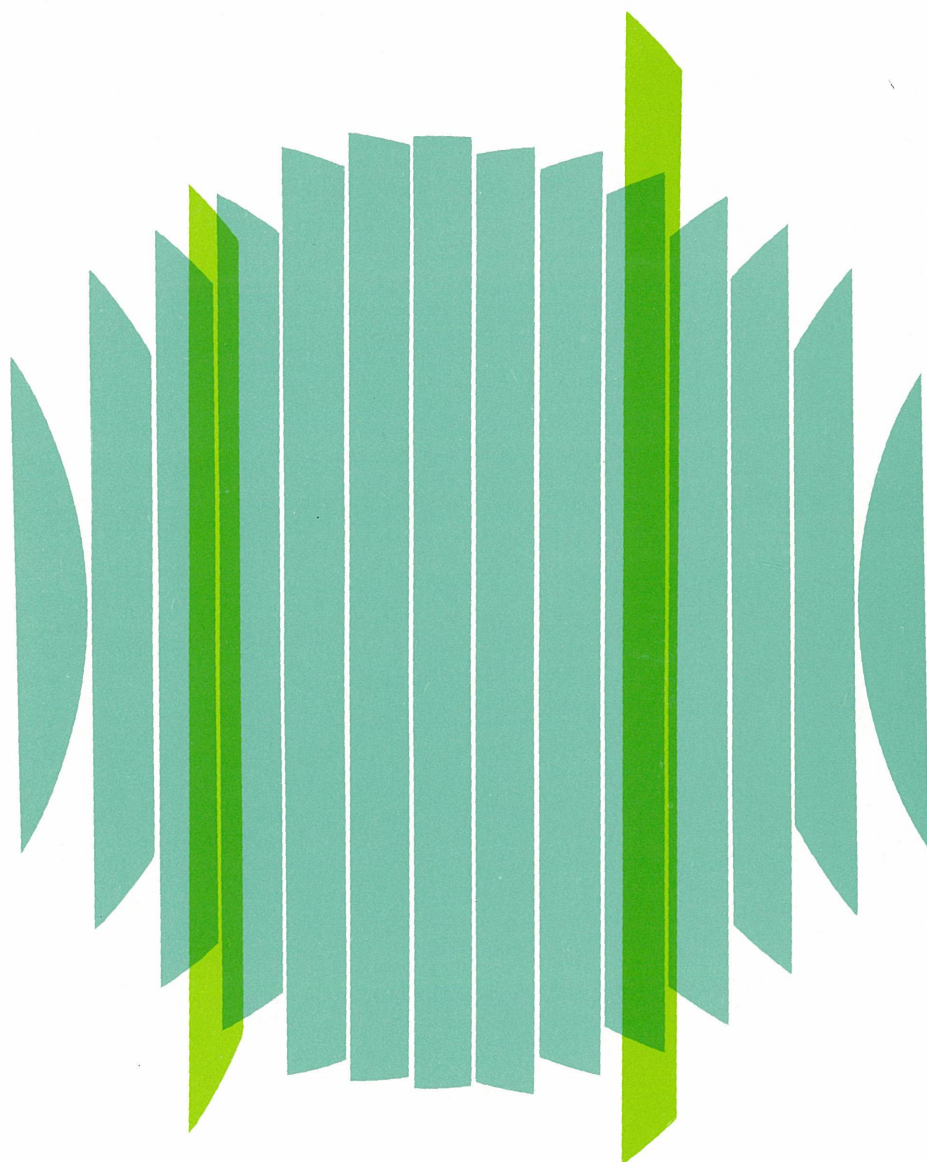


# 季報 エネルギー総合工学

Vol. 2 No. 4

1980. 1.



財団法人 エネルギー総合工学研究所  
THE INSTITUTE OF APPLIED ENERGY

# 目 次

年 頭 所 感 ..... 理事長 山 本 寛 ..... 1

国産新エネルギー開発の展望と課題：地熱 ..... 川 口 幸 男 ..... 2

国産新エネルギー開発の展望と課題：太陽エネルギー ..... 並 河 良 一 ..... 13

ANSのトピカルミーティング（54年9月開催）に参加して ..... 鳥 飼 欣 一 ..... 20

長期エネルギー需給展望を通して ..... 大 江 康 博 ..... 26

研究所のうごき ..... 33

第1，2巻通巻 目次

# 年 頭 所 感

理事長 山 本 寛

いよいよ今年から 1980 年代に入ったが、エネルギーについては変動の 10 年の始まりであり、石油に代る新エネルギーの開発にもこれからいよいよ本腰を入れねばならない。エネルギーの大宗を占める石油は政治の武器としての性格をいよいよ明確にし、1979 年は 1973 年ついで再び石油価格の大巾な上昇を見たため、世界経済に混乱が生じたが、このような状況は 80 年代も続くであろう。

1 次エネルギーの大部分を輸入に頼らざるを得ないわが国としては、わが国の経済に波及する外乱を極力小さくくいとめるよう、恒久的な方策を確立せねばならない。石油事情は 80 年代においても、或いは 1 時的には小康を保つことがあるかも知れないが、決してそれで安堵してはならないし、安逸をむさぼる事も許されない。また、小康を保つことはあっても永続はしないであろう。石油の重質化も次第に重さを加えてのしかかって来るであろうから、新エネルギーの開発と共にその対策も講じて置かなければならない。

これからのエネルギー源としての石炭のガス化や液化には 80 年代中にはまだ大きな期待がかけられないこと、当面すぐ使える LNG については高価格は免れ得ないこと、またその他の新エネルギーについても太陽熱給湯を除いては 80 年代にはその役割を期待し難いことが明瞭である。したがって、この 10 年間は、最も安い、しかも準国産エネルギーである原子力に最も期待したいのだが、その安全性に対する国民の理解が未だしというのは真に残念であり、現実として 80 年代に飛躍的増強を望む事が無理であると考えられる。それ故、LNG と石炭の直接燃焼に最大限の寄与を期待しても、石油の重要性は 80 年代においても変る事はない。唯、エネルギー価格の高騰だけは間違なく鉱工業、運輸、民生等の各面へ襲いかかるであろうから、これに対処するには省エネルギー、エネルギー利用の一層の効率化に一段の努力を傾注する必要がある。エネルギー利用効率の向上を 中心とする省エネルギーは最もグリーンで最も安いエネルギーであることを一般に更に広く認識してもらう必要がある。

中期的観点からのエネルギー問題にかなり大きな力を入れて取組んでいる当研究所としては、1980 年代後半から 1990 年代へかけてのエネルギー開発のあり方について充分検討し、新エネルギー技術の開発の方向や、方策についての探究に一層の力を傾注してゆく所存である。(やまもと ゆたか)

---

# 国産新エネルギー開発の展望と課題：地熱

川 口 幸 男

---

## 1. はじめに

今後ますます深刻化することが懸念される内外のエネルギー石油情勢下において、石油を中心としたエネルギーの輸入大国であると同時に消費大国であるわが国では、石油代替エネルギーの早期開発導入が急務の課題となっている。

新エネルギー開発は石油代替エネルギーの開発導入の一環としてその一層の推進が強く要請されているものであり官民を挙げての取り組みが必要とされている。

わが国においては、昭和49年度からサンシャイン計画により中期ないし長期的な観点に立ってエネルギー供給に寄与する可能性のある新エネルギー技術の開発を推進しているところである。

サンシャイン計画も6年目を迎えた本年度に入り、一段と厳しさを増した現下のエネルギー情勢に対処するため、これまでのサンシャイン計画全体を見直し、その加速的推進を図るべく新計画の策定を検討中である。

新エネルギーとしては、地熱エネルギーをはじめ、太陽エネルギー、石炭エネルギー、水素エネルギー等が主要なものであるが、これらの多くの部分は開発段階にあり本格的な

実用化にはまだ時間を要するものと考えられる。

しかしながら、これら新エネルギーの中でもとくに地熱エネルギーについては、石油代替性が高いばかりでなく、既にその一部が実用に供されており、今後の開発利用も他の新エネルギーに比してかなり早期に大量のものが期待できるという点で極めて有望な新エネルギーであるといえる。

ここでは、このような地熱エネルギーについて、その開発の展望及び課題といったものを、とくに、技術的な観点から見ることにしたい。

## 2. 地熱エネルギーの特質

地熱エネルギーは新エネルギーの中でも数多くの利点を有するエネルギー資源であり、その積極的な利用を図ることが必要である。

地熱エネルギーの特質としては次のような諸点が挙げられる。

第一に、純国産かつ豊富なエネルギーであること。

わが国は世界有数の火山国であり、有望とされる地熱地帯が200カ所以上存在し、エネルギー資源に乏しいわが国にとっては、唯一とも言えるポテンシャルの高いエネルギー資

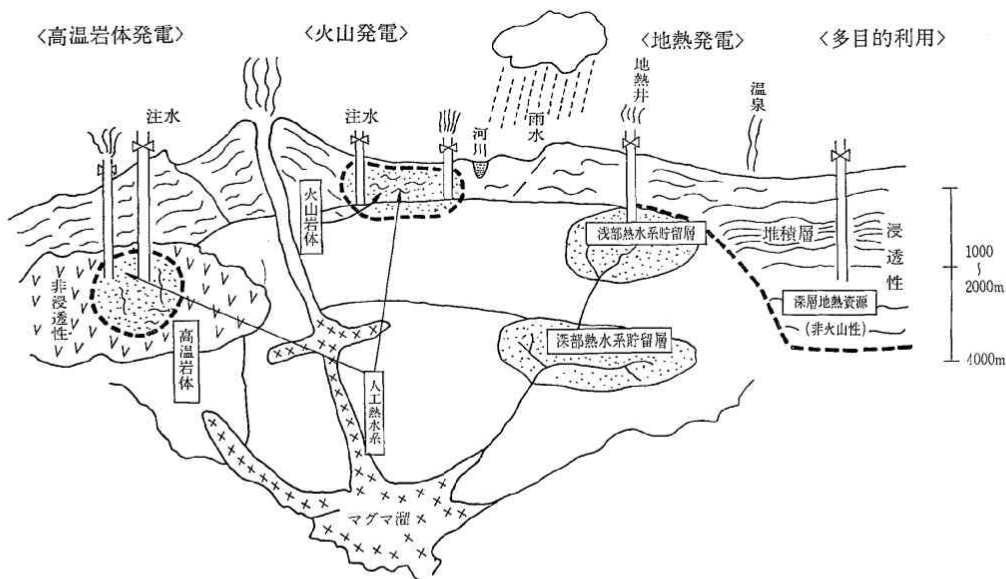


図1 地熱エネルギー利用体系図

源である。今後大量に利用しうる可能性を有し、しかも技術開発の推進によりさらに探査技術の精度向上、利用技術の進歩等が図られればその利用可能量も大幅に増大するものと予想される。

このような地熱エネルギーの賦存量は、比較的浅い地下に存在するいわゆる浅部熱水系だけでも1億kW以上の発電規模に相当するものがあると推算され、図1に模式的に表わされるような深部熱水系、高温岩体、高温熱水等を総合すれば膨大な賦存量が見込まれる。

第二に、多目的利用を含め、地域社会に多大なメリットをもたらすエネルギーであること。

現在の地熱エネルギーの利用形態は主に発電を主体としたものであるが、発電所周辺地域に対して熱水を供給することにより、施設園芸、地域暖房、給湯、消雪といった多目的利用が可能で、これらはとくに地元の福祉と産業の発展に大きく貢献するものである。

