and development.

② Overseas

Research and development related to solar heat is being performed in many countries throughout the world. And, in all of these countries, supplementary funds are being provided for the promotion of research and development as well as diffusion.

During the current survey, local surveys were also made in England, Germany and the United States and it was discovered that there are fundamental differences between the ways in which Europe and the United States are coping with the energy problem.

In other words, since the United States possesses a huge land area and abundant natural resources, it is possible to guarantee energy for use within the country. For example, even if environmental pollution occurs in part of the country, this will have little effect on the country as a whole or neighboring countries, so the situation can be handled as an internal affair of the country. Consequently, research on renewable energy sources has been put on the back burner, so to speak.

Some solar energy research and development is still continuing but, for economy reasons, the trend for the country as a whole is toward reduction of budgets and the number of organizations involved.

In European countries such as England and Germany, however, the land areas are small, and boundaries between the various countries are either narrow straits or on land; therefore, environmental pollution by one country immediately has an adverse effect on neighboring countries because of the westerly prevailing winds and westerly flow of tides. Also, both of these countries are poor in natural resources compared to the United States, so mutual interdependence between the various European countries is indispensable if energy sources are to be guaranteed. Consequently, the impression received was that concern about environmental problems is increasing and that there is considerable consciousness of the fact that solar energy research and development should continue, even if it is not economical.

(2) Abstracting and evaluating solar heat utilization concepts

In order to clarify the solar heat utilization concepts to be researched and developed in the future in Japan, information was collected from knowledgeable people from committees and related industries, universities and societies, and

questionnaires were sent to users.

As a result, the committees expressed the opinion that, concerning the practical application of solar heat, it is necessary to both clarify the need for solar energy as opposed to other energies and to develop government policies, and to proceed with research and development from the viewpoint of users.

Knowledgeable people from industry and universities also expressed the opinion that it is necessary to improve designs and reduce heat loss, and that a service system for installation work and maintenance should be taken into consideration. In response to the user questionnaire, many people expressed the opinion that improvements could be made concerning the high initial cost, and the fact that use is not possible in certain seasons. There were also many voices calling for national and local governments to provide supplementary funding and promote solar energy.

Promising concepts were abstracted from the results of the above survey. These were then evaluated in relation to four factors: society, stability, economy and environment. As a result, the following six items were selected as social needs, and as concepts that have a high possibility of achieving technical and economical practical application.

- Clinical sterilization by boiling
- Heating for surface treatment of metals
- Cultivation of soccer ground turf
- Water purification using photocatalysts
- Distributed type small electrical generators
- Sewage treatment using biotechnology

(3) Determining a solar heat utilization technological development program

① Programs related to technological development

Of the six concepts mentioned above, "Cultivation of soccer ground turf" is already fairly close to the product stage; therefore, this item proposes a program for technological development aiming at the practical application of the remaining five concepts.

The concepts of cleaning up water pollution by using clean solar energy as in "Water purification using photocatalysts" and "Sewage treatment using biotechnology" have an extremely important significance for national and local government bodies and their policies, and should be given priority from the viewpoint of coping with the energy problem in Japan.

The concept of "Distributed type small electrical generators" is necessary for generating electricity in remote areas and on islands. There are two methods of generating electricity: generation using Stirling engines and generation using thermoelectric elements. Research is already underway on both methods but it is thought that more time is required for the development of essential technology to improve on the compactness and practicality.

To make "Heating for surface treatment of metals" practical, efforts must be made to reduce the initial cost for enterprises and the development of long-term heat

accumulation technology is indispensable.

From the above, to make solar heat energy practical, technological development for "Water purification using photosynthesis" and "Sewage treatment using biotechnology" must be given the highest priority, after which the development of technology for "Distributed type small electrical generators" and "Heating for surface treatment of metals" can be considered important. It is thought that the high level of technology in Japan leads the world, especially in the fields of catalysts, biotechnology, and the utilization of biological solar heat.

"Clinical sterilization by boiling" will be necessary for assistance activities in developing countries and remote areas where the infrastructure is not complete. Thus, it is necessary that research and development continue, regardless of whether it is advantageous or disadvantageous economically, and reach the practical application stage as quickly as possible.

② Simulation development programs

Concerning the development of simulation software, the following tools and systems should be the subjects of future studies.

- Passive solar house design tools
- Active solar system best mix type design tools
- System evaluation and analysis
- Solar heat utilization system building design systems and design simulators

In developing these types of software, it is necessary to take a lesson from the present situation in Japan and clarify the roles and responsibilities of persons related to the software (designers, solar heat utilization equipment manufacturers, construction companies, etc.), selection and priority sequence of the required software, setting of the main object of development, etc., and to obtain as much cooperation as possible from development organizations and overseas.

In considering the passive software, building design tools, etc., which development will confront, there could be some value in creating, through simulations instead of actual development, villages and towns that utilize solar heat and in using various data to perform tests on a computer.

③ Solar heat utilization technological experiment field proposal

To relate the essential technologies developed to concrete solar heat utilization systems in the future, it will be necessary to utilize the research results, develop fields for practical experiments that merge the various technologies, experiment continuously, accumulate data, combine results and obtain a grasp of user needs through soft research. Also, by widely disseminating the test facilities (systems) and test data, it will be possible to familiarize the citizens to become much more with solar heat utilization systems, increase trust and clarify directions for research and development in the next stage.

Future Tasks

In future solar heat utilization system research and development, it will be necessary to place stress on research and development geared to practical application. Themes for the future can be classified into three sectors: (1) Development of technologies for the utilization of solar heat; (2) Solar heat utilization system simulation software; (3) Fields for solar heat utilization testing.

(1) Development of technologies for the utilization of solar heat

From the long term viewpoint, it is necessary to promote technological developments to reduce initial costs. The present high initial cost is the biggest impediment to the practical application of solar heat utilization systems.

Even in the user questionnaire, many people expressed the opinion that solar heat utilization systems are easy on the environment and running costs are low, but that they cannot be used because the initial cost is too high. It is necessary to perform leading edge research and development regardless of the cost but, to diffuse these solar heat utilization systems, it is important to also perform practical research and development at low cost.

In Japan, solar energy is considered to be a form of natural energy present in all areas but, in Germany and England, solar energy is a resource bestowed by nature, a passive form of energy that cannot be controlled by human acts.

Consequently, it is not thought to be a good energy source that can be utilized actively by introducing advanced technology.

As the development of solar energy advances in the future in Japan, it will be considered a passive form of energy. Also, in consideration of local lifestyles in Japan, it is considered important to promote a unique development plan that is suitable for the solar conditions in Japan when reviewing previously developed technological items and when introducing new technologies.

(2) Solar heat utilization system simulation software

Due to recent advances in computer related technologies, it is now possible to combine solar heat utilization systems, match the system and building, and even perform substantiation experiments, by means of simulation on a computer. This should help reduce development and installation costs.

In the United States, such research is underway at such places as Lawrence Berkeley Research Laboratory and Florida Solar Energy Research Laboratory. Simulation programs such as WINDOW4, which simulates the amount of heat that enters and leaves through a window, and PowerDOE, which makes it possible to reflect energy efficiency and economy in designs, are being developed. In England, the software National Home Energy Rating was developed and is being evaluated for use by the New Town Development Committee in evaluating energy conservation. Simulation software for the purpose of determining energy conservation and comfort is also being developed by Franhofer in Germany. Research and development of such simulation software related to solar heat utilization systems, however, is practically unheard of in Japan. The reasons are

that until now stress has been placed on essential technology research and development, and because there is a lack of basic data because continuous field tests were not carried out. This is a new field that should be researched in the future.

(3) Solar heat utilization experiment fields

Various field tests were performed in the projects of the Sunshine Plan started in Japan in 1974, but most of these field tests lasted only 1 ~ 2 years, and even the longer tests ended after several years. Since then almost none of the facilities have been operated, and many have been destroyed.

In comparison, large scale, organized field tests have continued for many years in Europe.

In Japan as well, it is important to perform continuous large scale field tests related to solar heat utilization systems suitable for solar conditions in Japan in order to make the systems more practical and convert them into products.

2. 太陽熱利用技術の現状

2. 太陽熱利用技術の現状

2. 1 国内の太陽熱利用及び研究開発の現状

2. 1. 1 国内の太陽熱利用の現状

太陽エネルギーによる熱利用は、古くは太陽熱を室内に取り入れることから始まっているが、積極的に利用され始めたのは太陽熱を集めて温水をつくる温水器の登場からである。この温水器に端を発した太陽熱利用の研究開発は、1974年の「サンシャイン計画」によって急速に進められた。1979年の第2次オイルショックを経て、ピーク時には太陽熱温水器が約80万台（1980年）、ソーラーシステムが年間約6万台（1983年）の設置実績があったが、円高、石油価格の低位安定等を背景に平成元年まで減少してきた。しかしながら、近年の地球環境問題の顕在化により再び設置実績が増加傾向にある。1993年末の累積普及台数は、ソーラーシステムが約40万台、太陽熱温水器が約450万台となっている。

2. 1. 2 国内の太陽熱に関する研究開発の現状

わが国における太陽エネルギーの研究開発は、1973年の第1次オイルショックを契機として開始された。化石燃料に変わる新エネルギーの研究開発を目的とする国家的プロジェクトとして、1974年に「サンシャイン計画」がスタートし、その当初から太陽エネルギーは重要な開発の柱として位置付けられた。太陽エネルギーは希薄なエネルギーであるためいきなり高温を得ることは困難であることから、まず100度前後の温水を利用できる住宅やビル用の給湯・暖房、更には冷房用のシステムの開発からスタートした。1974年度から80年度まで実施された「太陽熱暖房・給湯システムの研究開発」がそれであり、システムを構成する各要素機器技術（集熱技術、冷房技術、蓄熱技術等）と4つの実証システム（新築個人住宅用、既設個人住宅用、集合住宅用、大型ビル用）からなっていた。

更に太陽エネルギーの熱利用を推進することを目的として第2次オイルショックの翌年の1980年から産業用としても利用できる技術開発プロジェクトがスタートした。これは様々な分野の要素技術からシステム技術に至るまで広範にわたって研究開発が行われた。（図表2-1）

しかしながら、石油や天然ガス等の化石エネルギーの代替エネルギーという観点でみた場合、太陽熱利用システムはまだまだ普及しているとは言いがたい。普及を阻害している主な要因としては、国民一般にあまり馴染みがないこと、イニシャルコストが高く資本回収に長期間を要すること等が考えられる。また、普及状況に遅速があることから、設備工事費が地域によって異なることも一因として挙げられる。産業用ソーラーシステムの研究開発として過去に各地域の企業や自治体等で行われたフィールドテストの実験施設についても、現在ではほとんど稼働しておらず、実験施設が残っているものさえわずかという状況である。

図表 2-1 産業用システムの概要

用途	システム	供給温度 (℃)	エネルギー量	供給先	備 考
産業用	ガス・レーザ・ヒートポンプ型	40、70、130	18×10 ⁷ Kcal/年	毛織工場（一宮市）	日立製作所、日本毛織（S59）
	フイックスト・ヒートポンプ型	15		農業用低温倉庫（宮崎市）	川崎重工（S58）
				空気集熱方式による木材乾燥 （帯広市）	住友金属（S61）
	アト・バンスト・ヒートポンプ型	-5		高性能冷凍システム （沖縄県北中城村）	吸収式冷凍機使用 三洋電機（S59）
		150～200		高温領域用セグメントミラー システム	
				高効率低コスト型真空管集熱 器	CPC
		-20		高効率太陽冷凍技術	金属水素化物利用
				高性能断熱材	日本インシュレーション
	長期蓄熱システム			土中蓄熱システム	大林組
				化学反応利用長期蓄熱システム	金属水素化物 三洋電機
	塩濃度勾配ソーラポンプ	70		給湯（能取の水産加工団地）	中小企業事業団実施
	バイガス槽加熱に空気 式集熱器を用いた開発			斜網食肉センター（網走郡）	科学技術庁実施

2. 2 海外の太陽熱利用及び研究開発の現状

2. 2. 1 海外調査の総括

海外における太陽熱利用及び研究開発の現状を調査するため、文献による調査を行うとともに、欧米における現地調査を実施した。

太陽熱に関する研究開発は、世界の各地で行われており、各国とも研究開発の推進施策や普及のための補助金制度等を導入している。（図表2-2）太陽熱利用システムは、各国とも1973年のオイルショックの影響を受けて税制上の優遇措置がとられたために急速に普及したが、その後石油や天然ガスの価格が低位安定したために下降線をたどった。そして最近再び地球環境問題の深刻化を契機として活況を呈している。

今回は、英国・ドイツ及び米国において現地調査を行ったわけであるが、欧州と米国の間には、エネルギー問題に対する取り組み方に根本的な違いがあるように見受けられた。即ち、米国は、自国の中に広大な領土と豊富な資源エネルギーを保有するため自国内でのエネルギー安全保障が可能であり、たとえ米国内の一部の地域で環境汚染が発生してもそれが米国全域や周辺諸国に及ぼす影響は少なく、自国内の問題として処理することができる。従って再生可能エネルギーの研究は一般的に下火となってきたおり、太陽エネルギーの研究開発も一部では継続されているものの経済的な理由から国全体としては組織も予算も縮小の方向にある。一方欧州の英国やドイツにおいては、国土も小さく周辺諸国との国境も陸続きであったり狭い海峡が存在するのみにあつたりするため、一つの国で発生した環境汚染は偏西風や潮の流れによって直ちに周辺諸国へ悪影響を及ぼす。また、両国は米国に比して資源エネルギーも乏しいため、欧州各国間で相互に依存し合うことでエネルギー安全保障を行っている。従って、環境問題への関心は高く、太陽エネルギーの研究開発は経済的に不利なものでも継続して取り組むべきだという意識が強い。

日本は国土が小さく、資源エネルギーもほとんど保有していない国であるとともに、日本海を隔ててロシア、中国及び朝鮮半島と接しており、周辺諸国での環境問題の影響を受けやすい国である。また、太陽熱利用技術に関する技術水準は高く、太陽熱温水器の普及においても世界の中では先進国である。このような立場から、今後我が国においては、欧州的な理念の下に太陽熱利用技術の研究開発を進めていくことが必要であろう。そのためには、EC本部や他の欧州諸国（フランス、スペイン、イタリア、北欧諸国等）のエネルギー政策や太陽熱利用技術の研究開発状況を調査するとともに、グローバルな地球環境問題への対応も視野に入れた太陽熱利用の政策を確立し、それを具体化していくことが重要である。

図表 2-2 海外における太陽熱（光）に関する活動の概要（要約）

1. 国の補助及び奨励策

- 税金優遇
- 補助金
- 費用分担契約
- 研究資金の提供
- デモプログラムの策定（住宅用又は地域社会建築用）

2. 研究開発及び実用化の状況

	研究・開発の状況	実用化の状況
産業用	農水産業	○養殖水産用の加熱機器 ○果実・タバコ・ゴムなどの乾燥機器
	製造業	○商業用の換気空気加熱（新しいソーラー集熱板の開発・評価） ○産業用温水器（マレーシア、タイ）
民生用	家庭用	○アフリカ・ソーラー住宅（ナイジェリア、フランス） ○夏季別荘用 P V（ナイジェリア） ○屋根据え付け型太陽温水器（マレーシア）
	オフィス等	○小商業ビル用パッシブ・ソーラー建築システム（アメリカ） ○近代的なパッシブ・ソーラー建築（パキスタン） ○アフリカ・ソーラー建築（フランス） ○水泳プール用集熱器（オーストラリア、フランス）
その他		【機器】 ○レートン・パイプ鋼製平板型集熱器（ニュージーランド） ○柔軟性メーソラ・ソーラーを用いた Solar 60 集熱器（ニュージーランド） ○昼光照明（スウェーデン） ○給湯用平板型集熱器（トルコ）
		【プロジェクト等】 ○太陽熱海水淡水化プロジェクト（スペイン） ○ソーラー放射量計測ネットワーク（トルコ） ○太陽放射射地方地図製作製の人工衛星データの編集（イタリア） 【技術・機器】 ○ホログラフィック工学装置 ○蒸気凝縮をもつ同心管 ○透明断熱材を施した平板ステンレス鋼 ○低流量集熱器 【材料】 ○透明断熱材（ポリジエチレン） ○エレクトロクロミックポリマー ○ソーラー品質級のシリコン

2. 2. 2 米国

(1) 調査項目

本海外調査は主に以下の調査項目について実施した。

- ①太陽熱に関する政府の方針等
- ②太陽熱の新しい利用方法や利用技術に関する事項
- ③太陽熱利用システムの省エネルギー性や快適性等に関するシミュレーションソフトの状況
- ④太陽熱利用システムに関するフィールドテスト（実地実験）の概要

(2) 訪問先及び日程

国名	日程	訪問先	調 査 項 目				面会者
			①	②	③	④	
米国	2月16日	Florida Solar Energy Center		◎	◎		David L. Block (研究所長) 他5名
	2月19日	Bechtel Corporation				◎	Jon Pietruszkiewicz (Manager of Power) 他2名
	2月20日	Lawrence Berkeley Laboratory			◎		Dr. Carl. M. Lampert (グループ リーダー) 他4名
	2月21日	Natonal Renewable Energy Laboratory		◎			広報担当者

(3) 調査結果の概要

米国における調査結果をまとめたものが図表2-3であるが、今回調査した範囲内での太陽熱利用技術としては、特に目新しいものはなく、最も大きなトピックとしてはSolar Twoプロジェクトであろう。トラフタイプやディッシュタイプのパワージェネレーションについては、目立った話はほとんど聞かれなかった。しかし、トラフタイプの発電技術に関してはほぼ成熟した水準にあるとの印象を受けた。ディッシュスターリングについてはNRELでは話はあまり聞かれなかったが、実績は徐々につまれており、DOEとのジョイントベンチャーで民間会社が遠隔地の太陽熱発電システムとしてコマーシャルベースに乗せようとしている。全体の大枠としてはパワージェネレーションよりは省エネルギー技術に研究動向が移っているという印象を受けた。

新しい研究開発動向としては、トラフタイプなどの集光系を用いた廃棄物の無害化・無毒化技術である。強い光強度を利用するという意味では正確な意味での熱利用とは言えないが、熱発電で培った集光技術を利用することから環境技術としての枠組みで捉えていると思われる。

民生利用としては、ビルディングの省エネルギー化技術であり、高断熱技術（複層窓ガラスなど）、調光・採光技術などが挙げられる。またこれらの技術に関しては、シミュレーションソフトの開発がかなり積極的に行われており、省エネルギービル設計の指針となっている。これらのソフトウェアは、エネルギー解析だけでなく、照明や採光についても行われている。この研究領域は比較的活発であるとの印象を受けた。LBLのソフトウェアのユーザーも多く、ニュースレターも発行されている。

最後に、これは何処でも聞かれたことであるが、「ソーラーパネルやソーラーシステムの普及のための教育」である。例えばフロリダ太陽エネルギーセンターやNRELでのエキスポジションでも、なぜ太陽エネルギーを利用すべきかについて、様々なプログラムや努力がなされつつあるのを感じた。

図表 2－3 海外調査報告概要（米国）

訪 問 先		米 国			
		フロリダ太陽エネルギー研究所	ローレンスバークレー研究所	国立再生可能エネルギー研究所	ベクテル・コーポレーション
訪 問 日		2月16日（金）	2月20日（火）	2月21日（水）	2月19日（月）
面 会 者		David L. Blood （研究所長） 他5名	Dr. Carl. M. Lampert （グループリーダー） 他4名	広報担当者	Jon Pietruszkiewicz （Manager of Poweer） 他2名
調 査 結 果 の 概 要	太陽熱利用に関する 政府の方針等	●全体の大枠としては、パワージェネレーションよりも省エネルギー技術に研究動向が移っているという印象を受ける。			
				●次年度から、人員・経費ともに 1/3の削減が決定した。	
	太陽熱の新しい技術・ 利用方法	●特に目新しいものは無し。			
		●新しい研究開発動向としては、 トラフタイプ等の集光系を用いた 廃棄物の無害化・無毒化技術。			
	太陽熱利用の シミュレーション ソフト	●ソーラーパネルと蓄熱層から成る ソーラーシステムの実証 ・ TRNSYS	●窓を通して流出入する熱量を シミュレートするプログラム ・ MINDOW4 ●窓フレームやサッシの熱抵抗を シミュレートするプログラム ・ THERM ●ビルのエネルギー効率と経済性を 設計に反映させるためのシミュレ ーションプログラム ・ DOE-2 ・ SPARK ・ Power DOE ・ RADCOOL		
	太陽熱利用の フィールドテスト				●Solar Two Project カリフォルニア・エジソン社と 米国エネルギー省（DOE）との 共同で進められている太陽熱発電 プロジェクト
	その他の特記事項	●パッシブ的ソーラーハウスの実証 ●ソーラー（集熱）パネルの性能 評価 ●太陽電池（P V）パネルを補助 熱源に用いたソーラーシステム ●イソプロパノールの光触媒を用い た水素とアセトンへの分解 ●光触媒を用いた藻の付着しない ペイント	●スペクトル選択性コーティング ●スーパーウィンドウ ●アドバンスド断熱材 ●スマートウィンドウ ●イオウランプ ●RADIANCE（ライティングの シミュレーションプログラム）	●パッシブソーラー ●太陽炉 ●パラボラトラフ ●風力 ●太陽電池開発 ●SolMaTプログラム	

2. 2. 3 欧州

(1) 調査項目

本海外調査は主に以下の調査項目について実施した。

- ①太陽熱利用に関する政府の方針等
- ②太陽熱の新しい利用方法や利用技術に関する事項
- ③太陽熱利用システムの省エネルギー性や快適性等に関するシミュレーションソフトの状況
- ④太陽熱利用システムに関するフィールドテスト（実地試験）の概要

(2) 訪問先及び日程

国名	日程	訪問先	調 査 項 目				面会者
			①	②	③	④	
ドイツ	2月29日 14:15 ～15:30	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (フランクフルト太陽エネルギー研究所)		○	○		Dr.Klaus Heider Jan Wienold
	3月1日 10:00 ～11:30	Freiburg Wirtschaft und Touristik GmbH (フライブルグ市経済観光公社)	○			○	Peter Wagner
英国	3月4日 10:00 ～12:00	Department of Trade and Industry (英国貿易産業省) Energy Technology Support Unit	○				Neil Hornsby Harry Edwards
	3月5日 10:00 ～13:30	Commission for the New Towns ENGLAND (英国政府環境省 ニュータウン開発委員会)			○	○	David Stabler Chris Dent Janet Smith

(3) 調査結果の概要

欧州（ドイツ及び英国）の調査結果をまとめたものが図表2－4である。欧州と日本では、文化・生活環境及び科学技術の開発・評価の仕方が異なるため、欧州と同じ方向性を我が国で実行することは不可能な面がある。しかしながら、我が国ではNEDO創立以来様々なエネルギー分野において研究開発が進められてきているにもかかわらず、実用に供することができた技術は数少ない現状においては、欧州から学ぶべきものも少なくないであろう。それは即ち、欧州の国々はいずれもエネルギーや環境問題に対する理念を持っており、いずれの国においてもパッシブソーラーの評価が高いということである。我が国では、ともすれば太陽エネルギーは地域遍在のない自然エネルギーと見られがちであるが、地域によって太陽エネルギーの質は異なる。ドイツや英国では、太陽エネルギーは自然から与えられた資源であり、人為的に制御できない受動的なエネルギー資源であると理解されている。従って高度な技術を導入して能動的（アクティブ）に利用できるほど都合の良いエネルギー資源ではないことを認識しているように思われる。そのため、パッシブソーラーはアクティブソーラーよりも実用化に近い技術と評価されている。我が国では太陽光発電の導入・普及を積極的に進めているが、ドイツ・英国の両国では太陽電池の実用化の評価はアクティブソーラーと同程度の評価である。

今後、我が国で太陽エネルギーの開発を進める場合には、太陽エネルギーをパッシブエネルギーとして捉えることも必要ではないだろうか。また、我が国の地域的な生活様式等を考慮して、今までに開発された技術項目の見直しと我が国の太陽条件に適した新技術の開発計画の推進も重要であると思われる。

更に、我が国で実用に供する太陽熱温水器が委託費をもらわないで開発されている点からあと一步で実用化できる技術を査定・評価して開発を進めるベンチャープロジェクトを創設することによって新しい開発成果を得ることができのかもしれない。

一方今後の調査活動としては、英国では工場や業務用のビル等の省エネ基準について、環境庁やエネルギー効率庁（Energy Efficiency Office）のBuilding Research Establishment（BRE）で検討されているため、それらの調査を行う必要があると思われる。また、National Home Energy Ratingのソフトは省エネをエネルギー単位だけでなく、空調設備（過熱制御、ボイラー等）、窓の大きさ・数及び建物の向き等を考慮したソフトであり、国立エネルギー財団（National Energy Foundation）がそのソフトの取扱いについて講習会を行っている。そのため、フランホーファー太陽エネルギー研究所で行われているシステムシミュレーションだけでなく、このようなソフトについても調査する必要がある。

更に、欧州全体のエネルギー問題はブリュッセル（ベルギー）にあるEC本部の新エネルギーなどを総括的に検討する部門において検討されているようである。英国の貿易産業省が委託するテーマについてもそこで評価を得て、欧州全域からテーマを募集して

おり、また、省エネビル等の評価基準についてもTHERMIEといわれる部門で検討されている。従って、EC本部において欧州全体のエネルギー開発の現状や将来性等について調査する必要があると考えられる。

図表 2－4 海外調査報告概要（欧州）

訪 問 先		欧 州			
		ド イ ツ		英 国	
		フランホーファー研究所	フライブルグ市経済観光公社	英国政府貿易産業省	英国ニュータウン開発委員会
訪 問 日		2月29日（木）	3月1日（金）	3月4日（月）	3月5日（火）
面 会 者		Dr. Klaus Heider Jan Wienold	Peter Wagner	Neil Hornsby Harry Edwards（ETSU）	David Stabler Chris Dent Janet Smith
調 査 結 果 の 概 要	太陽熱利用をはじめとする政府のエネルギー政策		●市の環境政策の枠組みの1つとして、太陽エネルギーの利用を考えている。 ●ソーラーハウス建築の際に、税制上の優遇策や補助金の交付（2000DMに対して最大3000DMの補助）を行っている。 ●電気料金は現在0.18DM/kwhであるが、今後は家庭のPVの余剰電力を同価格で買い取る予定。 ●廃熱利用等によるコージェネレーションシステムの導入の予定。	●基礎研究は主に長期の研究を行い研究評議会が研究管理を行っている。実用化研究は企業がイニシアティブをとって開発を進め、それに対してETSU（Energy Technology Support Unit）の諮問機関が技術評価を行っている。 ●新エネルギーの研究開発は、その実用化の可能性に従って3段階に区分しており、パッシブは上位ランクに、アクティブやPVは中位ランクに指定されている。	
	太陽熱の新しい技術・利用方法	●集熱器や温水器等について積極的に開発を行っているが、特に目新しいものはない。			●10年前までは自前で研究を行っていたが、現在では企業や研究所の要請に応じてBREが行っている。
	太陽熱利用のシミュレーションソフト	●省エネ性及び快適性を目的としたシミュレーションソフトの開発 ・太陽熱と光ごとにソフトがある ・太陽熱に関しては、米国ウィスコンシン大学のTRNSYSとグラスゴー大学のESP-rのソフトを利用している。 ・省エネ性は定量的に評価できるが、快適性は定性的に評価する。 ・材料の開発にしたがって、ソフトの内容を変えていく。 ・2、3年前にECレベルでシミュレーションの実地検証を行っている。一軒のシミュレーションを行うために、1人で1週間の時間が必要。			●National Home Energy Rating U value (Wm-2k-1) の測定方法に加えて、方位など個別の条件をえて、省エネ性を評価するソフトである。ミルトンキーンズ内には10点満点の家が2件有り、今後も9点以上の省エネ性をクリアしないと建築許可が下りないことになっている。ただし、技術開発に柔軟に対応するため、ボイラーや断熱材の規定はない。
	太陽熱利用のフィールドテスト		●今後、市や州が土地を、研究所が技術を提供して太陽エネルギーの全ての要素を集積したデモンストレーションハウスをつくる予定。		●ロンドンのベットタウンとしてではなく職住接近した街を発展させる目的でつくられた。 ●建物の省エネルギー化については建設計画後のオイルショックにより重要性が認識され、省エネの性能基準が作成され、それは1990年に英国の住宅用の省エネ基準になっている。 ●省エネ化を定量化するための基準についても検討され、それが1995年 National Home Energy Rating が国の基準として採択された。
	その他の特記事項		●環境政策について ・環境政策のスローガンを「グローバル志向でローカルに行動」である。 ・車の規制を行い、電車利用の促進策（国鉄、私鉄、市鉄のネットワーク化低料金化等）を講じている。 ・環境監査プロジェクトの推進。 ・小・中学校授業へのエコロジー科目の導入。	●研究開発費の補助について ・営業ベースに近い研究には25%の補助を行う。 ・補助金がないと企業が研究を行わないような基礎研究には100%の補助を行う。 ・ETSU が研究開発の進み具合をみて、補助を続けるかを決定する。	●ミルトンキーンズ市は車社会に対応しながらも車が歩行者の障害にならないように道路網が整備され、生活様式の変化に応じ、また車を使用しなくても生活ができるように住宅地が形成されている。

