

技術レポート4
新エネルギーの動向

平成3年3月

社団法人 大阪ビルメンテナンス協会
設 備 部 会

卷頭のことば

新しい技術、知識に関する情報の収集並びに調査を行い、その解説と応用等については会員皆様にできるだけ早い機会に配布御紹介申し上げるよう考へている。

今般、過去に発行した「インテリジェントビルそのメンテナンス」「コーチェネレーション」「地域冷暖房システム」に続いて第4番目として「新エネルギーの動向」について、その概要をまとめて発行した次第である。

化石燃料の枯渇の危惧、環境とエネルギーの関係が問題視される近年、石油代替エネルギーの開発導入は急務である。在来型石油エネルギー及び新エネルギーとしての太陽熱エネルギー、風力や地熱発電、新電源としての燃料電池等さまざまな研究が実用化をめざして進められている。本書は、新エネルギー各分野の技術開発がどこまで進んでいるか、できるだけ最新の情報を用い、広く概観・理解できるよう編成したもので、その概要を修得され、新しいエネルギーの開発、動向に注目し、省エネルギーやエネルギー転換、および今後のメンテナンスに一層いかされることを期待するものである。

平成3年3月

社団法人 大阪ビルメンテナンス協会
設 備 部 会

目 次

1.はじめに	1
2.石油代替エネルギーの分類	2
3.在来型石油代替エネルギー	3
3.1 石炭	3
3.2 天然ガス	5
3.3 原子力	8
3.4 水力	12
3.5 地熱（火山性浅部）	12
4.新エネルギー	23
4.1 太陽	23
4.2 風力	33
4.3 海洋	36
4.4 地熱（深部地熱、高温岩体）	44
4.5 バイオマス	47
4.6 石炭のガス化・液化・流体化	50
4.7 水素	53
4.8 燃料電池	56
5.21世紀のエネルギー展望	70

新エネルギーの動向について

1. はじめに

現在、わが国の第一次エネルギーの大半は依然として石油が占めており（1989年：57.3%）、しかもその70%以上を政治的に不安定な中東地域からの供給に依存している。昭和48年と昭和53～55年の二度にわたる石油危機の厳しい洗礼を受け、わが国のエネルギー供給体制がいかに脆弱であるかが思い知らされ、省エネルギーの思想の徹底で石油依存度を減少する努力が続けられた。産業界が省エネルギーを積極的に推進し、石油の使用量を減らす一方、エネルギー源を石油一辺倒から、液化天然ガス、原子力、石炭などを併用するエネルギーの多様化政策が推進されてきた。

以降、一時原油価格の低下が省エネルギーの切迫感を鈍らせ昨今、従来のエネルギー多消費型の産業の盛り返しがあり、エネルギー消費が増加傾向を示している。しかるに、チェルノブイリ原子力発電所事故以降主要電源として位置づけられている原子力発電は、反対運動などで建設が停滞し、さらに、炭酸ガスによる地球の温暖化を防止するために石炭の利用が制限されてくる心配がある。このような状況から石油需要が再び増加する心配があり、石油価格の上昇傾向は避けられないものと考えられていた。そのようなとき、平成2年8月2日、イラクのクウェート侵攻と占領にともない平成3年1月18日湾岸戦争が勃発、またもやエネルギー危機に直面し原油価格が上昇し、世界経済に深刻な打撃を与えることが懸念される。

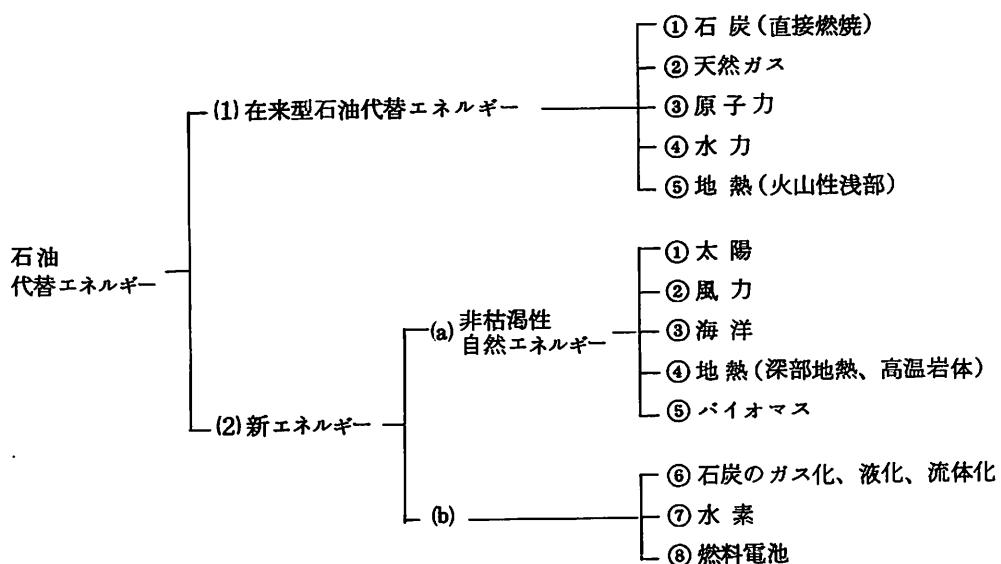
このような状況下で、石油依存度を減らすため国、エネルギー会社、メーカー等が一丸となって技術開発を行い、エネルギーの多様化を引き続き推進している。

大阪ビルメンテナンス協会・設備部会では、平成2年度の活動テーマとして、石油代替エネルギー、特に新エネルギーの開発と現状についてとりあげること

にした。

2. 石油代替エネルギーの分類

石油以外のエネルギーはすべて「石油代替エネルギー」であるが、それらは次に示すように在来型のエネルギーと新エネルギーとに分類できる。新エネルギーはさらに非枯渢性自然エネルギーとそれ以外のエネルギーに再分類できる。これらはすべてエネルギーの多様化の対象になる。



在来型のエネルギーは現在石油と並んで使用されているエネルギーである。石炭は微粉炭燃焼の形で火力発電に使用されている。原子力と水力は石油火力発電と並んで現在でも重要な電源構成を担っている。地熱も火山地帯の浅部地下の熱水を噴出させて利用されている。しかし、石油がカバーしている一次エネルギーを補完するには上記の在来型のエネルギーのみでは不十分であり、新しいエネルギー源を開発する必要がある。

新エネルギーとは在来型でないもの、つまりこれまで利用されていないか、利用されていても統計に現れないほど微々たるものでしかないが、今後の技術

開発によってわが国の供給エネルギー体系に新たに加わり、大きなウエイトを持つことが期待されるものを「新エネルギー」と呼んでいる。

わが国的新エネルギー技術の開発は 1980 年に設立された通商産業省管轄下の新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）を中心になって行ってきている。NEDO の事業は、各種石油代替エネルギーの技術開発、海外石炭および地熱の資源開発など、多岐にわたっている。

上記の石油代替エネルギーの具体的な研究開発体制のうち、1974 年にスタートした「サンシャイン」計画は国の研究機関、大学そして NEDO によってすすめられている。サンシャイン計画が研究対象とする新エネルギーは、太陽エネルギーのほか地熱、石炭液化・ガス化、水素、海洋、風力などで、基礎研究から応用研究まで総合的に取組まれ、その技術力は世界でもトップクラスに達している。このうち太陽エネルギーの研究では、特に太陽光発電の研究に力をいれている。太陽電池の製造技術に関する研究、そして発電システムの設計、製造、保守技術や、電力会社の配電線と接続するための連系制御技術など、実用化に向けて研究が行われている。

また、一方、燃料電池については、1981 年に通産省工業技術院の「ムーンライト」計画（省エネルギー技術研究開発制度）から本格的にスタートされ、電力会社、ガス会社あるいは電気メーカーなど民間においても、今日、その基礎研究、商用機開発への努力が懸命に行われていて、一部には商用プラントとして完成をみているものも登場してきた。

以下においては、石油代替エネルギー各種の最近の開発状況を概観し、特に太陽エネルギーおよび燃料電池については技術的に詳しく解説する。

3. 在来型石油代替エネルギー（開発と現状）

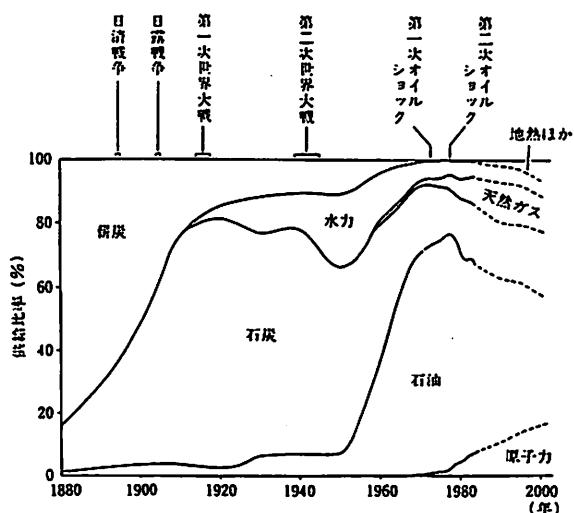
3.1 石炭

世界の石炭の確認可採埋蔵量は瀝青炭と無煙炭にさらに亜瀝青炭と褐炭を

加えると、7,308億tに達し、可採年数は230年になる。この埋蔵量は石油の約5倍であり、石油の可採年数が36年と推定されていることから比較すると、石炭が石油代替エネルギーとして重要であることが理解される。また、賦存地域も政治的に安定した国々を中心に、オーストラリア、カナダ、アメリカ、中国、ソ連などと広がっている。1987年度の世界の石炭生産量は年間33億tであり、このうち中国が27%、アメリカが23%、ソ連が16%を占めている。

わが国では、石炭需要の87%を輸入に依存している。石炭の需要総量の70%弱が原料炭と呼ばれ、その大部分が乾留によって製鉄用のコークス製造に当たられている。残りの30%強が一般炭と呼ばれ、発電用や産業用の燃料として利用されている。しかし、今後は石油代替エネルギーとしての重要性が増して行くであろう。

石油と比較して石炭は固体で取り扱いに不便であり、さらに灰分や硫黄化合物が含まれており、環境保全の面から、その直接的な利用に難点がある。今後石炭が石油代替エネルギーとして貢献するには、クリーンでしかも取扱いの容易な形に変換していかねばならない。



日本のエネルギー供給比率の推移（点線は1983年11月の長期エネルギー需給見通しによる）

3.2 天然ガス

LNGは Liquefied Natural Gas の略で、天然に産するガスを低温技術によって -160°C に冷却し、液化したものである。

天然ガスを液化すると体積がもとの約 $1/600$ になるので、いちどに大量に輸送し、貯蔵することができる。

LNGは生産地で天然ガスを液化する時、イオウ分などの不純物を取り除くので、再び気化して燃やしても、亜硫酸ガスなどの有害物質が発生しないクリーンなエネルギーである。

また、空気より軽く、空気中にすぐ拡散するので、より安全なエネルギーといえる。

天然ガスは埋蔵量が豊富で、しかも世界に広く分布している。埋蔵量は、昭和63年末で約112兆m³が確認されており、可採年数は約60年となっている。さらに、今後新しい大規模なガス田が発見されるだろうという予測も出ている。

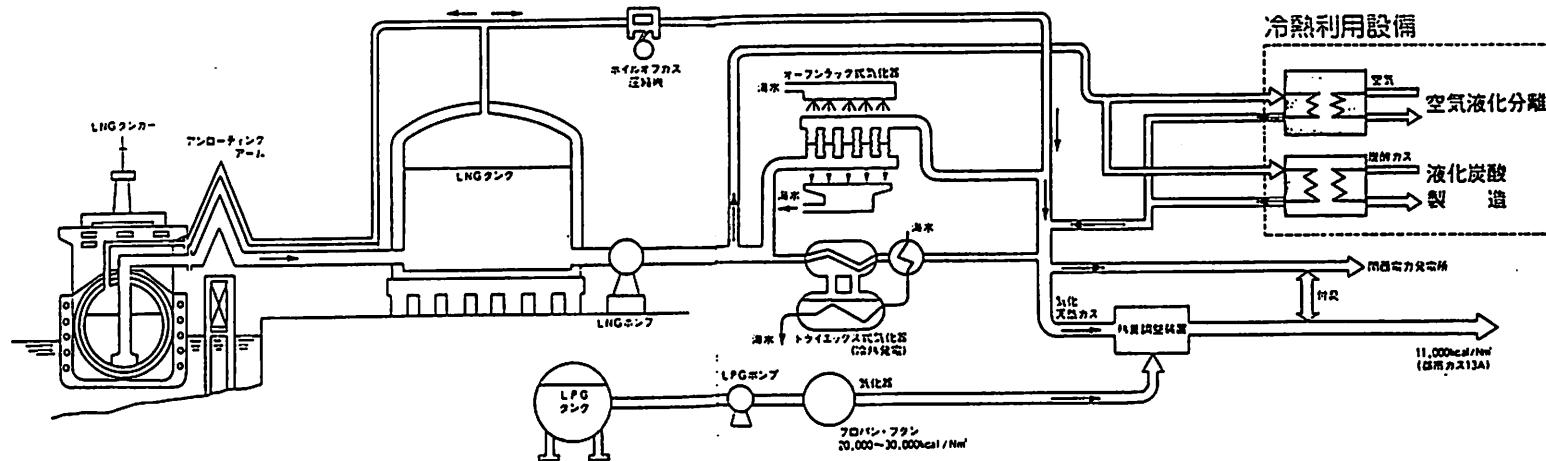
また、LNGプロジェクトは生産地と消費地を直結したシステムで、各プロジェクトとも約20年の長期契約により、安定した供給が保証されている。

天然ガスの熱量は従来の都市ガスの約2.4倍にあたるため、既設の供給設備を2倍以上に活用できる。また製造設備も他原料使用の場合に比べて簡単で、ガス化・供給段階でのロスもない。このような合理化効果は、ガスコストの抑制に貢献している。

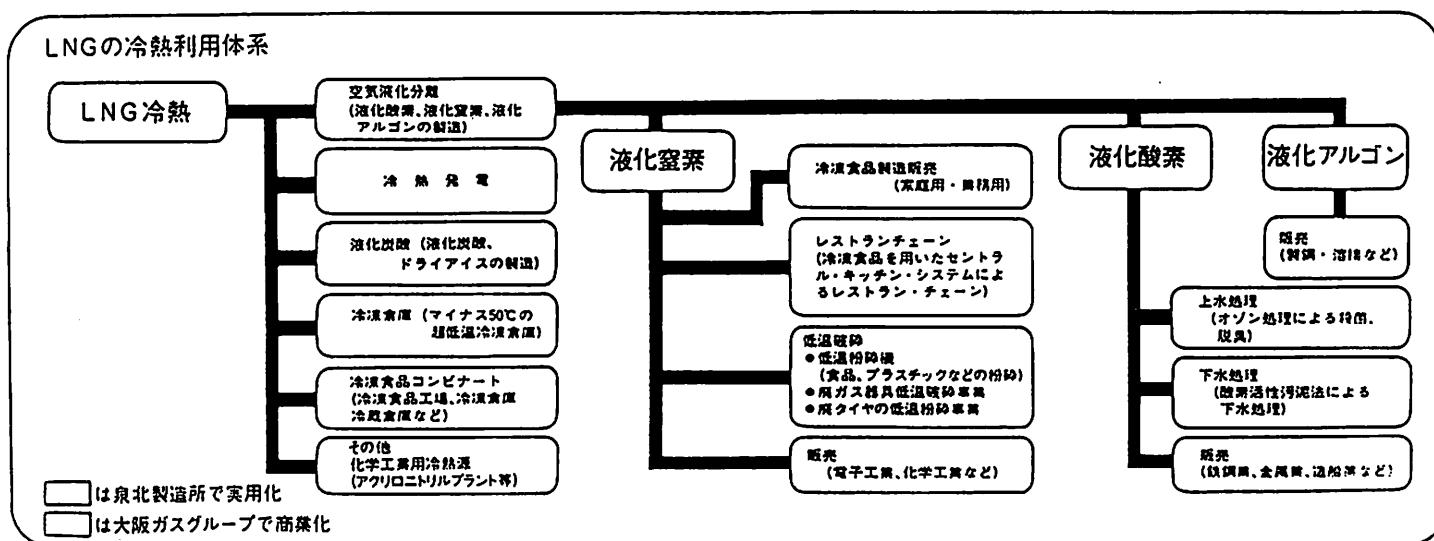
(1) 製造方式

产地で液化された天然ガス(LNG)は、LNGタンカーによって製造所へ運ばれてくる。陸揚げされたLNGは、 -160°C という超低温のままLNGタンクへ送られる。

このLNGは、海水の熱で気化され、もとの天然ガスになり、LPGを加えて所定の熱量に調整されたのち、付臭されて送出される。



— 6 —



(2) LNG の冷熱利用

LNG は -160°C という超低温の「冷熱」を持っている。この冷熱は LNG 1 kg で 200 kcal のエネルギーに相当する。この冷熱エネルギーを有効に利用して「冷熱発電」や「空気液化分離」「液化炭酸製造」「低温破碎」「冷凍食品の製造」など、さまざまな形で冷熱利用が行われている。

現在、LNG の冷熱事業への利用率は 50 % に達しているが、さらに有効利用するよう研究開発を進めている。

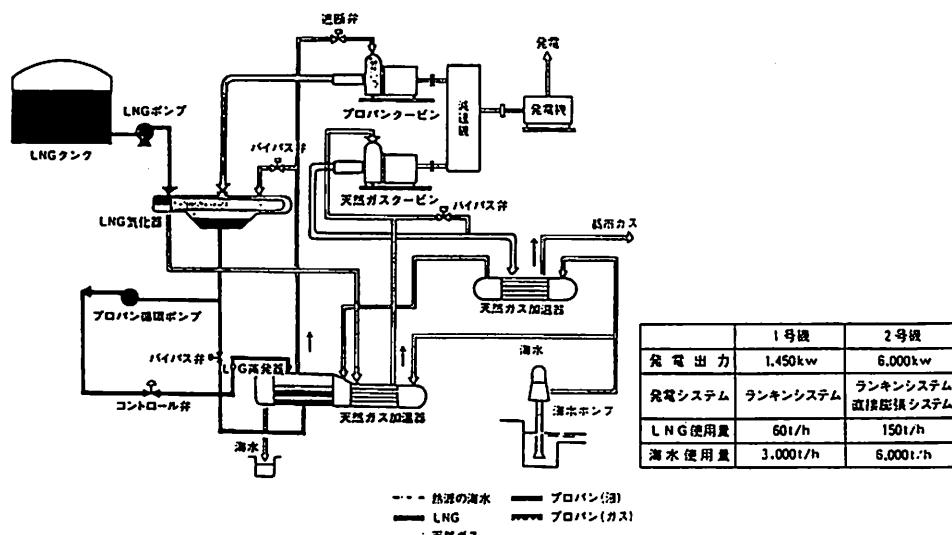
LNG 冷熱発電

昭和 54 年末 大阪ガス泉北製造所にて、世界初の冷熱発電実用化プラント（出力 1,450 kW）が建設された。さらに昭和 57 年 4 月からは、出力 6,000 kW の 2 号機が稼動している。

1・2 号機あわせて泉北製造所第二工場の年間消費電力の約半分をまかなっている。第一工場でも、平成元年 2 月から 2,400 kW の天然ガス直接膨張式発電機が稼動している。

LNG 冷熱発電システム

（プロパンランキンサイクル方式 + 天然ガス直接膨張方式）



3.3 原子力

(1) 海水からウランの採取

現在、原子力発電は世界の発電量の16%を占めるまでに至っている。日本では36基の原子炉が稼動しており、発電量は約2,870万kWで、電力量の約30%を賄っている。天然ウランが原子燃料として用いられている。しかし、その大部分は輸入であるから、将来の国家安全保証の観点から自給体制について考えておく必要がある。その可能性の一つが海水中にあるウランの採取である。