発電自体をとっても、地熱発電所の単一ユ

ニットは火力、原子力に比べて小さいものの、一地域で十万kW～数十万kW程度の発電は決して不可能ではなく、地方のエネルギー供給にとっては非常に大きな供給力となる。

したがって発電と多目的利用を組み合わせた地熱エネルギーの効率的な利用は、いわゆるローカルエネルギーとして極めて有効なものとなる。

第三に、長期的にみて低廉なエネルギーであること。

地熱の開発利用に伴うイニシャルコストは探査というリスクの大きな資本投下が必要な上、生産還元井の掘削、プラント建設等も多大な投資が必要となることから、かなり巨額となる。その反面、燃料代が不用なため長期的には固定費負担が漸減し、コスト自体が低減することとなる。

したがって、今後の石油価格の上昇傾向等を考慮すれば将来的にもますますコスト面で有利なものとなることが予想される。

このように地熱エネルギーは新エネルギー

表1 長期エネルギー需給暫定見通し（昭和54年8月31日総合エネルギー調査会需給部会）

| 年度                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |         | 52年度（実績）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |        | 60年度      |        | 65年度                 |        | 70年度                 |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| 項目                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |           |        |                      |        |                      |        |
| 省エネルギー前の需要                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 省エネルギー率 | 4.12億kl                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |        | 6.62億kl   |        | 8.22億kl              |        | 9.73億kl              |        |
| 省エネルギー率                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        | 12.1%     |        | 14.8%                |        | 17.1%                |        |
| 省エネルギー後の需要                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        | 5.82億kl   |        | 7.00億kl              |        | 8.07億kl              |        |
| 区分                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |         | 実数                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 構成比（%） | 実数        | 構成比（%） | 実数                   | 構成比（%） | 実数                   | 構成比（%） |
| エネルギー別                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |           |        |                      |        |                      |        |
| 水力                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 一般水力    | 1,810万KW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 4.8    | 2,200万KW  | 4.7    | 2,600万KW             | 4.6    | 3,000万KW             | 4.6    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 揚水      | 805万KW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        | 1,950万KW  |        | 2,700万KW             |        | 3,350万KW             |        |
| 地熱                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |         | 15万kl                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0.0    | 220万kl    | 0.4    | 730万kl               | 1.0    | 1,420万kl             | 1.8    |
| 国内石油・天然ガス                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |         | 379万kl                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.9    | 800万kl    | 1.4    | 950万kl               | 1.4    | 1,400万kl             | 1.7    |
| 国内石炭                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |         | 1,972万t                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 3.2    | 2,000万t   | 2.5    | 2,000万t              | 2.0    | 2,000万t              | 1.8    |
| 原子力                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |         | 800万KW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2.0    | 3,000万KW  | 6.7    | 5,300万KW             | 10.9   | 7,800万KW             | 14.3   |
| 海外石炭                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |         | 5,829万t                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 11.6   | 10,100万t  | 13.6   | 14,350万t             | 15.6   | 17,800万t             | 16.5   |
| 〔うち、一般炭〕                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |         | 〔95万t〕                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        | 〔2,200万t〕 |        | 〔5,350万t〕            |        | 〔8,050万t〕            |        |
| L N G                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |         | 839万t                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2.9    | 2,900万t   | 7.2    | 4,500万t              | 9.0    | 5,000万t              | 8.7    |
| 新燃料油、新エネルギー、その他                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         | 31万kl                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0.1    | 520万kl    | 0.9    | 3,850万kl             | 5.5    | 6,100万kl             | 7.6    |
| 小計                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |         | 1.05億kl                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 25.5   | 2.16億kl   | 37.1   | 3.50億kl              | 50.0   | 4.59億kl              | 56.9   |
| 輸入石油                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |         | 3.07億kl                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 74.5   | 3.66億kl   | 62.9   | 3.66億kl<br>(3.50億kl) | 50.0   | 3.66億kl<br>(3.48億kl) | 43.1   |
| 〔うち、L P G〕                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |         | 〔739万t〕                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |        | 〔2,000万t〕 |        | 〔2,600万t〕            |        | 〔3,300万t〕            |        |
| 供給合計                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |         | 4.12億kl                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 100.0  | 5.82億kl   | 100.0  | 7.16億kl<br>(7.00億kl) | 100.0  | 8.25億kl<br>(8.07億kl) | 100.0  |
| 供給－需要                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |         | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |        | —         |        | 1,600万kl(—)          |        | 1,800万kl(—)          |        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         | 昭和60年度における輸入石油に係る需要は、民間の最大限の努力と理解のもとに政府の代替エネルギー開発施策等の重点的かつ計画的遂行を行うことにより、3.66億kl程度とすることが可能であるが、それは最小限確保すべき必要量である。昭和65年度及び昭和70年度においては、エネルギーの安定供給確保の観点から、昭和60年度と同程度の供給を確保することが望まれる。なお、両年度については官民の最大限の努力と協力により、それぞれ輸入石油に係る需要量を3.5億kl程度及び3.48億kl程度とすることを目標とするものであるが、その場合において生じる1,600万kl及び1,800万klは、将来の需給両面における不確実性を考慮し、供給の予備とすることが適当である。 |        |           |        |                      |        |                      |        |
| 注） 1. この見通しは、民間の最大限の努力と理解のもとに政府の代替エネルギー開発施策等の重点的かつ計画的遂行を前提とした場合のエネルギー需給見通しを示したものである。<br>2. 石油換算は9,400 kcal/ℓによる。<br>また、省エネルギー率は、昭和48年度を基準としている。<br>3. 地熱のうち、地熱発電は、52年度8万KW、60年度100万KW、65年度350万KW、70年度700万KWである。<br>4. 石炭には、石炭・石油混合燃料、低カロリーガス化等に利用される石炭を含む。<br>5. 新燃料油、新エネルギーその他には、石炭液化油、オイルサンド油、オイルシェール油、アルコール燃料、太陽エネルギー新炭等を含む。<br>6. 石油備蓄については、この需給見通しは考慮していない。<br>7. 昭和65年度及び70年度の輸入石油の供給合計に対する構成比は、( )内の輸入石油量に基づいて算出したものである。<br>8. サンシャイン計画によるエネルギー供給量は、昭和65年度約5%、昭和70年度約7%である。<br>9. 各欄の合計は四捨五入の関係で合計欄の数字に一致しないことがある。<br>10. この見通しの各数値については、今後、各種政策等の検討を加えることにより、異動することがある。 |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |           |        |                      |        |                      |        |

表2 諸外国の地熱発電所

昭和54年11月現在

| 国 名      | 地 区                                                                                      | 既設発電所出力(千KW) | 建設中又は計画中(千KW)       |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------|
| イ タ リ ア  | ラルデレロ                                                                                    | 189.0        | モンテアマータ 25.0        |
|          | セラツァーノ                                                                                   | 47.0         |                     |
|          | ラゴ                                                                                       | 33.5         |                     |
|          | カステル・ヌオボ                                                                                 | 50.0         |                     |
|          | その他の合計                                                                                   | 98.1         |                     |
|          |                                                                                          | 417.6        | 25.0                |
| 日 本      | 松川                                                                                       | 22.0         | 森 50.0              |
|          | 大岳                                                                                       | 12.5         |                     |
|          | 沼尻                                                                                       | 10.0         |                     |
|          | 鬼首                                                                                       | 12.5         |                     |
|          | 八丁原                                                                                      | 50.0         |                     |
|          | 葛根田                                                                                      | 50.0         |                     |
|          | 合計                                                                                       | 157.0        | 50.0                |
| ニュージーランド | ワイラケイ                                                                                    | 192.6        | ブロードランド 150.0       |
|          | カエラウ                                                                                     | 10.0         |                     |
|          | 合計                                                                                       | 202.6        | 150.0               |
| メ キ シ コ  | セロブリエート                                                                                  | 150.0        | セロブリエート 250.0       |
|          | 合計                                                                                       | 150.0        |                     |
| ア メ リ カ  | ガイザー                                                                                     | 633.0        | ガイザー 1,145.0        |
|          |                                                                                          |              | ヒバ 50.0             |
|          |                                                                                          |              | バトルマウンテン 10.0       |
|          |                                                                                          |              | グローリー 100.0         |
|          | 合計                                                                                       | 633.0        | 1,305.0             |
| アイスランド   | ナマハフル                                                                                    | 3.0          | ヘンギール 70.0          |
|          | クラフラ                                                                                     | 60.0         |                     |
|          | 合計                                                                                       | 63.0         | 70.0                |
| フ ラ ン ス  |                                                                                          |              | グアダループ(西印度諸島) 30.0  |
| ケ ニ ア    |                                                                                          |              | ナイロビ 15.0           |
| ソ 連      | バウジェック                                                                                   | 5.0          | (パイナリー) バウジェック 75.0 |
|          | パラトンカ                                                                                    | 0.7          |                     |
|          | 合計                                                                                       | 5.7          |                     |
|          |                                                                                          |              | クナシリ 6.0            |
|          |                                                                                          |              | アバンチンスカヤ 30.0       |
|          |                                                                                          |              | 131.0               |
| 台 湾      |                                                                                          |              | 馬槽 10.0             |
| イ ン ド    |                                                                                          |              | ルツガバレー 50.0         |
| インドネシア   | 合計                                                                                       |              | カモヤン 30.0           |
|          |                                                                                          |              | デイエイ 5.0            |
|          |                                                                                          |              | 35.0                |
| フィリッピン   | トンゴナン                                                                                    | 3.0          | ロスバニヨス 110.0        |
|          | ロスバニヨス                                                                                   | 110.0        |                     |
|          | テイウイ                                                                                     | 110.0        |                     |
|          | 合計                                                                                       | 223.0        |                     |
|          |                                                                                          |              | 220.0               |
|          |                                                                                          |              | 330.0               |
| ニカラグア    |                                                                                          |              | モモトンボ 35.0          |
| エルサルバドル  | アウアチャバン                                                                                  | 61.3         | アウアチャバン 35.0        |
| チ リ ー    |                                                                                          |              | エルタテイオ 30.0         |
| トルコ      | ギジルデア                                                                                    |              | 150.0               |
| セントルシア   |                                                                                          |              | 5.0                 |
| 合 計      |                                                                                          | 1,911.7      | 2,706.0             |
| その他      | ギリシア、エチオピア、ユーゴスラビア、中国、パナマ、ペルー、グアテマラ、コスタリカ、コロンビア等において探査中である。<br>(通商産業省、資源エネルギー庁・公益事業部火力課) |              |                     |

の中でも多くのメリットをもち、質的にも量的にもすぐれたエネルギーといえよう。

### 3. 地熱エネルギーの開発目標

通商産業大臣の諮問機関である総合エネルギー調査会需給部会が、先般取りまとめたわが国における「長期エネルギー需給暫定見通し」においては、地熱エネルギーの開発目標を昭和60年度220万kℓ(石油換算、以下同じ)、昭和65年度730万kℓ、昭和70年度1420万kℓとしている。この目標値からもわかるように地熱エネルギーの開発利用は60年代から70年にかけて飛躍的に拡大する見通しが立てられている。

この見通しについて供給分野別にみると、大部分が発電によるもので、その各年度の規模は、昭和60年度100万kW、65年度350万kW、70年度700万kWとなっており、前記石油換算開発目標値との差が多目的利用となってい