3. 太陽熱利用コンセプトの策定

3. 太陽熱利用コンセプトの策定

3. 1 利用ニーズの抽出とコンセプトの列挙

今後有望と思われる太陽熱利用コンセプトについて、委員及び関連企業・大学・学会等の有識者に対してヒアリングを行い、その結果を一覧表にまとめたものが図表3-1である。太陽熱利用コンセプトは、用途によって産業用（機械、金属、農林水産業等）と民生用（一般家庭用、ビル用等）に分けられ、コンセプトの内容によって利用コンセプトと技術コンセプトに区分できる。列挙したそれぞれのコンセプトは、まだ要素技術の段階にあるものから実用化・商品化の段階にあるものまで様々であり、その中には過去にNEDOのプロジェクトで実験が行われたものもあるが、今回のヒアリングにおいては過去の研究実績の有無に関係なく、今後少しでもニーズが出てくる可能性のあるものについては全て列挙して分析・評価を行った。

産業用の利用コンセプトについては、その分野は機械、金属、農業、林業、水産業、サービス業等広範にわたっており、その技術開発レベルも既に一部の企業で商品化されているものからまだまだ要素技術の段階のものまで様々である。産業用の技術コンセプトについては、システム全体のイニシャルコストを低下させるための要素技術（集熱技術、蓄熱技術等）や開発途上国に対する援助のための技術開発（高密度集光系システム等）にニーズがあると考えられる。

民生用の利用コンセプトについては、一般家庭用の温水器やソーラーシステムが既に商品化されて普及しつつあるところだが、今後は建築材としてのデザイン性の向上や環境共生住宅などにおけるグローバルなシステムコンポーネント化のニーズが出てくるものと思われる。また、民生用の技術コンセプトについては、冷暖房システムの低コスト化を図るための要素技術の開発が望まれているところである。

図表 3-1-① 太陽熱利用コンセプト（産業用・利用コンセプト）

産民 区分	適用分野	形 態					必要な技術		その他
		共 通	暖 房	冷 房	給 湯	その他	既 存	開 発	
産業用	共通	作業環境の改善					・工場換気システム ・工場冷暖房システム ・採光システム ・フルネルシステム	・自然循環気システム ・低価格追尾システム ・光トンネル（導光管等） ・フルネルプリズムと2重窓	
			製品の製造工程での乾燥					・乾燥技術	
	機械・金属 農業・食品					金属の表面処理	・ソーラーシステム＋補助ボイラー＋排熱利用のループを構成しシステム化	・雨天対応の大規模蓄熱技術	
						有害物質の無害化	・光媒体（TiO ₂ ）による殺菌バイオレメディエーション	・ダイオキシン等の有害物質を太陽熱（光）と触媒反応を利用して無害化	
	農業・林業		農産物・木材等の乾燥				・ソーラーシステム＋補助ボイラー ・空気集熱器	・高効率乾燥システム	
	農業		果実等の栽培	同左			・ハウスの冷房・暖房 ・吸収式冷凍機 ・太陽熱集熱器 ・温熱用室内器 ・アクティブ冷暖房システムの応用	・システムの簡素化、バック化、低コスト化技術 ・蓄熱技術の開発（夏季の夏を冬季へ）	
			穀物の長期貯蔵システム	同左			・低温倉庫 ・定温倉庫 ・太陽熱集熱器 ・吸収式冷凍機 ・吸着式冷凍機 ・太陽集熱システム		
						農作地の灌漑	・灌漑用ポンピングシステム		
						水耕液の冷却	・太陽熱集熱による熱媒 ・補助熱源による熱媒		神戸大で実験
				冷凍冷蔵倉庫			・熱源用中温度集熱器	・安価な温度集熱器	
						養殖地の温度調節	・養殖地の加温システム		
	水産業								
	サービス				車の洗浄		・ソーラーシステム＋補助ボイラー		
	その他	サッカークランドの芝育成					・ソーラーによる土壌の加温、地中への吸水、排水システム	・厳寒期の地表の保温方式の開発	
						消毒除菌			
						海水の淡水化	・ソーラー加温＋低圧沸騰を利用した蒸留システム	・防錆技術 ・気密性の保持 ・淡水化の技術向上	
						海に近い砂漠での水（雨）の製造	・砂漠地帯での水（雨）の製造システム		
						湖沼・湖水の浄化	・湖沼水の迅速処理		
						道路の凍結防止	・蓄熱式道路凍結システム		
						冷凍冷蔵倉庫	・熱源用中温度集熱器	・安価な熱源用中温度集熱器	
						クリーンコール化への太陽熱利用		・脱硫、脱硝前処理に太陽熱（光）と触媒反応を利用	

図表 3-1-② 太陽熱利用コンセプト（産業用・技術コンセプト）

産民 区分	適用分野	形 態					必要な技術		その他
		共 通	暖 房	冷 房	給 湯	その他	既 存	開 発	
産業用	共通	熱効率の向上					・ソーラーケミカルヒートポンプ	・熱効率の向上技術	
		産業用冷温水利用					・プロセスクーリング ・プロセスヒーティング ・太陽熱給湯システム	・設置・工事技術	
					スチーム生成		・中温用集熱器	・安価な中温用集熱器 ・CHP（Chemical Heat Pump）	
						熱電供給	・熱電素子 ・中温用集熱器	・安価な熱電素子 ・安価な中温用集熱器	
						水電気供給	・熱電素子 ・中温用集熱器	・熱電素子＋蒸留器 ・安価な中温用集熱器	
						ヒートポンプ用熱源	・中温用集熱器	・安価な中温用集熱器	
						太陽熱利用ハイブリッド型CO2フリー火力発電システムの特性評価	・効率よく集熱した太陽エネルギーにより製造した飽和蒸気をガスタービンの作動流体として利用することにより、高効率となる火力発電を開発		
	その他					太陽熱と海洋温度差発電の結合	・太陽熱温水器	・太陽熱集熱器を組み合わせることでOTECの効率向上化	
						ソーラーボンドと海洋温度差発電の結合		・ソーラーボンドを組み合わせることでOTECの効率向上化	
						燃料製造システム	・水素の生成	・変換率の向上技術	
						バイオマスの燃料化	・クロレラ等の高付加価値製品の製造	・燃料化に適する植物の探索 ・養殖技術の開発 ・燃料化技術の開発	
						長期蓄熱		・蓄熱材（触媒によって放熱を開始） ・高密度集光系	
						超高倍率集光を用いた高密度光束利用技術サービスシステム			
						熱光発電技術の要素開発		・輻射エミッター ・スペクトルフィルター ・小バンドギャップ半導体	

図表 3-1-③ 太陽熱利用コンセプト（民生用・利用コンセプト）

産民 区分	適用分野	利 用 形 態					必要な技術		その他
		共 通	暖 房	冷 房	給 湯	その他	既 存	開 発	
民生用	共通	室内環境の向上					・ 太陽熱冷暖房給湯システム ・ 換気システム ・ 追尾式採光システム ・ ウィンドウコレクター ・ 屋根一体型コレクター ・ ダブルスキン	・ コンパクト化技術 ・ 実用化技術 ・ 低コスト化技術 ・ 自然環境換気技術 ・ 低コスト追尾システム	
	建設	環境共生型高層住宅					・ 太陽熱温水器 ・ 太陽電池パネル ・ 風力発電用風車 ・ 生ゴミ乾燥器		
	食品					ソーラーによる調理（高断熱鍋の利用）	・ 真空保温容器 ・ 中型・大型集光器（パラボラディッシュ、フレネルレンズ）	・ システム化技術 ・ コンパクト化技術	開発途上国等援助
				食糧貯蔵システム			・ 吸収式冷凍機		
	医療					僻地医療用煮沸殺菌システム	・ 中型・大型集光器（パラボラディッシュ、フレネルレンズ）	・ システム化技術 ・ コンパクト化技術	開発途上国等援助
	その他					光利用除菌システム	・ TiO2 利用除菌システム	・ 低コストスターリングサイクルエンジン	
						屋根積雪の融雪システム	・ 融雪パネル	・ 融雪システム	

図表 3-1-④ 太陽熱利用コンセプト（民生用・技術コンセプト）

産民 区分	適用分野	用途形態					必要な技術		その他
		共 通	暖 房	冷 房	給 湯	その他	既 存	開 発	
民生用	共通				ソーラーシステムによる給湯 ・理髪店 ・ゴルフ場 ・温水プール ・寮・社宅の風呂 ・マンションの給湯 ・老人ホーム ・病院等				
		ソーラーシステムによる冷暖房					・ソーラーシステム及び吸収式冷温水発生器	・吸収式冷温水発生器の低コスト化	
	建設	太陽熱集熱器の建材化						・サイズ（ex.910mm 対応） ・防水技術 ・防火技術 ・デザイン（色）	
			床暖房・天井暖房				・空気集熱器	・熱輻射材料	・建物の新築時に組み込めば電気式よりも有効である。 ・熱源温度 25～28℃
						集光建材 昼光照明	・商品名「ひまわり」等 ・追尾式採光システム ・地下室照明システム	・ガラスファイバー ・太陽追尾システム ・反射板、レンズ	
	その他					輸送用車両の動力 （ソーラーカー、ソーラーボードに利用）		・低コストスタリングサイクルエンジン	

3. 2 コンセプトの検討及び有望コンセプトの選定

3. 2. 1 ユーザーの意識調査（第1回アンケート調査からの分析）

（1）アンケートの目的及び票数

我が国における太陽熱利用システムの累積普及台数は、温水器が450万台、ソーラーシステムが40万台（平成5年末）であるが、これらのユーザーは太陽熱利用システムに関してどのような意見や考えを持っているのであろうか。既存の太陽熱利用システムの評価を行うとともに、今後の課題を抽出するためにアンケート調査を行った。

アンケートの票数については、次の通りである。

アンケートの発送票数	587票
アンケートの回収票数	207票
回収率	35.3%

（2）アンケート結果と分析

アンケート結果について、以下の項目別に分析を行った。なお、各問の詳しい統計データについては参考資料4を参照。

①太陽熱利用システムの利用状況について

太陽熱利用システムの用途としては、給湯、暖房、冷房、冷凍、乾燥等が考えられるが、アンケート回答者のうちの約90%の人が用途は「給湯のみ」と答えており、暖房や冷房等のシステムはほとんど普及していないといえる。また、給湯に利用している人の中で自然循環式と強制循環式の割合はほぼ同じであったが、石油ボイラーやガスボイラーなどを補助熱源として利用している人が全体の20%余りあり、それらは地域別に見ると北海道や長野県等の積雪寒冷地域に多かった。これは、自然循環式と強制循環式には一長一短があつてどちらが良いとはいい難く、また、冬季において気温が低く日照時間が短い地域においては、太陽エネルギーのみでは石油やガスの代替エネルギーとして不十分であり、補助手段が必要であることを示していると言える。

②太陽熱利用システムの利点について

太陽熱利用システムの利点について複数回答を求めたところ、80%以上の人
が「経済性がよいこと」を挙げており、給湯システムに関してはランニングコス
トが良いことがわかる。また、太陽熱利用システムを使っている理由としては5
0%以上の人「環境によいから」と答え、地球環境問題に関心があることを示
している反面、「知人・友人または販売員に勧められたから」使用しているとい
う人も30%おり、まだまだ太陽エネルギーに対する理解が十分であるとはい
えない。

③太陽熱利用システムの問題点や不満な点について

太陽熱利用システムに関する問題点で最も多かったものは「季節によって使
えない期間がある」（40%）と「イニシャルコストが高い」（33%）であ
った。これはユーザーが太陽エネルギーに対して、石油やガスの代替として年間
を通して使用できるエネルギーとなることを期待しているものと考えられる。ま
た、ランニングコストには満足しつつも、イニシャルコストが高いためコスト回
収に長時間を要することに不満を持っていると言える。

また、国や地方自治体への要望としては、「補助金制度の充実」と「太陽エネ
ルギーに関するPR」を求める声が多かった。

3. 2. 2 有望コンセプトの選定

委員及び関連企業・大学・学会の有識者から出された太陽熱利用コンセプトについて委員会で議論を行い、実用化の可能性が高いと思われるコンセプトあるいは社会的必要性から今後研究開発を進めていく必要があると思われるコンセプトとして次の10項目を選定した。コンセプトの概要、必要な技術、ユーザー等については図表3-2 参照。

- ①医療用の煮沸殺菌
- ②海水の淡水化
- ③金属の表面処理工程での加温
- ④洗車場の給湯
- ⑤サッカーグラウンドの天然芝の育成
- ⑥養殖池の加温
- ⑦光触媒を用いた水の浄化
- ⑧融雪
- ⑨分散型小型発電
- ⑩バイオを用いた下水処理

①のコンセプトは、開発途上国に対する援助や僻地医療等の社会的ニーズに応えるためのコンセプトであるため、このコンセプトに関する研究開発は、経済的問題を超越して社会的貢献という次元で行われるべきものである。

②～⑧のコンセプトは、基礎的な要素技術の開発は進んでいるが、実用化までには至っていないというコンセプトであり、今後は経済性を重視してイニシャルコストの低減に向けた研究開発が期待されるものである。

⑨及び⑩のコンセプトは、これらに必要な要素技術の研究にはまだ時間を要すると考えられ、今後の発展が期待できる分野である。

図表 3-2 有望コンセプト

コンセプト	コンセプトの概要	ユーザー等	必要な技術
①医療用の煮沸殺菌	開発途上国や僻地等において、煮沸殺菌の為に利用	開発途上国、僻地等	システム化技術 コンパクト化技術
②海水の淡水化	海水を淡水化することにより水の不足地域へ真水を供給	水の不足地域	防錆技術 気密化技術
③金属の表面処理工程での加温	金属の塗装・メッキ等の前処理の際に加温に利用	鉄鋼業	雨天対応の大規模蓄熱技術
④駐車場の給湯	ソーラー駐車場における熱湯の供給	コイン駐車場、ガソリンスタンド等	夜間にも利用できる蓄熱技術
⑤サッカーグラウンドの天然芝の育成	太陽熱によって冬季においてもエバーグリーンを保つ	サッカークラブ、地方自治体等	寒冷地の地表の保温技術
⑥養殖池の加温	太陽熱によって水を加温して魚を育成する	水産業	池全体の断熱保温技術
⑦光触媒を用いた水の浄化	湖沼におけるプランクトン等の有害物質の浄化	地方自治体	湖沼水の循環処理技術、有害物質の浄化技術
⑧融雪	太陽熱によって道路や滑走路等の雪を溶かす	積雪寒冷地	積雪位置の雪を感知する技術、蓄熱技術
⑨分散型小型発電（500kw以下）	スターリングエンジンを利用した小型発電機によってインフラが未整備の地域で発電を行う	僻地 開発途上国等	システム化技術 コンパクト化技術
⑩バイオを用いた下水処理	工場排水、生活排水等の浄化	地方自治体	バイオを用いた汚水浄化のための要素技術

4. コンセプトの評価

4. コンセプトの評価

4. 1 評価軸の設定

今回の調査における評価の目的は、メーカーや研究者といった供給者サイドからの評価だけでなく、一般家庭や自治体あるいはユーザー企業といった需要サイドからの評価も同時に行うことによって、実用化・実現化の可能性が高い太陽熱利用コンセプトを抽出することにある。また、今回の調査における特性としては、未だ実用化されていない段階での評価であるため、実験や定量的な比較は困難であり、コンセプトのイメージをもとに予測による定性的な評価にならざるを得ないことが挙げられる。

太陽熱利用システムの評価は、これまでも色々な形で行われてきているが、上記のような評価の目的及び特性から今回の調査における評価軸としては社会性、安定性、経済性、環境性の4項目を選定した。(図表4-1)

①社会性

太陽熱利用システムの社会性の評価といった場合には、何を社会性として捉えるかについて様々な議論のあるところであるが、今回は評価の目的に鑑み、ユーザーサイドのニーズはあるのかという観点、あるいは地球環境問題や開発途上国援助の面でのニーズはあるのかといった観点から評価を行った。

評価にあたっては、コンセプトの業種別にユーザーに対してアンケートを実施した。このアンケートは、回答者に対して各コンセプトの対象、イメージ図、概要の説明及びコンセプトの効果について説明した後、コンセプトの実用化の可能性について回答を得たものである。(参考資料4参照)

②安定性

安定性については、アンケートを通じてユーザーの評価を得るとともに、太陽熱エネルギーの属性と各コンセプト毎のエネルギーの利用特性を考慮して、ユーザーの需要に応じて安定したエネルギーを供給できるかという定性的な評価を行った。尚この評価は、従来の化石エネルギー(石油、ガス等)との相対的な比較検討を行ったものではなく、あくまで、太陽熱エネルギーを使用した各コンセプトの実用化・実現化の可能性という観点から絶対的評価である。

③経済性

各コンセプトのイニシャルコスト及びランニングコストについて、一定の前提条件のもとに試算を行い、これを従来の化石エネルギーのコストと比較検討することによって経済性の評価を行った。

この際、地球環境問題の解決や発展途上国への援助のためのコンセプトのように経済性

について評価することが妥当ではないもの、あるいはまだ要素技術の段階であるためシステムのコスト試算が困難なコンセプトについては、無理に評価は行わず、今後妥当な経済性評価ができるようになった段階で行うこととした。

④環境性

最近では地球環境問題の深刻化から、CO₂の抑制が大きくクローズアップされてきている。従って、今回の調査における環境性評価についても、同規模のシステムで石油やガス等を使用した場合と比較してどれだけの量のCO₂発生量を削減することができるかという試算結果を用いて評価を行った。

太陽熱利用システムのコンセプトを実用化・実現化して普及促進していくためには、上記4項目の他に、石油・ガス等と比較した場合のエネルギーとしての効率性や実際にユーザーが使用した場合のアメニティー性についても評価を行う必要がある。しかしながらこれらについては、コンセプトの実験システムを作成して実際に運転してみることが必要となるため、今後研究開発を進めていく段階での評価軸であるとして今回の評価軸からは削除した。

図表 4－1 評価軸の検討

評価軸	評価の概要	評価の可能性	採用
社会性	○評価内容 ・ユーザーのニーズは高いか ・開発途上国援助としての価値は高いか ○評価方法 ・ユーザーアンケートにより評価	・アンケートによりユーザーの意識を調査することにより評価可能	○
経済性	○評価内容 ・現存する他のシステム（石油、ガス等）のコスト比較 ・現時点だけでなく将来において石油等の価格変動があった場合についても考察し比較 ○評価方法 ・仁シャルコスト、ランニングコストに分けてコストを比較	・ランニングコストについてはエネルギー生成のためのコスト計算により定量的評価が可能 ・仁シャルコストについてはアンケートの中でユーザーの意識を把握できる	○
効率性	○評価内容 ・エネルギー変換効率が高いか ○評価方法 ・エネルギーの入力量と出力量との比率を比較	・太陽エネルギーと石油、ガス等とは性質が著しく異なるため比較は困難	×
環境性	○評価内容 ・地球環境に悪影響を及ぼす度合い ○評価方法 ・NO_xやCO₂の発生濃度によって比較	・NO_xやCO₂の濃度の定量的判断は複雑な問題を有しているため比較できるか否か要検討	△
安定性	○評価内容 ・ユーザーの需要に応じて安定したエネルギーを供給できるか ○評価方法 ・天候や季節等の変化によるエネルギーの変動性によって定性的に比較	・エネルギー資源の属性による定性的な比較は可能	○
アメニティー性	○評価内容 ・システムは使いやすいか ・メンテナンスは容易か ○評価方法 ・ユーザーアンケートにより評価	・システムの試作品や商品が作られていない段階では評価は困難	×

4. 2 各コンセプトの評価と実用化・実現化のための課題

(1) 各コンセプトの評価

各評価軸毎に分析を行うとともに、A～Cの3段階評価を行い、それらをトータルして総合的に評価したものが図表4-2及び図表4-3である。A、B、Cのそれぞれの評価基準については次の通りである。

①経済性

A：システムの耐用年数以内でのコスト回収が可能であり、商品化の一手手前の段階である。

B：商品化するためにはもう少しイニシャルコスト低減のための技術開発が必要。

C：まだまだ商品化にはほど遠い。

②環境性

A：化石エネルギーに比してCO₂の発生量が少ない。

B：化石エネルギーと同等のCO₂が発生する。

C：化石エネルギーに比してCO₂の発生量が多い。

③社会性・安定性

A：ユーザーのニーズまたは社会的貢献度が高い。

B：ユーザーのニーズまたは社会的貢献度はあまり高いとは言えない。

C：ユーザーのニーズまたは社会的貢献度が低い。

④総合評価

A：①～③の評価がいずれもAまたはBであり、かつAを2個以上有する。

B：上記以外

図表 4－2 各評価項目の要因別分析

	経済性		環境性	社会性・安定性（アンケート結果から）	
	イニシャルコスト	ランニングコスト	CO ₂ 削減量	ニーズ	課題
①医療用の煮沸殺菌	●システム全体で20～25万円 （レンズは15～20万円）	●開発途上国援助であるため、既存システムとの経済性比較は、意味がない。			●経済性で採算がとれるようになることを望む。
②海水の淡水化	●太陽熱利用海水淡水化システム （シロキ工業・神奈川県工試） ・システムの価格：700～800万円 ・1日3トンの蒸留水を製造		2.61トン/年（灯油）	●化石燃料に替わるエネルギーとして、環境保全のためや、将来の代替エネルギーとして必要なもの考える。	●より効率的な発電、熱交換方式の開発が急がれる。 ●国の補助金が必要である。
③金属の表面処理工程での加温	●シロキ工業名古屋工場の塗装工程の熱源 2300万円（初期投資額）	●年間節約金額：141万円（都市ガス） ・償却年数：9.5年	7.71トン/年（都市ガス）	●年間のエネルギー消費量は膨大な量であるため、少しでもCO ₂ を抑制したいと考えている。	●イニシャルコストの低減 ●年間を通して昼夜を問わず安定したエネルギーが供給できることが必要。（補助熱源が必要になれば二重投資となる。）
④駐車場の給湯	●ソーラー・コイン洗車場 （シロキ工業） ・コイン洗車場建設費：1200万円 ・ソーラー設備：540万円	●年間節約金額 ・灯油：8.05万円 ・都市ガス：15万円 ・LPガス：26.5万円	1.92トン/年（灯油） 0.92トン/年（都市ガス）	●ランニングコスト低減のためには必要。	●導入となると、イニシャルコスト面で運営上収支採算が良くない。
⑤グラウンドの芝育成	●SEGグラウンドモデルプラン （シロキ工業） ・ソーラー設備機器：7300万円 ・ソーラー設備工事：6700万円 ・SEG設備工事：22800万円	●年間節約金額 ・燃料節約額：240万円 ・芝管理費：900万円 ・散水費用：530万円 ・オーバーシーティング費用：450万円 ・合計：2120万円	14.98トン/年 （都市ガス）	●当スタジアムではセルシステムを採用しているため、アンダーヒーティングを始めることは容易。 ●温水の給湯だけでなく、雨天時の強制排水、夏期の水の冷却、地下水の用水などにも採用したい。	●イニシャルコストの低減。
⑥養殖池の加温	●ふ化水槽加温システム（シロキ工業） ・機器費用：80万円 ・ソーラーパネル（10台）：540万円	●ソーラーパネルを使用しない場合の運転費用 ：1日980円	1.72トン/年（電力）	●種苗タンク（水温27～30度）にボイラーの代わりにするものが欲しい。	●安定したエネルギーの供給が得られないと思う。
⑦光触媒を用いた水の浄化	●経済性について評価する段階にない。 ●環境問題を解決するためのシステムであるため、化石燃料を使っているものと比較することは意味がない。			●染色工場の排水対策には有効と思われる	●有効な媒体の開発が前提となる。
⑧融雪				●自然環境問題を考えれば、グリーンなエネルギーの採用は急務。	●現状では経済性からとても導入できない ●滑走路での使用は強度の問題で無理だと思う。（エプロンやターミナル地区では可能。）

図表４－３ 太陽熱利用コンセプトの最終評価

利用コンセプト	経済性		環境性	社会性・安定性		総合評価		
①医療用の煮沸殺菌	B	システム全体で20～25万円程度であり、経済性は低くないが、開発途上国など海外への輸出を考えると、コンパクト化にかかわるコストも考慮する必要がある。	A	他の代替システムが現存しないためCO2の削減量などの定量的な評価はできないが、本コンセプトは特に環境性に問題のある開発途上国での利用が目的であるため環境性は高いと考えられる。	A	アンケートからの具体的なニーズは抽出できなかったものの、開発途上国の医療体制の支援という国際協力の観点から極めて社会性は高いと思われる。	A	医療用の煮沸殺菌は代替システムのない全く新しいコンセプトであると同時に、開発途上国の支援という社会性を持つことから先進国として積極的に取り組むべきである。
②海水の淡水化	C	イニシャルコストが高すぎるため、商業ベースには乗りにくい。	A	現在、淡水化は化石燃料を利用している場合が多く、導入による環境性への貢献は大きい。	A	水不足の自治体を中心に一定のニーズはある。利用についても好天時での稼働が多いと考えられ、安定性も比較的確保される。	B	より効率的な熱交換方式が必要となる。イニシャルコストの低減、補助金等の助成による普及策が必要。
③金属の表面処理工程での加温	B	初期投資額2300万円という価格はユーザーにとって安い価格ではないが、長期的にみてランニングコストを大幅に削減できることから総合的な経済性は悪くない。	A	年間7.71tという大幅なCO2を削減できることから極めて環境性が高いと考えられる。	A	CO2の削減は実際のユーザーのニーズとしても高く、社会性は高いと思われる。環境問題に関する企業と地域との関係を改善する要因となりうる。	A	環境問題の観点から重要であり、企業からのニーズも高い。ただし、安定性の確保が必要条件となる。
④駐車場の給湯	B	灯油やガスに比較してランニングコストは低減されるが、イニシャルコストの回収には20年以上かかる。	A	灯油、ガス等の化石燃料の使用を低減することができる。	B	環境対策をPRしてクリーンなイメージをつくり、他店との差別化を図るためには効果的であるが、コスト回収に時間がかかるためニーズは高くない。	B	イニシャルコスト全体の中でソーラー設備経費の占める割合が大きいとため、コスト回収に時間がかかりすぎる。実用化のためにはイニシャルコストの低減が不可欠。
⑤サッカーグラウンドの天然芝の育成	A	燃料費の節約だけでなく、芝の管理費、散水費用、オーバーシーティング費用も節約されるため、ソーラー機器及び工事費のコスト回収が7年で可能。	A	設備が大規模であるため、ガスを使用した場合に比較してCO2の削減効果も大きい。	A	広いグラウンドを少ない人員と安価な経費で管理するためにはソーラーシステムは有効であり、業界におけるニーズは高い。	A	経済性が良く、社会的ニーズも高いため、実用的な太陽熱利用システムとしてコマーシャルベースに近いものと考えられる。
⑥養殖池の加温システム	C	現段階のシステムでは、ある程度まとまった数のソーパネルが必要となり、それに伴うイニシャルコストの負担が大きい。さらなるコスト低減のための技術開発が必要である。	A	年間1.72tのCO2を削減できるため、環境性には優れている。	B	養殖業などの一定のユーザーからのニーズは高いものの、社会性という観点からは他のコンセプトほど高くはないと考えられる。	B	現段階では経済性に多くの課題を残しており、実用化には時間がかかると考えられる。
⑦光触媒を用いた水の浄化			A	環境汚染物質等の排出も少なく、トータルの環境性は高い。	A	従来の有害物質浄化プロセスに比べて簡便で使い易く、有害物質は完全に分解され、新たな公害源が出ない利点がある。	A	我が国の日射条件での技術開発を行う必要があるが、利用の幅は広い。
⑧融雪	B	イニシャルコストがかかりすぎるものの、ランニングコストは化石燃料と比較して少なくて済む。	A	現在、道路やパーキングエリアの融雪には太陽の重油を使っており、CO2の削減効果が高い。	B	ニーズは比較的高いものの、限定性が強い。道路は有望であるが、空港は強度の問題などがある。	B	経済性は悪くないが、ニーズに偏りが大きいと考えられる。
⑨分散型小型発電（500kw以下）	B	将来的に、6円/kWh～11円kWh程度で十分、系統電力と対抗可能。	A	発電量に見合った分のCO2が削減できる（商用電力だと平成6年現在115.71g/kWh）、環境性は高いものと考えられる。	A	今後分散型電源の需要性が我が国においても増し、小型発電の需要は大きい。特に、燃料供給の困難な所、NOx規制の厳しいところ等での活用。また、蓄電池との組合せで災害用システムとしても有望である。	A	今後エンジンの技術開発次第であるが、我が国においては活用の機会が多いと考えられる。特に災害用としての避難所などへの設置も考慮すると良い。
⑩バイオを用いた下水処理	B	消化槽の上面を透明覆いに変えるなど既存システムに若干のコストアップで設置可能である。	A	昇温用の化石燃料の利用を削減できるため環境性は高まる。また、消化ガスの効率利用も環境性を高める	A	下水処理は、多くの自治体で行われ、ニーズも高い。	A	太陽熱による昇温の効果、反応速度の変化などの実験を行う必要はあるが、ニーズコストの面から有望である。