海水からのウランの採取法としては、固体吸着剤を用いる吸着法が経済的にみて最も実用性の高い方法である。吸着剤としては無機系の含水酸化チタン、有機系のアミドキシム樹脂などが検討されている。とくにアミドキシム樹脂は海水中のウラン濃度の 10^6 倍以上に濃縮可能であり、ウラン吸着の選択性も高いので有望である。

海水からウランを採取するには大量の海水を処理する必要があり、そのプラントについての工学的検討が重要である。いま、1,000 t/y の天然ウランを採取するとして収率を80%としても約 $9 \times 10^5 m^3/min$ の海水を流す必要がある。もしもポンプを用いると、その動力が採取ウランからのエネルギーを越えるようだとこの方法は意味がなくなる。従ってポンプ利用よりも海流などの自然力を活用し、かつ接触設備の構造も簡単な方式が望ましい。

現在、ポンプ利用と海流利用の両者の立場から、できるだけ流動の圧力損失が小さく接触効率の高い吸着システムの開発研究が実施されている。

吸着剤も球状粒子から、中空纖維状、纖維を利用したマット状、ペレット状、マリモ状など操作が容易で吸着速度の大きいものへと拡大し、装置も流動層、海流利用のループ形循環流動層、係留式吸着層などの種々の形式が検討されている。

(2) 原子力の特質を生かした新型炉の登場

現在、軽水動力炉による発電技術はほぼ定着したといえる。しかし原子力

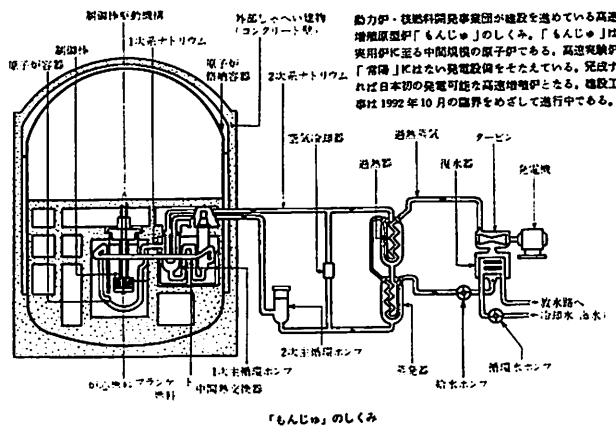
発電の特質は十分に生かされているだろうか。原子炉は、制御された核分裂連鎖反応によってエネルギーを取りだしている。そのため燃料補給の量や頻度が少なく、燃料の自己再生産も可能である。反応には火力発電の場合の酸素のようなほかの物質が不要であり、燃焼ガスも出ない。高温・高出力密度が可能で、自己制御性を含む精緻な制御ができる。21世紀にはこれらの特質を最大限に活用できる原子炉が出現するだろう。

燃料の再生産が可能であることを最大限に生かそうとしているのが、燃えないウラン238を燃えるプルトニウム239にかえる夢の原子炉「高速増殖炉」である。本格的開発がはじめられて20年以上経過し、日本においては原型炉「もんじゅ」が建設中であり、ナトリウム冷却による発電技術が確立しつつある。一方、高速炉の開発は、肝心の燃料増殖の性能を犠牲にしてまで経済性向上をめざしてきたにもかかわらず、いまだに建設コストは軽水炉の2倍前後である。最近、開発初期に見捨てられた金属燃料がアメリカで改良された。この金属燃料を用いれば、燃料の増殖性能は格段によくなる。燃料の再処理・製造コストも安いといわれている。エネルギー自立をめざしている日本としては、原点にもどって燃料増殖性・経済性の双方が高い高速増殖炉を21世紀には出現させ、夢を早く正夢にしたいものである。

熱を取りだす手段さえあれば、原子炉は原理的にいくらでも高温・高出力密度を達成できる。そこで原子炉を高温に強い物質（黒鉛、セラミックス、不活性ガスなど）のみでつくり、徹底的に高温をねらう原子炉があってもよい。そうすれば現在の軽水炉の低い発電効率（32～33%）をこえて火力発電（40数%）にせまり、それをこえる原子炉ができる。セラミックス技術のめざましい発展を背景に950度C以上の高温が得られれば、水からの水素製造も可能となる。水素を燃やしても燃焼ガスを出さないから、二酸化炭素による温室効果の防止など地球大気環境の保全にも役立つ。

日本では手はじめに日本原子力研究所において、950度Cの高温をめざした「高温工学試験研究炉」が1994年臨界を目指して建設されようとしている。

燃料補給の量、頻度が少ないと反応にほかの物質が不要なこと、精緻な制御性などは「隔絶した環境で作動可能」というほかのエネルギー生産手段にはない特色を生みだす。すばらしい成果をあげたアメリカの惑星探査機ボイジャーは、プルトニウム 238 の崩壊熱を利用した 150 ワットの電源をのせていた。それよりも遠くの深宇宙空間における強力な電源としては、超



小型炉が 100 キロワットクラス以上の強力な電源となりうる。

原子炉技術は新材料、先端技術の発展を背景に、21世紀にはその原理の特徴を生かしたいっそうの展開が期待できるだろう。

(3) 究極のエネルギー核融合

人類の歴史上はじめて人工の太陽の火を地上にともす核融合発電炉が、21世紀には現実のものとなる。海水中に豊富に含まれる重水素を燃料とするため究極のエネルギーともいわれる。

現在、JT-60 (日本)、TFTR (アメリカ)、JET (EC) が臨界プラズマ条件近辺のプラズマの研究開発にしのぎをけずっている。臨界プラズマ条件とはプラズマに注入する外部のエネルギーとプラズマでの核融合によって生ずるエネルギーが等しいという物理的条件である。これが達成されれば、次は自分の出したエネルギーでプラズマを燃やしつづけられるような状態、つまりエネルギー的な連鎖反応が持続する状態(これを自己点火条件といふ)が目標になる。これが実現できてはじめて核融合は効率のよいエネルギー源となる。日本の計画では、JT-60 につづくトカマク型次期大型装置の「核融合実験炉 (FER)」によってこれを 2000 年ごろに達成しようとしている。そのためには JT-60 より強いプラズマ電流をつくるやや大きな装

置が必要となろう。

その強い磁場をつくるには、現在技術がほぼ確立している在来の液体ヘリウム温度の金属系超電導磁石を用いるか、今めざましい成果が得られつつあるセラミックス系高温超電導技術が間に合うか興味のあるところである。この大型超電導磁石技術をはじめ、核融合が先端技術開発の強力な推進力になっていることも見のがすことはできない。そのほかプラズマ加熱の必要から強力粒子ビーム、大出力高周波出力器などの最大の開発推進力は核融合開発にあり、複合材料、耐熱合金などの新材料、レーザー計測などの先端計測、超高真空などの技術開発の一翼をもくなっている。

自己点火条件が達成されれば核融合の物理的基本条件が確立したこととなり、ちょうど原子炉において持続する連鎖反応を確認したことにあたる大きなエポックとなる。あとは炉として仕上げることになり、残された技術として長時間運転に耐える材料の開発や除熱・発電技術、燃料となる三重水素の自己再生産技術の確立が一気に進展しよう。プラズマを取り巻く高温ブランケット部分で、直接水素を生産しようという考えもある。

これで核融合炉としての姿ができあがることになる。現在のところ、それは 2030 年ごろであろうと予測されている。しかし核融合はこれにとどまるものではない。現在考えられている核融合は、重水素 (D) と三重水素 (T) の D-T 反応だが、三重水素は天然にはほとんど存在しないので、リチウムに中性子を衝突させてつくる必要がある。海水中に豊富に含まれる重水素どうしの反応 (D-D 反応) ができれば炉系は単純となり、人類はエネルギー資源確保の苦労から解放され、地球環境が保全されるだろう。このためにはプラズマ温度が D-T 反応の場合よりも数倍高くなる必要がある。D-T 炉ができた 21 世紀の後半には、D-D 反応をめざすことになるのではなかろうか。

原子力は、人間の技術の力で今までにないまったく新しいエネルギー資源をつくりだそうとする試みである。地球に存在する資源の量や地球環境の包

容量は有限であることを人類は実感しました。人類はエネルギー資源をめぐってさまざまな争いをおこした20世紀を反省して、エネルギー資源の枯渇や地球環境の破壊の進行とそれらを防ぐ技術の進歩との間の壮大な競争をはじめなければならない。

3.4 水 力

水力発電は基本的にクリーンエネルギーであるとされており、とくに小規模な発電所においてその性格が強い。しかし近年、環境保全に対する関心の高まりを反映して、大容量の貯水池を有し、かつ出力規模の大きな発電所を中心として環境への影響が注目されるようになってきた。

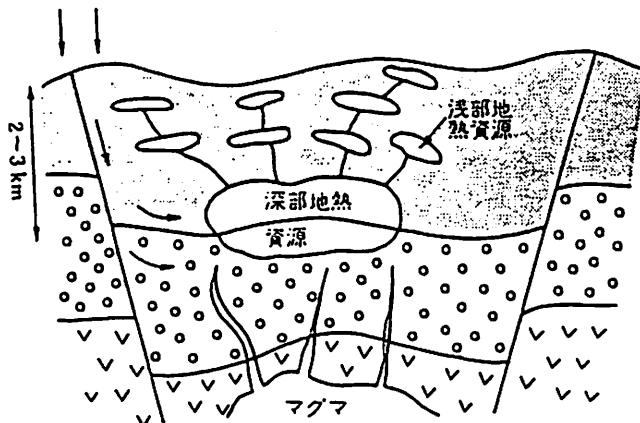
ダム、発電所の建設および貯水池の運用が自然環境および社会環境に与える影響は、周辺地域の自然、社会特性によって、その程度、範囲、種類などが異なり、また開発規模、発電方式、施工方法などによっても異なってくる。とくに貯水池をもたない水路式発電所の場合は開発規模が小さいため、一般に環境に与える影響は、ダム式発電所、ダム水路式発電所に比べて小さく、立地地点の状況によっては、ほとんど影響を及ぼさないことがある。また一般に、水力開発は山間部のすぐれた自然環境の中で行われるため、社会環境に与える影響は自然環境に対するものより小さいといえる。

3.5 地 热（火山性浅部）

地熱資源は生因別そして温度別などによって分類される。しかし、これはまったく別に热水系資源を開発する深度別にわけることが行われている。現在開発されている热水系資源はほぼ掘削深度2,000m位までである。世界的には開発の深度は深くなる傾向にあるが、坑井の掘削には莫大な費用を要するので、地熱発電の経済性の観点から必ずしも深いほうが有利とはならない。

地熱発電に使用する蒸気、热水は地下に存在する地熱貯留層より採取する。この地熱貯留層は地下1,000から1,500mの深さに存在する浅部热水系のそ

れと、地下 2,000 から 4,000 m の所に、100 万年前の火山活動により形成されたという大深部熱水系とがある。既存の地熱発電所では、前者の浅部熱水系のものを使用し、今後は大深部熱水系も利用するよう開発が進められている。



深部地熱と浅部地熱の関係

矢印は天水の流れを示す。貯留層が多階的構造をもって存在するとの考えによる。

(1) 地熱貯留層

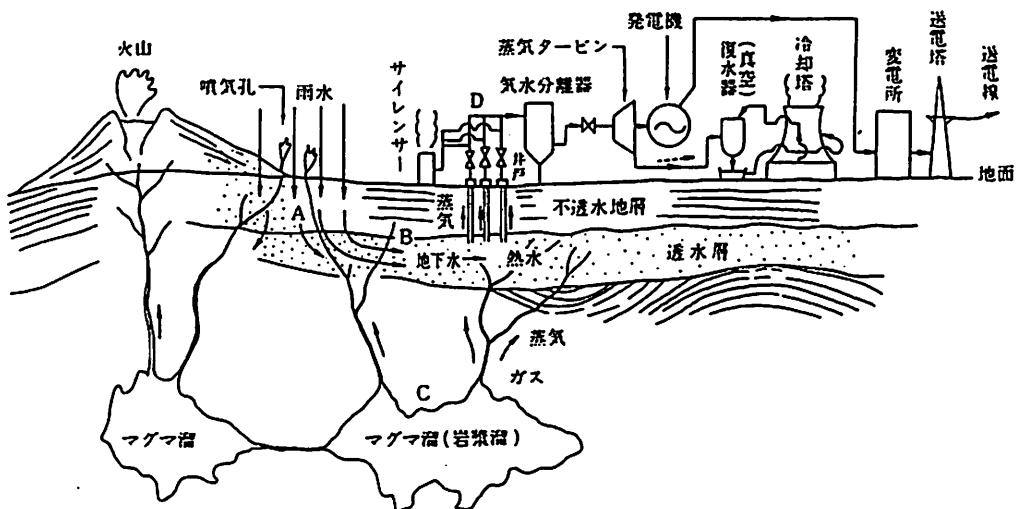
地下に入った雨水が、地表側の不透水層（ち密な岩石の層）の下に浸透しマグマ溜で加熱された地下水になると、地表に逃れることができない熱水の溜となる。このような熱水の溜を地熱貯留層といい、その上部の不透水性の岩石を岩帽といいう。

地熱貯留層は地表面下 1,000 m から 4,000 m 程度の深さのところにあるのが普通であり、地圧条件にもよるが岩帽の下に閉込められているから、高温・高圧の液相になっていることが多いと考えられる。

一般に地熱発電を利用する熱エネルギーはこの地熱貯留層の蒸気、熱水であって、地表から井戸を掘って高温・高圧の蒸気および熱水を取り出す。その時に貯留層の熱水の一部が圧力の低下で蒸気となって噴出するわけである。火山地帯でなくても地下水は地下の熱によって加温され、季節に関係なく 10 から 20 °C の温度に保持されるが、数 100 °C の温度の熱水を持つ地熱貯

留層はどこにでもあるわけではなく、その形成が地層構造やマグマ溜の存在に左右されるから、火山地帯に限られることになる。

マグマ溜は高温であるから、自然に生じた地熱貯留層のほかにその熱を取り出して利用することも考えられる。その一つとしてマグマ溜の熱で加熱された地下の岩石に人工的にクラックを作り、そこに水を注水して高温の蒸気として地上に取出そうというのが、後に述べる高温岩体利用である。



本源マグマよりマグマ溜りの生じるプロセス

(2) 地熱発電 (geothermal power generation)

広義には地熱を利用したすべての発電に対して用いられるが、狭義には地熱流体を利用する発電に対して用いられる。前者にはマグマ・高温岩体・火山などの利用も原理的に考えられる。

狭義に用いられる場合は、蒸気を用いる場合、熱水のもつエネルギーを低沸点温度をもつ2次媒体に伝え、気化した2次媒体を用いる場合、および蒸気と熱水の混合流体をそのまま用いる場合がある。

地熱発電の歴史はイタリアのトスカナ地方のラルデレロに始まる。1904年にピエロ・ジノリ・コンティが同地域の天然蒸気を用いて $\frac{3}{4}$ 馬力の発電機を運転し、点灯に成功したのがその始まりである。ラルデレロではその後

1913年には蒸気タービンによる 250 kW の地熱発電所が建設された。これがいわば本格的地熱発電所の始まりであった。ラルデレロの発電所はその後増設がなされ、1942年には 138.5 MW となっている。しかし第2次大戦に際してこれらの設備は連合軍により破壊された。戦後ただちに復旧が始まり、さらに他地域の開発もなされ、現在 440 MW に達している。

わが国においては、1925年九州の別府において 1.3 kW の試験発電に成功した記録がある。また 1951 年工業技術庁（現在の工業技術院の前身）により同じく別府において 30 kW の試験発電を行っている。しかし、本格的発電は岩手県松川温泉にて開発された松川発電所がその最初で、1966 年 20 MW の設備出力で運転が開始された。さらに 1967 年には大分県大岳温泉における大岳発電所が 11 MW の出力で運転を開始された。松川発電所では蒸気卓越形の生産井が得られている。また大岳発電では熱水形である。

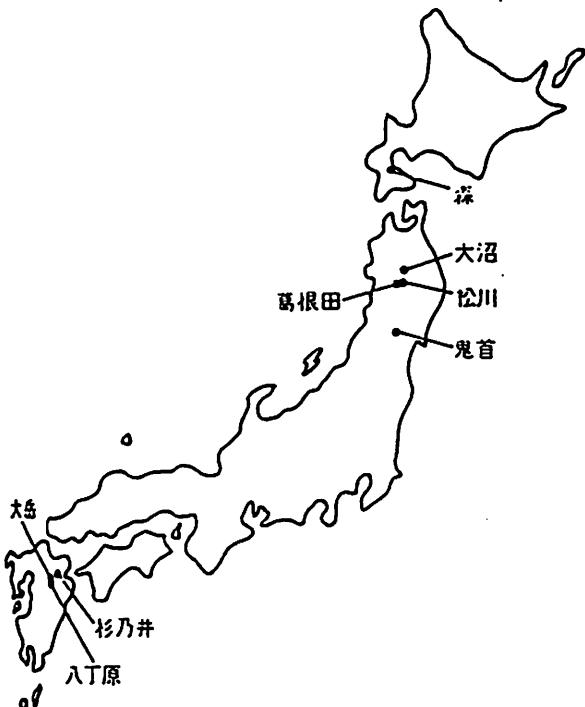
1970年に至るまではイタリア、ニュージーランド、アメリカ、日本が地熱発電を本格的に実現した国であったが、その後各国の地熱エネルギー開発の志向が高まり開発が進んだ。とくにメキシコ、そして最近ではフィリピンにおける開発がめざましい。アメリカ、日本における開発も進展した。

日本における現況を表にまとめた。またそれぞれの位置を図に示した。

地熱発電の方式には、蒸気発電、フラッシュ発電、バイナリーサイクル発電、トータルフロー発電の方式がある。

日本の地熱発電の現況

発電所名	会社名	出力 [MW]	発電開始年	1981年の稼動率[%]	所在地	热水系タイプ
大沼	三菱金属㈱	10.0	1974	95.15	秋田県	热水形
松川	日本重化学㈱	22.0	1966	96.3	岩手県	蒸気卓越形
葛根田	東北電力㈱	50.0	1978	95.3	同上	热水形
鬼首	電源開発㈱	12.5	1975	95.6	宮城県	蒸気卓越形+热水形
大岳	九州電力㈱	12.5	1967	94.8	大分県	热水形
八丁原	同上	55.0	1977	99.2	同上	同上
杉乃井	杉乃井ホテル	3.0	1981	—	同上	同上
森	北海道電力㈱	50.0	1982	—	北海道	同上
計		215.0				



わが国において現在運転中の地熱発電所の概略の位置

(3) 在来の地熱発電方式

これまでの発電方式は、生産井より噴出する蒸気を直接利用する方式で、蒸気中の熱水量の多寡により過熱蒸気方式とフラッシュ方式に分かれるが、いずれも従来の火力発電方式と変わることがない。ただ火力に比べ熱水量が多くったり、地殻中の岩粉が混入するので、生産井に気水分離器を設けるとか、復水器は冷却水と蒸気を直接接触し復水するバロメトリックコンデンサーを使用したり、大量の冷却水が得られないときは、冷却塔を設けるなどが、設備的には火力発電と若干異なる。

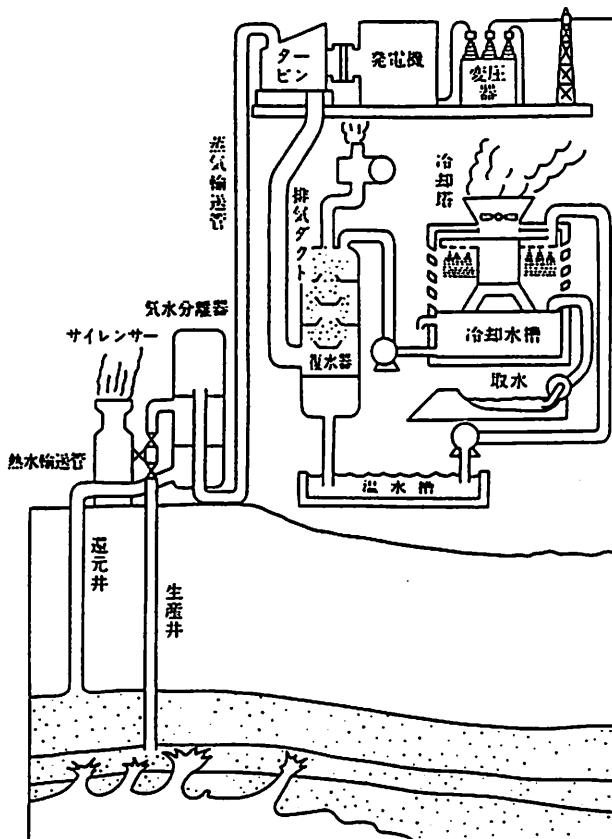
過熱蒸気方式は蒸気の使用目的により、さらに非復水型と復水型とに分けられる。非復水型では背圧タービンを使用し、タービン中で仕事をした蒸気は大気圧以上でそのまま排気したり、排気した蒸気を熱源として他の目的に使用する。この場合タービン駆動に利用するエネルギーが少ないので熱効率