る。

現在のわが国における地熱発電所は、葛根田、松川、八丁原等6カ所が稼働しており、合計出力は約16万kWである。(表2参照)これに付随した熱水の多目的利用を考え合わせても地熱エネルギー供給は石油換算約30万kℓ程度に過ぎない。したがって開発目標達成のためには官民あげての開発利用促進への積極的な努力が必要である。すなわち、開発利用促進のための国の施策、産業体制等を含めた体制の整備が必要ばかりでなく、地熱エネルギーに係る技術開発の推進が不可欠である。

### 4. 技術開発の現状

これまでのわが国の地熱発電所はいずれも地下1,000~2,000mの浅部の地層中に貯留される蒸気を利用するものである。これに対し、さらに地下深部の3,000~4,000mの深部

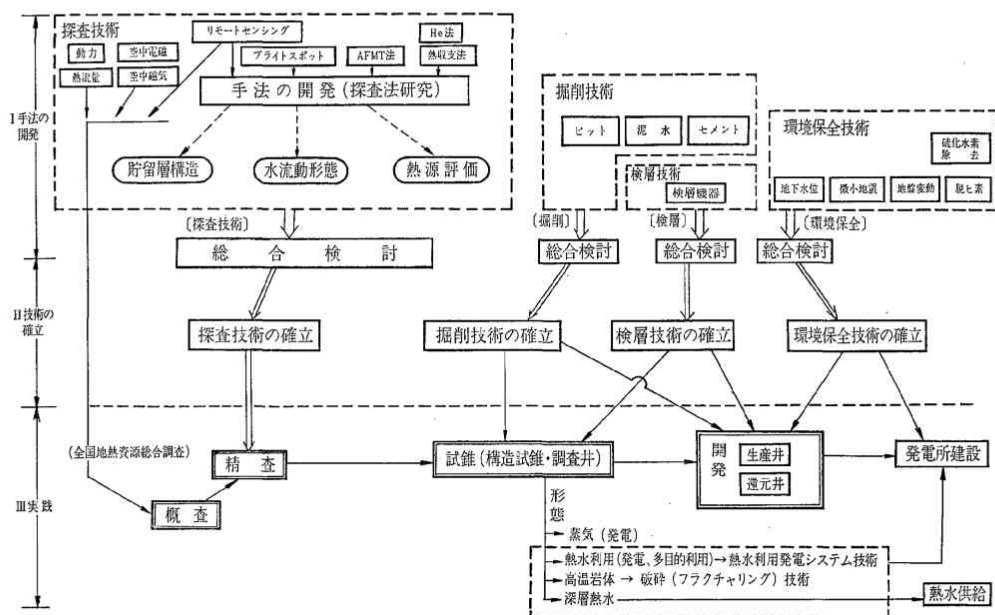


図2 地熱技術開発体系図

蒸気を利用した深部地熱発電は、包蔵量的にも膨大な量が見込まれるばかりでなく、一地点当りの発電出力も現在の浅部発電が1～5万kW程度であるのに対して10～25万kW程度の大規模なものが期待できる。

このような大規模深部発電の開発を促進することは、地熱エネルギー供給の飛躍的な増大をもたらすものとして極めてその意義が大きい。

したがって、地熱エネルギー開発利用の大規模化、深部化を促進するためには環境保全技術の早期確立に加えて、とくに、探査掘削技術等の確立が必要であり、このためサンシャイン計画においてはこれらについて昭和49年度来その技術開発に努めているところである。(図2参照)

#### (1) 探査技術

地熱エネルギーの探査技術は、地熱資源の賦存状況を精確に把握し、開発の可能性を明確にするために必要な情報を得るものであり、探査技術が十分でないと地熱開発には常にリスクが伴い、開発利用までの計画的な事業の遂行が阻害される原因となる。したがって地熱探査技術の確立は、今後の地熱エネルギーの最適な開発を行うために極めて重要なものである。

地熱探査技術は、地下資源の探査という点で石油天然ガス探査や金属資源探査と同様のものであるが、それらに比べて歴史が浅く、今だ定形的なものとなっていないのが現状である。また、地熱エネルギーは、貯留層と呼ばれる、いわば器のようなものの中に絶えず外から水と熱の補給を受けて生成しているものであり、このため探査自体も把握すべき要素が多くむずかしい点が多い。

このような地熱探査技術は地質学、地球物理学及び地球化学を応用した多様な手法によって行われ、他の資源探査の地熱資源への応用、改良的なものが大部分であるが、放熱量調査、熱流量調査等の熱源の評価を目的とした地熱特有の探査手法もある。

現在までの技術開発状況としては、地質調査、変質帯調査、人工衛星(ランドサット)データ解析、空中磁気探査、重力探査等主な手法だけでも20種類以上の手法があり、これら各手法については、既に実用化され確立した手法といえるものから未だ研究の段階にあってその有効性が検討されているものまで多岐にわたっている。いずれにしても広域かつ深部にわたる地熱資源の賦存状況を、貯留層の拡がり、形状、熱的構造、水流動の形態等から総合的に把握する手法の確立が不可欠である。

以上のような観点からサンシャイン計画においては探査技術の研究開発として地熱地域の熱水系のメカニズムの解明を行う研究、及び地熱新探査手段の開発研究を行っている。前者においては、地熱資源の賦存の要素ともいべき①貯留層構造、②熱源、③水流動形態について解明を行うものであり、これまでに比較的情報データの多い浅部熱水系についてはある程度研究が進んでいるものの、深部熱水系については未知といってよい。

また後者の研究テーマにおいては、AFMT法、ブライツスポット法、リモートセンシング法等の新探査手法を中心に地熱探査への適用性を高めるための研究を進めている。これらの手法については前述のように石油探査等で開発されたものであり、地熱資源探査への有効性向上の面からの技術の改良、解析手

法の確立等のための研究が実施されている。

### (2) 採取技術

地熱エネルギーの採取技術としては掘削技術、坑井内測定技術、破碎技術等があげられる。

地熱井の掘削技術は、探査技術と同様石油天然ガス井の掘削技術が適用されているが、地熱地帯の地層は極めて高温であるばかりでなく、石油天然ガスの賦存する堆積地層と違って火山地帯が多いために固い火山岩等の効率的な掘削が要求される。

掘削技術に関してはこれまでに、浅部地熱に対してはほとんど問題なく掘削ができる技術が確立しているものの、深部開発に必要な極めて高温の地層に対する掘削には未だ多くの問題が残されている。

このためサンシャイン計画では、大規模深部化に必要な高温地層掘削技術として、300℃～350℃という地下3,000～4,000mの地熱環境下で耐える①掘削泥水、②坑井仕上げのためのセメント、③掘削用ビット等の開発を進めている。

掘削用泥水は高温になると分解してその機能が損われるという問題があり、効率的掘削を行うためには、高温下でも劣化しない泥水が必要となる。

またセメントは高温下では、高温脆性を起し、強度が著しく低下するとともに、シッキングタイムが急激に短くなるため、これらの問題を解決するための高温用セメントの研究を実施している。

掘削用ビットについては、高温高圧条件下での使用に耐え、長寿命のものを開発するために、ビットの材料、刃先、形状等の面から研究を進めている。

次に、坑井内での各種検層機器による測定は、掘削した地下の状況を把握し、貯留層の評価をするために有効な情報を得るものであるが、これらの測定を高温の地熱井内で行なえるように、音波検層機、ES検層機、水中テレビ等各種検層機器の開発、改良を進めてきており、これまでに200℃以上の条件下での測定を可能としている。

地熱エネルギーの採取技術としては、以上に加え、地熱井の生産能力や還元能力を増大するための破碎技術(フラクチャリング技術)がある。

破碎技術は水圧によるいわゆる水圧破碎の方法が地熱でも用いられるが、地熱地帯の地層の破碎特性の解明、破碎に用いるフラク流体の開発、地熱用ホールパッカーの開発などを行っている。

### (3) 環境保全・多目的利用技術

地熱エネルギーの開発利用に伴う環境影響としては、地熱流体中に含有される有害成分等の排出による環境汚染、地熱流体の採取還元に伴う地盤変動、及び発電所等構造物の設置に伴う自然景観への影響などが考えられる。

わが国における地熱発電所では、地熱流体の処理法として、熱水を全量地下還元しておりこのため熱水中のひ素等による問題はないが、熱水をそのまま多目的利用に用いようとすればこのひ素等の処理が必要である。

これまでに、地熱流体の処理法として熱水中のひ素の除去技術についてはほぼ確立している。

また、地熱流体中に含まれる硫化水素については今後の発電規模の拡大に伴いその影響が懸念されるため、硫化水素の除去技術の開

発を実施している。

一方、地熱エネルギーを有効に利用するためには熱水の多目的利用を促進することが必要であるが、この際、熱水輸送のパイプラインや、熱交換器の内面などに付着して障害を起こすスケール問題の解消が必要である。スケールは熱水中のシリカや炭酸塩が析出して付着する現象であり、地下還元を行う場合の還元井の目詰りの原因ともなっている。

このためスケール対策として、スケール付着を防止する技術及び熱水中に溶存するスケール物質を浮上分離等の方法により除去する方法の技術開発を進めている。

以上、地熱探査・採取技術、環境保全・多目的利用技術は、地熱開発利用の大規模化及び深部化の促進をうながすためにその技術開発が不可欠なものとして位置付けられよう。

一方、これら諸技術開発に対して、地熱エネルギーの新利用技術として注目されサンシャイン計画においても、とくに強力に技術開発が推進されているのが、熱水利用発電技術（バイナリーサイクル発電システム及びトータルフロー発電技術）、深層熱水供給システム技術、高温岩体発電技術である。

#### (4) 熱水利用発電技術

浅部熱水系では、地熱蒸気の採取に伴いその4～5倍の量の熱水が噴出される。現在この熱水はほとんど利用されずに地下還元されているが、この熱水を利用して発電を行えば地熱エネルギー利用量の大幅な増大が期待できる。

このような観点から熱水利用発電技術として、バイナリーサイクル発電プラント及びトータルフロー発電プラントの開発を進めている。

バイナリーサイクル発電プラントは、熱水のもつエネルギーを熱交換器を通して低沸点媒体（イソブタン、フロン等）に移し、それを気化してタービンを回し発電するもので、これまでに1,000 kW級パイロットプラント2方式（図3参照）の試験研究を完了している。