(2) 実用化のための課題

総合評価をAとしたコンセプトは、技術的な可能性と社会的ニーズから近い将来に実用化が期待されるものばかりであるが、それぞれのコンセプトは実用化までにいくつかの課題を有している。今後の課題について各コンセプト毎にまとめると次の通りである。

①医療用の煮沸殺菌

石油、ガス等の化石エネルギーの乏しい国、あるいは電気を供給するためのインフラが整備されていない国等において医療用に使用するコンセプトであるため、このシステムはコンパクトで輸送性に優れ、かつ安価であることが要求される。現時点においても、集熱レンズとその他の機器でトータル20～25万円程で作成できると見積られるが、更なるイニシャルコストの低減とシステム全体のコンパクト化のための技術開発が必要である。

②金属の表面処理工程での加温

産業用のコンセプトであるため、システムの規模はかなり大きなものとなり、ランニングコストの低下とかなりのCO₂削減効果が期待できる。しかしながら、大規模なシステムであるが故にイニシャルコストも大きなものとなっており、今後商品化していくためにはイニシャルコストの低下とエネルギー供給の安定性が必要である。特に、金属工業の工場は24時間休み無く稼働しているものが多いため季節や天候の変化あるいは昼間・夜間にかかわらず、安定したエネルギーを供給できることが極めて重要となる。

③サッカーグラウンドの天然芝の育成

従来の化石エネルギーを使用したシステムと比較すると、燃料費の節約だけでなく芝の管理費、散水費用、オーバーシーティング費用等も節約されることからコスト回収が約7年で可能という試算であり、最も商品化に近いコンセプトである。しかしながら、イニシャルコストが工事費を含めると1億6000万円を超える大規模なシステムであるため、今後の技術開発による更なるコストダウンが望まれるところである。

④光触媒を用いた水の浄化

汚染物質の分解に関する太陽エネルギーの利用に関しては、酸化チタンなどの光触媒を用いた実験が既に各国で実施されているところである。太陽エネルギーを利用した水の浄化は、光分解の自然なプロセスによって有害物質をシンプルで無害な物質に変えてしまう。この崩壊プロセスは汚染の加熱というプロセスが無く、むしろ毒混合物の化学的結合を解いていくためのものである。従って、他のプロセスに比して電力消費を低減できるとともに従来のように汚染物質を水から除去し、除去した汚染物質を他の位置へ移動して処理するという2つのステップを経る必要が無く、1ステップで処理できるために極めて効果的である。しかしながらこのコンセプトについては、米国でも未だ実験段階であるため、わが国も汚染物質を分解するための触媒や日本の太陽条件に（照度、日照時間等）に適した浄化システムに関して今後研究開発を進めていくことが必要である。

⑤分散型小型発電

太陽熱発電は、集熱方式によって分散型とタワー型に分けられる。我が国においても過去に両方の方式の熱発電システムが開発され約2年間の運転試験が行われたが、我が国の日照条件が好ましくなく、年間を通じて発電できなかったため、実用的に利用されるまでには至らなかった。欧米においては、米国のモハベ砂漠やスペインのアルメリア等において大規模な発電システムが建設され運転が継続されている。しかしながら、タービン発電機を用いて電気を発生する場合には、発電規模が大きいほど効率が良いため、ほとんどのシステムが1MW級以上の大規模なものになっている。今後は、システムの小型化のための技術開発が課題となってくるものと思われる。

⑥バイオを用いた下水処理

環境問題解決のためにバイオテクノロジーを利用するための研究は、各分野において活発に行われているところである。最近では、海洋における油流出事故の処理にもバイオレメディエーションを活用することが考えられ、油膜を処理するための最適な環境条件の設定に関する研究が行われている。従って、バイオに太陽エネルギーを与えて下水処理を行うためには、バイオを用いた下水処理のための要素技術の研究開発から始めることが必要である。

5. 太陽熱利用技術の開発プログラムの策定

5. 太陽熱利用技術の開発プログラムの策定

5. 1 わが国における太陽熱利用の課題

わが国における太陽熱エネルギーの利用技術に関する研究開発は、1974年のサンシャイン計画の開始以来今日に至るまで、給湯、暖房、冷房、冷凍、乾燥等の幅広い分野に渡って行われてきており、それらの研究段階は要素技術のレベルのものからシステムを試作して運転実験を実施したもので様々である。しかしながら、家庭用の温水器とソーラーシステムを除けば、実用化されているものはほとんどなく、かつて運転実験を行ったシステムの現在ではほとんど稼働していないのが実情である。従って今後太陽熱利用システムの研究開発にあたっては実用化のための研究開発に重点を置いて推進していくことが必要であろう。今後の課題について①太陽熱利用のための技術開発、②太陽熱利用のためのシミュレーションソフト、③太陽熱利用の実験フィールドの3つの区分でまとめる。

①太陽熱利用のための技術開発

長期的視野に立って、イニシャルコストを低減する技術開発を推進することが必要である。太陽熱利用システムを実用化する上において最も大きな障害となっているのがイニシャルコストが高いことである。ユーザーアンケートの中でも、太陽熱利用システムは地球環境に良くランニングコストも安価であるが、イニシャルコストが高すぎるために採用できないという意見が多かった。コストにとらわれることなく最先端の技術開発を行うことも必要であるが、これから太陽熱利用システムを普及させていくためには、低コストで実用的な技術開発を行うことがより重要である。

またわが国では、太陽エネルギーは地域遍在のない自然エネルギーと見られがちであるが、地域によって太陽エネルギーの質は異なる。ドイツや英国では太陽エネルギーは自然から与えられた資源で、人為的に制御できない受動的なエネルギー資源であり、従って、高度な技術を導入して能動的（アクティブ）に利用できるほど都合の良いエネルギー資源ではないと思われる。そのため、パッシブソーラーはアクティブソーラーよりも実用化が近い技術と評価されている。わが国では、太陽光発電の導入・普及を積極的に進めているが、ドイツや英国では太陽電池の実用化の評価はアクティブソーラーと同程度の評価である。

今後わが国で太陽エネルギーの開発を進める場合、太陽エネルギーをパッシブエネルギーと考え、また、わが国の地域的な生活様式などを考慮して、今までに開発された技術項目の見直しと新技術の導入についてわが国の太陽条件に適した独自の開発計画の推進が重要と思われる。更に、わが国で実用に供する太陽熱温水器が委託費をもらわないで開発されている点からあと一歩で実用化できる技術を査定・評価して開発を進めるベンチャープロジェクトを進めることによって新しい開発成果を得ることができるともいえない。

②太陽熱利用システムのシミュレーションソフト

要素技術の研究開発が成熟段階にある分野においては、その技術を実用化・商品化するためにコストの削減を行う必要がある。また、コンピューター関連技術の発達により、太陽熱利用システムの組み合わせや、システムと建物のマッチング、また実証試験等をコンピューター上でシミュレートすることが可能となり、開発コストや設置コストを減少させ、普及促進につながる事が考えられる。米国においては、ローレンスバークレー研究所やフロリダ太陽エネルギー研究所等でこれらの研究がなされており、窓を通して流入する熱量をシミュレートするプログラムWINDOW4やビルのエネルギー効率と経済性を設計に反映させるためのシミュレーションプログラムPower DOE等が開発されている。また欧州では、英国のニュータウン開発委員会で省エネルギー性を評価するためのソフトとしてNational Home Energy Ratingを開発し評価を行っておりドイツのフランホファー研究所でも省エネルギー性及び快適性を目的としたシミュレーションソフトの開発を行っている。

しかしながら、日本においては太陽熱利用システムに関するこのようなシミュレーションソフトの研究開発はあまり見られない。その理由としては、これまでの研究開発が要素技術に重点が置かれていたことや、継続的なフィールドテストが実施されていないために基礎的なデータが不足していることなどが挙げられる。今後、新たに取り組むべき研究分野である。

③太陽熱利用の実験フィールド

わが国においては1974年にスタートしたサンシャイン計画の各プロジェクトの中で色々なフィールドテストが行われてきた。特に第2次オイルショック後の1980年以降は太陽熱利用システムを用いた農業用低温倉庫、木材乾燥倉庫、農産物貯蔵用冷凍庫、水産加工用給湯装置等の実験施設が北海道から九州に至るまでの各地において建設されて運転試験が実施されている。しかしながら、それらのフィールドテストはほとんどのものが1～2年、長いものでも数年で実験が終了し、それ以降はほとんど稼働しておらず、施設が取り壊されてしまっているものも多い。

これに比べて欧米においては、大規模かつ組織的なフィールドテストが長年に渡って継続されている。英国のミルトンキーンズにおいては1967年以来、ニュータウン計画の中にソーラーシステムや断熱材料を活用した様々なタイプのソーラーハウスの建設を含む新エネルギープロジェクトが実施されており、蓄積された実験データと一般ユーザーの意見が次の研究開発に生かされている。また、米国カリフォルニア州にあるモハベ砂漠では、1980年代初頭から太陽熱発電プロジェクトが行われている。当初「ソーラー1」としてスタートしたこのタワー集光発電プロジェクトは、一度は失敗したものの1990年代に入って「ソーラー2」として継続され、熱媒体を「水」から「熔融塩」に変えることによって、日照時だけでなく曇天の日や日没後にも効率的に電力を得ようとするものであ

る。このプロジェクトは、米国政府エネルギー省とサザンカリフォルニアエジソン社その他の１０の参加団体が共同でコストを負担し、サザンカリフォルニアエジソン社が運営を行っている。

わが国も、日本の太陽条件に適した太陽熱利用システムに関して大規模かつ組織的なフィールドテストを継続して行い、システムの実用化・商品化に結び付けることが重要である。

5. 2 コンセプトを実現化するための開発プログラム

5. 2. 1 技術開発プログラム

第4章で総合評価をAとした6つのコンセプト（医療用の煮沸殺菌、金属の表面処理工程での加温、サッカーグラウンドの芝育成、光触媒を用いた水の浄化、分散型小型発電、バイオを用いた下水処理）は、いずれも早期の実用化のための技術開発が必要なものである。しかしながら、サッカーグラウンドの芝育成については、実用化のための課題はインシヤルコストの低減のみでその他については特に問題がない段階にまで開発が進んでおり、既に一部の企業においては商品化を検討しているコンセプトであるため、今後は企業側のコスト低減の努力によって実用化が期待されるレベルにあると言える。従って本項においては、それ以外の5つのコンセプトの実用化を目指した技術開発のためのプログラムを提案する。

近年では地球環境問題が世界的な規模でクローズアップされてきているところであるが、日本国内においても湖沼や河川の汚濁は深刻な問題となってきた。従って、「光触媒を用いた水の浄化」や「バイオを用いた下水処理」のようにクリーンな太陽エネルギーによって汚水を浄化するコンセプトは、国や地方自治体等の政策としては極めて重要な意義を持つものであり、国内におけるエネルギー問題対処という観点から最優先して取り組むべきものであると考えられる。「分散型小型発電」は、僻地や離島における発電のために必要なコンセプトである。発電方法には、スターリングエンジンによる発電と熱電素子発電の2つがあり、いずれも既に研究が進められているところであるが、これらを小型化して実用化するためには今しばらく要素技術の開発に時間を要するものと思われる。また、「金属の表面処理工程における加温」を実用化するためには、企業のインシヤルコスト低減努力を促すとともに、優れた長期蓄熱技術を開発することが必要不可欠である。夏季の太陽エネルギーを冬季に使用したり、あるいは晴天時の太陽エネルギーを雨天時に使用できるような蓄熱技術が開発されれば、太陽熱エネルギーによって24時間安定したエネルギーを供給することが可能となる。国内のエネルギー問題解消に寄与するためには、優れた蓄熱技術の開発が望まれるところである。

以上のことから、太陽熱エネルギーを実用化するためには、「光触媒を用いた水の浄化」及び「バイオを用いた下水処理」のための技術開発を最優先し、次いで「分散型小型発電」及び「金属の表面処理工程での加温」のための開発を行うことが重要であると言える。特に、触媒・バイオ等のソーラーケミストリーや生物学的な太陽熱（光）利用は、我が国の高い技術力で世界をリードしていく分野であると考えられ、今後より一層の研究開発が必要である。早期に開発項目の探索を行い、実用化へ向けた取り組みへの支援が望まれる。（現在考えられているソーラーケミストリーや生物学的な太陽熱（光）利用の技術的テーマの一例を図表5-1に掲載する。）

更に最近では、P K Oや国際緊急援助隊の活躍にも見られるように、日本が海外において医療や救援活動を行う機械が増えてきており、今後ともこのような需要は益々多くなる

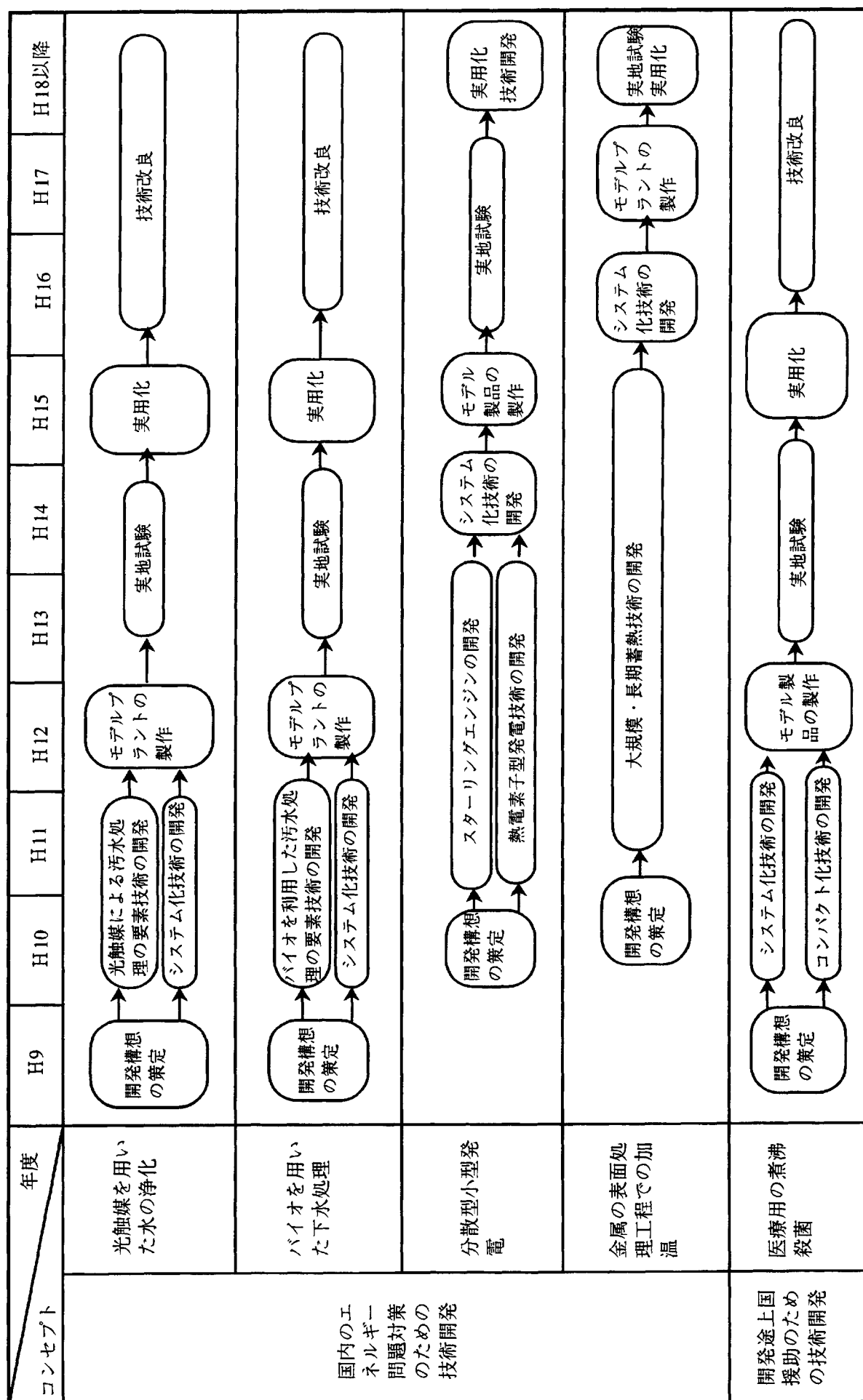
ものと予想される。従って、「医療用の煮沸殺菌」のコンセプトは、インフラが整備されていない開発途上地域や僻地において救援活動を行うために必要なものであり、経済的な利・不利にかかわらず継続して研究開発を行い、早期に実用化することが必要である。

上記5つのコンセプトの技術開発のためのプログラムの一案を図表5-2に提示する。

図表5-1 太陽エネルギーの化学的利用（ソーラケミストリー）及び生物学的利用のテーマの一例

	テーマ	概 要
化学的利用	●電気エネルギーへの変換 ○太陽エネルギー変換と光化学電池	・溶液を含む「湿式光電池」は、固体素子に比べて系が複雑なために将来の展望も期待されており、電気エネルギーを得るのみでなく、水を水素・酸素に分解するなどの化学的変換の可能性もあり、貯蔵し得るエネルギーへの変換法として大いに期待がもたれている。
	○ポリアセチレンを使った太陽光発電素子と蓄電池	・太陽光発電素子の材料として、シリコンなどの無機半導体ばかりでなく、シアニン色素などの共役系有機化合物についても活発な研究が続けられているが、最近ポリアセチレンがその素材として注目を集めている。
生物学的利用	●光化学反応とエネルギー蓄積 ○太陽光エネルギーの科学的蓄積	・太陽光の作用により、低いエネルギーの物質から高いエネルギーの物質を合成し、これを何らかの方法でもとに戻し、その際放出されるエネルギーを熱エネルギーあるいは電気エネルギーの形で利用することができればその意義は極めて高い。
	○光化学と触媒としての金属錯体	・触媒の面から見た金属錯体と光化学反応とは緊密なかかわり合いがあり、これに太陽エネルギーを用いることは有効な利用手段の一つである。
生物学的利用	●太陽エネルギーによる燃料生産	・乾燥バイオマス（木材、切屑など）や湿潤バイオマス（下水汚物、水生植物など）を資源として、生物法や燃焼・過熱法等の変換技術によって生成された燃料は今後ますます重要になってくると考えられる。

図表 5-2 技術開発のためのプログラムの一案



5. 2. 2 シミュレーション開発プログラム

シミュレーションソフト開発については、以下のようなツール、システムが挙げられ今後検討を行うことが望まれる。また、海外における太陽エネルギーシステムの各国の開発利用状況を図表5-3に示す。

①パッシブソーラーハウスの設計ツール

機器リスト、建材リスト、データ（負荷データ、日照データ、その他のエネルギー供給データ）、必要があればコスト情報も含まれる。（建物エネルギー分析プログラム日照シミュレーション、日照と内部照明シミュレーションも必要）また、IEAのタスク18もこの分野の特に窓割りシステムなどに関するシミュレーション開発である。

②アクティブソーラーシステムのベストミックス型設計ツール

太陽熱利用システムとボイラー、コジェネレーション、冷暖房用機器（吸収冷凍機、ターボ冷凍機など）、蓄熱槽等の統合利用設計ツール。

現在我が国においても、太陽エネルギーを利用しないものでは、様々なソフトシステムがある。

（ソーラー及び他のエネルギー機器を用いた空調設計ソフト。ビル用、住戸用、住棟用、地域エネルギー供給型等の用途別ソフトが必要）

③システムの評価分析

太陽熱利用システム導入を検討するためのシステムで、経済性を中心に、省エネルギー評価、環境性評価が可能なシステム。特に経済性は、単なるシステムコスト比較ではなく、資本最適化、運営費最適化等の長期的比較もできることが必要。

また、経済性の他に、正味エネルギー利用料、エクセルギー評価システム、環境性評価システム（CO₂削減、局所NO_x削減）などが、太陽システムの評価の場合重要な要素である。

④太陽熱利用システム建築デザインシステム及びデザインシミュレーター

太陽熱利用システムの建築デザインを行うためのシステムで、アクティブシステムの場合の外観、機器の効率配置などについての支援。また、パッシブシステムの場合は建材や建物との一体化が、需要家のニーズに答えなければならずCAD、CAM等を利用したツールが必要。これについては、海外でもいくつか開発例がみられる。

発達すれば、VR技術を利用したビジュアルツールにより、外観や内装をより立体的な図面で臨場感をもって見ることができ、普及促進を図る事ができるツールもできる。

以上の様な、5種類のタイプのソフトが考えられるが、これらのソフトの開発については、我が国の状況を鑑み、ソフトに関する関係者（設計者、太陽熱利用機器メーカー、建設会社等）、必要なソフトについての選定・開発優先順位、開発主体の設定など役割分担の明確化および開発体制、海外との協力の可能性などを探る必要がある。特にパッシブなソフト

や建築デザインツールなどの開発が臨まれているものと考えられるし、実際の開発にかわってシミュレーション的に、太陽熱利用レジンジや太陽熱利用都市を作成、各種データを用いて実験をコンピュータ上で行うことも検討に値するものと考えられる。

図表 5-3 太陽エネルギー利用システムに関するソフトシステムの各国の開発、利用状況

国など	ツール名・プロジェクト名等	内 容	備 考
ヨーロッパ共同体	PASCOOLプロジェクト	夏季の過熱を防ぐことのできるパッシブ冷房技術を地中海の会員諸国のために、設計ツールの開発を使用とするもの。	・建築設計ツール
	プロジェクト COMBINE 2	統合建築設計システム (Integrated Building Design System)の開発 関連設計ツールとしてコスト、建築規則、製品カタログが含まれる。	・建築設計ツール
	プロジェクト PASLINK	パッシブソーラー建築構成機器の試験方法の開発。限られた数の構成機器の比較試験結果を実際の建築構造に適用。	・シミュレーションツール
フランス	ソーラー暖房システムの計算	単純化されたソーラー暖房システムのコンピューター計算方法の開発	・シミュレーションツール
	人工知能設計ツール	現在不明	・設計ツール
ドイツ	パッシブ分野	熱モデリング・分析設計のツール開発	・建築設計ツール ・シミュレーションツール
イタリア	太陽放射地方地図作成	設計及びソーラー資源評価のための国全体の地上の太陽放射地方地図作成用の人工衛星データの編集	・データ
	単純化建築設計ツール	国の建築基準法に適合する単純化されたパソコンツールの開発	・建築設計ツール
	熱挙動シミュレーションツール	熱挙動分析ツール	・シミュレーションツール
オランダ	コンピュータモデル	コンピュータシミュレーションツール (内容は不明)	・シミュレーションツール
	人工知能制御システム	暖房給湯用の太陽兼ガス吹きボイラーの組み合わせのもの	・制御システム
スペイン	パッシブソーラーシステム支援	パッシブソーラーシステムのシミュレーション及び計算手法の開発	・シミュレーションツール
スウェーデン	パッシブ支援	シミュレーションプログラムの開発	・設計ツール
米国	パッシブ支援	パッシブソーラーシステムの建築設計支援ツール 分析ツール (昼光照明/熱的性能予測不法)	・シミュレーションツール ・設計ツール

5. 2. 3 太陽熱利用技術実験フィールドの提案

本項では、太陽熱利用の実用化を促進させる太陽熱利用技術の実験フィールドの必要性を検討し、イメージ図を示す。

(1) 太陽エネルギー利用の意義

欧州では、E C域内での環境問題（特に地球温暖化問題）の激化が国の領土問題にまで発展しており、化石燃料依存からの脱却への意識が強く、環境にやさしい太陽エネルギー利用への積極的な取り組みがなされている。

これに対して、我が国ではC O₂等の削減を目的とした化石燃料依存の低減、アジア諸国のエネルギー利用増大によるエネルギー需給構造の逼迫化への準備といった観点から太陽エネルギー利用を進めていく必要性が高いと考えられる。

(2) 太陽熱利用技術実験フィールドの必要性

このような中で、欧州（特に英国）では、政府のニュータウン計画の中にエネルギーパークを取り入れて新エネルギーのフィールドテストを行うなど、実用試験に積極的に取り組んでいる（参考資料2参照）。

しかし、我が国では、太陽熱利用関連の要素技術の研究は多くなされてきたものの、実用試験での研究はほとんどなされていないのが現状である。今後、開発された要素技術を具体的な太陽熱利用システムの実用化に結びつけるためには、これまでの研究成果を生かして、様々な技術を複合させた実用試験を行う実験フィールドを展開し、継続的な実験、データの蓄積、成果の積み重ね、ユーザーニーズの把握（ソフト面での研究）を行っていくことが必要になると考えられる。また、その実験施設（システム）や実験データを広く一般に公開することにより、太陽熱利用システムは国民に馴染み深いものとなり、信頼性が向上するとともに、次の段階の研究開発の方向性を明らかにすることも可能になる。

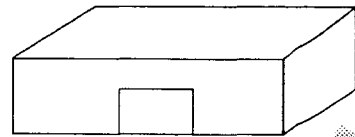
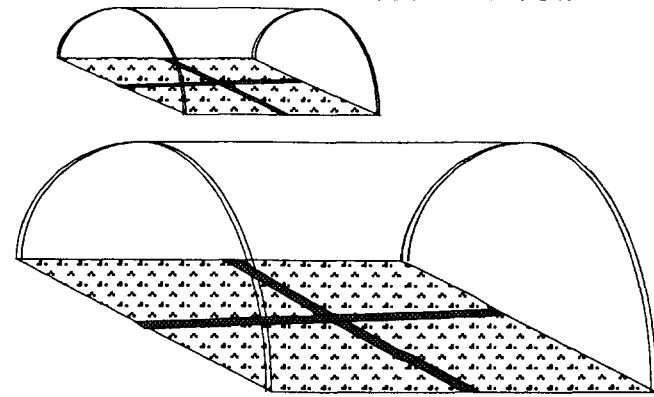
ここでは、太陽熱利用技術実験フィールドのイメージ図を次頁に示す。