は悪いが、復水器が不要なため建設費が安いので、発電所建設時に必要な電力を確保するための所内動力源とするとか、排気蒸気を熱源とし温泉水とかビニールハウスの暖房など、多目的に利用する場合はこの方式となる。復水型はタービンを出た蒸気の排気を、冷却水で接触させ復水する。復水器部が低温・低圧となるためそれだけ発電効率は向上し、復水した水は冷却塔を通し冷却水として再使用する。河川水の豊富な日本のような所では、このサイクルは不要で、河川水を取水する冷却ポンプだけでよい。

蒸気に熱水が15%以上混合する場合は、気水分離器で蒸気と熱水に分離するが、分離した熱水はまだ高い圧力と温度を持っているので、これをフラッシュタンクに導き低圧蒸気にし、この蒸気を復水タービンの中間段階に入れたり、低圧復水タービンを併置してタービンを回し発電する。フラッシュ後の熱水を再度フラッシュさせ、発電効率の向上を図る二段フラッシュ方式もある。

現在商業運転に入っている地熱発電所は、ほぼ100%が直接利用方式の発電である。過熱蒸気でそのまま直接利用する方式の発電所は、わが国では松川発電所、米国のガイザー発電所で、熱水混じりのためフラッシュ方式を採用しているのは、わが国の八丁原発電所、ニュージーランドのワイラケ発電所などがその事例である。

これらの発電所の平均稼動率は、平均95%程度と高く、その運転は比較的安定しているので、自動化による遠隔操作を採用し発電所の保守費、人件費の軽減が図れるようになった。また蒸気熱量の約10%を電力に変換でき、発電所の耐用年数もこれまでの実績から15年は確保できることが明らかになつたので、発電原価はキロワット当たり15円程度が平均値となっている。一部の発電所では、生産井に地殻のシリカが付着し坑井有効面を狭めるため、年間700kWの出力低下が認められ、低下蒸気量を補うため3ないし5年ごとに生産井を一孔追掘しているとの報告があるが、この場合は当然発電原価の上昇となる。



直接利用方式発電プラントの系統図

(4) 新しい発電方式 一バイナリーサイクル方式一

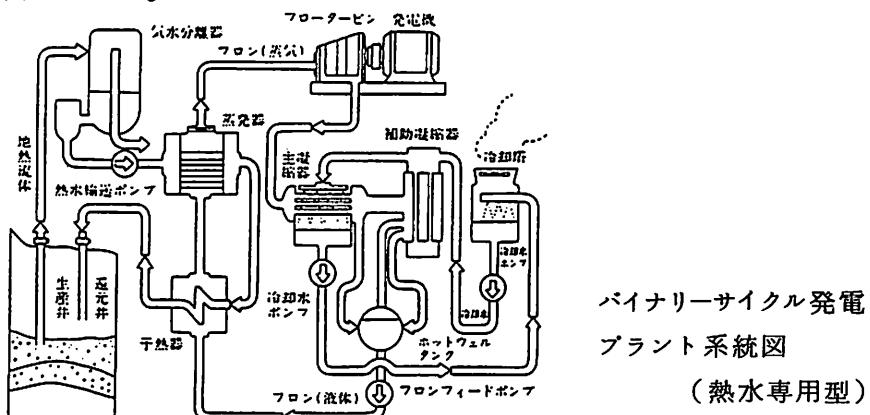
生産井から噴出する蒸気が著しく多量の熱水を伴っていたり、熱水だけであるような場合は、その温度は通常 100°C 程度と低温であり、そのままではタービンを駆動することはできない。熱水の持つ熱エネルギーを有効利用し発電する方式の一つにバイナリーアイソブタン方式があり、図にその系統図を示す。

生産井より噴出する熱水を熱交換器に導き、熱交換器を介し低沸点の二次媒体であるフロン (R 114) やイソブタンの蒸気とする。フロンやイソブタンは、ガスの比容積が小さく金属を腐食することもなく、フロンでは 100°C で 14.3 気圧の飽和蒸気となる。たとえば 100°C から 130°C の地熱蒸気をフラッシュさせたものでは、 100°C 1 気圧程度の水蒸気しか得られない

が、フロン（R 114）をこの地熱蒸気で熱交換されれば100℃で10ないし30気圧程度の蒸気が得られるので、容易にタービンを駆動することができる。タービン中で仕事をしたフロンの排気は、冷却液化させ循環使用する。熱交換に使用した蒸気、热水は、前述の直接利用方式と同様、還元井を通して地下に還元する密閉サイクル方式なので、硫化水素や炭酸ガスは大気中に放出されることではなく、環境上も好ましい。日本のみならず世界の地熱地帯では、热水多量の蒸気を噴出するケースが多いので、バイナリーサイクル発電方式は、将来の地熱発電の主流をなすものと期待されている。

この方式での運転費は、人件費と保守費と含め発電原価の10%程度、耐用年数は15年以上と、在来の直接利用方式と変わらず、地熱エネルギーの電力変換効率は半分の4から5%と低いが、蒸気や热水に分離する設備は不要なので、発電単価はキロワット当たり15円程度と計算されている。

本方式による商業発電は、現在のところ米国カリフォルニアのイースト・メッサの1.25万kWのみであるが、米国では6.5万kWのプラントの建設にとりかかっている。日本では将来の大型プラントの実用化に向けて開発が進められ、サンシャイン計画では、1,000kWのパイロットプラントでの要素技術研究を北海道、九州で終え、大型プラントの概念設計、経済性の検討を進めている。ソ連ではカムチャッカ半島の南部バラツンカで、750kWを建設し、地熱貯留層の熱収支を含めた運転データの研究を進めていたが、1977年に解体、撤去している。



(5) 地熱発電の利点

地熱発電は他の発電には見られない、4つの大きな特徴を持っている。

その1つは、地熱は貴重な国産エネルギー資源ということである。日本列島は太平洋プレートのサブダクション（潜り込み）ゾーンに位置し、火山活動が活発である。このため日本の地下には、環境条件を考慮しても発電可能な地熱の資源量は、1982年11月科技庁資源調査会がまとめたところによると、地下2,000mで年間2,320億kW時と推定されている。これを原油換算すると年間6,000万㎘の原油に相当し、日本の年間消費のほぼ4分の1に及ぶ量である。これを有効に活用すれば、政治的にも経済的にもその恩恵は測り知れない。

第2は公害のない経済的な発電方式ということである。地熱を採取し発電に使用した蒸気熱水は、再び還元井で地下に還元されるクローズドサイクルである。石油火力に見られる脱硫排ガス処理や石炭火力のよう石炭灰処理対策も不要で、加えて燃料費も不要なので大型火力より一桁小さい発電設備でありながら、その発電コストは十分採算ベースに乗る。

第3は地域共存型の発電であることである。地熱発電所で熱交換した多量の高温水は、そのまま温泉として利用できるし、蔬菜栽培、養魚、地域暖房など農水産業へ利用し、地域産業の振興に寄与する妙味のある発電方式である。

最後に日本は地震国で、地震による災害は少なくない。地熱エネルギーの開発に伴って得られる地殻内部の構造の調査の結果や、大がかりな探査によってマグマ溜やマグマの本質を知る基礎学問の進歩に貢献し、火山噴火や地震予知研究の補完的役割にも役立つのである。

日本の既設地熱発電所の主要設備の一例

機名	項目	松川	大岳	葛根田	八丁原
蒸気タービン	型式	単気筒衝動型復水式	単気筒衝動型復水式	単気筒衝動式複流型復水式	単気筒複流衝動反動混圧復水式
	認可出力 kW	22,000	12,500	50,000	55,000
	回転数 rpm	3,000	3,600	3,000	3,600
	蒸気口 温度 °C	4.5 147.2	2.5 127	4.5 147.4	1次 7.0 164 2次 1.10 102
	排気 温度 °C	0.13	0.11	0.15	0.10
復水器	蒸気消費量 T/H	193.1	113	478	1次 335.3 5段×複流 2次 85.7
	翼段数	4	4	4段×複流	5段×複流
冷却塔	型式	バロメトリック型ゼット式	バロメトリック型ゼット式	ローレベルゼット型	台座一体型ゼットコンデンサー
	真空度 ata	0.12	0.10	0.15	0.10
	冷却水量 T/H	25 4,320	26 41.4 3,300	25 48.8 10,217	25 26 43.2 12,300
発電機	型式	直交対交流、自然通風式	直交流強制通風式両吸込型	機械通風方湿式	向流強制通風式両吸込型
	循環水量 T/H	5,000	4,200	12,000	12,700
	入口温度 °C	48	41.4	48.8	43.2
	出口温度 °C	25	26	25	26

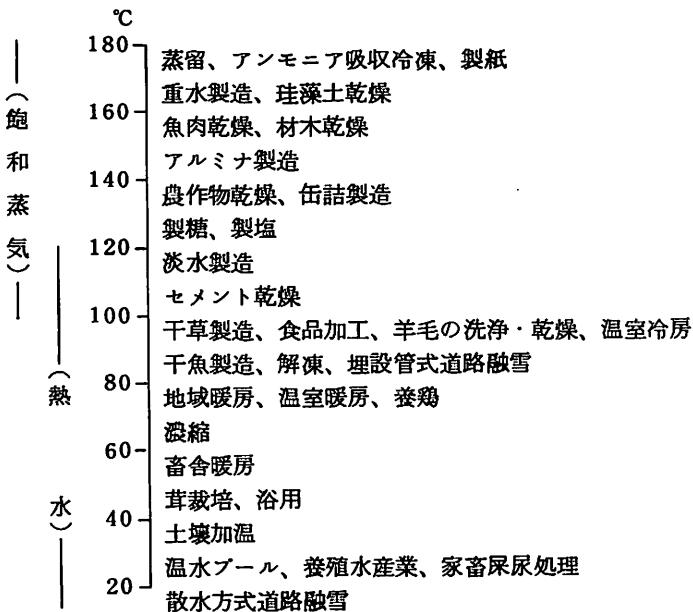
(6) 地熱の利用法

地熱流体のものエネルギーを発電に利用することが注目されているが、発電以外に直接的利用する方法が多く考えられている。またその例もかなりある。これを地熱の直接利用と呼んでいる。その利用方法は種類が多いので、地熱エネルギーの多目的利用と呼ばれている。この場合、発電を除く工業、暖房、融雪、施設園芸、養殖水産業、温泉浴用の観光業などがある。

わが国における温泉の浴用利用は、その規模と歴史的観点からいっても世界屈指のものといえる。温泉浴用に利用されるための温泉水の量はほぼ 96,000 kJ／時間（昭和 54 年の統計）である。これは自噴泉および動力汲上げの両方を合計した数字である。温泉の観光業への広い利用は現在の地熱発電事業と利害相対立する場合があり、問題となっているケースもある。しかし一方、地熱発電において利用される温度が浴用と比べて、きわめて高いので、この点に着目すれば両者の共存が合理的にできるとも考えられている。

地熱流体は 200°C 以上で得られるので、その直接利用にあたっては、要求される温度に従って多段階利用されるべきである。すなわち、各利用対象が求める温度および温度幅に応じて、まず温度の高いところで 1 次利用し、ついで低温の 2 次利用、さらには 3 次利用というように行われることが考えられる。

発電利用は低くとも 180～200°C を要するので、それ以下の温度で直接利用が計画される。なお熱水が有害成分を含む場合には、含有成分上問題のない河川水や地下水と熱交換し、その結果得られる造成熱水を用いることがある。この際もとの地熱流体の処理が必要となる。普通地下還元が行われる。図は温度別の利用対象例を示したものである。その経済性は当然のことながら地域の特殊性によるところが大きい。

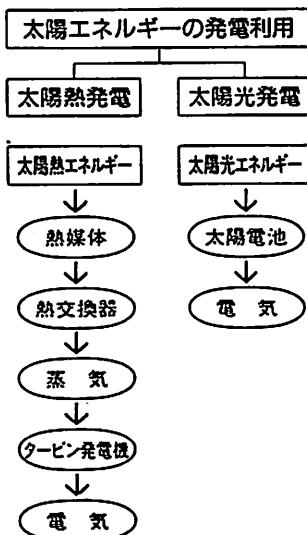


地熱エネルギーの多目的利用の例

4. 新エネルギー

4.1 太陽

太陽エネルギーの利用形態は、大きく分けて熱利用と光利用に分類できる。



地球にふりそそぐ太陽の光や熱は限りがない、動物・植物などあらゆる生物にとってなくてはならない天の恵みである。この太陽を利用して発電する方法が、環境を汚染しないことなどから、いま注目されている。日本では以前に太陽熱発電の研究も行われていたが、現在では構成が簡単な太陽光発電に絞って研究が進められている。

(1) 太陽熱

太陽熱エネルギーの初步的な利用法は、簡単な汲置式太陽熱温水器である。現在では、屋根の上での集熱器で太陽熱を集めて水や空気などの熱媒体を暖め、その熱を蓄熱槽に蓄えておき、必要に応じて給湯や冷暖房に利用するソーラーシステムがより多く採用されている。一方、産業用のソーラーシステムは、例えば臭化リチウムを用いた吸収式冷凍機と太陽熱集熱器を組み合わせた定温倉庫が開発されている。

大規模な太陽熱利用法としては、太陽熱発電がある。家庭用の集熱器ではせいぜい 150°C までしか熱媒体の温度は上昇しないが、太陽熱発電では高温に集熱するために多数の反射鏡やフレネルレンズを用いて集熱板に太陽光を集中したり、反射鏡が太陽の方向に追尾して動く方式が採用されている。この集熱方式によって温度が 500°C 、圧力が 100 atm 程度の高温の加熱水蒸気を発生させて、それを発電機に導き発電する。

わが国では四国の仁尾町で大規模な太陽熱発電のテストが実施されたが、発電コストが高くて中止された。

一方、太陽光を利用する方法としては、シリコンなどの半導体に光が当たると、電気が発生する現象を応用する太陽電池が実用化され、時計、電卓などに既に活用されている。今後、太陽光の利用は発展することが期待できる。

太陽熱の民生用利用は一応の普及を見ているが、産業用に利用するときの問題点は、産業側の要求する温度レベル、エネルギー消費量、稼働時間が多様であり、それに対して太陽熱の分散型で、エネルギー密度が低いという性質が必ずしも整合しない点にある。この問題点を解決するため太陽熱の特性と産業側の需要を合理的に整合させるシステムの開発および低イニシアルコストでかつ高性能の要素機器の開発を目指して研究が進められている。

(2) 太陽光

太陽から地球に降り注ぐエネルギーは、約 30 分だけでも世界中で一年間

に使用するエネルギーに匹敵する。このエネルギーを利用するため、光を受けると直流電流を発生する半導体素子「太陽電池」を利用して、太陽光エネルギーを直接電気に変換する方式が太陽光発電である。

太陽光発電は、無尽蔵で、クリーンな太陽光エネルギーを使っているという長所があるとともに、次のような短所もある。

- 発電は天候に左右され、電力需要のパターンと日照のパターンが一致せず、欲しい時に欲しいだけの電力を発生できない。また発生電力の変動が激しい。
- 雨の日や夜などは発電できない。いつでも電気を使えるようにするには蓄電池などで補う必要がある。
- 太陽電池で発生した電気は直流であり、交流用機器には交流直流変換装置が必要。
- 大規模な発電を行うには広大な面積が必要。

また現在の技術レベルでは、

- 太陽光を電気に変換する効率が低い。
- 発電コストが高い。

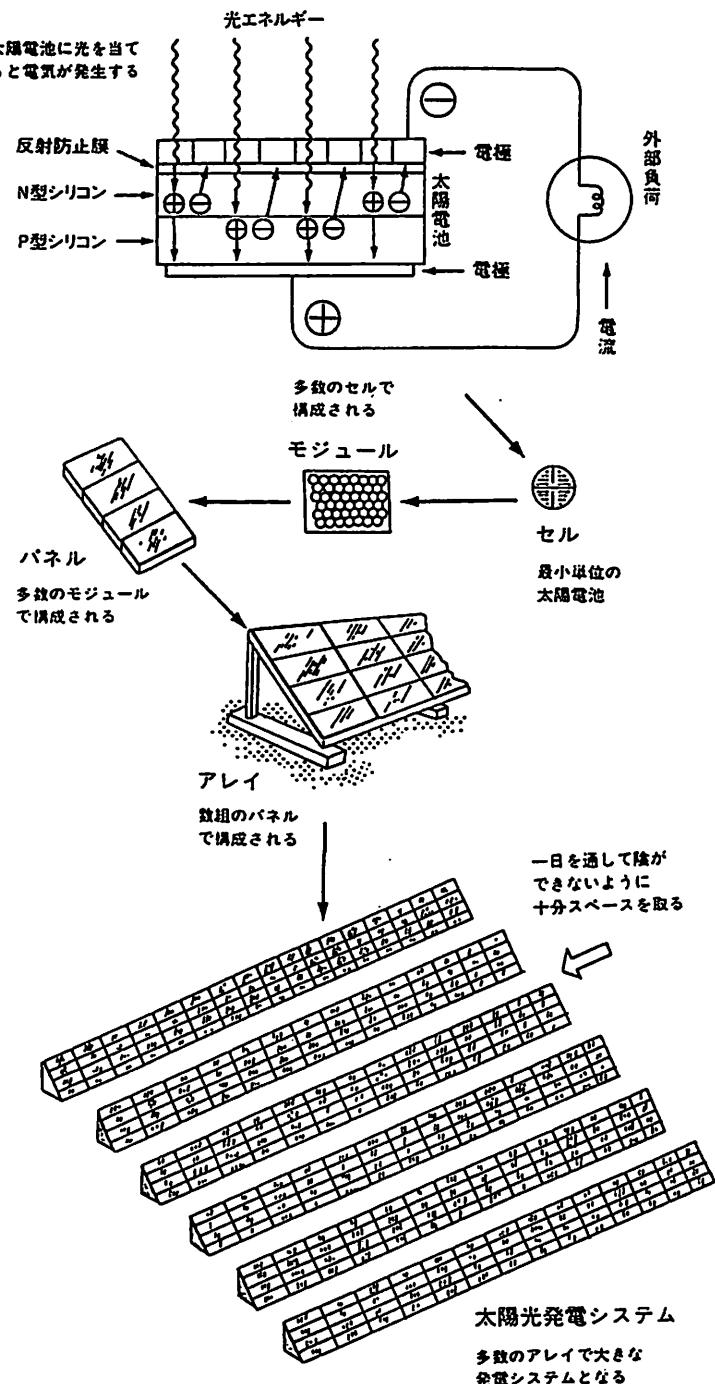
といった状況にある。

太陽光発電システムの主構成は、「太陽電池」、「バッテリー」、「インバータ（直交変換機）」からなっている。また、他の電源（電力会社配電線、自家用電源）と併用するか、まったく独立しているかによりシステムも異なってくる。

太陽電池は昼間の太陽光が当っている間は発電しつづけるが、夜間や雨天時は発電しなくなる。そこで、バッテリーを設置して昼間の余剰電力を蓄えておき、電力が不足してきたときに放電させ使用するか、他の電源より不足分を補うかによりシステムが異なる。