また、トータルフロー発電は、熱水と蒸気の両方を同時に用いて発電するもので、サン

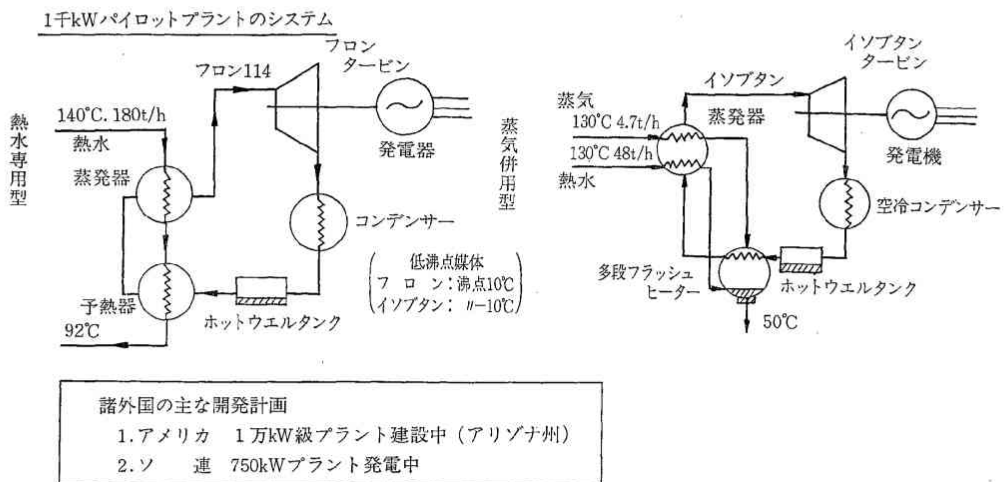


図3 バイナリーサイクル発電技術

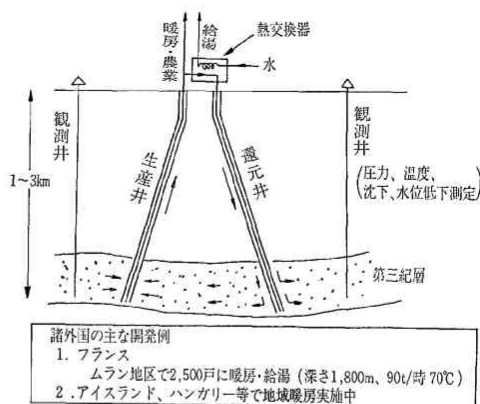


図4 深層熱水利用技術

シャイン計画では二相回転膨張機というロータリーエンジンの原理を応用したトータルフロー発電プラントの開発を進めている。

#### (5) 深層熱水

堆積盆構造の平野部等において、地下深部に地温勾配により温められた熱水の賦存が見込まれる地域がある。このような地域における熱水を深層熱水といい、都市周辺の平野部に大量に賦存が期待できるため利用価値が極めて高い。

このような深層熱水は発電以外の地域暖房施設園芸、養魚、消雪といった多目的利用に適し、既にフランス、ハンガリーなどで大規模な利用が行われている。(図4参照)

しかしながら、わが国での利用には熱水的大量採取による地盤沈下等の環境影響、地下還元による温度低下、坑井間干渉問題等技術的問題点が多く残されており、このため深層熱水利用技術の研究を実施している。

#### (6) 高温岩体発電技術

高温岩体とは、現在利用されている地熱蒸気、熱水という流体が存在せず、極めて高温であるが乾燥した岩体といい、この熱エネルギーを抽出しようとするものである。

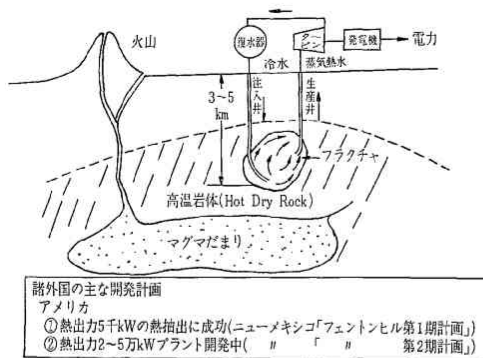


図5 高温岩体発電

高温岩体の賦存が見込まれる場合、この熱を利用するために岩体に人工的に割れ目をつくり、そこに水などの熱媒体を注入し、高温流体として熱エネルギーを回収することとなる。(図5参照)

現在までの技術開発状況は、米国が最も進んでおり、ニューメキシコ州ロスアラモス研究所において人工熱水系の造成に成功し、熱出力5千kWの熱抽出を可能としている。

わが国では人工破砕帯造成の基礎実験を岐阜県焼岳地区で実施するとともに、高温岩体の掘削破砕技術の研究を実施している。

### 5. 技術開発の課題

地熱エネルギー技術は、以上のような技術開発の現状にあり、今後の地熱エネルギー利用量の増大を図っていくためには開発技術の改良、向上にとどまらず、新利用技術の開発などを強力に推進していく必要がある。

このような観点からサンシャイン計画においては地熱エネルギー技術の研究開発が今後さらに加速的に推進される方向にあり、その技術開発の課題は以下のとおりである。

#### (1) 探査技術

地熱探査技術の各手法の精度を向上するこ

とは当然のことであるが、とくに重要なのは各種探査手法の有効な組合わせ、すなわち探査のシステム化である。さらに、システム化された探査により得られる種々のデータを総合解析し、地熱貯留層、賦存量を定量的に把握する総合評価技術の確立が極めて重要である。

地熱エネルギーの開発利用を大規模かつ深部にまで拡大していくためには、このような地熱探査技術の確立が不可欠であり、それは開発へのリスクの回避ということに大きく寄与するものとなる。

## (2) 採取技術

掘削技術については、開発対象が深部となることにより加速度的に困難さが増大する。

この問題に対処するためには、掘削用泥水、ビット、セメント等の耐熱性を向上させるだけでなく、新たな掘削方式の検討も必要である。

現在のトリコーンビットを主体とした掘削方式に代わるものとしてソリッドビットの適用、超高温ドリルヘッドにより岩石を溶かす熔融掘削方式等が研究段階であるが、いずれも未だ多くの技術的問題点を残しており今後の研究開発の継続が必要である。

これらを通じて地熱地域に適した効率的、経済的、かつ、環境影響の少ない掘削システムの開発が急務である。

坑井内測定技術については、検層機器の耐熱、耐圧性を向上させることがまず第一の課題であり、加えて、これら各種検層データを総合解析し、貯留層を評価する手法の開発が必要である。

## (3) 環境保全・多目的利用技術

硫化水素除去技術、スケール付着防止技術

等地熱流体処理技術の確立が当面の研究開発目標である。

さらに、地熱開発を促進していくためには掘削工法の改良、地上構造物の小型化等により、自然景観の保全が工夫される必要がある。

また、地下還元による熱水の挙動、地盤への影響などの機構を解明することも重要な課題である。

## (4) 熱水利用発電技術

バイナリーサイクル発電技術については1,000kW級パイロットプラントの成果を踏まえ1万～2万kW級の実用規模プラントへの拡大を図っていくことが必要である。そのためには、要素技術として、熱交換器の性能向上、より効率のよい低沸点媒体の開発、プラント材料の開発等大型化への研究開発を進める必要がある。

トータルフロー発電技術は将来的には小規模な内部動力等への活用が可能で、要素研究の推進、プラントの効率向上等が必要である。

## (5) 深層熱水

深層熱水供給システムは、とくに平野部で都市周辺の熱需要の多い地域での利用が効果的であり、このため研究開発の中心課題は地盤沈下防止への対応であり、そのような地域環境条件を十分考慮した地下フローシステムの開発が必要である。これに地上の利用システムが結合され最適な深層熱水供給システムが確立されることが望ましい。

深層熱水はその性格から、石油代替性が高く、効率的利用技術の早期確立が必要である。

## (6) 高温岩体発電技術

高温岩体発電技術は、深層熱水利用技術、熱水利用技術等の新技術のなかでも特に実用

化までに長期を要するものであり、このためその研究開発にあたっては長期的視野に立った取り組みが必要である。

この分野では前述のように米国がとくに進んでおり、既に人工熱水系の造成に成功していることからわが国としても、積極的に米国の先進技術の吸収を図ることが高温岩体発電技術の確立のために必要である。

このため研究開発の方向としては日米間の研究協力の推進等国際協力に基づいた研究開発の推進が適当であろう。

以上、簡略ながら地熱エネルギーの開発促進のための課題について技術的観点から述べ

て来たが、これらの技術開発と相まって地熱開発を取り巻く体制の整備が必要なことは論を待たないところである。

今後ともサンシャイン計画においては上記技術開発の課題を達成することを目標に、ますます強力に地熱エネルギー技術開発が推進されるものであるが、エネルギー事情が急速に悪化する現況下にあっては、地熱エネルギー開発へのさらに広範な取組みが切望されるものである。

(かわぐち ゆきお 通産省工業技術院サンシャイン計画推進本部)

# 国産新エネルギー開発の展望と課題： 太陽エネルギー

並 河 良 一

## 1. サンシャイン計画の加速的推進戦略

周知のように、昭和54年8月31日、「長期エネルギー需給見通し」が総合エネルギー調査会需給部会により中間報告の形でまとめられ、公表された。同見通しは、エネルギー全体の需給バランスにおけるサンシャイン計画によるエネルギー供給量について、技術的可能性はもとより経済性、立地条件その他の制約条件をも十分考慮した上で、1990年（昭和65年）時点で、全エネルギー供給量の4.8%（石油換算3330万kℓ）、同じく1995年（昭和70年）時点で、7.1%（同5710万kℓ）と見込んでいる。この供給見通しを実現するため、昭和54年11月には、「サンシャイン計画の加速的推進戦略」と題する中間報告が産業技術審議会新エネルギー開発部会によりまとめられた。同中間報告はサンシャイン計画の重点的加速を実現するために、①代替エネルギー公団（仮称）の創設、②長期的資金の確保（昭和55～65年の11年間に、2兆4000億円）、③国際協力の推進、④サンシャイン計画の法制化の必要性を述べるとともに、各プロジェクトごとに具体的な開発目標を定めている。

太陽エネルギーは、これら報告においても期待するところが大きく、そのエネルギー供

表 1. 太陽エネルギー供給見通し  
（石油換算）

（総合エネルギー調査会需給  
部会中間報告54. 8.31より）

|              | 昭和60年  | 昭和65年  | 昭和70年   |
|--------------|--------|--------|---------|
| 太陽熱冷暖房給湯システム | 210万kℓ | 520万kℓ | 670万kℓ  |
| 太陽光発電        | tr     | 130万kℓ | 320万kℓ  |
| 太陽熱発電        | —      | tr     | 30万kℓ   |
| 計            | 210万kℓ | 650万kℓ | 1020万kℓ |

給は1985年（昭和60年）時点で、石油換算210万kℓ、1990年（昭和65年）時点で、同650万kℓ、1995年（昭和70年）時点で、同1020万kℓがそれぞれ見込まれている。（表1参照）

## 2. 太陽熱エネルギー技術の概要

太陽エネルギーは地球的時間で考えれば無尽蔵といってもよく、その供給量は日本だけをとってみても3日半の日射エネルギーが現在の年間消費エネルギー量に匹敵する膨大なものである。さらに、太陽エネルギーの利用そのものは、排出物質、熱排出を伴わないため環境バランスに対するインパクトがなく、無公害型エネルギーといってよい。このような優れたエネルギーでありながら今まで積極的利用がなされてこなかったのは次のよう

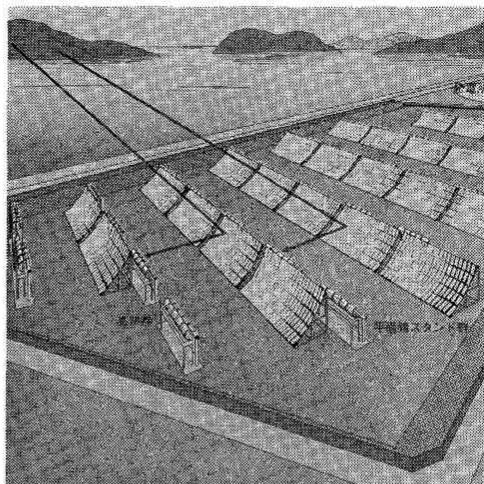


図1 曲面集光方式太陽熱発電システム

な弱点を有するからである。その第一は、エネルギー密度が夏場の晴天時でも  $1\text{ kW/m}^2$  程度と小さく、変換効率を考えると広大な面積が必要とされることである。その第二は、日射量が、季節、時間、天候により変化するため、安定したエネルギー供給を得ることが容易ではない点である。サンシャイン計画では、研究開発を通じ、これら弱点を克服し、太陽エネルギーに対する期待に答えるべく努力している。サンシャイン計画における太陽エネルギー技術の研究開発は大きく3つのテーマに分かれている。すなわち、太陽熱発電、太陽光発電、太陽熱冷暖房給湯システム（いわゆるソーラーハウス）である。