太陽ビレッジイメージ図

太陽熱の化学変換、光合成などを取り入れた農園である。
この農園では種々の作物の栽培を行う。

農園

光合成・化学変換・乾燥

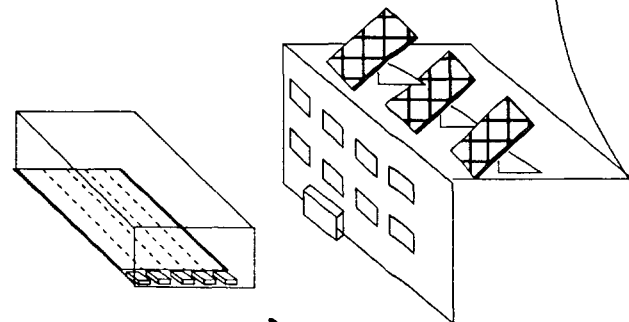


バックアップシステム

石油・ガスなどのバックアップを整備する。

学校

冷暖房・給湯・温水プール

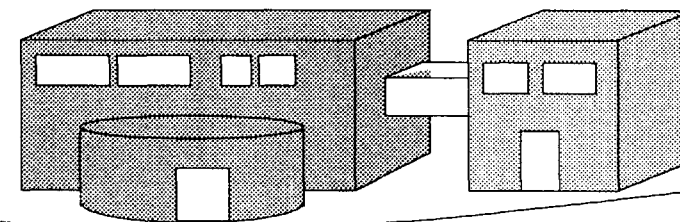


冷暖房をはじめ、温水プールにも太陽熱システムを用いる。
また、各教室ごとに通常の暖房の他、床暖房を導入する。

博物館においては世界で行われている太陽システムの研究・
開発・実証試験及び実用化状況などの情報・資料を展示する。
また、付属の図書館においては関連文献を貯蔵し、広く一般
に開放する。

博物館・図書館

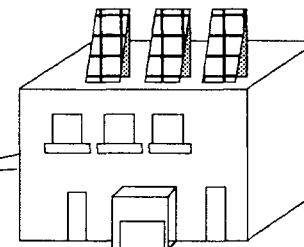
情報蓄積・発信



融雪道路

研究所

研究・開発



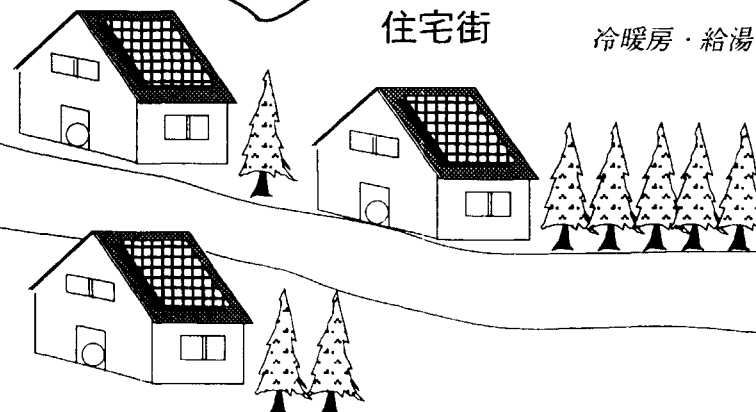
研究・開発ゾーン

創造ゾーン

トロンブ壁や真空窓等の太陽熱システム（技術）を各戸に設置し、
有効なシステムを検証する。
また、定期的に住民に対してアンケート調査を行い、ユーザーサイド
からみた問題点などを明らかにする。

住宅街

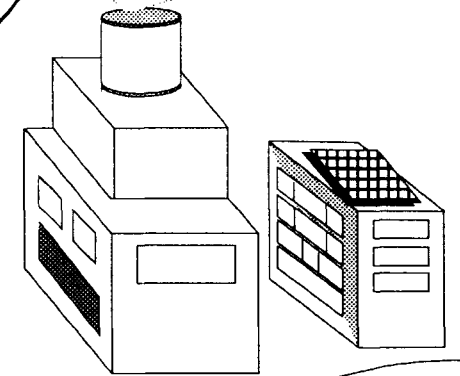
冷暖房・給湯



太陽熱・光等を用いた工場排煙等の浄化、
場内エネルギーへの適用など、他に比べて広
い利用の方法を試験する。

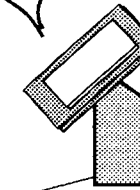
工場

換気空気加熱・排煙浄化



CO2 -30%

環境値測定板

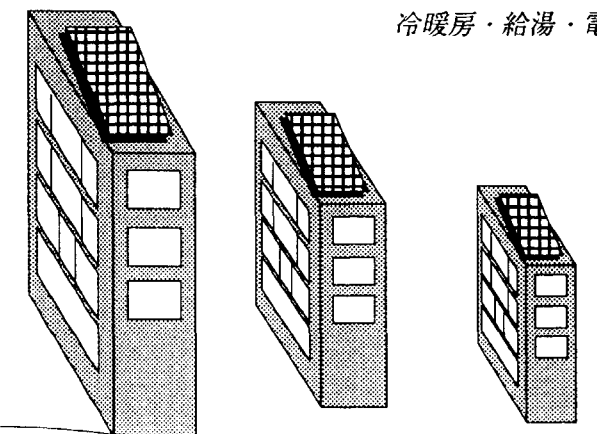


国からの研究補助費等をもとに、専門家が研究を行う。
この場では特に、新しい太陽熱システムの利用コンセプト
を策定し（創造ゾーン）、それに関する技術的な課題等を
研究し、商品の開発を試みる。
また、商品の市場性が高まった時点で他のエリア（工場、
住宅等）に試験的に設置し、実用化の可能性を探る。

冷暖房の他、太陽電池により電気を送電する。

オフィスビル街

冷暖房・給湯・電気



参 考 資 料

参考資料1 海外における技術開発の状況

国名	国の補助及び奨励策	研究・開発の状況	実用化の状況	商業活動
オーストラリア	なし		・最大の課題は、この国には比較的安価な化石燃料資源があるということで、市場での価格競争は厳しい	・長期に活動している主要な太陽温水器製造業者 数社 ・P V製造業者 2社 ・総計300.000基の太陽温水器システムが設置されているが、不況とエネルギー価格の安いことによって太陽市場が影響を受けている
オーストリア	・国・ソーラーシステムに対する税金優遇 ・州政府・バイオエネルギー及びヒートポンプシステムへ20%補助	・水泳プール及び家庭給湯加熱用の経済的で効率の良い寿命15年以上を目標とした集熱器 ・経済面及び環境面に特に関心を向けたソーラーエネルギーの直接（集熱器）及び間接（ヒートポンプ）利用加熱システム ・家庭給湯用及び水泳プール用の加熱器の開発及び最適化 ・家庭給湯用ソーラーシステムの開発 ・高レベルの断熱を持った開発途上国で使用する太陽冷房システム ・ソーラーシステム、ヒートポンプ及び太陽光発電システム性能評価用試験設備	・現在、設置された集熱器の総面積は、約725,000㎡であって、その内41%は水泳プール用、51%は温水器である。 ・ソーラー技術による年間加熱出力は、現時点で、大ざっぱにいて240GWhで、これは、石油の64,000 t の節約と一致する ・太陽発電システムの市場進出は、まだ初期段階にある	・1992年には140.000㎡、内60%は、太陽温水器、40%は水泳プール用 ・設置された集熱器の50%はdo-it-yourselfグループによるもの ・1992年間に350kwpのP Vシステムが設置されている
ベルギー	なし	・パッシブソーラー建築について建築材料、構成機器等の研究が行われている	・パッシブソーラーが、近代的な建築プロジェクトで広く採用されている	・活動的なアクティブソーラー企業は 3社 ・現存住宅の付設温室のレトロフィットがなされている
カナダ	・費用分担契約を結んだ私企業及び種々の研究機関に対し、75%の資金援助を行っている ・ある種のソーラーエネルギー生産期機に対する減価償却促進	・アクティブソーラープログラムの重点は、暖房を除く低温（<60℃）加熱におかれている。最優先は①住宅用温水加熱（低流量温水加熱器の性能の改良とコスト低減）、②商業/工業用の換気空気加熱（新しいソーラー集熱板の開発と評価）、及び養殖水産用の加熱となっている ・パッシブソーラープログラムは、高性能窓の開発と採用、革新的窓のR & D、昼光照明及び太陽エネルギー取得を最適化するためのシステム統合化に重点がおかれている。	・エネルギー価格が安いため、多くの都市でP Vは競争できないが、エネルギー消費量が在来住宅の1/4となる技術革新的な住宅プログラムでのパッシブ技術の性能が期待されている	・活動的な小・中企業 3社 ・住宅用太陽温水器に対するS-2000計画によって電力会社の関心が高くなってきている ・2000年までの目標、10.000基 ・多孔空気式太陽集熱器（ソーラーウォール）が増えてきている ・設置P V容量800kwp ・最初の太陽電池は、1993年に製造が開始された
C E C	・大学及びその他の教育機関に対して” 限界コスト契約” 導入されており、プロジェクトの割り増しコストに対してC E Cから全額補助がなされる ・個々のプログラムは、原則として50/50の費用分担契約に基づいて実施されている	・低エネルギーソーラー建築の革新的で優れた設計を承認し支援し、以前から開発されている分野に新しい設計構想を拡大（ソーラー住宅プログラム） ・地中海会員国においてパッシブ冷房を適用した場合の加熱を防ぐための設計指針及び設計ツールの開発（PASCOOLプロジェクト） ・昼光照明用のグレージング材料の級付け、定量的及び定性的な評価手順を開発するための昼光照明用として入手可能なグレージング材料の特徴付け ・インテリジェント統合化建築設計システムの開発 ・モノリシックシリカエアロゲル空間付きの真空窓、固体エレクトロクロミック可変透明窓、ホログラフィック光学装置によるパッシブ太陽コントロールプロジェクト（革新的グレージング）		

デンマーク	・性能によりシステムコストの25%補助 ・エネルギー省による大学、研究機関、工業に対する研究資金提供	・IEA SHCタスク13プロジェクトに関連し、デンマークでは2戸のソーラー住宅の設計が開発されている。高断熱、アクティブ及びパッシブソーラー、エネルギー効率の良い照明及び電気器具並びに節水装置との組み合わせが、需要レベルを低くするために使用されている。これらは、大型の連続四半径円形屋根構造によって窓を南に向けることが可能になっている。 ・Egebjergにおける100戸の住宅用トータルエネルギーシステムでは、地方のコージェネレーション及びパルス運転の低温直接暖房設計とを組み合わせることにより、トータルエネルギーの節減を図っている。このプロジェクトでは、1アパートあたり6m²の一体型太陽集熱器が温水供給と暖房に使われている。 ・Nordicの低エネルギー住宅プロジェクトでは、以下の7つの特徴を取り入れている。①増設断熱②低-e窓③蓄熱コア④ハイブリッド太陽暖房⑤温水供給用アクティブソーラー⑥熱回収⑦共同熱供給 ・デンマークの多くの建物は、石造又はコンクリートの壁であり、維持保守が大きな問題となっているが、これに対して、ソーラー壁によるレトロフィットによって省エネルギーと建物の維持保守とを兼ね備えることが出来る。しかし、現在までのところコストが高い。	・製造業者によると、年間5000基のソーラー暖房の販売量があれば、価格を25%低減でき、将来の市場も確保できる	・活動的な太陽加熱製造業者 8社 ・設置の顕著な増加；1982－88年 100-200/年 ・設置P V容量800kwp, 1990年2000基
フィンランド	・ソーラーを含む新しいエネルギーシステムに対して、総費用の40%までの補助（個人は申請できず、会社のみに限定） ・ソーラー研究開発に対する資金援助額は、過去5年間、極めて安定しており、長期研究が強調されている（1992-1993年度会計年度では約1200万FIM）	・今日の主なソーラー活動は、長期蓄熱問題及び太陽光発電に関するものである。 ・ソーラー建築の研究開発で最近達成されたものは①地域暖房を取り入れたソーラー暖房システムのデモンストレーション②数軒の建物一体型太陽光発電システム③省エネルギー50%の低-エネルギー商業建物のデモンストレーションである。	・アクティブソーラー住宅、温室数百軒、大型グレージング空間、穀物乾燥設備、及び夏季別荘用P V	・太陽温水器についての活動はほとんどなし ・別荘用に数千のP Vシステムが設置されている ・パッシブソーラー技術が住宅建築に広く採用され、ショッピング及びレクリエーションセンターに大型グレージングサンスペースが設置されている ・パッシブは、広く建築業社、断熱材料業者及び空調工業によって支持されている
フランス	・海外省・太陽温水器とP Vに対し12－15%補助 ・フランス南部のある地方及びコルシカ・住宅用又は地域社会建築用のデモプログラム	・アクティブソーラーの分野においては、多数の太陽熱利用技術が現在は成熟した段階に達している。最近の主な研究開発分野は以下の通りである。①集熱板の選択急襲膜②高性能真空管型集熱器③屋根一体型集熱器④高温熱媒体④ソーラー暖房システムの単純化されたコンピューター計算方法⑤低廉なモニタリングツール⑥人工知能設計ツール⑦ソーラー冷房実験 ・真空モノリシックシリカエアロゲルを使用した高断熱窓の研究・開発 ・幾つかの研究所において単結晶シリコン、アモルファスシリコン及び薄膜多結晶材料についての特別プログラムが行われている。	・アクティブソーラー分野において、以下が実用化されている。①屋外水泳プールのソーラー加熱②戸建住宅の温水供給③年間を通じての住宅又は建物（病院、ホテル、兵舎等）に使用される大型温水供給システム④アクティブソーラー暖房	・活動的な太陽業者は、30社（1980年代初期）から6及至8社に減少 ・1992年には13.000m²製造され、水泳プール用カバーなしの集熱器10.000m²
ドイツ	・1994年のアクティブソーラー補助予算1.000万DM ・1992年の州のデモンストレーションプログラム総計2.500万DM ・"1000ルーフプログラム"の下での70%の補助が1－5kwの2000戸の屋根一体型系統連携P Vシステムに対し許可された	・アクティブソーラー技術の主な活動としては、長期モニタリングプログラム、標準化された動的試験方法、革新的機器及びシステム構想の研究開発、デモンストレーションプログラム、太陽熱2000があげられる。 ・蓄熱に関する主な活動としては、長期蓄熱技術（水ビット蓄熱、土中ダクト蓄熱、帯水層）、冷暖房用の革新的蓄熱構想があげられる。 ・パッシブソーラー及び省エネルギー技術の主な活動としては、革新的材料・機器及びシステム、（太陽）低エネルギー建築、熱モデリング・分析及び設計のツール、昼光照明があげられる。		・過去数年、市場はかなり拡大したが、まだ安定したものではない ・信頼できる年間生産量及び設置酢量のデータはない ・1991年及び1992年間水泳プール用集熱器を含み、約100.000－150.000m²の太陽集熱器が設置されている ・小企業約15社、大企業約25社

イタリア	・再生可能エネルギー設備にたいし50%までの税金優遇措置 ・州政府によって40%までの認可	・特にパッシブ又は半パッシブ冷房システムに注意を払った南部の気象条件に適合する新実験建築の設計 ・エネルギー及び光学的特徴付け及び革新的透明断熱材の開発 ・設計及びソーラー資源評価のための国全体の地上の太陽放射地方地図作製の人工衛星データの編集		・活動的なソーラー製造業者、10社以上 ・1980年代の生産は年間80.000を超えていたが、現在は年間5.000㎡に落ちている ・リスクを引き継いだエネルギーサービス会社の設立によって、販売量は増加されるであろう ・2MWのP Vが遠隔地の住宅に設置されている
オランダ	・アクティブソーラーシステムに対しD F 1600/㎡まで補助（1994年の補助は、システム性能によることになる予定 ・最低容量160w p のP Vに対し8D F I /w p （1994年6 D F I）補助	・オランダにおける太陽熱エネルギーについての研究計画の3つの主要目的は（1）40%安い太陽温水システムの開発（2）市場導入の促進（3）革新的太陽利用の開発である。 ・研究開発項目は以下の通りである。①全般（コンピューターモデル、極限気象条件における試験）②材料及び構成機器（高効率低流量ポンプ、軽量低流量集熱器、蒸気凝縮システム）③システム開発（コンパクト予熱器、一体化加熱装置、革新的利用）④市場導入（電力会社及び消費者） ・また、市場開発を基にして、研究開発は（1）組合せボイラ又は自動湯沸器に連結できるコンパクトな予熱器（2）太陽集熱器と連結された暖房装置との一体化井について始められた。以下の3形式の予熱器が開発され現在試験中である。①蒸気凝縮を持つ同心管（実地試験）②透明断熱材を施した平板ステンレスタンク③低流量集熱器 ・太陽集熱器と結合するに適した暖房装置との一体化の分野には、3つの選択肢がある。①温水用特別熱交換器②大型蓄熱槽③人工知能制御システム 研究開発は、暖房給湯用の太陽-兼-ガス炊きボイラについて実施されている。 ・低エネルギー住宅の特徴は以下の通りである。①高断熱②バランスした換気③パッシブ冷房及び日射遮蔽④太陽給湯システム⑤透明及び柔軟構造	・アクティブソーラーシステムを使った花の球根乾燥システムがリッセ市に設置。	・アクティブソーラー製造販売に10社が関わっていた ・販売は急速に伸び、1993年には40500、数年内には15.000に達するものと期待されている ・電力会社が重要な役割を担っている ・P V製造業者が2社あり、幾つかのモジュールが輸出されている ・設置された容量は、1992年末に1.3Mw pであった
ニュージーランド	なし		・ヒートパイプ鋼製平板型集熱器、柔軟性メンブレンカバーを用いたSola60集熱器等（Thermocell社）	・太陽温水器の製造業者数は、2年前3社であったが現在は8社ある ・省エネルギー、低金利及び乾燥年の水力電力不足に対する関心から市場は伸びてきている
ノルウェー	・穀物乾燥を除き、太陽設備に対し2.50NOK /k w h の認可	・新しい技術開発は、往々にして新材料に負うところが大きいことから、新材料の研究に大きな重点がおかれてきている。興味のある材料は、透明断熱材（モリシクエアロゲル）、エレクトロアクティブポリマー及びソーラー品質級のシリコンである。		・アクティブソーラーの市場は、非常に限定されたものであり、総ソーラーシステムの設置数は250である ・50-60w p のP Vシステムが1992年に5000、年間販売数5000システムであった
スペイン	・20㎡のソーラーシステムに対し16.000pts/㎡ ・50㎡の場合3000pts/㎡補助 ・建物のパッシブを含む省エネルギーに対し20%補助 ・屋根設置型連携系統P Vシステムに対し1220pts/w p 補助 ・地方政府によってパッシブソーラーに対し補助	・アクティブ及びパッシブソーラーエネルギーの研究開発は、再生可能エネルギー研究所で実施されており、最近、パッシブソーラーの研究に力をいれてきている。 ・アクティブソーラーについては、太陽熱海水淡水化プロジェクトが、現在、Plataforma Solar de Almeriaで実施中である。これには、ソーラーシステムへ在来の多重効果システムの一体化の研究が含まれており、吸収ヒートポンプは本年度中に終了予定である（1994年現在）。		・集熱器の製造業者は6社あり、現市場には多すぎる ・1992年には、300.000㎡の集熱器が設置されたが、石油価格の低下によって市場は冷えてしまっている ・P V製造業者は2社（約1MW/Y）あるが、国の需要を超えている

スウェーデン	・小型太陽熱システムに対し35% ・大型システム、例えば、地域暖房に対し25%補助	・「パッシブ」システムは、スウェーデンの実規模プロジェクトにおいてはハイブリッドシステムとされる。現在、パッシブについての研究開発活動は、幾つかのシステムの実規模システムの評価及びシミュレーションプログラムの開発に集中している。 ・アクティブシステムに関しては、80年代の初めから、スウェーデンの研究プログラムは、大型ソーラーシステム、例えば、地方の地域暖房ネットワークに接続した長期蓄熱付き又は無し的大型集熱器アレイの開発に重点をおいている。システム技術は、実験設備においてかなり開発されてきており、給湯用及び暖房用のソーラー加熱システムは、技術的に戸建住宅及び集合住宅の両方に適用できる。 ・今後の重要な研究分野は①集熱板の選択吸収膜②集熱器の対流防止③平板型集熱器の最適化④平板型集熱器用反射鏡⑤「新」集熱器-CPC、集光、真空⑥大型システム設計の改良⑦新材料：プラスチック及びポリマー⑧低温システムの研究⑨ソーラー改修⑩試験方法⑪植物、熱及び電力発生と組み合わせたソーラーシステム		・商業活動は、製造業者の減少（5社以下）と共に減ってきている ・1992年、一製造業者によって集熱器7.000m² 生産されており、そのほとんどは輸出向けであった ・P Vは1992年に製造が始められ、生産能力は、年間4.5MWである
スイス	・アパート群の太陽温水器に対しS F r 300/m² ・学校校舎のP Vに対しS F r 5000/kwp補助 ・公共建築に対する補助 ・カントンは他の補助をしている	・ソーラー化学については、以下の研究がなされている。 ①ソーラー光化学及び光熱プロセス②ソーラーによる燃料の生産及び化学製品の内、将来性があり生態的に受容できる構想 ・ソーラー建築については、以下の研究がなされている。 ①ソーラー空気システム及び自然光利用の研究②アクティブ、パッシブ構成機器と建築とのよりよい一体化 ・アクティブソーラー暖房及び給湯については、以下の研究がなされている。①集熱板塗装をを含み新材料使用によるコスト低減②標準化技術の導入	・標準化され、効率の良い、太陽給湯設備が完成している ・各種建物における昼光照明とp vとの組合せ	・50社以上の製造業者が輸入、アクティブ及びP Vの設置に携わっており、システムの設計及びエンジニアリングを行う55の建築家とコンサルタントがいる ・1992年には一製造業者が139.000m²の集熱器を設置し、水泳プール用に96.000m²牧草乾燥システムに330.000の集熱器が設置されている ・du-it-yourself グループが集熱器の製作に活発に活動している ・5.2MW p のP Vシステムが設置されている
トルコ	- なし ・政府研究所、大学に対しては、援助、推奨製作が制定されている	・ソーラー放射量計測ネットワーク ・パッシブソーラー空気加熱システム 人口密度の高いアンカラ市内の多層階建物にソーラーエネルギーを利用するシステムである このシステムにおいて、南側のサンルームで得られた熱は、天井と床に設置された空気ダクトによって北側の温室に送られる ソーラーエネルギーは限定された空気容積を負うだけであるので内部空間の熱損失が減るため、非常に高い効率達成されている	・主要製品は、給湯用平版型集熱器である	・ソーラーエネルギーに200以上の私企業が参入している ・11社は全国ベースで販売している
英国	- なし ・貿易工業省、環境省が、関係プログラムを進めている ・新建築の仕様制作者及び設計者ならびに床面積500m²以上改修計画プロジェクトは、建設省エネルギー支援局によって運営されているエネルギー設計助言サービスより一日の無料コンサルタントと助言を受けることができるもし合理的な省エネルギーの見込みがある場合には、建築形式②より、専門的なコンサルタントを受けられ、これには50%までの補助金が与えられる	・住宅の設計研究 大型単一家族住宅、多家族集合住宅、改修、温室など ・非住宅建築 業務ビルなどの昼光照明と置き変えて、電気照明のエネルギーの節減の可能性を求める ・新しいグレーディング材料について多層ガラス塗装から電気制御可変透過度フィルムおよび真空窓もでのもので、技術的および市場の評価問題の検討 ・光変換プロセス 電気化学光発電電池および水素発生のための光生物学システムの可能性		・アクティブソーラー 集熱器製造業者 約7社、輸入業社 4社 設備業者 16社 集熱器供給業者 2社 ・1992年の集熱器販売数13.000m² 内70%はD H W ・小P V工業 製造業者 2社、輸入組立業者 6社、コンサルタント 6社 ・国内P V市場は小さい ・輸出 5.5MW

米国	・エネルギー効率担保を除き、なし ・ある州では、太陽装置に対し税金優遇をしているところもある	・アクティブソーラー冷房・暖房 ・パッシブソーラーとエネルギー技術の統合化 ・エレクトロクロミック材料 ・P V 建築	・発散空気式集熱器の最適設計モデルは完了 ・二つの国立公園内にある基準建築は、ソーラーエネルギーを含む効率の良いシステムとを使用した建築が、化石燃料への依存度を減らし、又、経済的に競争できるものであることを示している ・小商業ビル用のパッシブソーラー建築ソフトウェアプロトタイプが開発された	・1991年、プール加熱用集熱器512.000㎡、D H W93.000㎡が製造された ・数社が市場を支配している ・消費者のパッシブソーラーに対する関心は強い ・P V 市場は増えつつある ・1991年、3MWのP V モジュールが建築に採用され、これは総生産額の約20%である ・輸出は、引き続き輸入数をかなり超過している
タイ	・環境保全を目的として太陽熱機器を導入する場合には、輸入の際に関税引き下げ優遇措置（通常の工業投資の場合には30%のところを5%に引き下げ）があり、その適用要件は、B O I（投資委員会）およびM S T E（科学技術環境省）の審査に基づいて決定される ・王室の基金に基づいた「ロイヤルプロジェクト」では、辺鄙な農村部での自然エネルギーの農業利用を推進しており、太陽熱乾燥機や温水器の普及を図っている ・D E D P（エネルギー開発・普及局）が中心となって、ホテル、病院における温水供給源として、太陽熱温水器の普及を推進している	・果実、タバコ、ゴムなどの乾燥工程ための、低コスト・メンテナンスフリーの機器として、温度差によって通風させる乾燥機の開発・普及が進められている ・定温貯蔵庫についても、低コストでメンテナンスの必要の少ない簡易なものの開発が進められている	・D E D P の推進策により、ホテル、病院など国内の数カ所で太陽熱温水器が使用されている ・乾燥機はまだ、試験的設置の段階にとどまっている ・民生用温水器はあまり普及していないが、今後価格が下がれば、より普及すると考えられる	・民生用の太陽熱温水器の生産はタイ国内では行われていず、海外の温水器メーカーが参入している
マレーシア		・太陽熱乾燥の研究開発は、海外援助機関との共同プロジェクトとして、カナダとの間で実施されている ・温水器、乾燥機ともに、従来の動力機器との経済性の面での比較検討が行われている	・住宅用の屋根据え付け型太陽熱温水器は、すでに国内生産され、一定の普及をみているが、依然として価格が高く、普及には時間を要する ・産業用温水器については肥料工場、病院、ホテルなどへの設置例が数例ある ・太陽熱乾燥については産業利用に関心が寄せられているが、現段階では実用化されておらず、ゴム、カカオ豆、米の乾燥機デモシステムで実証研究が行われている	・市販の住宅用太陽熱温水器メーカーには、輸入業社が2社、国産が4社ある ・販売実績は、2,730台（5,460㎡）である
インドネシア	・14,000近くの島々からなるため、離島等遠隔地に居住する人々にとっての広範な可能性を持つ太陽エネルギーの利用形態として、特に太陽熱ポンプの開発・普及が1980年代初頭より積極的に進められている ・現在、百万個のソーラーオーブンの供給を目標とする普及活動が、政府の支援の下で実施されている	・ポンプ、温水器、滅菌装置、（農作物）乾燥、について主にドイツとの共同研究が実施されている ・カカオ豆、種々の材木等、個々の材料についての乾燥機の実験、開発が進められている ・ソーラー・オーブンについては独自の研究開発が進められている ・温水器については国内での組立、生産が開始されている		・国内企業4社が選定され、1992年に2機の太陽熱ポンプが品質検査に合格した
フィリピン		・エネルギー省が中心となり、「非在来型エネルギー資源開発」なかの重要課題として特に産業用の太陽熱利用技術の研究が行われている ・送電線を通じての電力供給が困難な離島や遠隔地における電源として、1991年現在で、14.6k w分に相当する太陽光システムが試験的に導入されている	・太陽熱温水器以外の技術については、実験や試験的導入の段階である	・太陽熱温水器に関して、現在、国内流通業社による製品の輸入や国内による組立加工が一部で実施されており、普及段階にあるが、経済効率性やクオリティの面で依然として課題がある

参考資料 2－① 海外調査報告（米国）

1. 出張日程及び訪問先概要

（1）調査項目

本海外調査は主に以下の調査項目について実施した。

- ①太陽熱に関する政府の方針等
- ②太陽熱の新しい利用方法や利用技術に関する事項
- ③太陽熱利用システムの省エネルギー性や快適性等に関するシミュレーションソフトの状況
- ④太陽熱利用システムに関するフィールドテスト（実地実験）の概要

（2）訪問先及び日程

国名	日程	訪問先	調 査 項 目				面会者
			①	②	③	④	
米国	2月16日	Florida Solar Energy Center		◎	◎		David L. Block (研究所長) 他5名
	2月19日	Bechtel Corporation				◎	Jon Pietruszkiewicz (Manager of Power) 他2名
	2月20日	Lawrence Berkeley Laboratory			◎		Dr. Carl. M. Lampert (グループ リーダー) 他4名
	2月21日	Natonal Renewable Energy Laboratory		◎			広報担当者