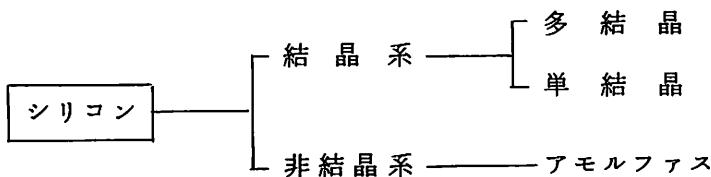
太陽光エネルギーを電気に変えるには太陽電池を使う。太陽電池は性質の違う二つの半導体を重ね合わせたものである。これに光が当たると、半導体

の一方に \ominus の電子、もう一方に \oplus の正孔が集まり、太陽電池内に電位差ができる。これに電球やモーターなどの負荷をつなぐと直流電流が流れ。電球が点灯したり、モーターが回転する。また、光の明るさで太陽電池の発生電力は変わる。



太陽電池に当たる光エネルギーは、その全てが電力に変わるものではない。一般には、光エネルギーの 10 % ほどが電力に変換され、そのうち 1 割ほどは直流を交流に変える時にロスしてしまう。従って、太陽電池の変換効率を上げることと、設備コストの半分を占める太陽電池の製造コストを下げる研究が続けられている。

太陽電池は材料にシリコンを使ったものが主で次の様に分類される。



変換効率は単結晶が 17.4 %、多結晶が 14.5 %、アモルファスが 10.2 %。しかし製造コストはその逆でアモルファスが最も安く、連続的工程で大量生産も可能だから、需要が急増すれば大幅なコストダウンも可能である。しかもアモルファスの場合は、まず微弱な電力しか要らない電卓など電源用に広く使われ、大量生産システムの基礎ができているメリットがある。

単結晶の場合は製造技術が難しいだけではなく、シリコンを溶かすのに 1,500 度くらいの高熱が必要です。それに対してアモルファスは真空の釜のなかに原料ガスを入れ、グロー放電によってガラスやステンレスの基板の上に形成します。その際の温度は 300 度くらいですから、製法が簡単なうえに、使用エネルギーが少なくてすむ利点がある。

1 平方メートルの電池をつくるのに、単結晶では 2,000 kW 時、多結晶では 500 kW 時必要なのに、アモルファスでは 100 kW 時程度である。したがって製造エネルギーを電力生産量で取り戻せる回収年数で見ると、単結晶では 20 年、多結晶は 10 年なのに、アモルファスは 1.5 年以下である。しかしアモルファスは変換効率が低いということと、最初の 1 年で変換効率が 10 % 程度劣化するという欠点もある。

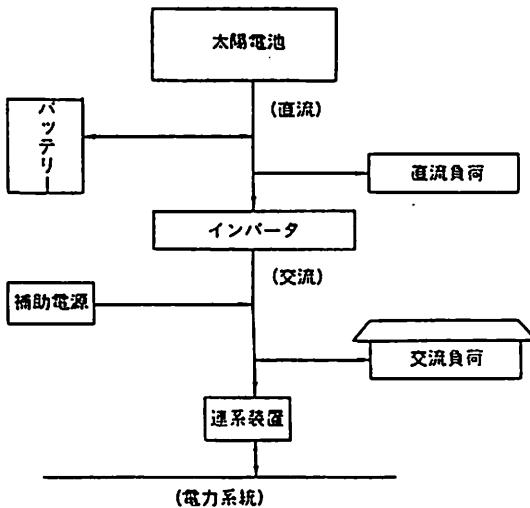
現在、太陽電池のコストは 800 円／W 程度（発電コストを試算すると約 140 円／kwh）ですが、2000 年頃には 100 円／W 程度（発電コストは現在の電気料金の 20 円／kwh 程度）まで下げるなどを目標に努力が重ねられている。

バッテリーは太陽電池が電気を生産しない夜間に配電するために必要なものである。必要容量は、不日照時の必要電力量により決まる。夜間の電気を電力会社や他の電源も併用して得るならば、バッテリーは不要となるか小さな容量となる。

一般的に利用されるバッテリーはニッカド（ニッケルーカドミウム）電池と鉛蓄電池だ。ニッカド電池は寿命が長く、過充電に対して強い反面、自己放電率が高く、容積が大きいなどの短所もある。鉛蓄電池はコストが安く電圧も高いが、過充電に敏感など、維持管理を要する。技術的にも改善の余地は大きく、例えば NEDO（新エネルギー総合開発機構）はナトリウム一硫黄バッテリーに注目している。

太陽光の入射によって太陽電池が発電した電気エネルギーは直流で、しかも雲のかかり具合、周囲温度などの気象条件によって電圧、電流は絶えず変化するので、このままではテレビ、冷蔵庫などの家庭用電化製品を直接動かすことはできない。

そこで、インバータといわれる装置によって直流電力を 60 ヘルツの交流電力に変換して電圧の安定した配電線に送り込んで使える。インバータは半導体（サイリスタやトランジスタ）を用いて直流を交流に変換する装置である。なお、インバータ運転のための制御装置、バッテリーへの充放電の制御装置、システムの保護装置等を一括して「パワーコンディショナ」と呼ぶこともある。



太陽光電発システムの機器構成例

● ビル設備への導入

現在、ビル設備として本格的に太陽光発電を取り入れた例は少ない。次表にサンシャイン計画で実施された実証システムのうち建築物に設置されたものについて示す。いずれも太陽電池を屋上に設置して、その電気出力を、

- ① 照明等の電気負荷
- ② 災害時の電力会社の停電に備えた非常用電源

に利用している。また、サッシ窓に太陽電池と換気扇を組み込んだウインドベンチレータがビル設備に使用されつつある。

屋上のスペース等に太陽電池を設置するとして、太陽電池の変換効率やシステムのロスを考えると、1,000 m²で50 kW程度の電力が得られるので、ビル内の照明に使用することは可能である。

建築物に設置された太陽光発電システム

	太陽電池	蓄電池		備考
個人住宅用システム	3 kw	14.4 kwh	連系	
集合住宅用システム	22 kw	114 kwh	連系	
学校用システム	200 kw	576 kwh	連系	
リゾート住宅用システム	6 kw	kwh	連系	2 kw×3戸
ハイブリット形システム	3.2 kw	38 kwh	連系	熱出力24 kw
山間へき地用システム	5 kw	125 kwh	独立	バックアップ電源 (熱料電池4 kw)
山小屋用システム	70 kw	127 kwh	独立	

(注) 連系：不足電力は配電線より受電
独立：電力系統とはつながっていない

導入例として静岡市にある静岡県地震防災センターでは、太陽光発電システムにより発生した電力を、文字または画像による防災情報伝達システムの電源として使用している。太陽光発電システムは、電源設備の維持・管理等のメンテナンスが少なく、災害発生時の燃料補給が不要で、危険物の貯蔵もなく、この防災情報伝達システムの電源としては適切である。

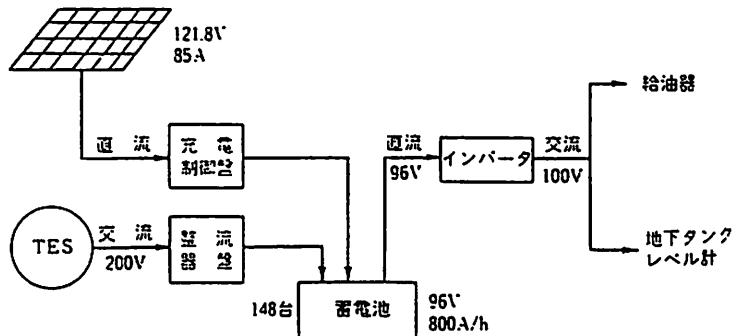
山梨県甲府市にあるサービスステーション（通称ガソリンスタンド、以下SSと略）「ASK アルプス通りプラザ SS」はユニークな電力供給システムを採用し、今話題をあつめている。

そのユニークなシステムとは、「太陽光エネルギー利用発電システム」と「コーチェネレーションシステム“T E S (Total Energy System)”」の二つで、どちらも実用モデルとして順調に稼働している。

太陽光エネルギー利用発電システムは、太陽電池を建物の屋上に設置し、発電を行い、その電気を蓄電池に蓄えながら、いくつかのシステム装置を動かすというもの。このSSがある甲府盆地は全国的に実日照時間が長いため、この地域特性をいかし、通商産業省が定める「地域エネルギー開発利用発電モデル事業費補助金」制度の適用をうけ、実用設備として設置されたものである。

太陽電池は、196枚のパネルをセールスルームとピットルームの屋上（地上5.5m）に設置、10.388 kWp の出力を得ている。年間予測延発電量は8,165 kW／年となっている。

実際にはこのSSで使用しているPOS（販売時点情報管理システム）、地下タンク油面計、給油計量器発振器、TES燃料ポンプの電源およびTESのバックアップ用の電源として利用されている。



太陽光エネルギー利用発電システム図

A SK アルブス通りプラザ SS の施設概要

敷地	敷地面積	1,819.9 m ²	T	発電量	60 kW		
	建物面積(合計)	239.4 m ²					
給油設備	タンク	5基	E	燃料			灯油
	給油ノズル	18本					
太陽電池設備	タンク総容量	107 k1	S	負荷設備	TES専用	TES/買電切替回路	買電専用回路
	発電能力	8,165 kW/年			キャノピー照明 テラス照明 室内照明 看板照明 ピットルーム照明 空調電源 計量ポンプ	キャノピー照明 洗車機動力 計量ポンプ トイレ照明 一部動力	常用負荷なし
太陽電池設備	出力総量	10.388 kWp			各動力		
	パネル出力	53Wp/枚					
太陽電池設備	パネル枚数	196枚					
	設置面積	132 m ²					
太陽電池設備	設置高さ	地上 5.5 m					
	蓄電池設備	クラット式鉛電池 800A·h (48セル)					
太陽電池設備	負荷設備	SS用POS, 給油計量器発信器, 地下タンク油面計, TES燃料ポンプ					

また、神戸市の六甲アイランドでは、88年からNEDOの委託を受けた関西電力と電力中央研究所が、15戸のモデルハウスと85戸の模擬家屋をつくり、系統電力との連繋実験を続けている。

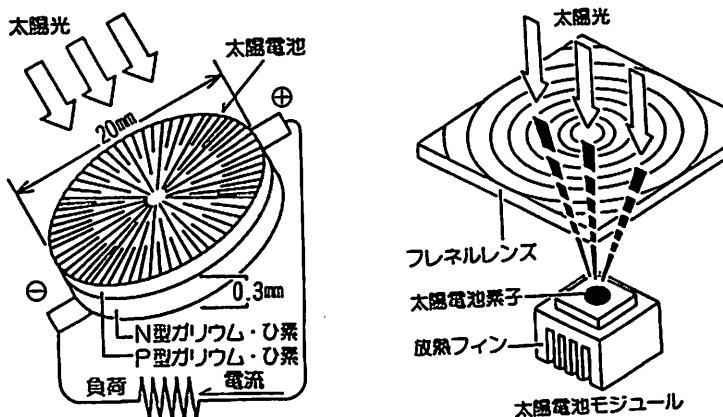
保守管理については太陽電池はモータのような駆動部分がないため、とにかく保守を要するものではなく、メンテナンスフリーである。しかし注意する点は、日射があれば常に発電しているため、結線作業等のときは感電防止のための対策が必要である。太陽電池表面の汚れによる出力低下はわずかであり、

とくに清掃の必要はない。バッテリーを有するシステムでは、バッテリーの劣化を防止するため、バッテリー液の攪拌、各バッテリー間の均等充電（1回／1～2週）等の保守が必要となる。

なお、出力100kW以上の太陽光発電システムを設置するときは、工事計画を所轄の通商産業局長に提出する必要があるが、100kW未満では必要はない。ただし、規模に関係なく電気主任技術者の選任と保安規程の届出は必要である。

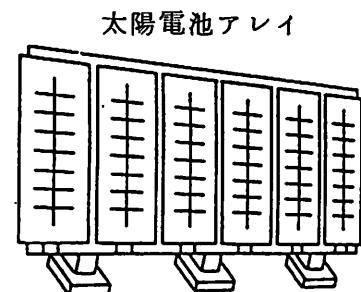
太陽光発電への関心は急速に高まっている。発電システムについての基本的技術は確立されているが、普及にあたってのネックはまだまだコストが高く商用電力の数倍していることである。現在、太陽電池を含めたシステム構成機器の低コスト化・高効率化の研究開発が実施されており、近い将来、太陽光発電がビル設備として導入されると期待される。

集光式太陽光発電システムは、少ない太陽電池で大きい出力を得るために、アクリル樹脂製の円形フレネルレンズにより太陽光を200倍まで集光して電池にあてている。この結果、レンズを使わない場合に比べ、電池の数は約1/200ですんでいる。



太陽は季節により、その高さが変り、一日のうちでも時刻により方向が変るので、発電のためには太陽電池アレイを常に太陽に向きあうように動かしてやる必要がある。アレイとは、電池素子（セル）を配列した架のことである。

このシステムでは、太陽の高さに対しては、水平面に對し、 -35° (上向)から $+75^{\circ}$ (下向)の範囲で、また太陽の方向に對しては太陽が真南にある方向に對し、 $\pm 75^{\circ}$ の範囲で東西に追いかける仕組みになつてゐる。このため、カレンダー時計をもつたコンピュータによって太陽の位置を計算させ、駆動モータを動かすことにより、 $\pm 0.2^{\circ}$ 以内の正確さで自動的に太陽を追いかけている。

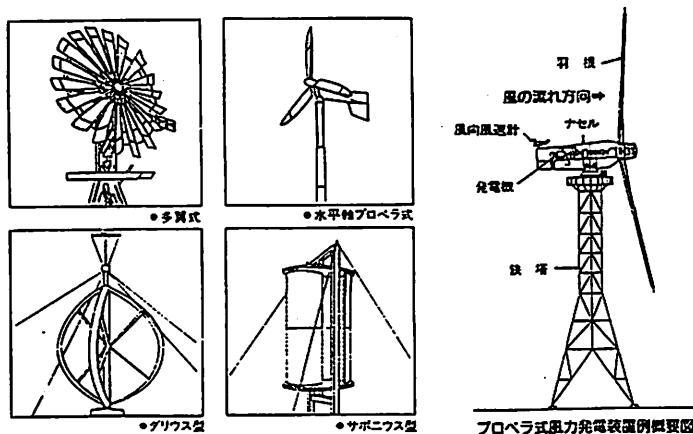


4.2 風 力

風力発電は年間を通じて強い風が安定して吹く場所で行うのが基本である。そうでないと安定して必要な電力は発生できないし、コストも高くつく。またより大きな電力を得るためにには、直径の大きな風車を設置し、さらに、風車の数も多くする必要がある。風車の場合、林立させると風が弱まり効率が悪くなるので、前後の間隔はプロペラの直径の約10倍、横に並べるなら隣との間隔も1.5倍以上離す必要がある。また、騒音などの問題もあり風車を林立させるには、土地の広さも大きな条件になる。

火力、原子力発電が蒸気のエネルギーを動力にタービン及び発電機をまわして発電するのと同様に、風力発電も風のエネルギーを動力に、風車及び発電機をまわして発電する。

風力発電は、交流電力を発生し、風のエネルギーを電気エネルギーへ変える交換効率は36～40%である。



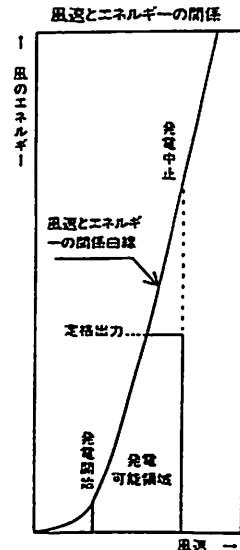
風のエネルギーは風速の3乗に比例する。屋根が吹きとばされたり、木が根こそぎ倒されたりする。台風のときなど風の力にはほんとうに驚かされる。5.5 m/秒の風速だと約 $100 \text{W}/\text{m}^2$ 、台風のような強風、55 m/秒の場合なら1000倍の約 $100 \text{KW}/\text{m}^2$ という大きなエネルギーを持つことになる。

もちろん風力発電には一定以上のエネルギーが必要であるが、風が強ければ強いほど良いわけではない。エネルギーが大きすぎると風車を壊す恐れがあるので、ある風速以上になると風車を止め、発電を中止しなければならない。

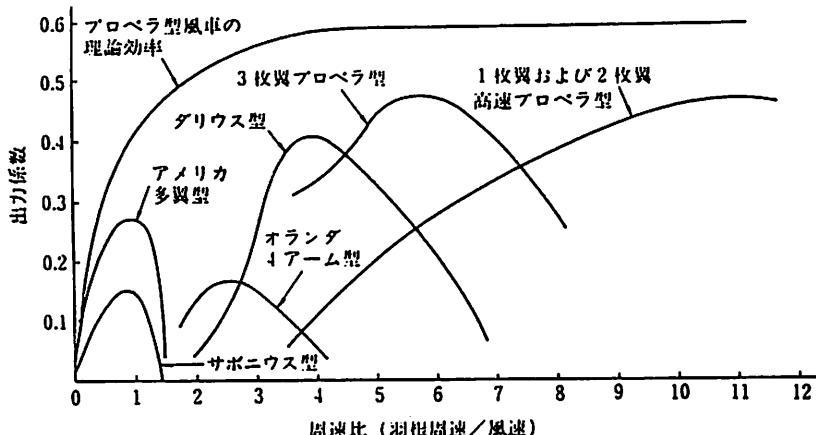
その上、風は一定の風速、風向を保っているわけではなく、風速も、風向きも時々刻々変化する。そのため出力が激しく変動し、欲しいときに欲しいだけのエネルギーが取り出せないという弱点をかかえている。

長期にわたって一番効率的に利用するためには、その場所の風の状況に合わせた設計が必要で、このためには長期的に自然の風の状況を、詳細に調査する必要がある。

NEDO（新エネルギー産業技術総合開発機構）では、国のサンシャイン計画の一環として開発してきた 100KW 級風力実験機による運転研究を昭和60年まで行ってきた。この技術成果を踏まえ61年からは、メガワット級（ 1000KW ）風力発電システムの要素技術開発をスタートしている。新技术導入と大型化による大幅なコストダウンも期待できるが、風況のいい場所で未利用の広い土地を選ぶことが必要である。



名 称	水 平 軸 型			垂 直 軸 型	
	アメリカ農場型	オランダ型	プロペラ型	ダリウス型	サボニウス型
形 式					



風車の形状(上)と出力係数(下)

風力発電はクリーンなエネルギーとして、地球の環境問題の観点からも期待が高まっている。

我国では、比較的風況のいい離島などでの小型発電システムが実用化されていくものと考えられている。その際ディーゼル発電との併用分散型発電として使われることが予想される。

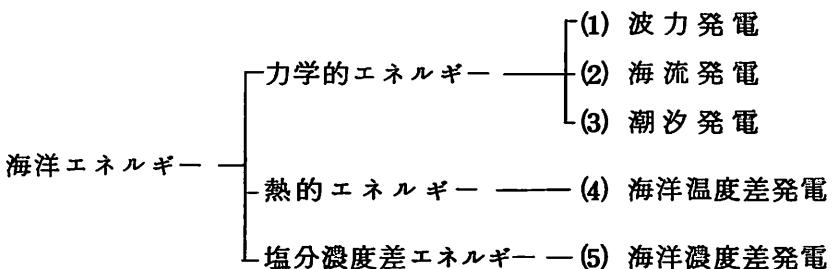
導 入 例

場 所	設置年月	概 要	記 事
北海道寿都市	平成元年5月	プロペラ式 16.5 kw × 5基	中学校の照明と暖房用
和歌山県潮岬		サボニウス型(3 kw) ダリウス型(5 kw)	研究用
京都府宮津		ダリウス型(5 kw) プロペラ型(5 kw)	宮津エネルギー研究所 (研究用)
六甲アイランド		プロペラ型(30 kw)	研究用