#### (1) 太陽熱発電

太陽熱発電とは、低密度の太陽エネルギーを集光することにより高密度化し、高温蒸気を作り、これによりタービンを回し発電するシステムである。システムは大きく4つの部分に分けられる。つまり、①太陽エネルギーを集光し高温蒸気を得る「集熱部」、②高温蒸気の形で得られた熱エネルギーを集熱部か

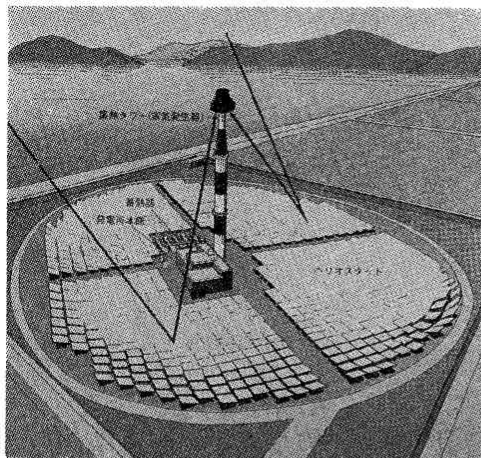


図2 タワー集光方式太陽熱発電システム

ら発電部へ伝える「熱伝達部」、③日射量の変化に対応し安定運転を確保するため熱エネルギーを貯える「蓄熱部」、④高温蒸気でタービンを回し発電する「発電部」の4つの部分である。太陽熱発電には集光集熱方法により種々の方式があるが、サンシャイン計画では曲面集光方式とタワー集光方式の2方式を開発している。曲面集光方式とは図1に示すように、太陽光を平面反射鏡で反射し曲面鏡（シリンドリカル・パラボラ鏡）に集光し、さらにその曲面鏡により反射し、曲面鏡の焦点（ライン・フォーカス）に集光し高温蒸気を得る方式である。タワー集光方式とは図2に示すように、太陽光をヘリオスタットと呼ばれる平面反射鏡で反射し、ヘリオスタット群の中心に位置するタワーの頂上の集熱器に集光し、高温蒸気を得る方式である。

#### (2) 太陽光発電

太陽光発電とは、太陽電池により太陽光エネルギーを直接直流電力に変換し、交流に変えて利用するものである。太陽電池とは図3に示すようにP型半導体とn型半導体を接合したものである。太陽電池は、エネルギー供

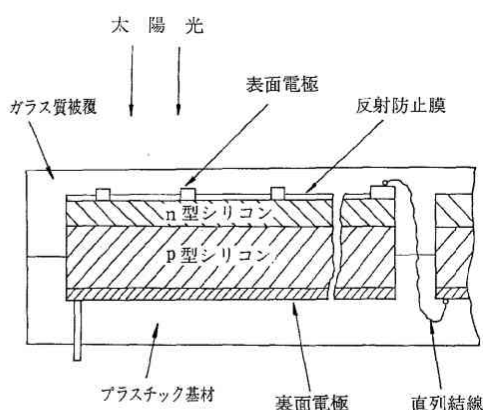


図3 太陽電池パネル断面図

給面において、①システムが単純で回転部分等の機械的可動部分がほとんどなく、メンテナンスフリーである、②熱発生や環境排出物がなく環境上好ましい、③モジュール構成をとるため、需要や地形にあわせて任意の規模の設計ができる、④必要な場所で発電し、その場で利用できる送電線フリーのオンサイトジェネレーションである等のすぐれた特性を有しており、既に、宇宙衛星の電源用、一部の灯台や僻地の通信電源に用いられている。

しかし現在までのところ価格が数千円/Wと非常に高いため汎用用途には使用されていないため、サンシャイン計画では、太陽電池の価格を研究開発着手時（昭和49年）の100分の1に下げることが目標に、研究開発を進めている。

### (3) 太陽熱冷暖房給湯システム

太陽熱冷暖房及び給湯システムは太陽光を集熱器（コレクター）で吸収し、温水（100℃程度）を作り、その熱で給湯、暖房、冷房を行おうとするものである。図4にシステム図を示す。

## 3. 太陽エネルギー技術開発の現状

### (1) 太陽熱発電

太陽熱発電については、先に述べた曲面集光、タワー集光の2方式について基礎研究、要素機器に係る開発研究、パイロットプラントの建設を有機的に結合して実施している。パイロットプラントについては、2方式各1000kWのプラントを香川県仁尾町において建設

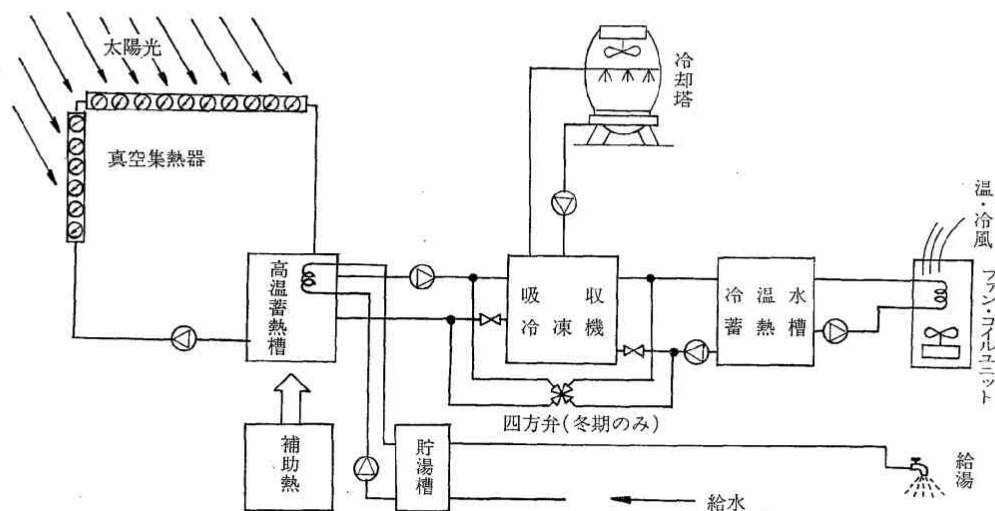


図4 太陽熱冷暖房給湯システム

中であり、昭和55年度末建設完了が見込まれている。その仕様は、①目標出力は、曲面集光方式は春分の14時、タワー集光方式は夏至の14時において日射強度 $0.75\text{kW/m}^2$ の場合に各 $1,000\text{kW}$ 、②蓄熱容量は各 $1,000\text{kW}$ 、3時間分、③運転制御方式は計算機制御で自動運転、④集光系については、曲面集光方式については、 $3.0\text{m} \times 1.5\text{m}$ の平面鏡100枚を1ユニットとし、25ユニット、タワー集光方式については、 $4.0\text{m} \times 4.0\text{m}$ の平面鏡を有するヘリオスタットを807基、⑤集熱系については、曲面集光方式については高さ $3.8\text{m} \times$ 幅 $3.6\text{m}$ の平面鏡5枚を1ユニットとして、25ユニット、タワー集光方式については、高さ60mの集熱タワー1基、また、⑥2方式合わせた敷地面積は $100,000\text{m}^2$ 、等となっている。研究開発スケジュールは、昭和52年度までに基本詳細設計を終了し、昭和53年度は製作設計を実施した他、現地（仁尾町）において基礎工事を実施した。昭和54年度には、前年度の製作設計に基づき、主要機の製作を行っている。また、現地（仁尾町）においては、前年に引き続き、プラント基礎工事を継続する他、タワーの据付、発電所建屋の建設等を実施している。昭和55年度には、残る機器の製作を行い、現地据付を完了する。さらに56年度以降は、試運転、調整運転を経て、2～3年程度の運転研究を行うこととしている。

## (2) 太陽光発電

太陽光発電については、①太陽電池の製造の各工程について、コストの大幅値下をもたらす技術開発を行う他、②太陽電池を用いた発電システムの研究開発を行っている。①の太陽電池の製造工程は、(i)原料シリコン精製、(ii)太陽電池セルの製造、(iii)太陽電池

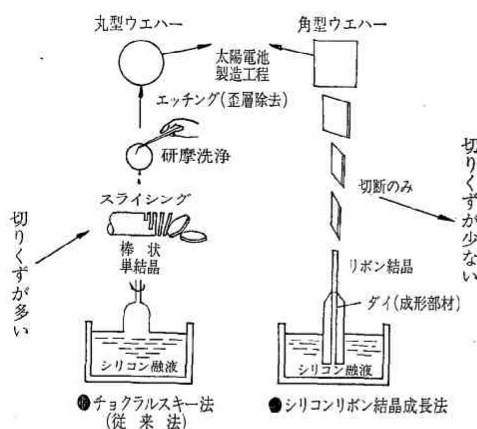


図5 従来のシリコン単結晶製法とシリコンリボン結晶成長法の比較

パネルの製造の各工程に大きく分けられる。(ii)の太陽電池セルの製造工程については、シリコンのロスが多い従来法（CZ法＝チョクラルスキー法）に代わるリボン結晶法、薄膜結晶法の開発を行っている（図5参照）。リボン結晶法としては、シリコン融液から、リボン結晶を垂直に引き上げる縦引きリボン結晶法とシリコン融液の表面から横にリボン結晶を引き出す横引きリボン結晶法の研究開発を行っている。薄膜結晶法としては、各種基板上に気相化学反応（CVD法）によりシリコン薄膜を形成する粒子非加速成長形シリコン薄膜結晶法と各種基板上にイオンプレーティング法でシリコン薄膜を形成する粒子加速成長形シリコン薄膜結晶法の研究開発を行っている。その他Ⅱ-VI族化合物半導体太陽電池の開発、アモルファス太陽電池に関する基礎研究を実施している。(iii)の太陽電池パネル製造工程については、結合形成、電極形成、反射防止膜被覆、パッケージングを通じて、連続、低廉な製造技術の確立のための研究開発を行っている。(i)の原料シリコン精製についても低廉、大量に生産する技術について

研究開発を行っている。さらに②の太陽光発電システムの研究開発として、システム化した場合の問題点を検討するため 3kW 規模での研究開発を実施している。また、新型の太陽電池として、円型フレネルレンズを用いた集光型太陽電池（出力 500W）を完成した。

### (3) 太陽熱冷暖房給湯システム

太陽熱冷暖房給湯システムについては、①システムを構成する要素技術の開発、②システムの研究開発を行うためのデモンストレーションシステムの建設、運転研究を行っている。①の要素技術としては、システム効率を上げ、冷房をも可能にする高温水(90℃以上)を作る集熱器(コレクター)の開発を中心に実施してきた。材料としては、合成樹脂系材料、ガラス系材料、金属系材料につき、それぞれ選択透過膜、選択吸収膜形成、耐候性等の研究開発を行っており、好結果を得ている。また蓄熱技術に関する基礎研究も実施している。②のシステム研究開発としては、既存個人住宅用システム(神奈川県綾瀬町)、新築個人住宅用システム(大阪府枚方市)、集合住宅用システム(東京都調布市)、大型建築物用システム(大分県大分市)の4種類のデモンストレーションプラントを建設し、現在運転研究を実施している。太陽熱冷暖房給湯システムは、コスト的にはさらに検討の余地が残っている