2. 調査結果

2. 1 Florida Solar Energy Center (FSEC)

フロリダ太陽エネルギー研究所

I. フロリダ太陽エネルギー研究所の概要

F S E C の機能は大きく3つに分けられ、(1) 太陽エネルギーや省エネルギーなどに関する研究、(2) ソーラーシステム(集熱器+蓄熱機)の評価と承認、および(3) 教育(フロリダ中央大学の機関として)である。

II. 太陽熱利用に関する事項

(1) 太陽熱の新しい利用方法や利用技術に関する事項

光触媒を用いた液体やガスの無毒化

有機フィルム(EVAなど)に TiO_2 などの光触媒を固定化する技術を開発し、それらを用いて太陽光による液体やガスの無毒化の実験を行っている。またパイプ表面などに TiO_2 粉末などの触媒を固定して同様の実験を行っている。現在は人工光源を用いて実験をしているが、将来は太陽光を使う予定。(写真①)

(2) 太陽熱利用システムの省エネルギー性や快適性等に関するシミュレーションソフトの状況

ソーラーシステムの評価とシミュレーションプログラムの開発

ソーラーパネルと蓄熱層から成るソーラーシステムの特性評価を行っている。同時に、ウィスコンシン大学マデイソンの太陽エネルギー研究所で開発されたTRNSYS(非定常シミュレーションプログラム)を用いたソーラーシステムの特性評価シミュレーションプログラムを開発している。

(3) その他特記事項

1) パッシブ的ソーラーハウスの実証

F S E Cは事務棟と実験棟の2つの建物からなるが、事務棟では省エネルギー技術、特にパッシブ的な利用がなされている。

・昼光照明

屋根に北向きに開いた大きな窓を設け、昼光照明を行う。消費電力の少ない蛍光灯を利用しているが、照明器の数が多い。例えば、南向きの部屋ではいわゆる庇を用いて季節に応じたShadingを行い、同時に庇の上面で太陽光を乱反射させて室内に導入

することで照明負荷を減らす試みがされていたが、その部屋の照明は点灯していた。なお、室内の壁は白系統で、表面は粗くすることで乱反射の効果を利用している。

(写真②)

・間接照明

建物内部の壁全体およびむき出しの電力用パイプや水道管などが明るい色で塗装されており、さらに照明は上向きに設置され、壁などによる乱反射によって空間全体ができるだけ均一に明るくなる工夫がされている。(写真③)

・複層ガラスと熱線反射コート

建物の窓ガラスは複層ガラスが用いられ、熱線反射コートを施すことにより外界からの熱負荷を遮断すると同時に、建物内部の保温性を高めている。なお、建物表面は高反射率のアルミ板を用い、壁内部には十分な厚さの断熱材が充填されている。

・空調関係

人間の排出するCO₂をモニターしており、その量に応じて部屋毎に冷暖房の調節を行っている。

2) ソーラーパネルの性能評価

日本で言えば日本品質機構品質 (JQA) の様に、各種ソーラーパネルの集熱特性を評価して認証を出している。全米でも他に同様機関がないため全米全土を対象としている。

3) 太陽電池 (P V) パネルを補助電源に用いたソーラーシステム

メリットとしては、補助熱源の配管が無く、電線だけなのでシステムが簡単となる。経済性に関しては、PVコストが下がらなければ成り立たない。コメントとして、アメリカではソーラーシステムによる給湯を行う場合、ガスによる給湯ではシステムの寿命が20年以上は必要となり、とても太刀打ちできない。しかし電気ヒーターの給湯システムであればほぼ競合することができる。

4) イソプロパノールの光触媒を用いた水素とアセトンへの直接分解

イソプロパノールに触度 (SiO₂) を混ぜて太陽光に曝し、直接水素とアセトンに分解させる。透明な液体が、太陽光に曝すことによって濃いブルーに変化する。現状では水素ガスは容易に取り出せるものの、アセトンはイソプロパノールに混合したままとなっている。分離のためには蒸留を行えばよいが、現在はまだ実験をスタートさせていない。(写真④)

5) 光触媒を用いた藻の付着しないペイント

光触媒としてTiO₂、Pt酸化物、Si₂を用いてペイントを作り、水槽の中で実験を行っている。太陽光の下で、藻の付着は殆ど認められない。応用としては船舶、魚用水槽などに用いるペイントなどが考えられる。

2. 2 Lawrence Berkeley Laboratory (LBL)

ローレンスバークレー研究所

1. 太陽熱利用に関する事項

(1) 太陽熱利用システムの省エネルギー性や快適性等に関するシミュレーションソフトの状況

1) WINDOW4, THERM

WINDOW4は、窓を通して流出入する熱量をシミュレートするプログラムとして開発された。また、THERMは窓フレームやサッシの熱抵抗をシミュレートするプログラムとして開発され、現在は β バージョンとなっている。

2) DOE-2, SPARK, Power DOE, RADCOOL

ビルのエネルギー効率と経済性を設計に反映させるためのシミュレーションプログラム、DOE-2, SPARK, Power DOE, RADCOOL などが開発されている。DOE-2 はビルのエネルギー解析を行うもので、Power DOE はそのアップバージョンにあたる。

SPARK (Simulation Problem Analysis and Research Kernel) は複雑な物理モデルを部品を組み合わせるだけで容易にビルモデルを構築でき、Power DOE によって利用することができる。最後のRADCOOL は輻射冷房システムをシミュレートするものである。

(2) その他特記事項

1) スペクトル選択性コーティング

スペクトル領域の異なる2種の選択性コーティングを併せることにより可視光部以外(UV部とNIRおよびIR部)を反射する処理を窓ガラス表面に施すことにより、室内の熱負荷を減らす。この窓は可視光のみを透過させるのであるが、これにエレクトクロミック調光機能(スマートウインドウ)を加えることによって、より高機能化を目指している。

2) スーパーウインドウ

上記のスペクトル選択性コーティングが施された窓もこのスーパーウインドウの分類にはいるが、真空復層窓の開発により高い断熱特性を持つ窓が開発されている。

3) アドバンスト断熱材

フロンを用いてフォーミングする断熱材に代用するものとして、低伝導性ガス（アルゴン、クリプトンなど）を封入した断熱材を開発。厚手のプラスチック袋の中にハニカム構造低輻射金属板と低伝導性ガスが封じられている。全体の厚みは約2 cmであるが、6 cm程度の通常の断熱材の特性に相当する。（写真⑤）

4) スマートウィンドウ

スマートウィンドウエレクトロミック効果により、太陽光の遮光を目的とした調光窓材が開発されている。（写真⑥）

5) イオウランプ

米国の電力供給の約1/5は照明用として消費されていると言われるが、高発光効率の光源を使うことによって照明によって消費される電力を減少させることができる。イオウランプはマイクロ波を用いてイオウガスを活性化させて効率的に白色光を得るものである。

6) RADIANCE

バーチャルリアリティーを用いたライティングのシミュレーションプログラム RADIANCE が開発された。

2. 3 BECHTEL Corporation

ベクテル社

I. ベクテル社の概要

世界最大手のプラント建設会社であるが、宇宙ロケットの発射台の建設のようにゼネコンに近い面も持つ。再生エネルギー利用に関する実績は25年間あり、バイオマス、太陽電池、太陽熱（熱発電、プロセスヒート）、風力などを手掛けてきた。最近では世界銀行などからの融資を元に、開発途上国向けの小型太陽エネルギーパワーシステムを供給するための会社も設立している。

II. 太陽熱利用に関する事項

(1) 太陽熱利用システムに関するフィールドテストの概要

Solar Two Project

Solar Two は南カリフォルニアエジソン社、米国エネルギー省（DOE）協同で進められているプロジェクトであり、Solar One の施設を利用している。設計出力は10MW であるが、この規模では経済性はなく、100MW 程度の規模が必要である。この時、電力コストは10～20セント/kWh となることであった。なお、経済的な面で最も設計コストを引き上げるかどうかヘリオスタットのミラー（\$ 150/m²）であり、これを下げられるかどうか低コスト化の鍵であることであった。

システムはほぼフランスのテーミス（THEMIS）と同様の溶触塩ループを採用している。溶触塩は硝酸カリウムと硝酸ナトリウムが6対4の混合比のもとで、触点は約230℃である。蓄熱タンクもテーミスと同様に集熱後の高温用と集熱部前の低温用の2つを持つ。集光部での設計温度は約750℃、低温タンクからの流出温度は約290℃に設計されている。なお、日没後3時間は発電を継続することができる。

2. 4 National Renewable Energy Center (NREL)

国立再生可能エネルギー研究所

I. 国立再生可能エネルギー研究所の概要

政府の方針等に関する事項

NREL はSERI (Solar Energy Research Institute) を前身として国立の連邦研究所として再生エネルギー研究のために設立された。現在、ポストドクター、客員研究員や学生を含めて約1000人のスタッフを抱えており、1995年の会計年度では約\$247millionである。但し、次年度より人員、予算共に1/3の削減がつい最近決定した。

II. 太陽熱利用に関する事項

(1) 特記事項

1) パッシブソーラー

研究棟自体をパッシブソーラー及び省エネルギーハウスとして建築している。部屋の出入りで自動的にON/OFFする照明や昼光照明などが利用されている。(写真⑦⑧)

2) 太陽炉

集光倍率20,000倍の太陽炉を有しており、老廃物の無毒化(detoxification)やセラミック材料の耐熱性などの実験に利用されている。

3) パラボラトラフ

パラボラトラフを用いた有害化学物質の無毒化(detoxification)についての研究も行われている。

4) 風力

テストフィールドは本部から20マイル(約32km)離れたところにある。現状では風力による電力コストは安価であり、6セント/kWhと見積もられている。

5) 太陽電池開発

開発・製造技術などは民間会社と強くリンクして研究が進められている。なお、PVの発電コストとしては2000年には15セント/kWhを目標にしている。

6) SolMaTプログラム

前項の蒸気太陽電池開発もこのプログラムに沿って行われているが、これは太陽発電システムにたいして製造技術および経済性を確立するためのプログラムである。熱発電技術では安価なヘリオスタット（むしろ反射鏡）の開発がテーマとして挙げられている。

参考資料 2-② 海外調査報告（欧州）

1. 出張日程及び訪問先概要

（1）調査項目

本海外調査は主に以下の調査項目について実施した。

- ①太陽熱利用に関する政府の方針等
- ②太陽熱の新しい利用方法や利用技術に関する事項
- ③太陽熱利用システムの省エネルギー性や快適性等に関するシミュレーションソフトの状況
- ④太陽熱利用システムに関するフィールドテスト（実地試験）の概要

（2）訪問先及び日程

国名	日程	訪問先	調 査 項 目				面会者
			①	②	③	④	
ドイツ	2月29日 14:15 ～15:30	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (フランクフルター太陽エネルギー研究所)		◎	◎		Dr.Klaus Heider Jan Wienold
	3月1日 10:00 ～11:30	Freiburg Wirtschaft und Touristik GmbH (フライブルグ市経済観光公社)	◎			◎	Peter Wagner
英国	3月4日 10:00 ～12:00	Department of Trade and Industry (英国貿易産業省) Energy Technology Support Unit	◎				Neil Hornsby Harry Edwards
	3月5日 10:00 ～13:30	Commission for the New Towns ENGLAND (英国政府環境省 ニュータウン開発委員会)			◎	◎	David Stabler Chris Dent Janet Smith

II. 太陽熱利用に関する事項

(1) 太陽熱の新しい利用方法や利用技術に関する事項

集熱器や温水器等に関する技術開発を継続して実施している。また、フライブルグ市内に数多くのソーラーハウスを建築するなど、実用化を目的とした研究を進めている。

しかし、太陽熱の『新しい』利用形態や利用技術の研究は特に行っていない。

(2) 太陽熱利用システムの省エネルギー性や快適性等に関するシミュレーションソフトの状況

シミュレーションソフトの開発は大きく Thermal 及び Lighting に分けて行われており（次頁図表 2-1-1 参照）、両者とも Energy Saving（省エネ）及び Comfort（快適性）を評価指標としている。ただし、Energy Saving（省エネ）については定量的な評価を行うのに対し、Comfort（快適性）については定性的な評価のみを行う。

これらのソフトは 2～3 年前に EC レベルで実地検証を行っている。

1) Thermal（熱）

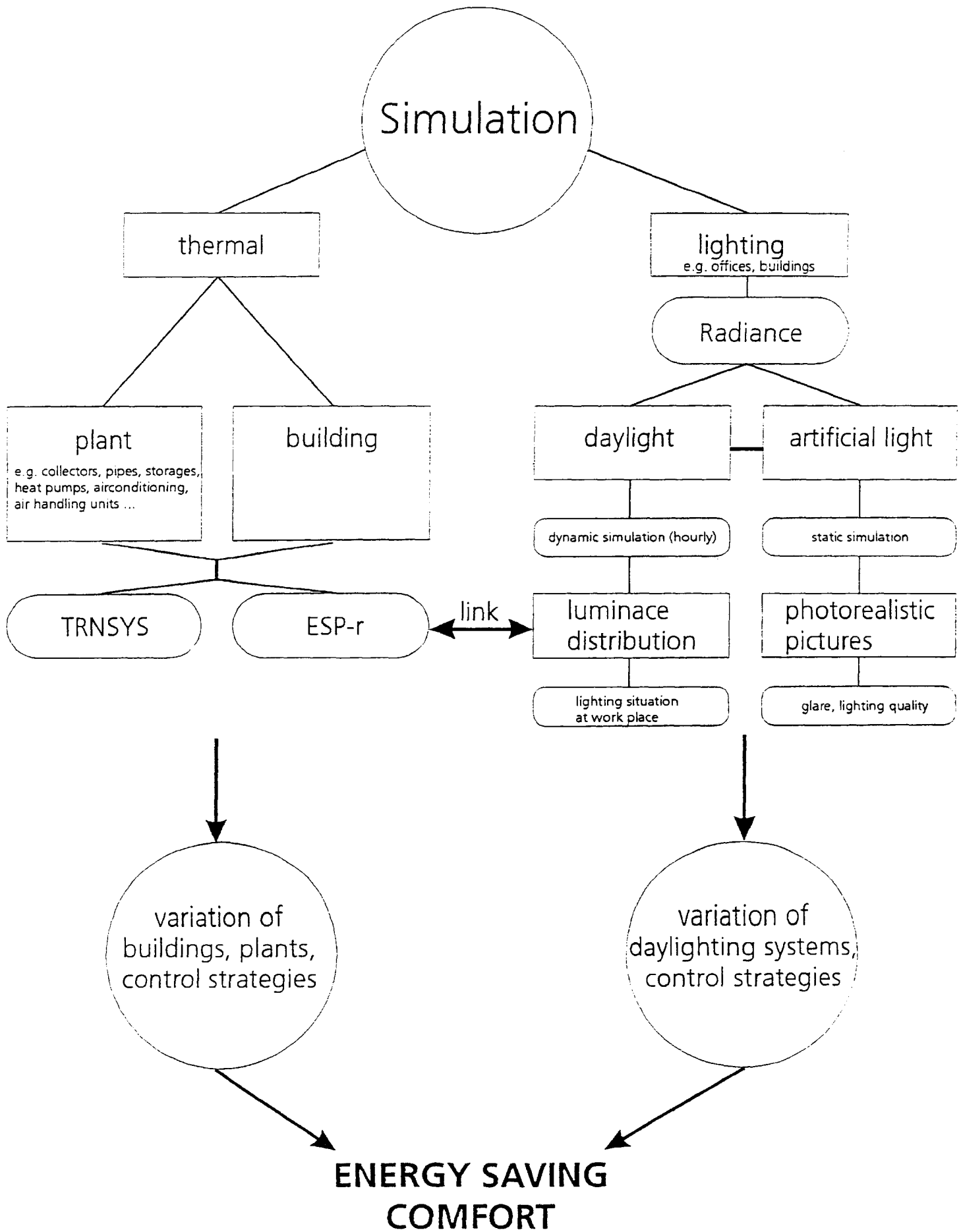
Thermal（熱）については、Plant（コンポーネント単位）及び building（建物単位）ごとに評価がなされている。これらは、米国ウィスコンシン大学の TRNSYS 及びグラスゴー大学の ESP-r の既存シミュレーションソフトをベースにしているが、これ材料の開発に応じて適宜にソフトを組み替えている。

具体的に一軒の家に対してシミュレーションを行う場合には、1 人で 1 週間ほどの時間がかかる。

2) Lighting（光）

Lighting（光）については、daylight（自然光）及び artificial light（人工照明）ごとに評価がなされている。daylight（自然光）は事務所などにおける時間毎の光の取り込みの状況を比較することにより評価され、artificial light（人工照明）は写真などを用いて、光の明るさや質を比較することにより評価される。

図表 2-1-1 シミュレーションソフトの開発の方向性



2. 2 Freiburg Wirtschaft und Touristik Energy Systems GmbH

フライブルグ市経済観光公社

I. フライブルグ市の概要

フライブルグ市はドイツ・バーデンビュルテンベルグ州に位置し、人口20万人の都市である。同市は、エネルギー政策の他、廃棄物の発生抑制、シュバルツバルト（黒い森）の自然保護など広範囲にわたる自然・環境政策により、ドイツで「1992年自然・環境保護の連邦首都」に選ばれている。

II. 太陽熱利用に関する事項

(1) 太陽熱利用に関する政府の方針等

フライブルグ市は、1992年に「自然・環境保護の連邦都市」に選定されているように、積極的な環境政策への取り組みがなされている。したがって、太陽エネルギーの利用及び研究は、市の環境政策の枠組みの一環として進められている。

フライブルグ市における太陽エネルギーの研究は「実用化」に主眼がおかれており、具体的な市当局の支援策としてはソーラーハウスの建築の際の優遇策があげられる。これは①税制上の優遇策、②20,000マルクに対する3,000マルクの補助といったものである。また、フライブルグ市における現在の電気料金は0.18マルク（約12円）/kwhであるが、今後家庭のPVの余剰電力を同じ料金で買い取る方針を決めている。さらに、カドリウムを用いた太陽電池のパネルを製造する工場を市内に建設することを目指している。

(2) 太陽熱の利用

太陽熱は、他のエネルギーとの複合化で利用されている。市のサッカースタジアムでは太陽電池を照明に利用し、太陽熱をシャワーなどの温水供給に用いている。薬品工場では、太陽熱を太陽光や廃熱等と併用して利用している。

(3) 太陽熱利用に関するフィールドテスト（実地試験）の概要

フライブルグ市では今後、市や州が土地を、研究所が技術を提供して太陽エネルギーの全ての要素を集積させたデモンストレーションハウスを建築し、連邦政府に実証試験を行うための振興策を要請する予定である。

(4) その他

1) フライブルグ市の環境政策について

フライブルグ市の環境運動は、1970年頃の原子力発電所設置への反対運動等から始まり、酸性雨の問題がこれに拍車をかけた。また、現在フライブルグ市の4/7が森であることから、森林をはじめとする自然環境の保護意識は強く、環境保全を推進する緑の党が議会の25%を占めている。

環境保護政策は「グローバル志向でローカルに行動」をスローガンとしており、具体的には以下のような政策を行っている。

①車利用の規制と電車利用の促進

フライブルグ市では、車利用による環境破壊を防ぐため、市の中心街への車の乗り入れを規制し、代わりに電車利用を促進している。電車の線路網は国鉄、私鉄、市鉄等のネットワークにより全長2500kmにわたって整備され、市の補助により市民は月40DMで自由に利用することが可能になっている。

②環境意識の教育

フライブルグ市の小・中学校では、市民に早くから環境意識を持たせるため、授業にエコロジーの科目を導入している。

③環境監査プロジェクトの推進

2. 3 Department of Trade and Industry

英国貿易産業省

I. 英国貿易産業省の概要

英国貿易産業省は日本の通産省にあたる機関で、英国政府のエネルギー政策もこの機関が監督している。また、ミルトンキーネズ地域をはじめとする英国政府の開発プロジェクトも実施している。

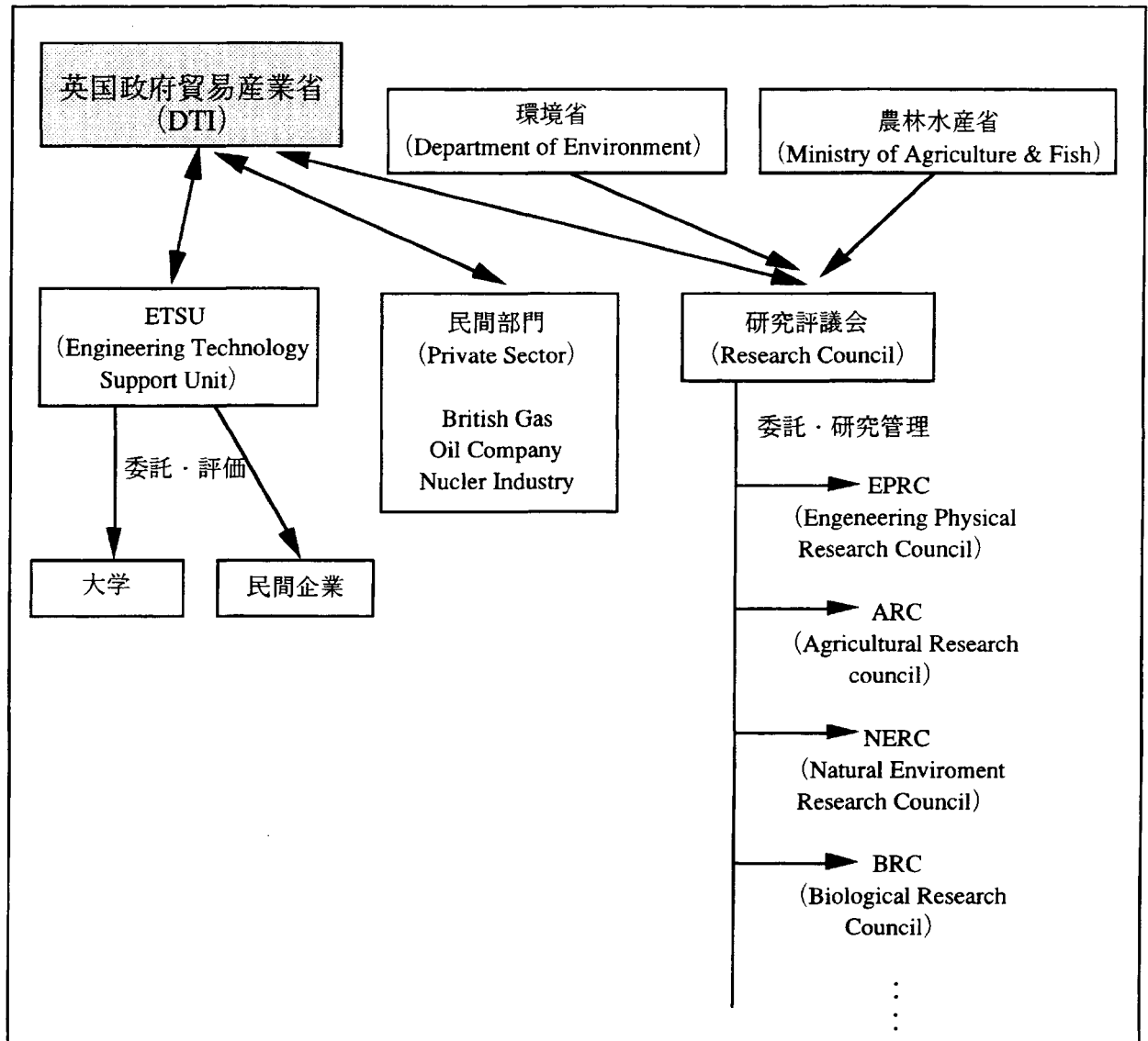
II. 太陽熱利用に関する事項

(1) 太陽熱利用に関する政府の方針等

1) エネルギー関連の研究体制

基礎研究は、主に長期の研究を行い、研究評議会が研究管理を行っている。実用化研究は企業がイニシアティブをとって開発を進め、それに対してETSU (ENERGY TECHNOLOGY SUPPORT UNIT) の諮問機関が技術評価を行っている。

図表 2-3-1 研究体制図



2) 新エネルギーの研究開発に関する政策

DTIでは、2000年をターゲットに、化石燃料を使わずに新エネルギーで1500MWの電力供給を実現することをビジョンとして掲げている。

上記のビジョンから、新エネルギーをその商業性（商品化の可能性）で3段階に分類し、上位ランク及び中位ランクの研究開発には、政府から研究開発費が年間約1700万ポンドの資金が拠出され、下位ランクの研究開発には年間50万ポンド程度の資金が拠出される。研究開発費はいずれも民間企業に提供され、ETSUがこの管理を行っている。ここで、パッシングソーラーデザインは上位ランクに、アクティブソーラー及びPVは中位ランクに位置付けられている（図表2-3-2参照）。

さらに、詳細な研究テーマについても、その商業性で研究開発費の補助額を決定しており、商業ベースに近い研究には最大25%の補助を行っている。ただし、補助金がないと企業が研究を行うににくいような基礎研究には100%の補助を行う場合もある。ETSUはこれらの研究開発の進み具合をみて、補助額の変更や補助の継続の有無を決定している。

図表 2－3－2 商業性にもとづく新エネルギーの分類

Market enablement via NFFO and / or RDD& D :

- ・ Passive Solar Design
- ・ Agricultural and Forestry Wastes
- ・ Municipal and Industrial Wastes
- ・ Advanced Conversion Technologies
- ・ Hydro Power (small, new)
- ・ Landfill Gas
- ・ Wind Power (on-shore)
- ・ Energy Crops

Assessment, RDD & D :

- ・ Photovoltaics
- ・ Photoconversion
- ・ Advanced Fuel Cells
- ・ Active Solar

Watching Brief :

- ・ Wave Energy
- ・ Geothermal Hot Dry Rock (HDR)
- ・ Geothermal Aquifers
- ・ Wind Power (off-shore)
- ・ Tidal Power
- ・ Hydro Power (large, new)
- ・ Ocean Thermal Energy Conversion
- ・ Thermal Solar and other technologies not listed

II. 太陽熱利用に関する事項

(1) 太陽熱の新しい利用方法や利用技術に関する事項

10年前までは自前で太陽熱（及び光）利用に関する研究を行っていたが、現在では行っておりなく、環境省下のBRE（Building Research Establishment）が企業や研究所等の要請に応じて行っている。また、BREでは、商業用ビルが使用する総エネルギー量やCO₂の総排出量などに関するエネルギー査定の評価基準を定めている。

(2) 太陽熱利用システムの省エネルギー性や快適性に関するシミュレーションソフトの状況

ミルトンキーンズ市における住宅の省エネ性の評価にあたっては、ミルトンキーンズ市内に設置されたNEF（National Energy Foundation）が扱っているNHER（National Home Energy Rating）というシミュレーションソフトが用いられている。

NHERは、従来のU-Valueの測定方法に方位等の各ソーラーハウス個別の条件を組み入れたソフトで、1995年には英国政府の住宅の省エネ基準として採択された。

NHERにより各住宅の省エネ性は0～10点で評価され、今後は9以上の省エネ性を備えた住宅でなければ建築許可が下りないという規制がディベロッパーに課されている。ただし、ボイラーや断熱材の種類等については、今後の技術開発に柔軟に対応するため、特に規定はしていない点が注目される。

(3) 太陽熱利用システムに関するフィールドテスト（実地試験）の状況

ミルトンキーンズ市におけるニュータウン計画の中には、次に挙げるような様々なソーラーシステムや断熱材料を活用したソーラーエネルギー・プロジェクトが組み込まれている。

参考資料3 サザンカリフォルニアエジソン社の概要

Staring solar energy in salt

商業ベースでの数あるソーラーシステムの一つを具体化させる。世界最大の太陽熱発電棟の建設が現在カリフォルニアのモハーベ砂漠で進行中である。このエネルギー省（Dept of Energy Doe）と西部エネルギー供給事業の合併事業体、地方自治体、協会がスポンサーとして賛同したこのプロジェクトは、ソーラー2と呼ばれている。このソーラー2プロジェクトにはソーラーエネルギーを吸収し、そして発電の必要性が生じる時までその吸収したソーラーエネルギーを蓄積するためにモルテン・ソルトが使用されていることになっている。この9月には、ソーラー2の建設が完成される見通しだ。