4.3 海 洋

地球表面積の70%を占め、太陽から地球に与えられるエネルギーの大部分を貯え、かつ資源や空間の宝庫である海は、海洋の利用として改めて見直されてきている。

その中で、海洋のエネルギーとしては次のように分類される。



しかしながら、これらのエネルギーの量は莫大なものであるが、密度が希薄であり、また変動が大きいために利用の立場から問題が多く、今後の研究、開発が待たれる。

(1) 波 力 発 電

海の波は、風のもつエネルギーが水に伝達されて、水が上下に運動したり、前後に振動する運動の状態を示したものである。海の波をひきおこす源の風は、大気の空気が太陽によって暖められたり、冷やされたりしたために生じたものであるので、波も太陽エネルギーの一種といえる。

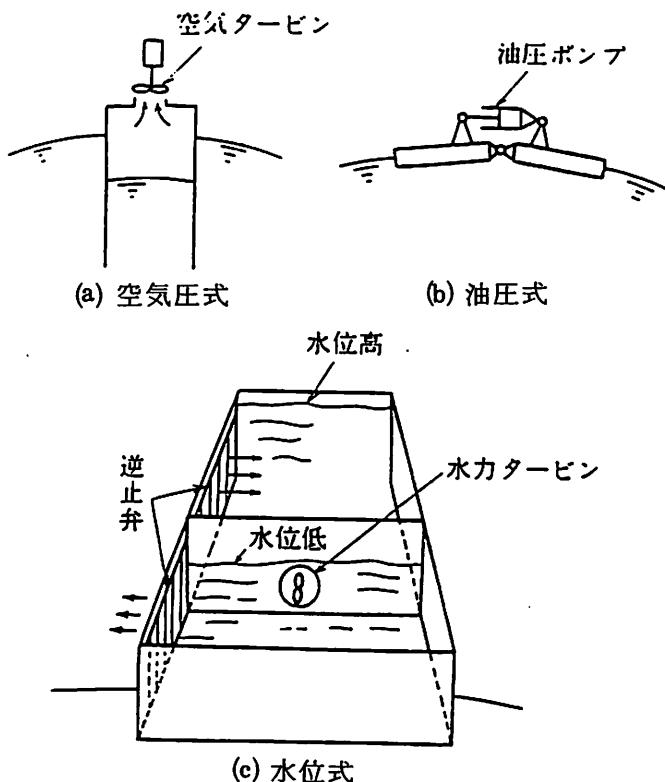
海の波の高さは、風の具合によって高いときには30mにもおよぶことがあるが、風のないときには0.1mぐらいである。

日本海側の海岸で10~15KW/m、太平洋岸で10~12KW/m、太平洋の外海で80~100KW/mの波浪エネルギーがあることがわかる。日本の海岸線の波浪エネルギーの総量は約 3×10^8 KWと推定されている。また、全世界では27億KWに達すると推定されている。

波の運動を可動物体の運動や空気流に変えこれを電気エネルギーに変換して利用するものである。波力の変動が大きいことや荒海域設置技術の問題な

どがあり、今後より低コストで効率のよい変換装置の開発、設置場所の選定、エネルギーの輸送法や貯蔵法の開発などが必要である。

波のもつ力学的エネルギーを電気的エネルギーに変換する方法には、いくつかの方法が考えられているが、一次の変換装置によって、いったん波浪エネルギーを空気圧、油圧、水位差圧に変換する。そして、二次変換装置である空気タービン、油圧モータ、また水力タービンにより、発電機を回転させて発電する。そのほか、波浪エネルギーの変換方式は、種々のものが考察されているが、これらのうち、とくに代表的なものを図(a)(b)(c)に示す。



波力発電の原理

図(a)の空気タービン式は、波の上下運動によりシリンダ内に往復空気流を発生させ、空気タービンを駆動させる。その際、往復流を一方向に整流させるための整流弁がついている。油圧式の一例は、図(b)に示したいかだ形で、

ヒンジで結合された複数のいかだの相対運動により、油圧ポンプを駆動するものである。水位差式の一例を図(c)に示す。波の運動により貯水池の2箇所の逆止弁を交互に働かせて池に水位差を得、水力タービンを回すものである。表に、国内で開発され、運転された主なシステムを示す。

国内で運転された主な波力発電装置

名 称	方 式	場 所	期 間	実 施 者
航路標識ブイ用波力発電装置	浮体式振動水柱形	ほぼ全国で 960 基	'65 ~	海上保安庁等
灯台用波力発電機	固定式振動水柱形	東京湾あしか島	'66 ~ '72	海上保安庁
波力発電装置「海明」	浮体式振動水柱形	山形県由良沖	'78 ~ '80	海洋技術開発センター
G 1 - T 波力吸収装置	可動物体形	神奈川県横須賀市	'80 ~ '83	横浜国立大学
波力水車式波浪エネルギー吸収装置	固定式振動水柱形	北海道室蘭港	'80 ~	室蘭工業大学
振り子式波浪エネルギー吸収装置	可動物体形	北海道増毛港	'81	室蘭工業大学
振り子式波浪エネルギー吸収装置	可動物体形	北海道室蘭港	'83 ~	室蘭工業大学
沿岸固定式波力発電システム	固定式振動水柱形	山形県三瀬	'83 ~ '84	新技術開発事業団
浮体式波浪発電装置「海陽」	可動物体形	沖縄県西表島沖	'84 ~ '85	新技術開発事業団
波力利用熱回収システム	固定式振動水柱形	新潟県寝屋港	'86 ~ '87	大成建設
消波工型定圧タンク方式波力発電装置	固定式振動水柱形	千葉県九十九里町	'87 ~ '89	エンジニアリング振興協会
エネルギー自給型自動観測装置	固定式振動水柱形	沖の鳥島	'89 ~	海洋技術開発センター
下部支持振り子板式波力発電装置	可動物体形	京都府宮津市	'89 ~	日立造船
波力発電ケーソン	固定式振動水柱形	山形県酒田港	'89 ~	運輸省第一港湾建設局

波力発電のコストについては、いくつかの試算が行われているが、発電方式についての差異はそれほどなく、ほぼ 1 KW当たり 25~40 円という数字がでている。この値は、現在の大形火力発電とか原子力発電と比較すると高く感じられるが、ディーゼル発電と比較するとそれほど高いものではない。

波力発電の最大の問題点は、波の変動性である。この発電方式を常用する際には、電圧の変動、周波数の変動にどのように対応できるかが鍵となる。そのためには、この変動を吸収し得る蓄エネルギー・システムの開発が必要不可欠である。蓄エネルギー装置の開発が行われると、波浪エネルギーの有効利用も夢ではなくなるものと考えられる。

(2) 海流、潮流発電

アメリカの湾流や黒潮に代表される海流は、幅は大きい所で 120 Km、厚さは数 100 m におよぶ海の河川であり、流速は 0.5~2.5 m/s、流量は毎秒

3,000万～5,000万m³といわれ、アマゾン河の流量の300～500倍に相当する。この巨大な流れからエネルギーを取り出すため我が国やアメリカで各種のエネルギー変換方式が検討されている。

その方法の多くは、水力発電や風力発電と同じように、水車式、タービン式、サボニウスロータ方式に分けることができる。最近、超電導磁石を用いた電磁流体式発電方式も研究されている。これらの各方式とも興味深いものであるが、エネルギー密度が小さいことと、巨大な海洋構造物を高流速の海域に設置しなければならないことなどから技術的にも経済的にも多くの問題が残されている。

潮流は流れの速さや方向が半日か1日の周期で規則正しく変ることが海流と異なるが流れを利用することは同じである。我が国の潮流は、鳴門海峡や来島海峡にみられ、5m/sの流速が得られるといわれているが、開発は今後の問題である。

(3) 潮汐発電

潮汐エネルギーは、海の干満によって生じる海面の周期的な上下動がその源になっている。潮汐エネルギーから電気を取り出す潮汐発電システムは、潮差を利用した水力発電システムということができる。

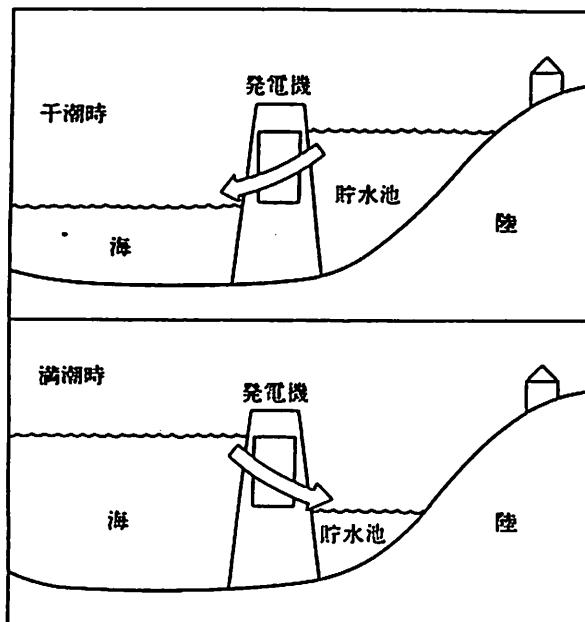
潮汐発電の利用は、潮差（満潮と干潮での海面の高さの差）が大きい所が適地となる。わが国では、有明海が適地といわれている。それでも潮差は最高4.9mである。わが国では、有明海に潮汐発電が可能かどうか検討されたことがあるが、経済的に合わないという理由で、その後検討されていない。

潮汐発電で実用化されているものとして、フランスのランスの潮汐発電所がある。その断面図を図に示す。ランス川はフランスの北西部ブルターニュ地方に流れサン・マロ湾に注ぐ長さ100kmの川である。潮差は13.5mでこの河口に堤防を築いて、世界で最初の潮汐発電が1966年に完成した。図に示すカプラン水車を備えた1MWの発電機が24基設置されている。年間発電量は約500GW·hである。その発電コストは、約20～30円/kW·h

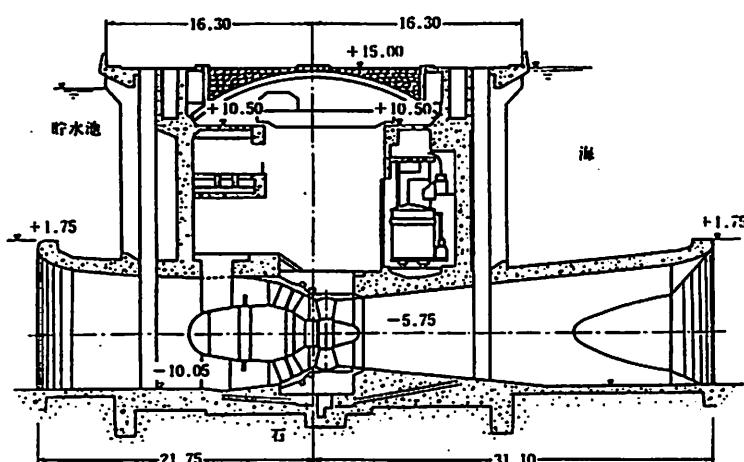
で、ほかの発電システムとそれほど変わらない。

ランスの潮汐発電所は、海洋エネルギー開発で実用化された唯一の大形発電所であるといえる。

潮汐発電については、イギリス、カナダ、アメリカ、韓国、アルゼンチン、オーストラリア、中国、ソ連で数百MW級のものが検討されている。



潮汐発電の原理



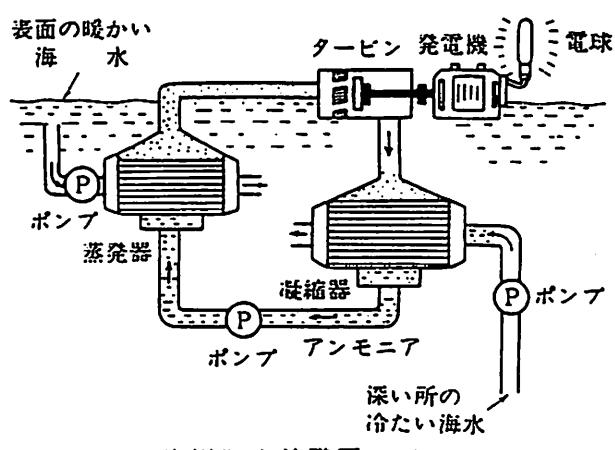
ランス川発電所の断面図（数字の単位はメートル）

(4) 海洋温度差発電

我が国の周辺や熱帯や亜熱帯地域の海洋の上下方向の海水の温度分布を測定してみると、上層部では暖かく20~30°Cで、表面から約700mの深層部のところでは冷たく2~7°Cである。

この海洋の上層部の温海水と深層部の冷海水の温度差による熱エネルギーを利用して、電気エネルギーを取り出す発電システムを海洋温度差発電という。この海洋温度差発電は、英語ではOTEC(オテック: Ocean Thermal Energy Conversionの略)といわれている。

この発電方式の一つであるクローズサイクル方式の原理を図に示す。原理を図にしたがって説明する。(1)蒸発器に作動流体であるアンモニア液を作動流動ポンプで送る。(2)蒸発器の中には、多数の細い管、または薄い板(これらは伝熱面といわれている)が入っているので、その管の内側に温海水ポンプで汲み上げた温海水を通す。すると、細い管の外側でアンモニア液は加熱されて沸騰蒸発をする。(3)蒸発したアンモニアの蒸気は、アンモニアタービンに入り、アンモニア蒸気の熱エネルギーを機械的エネルギーに変換させて、アンモニアタービンを回転させながらタービンから流出する。その際、タービンに連結された発電機によって、電気エネルギーが発生する。(4)一方、タービンを通り抜けたアンモニアの蒸気は、凝縮器に入り、そこで冷海水ポンプにより、約700mの深層より汲み上げられた冷海水によって冷却され、液体アンモニアとなる。(5)この液体アンモニアを作動流体ポンプで再び蒸発器に送る。この繰り返しを行うと、石油や石炭やウランを使用することなく、海水で発電することができる。



海洋温度差発電のしくみは、図に示したもののはかに、オープンサイクル方式、ハイブリッドサイクル方式がある。これらの各システムについての研究は各方面で進められているが、現段階では、図のクローズサイクルシステムについての研究が最も進んでいる。

クローズサイクルによる海洋温度差発電システムは、本質的には火力発電や原子力発電と同じものである。しかし、火力発電や原子力発電では、作動流体に水一水蒸気が用いられるのに反して、海洋温度差発電では、作動流体として図に示したアンモニアやフロン 22 が用いられる。また、高熱源としては、火力発電では石油、石炭、ガスが用いられるし、原子力発電ではウランが用いられるので、これらの発電所では燃料費がかかる。しかし、海洋温度差発電では海水のみであるので燃料費がかからない。

しかし、海洋温度差発電では利用できる温度差が小さいために、海水流量は大きくなり、蒸発器や凝縮器の伝熱面積も大きくなる。このために、火力発電や原子力発電と同程度の発電原価で、海洋温度差発電の電力をつくるために、これまでに多くの研究が行われてきたし、現在もなお行われている。

また、これらと並行して、蒸発器、タービン、凝縮器などの構成機器の開発や海洋温度差発電のトータルシステムについての最適設計法の研究が行われている。

海洋温度差発電の作動流体には、当初種々のものが提案された。しかし、これまでの研究によって、アンモニアが最も優れていることが明らかになつた。しかし、アンモニアは有害で爆発性があるので、これらの点を気にする人もいる。その際にはフロン 22 が適当である。

海洋温度差発電では、多量の海水を利用しなければならないので、そのためにポンプを動かす電力が相当に要る。そのためポンプ動力を少なくするためには、温海水と冷海水の量を少なくするほうがよい。

海洋温度差発電は、これまでの研究によって、大形になると石炭火力と、

小形ではディーゼル発電と同程度かそれ以下の発電単価(15円／kW・h、30～50円／kW・h)でできると計算されている。

主な研究成果を次に列挙する。

- 1881年 ダルソンバル(フランス)海洋温度差発電を考案
- 1926年 クロード(フランス)実験に着手
- 1933年 クロード発電船を建造
- 1964年 アンダーソン海中発電所を提案
- 1970年 新発電方式調査会(日本)で海洋温度差発電の研究成果を調査
- 1974年 サンシャイン計画(日本)で海洋温度差発電の研究開始
- 1974年 ERDA計画(アメリカ)で開始
- 1974年 第1回 OTEC会議(アメリカ)
- 1977年 佐賀大学で1kWの発電に成功
- 1979年 Mini-OTEC(アメリカ)50kWの発電成功
- 1980年 佐賀大学、島根県沖で海上実験を行う
- 1981年 東電、ナウル共和国で120kWの発電に成功
- 1982年 九電、徳之島で50kWの発電に成功
- 1985年 佐賀大学で75kWプラント完成
- 1988年 海洋温度差発電研究会設置(日本)
- 1989年 電総研、富山港で3kWの発電に成功

海洋温度差発電実用化プラントの仕様比較

	ナウルプラント	徳之島プラント	Mini-OTEC
発電所方式	陸上設置形	陸上設置形	洋上バージ形
定格出力	100 kW	50 kW	50 kW
発電方式	クローズサイクル	クローズサイクル	クローズサイクル
温水温度	29.8°C	40.5°C (ディーゼルの温排水)	26.1°C
冷水温度	7.8°C	12°C	5.67°C
作動流体	フロン 22	アンモニア	アンモニア
蒸発器	水平ボーラス管形	プレート式	プレート式
凝縮器	鉛直フルーテッド管形	水平平滑管形	プレート式
タービン	軸流型	ふく流形	
タービン回転数	3 600 rpm	24 800 rpm	
取水管	$L=950[m]$, 深度 560[m], $D=0.7[m]$, 硬質ポリエチレン 90 kW ($W_p=43.5[kW]$, $W_{sp}=16.5[kW]$, $W_{cp}=30[kW]$)	$L=2 300[m]$, 深度 370[m], $D=0.6[m]$, ポリエチレン 17 kW ($W_p=14.5[kW]$, $W_{sp}=2.5[kW]$)	$L=645[m]$, 深度 651[m], $D=0.61[m]$, ポリエチレン 32.3 kW ($W_p=17[kW]$, $W_{sp}=9.4[kW]$, $W_{cp}=6.0[kW]$)
設計所内動力	1982年10月に放牧 東京電力	運転中止 九州電力	1979年11月16日撤去 ロッキーード社
現状			
施工・建設企業	東電設計、東芝、清水建設	九電、西日本技研、三菱重工(長崎)、飛島建設、東京久栄、日阪製作所	ロッキーード、ハワイ州、デリンガム社

(5) 海洋濃度差発電

河口などにおける海水と淡水による濃度差エネルギーを電気エネルギーなど有効仕事として取り出そうとする方式であるが研究段階である。

4.4 地熱（深部地熱、高温岩体）

火山の周辺の深層には、高温の岩体が存在することが多い。高温岩体とは地熱流体をほとんど、またはまったく含まないある一定のまとまった高温の岩体をいう。この岩体に水を送る注水井と、加熱された熱水、蒸気を取り出す生産井を掘削し、これら井戸の間の高温の岩体に冷水を送りその熱応力を岩体を破碎し貫通させる。この破碎部は人工熱水系と呼び、注水井に注水した水はこの人工熱水系で加熱され、200°Cから500°Cの高温の蒸気となり、この蒸気を生産井より取り出し蒸気タービンを駆動し発電する。