表 2. ソーラーシステム施工実績

(昭和50年～54年 6月)

((財)ソーラーシステム振興協会調べ)

|           | 件 数   |
|-----------|-------|
| 戸 建 住 宅   | 2,365 |
| 共 同 住 宅   | 25    |
| 民 生・業 務 用 | 274   |
| 産 業 用     | 21    |
| 公 共 用     | 109   |
| 合 計       | 2,794 |

が、これら研究開発を通じ、技術的にはほぼ確立のめどがついたといわれている。現在既に全国で3000件近いソーラーハウスが建てられているが、今後はさらに次の課題と展望の項で述べる普及のための施策が必要である。(表2参照)

## 4. 太陽エネルギー開発の課題と展望

総合エネルギー調査会需給部会「長期エネルギー需給見通し」は表1に示すように各プロジェクトごとのエネルギー供給見通しを示したが、これを達成するために、産業技術審議会新エネルギー部会は各プロジェクト各テーマごとに加速的推進計画を具体的に定めた。太陽エネルギーの加速的推進計画は表3に示すとおりである。

表 3. 太陽エネルギー開発の加速的推進計画

(産業技術審議会新エネルギー部会「サンシャイン計画の加速的推進戦略」より)

|             |                          |             |  |    |    |               |    |    |    | C- - - - -<br>要求研究、<br>設計 |                 |          |    | 建設 |    |         |    | 運転研究 |    |    |    | パイロットプラント |    |    |    | デモンストレーションプラント又はパイオニアプラント |          |                      |  | 実用化1号プラント |           |  |  |
|-------------|--------------------------|-------------|--|----|----|---------------|----|----|----|---------------------------|-----------------|----------|----|----|----|---------|----|------|----|----|----|-----------|----|----|----|---------------------------|----------|----------------------|--|-----------|-----------|--|--|
| プロジェクト      |                          | 昭和年度        |  | 49 | 50 | 51            | 52 | 53 | 54 | 55                        | 56              | 57       | 58 | 59 | 60 | 61      | 62 | 63   | 64 | 65 | 66 | 67        | 68 | 69 | 70 |                           |          |                      |  |           |           |  |  |
| 太陽<br>エネルギー | (1)ソーラーハウス<br>(ソーラーシステム) |             |  |    |    | 4集熱ハウス(民生用利用) |    |    |    |                           |                 | 産業用利用    |    |    |    |         |    |      |    |    |    |           |    |    |    |                           |          |                      |  |           |           |  |  |
|             | (2)太陽光<br>発電             | ①利用シ<br>ステム |  |    |    |               |    |    |    |                           | 500kW(住宅、学校、工場) |          |    |    |    |         |    |      |    |    |    |           |    |    |    |                           | 集中発電1万kW |                      |  |           |           |  |  |
|             |                          | ②製造シ<br>ステム |  |    |    |               |    |    |    |                           |                 | 500kWライン |    |    |    | 1千kWライン |    |      |    |    |    |           |    |    |    |                           |          |                      |  |           |           |  |  |
|             | (3)太陽熱発電                 |             |  |    |    |               |    |    |    | 1千kW 2方式                  |                 |          |    |    |    |         |    |      |    |    |    |           |    |    |    |                           |          | 熱・発電複合システム 1千kW～6千kW |  |           | 1万kW～6万kW |  |  |

### (1) 太陽熱発電

太陽熱発電については、現在建設中の1,000kW 2方式のパイロットプラントを昭和55年度末までに完成し、その後の運転研究を通じ、技術的可能性を確認するとともに、所要スペースの効率化、コストの低減、安定的な電力供給のための長期蓄熱技術の開発等を行うこととしている。さらに、300°C程度の高温水を使つての発電を行うとともに、あわせて180°C~110°Cの中温の熱の複合利用を図り、発電と合わせて熱エネルギーの供給をも同時に行う複合システムによるスペース及びエネルギーの効率的使用の可能性を追求する。これらの成果をふまえ、昭和50年代末を目途に1,000kW級の電気出力を有する発電と6,000kW級の熱出力を有する熱エネルギーの供給を同時に行う熱・電気複合システムのパイロットプラントを開発し、より具体的な評価を行うとともに、実用化に向けての経済性の評価及び立地可能性の調査、検討を行う。さらに昭和60年代後半を目途に10,000kWの発電と60,000kWの熱エネルギー供給を行う本格的プラントの開発を図ることが必要である。

### (2) 太陽光発電

太陽光発電については、まず、結晶質の新型太陽電池について、50年代後半を目途に、①実用規模の低コストシリコン精製技術、実

用規模の太陽電池セル、パネル製作技術を開発し、その実験製作、検討を行い、製造技術面におけるコストダウンの可能性を確認するとともに、②電力系統への連係等周辺技術の開発、検討等を推進し、エネルギー供給技術面における安定性、信頼性を確認し、③住宅・学校・工場等に設置したデモンストレーションシステムを開発して、「新型太陽電池」の実用化の可能性を実証する必要がある。

結晶質の太陽電池の開発と平行して、アモルファス(非晶質)太陽電池の開発を促進し、昭和50年代末を目途に、素子面積10cm角、変換効率8~10%程度のアモルファス太陽電池素子生成技術を確立し、アモルファス太陽電池の実用化の可能性を確認し、「新型太陽電池」のなお一層のコストダウンを指向する必要がある。

以上の技術による太陽電池価格(アレー価格)の推移は表4のように見込まれている。

以上の技術開発をもとに、①国によるデモンストレーションプラント、建築物設置の促進、②国による太陽電池の買上げの促進、③税制、金融面の施策の拡充等太陽電池の利用拡大のための条件整備を図ることも、今後の重要な課題である。これらの施策を通じ、昭和50年代末~60年代初めにかけて、新型太陽電池の試験的普及を促進し、昭和60年代前半

表4. 太陽電池価格見通し

(産業技術審議会新エネルギー部会「サンシャイン計画の加速的推進計画」より)

|                       | 昭和49年<br>(1974) | 昭和54年<br>(1979) | 昭和56年<br>(1981) | 昭和57年<br>(1982) | 昭和60年<br>(1985) | 昭和61年<br>(1986) | 昭和63年<br>(1988) | 昭和65年<br>(1990) | 昭和70年<br>(1995) |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 開発量及び<br>コストダウン<br>目標 | 1万円/W           | 5~7<br>千円/W     | 4千円/W           |                 | 400円/W          |                 | 100円/W          | 50円/W<br>300万kW | 30円/W<br>750万kW |
| (参考)<br>アメリカの<br>開発目標 |                 |                 |                 | 400円/W<br>2万kW  |                 | 100円/W<br>50万kW |                 | 40円/W<br>500万kW |                 |

を目的に本格的実用化に努め、昭和65年までに、90万戸程度の住宅（全住宅の3%弱）及び3,000棟程度のビル等（昭和55～65年度の新築ビルの7%程度）への太陽電池の設置を図る。（全体の電気出力は約300万kWとなる。）さらに、昭和70年までに合計210万戸程度の住宅（全住宅の5%程度）及び10,000棟程度のビル等（昭和55～70年度の新築ビルの15%程度）への太陽電池の設置を図る。（全体の電気出力は約750万kWとなる。）

### ③ 太陽熱冷暖房給湯システム

先にも述べたように、太陽熱冷暖房給湯システムについては、特に民生用のそれについては技術的にはほぼ確立のめどがつきつつあり、既に数社が製品として販売中である。しかしコスト的には化石燃料を使用した冷暖房給湯システムに比べて倍以上である。また国民一般になじみが少ない。従って、その普及を促進するために最も必要なことは、利用拡大を可能にする条件整備を図ることであり、このため政策的にコスト低減を図るとともに国民一般への理解を深める必要がある。一方、産業用ソーラーシステムについては、民生用に比べて多様なヒートプロセスを必要とする分野も少なくないので、これらに対応しうる高度なシステムの確立が必要である。

具体的には以下に述べる普及促進を中心とする施策を推進する必要がある。

#### ①利用拡大対策

- (i)モデル事業に対する補助金の交付
  - (ii)税制、金融面の施策の拡充
  - (iii)公共施設への設置促進策の導入
  - (iv)ソーラーシステム性能試験装置の設置
  - (v)優良ソーラーシステム認定制度の創設
- ②技術開発等によるコストダウン等の促進
- (i)機器、材料等の改良
  - (ii)J I S 化の推進
  - (iii)多様なヒートプロセスに対応しうる産業用ソーラーシステムの早期確立

#### ③啓蒙策の抜本的拡大

- (i)学校教育を通じた啓蒙活動
- (ii)モデルソーラーシステムの表彰制度
- (iii)定例展示会開催のための助成等

これら施策を通じ、昭和65年までに全住宅の約20%に相当する約780万戸の住宅、昭和55～60年度の新築ビルの約15%に相当する約6500棟のビル、従業員30人以上の事業所の約30%に相当する約19,000事業所への太陽熱冷暖房給湯システムの設置を図る。さらに、昭和70年までに全住宅の約25%に相当する約1,000万戸の住宅、昭和55～70年度の新築ビルの約20%に相当する12,500棟のビル、従業員30人以上の事業所の約35%に相当する23,000事業所への太陽熱冷暖房給湯システムの設置を図る。

（なみかわ りょういち 通産省工業技術院  
サンシャイン計画推進本部）

# ANS のトピカルミーティング (54年 9 月 開催) に参加して

鳥 飼 欣 一

最近、原子力発電で廃炉対策がクローズアップされてきている。昨年末国について、世界第2の原子力発電国となったわが国でも、放射性廃棄物の処理と並んで、廃炉の処分が重要な問題となってきたわけであるが、原子力発電所の建設の際に廃炉のことを考えて対処する必要が生じ、特にパブリックアプセプタンス上からもいはれ出してきたものである。そこで、通産省は昭和年54度から5カ年計画で廃炉の技術基準の確立を目ざして調査検討を始めることになったが、民間においても、その技術習得をするべく努力が始められている。

このような時期に、米国の廃炉技術の状況の調査団が結成され、原子力規制委員会（NRC）、エネルギー省（DOE）をはじめ廃炉技術開発の主たる機関を訪問し、合せて原子力施設の除染と廃止に関するANSミーティングに出席したので、その状況を述べてみたい。

米国の原子力学会（ANS）が昨、1979年の秋（9月16～20日）開催した原子力施設の除染と廃止（デコミッショニングと昨今は称することが多い）のトピカルミーティングは、この年にはじめて、他の部門から独立して設定された。従来、この分野は、学会のミーティ

ングの際、運転のセッションに入れられていたが、53年に独立のセッションが設けられ、54年には独立のミーティングになったのである。

米国は原子力先進国故に、既に年期のきた原子力施設を多数を有し、既にその解体が実施されたものも可成りあり、豊富な経験と技術を有している。しかし、建設にくらべると地味であり、最近までは米国内でも目立たない存在であった。むしろ、欧州において、近時原子力賛成反対の声の高まるなかで、原子力施設のデコミッショニングが放射性廃棄物処理処分と共に浮び上り、IAEAでは1975年に初のデコミッショニング技術委員会を発足させ、1977年には第2回の委員会を、1978年にはNEAと共催で初のデコミッショニング国際シンポジウムを開催し、250人程度の参加者を集めた。このような状況に加えて、米国でも原子力論議の高まりに刺激されて、デコミッショニングを大きくとり上げることになったものと思はれる。