太陽熱利用システム（Solar Thermal System）は、1000以上のrual-axisとsur-tradring mirron、ヘリオスタツ（Heliostats）と呼ばれているものを用いて最適の太陽光をパクタワーに装備させている。作業流動物質を含んだソーラー・レシーバーに集積させることにより太陽光を電気に変換するものである。この使用されている流動物質は、ある望ましい温度まで加熱した後に収納施設へ送られる。エネルギー需要のピーク時には、収納されている流動物質をタービンに機動させるため蒸気を発生させるのに、熱交換機（Reat exchanger）の中に循環させる。

「太陽熱利用システムの主になるベネフィットは、発電の作業が必要とされるまでの間、集積された太陽エネルギーを収納しておく事が可能であるというところにある。」とこのソーラー2の民間投資家の集まりであるコンソーシアムの第一者的存在で、ロサンゼルスを拠点としたサザンカリフォルニア・エーデンのプロジェクトマネージャーのJ.ポールサザーランドは語る。「太陽熱利用システムは、石油、石炭といった化石燃料は使わない、太陽熱利用システムは運転することで化石燃料の保存に一役買い、排気ガスの排出も無くなるのである。」とさらに付け加える。

4,850万\$を要したソーラー2のデザイン、建設そして3年にわたる試運転は、エネルギー省と賛同した合併事業体の共同出資によってまかなわれている。この米国第2の規模を持つ電力企業Southern California Edisonに加え、以下に上げる電力企業が参加している。サクラメントに拠点を持つCalifornia Energy Cemmission、カリフォルニア・パロ・アルトに拠点を持つElectoic Power Research institute, De los Angeles Department of waste and Power, De Sakurament Munishipal Itiliz District, アリゾナ・フェニックスに拠点を持つPultic Service, アリゾナ・テンパに拠点を持つSalt Rirn Project, アイダホのボイシに拠点を持つIdaho Power, オレゴンのポーランドのPacificcorである。サンフランシスコに拠点を持つBechiel Corpは、カリフォルニア・バーストウのかつて1982年から1988年にかけて運営されたソー

ラーエネルギープロジェクトであるソーラー 1 の場所にソーラー 2 を建設中である。(1994、8月版Solas Thermal Power Today and tomorrowを参照)ほとんどの太陽熱利用プロジェクト同様、ソーラー 1 では、パワータワーは水を蒸気に変えるために用いられていた。そこで発生した蒸気は発電タービンへ直接送られるか、または、油の温度を上げるために熱交換機へ回されていた。加熱された油は、発電のため蒸気の発生が必要となるまで高密度に集積された砂利 (densely packed) に保存されていた。しかしながら油と砂利を用いた Oil-and-gravel方式は、従来から用いられているタービンをフルサイクルで回転するのに十分な質の蒸気を発生させることができなかった。ソーラー 1 では、太陽エネルギーを蓄積し、日にたった 2～3 回程度は、発電ではなく、加熱スチームを発生させることに使用していたが、エネルギーを収集するたびにスチームを生成していたのが、ほとんどであった。

ニューメキシコのアルバカーキにある Sandia National Lab の研究員達は、従来の発電タービンに、十分な質のスチームを供給するために、1050°F までの温度で運転作業の可能なシングル・フェイズの流動物質を探し求めていた。その解答を彼らソディウム (ナトリウム) ポタシウム・ナトレイユ (KNO₃ 硫酸カリウム) の混合物、つまり、塩を発見したのである。「我々が求めていた塩は、熱容量を備えていた他に安価でもあるのです。」とサンディアにある Solar in Tech Dep のマネージャー・クレイグ・タイナー氏は云う。

サンディアの National Solar Thermal Test Facility (国立太陽熱利用試験場) のタイナーと他の同僚達は、1930年～1987年にかけて企業と共同で、濃縮された太陽エネルギーから 5メガワットのスチームを発生することのできるモルデン・ソルト・ベースのサーマル・レシーバー 3 種のデザイン、そしてテストを手がけてきた。「我々は、3時間の発電容量を備えた、エネルギー収納システムの開発テストも手掛けてきました。」とタイナーは云う。

1986年～1990年にかけては、サンディアの太陽熱利用の研究者達は加熱された塩を 1平方インチあたり 200パウンドの圧力で蒸気発生器に送り込むことができるポンプとバルブの実験にとどまらず、パワータワーの中に 550°F の冷たい塩を 1平方インチあたり 2000パウンドの力で押し上げる事が可能な大きなスケールのポンプと 12インチ～15インチにわたるバルブの実験も行っていた。このサンディアのモルテンソルト太陽熱利用システムの努力のたまものが今、ソーラー 2 建設という形で見現化されつつあるのだ。これらサンディアの技術者チームは、このプロジェクトにおいてエネルギー省のために技術面での監視役としての役割を担うだけでなく、サンディアの研究員らが議長をつとめる太陽熱利用発電のエキスパートのグループでのソーラー 2 プロジェクトの技術諮問委員会を通してベクテルとサザン・カルフォルニア・エディソンと共に、太陽熱利用の専門的見識を共有しているのである。サンディアだけが太陽熱利用システムの作業流動

体としてのモルテンソルトの実験にたずさわるラボラトリーというわけではない。タイナーによると80年代前半には、フランスはピレネー山脈のテミスの街にヨーロッパでは最大のモルテンソルト太陽熱利用システムとなる3メガワットのプロジェクトを建設した。サザン・カルフォルニア・エディソンによれば10メガワットの電力を発電する予定のソーラー2はモルテンソルトを用いた、太陽熱利用のデモンストレーションプロジェクトとしては、世界最大規模である。このプロジェクトの目的とは、モルテンソルトの技術が太陽熱エネルギーを送電可能な電力エネルギーに変換する最も効果的で経済的な方式である事を根拠あるものとして証明することにある。

FOLLOWING THE SUN

ベクテルのエンジニア達は、Heliostals field, power tower, 発電機、そしてタービンといったソーラー1からのかなりの既存の道具を使い、新しいソーラーレシーバー、蒸気発電器、エネルギー収納タンクといったものを、ソーラー1がかつて行っていたこの施設を新たなモルテンソルトのテクノロジーへと変身させるために取り入れようとしたのである。「ソーラー1にあった既存のHeliostat fieldやパワーブロックを活用することで、ソーラー2のコストがかなり削減できたのです。」とサザンカルフォルニア・エジソンのサザーランドはいう。ベクテルの作業員はバストウの地のモルテンソルトテクノロジーの転換のために、ソーラー1の油と石の熱エネルギー保存タンク、熱交換機、ポンプやコンクリートの土台といったものを撤去する作業も行ったのである。ソーラー1のために作られた

Heliostat Fieldは鉄の支え構造物についた1, 818個もの長方形のガラス鏡で構成されている。1つ1つのHeliostatは反射面がトータルで48m²になる鏡の面がいくつも合わさって構成されている。ソーラー2では、Heliostat fieldの集積力をそれぞれの反射面が98m²の新しいHeliostatを108個加える事によって増加させたとベクテルのソーラー2のプロジェクトマネージャーことビル・クルードは言っている。加えて、32のHeliostatが北のヘリオスタットフィールドから南のヘリオスタットフィールドへ、両者のアンバランスを解消する事、そしてニトレイト・ソルトのレシーバーへの望ましい流動分配供給する事を目的に移動させられる。バストウの旧式そして新式の両方のHeliostalsは, gear trainを通して作動される2つの電気モーターが装備されている。モーターはそれぞれ別々の軸の動きをする。この2つの軸の動作が1セットとなったデュアルアクシスモーターは、コンピュータカードに接続されている。そしてこのコンピュータカードは、32の個々のHeliostatが1束となったストリングを操作するフィールドコントローラーからのコマンドをうけている。次にこのフィールドコントローラーは、セントラルコンピューターシステムによってコマンドを受けることになっている。コストを最小限に押さえるため、サイトではこのコンピューターシステムが出来ただけ多くの既存の制御との橋わたしをするようになるとサザーランドは言う。1日そして季節のうちの太陽軌跡に応じてバストウ（サイト）でのセ

ントラルコンピュータシステムはプログラムを組むことになっている。大量の太陽光をパワータワーのソーラーレシーバーへ反射させる様に個々の鏡を活性化させて配置しながら、コンピュータは、それぞれのフィールドコントローラーのHeliostatにコマンドを伝えるとグルードは説明する。ソーラー2のパワータワーはソーラー1で活躍した200フィートの鉄の格子造り構造とカノガパークに拠点をおく、ロングインターナショナル・コーポレーションが作成したソーラーレシーバーによって構成されている。このソーラーレシーバーは、基本的には垂直型の熱交換機で直径16.6フィートの高さ、20.4フィートのリンダーを形成するように直径8分の7インチのステンレススチールの長いチューブ形のものから出来ている。この管状の導線は（ピッツバーグに拠点を持つ）ピット・デュ・モワン社製のスチール保存タンクを分離するために端々で接続し、個々のタンクは30フィート～40フィートの大きさで、340万ポンドのソルトを保存することが可能である。

ソーラー2の完成時にはコールドタンク（冷たいタンク）からのモルテンソルトは、昼間、このサーマルレシーバーの中へ押し込められる。このターゲット（スチームタービン）に密集された太陽熱エネルギーは、ソルトをホットタンクに保存する前に、550°F～1050°Fへとソルトの温度を上げる事になる。このホットタンクは、3時間分のフル出力で発電所を運転出来るに足る十分なエネルギーを保存する事が出来る。しかしグルードは将来のハイブリッド発電所は12時間までの太陽熱を同じように保存できるであろうと語っている。電力をおこすためにこの保存タンクからの熱いソルトは、ABB Lummus Fleet Iamsfer 社（ニュージャージーグループスフィード）製の3つの穀とチューブで出来た熱交換期の通り抜きながら熱交換機の壁の中を流れる水を高温に加熱された蒸気に変換していくのである。この蒸気は、ジェネラルエレクトリックのスチームタービンへ送られサンカルフォルニアの配電網のための電力を発電するのである。ホットソルトの温度は、熱交換機を通り抜けた後550°Fまで降下する。この冷えてしまったソルトはその後ソーラーレシーバーへ送り戻される前にさらに冷たいソルトを550°Fに温めるためにフィダータンクへと送られるのである。

ベクテルのエンジニア達は、ソーラー2の試運転をその予定完成時である9月から年末まで行う事を希望している。十分な日光が得られない時期には、サーマルレシーバーと枯渇させてしまう事になるが、運転の極度なサイクルによって生じる、サーマルストレスから身を守るためエンジニアがclearingとfilling tubeのホットソルトを管理することになるとグルードは言う。「我々は、ソーラーレシーバー真下にあるタワーの中へ毎晩2回ほんの少量のホットソルトの出し入れも行うことになりそうである。」とグルードは言っている。

A BLIGHT FUTURE

このソーラー2デモンストレーションプロジェクトは、1998年まで行われることになる。それまでに「100メガワット～200メガワットの発電が可能なモルテンソルトの

太陽熱利用システム開発における、経済的そして技術的な不確定容易が削減される事を参入している投資家達は期待している。」とサザーランドはいう。ソーラー2を通して得られた経験を持って、このプロジェクトのコンソーティウムは最初の100メガワットの電力発電所を3つ～5つ建設をするつもりである。もし建設が進められれば、このソーラータワー発電コンソーティウムのメンバー達は、提携、合資、協会等を通して100メガワット～200メガワットの発電所をアメリカ南西部に広げ、パワーパークの中に展開することができる。太陽が彼らの電力源である限り、電力施設は明るい未来を眺めることができるのである。

FINDING A HOME IN HYBRID TOWERS

ソーラー2のデモンストレーションが完成した時には、ソーラー2のモルテンソルト・パワータワーは、単独でそびえ立つ。テクノロジーとして活躍するだけでなく、他のシステムと混合しハイブリッドな太陽熱利用発電所のキーとして力量を発揮し得るのである。

これらのハイブリッドシステムは、発電所が消費してしまった化石燃料熱を補足したりそれによって変わったりしながらタワーパワーで生成した熱を使い、この2つのサイクルが組み合わされた発電所の中の燃焼空気を予じめ加熱することになる。「このハイブリッド方式は、発電に必要な化石燃料の量を約30%くらいまで削減する事が出来る」とコロラド・ゴールドデンにあるNRELのプログラムマネージャーのトム・ウィリアムは言う。

NRELはを米国南西部にある多くのエネルギー供給施設と共にハイブリッドの太陽熱電力のフィージビリティスタディ（企業化可能進調査）を行っている。その中のアプローチの1つに、ソルト・エアー（塩と空気）の熱交換器の開発がある。NRELは、この開発技術に北米インディアン・ポピー族の言葉で「太陽からの熱」という意味のあだ名を付けた。

NRELは、Kokhala型のコンセプトのソルト・エアー熱交換機的设计開発のため、ニュージャージーのブルームフィールドにあるABB Lummus Heat Transferに歩み寄った。このデザインに不可欠になるのが完全溶接されたステンレス・スチールの板状の熱交換核である。それは、従来のカーボンスチール製の熱交換機の外殻の中に装備される。完全な板状の状態を溶接されたステンレススチールは、熱交換核である専売の伸長性の密封メカニズムであれば熱交換機中のモルテンソルトを持続された流れ道を提供する事が出来るということがわかっていた。このソルト・エアー熱交換機であれば圧縮空気を天然ガス燃焼器に送る前に1000°F近くまで加熱するであろう。混合型太陽熱発電開発のもう一つのアプローチとして、NRELとSacramento Municipal Utility District (SMUD/地域供給)は相互冷却ガスタービンをパワータワー（太陽熱発電塔）の形態の中に具体化しようと試みている。米海軍用に開発されたWestinghouse Rolles Royce社共同のWR-21に見られる様な、相互冷却タービンは、圧縮機の低圧ステージと高圧ステージの間に分離シャフトが備わっていた。低圧圧縮機は高温空気を高圧過程へ送り返す前にエアーウォーターでの高温空気を27

0° F～84° Fまで冷却する。現在では高圧圧縮機は、より高性能の高密度空気を加工処理する事が出来る様になった。よってより密度の高いマスフローを通してタービン発電のアウトプットを急速に向上させているのだ。加えて、現在では高圧圧縮機の温度はかなり低くなり、燃焼器へ到達する前にかかなりの熱量を導入出来る。結果的に燃料消費をおさえることになる。あるハイブリッドの発電形態では、圧縮器放射空気の熱を450° Fから1050° Fに上昇させるために、保存タンクからのホットソルトを空気熱交換器に送る事が出来るとSMUDの太陽熱プロジェクトマネージャーであるバド・ビーゲは言う。使用される化石燃料を25%～27%まで削減しながら、この様な燃焼室で燃焼する天然ガスは、タービンに流入する空気を220° Fの域まで上昇させることができる。

1050° F程度で、エンジンから来る排気ガスは小規模規格の消耗熱回復循環器 (Waste-heat-recovery cycle)に理想的である。「興味深いことに、パラメータに関しては、モンテンソルト単独のパワータワー施設にもともと提案されていたランキンサイクルのパラメータとほとんど同じなのです。」とCSMUDのスタッフ・コンサルティング・エンジニアであるダン・ホイットニーは言う。ホイットニーによれば、この結果は、(モンテンソルトと化石燃料の) 組み合わせのサイクルにおいて、ハイブリッド型の効率度は燃焼させる化石燃料を減らすことで改善され、しかも、太陽熱エネルギーは排気ガスの回復のために効果的に威力を発揮できるという事を提示している。ビーゲが描き出してきたこのハイブリッドデザインは天然ガスとの組み合わせ循環の発電所という従来の方式に適応する点で優れているものである。実際、NRELのウィリアムスは、数多くの発電業者が太陽熱コンセンレーションシステムを導入し、彼らの温存する従来の天然ガスタービン発電所を改造しハイブリッド発電所を形成するという、ゼロからハイブリッド発電所を建設することに比べればコストのかからない提案に興味をいだいていると述べている。

Solar thermal power today and tomorrow

国家のエネルギー供給問題への解決策の可能性として、何年もの間取りざたされてきたトラフエレクトリック、パワータワー、ディッシュスターリング、3種の太陽熱発電とは、...

70年代前半に始まった事業を頼りにアメリカエネルギー省 (DOE / Department of Energy) は企業と商業ベースの数々の負担費用共同出資の合意に着手した。トラフエレクトリック、パワータワー、ディッシュスターリングシステムの開発に向け、これらの合意の一部として、DOEのラボは、ソーラーテクノロジーを民間企業へゆずり、また技術面での数々の問題を解決していく上で、バックアップする事となっている。これら3種のソーラーサーマルパワーシステムは図1に概図として描かれている。また機能的に特徴は表1に示されている。表から読みとれるように、また、古典的熱力学に一貫して、ソーラー・コンセントレーションにおける太陽熱・光の増加は温度操作サイクルでの操作温度の上昇を意味し、システムの年間効率の上昇を意味している。これら3種の技術のうち、トラフ・エレクトリック・システムは商業的には群を抜いて優れている。このトラフ・エレクトリック・システムは放射線形のトラフ・コンセントレーターを用い、この収集器のちょうど焦点に位置するところに横たわるガラスのカプセルで保護されたチューブに太陽光を集中させるという代物である。このトラフは、常に太陽の像がこのレシーバーチューブの棒一列に回りつづけるよう太陽を東から西へと一方向に追跡するように配列してある。トラフ・エレクトリック・システムにおいては、太陽光の濃縮・太陽熱の濃縮率そして操作温度は比較的低いのである。流動作業物質（よく油が使用される）は、熱交換器へ通る以前に受熱器（レシーバー）で、300℃から400℃の温度に加熱される。熱交換器は太陽熱を水に伝える。水は煮沸され、従来のランキン・サイクルタービン発電器を回すことになる。このシステムでは、流動作業物質は発電所中を押し動かされ電力は1ヶ所のパワーブロックで発電される。このトラフ・エレクトリック・システムの最適な規模は経済的理由により200メガワット電力程度である。

パワータワーは、トラフ・エレクトリック・システム程成熟していない。このシステムにおいてはHeliostatsと呼ばれる2つの軸に支えられた太陽追跡ミラー・フィールドが太陽エネルギーを反射しシステムの中身に設置されたタワーの頂点に乗っかっているレシーバー（エネルギー受器）へ送る。常に濃縮した（集積した）太陽光をレシーバー（エネルギー受器）に集中させつづけるためには、それぞれのヘリオスタットはレシーバー（エネルギー受器）と太陽の中間の空に描かれる軌跡を追跡しなければならない。開発前期のシステムでは収集した熱エネルギーを直接タービン発電器を回す蒸気を発生させるのに用いていた。しかし、今日のパワータワーではソディウム・ニトريتツルト（硝酸ナトリウム

塩)を流動作業物質として用い発電作業から太陽熱の集積体を切り離してしまう。分離の理由とは太陽が顔を出しているときに太陽熱を集め、需要のあるときに従来のタービンシステム等のシステムで電力を発電出来るようにするためである。

ソルトを使用する上での利点は、パワーブロックのタービン/発電機の作業温度で、ソルト液状であるところにある。290℃程度の温度では、融点が220℃の冷たいソルトは、コールド保存タンクから押し出され、560℃の保存タンクから出てくるホットソルトに送られる前に800太阳光熱流量により加熱される。熱いソルトを保存タンクより取り出し、蒸気発生器中を循環させ、そこで出来た蒸気をタービン/ジェネレーターへ送り込む。これらの道程を経て、電力は発電される。そして、冷たいソルトは冷保存タンクへ戻される。ソーラーフィールドのサイズ上の経済的技術的制約のため、パワータワーの最適な規模は100メガワットから300メガワットの電力域となってしまう。3番目のタイプのシステムである、ディッシュ/スターリングシステムは皿あるいは放射状コンセントレーター、受熱器、シテヒートエンジン/ジェネレーターから構成されている。

このシステムは太陽の軌跡を追跡し、受けた太陽エネルギーをこの皿の焦点(受熱器が熱を受け取る位置)へ向け反射させることにより機能する。吸収された熱は外部で動かされているエンジン/ジェネレーターのヒーターヘッドの部分へ転送される。ブレイトンと有機的ランキンサイクルエンジンという類も使用されてはいたものの、このシステムで使われる典型的なエンジンはスターリングエンジン(キネティック・フリーピストンのエンジン)である。採用できるエンジンの大きさ、そして皿型コレクターの受ける風圧負担が主な理由となってディッシュ/スターリングシステムの最適規模は25キロワットエレクトリック程となってしまう。これらの構成単位はモジュラーであり、200~300キロワットから50メガワットエレクトリックの発電所に組み立てることの出来るものである。

TROUGH-ELECTRIC SYSTEMS

南カリフォルニアのモハベ砂漠で運転している9つのトラフ太陽熱電力発電システム(SEGS)は最近、354メガワットエレクトリックの電力という現在世界中で発電される量の90%もの太陽熱発電でパワーグリッドに配電した。このシステムは、1985年から1991年の間に設置され、技術が改善するとともに進歩的に拡大化して来ている。(表2参照)図2はSEGS発電所の」から、の航空写真である。カリフォルニアのクレマー・ジャンクションにあるこの施設は100万平方メートル以上もの太陽熱コレクターがある。大きな発電所になればなるほど革新的なより高温なソーラー・フィールド温度を発生させ、より高いスケールの節約、そしてより高い熱交換の効率を産み出している。1989~1990年の間のSEGSⅢ、ⅣそしてⅤの運転では、これら発電施設は表2に示された年間出力の予測値を満足し、いくつかのケースではそれを越すものもあったのである。

しかし、この約束されたともいえる技術がありながら、LUZ International LTD.によっ

て建設され民間投資家によって所有、運営されるこれらの施設は所有運営者サイドに利益をもたらしたが、LUZに利益をもたらさなかったのである。このLUZの失敗の原因は次のことがあげられる。

1. 予測通りにエネルギーの値が上がらなかった。
2. 再利用可能エネルギーへの環境的利点の価値が実現しなかった。
3. 変動しつづけ定まらなかった税制上のステイタスは利益を現実化することの障害となった。

技術改良はSEGSIからSEGSIⅨまで通してトラフ・テクノロジーのコストを下げつづけてきたが、LUZは単に1980年後半のエネルギー価格の減少についていくだけで精いっぱいであった。

SEGSIに直前している主なる挑戦は電力コストの25%を占めている運転とメンテナンスにかかる費用の削減である。SEGSI発電所のコストは運転とメンテナンスのパワータワーやディッシュ／スターリング発電施設のものと同様していると予想されているため、このSEGSIのO&Mコストの理解を深めることは3種全てのシステムに恩恵をもたらすことになる。

熱収集分子（ヒートコレクションエレメント／HCE）の低下してしまったパフォーマンス等は交換にかかるコストと熱エネルギーのロスという2つの観点で、メンテナンスに大変コストがかかるという事を物語っている。HCEは、トラフから反射した日光を吸収するための真空中で保護された線状受熱チューブである。トラフエレクトリックシステムでは、通常の運転条件はHCEに2種類の問題を生じさせる。1つは、シールからの漏れや破損による真空状態維持が出来なくなる事。HCE 1個につき750ドルの価格で新たに収集されるエネルギーの価格が交換費用を上回るということであれば、ユニットの交換は経済的であると言える。低下したHCEのパフォーマンスはこのシステムのエネルギーロス全体の22%近くを占めているという事が明らかになった。よって、企業やサンディアの国立実験場でのテストは、熱のロスの程度の評価と、HCEの潜在的な交換の必要性の確認という点についてターゲットが当てられた。ワシントンDCのクレマー・ジャンクション社は最近破損してはいないが真空状態を保てなくなったレシーバーチューブの交換のコスト効率と現在行われている改善費用とを比較している。

技術的困難にも関わらずトラフ・エレクトリック・テクノロジーはSEGSIⅧとⅨに見られるレベルまで進化してきたのである。パフォーマンスは改善している。コストエフェクティブなエネルギー生産が常にデザインの変更の動機となってきた。この目標を達成するために、このシステムは徐々に巨大化し（SEGSIは14メガワットエレクトリック、SEGSIⅨは80メガワットエレクトリック）そして、O&M活動を共有できるようにそれぞれ近くに設置されたさらに新しい発電（オペレーション+メンテナンス）施設では10%～14%の年間効率で運転され、1キロワット時あたり0.08ドルから0.14ドルで発電、1キロワット

時あたり約0.02ドルでメンテナンス出来ることが予測されている。

POWER TOWERS

パワータワーはトラフシステムに比べて商業的には成熟度は低いですが、近年15年の間世界中で構成部分やシステムの実験が数多くなされて来た。それらは、工学的な企業化実行可能性を実証し、その潜在的可能性を確実なものとした。パワータワー発電所はモジュラーではなく、ディッシュ／スターリングやトラフエレクトリック発電所のような小さなサイズで建設することは出来ないし、経済的に競争力のあるものではない。最近のパワータワーデモンストレーション発電所であるソーラー2は1982年から1988年にかけてカリフォルニア、バーストウで成功を収めた前記の発電所を基礎としているものだ。最初の試みソーラー1（図4）では、レシーバーで水は蒸気に変えられ、従来のランキン・サイクル蒸気タービンを直接動かすのに用いられた。ソーラー1はタワーパワーのテクノロジーを巧みに実証したと同時に、Clowed Lovierl（雲状の過剰電流）や熱保存量の不足のため生じる断続性のタービン・オペレーション等といった水／蒸気システムの欠点も暴いたのである。3つの太陽熱発電技術の中でパワータワーだけが唯一、熱保存庫が経済的に実用的である。モルテン・ソルトの熱保存庫はタービン発電からソーラーレシーバーの運転行程を分離している。よって発電所は太陽の出ない曇りの日であろうと真夜中であろうと、電力需要が生じたときに電気を配電する事が可能になる。よってこのシステムの作業時間（キャパシティーファクター）が増加することになる。モルテンソルト・タワー・パワーの構成部分（機関）は、アメリカとヨーロッパにおいて広範囲にわたってテストされてきた。パワータワーは電力を1キロワット時当たり0.06ドルから0.11ドルで発電出来ることをコスト研究は示した。パワータワーの開発を支援するために、サザンカリフォルニアエジソンを筆頭にしたエネルギー供給業者のコンソーティウム、そして建築エンジニアリング会社としてベクテル・ナショナルがモルテンソルト・熱交換システムを導入し、ソーラー1発電施設のデザインを再構築することを目的にエネルギー省に加わった。デザイン上の再構築を施した発電所、ソーラー2の目的はナイトレイト・ソルトの技術を確立し、技術的リスクと経済的リスクを削減する事そしてこの技術の商業化を推進することにある。

ソーラー1をソーラー2へ模様替えするに先だって要求されるのは、（レシーバー、熱保存庫、パイプ、蒸気発生器を含んだ）新しいモルテンソルト熱交換システムとHeliostart Fieldである、新式の制御システムである。タワーそしてタービン発電器は最小限の修正を加えるだけとなる。この模様替えに要する価格はソーラーIにかかったコストの3分の1であるおよそ3900万ドルかかると見積もりされている。3年間の運転とテスト期間にはさらに900ドルかかるとの見積りが出ている。デザインと敷地の準備は進行中であり1995年後半にはソーラー2は機動に乗る見通しである。エネルギー供給業者、州機関、そして企業はソーラー2の運転に関わるだけでなく、マーケティングと啓蒙活動に従事することになる。ソーラー2

プロジェクトとこれらの活動力が合わさって2000年までには100メガワットから200メガワットエレクトリック級の商用パワータワー発電所が実現するであろう。

DISH /STIRLING SYSTEMS

近年、3つの主な営利企業体が遠隔で公益事業家ケールの電力アプリケーションの為にディッシュ／スターリング電力システムを開発している。インディアナ・コロンバスのカミンズ・パワージェネレーション（C P G）は、遠隔発電用に7.5キロワットエレクトリックのシステムをそしてユーティリティー用に25キロワットエレクトリックのシステムを開発している最中だ。コロラド州ゴールデンのScience Application's International Corp(SAIC)のエネルギープロジェクト部門はユーティリティー用に25キロワットエレクトリックのシステムを開発しており、又、フェニックスのHydrogen Engineering Associatesが率いるあるグループはディッシュ／スターリングシステムの開発を80年代中頃にマクドネル・ダグラス社が建設したものを基に進行している。