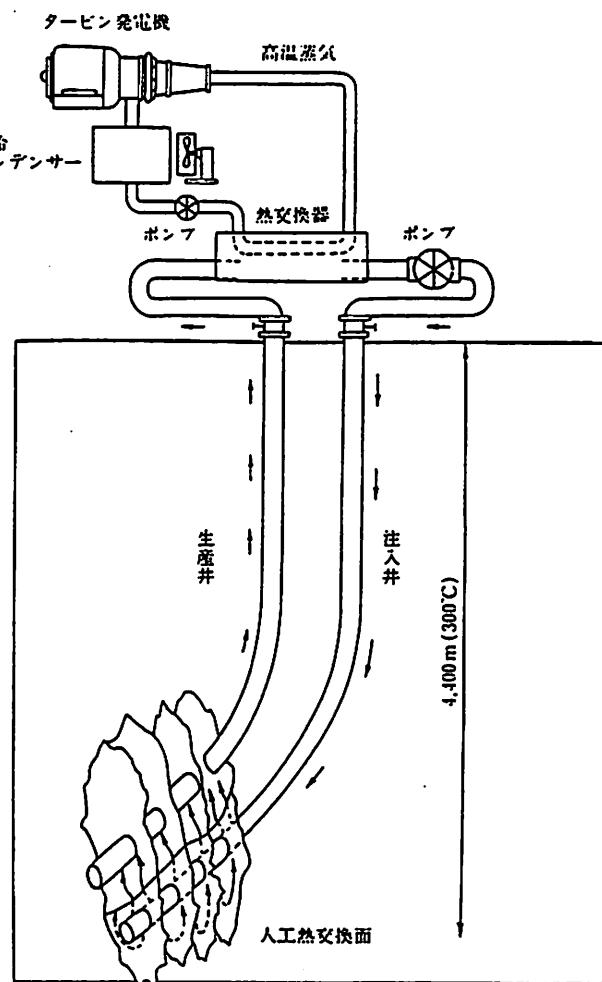
わが国での資源量としては3,000万kW程度の開発が可能といわれ、その規

模は現在の地熱発電量の150倍に相当する。

この方式の技術は世界的にも未完成で研究段階にあり、高温岩体を効果的に破壊するため、地下岩体の高温強さや変形に関する基礎データの集積、注水した水を逸失させず有効に生産井より取り出す採取技術、岩体につくられたクラックは時間の経過とともに成長するので、最初の破壊クラックをどのように定めるか、またこのクラックの大きさを定める方法、例えば音響的に検知する地質音方式が良いか、放射線を利用し定める方式が良いかなど、解明すべき技術課題が多い。

米国ではニューメキシコ州のフェントン・ヒルで、第一次計画として5,000 kWの人工热水系の研究を終え、第二次計画としての2ないし5万kWの人工热水系を造成中で、前述の技術課題の研究を進める計画である。

わが国では1981年よりフェントン・ヒルでの研究計画に西ドイツとともに参加し、この研究成果の逐次導入を目途に、岐阜県焼岳地域で人工破碎抽出システムの研究を1980年より開始した。

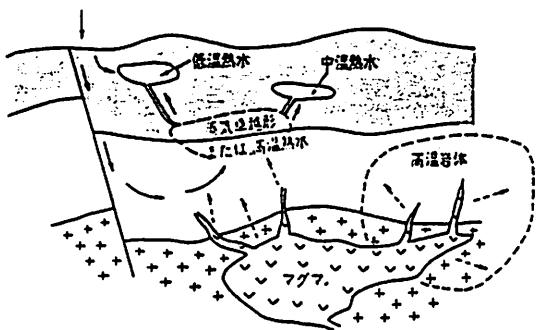


高温岩体発電プラント概念図

この発電方式に必要な地熱資源の分類については、まだ確定したものがないが、表のような分類が考えられる。

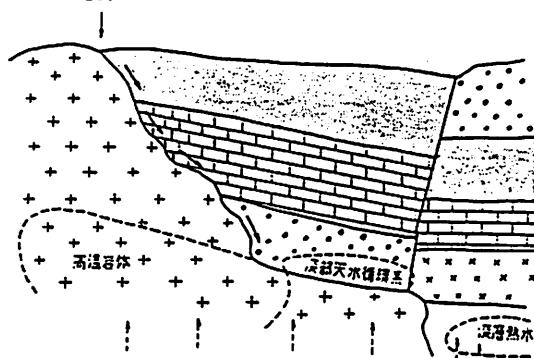
まず成因的に2大別して考えることができる。すなわち、新期マグマ貫入に関係して生成されたものと、それに無関係なものである。新期とはここでは地質年代で一応鮮新世以降と考える。したがって、絶対年代では約500万年以降を新期とする。

地下深部より地下約10Kmあるいはそれより浅く数Kmのところに溶融した岩石（マグマ）が上昇し、ある場合にはその一部が地表上にあらわれて火山現象を起こす。このような貫入マグマが地熱の究極的熱源であるが、その貫入時期が古いものまたは、そのような浅所への貫入によらないにかかわらずに、ある程度の温度を獲得している場合が2大別の後者の新期マグマ貫入に無関係の資源である。



(a) 新期マグマ貫入に関係して生成された地熱資源の説明図

矢印は流体の流れを示し、点線は熱の流れを示す。
熱源としてのマグマが地下深部に存在する。水のないところは高温岩体を形成する。マグマの熱と地下に流入した水により、蒸気卓鉢形または高温热水の貯留層が形成される。あるいは上部に蒸気卓鉢形、下部に高温热水の形成が考えられる。浅部の低温热水形では地表近くの低温地下水の混入が考えられる。



(b) 新期マグマ貫入に無関係の場合の説明図

矢印の説明は(a)と同じである。水のないところに高温岩体が形成される。明瞭に天水の流入が考えられる系を深部天水循環系といい、ある程度化石的に深部に貯留されているものを深層热水という。

地熱資源

地熱資源の分類

成因	地熱資源の種類		温度 [°C]
新貫 期入 マニ グ関 マ係	マグマ	> 650	
	高温岩体	< 650	
	熱水系	蒸気卓越形	> 約230
		高温熱水形	> 150
		中温熱水形	90-150
	低温熱水形	50-90	
新入 期に マ無 グ関 マ 貫係	伝導卓越形高温岩体		
	深熱 水層系	静水圧形	
		地圧水形	
	深部天水循環系		

4.5 バイオマス

バイオマスとは、元来「生物量」と訳される生態学用語であるが、近年はエネルギー資源として利用可能な生物資源の意味で用いられている。具体的なバイオマスとしては、木材、廃材、もみがら、稲藁、生ごみ、サトウキビの絞りかす、などがあげられる。バイオマスの潜在的な量は大きいが、分散しており、実際に利用可能なエネルギーは石炭などに比較すると少ない。

バイオマスの利用法として、直接燃焼、熱分解生成ガスを燃料として利用する方法、家畜の排せつ物からのメタン発酵、木材などを酵素的に変換してエタノールを生産する方法などが検討されている。

生物は生きるための栄養として物質を摂取したり、保温などの環境調整用に、何らかのエネルギーを利用していている。そのエネルギーのもととはすべて太陽光である。現在、世界で年間に必要なエネルギーは約6京^{けい}5 000 光キロカロリー（京は光の1万倍）であり、太陽はその約1万3 000倍ものエネルギーを地球上に供給している。

葉緑素（クロロフィル）をもつ緑色植物は、太陽エネルギーを使って二酸化炭素を繊維素、デンプン、糖類、脂肪などにかえる。ヒトや動物などは、

変形した太陽エネルギーに依存して成育しているのである。このような生物や生物の成分からつくられたものすべてを「バイオマス」という。ただし、太古に存在していたバイオマスが化石化してできた石油、石炭、天然ガスなどは除外されている。

陸上や水中には約70京キロカロリーのバイオマスがあるとみられており、樹木や林野のバイオマスがその大半を占める。そのうち今ある緑はそのままにして、年間にふえた分（純生産という）だけ集めたとしても、世界で必要とされるエネルギーの何倍もの量になる。

しかし現実にはそのようなバイオマスエネルギーはかさばって取り扱いにくく、化石燃料のようにまとめて集めることができない。また樹木の場合には、石油の約50%、石炭の約70%のカロリーしかないので、エネルギーとしての直接利用は経済的にむずかしい。それでも開発途上国では樹木を乱伐して燃料にし、しかも植林は行っていない。このために空気中の二酸化炭素がふえ、地球がいっそう温暖化することにもつながっている。したがって今後はそれぞれのバイオマスの特性を考えながら、うまくコントロールすることがたいせつになる。

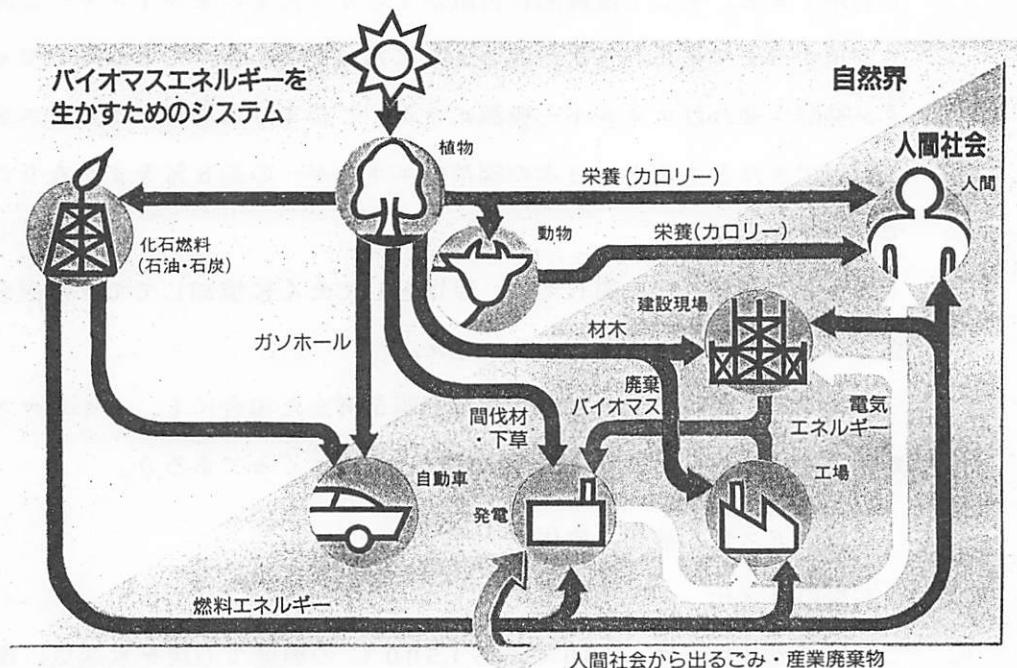
化石燃料の消費がこのままのびるとすると、石油で約30年、石炭でも約200年で資源を使い果たしてしまうことになるだろう。したがって今後はさまざまな代替エネルギーの開発に取り組んでいかなければならない。経済的に可能性が低いと主張する人も多いが、その一つとしてバイオマスの利用が考えられる。

山林を育成するには手入れが必要である。その手入れによって林野には間伐材や下枝、下草が残る。現状ではそのほとんどが捨てられたままである。これらのバイオマスを積極的に利用すれば、かなりのエネルギーが得されることになる。そのシステムの合理化と普及が望まれる。

石油資源のないブラジルでは、アルコールをガソリンの代替燃料（ガソホール）として使うことが国策となっている。アルコールは大量に栽培されて

いるサトウキビからつくられている。

またユーカリやホルトソウを栽培して将来のエネルギー資源にする研究が行われている。広い海を利用してジャイアントケルプなど成育の早い海藻を増殖させ、エネルギー資源にする研究も進んでいる。



バイオマスエネルギーを生かすためのシステム。人間社会から出る廃棄バイオマスは紙、プラスチック、廃木材、下水汚泥などさまざまである。これらをすべて利用したとすると、そのエネルギーの量は日本の総消費エネルギーの8%に相当する。

現在バイオマスは、エネルギーとしてよりも住構造材、紙、繊維、食料、飼料などとして利用される量のほうが多い。利用後は、これらのほとんどがごみとして捨てられてしまっている。安易に捨てると環境がいちじるしく汚染されるため、ほう大な経費をかけて処理している。廃棄バイオマスを生かす社会システムの整備が遅れており、ごみ処理や産業廃棄物処理が深刻な問題になっているのである。

とくに最近は紙やプラスチックのごみがふえている。これらのごみの低位発熱量（水分蒸発によるロスを差し引いた熱量）は1キログラムあたり2000

キロカロリー近くに達し、燃料としても利用できるようになってきている。建設事業がますますさかんになり、新築や解体の現場からも大量の廃木材が排出されている。これらはチップにして製紙原料とすることができます。古紙はごみとして捨てられたものも含めて回収すれば、製紙原料としてくりかえし利用できる。そして最終的に古紙かすとなつたものをエネルギー資源として利用すべきである。下水汚泥のように水分を多く含んでいるものでも、メタン発酵させればエネルギー資源になる。このような廃棄バイオマスをすべて利用できたとすると、日本の総消費エネルギーの約8%をまかなうことができるとみられる。

これまでごみ処理に関しては、原則としてたんに焼却してできた灰を埋め立てるよう行政指導が行われてきた。

エネルギー問題にとどまらず環境問題を考えた場合にも、バイオマスの有効利用はこれからますます重要な課題となってくるであろう。

4.6 石炭のガス化、液化、流体化

(1) 石炭のガス化

石炭のガス化とは、700°Cから1,500°Cの温度で石炭を水蒸気、酸素、炭酸ガス、水素などと反応させて水素、合成ガス、メタンなどを製造するプロセスである。石炭のガス化プロセスの心臓部はガス化反応装置であり、移動層型、流動層型、気流層型、溶融層型などの反応装置が用いられている。

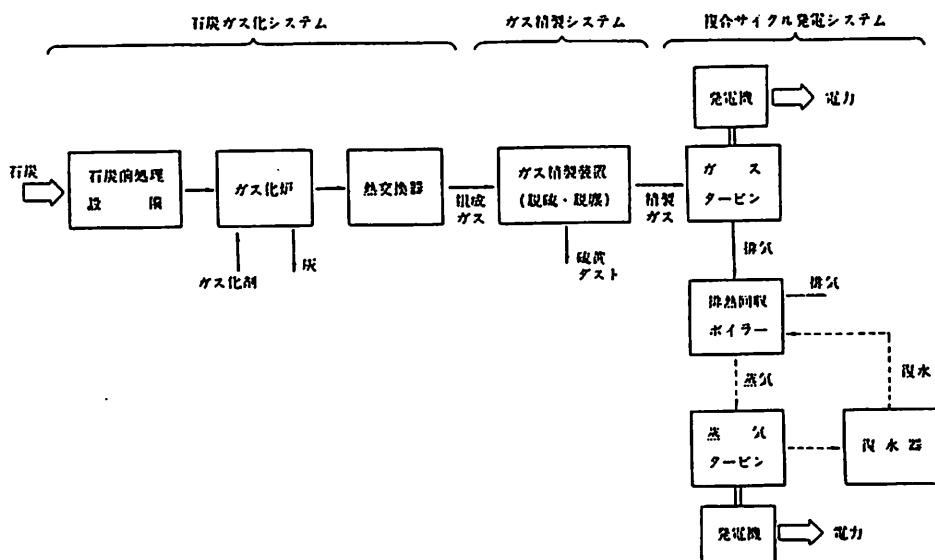
石炭ガス化ガスの利用先としては次のような分野が考えられている。(a)石炭ガス化複合サイクル発電、(d)化学工業用原料、(c)石炭液化用水素。

(a) 石炭ガス化複合サイクル発電

現在の石炭直接燃焼方式によるスチームタービン単独発電の熱効率はほぼ限界値に近いところにきている。そこで石炭を高温の気流層型ガス化炉を用いてガス化し、その生成ガスを燃料として、まずガスタービンを駆動して発電し、次いでその高温排気ガス(400~550°C)を排熱回収ボイラ

に導き熱回収を行い、発生した蒸気を用いてさらに蒸気タービン発電を行う複合発電方式が注目されている。天然ガスを用いる複合発電はすでに実用化されており、熱効率は45%以上に達している。現在の石炭火力発電の熱効率は約39%であるのに対して、石炭ガス化複合発電では発電効率が44~46%に達すると期待されている。さらに大気環境排出物(NO_x 、 SO_x および灰じんなど)も大幅に低減されることが期待されている。

わが国でも大容量のものでは東北電力㈱の東新潟発電所、東京電力㈱の富津発電所、中部電力㈱の四日市発電所などが運転中あるいは建設中である。



石炭ガス化複合サイクル発電システム

(b) 化学工業用原料

石炭のガス化で得られる合成ガスを原料として、エタノール、酢酸、炭化水素(オレフィン、ガソリン)などの化学工業製品を直接に合成する方法、さらに後述する間接液化法によってガソリンや軽油を合成する方法が検討されている。さらに合成ガス中の水素を用いてアンモニアを合成する

工業プロセスが現在稼働中である。

(c) 天然ガス代替ガス

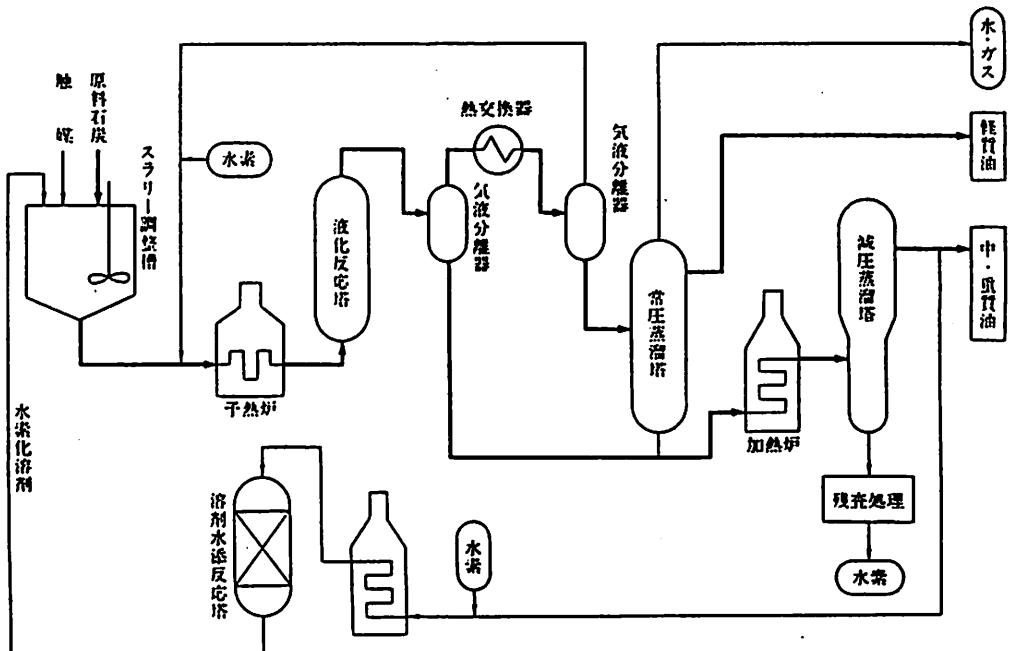
都市ガスとして液化天然ガス(LNG)が普及してきたが、その代替ガスとして水素雰囲気下で石炭をガス化してメタンを主成分とするガス(SNG)を製造することが検討されている。

(2) 石炭の液化

石炭と石油を比較すると、石炭中には酸素が多く水素が少ない。また分子量が一桁大きい。石炭を石油に変換するには、温度が450°C程度、圧力が150~300 atm の高温・高圧の条件下で溶媒を加えて複雑な高分子構造を分解して低分子化し、そこに触媒の作用で水素を添加することが必要になる。

この石炭の直接液化の技術は第一次世界大戦時にドイツで工業開発が進行した。しかし、その技術は経済性を無視したプロセスであり、第一次石油危機を契機にして石炭の直接液化プロセスの開発研究がアメリカ、ドイツ、日本などで進められてきた。わが国においては、瀝青炭とオーストラリアの褐炭の液化の開発研究がNEDOの委託を受けて進められてきた。褐炭液化は日豪両国の国家共同プロジェクトとして1981年から開始され、1985年から5年間にわたる実験により、褐炭からの液化総合収率を50%にまで高める成果を挙げた。原油価格が1バレル40ドル程度になると採算が取れる見通しである。

石炭を石油に転換するもう一つの方法は、石炭をいったんガス化して合成ガスを製造し、鉄系の触媒を用いてガソリンや軽油にするフィッシャー・トロプシュ合成法(FT法)と、合成ガスからまずメタノールを合成した後にゼオライト触媒(ZSM-5)を用いてガソリンに変換する方法(MTG法)などがある。このような方法を石炭の直接液化法に対比して間接液化法という。南アフリカでは1955年からFT法で、アルコールや溶剤の生産を開始し、その後の石油危機を契機に合成燃料の生産を増強してきた。