## 1. ANSのミーティング

開催地サンバレーは日本の軽井沢に相当する避暑地であるためか450人位の参加者があった。勿論、国際会議ではなかったが、諸外

国からも多数の参加があり、我国からも約40人の参加があつて（うち私達訪米調査団員は23人）、なかなかの盛会であつた。参加者の大部分は、会場と隣接するロッジに宿泊し、ゴルフ、スケート、温水プールに乗馬等暇をみては楽しみつつ、熱心に発表と質疑応答が行われた。

会議は、初日の午前には総会があり、午後から、2室にわかれて1つは発電炉の除染、他は燃料サイクルと研究施設の除染とデコミッシングのセッションが開催された。翌日の午前は、前日の午後の続きで、午後は1つは発電炉のデコミッシングで、他は午前の続きであつた。第3日の午前は、1つは放射線管理で、他は発電炉のデコミッシングの経済のセッションであつた。午後は各セッションの司会者による総括報告のパネルがあり、夕方には、スリーマイル・アイランド（TMI）の除染と機能回復についてのパネルが特別に設けられた。発表されたペーパーの数は67であつたが、そのうち、興味あるものをとりあげてみる。

#### (1) 総 会

建設費の8%位がデコミッシングにかかろう。それは、大型炉で30~40百万ドル位であろう。2000年は現在運転中の大型炉70基と建設中の130基が計画も含めてデコミッシングにかかわるであろう。

#### (2) 発電炉の除染

電解研磨の原理を応用した除染法が開発され、複雑な形状のポンプや弁の除染に好適のようである。除染の今後の課題は、1次系の内面、例えば、蒸気発生器等の除染をうまく行うことである。

#### (3) 燃料サイクルと研究施設のデコミッシング

大型機器のデコミッシングの経験を積むこととその研究開発が今後の課題である。

#### (4) 発電炉のデコミッシング

2000年になると、30年ライフの発電炉が40基になる。発電炉は高価であるから、ライフをさらに10~30年延長させる recommissioning を考慮すべきである。

PWR（加圧水炉）の名称の起源である Shipping Port 炉の解体は1982年から始まるが、これが本格的な発電炉の解体の第1歩となろう。なお、コンクリートの解体は、熱をかけること、すなわち、熱応力による方法もある。

#### (5) 放射線管理

加圧水炉の1次系冷却配管にバイパスを設け、本流の0.5%を流し、強い放射能を有するさびを電磁フィルターで除去する方式を、米、仏共に開発し、良好な結果を得た。

#### (6) 発電炉デコミッシングの経済性

原子炉を停止してから、30年程度おいて放射能を減衰させてから解体した方が安価になるとする論と、原子炉停止と同時に解体にかかった方が安価とする論に分かれた。また、解体作業をする上で、放射線を減じて作業コストを安価にする方法として、原子炉の建設の段階から解体し易い設計にしておくこと、ロボットや遠隔操作で解体する方法がある。

デコミッシングの資金は、原子炉の運転中の料金に含める方法をとるにしても、インフレの問題の他に、解体を誰が実施するか色々問題があつて難かしい。

#### (7) 昼食会における講演

フィラデルフィヤ電力副社長ボイヤー氏の

講演は大体次のようであった。「エネルギー法案は成立したが、カーター大統領は高速増殖炉には冷たく、ウランの消費が軽水炉の数十分の一になる高速増殖炉の開発が遅れるのは問題である。また、環境庁（EPA）は某原子力発電所の認可を出したり、取り消したりして、やっ何度目かに認可し、着工を遅らせた。原子力反対者に惑はされることなく、確固たる態度で行政を進めて貰い度い。」

#### (8) 特別行事（TMIの除染と機能回復のパネル）

TMIオペレーターのマネージャであるGPU（ジェネラル・パブリック・コーポレーション）や米国原子力規制委員会（NRC）所属の人々もパネリストに加えパネルが実施された。

TMIの原子炉格納容器の外側の作業をphase-1とし、原子炉格納容器内の作業をphase-2として区分しているが、まだphase-2には手がついていない。

phase-1の除染方法としては、乾式真空法、湿式真空法、電解研磨式除染、ハイドロレーザー、スチームジェット、超音波除染法等各種の方式が使はれており、除染後の表面は、再汚染されにくいように、コーティングされている。液体廃棄物は毎日150～200ガロン発生しているが、TMI全体では、まだ100万ガロンの汚染水がたまっている。なお、除染してきれいになった水のサスケハナ川への放流はベンシルバニア・ランキャスター・グループの訴訟によって、全くやられてない。

phase-2の作業は、ベキテル社が立案している。原子炉格納容器内には水のサンプリングにより100万キュリーの放射能があるものとみられる。

固体の放射性廃棄物は、6000立方呎位であろう。これは低レベル放射性廃棄物埋設地（ワシントン州やサウスカロライナ州等にある）に送られる。既に2回実施し、今後2年間に200回位輸送が必要になろう。

作業者の放射線被曝線量は、大きい人でも150ミリレム程度で、自然放射線（バックグラウンド）と大差はない。

作業のコストは毎月1,000万ドル位かかっている。

最後に本ANSトピカル・ミーティングのプログラム・チェアマンであるR.J.Stouky氏（ニュークLEAR・サービス・コーポレーション）は次の様に結んだ。「すべての除染を終了し、TMIにdecommissioningでなく、recommissioningの日がくることを皆で祈り度い。」

## 2. 各施設の訪問

### (1) アトミック・インターナショナル（ロスアンゼルス）

SRE（ナトリウム冷却実験炉）の解体が進められており、現在は図1に示すように、破線内の部分が解体されている。原子炉も解体され、そこは、大きな穴があいていた。原子炉容器は、それに接続されている配管を切断し、シールをして水を入れ、図2に示すように、水中プラズマ溶断を行ない、容器の上部はカバーをし、容器内の排気をした。配管の切断には、水中プラズマ切断の他に、火薬を帯状に巻きつけて、爆破切断を実施した。

コンクリートの表面汚染をハツつたが、これは、スキャブラーと称する小型空気作動ノミにより実施した。

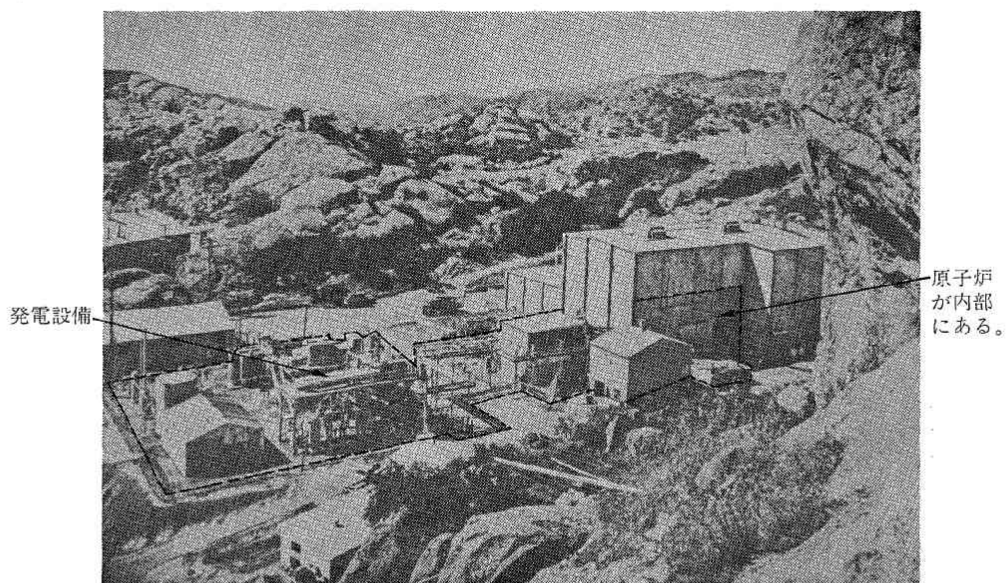


図1 ナトリウム冷却実験炉（SRE）  
 （———の内側は既に解体されている）  
 （AI-BD-DOE-77-27 による）

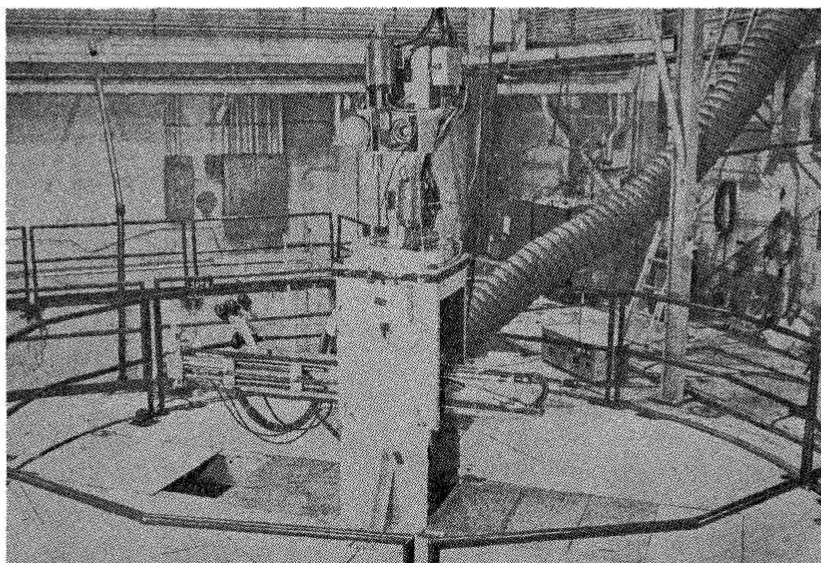


図2 SRE炉容器切断水中プラズマの上部  
 （下に原子炉容器）  
 （AI-BD-DOE-77-27 による）

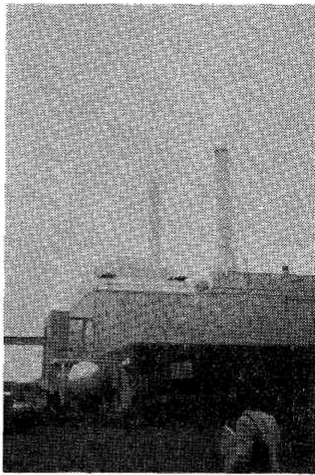


図3 パスフィンダー火力発電所  
(右の煙突は現火力のもの  
左の煙突は旧原子力換気用のもの)

## (2) 米国原子力規制委員会（NRC）とエネルギー省（DOE）

現在の規制や指針にあきたらず、NRCはその評価を行うべく、まず、原子炉施設のデコミッションングのケーススタディ等を民間に委託して、進めている。既に、加圧水炉、燃料再処理工場等について報告書ができ上がっている。

DOEは、その所有する施設のデコミッションングの実施と計画を行っているが、500カ所の施設でのプロジェクトを実施した。さらに、2000年までには、5億ドルはかかるとしている。