近年15年にわたって、米国、ドイツ、日本そして旧ソビエトにおいて少なくともサイズにして、2キロワットエレクトリックから50キロワットエレクトリックの範囲の8種の異なったシステムが建設され運転されてきた。これらのシステムの中で最初のものとなった、カリフォルニアAdvanco of Rondro Misize（12年前に倒産した）は29.4%の太陽エネルギーから電力へのネット変換効率という世界記録を達成している。これらのシステムは巧みにこの技術を披露し、最近の商業用開発活動はレシーバーとエンジンの技術的挑戦と競争力のある電力発電の財政的苦慮という2つの課題に目標を絞ったのである。

C P Gによって開発中の2つのシステムはエネルギー省との共同出資のプロジェクトの一環である。この2つを小型改良開発した型である7.5キロワットエレクトリックのシステムは、太陽熱コンセントレーターヒートパイプサーマルレシーバーそしてフリーピストンのスターリングエンジン（図5参照）によって構成されている。太陽熱コンセントレータは測地学用のスペースフレーム、（磁）極軸ドライブ（Poloraxis-drive)そして直径5フィートの伸張膜重合体鏡局面（Stretched pnenbrone potgmer mirror focet)を使用している。ソディウムを気化させてエンジンヒートヘッド上に濃縮させることによりヒートパイプサーマルレシーバーは吸収した太陽光をエンジンへ伝送する。このシステム使用のC P Gのベースラインエンジンは、ニューヨーク州トロイのClever Fellow's Innovative Consortiumからのフリーピストンエンジンである。C P Gはヒートパイプレシーバーのスケールドアップした（定率増加させた）バージョンにフリーピストンのスターリングエンジンを用いている。太陽熱コンセントレーターへの最近のアプローチはガラスの連続面とパイ型の三角面を用いる最新式のハイ・パフォーマンスデザインに見られるC P Gのヒートパイプレシーバーは2000時間以上（1つのユニットは全体の半分以上を占めている）ものサン・オペレーションを記録してきた。

S A I C のディッシュ／スターリングシステムデザインは第二世代局面、伸張膜皿を使用

し、ベースラインとして直接式の照光レシーバーを改良されたレシーバーとしてプールボイラー、そして、ミシガン州アン・アーバーのスターリングサーマルモーターのキネマティック・スターリングエンジンを使用している。スターリング・サーマル・モーターとデトロイト・ディーゼル・コープはSAICチームのメンバーでありエンジンとマスマプロダクションの専門的知識を提供している。ハワイ、マウイのハイドロゲン・エンジニアリング・アソシエーションが率いるディッシュ／スターリングチームはマクドネルダグラスが80年代に開発実証した技術に基盤をおいている。ディッシュはガラスー金属局面、濃縮器（コンセントレーク）であり、いくつものエンジンレシーバーの組み合わせは電力変換ユニットとして考えられている。

ディッシュ／スターリングシステムの核となる、技術開発課題は次の物である。

- (1) 高温状態や高温流動状態でのレシーバーの確実な運転
- (2) 長期寿命の効率の高いスターリングエンジンの運転

1平方センチメートル当たり50ワットから75ワットで700℃から800℃の熱流動率というのがダイレクトイルミネーションレシーバー、ヒートパルプ、プールボイラーといった3つの基本的デザインの一部であるサーマルレシーバーに共通している。ダイレクトイルミネーションレシーバーにおいては、エンジンのヒートヘッドがサーマルレシーバーとなっている。一般にヘリウムやハイドロゲンが用いられているエンジン用作業流動体はエンジンヘッドのチューブの中を循環させられ、集中された太陽光線によって加熱される。

ヒートパイプとプールボイラーレシーバーは両方ともソディウムやソディウムとポタシウムの混合物を用いて、レシーバーの表面で受け取った熱をエンジンヒーターヘッドへ伝える。しかしながら、この両者は2つの重要な点で違っている。ヒートパイプは表面に液状金属を分布させるためにアブゾーバー（熱吸収体）構造を保っている。プールボイラーは、液状金属をアブゾーバー表面に流し込み浸しており、ヒートパイプレシーバーの3倍から5倍分になる25ポンドから30ポンド程度の液状金属インベントリーをかかえる事が出来る。液状金属は危険物であり、融通の利く操作とその保存のためにこれらのシステムの操作を複雑にする可能性があった。

キネマティック・タイプ・フリーピストン・タイプのスターリンエンジンは両方ともディッシュ／スターリングシステムに使用されている。キネマティックエンジンはピストンを回転させるのにガスの膨張と圧縮を利用し、その動力は従来のクランクシャフトを通じて除去される。フリーピストンエンジンにはパワーピストンとディスプレイサーピストンという2つの作動の部分があるだけである。永久磁石コイル装置中にありディスプレイサーピストンを含んだ線型交流発電機を通して、電力は分離される。フリーピストンエンジンのシンプルさに対し、キネマティックスターリングエンジンは高効率性という（40%対30%）利点がある。それぞれの利点は、この2つのエンジン間のトレード・オフの構図を示している。

7.5キロワットエレクトリックのCPGシステムは輸出用遠隔地用電力アプリケーション

使用として、1997年には商用運営される見込みである。そして1998年あるいは1999年には25キロワットエレクトリックのCPG/SAGシステムの2つが商用運営される見込みである。この2つの25キロワットエレクトリックスケールで産出される電力は大量生産時には1キロワット時当たり0.06ドルから0.11ドルのコストと見積もりが出ている。

A PROMISING FUTURE

太陽熱発電は発展と約束を産み出している。この技術は急速に発達しつづけており、太陽熱発電所での発電に要するコストは低下する一方だ。さらに環境問題と生活水準という国の関心事は、太陽熱利用発電にとって見方となる物である。いくつかの州が試みようとしていることであるが、もし化石燃料の環境問題にもたらす影響を背景化したコスト、外的コストをエネルギー価格に含めたとしたら、太陽熱利用発電のエネルギー価格はおそらく化石燃料使用の発電よりも低くなるだろう。たとえば、石炭や天然ガスによる電力価格は、さらに1キロワット時あたり環境費用をそれぞれに0.05ドル、0.02ドル上乗せして評価し直すと、太陽熱利用発電のエネルギーコストはどちらよりも安くなってしまうのだ。太陽熱利用発電所の環境問題への影響は最小限の物であり、排気を削減するかあるいは全く出さない物なのである。最も重大な環境へのインパクトは用地面積の問題である。それは1メガワットエレクトリックキャパシティーに対し、約10エーカーであり、これは石炭鉱山の露天掘りと運搬に必要とされる使用面積、あるいは水力発電に必要とされる使用面積よりも小規模である。又、ほとんどの太陽熱利用発電所が、地価が安く、一般的には他の産業の生産性の低い南西部の砂漠に設置されることもある。DOE（エネルギー省）と民間企業との間の事業提携は遠隔利用そして公益事業スケールの発電という営利マーケットへの導入に向けた価格効率性の高い太陽熱利用システムの開発促進を促している。今日トラフエレクトリック技術は、既に従来の発電事業に対するもう1つの選択肢として存在している。タワーパワーとディッシュ/スターリングシステムの両者はここ5年で使用可能のものを得るだろう。そして、さらなる化石燃料発電に対する選択肢をつけ加えるのである。太陽熱発電の約束と発展は、これらの技術を21世紀の発電の混合方式に急速にもたらしつつあるのである。

Table 1
Characteristics of Solar Thermal Systems

Type of system	Solar concentration (suns)	Operating temperature ($^{\circ}$ C)	Annual efficiency (percent)
Trough electric	80	350	10 to 14
Power tower	800	560	15 to 20
Dish engine	3000	800	24 to 28

Table 2
The Solar Electric Generating System Plants

SEGS plant	Startup year	Capacity megawatt net	Operating temperature ($^{\circ}$ C)	Solar field size (square meters)	Annual output (gigawatt-hours)
I	1985	14	307	82,960	30
II	1986	30	315	165,376	80
III	1987	30	349	230,300	92
IV	1987	30	349	230,300	92
V	1988	30	349	250,560	94
VI	1988	30	390	188,000	90
VII	1989	30	390	194,280	92
VIII	1990	80	390	464,340	250
IX	1991	80	390	483,360	260

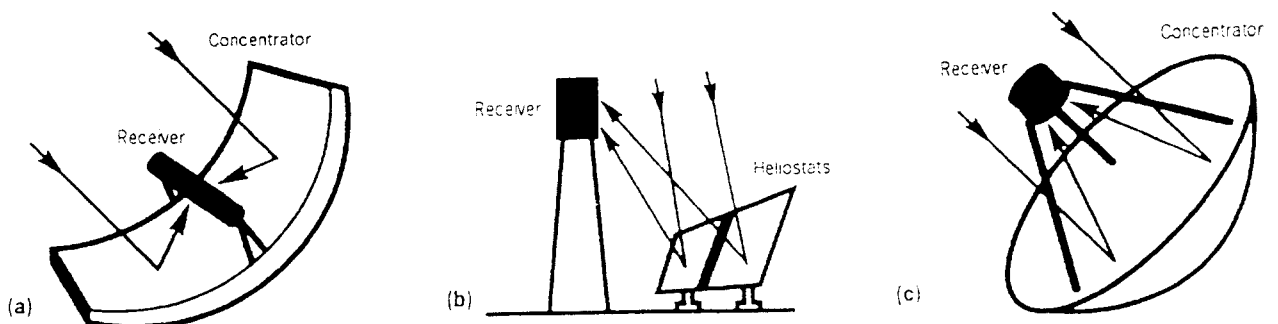
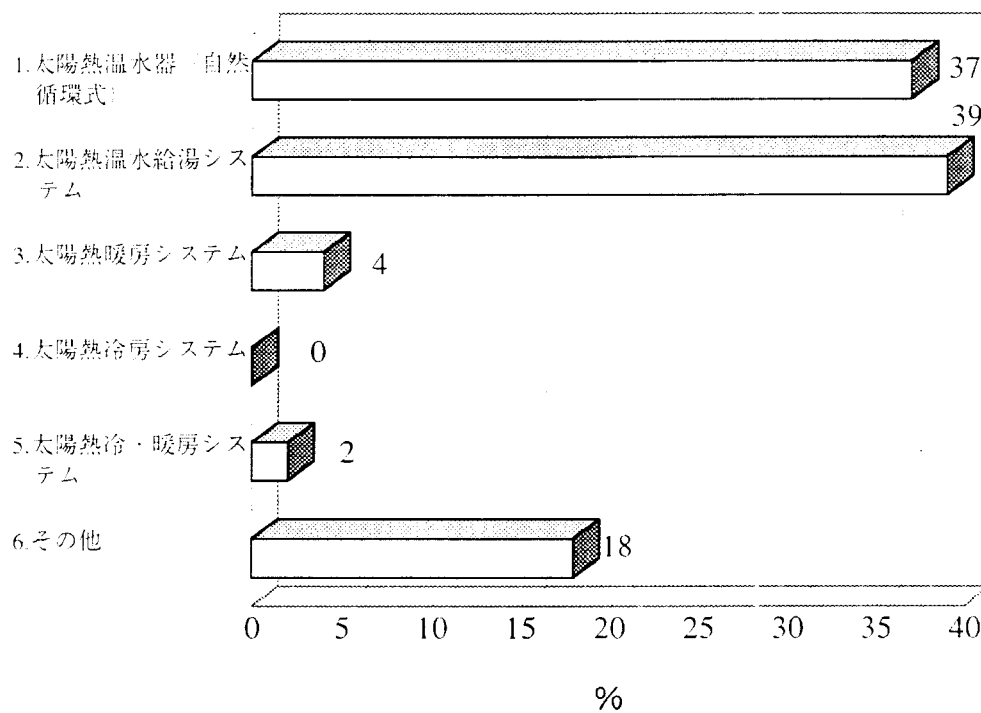


Figure 1. Generic schematic drawing of (a) trough, (b) central receiver, and (c) dish systems.

参考資料4-① アンケート集計結果（第1回）

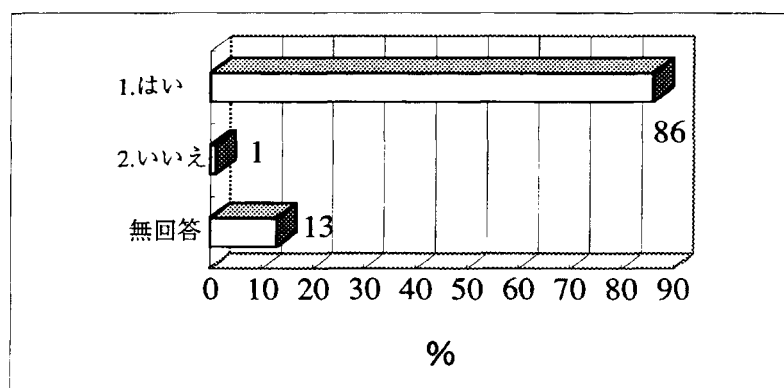
問1.これまでに太陽熱を利用した商品（システム）でどんなモノを使用した
事がありますか。

問1	票数	回答率（%）
1.太陽熱温水器（自然循環式）	88	37
2.太陽熱温水給湯システム	93	39
3.太陽熱暖房システム	9	4
4.太陽熱冷房システム	0	0
5.太陽熱冷・暖房システム	4	2
6.その他	43	18
計	237	100



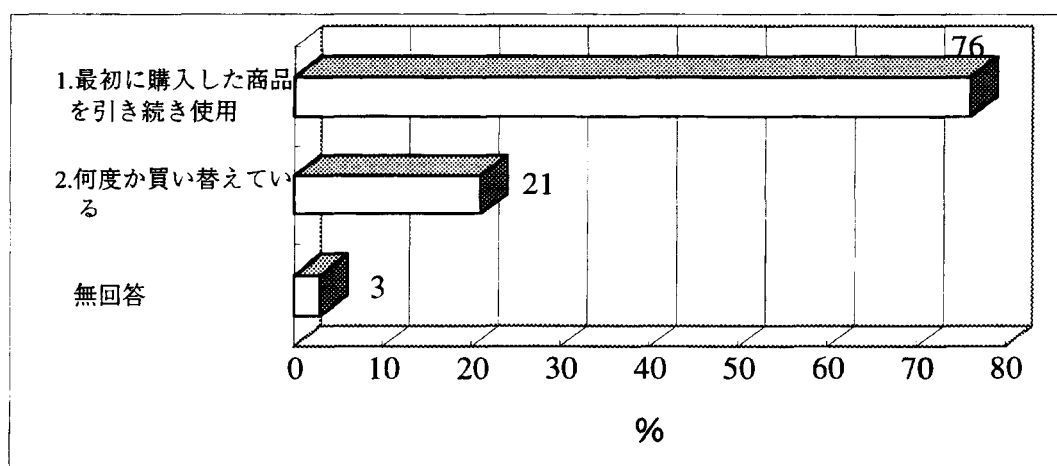
問2.問1-2でお答えいただいた商品（システム）を現在でも使用していますか。

問2	票数	回答率（%）
1.はい	204	86
2.いいえ	3	1
無回答	30	13
計	237	100



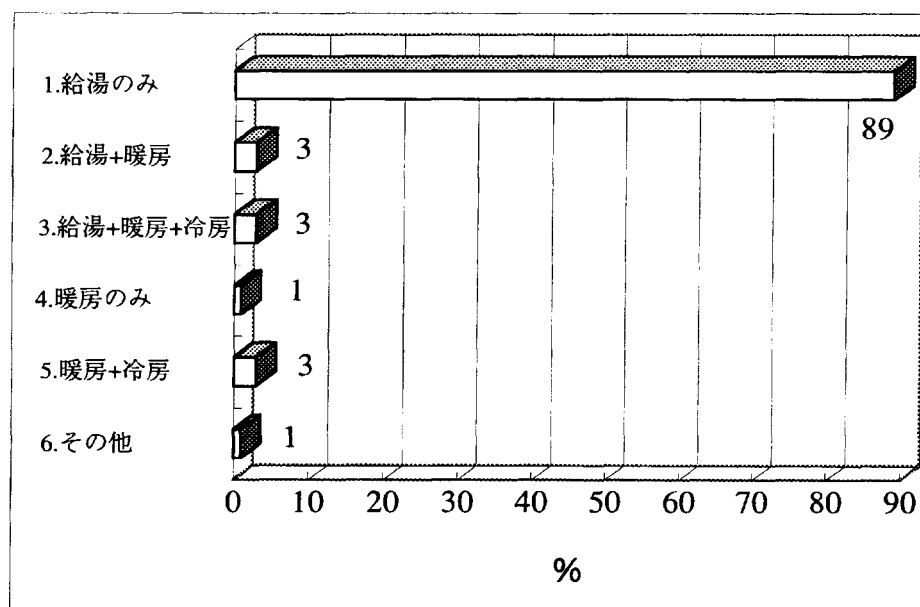
問3.太陽熱を利用した商品（システム）のこれまでの使用状況について教えてください。

問3	票数	回答率（%）
1.最初に購入した商品を引き続き使用	156	76
2.何度か買い替えている	43	21
無回答	5	3
計	204	100



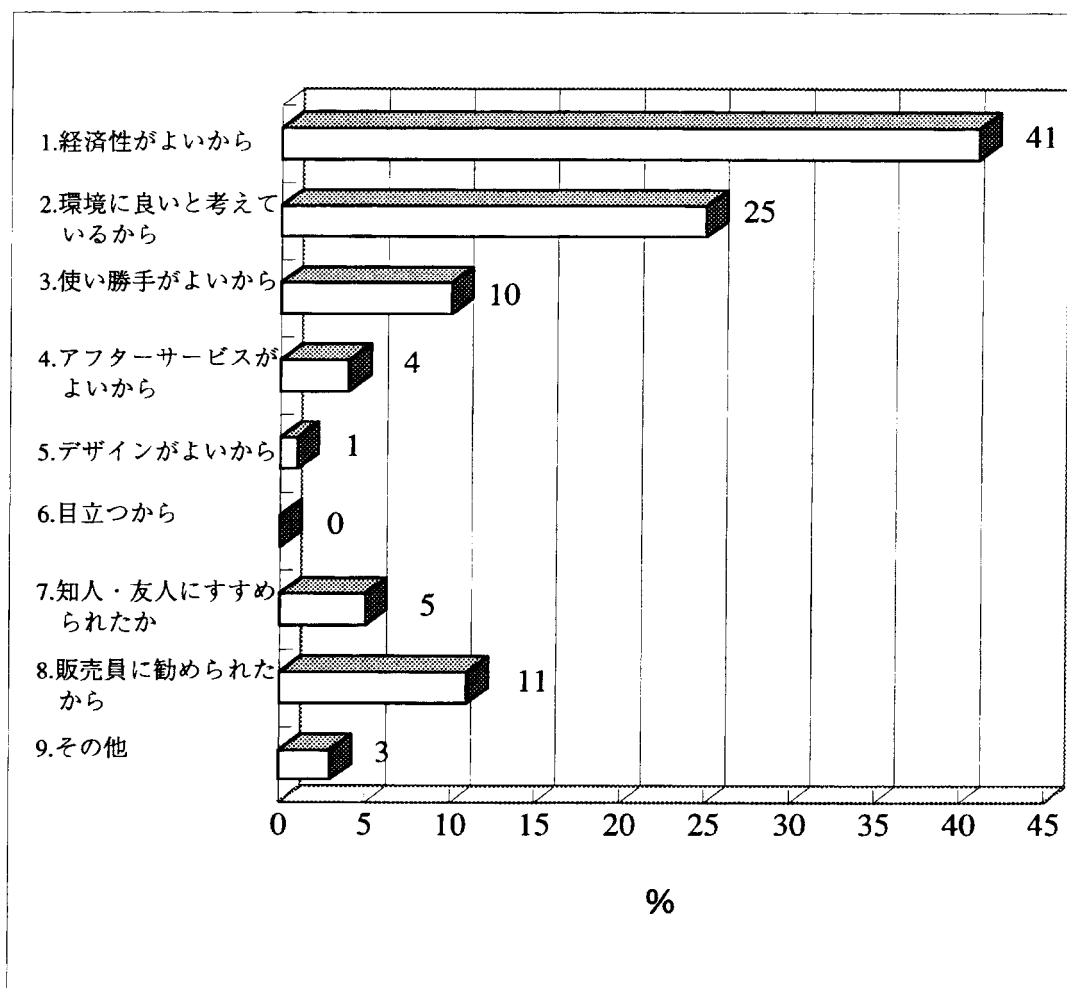
問5.その商品（システム）の用途は何ですか。（単数回答）

問5	票数	回答率（％）
1.給湯のみ	182	89
2.給湯+暖房	7	3
3.給湯+暖房+冷房	5	3
4.暖房のみ	2	1
5.暖房+冷房	6	3
6.その他	3	1
計	205	100



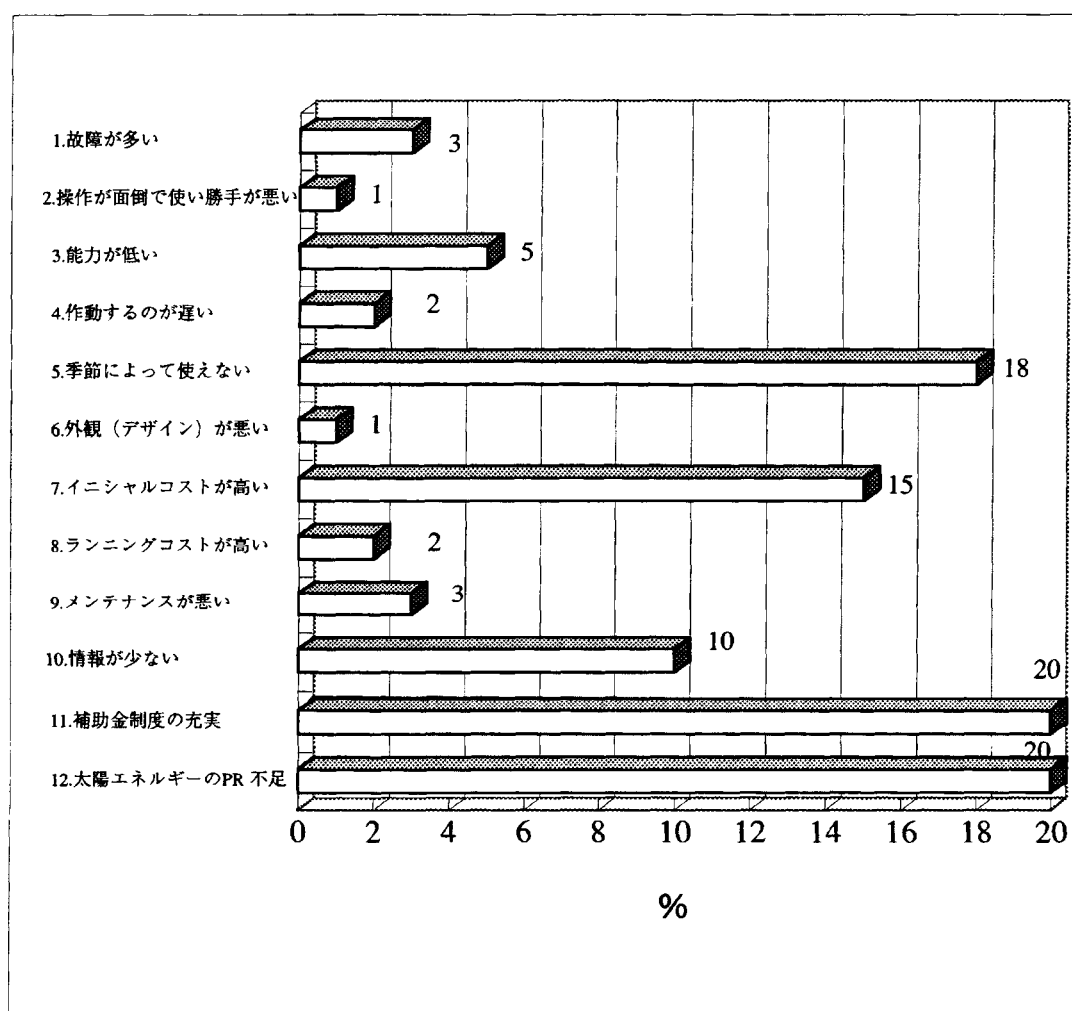
問6.その商品（システム）を使用している理由は何ですか。（複数回答可）

問6	票数	回答率（％）
1.経済性がよいから	167	41
2.環境に良いと考えているから	104	25
3.使い勝手がよいから	40	10
4.アフターサービスがよいから	17	4
5.デザインがよいから	6	1
6.目立つから	1	0
7.知人・友人にすすめられたか		5
8.販売員に勧められたから	44	11
9.その他	14	3
計	393	100



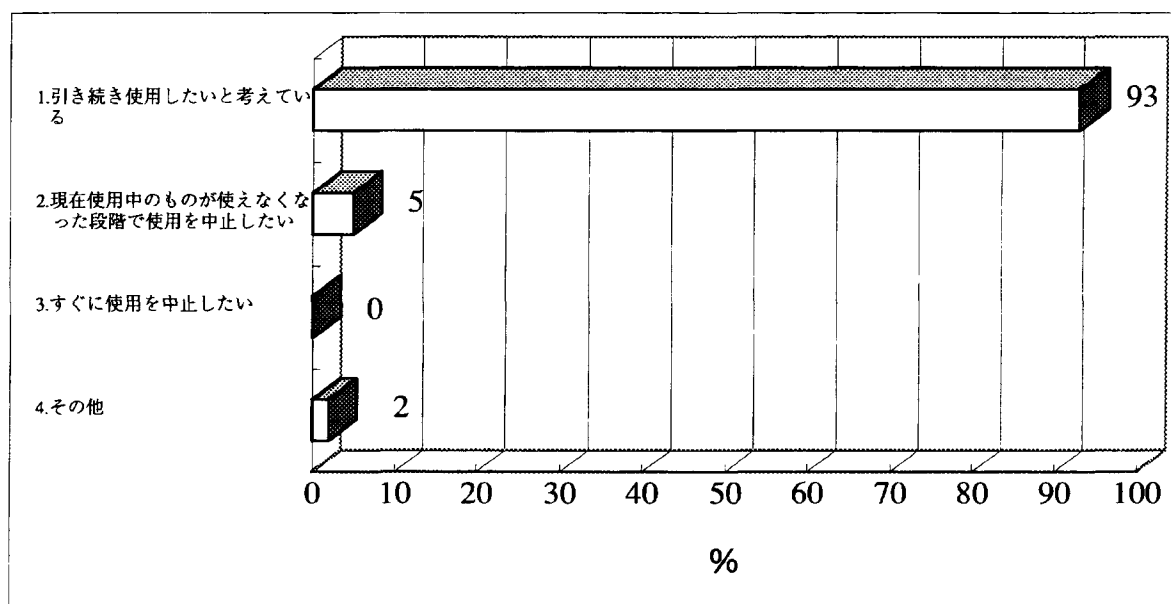
問7.その商品（システム）を利用して不満な事や改善を要すると思われることはどんな事ですか。

問7	票数	回答率（％）
1.故障が多い	3	12
2.操作が面倒で使い勝手が悪い	1	3
3.能力が低い	5	22
4.作動するのが遅い	2	10
5.季節によって使えない	18	82
6.外観（デザイン）が悪い	1	3
7.イニシャルコストが高い	15	67
8.ランニングコストが高い	2	9
9.メンテナンスが悪い	3	14
10.情報が少ない	10	44
11.補助金制度の充実	20	88
12.太陽エネルギーのPR 不足	20	90
計	444	100



問8.今後についてはどのように考えていますか。（単数回答）

問8	票数	回答率（%）
1.引き続き使用したいと考えている	191	93
2.現在使用中のものが使えなくなった段階で使用を中止したい	10	5
3.すぐに使用を中止したい	1	0
4.その他	4	2
計	206	100