NEDOL 法液化プロセス

(3) 石炭の流体化

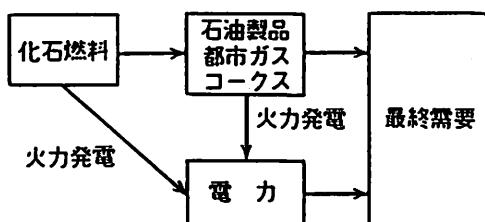
微粉にした石炭を重油あるいは水と混合すると粘度の高いスラリー状の液体になる。直径が 0.05~0.1 mm の石炭微粉と重油を 50 対 50 で混合したもの COM (coal oil mixture) と呼んでいる。発熱量が高いので既設の重油炊きボイラの燃料転換や高炉吹き込みの重油からの転換用に開発された。重油の代わりに水を混入した場合を CWM (coal water mixture) と呼ぶ。湿式ミルで石炭を 0.1 mm 径以下に粉碎し、灰分やいおう分を除去した後に石炭濃度が 70 % 以上になるよう水分を調整し、さらに微量の界面活性剤を添加して安定化した高濃度 CWM が開発されている。CWM の発熱量は低いが、COM のように加温・保温設備が不要であり、現在のように大規模な貯炭場が不要になるなどの利点があるので今後利用の拡大が期待されている。

4.7 水 素

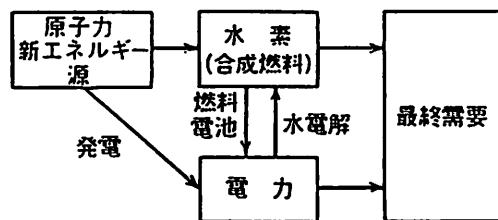
水素エネルギー・システム (hydrogen-energy system)

現在のエネルギー・システムは、図(a)に示すように、石油や天然ガスを一次エネルギー源とし、そこから得られるガソリンや都市ガス、そして電力が二次エネルギーとなって成立している。

将来、石油の需給関係が次第に逼迫し、核エネルギーと、太陽を中心とする自然エネルギーが一次エネルギーの主要部を占めると考えられる。このとき、電力のみならず、ガソリンや都市ガスに相当する燃料を合成することが、便利な社会生活を送るために必要である。この未来の二次エネルギーとして水素を考え、それがエネルギー担体となって各種の需要に応える図(b)に示すシステムを水素エネルギー・システムといふ。



(a) 現在のエネルギー・システム

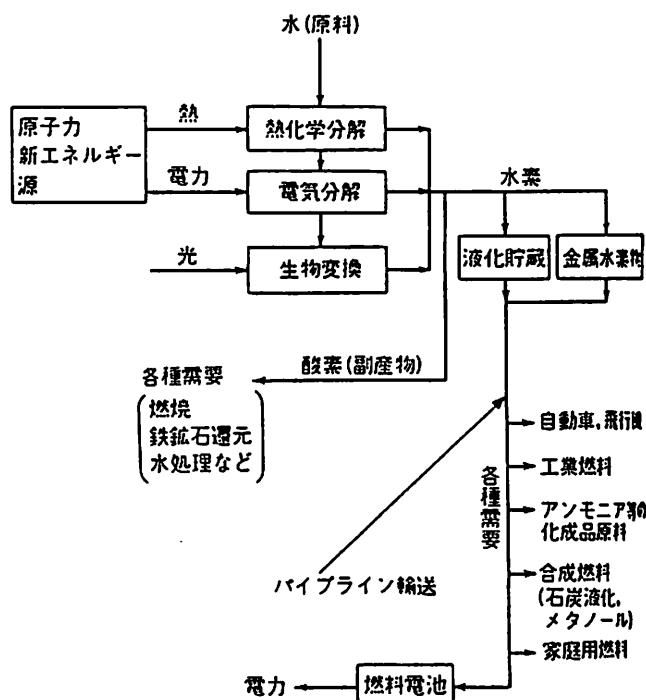


(b) 将来のエネルギー・システム

現在および将来のエネルギー・システム

水素は原料が水であり、燃焼によって再び水に戻る非枯渇型エネルギー源となり得ること、炭酸ガスや亜硫酸ガスを生成しないクリーンな燃料であること、液化や金属水素化物によって貯蔵できること、動力用、化学用としての利用の途が広いこと、電気分解と燃料電池を介して電力との相互変換ができるなどの利点が注目されている。エネルギー・システムの主要要素を示すと図のようになる。

構成要素のおののおのにおいて、他のエネルギーを用いた場合と比較して、経済的競合性を有すること、水素製造に必要な原子力技術が技術的に完成すること、およびさまざまな利用技術が社会的に受け入れられることが、本エネルギー・システムが成立するために必要な条件である。なお、水素が着目された元来の理由は、原子力発電所が都市から遠隔の地に建設されたとき、電力による輸送よりも電解水素のパイプライン輸送のほうが経済的であるとする考え方からであり、これを水素経済(hydrogen economy)の考え方という。



水素エネルギー・システムの主要構成要素

純粋な水素を燃料に使った自動車は、水が出るだけで完全な無公害である。最高時速130キロ、100キロの高速連続走行を達成した試作車では「エンジンについては20年近く実験研究を続けてきて、ある程度の目途はついたが問題は水素の貯蔵である。液体水素を使えば体積が小さくなるから

タンクも実用にさしつかえない程度の大きさになるが、零下 253 度の低温のため、魔法壇のような構造にしても、ノズルの壁を伝わって外の熱が侵入し、一日に 5~6 % は蒸発してしまう。水素吸蔵合金を使えば重さが 500 キログラムにもなる。

もうひとつ実用化の壁は水素そのもののコスト。液体水素の場合、日本で買うとリットル 1,000 円くらい。燃費にしてガソリンの 20 倍も高くつく。ところがアメリカでは 1 ガロン 1 ドル。この原因の一つには、日本の電力料金の高さがある。」といわれている。

たしかに日本の電力料金はカナダの 4.6 倍、アメリカ、韓国の 1.5 倍である。この高値を解消するためにも、ピーク時の電力量に合わせた稼働率の悪い発電設備をつくらなくてもすむように、太陽電池や燃料電池の普及を急がねばならないだろう。それに水素が安くなつて燃料に使えば、燃料電池も炭酸ガス排出はゼロになるのである。

4.8 燃料電池

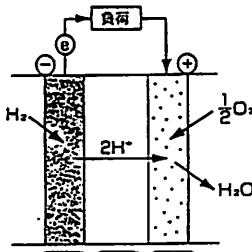
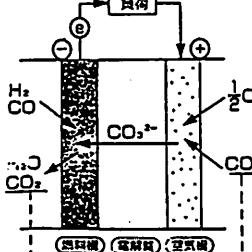
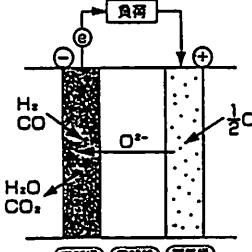
“燃料電池”と聞くと、乾電池や車のバッテリーを思い浮かべるが、燃料電池は電気を貯蔵するのではなく、水力発電、火力発電、原子力発電といったこれまでの発電設備に継ぐ新しい発電システムである。

燃料電池は、水素と酸素を化学反応（水の電気分解の逆の反応）させ、電気を取出す直接発電なので、発電効率が高くなり、しかも発電時に発生する熱（温水、蒸気）は給湯や冷暖房に利用できる。また、他のコーチェネレーションシステム（エンジン、タービン等）に比べ NO_x などの発生が非常に少なく、静止機器が中心となるので騒音も小さい発電システムである。さらに、規模が小さくても効率が高いため、電気と熱の需要があるオフィスビルやホテルなどの個々の電源として設置するオンサイト型や需要地に設置してニュータウンや商業地帯の電源とする分散型が考えられている。

燃料電池は、このように優れた特徴をもつてることから、国の「長期エ

「エネルギー需給見通し」において、導入が期待されている。これを受け電気事業審議会需給部会では、電気事業用の分散型電源として燃料電池は、2000年に105万kW、2010年に550万kWの導入目標を掲げている。

燃料電池は、使用する電解質の種類によって、リン酸型、溶融炭酸塩型、固体電解質型に分けられている。この中でもリン酸型燃料電池は「第1世代の燃料電池」と呼ばれ、最も実用化に近い燃料電池である。

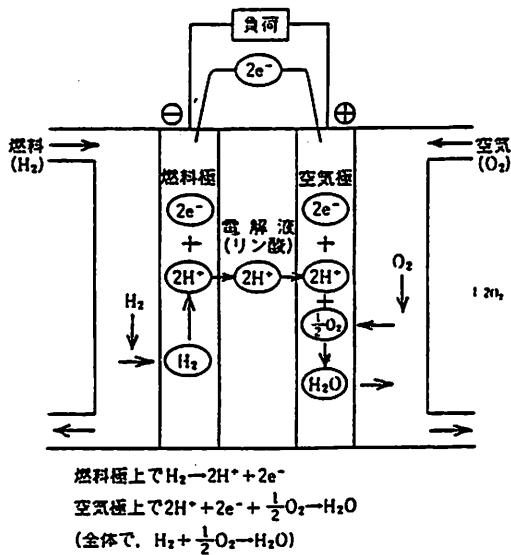
	リン酸型(PAFC)	溶融炭酸塩型(MCFC)	固体電解質型(SOFC)
電解質	リン酸水溶液	炭酸リチウム・炭酸カリウム	ジルコニア系のセラミック
電荷担体	H^+	CO_3^{2-}	O^{2-}
作動温度	200 °C	650 °C	1,000 °C
反応ガス	H_2	H_2, CO	H_2, CO
燃料	天然ガス、メタノール	天然ガス、石炭ガス	天然ガス、石炭ガス
電池材料	主にカーボン	Ni、ステンレス等	セラミック等
触媒	白金	電極のNiが触媒	不要
発電効率	40 %	45 %	~50 %
特長	最も実用化に近い	高発電効率 内部改質可能	高発電効率 内部改質可能
作動原理			

(1) 燃料電池の原理

燃料電池(Fuel Cell)とは、水素と酸素とを電気化学的に反応させることにより電力を直接発生させる装置であり、その反応は水の電気分解と同じ

うど逆である。ここで、水素は通常は天然ガスやメタノール、石油等の原燃料を改質して得る。

燃料電池はいわゆる蓄電池とは異なり、これらの燃料が外部から供給されている限り、発電を続けることができる。現在もっとも技術開発が進んでいるリン酸型燃料電池を例にとると、基本的な構成は図のように燃料極（アノード、負極）、（カソード、正極）とこれらに挟まれた電解質（リン酸）からなる。



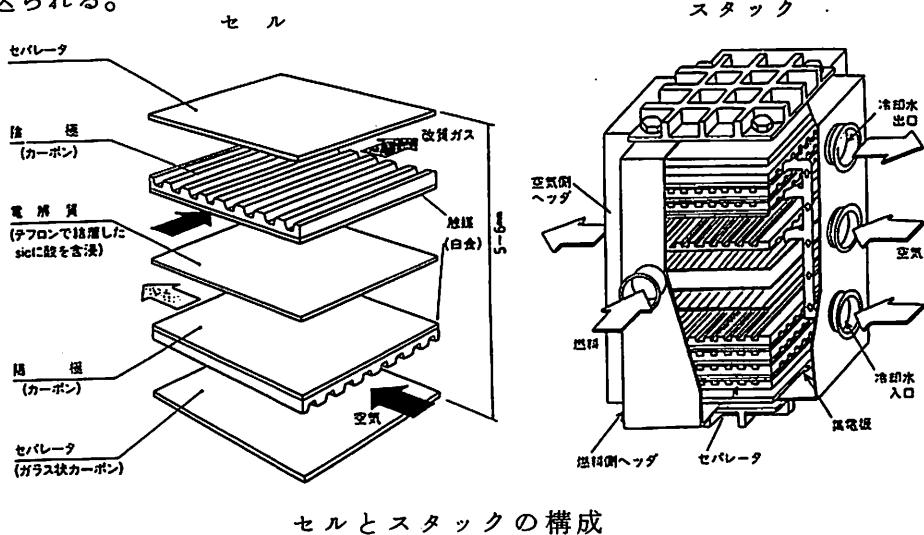
リン酸型燃料電池の原理

図において外部から供給された水素は燃料極で化学的に反応し、電子を放出して水素イオンとなる。この水素イオンは電解質を移動し、電子は外部回路を通して空気極に至る。すなわち電流が外部回路に流れることになる。空気極では電子を受取り、酸素と水素イオンが反応して水になる。

このときの両極間の電位差は 0.7 V 程度であり、電圧を上げるには単電池を直列的に積み上げ（これを「スタック」という）、電流を増やすには電極面積を大きくするか、スタックを並列に接続する。

単電池（セル）は、燃料極、電解質、空気極、セパレータが積み重なった構造で、改質ガスおよび空気は電極の溝を通りながら反応する。

燃料電池本体（スタック）は、セルを数枚積層したブロックを何段か積み上げた構造で、改質ガス、空気はマニホールドにより各ブロックに分配されて送られる。



セルとスタックの構成

(2) 燃料電池の特徴

燃料電池は燃料の有する化学エネルギーを電気エネルギーに直接変換するというその動作原理から、次のような特徴をもつ。

内燃機関による発電では、燃料のもつ化学エネルギーを「燃焼エネルギー → 機械エネルギー → 電気エネルギー」と数回のエネルギー変換によって電力を得るため、内燃機関の宿命であるカルノーサイクルの限界に加えて、エネルギー変換ロスを生ずる。燃料電池の場合、燃料のもつ化学ボテンシャルを直接電気エネルギーに変換するので、理論的に高い効率が期待でき、現実にリン酸型燃料電池の発電効率で40%程度、溶融炭酸塩型や固体電解質型で50~60%程度と非常に高く、小容量であっても、その高効率性はほとんど変わらない。また、部分負荷運転であっても効率が大きく低下することはない。

環境負荷の観点からも燃料電池はよい特性をもっている。燃焼部分が、改質装置における反応促進用にクリーンな未反応水素を燃やすだけであり、N

O_x に関しては十分 10 ppm ($O_2 = 0\%$) 以下に抑えることが可能である。C O_2 に関しても効率が高いため、排出量が少ない。また、主要部分が電気化学反応であるため、駆動部分が循環ポンプや空気プロワ程度と少なく、騒音、振動の心配はない。

その他、部分負荷特性が良好である点や、負荷応答性がよい等多くのメリットがある。

小型軽量化、コストダウン、起動特性の改善等まだ技術開発要件があるものの、期待されるコーチェネレーション熱源機といえる。

現在、リン酸型燃料電池の建設コストは計画中のもので 90～120 万円／kW 程度ある。

将来は、量産効果や技術開発の進歩によりコストダウンが図られ、約 25 万円／kW (数百台／年) となる見通しである。

(3) ビル用の用途と効用

燃料電池は、アメリカ NASA の有人宇宙船用の電源として採用された（固体高分子型およびアルカリ型電池）ことにより一躍有名になった。その後、燃料電池を民生用に利用するためにコストダウンを中心とした幾多の研究開発が進められ、なかでもリン酸型の商用化が目前の段階にある。

① 自家発電用

燃料電池は基本的には発電装置であり、もっとも典型的な利用は事業用発電用のほかに、需要地内に設置するオンサイト型自家発電用である。

② コーチェネレーション用

燃料電池は、電池本体あるいは改質装置からのオフガスの排熱を容易に回収することができ、総合熱効率 80% を超える。クリーンなコーチェネレーション用熱源機となり得る。また、熱電比が 1 前後と小さいので、熱負荷の大きいホテル、レストラン、病院等のほか、より多くの電気を望む事務所ビル等に適している。

③ ビル等の非常用電源用

最近の高層ビルは機能の高度化、情報化が進んでおり、これを支える非常用電源も、高信頼度で多様なものが要求されてきている。その一つとして、燃料電池と蓄電池によるシステムがあり、このシステムによって空調や給湯も可能になる。

④ 燃料電池の開発計画

① ムーンライト計画リン酸型燃料電池プロジェクト

わが国の燃料電池に関する計画的・組織的な技術開発プロジェクトは、昭和56年度より、通商産業省工業技術院による大型省エネルギー技術研究開発（ムーンライト計画）の一環としてスタートした。このプロジェクトはリン酸型、溶融炭酸塩型、固体電解質型、アルカリ型燃料電池をカバーするものである。リン酸型燃料電池プロジェクトについては、昭和63年度に1,000 kW級プロジェクトが成功裏に終了した後、現在、オンサイト用200 kW級プラントプロジェクトを実施中である。開発目標を表に示す。

開 発 目 標

項 目	離島用発電システム	業務用発電システム
出 力	200 kW級(AC)	200 kW級(AC)
送電端効率	37%以上	36%以上
総合効率	—	80%以上 (給湯時効率への換算値)
燃 料	メタノール	都市ガス
構 造	パッケージ形	陸上輸送が可能なコンパクトかつパッケージ形であること
運 転 特 性	離島において要求される負荷需要およびディーゼル発電との並列運転に対応できること	業務用需要としての負荷変動に追従できること
運 転 方 式	無人運転	無人運転
環 境	法令基準以下	法令基準以下
メンテナンス	年1回	年1回

すでに平成元年度に、離島用と業務用の二つのシステムの製作、据付けを完了し、運転試験を開始した。その後順調に運転を継続中である。

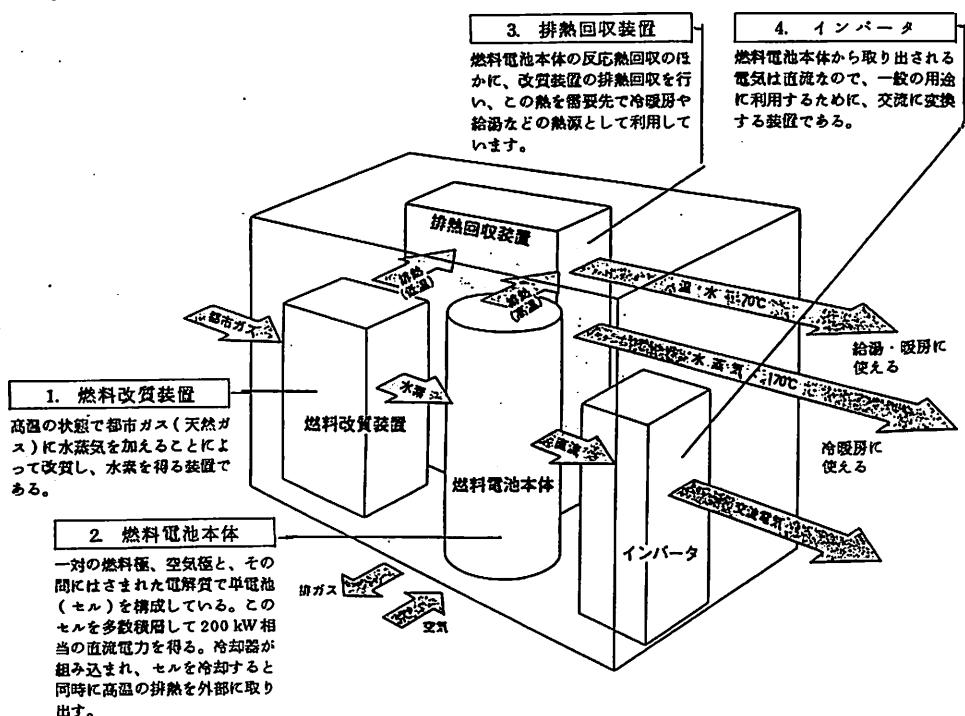
a 畦島用発電システム

本システムはメタノールを燃料とするもので、離島に限らず、都市ガスが利用できない地域にも適用できる発電専用システムである。現在、沖縄電力管内の渡嘉敷発電所に設置して既存のディーゼル発電設備と並列運転し、島内の電力系統に電力を供給する運転試験を実施中である。発電効率が39% (HHV)以上と高く、この容量クラスの常圧タイプとしては世界のトップ級である。

b 業務用発電システム

これは燃料に都市ガスを用いて、ホテル、レストラン、オフィスビル等に電気と熱エネルギーを供給するコーチェネレーションシステムである。

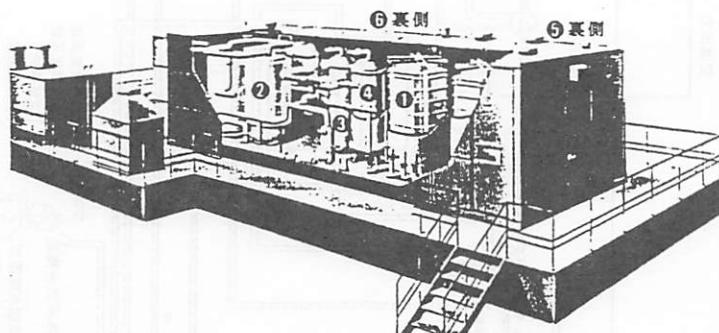
運転試験は大阪市内のホテルで実施中であり(写真)、主要部分はすべてコンパクトなパッケージに収納されている。システム構成を図に示す。