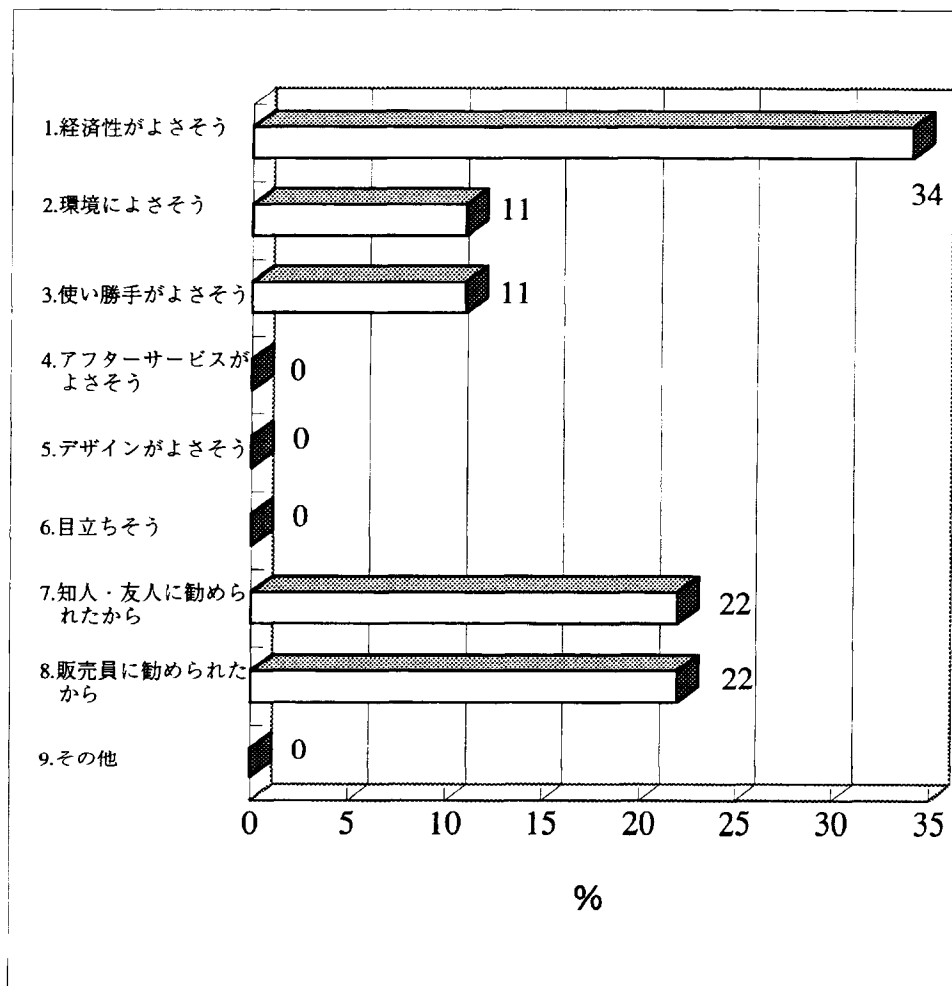


問10.その商品（システム）を購入した理由は何でしたか。（単数回答）

問10	票数	回答率（%）
1.給湯のみ	6	100
2.給湯+暖房	0	0
3.給湯+暖房+冷房	0	0
4.暖房のみ	0	0
5.暖房+冷房	0	0
6.その他	0	0
計	6	100

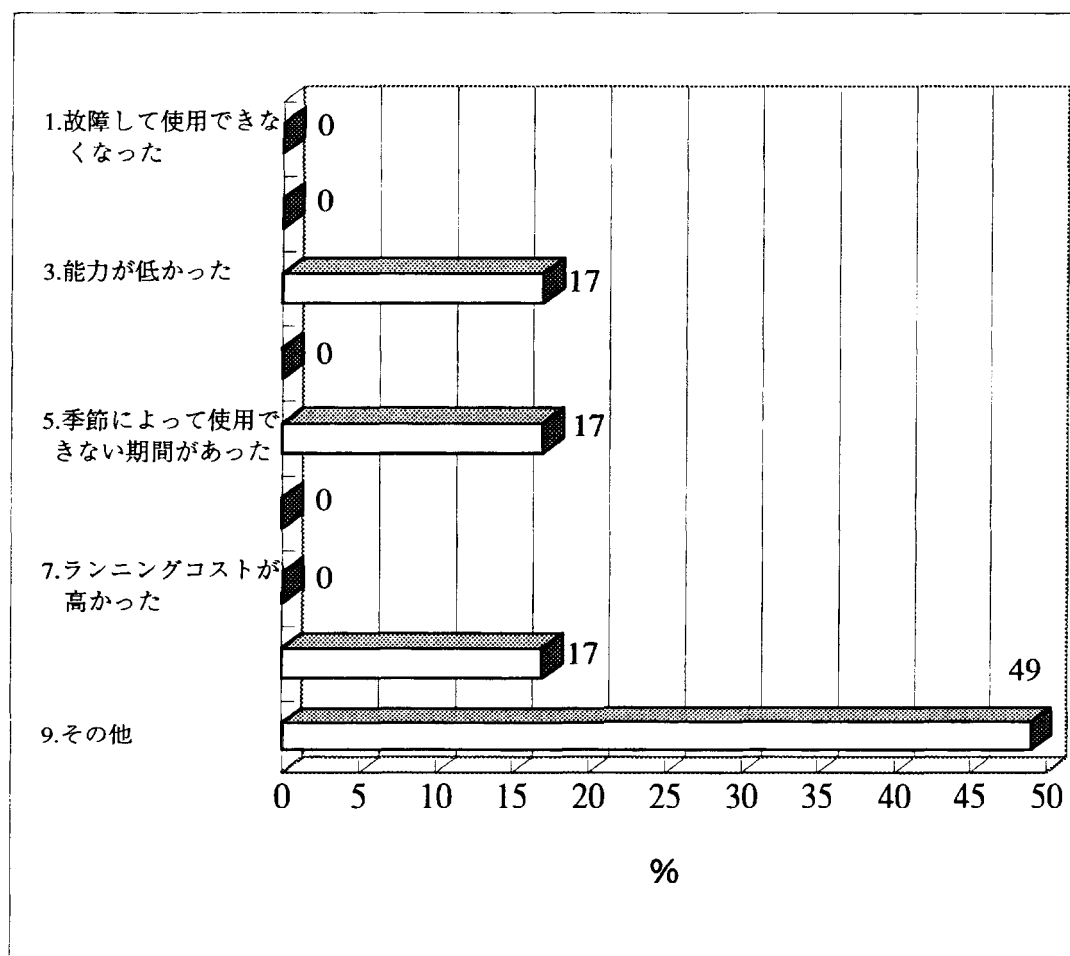
問11.その商品（システム）を購入した理由は何ですか（複数回答可）

問11	票数	回答率（％）
1.経済性がよさそう	3	34
2.環境によさそう	1	11
3.使い勝手がよさそう	1	11
4.アフターサービスがよさそう	0	0
5.デザインがよさそう	0	0
6.目立ちそう	0	0
7.知人・友人に勧められたから	2	22
8.販売員に勧められたから	2	22
9.その他	0	0
計	9	100



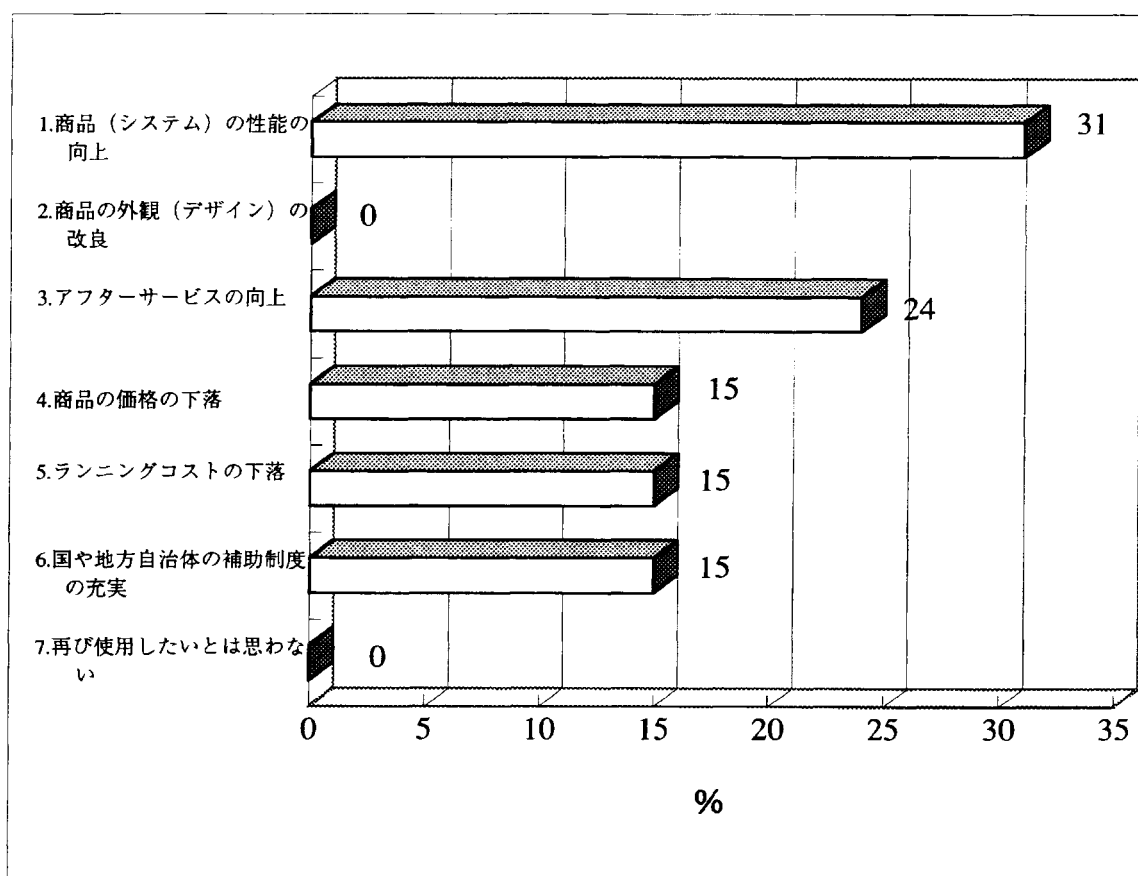
問12.その商品（システム）を使用しなくなった理由は何ですか。（複数回答可）

問12	票数	回答率（％）
1.故障して使用できなくなった	0	0
2.操作が面倒で使い勝手が悪かった	0	0
3.能力が低かった	1	17
4.作動が遅かった	0	0
5.季節によって使用できない期間があった	1	17
6.外観（デザイン）が悪かった	0	0
7.ランニングコストが高かった	0	0
8.メンテナンスが悪かった	1	17
9.その他	3	49
計	6	100



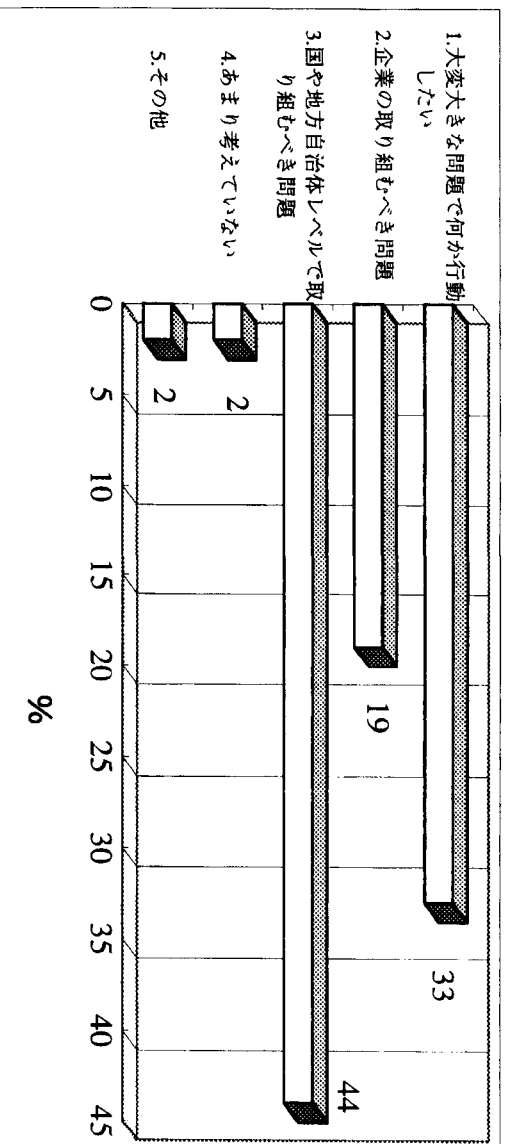
問13.どんな条件がそろえば再び使用したいと思いますか。

問13	票数	回答率 (%)
1.商品（システム）の性能の向上	4	31
2.商品の外観（デザイン）の改良	0	0
3.アフターサービスの向上	3	24
4.商品の価格の下落	2	15
5.ランニングコストの下落	2	15
6.国や地方自治体の補助制度の充実	2	15
7.再び使用したいとは思わない	0	0
計	13	100



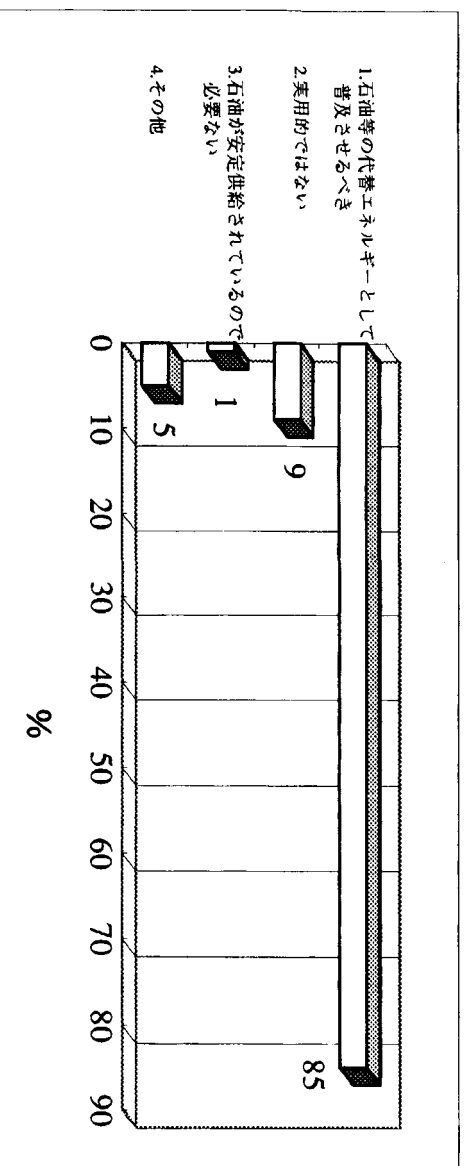
問14. 地球環境問題についてどのような考えですか。(複数回答可)

問14	票数	回答率 (%)
1. 大変大きな問題で何か行動したい	121	33
2. 企業の取り組みべき問題	71	19
3. 国や地方自治体レベルで取り組みべき問題	161	44
4. あまり考えていない	7	2
5. その他	6	2
計	366	100



問15 太陽エネルギーについてどのような考えですか。(複数回答可)

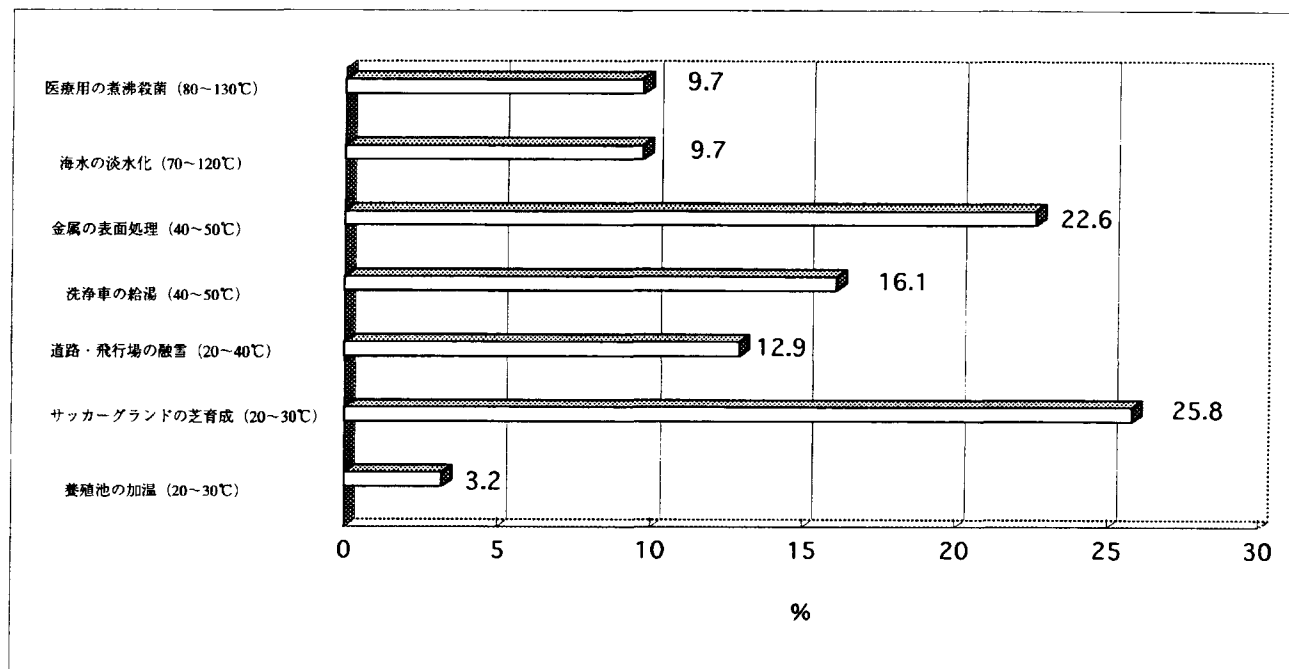
問15	票数	回答率 (%)
1. 石油等の代替エネルギーとして普及させるべき	193	85
2. 実用的ではない	21	9
3. 石油が安定供給されているので必要ない	2	1
4. その他	10	5
計	226	100



参考資料4-② アンケート集計結果（第2回）

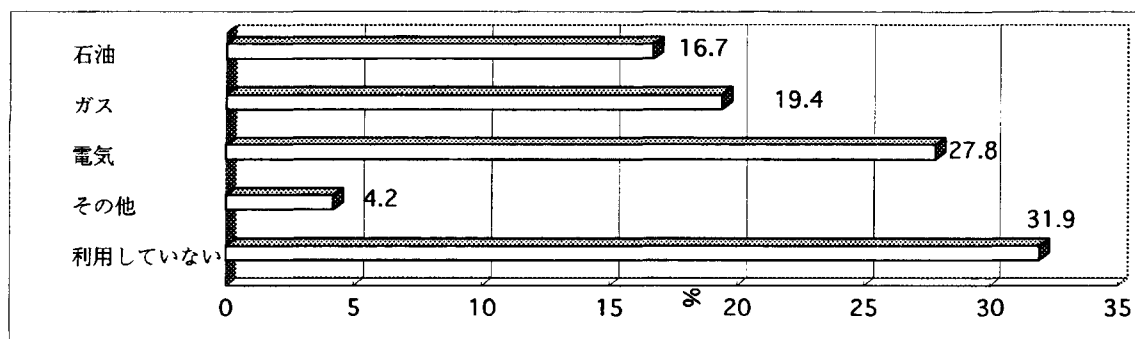
問1-1 使ってみたい利用方法

回答者の職種（回答数）	製薬・医療機器（9）	地方自治体（7）	塗装業（9）	洗車業（1）	空港管理事務所・道路公団（5）	グランド管理事務所（8）	水産業（3）	地方自治体（8）	合計	回答率（%）
医療用の煮沸殺菌（80～130℃）	3	0	0	0	0	0	0	0	3	9.7
海水の淡水化（70～120℃）	0	2	0	0	1	0	0	0	3	9.7
金属の表面処理（40～50℃）	0	0	7	0	0	0	0	0	7	22.6
洗浄車の給湯（40～50℃）	0	1	0	1	1	1	0	1	5	16.1
道路・飛行場の融雪（20～40℃）	0	0	0	0	2	1	0	1	4	12.9
サッカーグラウンドの芝育成（20～30℃）	0	0	0	0	0	7	0	1	8	25.8
養殖池の加温（20～30℃）	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3.2
合計	3	3	7	1	4	9	1	3	31	100



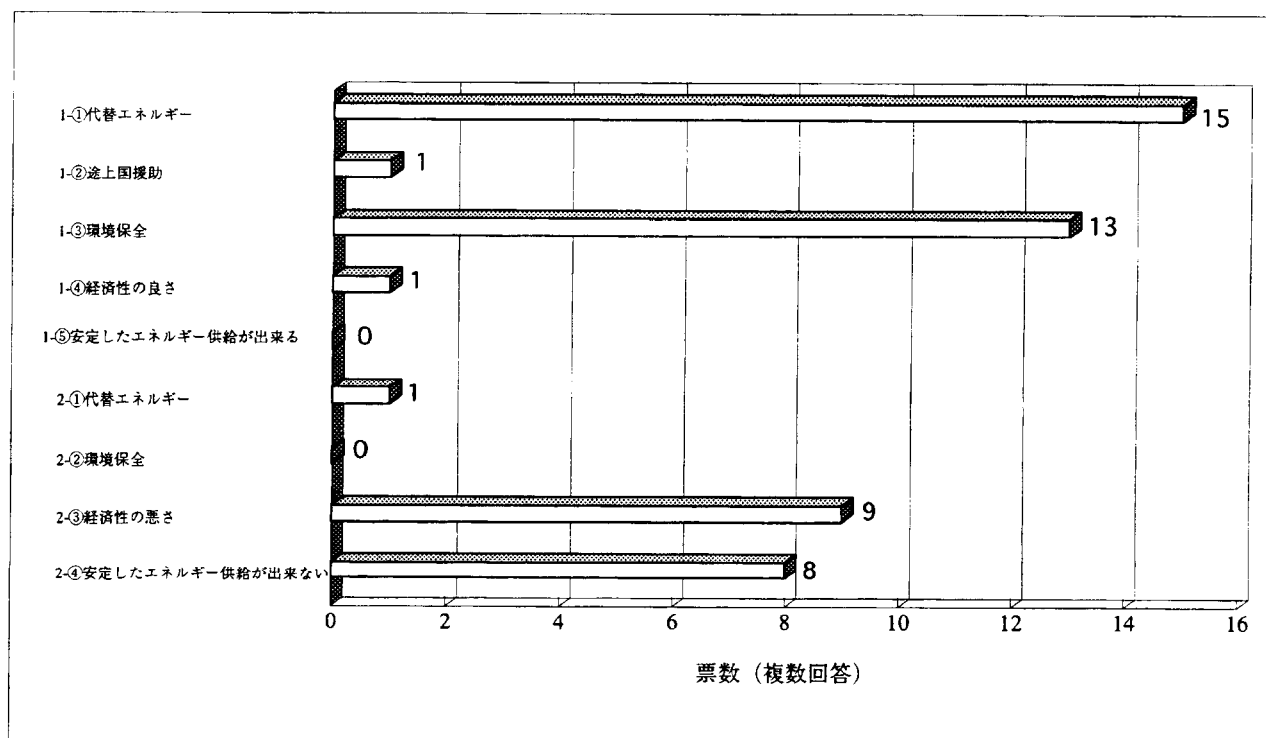
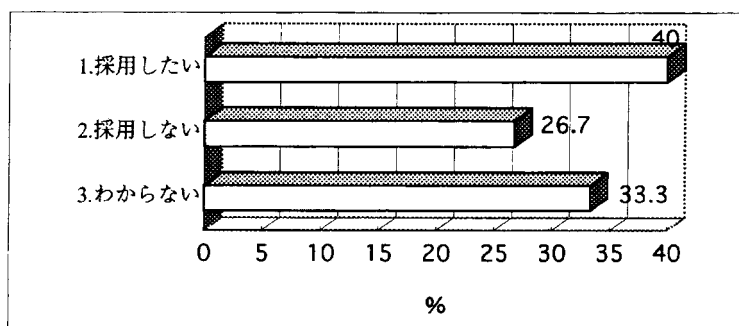
問2 現在使用しているエネルギー源

回答者の職種（回答数）	製薬・医療機器（9）	地方自治体（7）	塗装業（9）	洗車業（1）	空港管理事務所・道路公団（5）	グランド管理事務所（8）	水産業（3）	地方自治体（8）	合計	回答率（%）
石油	4	0	5	1	2	0	0	0	12	16.7
ガス	4	0	5	0	2	3	0	0	14	19.4
電気	4	2	4	1	3	3	0	1	20	27.8
その他	0	0	2	0	0	0	0	1	3	4.2
利用していない	5	5	0	0	2	5	1	5	23	31.9
合計	17	7	16	2	9	11	1	7	72	100



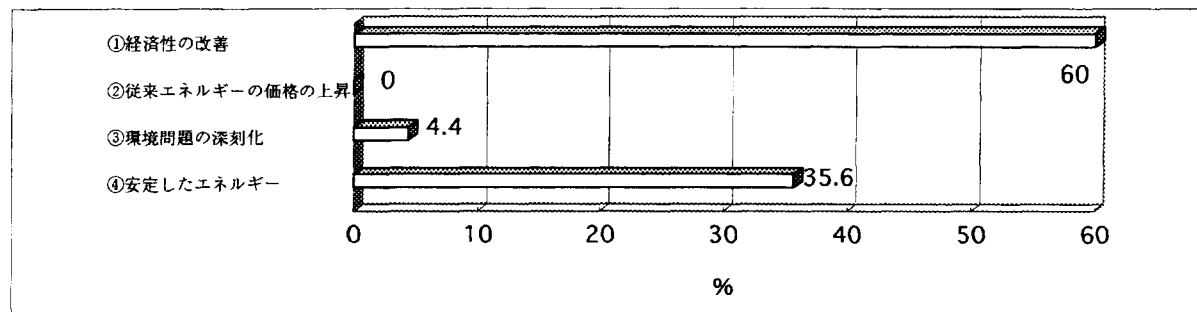
問3-1 別紙に提案した太陽エネルギー利用コンセプトを採用したいとおもいますか？

回答者の職種 (回答数)	製薬・医療機器 (9)	地方自治体 (7)	塗装業 (9)	洗車業 (1)	空港管理事務所・道路公団 (5)	グランド管理事務所 (8)	水産業 (3)	地方自治体 (8)	合計	回答率 (%)
1. 採用したい	3	2	2	1	2	3	1	4	18	40.0
①代替エネルギー	2	2	2	1	2	3	1	2	15	33.3
②途上国援助	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2.2
③環境保全	2	1	2	0	2	2	1	3	13	28.9
④経済性の良さ	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2.2
⑤安定したエネルギー供給が出来る	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. 採用しない	4	4	3	0	0	0	1	0	12	26.7
①代替エネルギー	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
②環境保全	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
③経済性の悪さ	3	3	3	0	0	0	0	0	9	20.2
④安定したエネルギー供給が出来ない	3	3	1	0	0	0	1	0	8	17.8
3. わからない	3	1	0	0	3	5	0	3	15	33.3
合計	10	7	5	1	5	8	2	7	45	100



問4 問3で「2.採用しない」「3.わからない」の回答者
採用の条件は？

回答者の職種（回答数）	製薬・医療機器 (9)	地方自治 体 (7)	塗装業 (9)	洗車業 (1)	空港管理事 務所・道路 公団 (5)	グランド 管理事務 所 (8)	水産業 (3)	地方自治 体 (8)	合 計	回答率 (%)
①経済性の改善	6	4	6	0	3	3	0	3	27	60
②従来エネルギーの価格の上昇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
③環境問題の深刻化	1	0	0	0	0	1	0	0	2	4.4
④安定したエネルギー	5	4	2	0	2	1	1	1	16	35.6
合計	12	8	8	0	5	5	1	4	45	100



委員会の編成

【委員長】

谷 辰夫 東京理科大学工学部電気工学科 教授

【委員】（50音順）

伊東 民雄 高砂熱学工業（株）技術本部技術部 課長
大木 良典 三菱重工業（株）技術本部技術管理部 技術管理課長
岡田 健司 （財）電力中央研究所エネルギーシステムグループ
栗原 潤一 （株）ミサワホーム総合研究所環境エネルギー部環境研究室 室長
鈴木 研夫 東京農工大学工学部電気工学科 助手
土井 卓也 電子技術総合研究所エネルギー部環境エネルギー研究室
中津川昭一 矢崎総業（株）エネルギー機器本部 副本部長
宮崎 友昭 （株）大林組設計本部設計技術部技術課 課長
山本 晴夫 シロキ工業（株）ソーラー企画部 取締役企画部長
吉村 和記 名古屋工業技術研究所融合材料部メソスコピック材料研究室