● オンサイト型業務用燃料電池システム構成

システム全体としては、都市ガス（天然ガス）を水素に変換する燃料改質装置、水素と空気中の酸素より直流の電気を発生する燃料電池本体（セルスタック）、直流電気を交流に変換するインバータおよび、排熱回収装置が主な構成部分である。

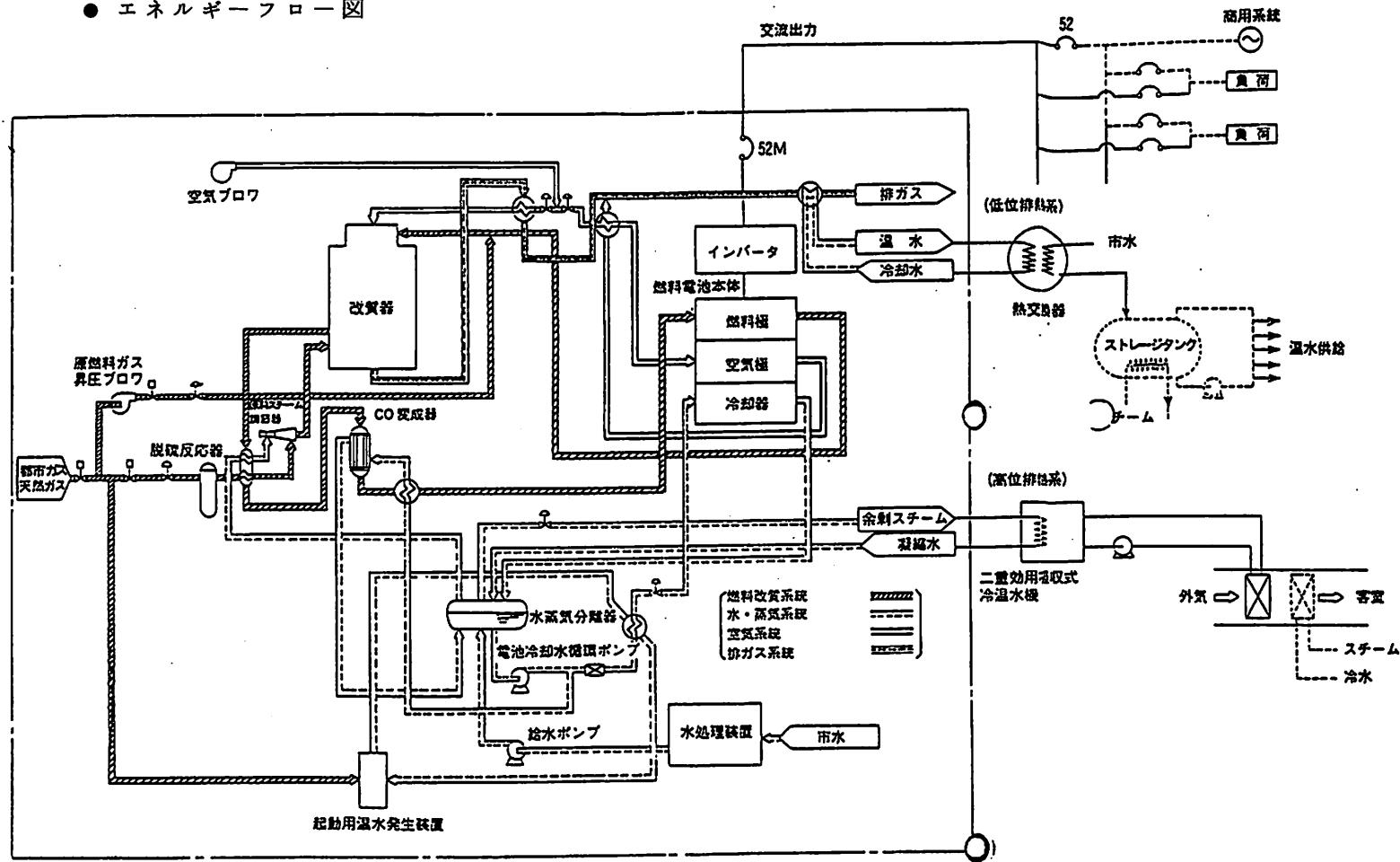
同ホテルは延床面積は 50,422 m²、客室数 550 室、冷凍機容量 1,350 Rt、ボイラ容量 18 トン/h であり、電力は 200 kW を発電し、ホテルで使用、排熱は 70 °C の温水を回収して給湯するほか、温水と 170 °C の蒸気は吸収式冷温水器（燃料電池専用 34 Rt）により冷暖房用に使用している。エネルギーフローは図のとおりである。



パッケージ内部構造

- ① 燃料電池本体 (A, B)
- ② 改質器 (A, B)
- ③ 脱硫反応器
- ④ CO 変成器
- ⑤ インバータ
- ⑥ 水・蒸気系機器

● エネルギーフロー図



200 kW 燃料電池パッケージ

② ムーンライト計画高温型燃料電池プロジェクト

ムーンライト計画におけるリン酸型燃料電池のプロジェクトは、平成2年度までに実用化のための技術的実証研究を終え、成功裏に終了する予定である。その後は、リン酸型よりもさらに高い発電効率が期待できる高温型燃料電池（溶融炭酸塩型と固体電解質型）の開発を加速していく。

特に、溶融炭酸塩型は現在、世界最大級の25kW級スタックの開発に成功している。平成4年度までに100kW級スタックの開発、平成7年度を目指して1,000kW級パイロットプラントを開発して、実用化のメドを明らかにしていきたい。

(5) 民間における開発状況

民間においても、特にリン酸型燃料電池を中心としてその実用化を早期に図るために、電力会社、ガス会社、石油会社等において、デモプラントの実証運転研究を実施中である。その動きの一つは、ガス3社と国内メーカーによる50kW、100kWの商用化計画であり、平成3年度にプリコマーシャル機を、5年後に商品機の販売を目指している。

また、アメリカのIFC社では1992年頃より、オンサイト用200kW燃料電池商品機(PC-25)のファーストロット機53台を販売する計画をもつている。現在はその開発途上の試作機4台すべてがわが国で、すなわち新東京火力発電所スクウェアビル、日本石油および大阪の梅田センタービルにおいて実証運転中である。

日本におけるリン酸型燃料電池プラント（含計画中）一覧

会社名	設置場所	プラント概要			電池 メーカー	運転 時間	発電記録		備考
		規 模 (kW)	冷却 方式	燃 料			時 間 (hr)	量 (MWh)	
北海動電力	伊達火力発電所	100	水冷	メタノール	三菱電機	'87～'89	5,132	330	('89.5.10現在)
東北電力	新潟 ◊	50	ク	L N G	富士電機	'87～	9,244	297	('89.9.20現在)
東京電力	五井 ◊	4,500	ク	ク	U T C	'83～'85	2,423	5,428	PC22
		11,000	ク	ク	I F C	'91～			世界最大プラント
	新東京 ◊	200	空冷	ク	三洋電機	'87～'89	5,032	581	
		200	水冷	ク	I F C	'88～	2,008	352	PC25プロトタイプ
	岡電工ビル	200	ク	ク	ク	'89～	1,953	224	('89.11月現在)
中部電力	知多第二発電所	1,000	ク	ク	東芝／日立	'87～'88	1,018	368	ムーンライト計画
北陸電力	立山、家族旅行村	4	空冷	メタノール	富士電機	'85～'87			サンシャイン計画
関西電力	堺港火力発電所	30	ク	L N G	ク	'82～'83	3,500	81	
		1,000	水冷	ク	三菱／富士	'87～'88	2,045	697	ムーンライト計画
	ホテルプラザ*	200	ク	ク	三菱電機	'89～	3,312	515	('90.6.14)
		200	ク	ク	ク	'90～			エネ庁・NEDO
	六甲アイランド	50×16	ク	ク	富士電機	ク			推進プロジェクト
四国電力	研究所	4	空冷	メタノール	ク	'87～			
沖縄電力	渡嘉敷島	200	水冷	ク	ク	'90～	2,846	403	ムーンライト計画('90.6.17)
東京ガス	スイミングプール	40	ク	L N G	U T C	'82～'83	2,045	39	PC18
	ホテル(池袋)	40	ク	ク	ク	'84～'87	11,364	200	PC18改良機
	研究所	100	ク	ク	日立製作所	'89～			
		50	ク	ク	富士電機	'89～			
	レストラン(堺)	40	ク	ク	U T C	'82～'83	2,266	37	PC18
大阪ガス	40	ク	ク	ク	ク	'84～'87	15,488	209	PC18改良機
	ホテルプラザ*	200	ク	ク	三菱電機	'89～			ムーンライト計画
	梅田センタービル	200	ク	ク	I F C	'89～			PC25プロトタイプ
日本石油	横浜製油所	200	ク	ナフサ	ク				
三菱石油		4	空冷	メタノール	富士電機				
日本鉱業	知多製油所	100	ク	ナフサ	三洋電機				石油産業活性化
出光興産		50	水冷	ク	富士電機	'89～			センター技術
昭和シェル石油	研究所	100	ク	ク	ク				開発事業
コスモ石油		50	ク	灯油	ク				

*) 関西電力と大阪ガスの共同プロジェクトであるので重複記載した。

(6) 溶融炭酸塩型燃料電池

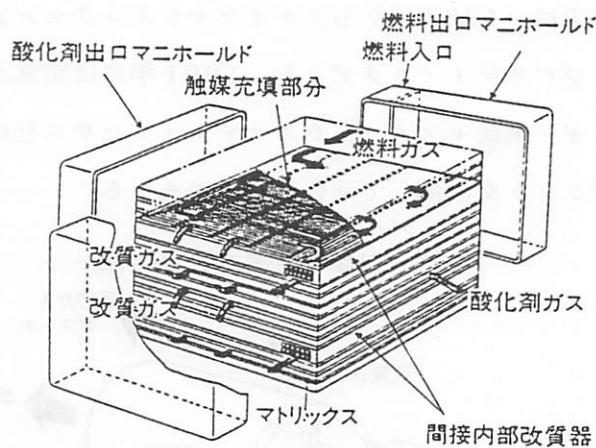
溶融炭酸塩型燃料電池は「第2世代の燃料電池」といわれ、リン酸型燃料電池について技術的に進んでいる。改質方式によって、外部改質方式、直接内部改質方式、間接内部改質方式の3種類に分類される。

外部改質方式、直接内部改質方式の研究はムーンライト計画の一環としてMFC組合において1,000 kW級プラントの開発が進められている。

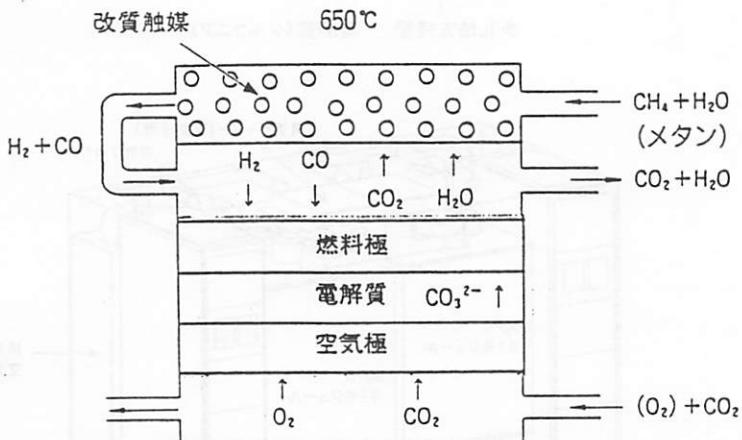
間接内部改質方式は、外部改質方式に比べ効率が高くシステムがコンパク

トになり、直接内部改質方式に比べて、触媒寿命が長くなる利点を持っている。

大阪ガスでは独自で間接内部改質方式のスタックについての研究を実施しており、3 KW級－10 KW級－30 KW級と容量を大きくしていき、最終100 KW級のスタックの製作を目指している。



10 KW級内部改質方式溶融炭酸塩型燃料電池の構造図



間接型内部改質方式

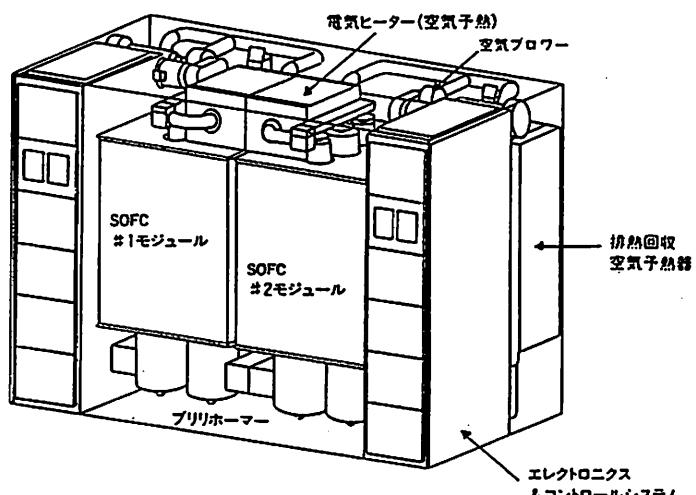
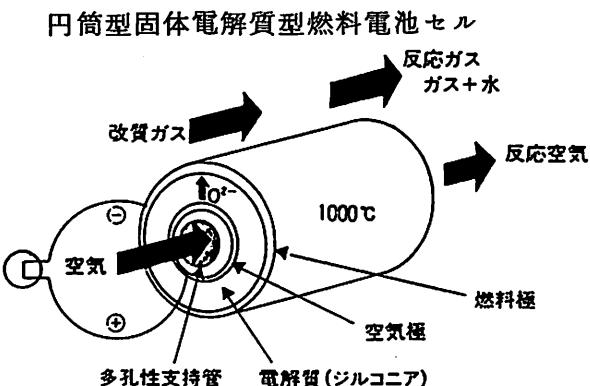
改質器と電池を一体化（改質触媒が電極に接触しない）

(7) 固体電解質型燃料電池

固体電解質型燃料電池は「第3世代の燃料電池」といわれ、現在基礎研究の段階であり、実用化までにはまだ若干の年数が必要である。

固体電解質型はセルがセラミックでできているため円筒形、平板型などの形状が考えられている。

大阪ガスでは、1987年からファインセラミックセンターとの電力共同研究でフィージビリティ・スタディを、1991年には東京ガスと共同研究で六甲新エネルギー実験センターにウエスティングハウス社の25kW級（セル：円筒形）プラントを設置して運転研究を実施する。



25 kW級固体電解質型燃料電池構成図

(8) 関 係 法 規

資源エネルギー庁では、このたび燃料電池を含む新エネルギー発電設備について、安全性を確保しつつ円滑な導入を図るために、「電気事業法施行令」「電気事業法施行細則」の一部改正を行い、平成2年6月より施行された。これにより、500kW未満かつ最高使用圧力1kg/cm²未満の場合、工事計画は届出でよいこと、自家用500kW未満は電気主任技術者は不選任でよいこと等が認められた。また、技術基準については、「発電用火力設備に関する技術基準を定める省令」や「電気設備に関する技術基準を定める省令」等の一部も改正され、従来の火力発電設備のみの厳しい技術基準と設置手続きが大幅に改善された。

また、燃料電池発電設備の一般商用系統への連系については、いわゆる逆潮流なしの場合について、「コーチェネレーションの系統連系技術用件ガイドライン」により、認められることとなった。

燃料電池発電技術は、特にリン酸型については技術的にほぼ確立されつつある。導入に向けて、法制面でも整備が整ってきた。

今後は、メーカー、ユーザーが一致協力して、一層の信頼性向上、コンパクト化とコストダウンを図ることにより、競争力ある商品として育っていくことが重要である。ホテル、病院、ビル等における自家用の発電設備として、燃料電池が本格的に普及するのは、いよいよ目前である。

5. 21世紀のエネルギー展望

エネルギー供給の予測

エネルギー	単位	1985年度	2000年度	2010年度
水力	百万KW	33(5.5%)	42(5.2%)	69(4.9%)
地熱	万KW	18(0.1)	70(0.2)	100(0.3)
石炭	百万t	107(19.0)	151(16.5)	119(15.4)
	〃	34(5.5)	51(6.9)	77(9.6)
	〃	73(13.5)	64(9.6)	42(5.8)
LNG	百万t	28(9.4)	43(12.0)	49(12.6)
国内天然ガス	億m ³	22(0.5)	29(0.6)	32(0.6)
原子力	百万KW	25(10.0)	51(17.1)	69(21.4)
新エネルギー	万Kcal	60.(0.1)	245(0.5)	365(0.6)
石油	億Kcal	2.33(55.4)	2.48(48.0)	2.45(43.8)
	百万Kcal	0.7(0.2)	0.7(0.1)	0.7(0.1)
その他	10 ¹³ Kcal	0.5(0.0)	△11.9(△0.2)	18.9(0.4)
合計	億Kcal	4.2(100.0)	5.2(100.0)	5.6(100.0)
一次エネルギー伸び率			00/85 1.4	10/00 0.8
経済成長率			3.1	2.5
エネルギー/GNP弾性値			0.45	0.32

日本の実質経済成長率を3%程度とみて為替レートが1ドル140~120円の範囲内に入るとして試算している。原子力は政府見通しより年率1%ほど低いとみている。()内は構成比である。

年間発電電力量の予測

	1985年	2000年	2010年
原 子 力	1,590 億 kWh	3,351 kWh	4,533 億 kWh
水 力	812	937	932
石 炭	580	1,084	1,663
L N G	1,282	1,813	1,785
石 油 ほ か	1,763	1,295	603
地 热	13	48	69
新 エ ネ ル ギ ー	—	106	330
合 計	6,040	8,634	9,915

今後は原子力発電が基本電源としてフル稼働するだろう。火力発電の稼働率は低下していく。政府はこれから先、石油火力発電所を新設しない方針をとっている。

家庭用エネルギーの消費構成変化

	1965年	1975年	1985年	2000年	2010年
電 力	17.2%	26.9%	30.2%	35.9%	37.2%
都 市 ガ ス	14.3	18.5	19.4	22.2	22.7
L P G	13.6	20.3	16.7	16.2	15.4
灯 油	13.7	30.4	31.0	23.4	22.1
太 阳 热	—	—	1.6	1.6	1.9
そ の 他	41.2	3.9	1.1	0.7	0.7
合 計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

おわりに

21世紀には、現在のエネルギー源にかわる新エネルギーの開発が不可欠な問題である。

本書は、新エネルギーの中でも最近、研究、開発、実用化の進歩が著しい太陽光発電及び燃料電池について特に詳しく解説した。

しかし、両者の新エネルギーとも、現時点での最大の問題はコストであり、大きな伸びは期待できないが、今後の研究、開発により、その導入はコストダウンといまって、早まるよう期待は高まるばかりである。我々メンテナンス業者も、日本のクリーンエネルギー技術がどんな水準にあり、実用化の見通しはどうなのかを、何時も関心を持ち続け、来るべき実用化時代が到来しても万全のメンテナンス体制を構築できる様、日頃よりポテンシャルを高め維持する努力が大切である。

本書は下記の設備部会委員によって作成されました。

担当理事	南	茂	雄	
〃	伊勢	本	吉	生
担当委員	赤	土	俊	彦
〃	岡	野		勝
〃	脇	坂	伊佐	夫
〃	大	森	英	俊
〃	松	村		豊