### (3) Pathfinder 火力発電所（サウスカロライナ州）

沸騰水型原子力発電所として約4年間運転したが、その気水分離器が破損したのを機会に火力発電所に変換した。タービンは磷酸で除染し、火力にも同じものを使用している。

原子炉は、配管類を切断し、メクラにして原子炉格納容器内に密閉管理されている（図

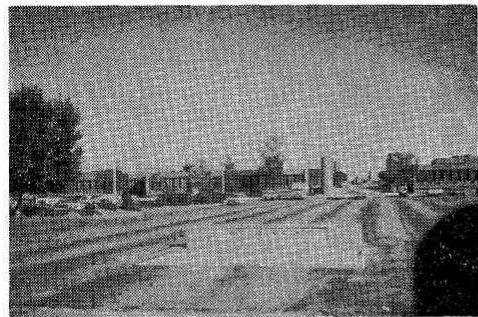


図4 バッテル・ノースウェスト  
パシフィック研究所

表1 デコミッションングの分類

| デコミッションング<br>の方式                              | 後の使用条件                                                               |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| (1) 解体<br>a) 即時解体<br>b) 遅延解体                  | 無制限解除<br>遅延期間中は条件付で<br>使用可                                           |
| (2) 安全貯蔵<br>a) 遮蔽隔離<br>b) 密閉管理<br><br>c) 安全保管 | 条件付で使用可<br>サイトは条件付で使<br>用可。設備は放射能ある<br>もののみ使用可。<br>放射能あるもののみ使<br>用可。 |

（備考）条件付で使用可とは放射能以外の一般の使用も可であることを言う（但し条件付で）。

3 参照）。

### (4) バッテル・パシフィック・ノースウェスト・ラボラトリー

ここは、もとハンフォード国立研究所であったが、その1部を1964年に引継いだ。（図4）

NRCからの委託で、デコミッションングのケーススタディ等を進めている。ここで表1に示すように、デコミッションングの分類の新提案をしている。

また、DOEからの委託で、電解研磨を応用した除染方法や、アークを利用して金属厚

板を切断するアーク・ソー等の研究開発をも進めている。

(5) アイダホ・ナショナル・エンジニアリング  
ラボラトリー

世界最初の発電炉EBR-1（ナトリウム冷却高速増殖炉，1951年12月20日初発電）が記

念館となっている。これもデコミッションングの形態の1つである。

OMRE（有機材冷却減速炉）も解体され、現地には、炉のあとに大きな穴があいていた。

（とりかい きんいち 日本原子力研究所東海研究所安全性試験研究センター長）

# 長期エネルギー需給展望を通して

大 江 康 博

## 1. はじめに

昨今、エネルギーに係わる話題は各方面でいろいろの立場から取上げられていますが、そのほとんどは石油不足から派生する問題点であるとともに、これから先せいぜい5年ぐらいまでの当面の対応策という性格のものが多ようです。

エネルギー需給予測あるいは見通しについてこれまでに発表されたもののほとんどは一次エネルギー段階でのしかも需要と供給のバランスが取られたものなので、作業段階ではいろいろな問題があったとしても私たちの目に触れるものは、その点が解決された形のものになっています。また、予測の期間は一次エネルギー需要総量については2020～30年ぐらいまでのものもありますが、二次エネルギーでのバランスまで考慮したものは長くてもせいぜい2000年ぐらいまでのものしかありません。

ここではいくつかの仮定のもとに、さらに長期の、2020年までのわが国の一次および二次エネルギー需要のイメージを別々に描き、そこに現われる姿から今後私たちが考えるべきいくつかの問題点について考えてみようと思います。

## 2. エネルギー需要と供給の長期イメージ

将来のエネルギー需要量を予測する方法には大別するとGNPが伸びれば（あるいは伸びずためには）エネルギー需要量も伸びるであろうとして想定するマクロからのアプローチと、個々にエネルギー消費各部門でのエネルギー需要量を想定し、それらを積み上げて総エネルギー需要量を出すミクロからのアプローチとがあります。しかし、ミクロからのアプローチには例えば、各業種での生産動向がどうなるのかとか、私たちの生活の姿がどう変わるのか、などの不確定要素が多く、ほとんど不可能に近いといえます。従つて、各所で行なわれているエネルギー需給予測はマクロからのアプローチとなっています。一言つけ加えますと、民生用都市ガス需要量や電力需要量など一部の部門についてはミクロからの予測が可能なものもありますので、それらをマクロから予測された値のチェック用として使っているようです。

### 2.1 一次エネルギー需要量の想定

一次エネルギー需要量の想定にあたってはマクロからのアプローチを取りました。まず、GNP成長率については、ハイケースでは1976年から1990年は5.3%、1990年から2000

表 1 GNPおよび一次・二次エネルギー需要想定

| 項 目                                        | ケ ー ス | 1976年 | 1990年 |     | 2000年 |     | 2010年 |      | 2020年 |      |
|--------------------------------------------|-------|-------|-------|-----|-------|-----|-------|------|-------|------|
|                                            |       | 実 数   | 伸び率   | 実 数 | 伸び率   | 実 数 | 伸び率   | 実 数  | 伸び率   | 実 数  |
| GNP<br>(45年価格・兆円)                          | ハイケース | 100   | 5.3%  | 200 | 4%    | 300 | 3%    | 400  | 3%    | 540  |
|                                            | ローケース |       |       |     | 2%    | 250 | 1%    | 270  | 0.5%  | 290  |
| エネルギー弾性値                                   |       | 0.77  |       | 0.7 |       | 0.7 |       | 0.7  |       |      |
| 総一次エネルギー<br>需要<br>(10 <sup>13</sup> Kcal)  | ハイケース | 380   | 4.1%  | 660 | 2.8%  | 870 | 2.1%  | 1070 | 2.1%  | 1310 |
|                                            | ローケース |       |       |     | 1.4%  | 760 | 0.7%  | 810  | 0.35% | 840  |
| エネルギー原単位<br>(Kcal/円)                       | ハイケース | 38    | 32    | 29  |       | 26  |       | 24   |       |      |
|                                            | ローケース |       |       | 31  |       | 30  |       | 29   |       |      |
| 国内一次エネ<br>ルギー需要<br>(10 <sup>13</sup> Kcal) | ハイケース | 360   | 4.1%  | 630 | 2.8%  | 830 | 2.1%  | 1020 | 2.1%  | 1250 |
|                                            | ローケース |       |       |     | 1.4%  | 720 | 0.7%  | 770  | 0.35% | 800  |
| 一次・二次転換<br>ロス                              |       | 28%   | 30%   |     | 30%   |     | 30%   |      | 30%   |      |
| 二次エネルギー<br>需要<br>(10 <sup>13</sup> Kcal)   | ハイケース | 260   | 3.8%  | 440 | 2.8%  | 580 | 2.1%  | 710  | 2.1%  | 880  |
|                                            | ローケース |       |       |     | 1.4%  | 510 | 0.7%  | 540  | 0.35% | 560  |

年は4%, 2000年から2020年は3%を, ローケースでは1976年から1990年はハイケースと同様5.3%, 1990年から2000年は2%, 2000年から2010年は1%, 2010年から2020年は0.5%をそれぞれ想定しました。総一次エネルギーおよび国内一次エネルギー需要はGNP成長率をベースとして1990年まではエネルギー弾性値を0.77, 1990年以降は0.7として想定しました。エネルギー弾性値の数値については特に検討していませんが, 省エネルギーと用途構成, 産業構成の変化により達成されることを期待しています。その結果は表1に示します。総一次エネルギー需要と国内一次エネルギー需要の差は輸出と在庫増によるものですが, 総一次エネルギー需要に対して一定比率(1976年比率)と考え特に内容の検討は行なっていません。二次エネルギー需要は一

次から二次への総合転換ロスを差し引いたものとして算定しました。総合転換ロス率は30%としました。二次エネルギー需要量は1990年では $440 \times 10^{13}$ Kcal, 2000年では $580 \sim 510 \times 10^{13}$ Kcal, 2010年では $710 \sim 540 \times 10^{13}$ Kcal, 2020年では $880 \sim 560 \times 10^{13}$ Kcalとなります。

さて, 後で行なうのですが, 二次エネルギー製品ごとの需要量と供給量とをつき合せ, 細部での問題点を明確にさせるための準備として, この二次エネルギー需要量をまず産業, 民生, 交通, その他の4部門に配分し, 次にそれらを石炭製品, 石油製品, 都市ガス(天然ガスを含む), 電力の4製品需要に振り分け, さらに4製品需要を各製品ごとの一次から二次への転換効率で逆算して一次エネルギー需要を出しました。その結果は表2に示しております。表1の国内一次エネルギー需要

表 2 二次エネルギー製品別一次  
エネルギー需要量想定  
(単位 10<sup>13</sup>Kcal)

| 年(西暦) | ケース   | 石炭製品 | 石油製品 | 都市ガス<br>(含天然ガス) | 電力  | 計    |
|-------|-------|------|------|-----------------|-----|------|
| 1990  | —     | 70   | 290  | 20              | 230 | 610  |
| 2000  | ハイケース | 100  | 370  | 30              | 310 | 810  |
|       | ローケース | 90   | 330  | 30              | 270 | 720  |
| 2010  | ハイケース | 120  | 460  | 40              | 400 | 1020 |
|       | ローケース | 90   | 350  | 30              | 300 | 770  |
| 2020  | ハイケース | 150  | 550  | 50              | 500 | 1250 |
|       | ローケース | 100  | 350  | 30              | 320 | 800  |

量と表2の値とはほとんど一致しています。

なお、ここでの需要想定作業の際考慮した事柄は次の通りです。

① 産業、民生、交通、その他の4部門の内産業部門のエネルギー消費の構成比率は素材産業の比重が将来ゆるやかに低下することを見込んでいます。交通部門については燃費向上や大量輸送機関へのシフトなどを想定し、やはりゆるやかな比率低下を見込んでいます。一方、民生部門については人口の増加、冷暖房設備の普及率向上などを想定しエネルギー消費比率の上昇を見込んでいます。

② 産業部門での二次エネルギー製品の消費構成比率は石炭製品および電力の比率がゆるやかに上昇し、反面石油製品の占める比率は低下することを見込んでいます。

民生部門については石炭製品、都市ガス、電力の占める比率が高まり、石油製品の占

\* ) 例えば

- ① 日本エネルギー経済研究所 わが国の中長期エネルギー需給予測(昭和53年11月)
- ② 資源エネルギー庁編 我が国エネルギー問題の長期展望(昭和52年10月)

表 3 一次エネルギー供給可能量の想定

|                            | 1990年  | 2000年   | 2010年   | 2020年   |
|----------------------------|--------|---------|---------|---------|
| 水 力 (万kW)                  | 2,600  | 3,200   | 3,200   | 3,200   |
| 地 熱 (万kl)                  | 730    | 1,600   | 2,000   | 2,500   |
| 国内石油・天然ガス<br>(万kl)         | 950    | 1,500   | 1,500   | 1,500   |
| 国内石炭 (万ton)                | 2,000  | 2,000   | 2,000   | 2,000   |
| 原 子 力 (万kW)                | 5,300  | *10,000 | *15,000 | *20,000 |
| 海外石炭 (万ton)                | 14,350 | *20,000 | *25,000 | *30,000 |
| L N G (万ton)               | 4,500  | 5,000   | 5,000   | 5,000   |
| 輸入石油 (億kl)                 | 3.5    | 3.5     | 3.0     | 2.5     |
| 新 エ ネ ル ギ ー                |        | *       | *       | *       |
| 合計(×10 <sup>13</sup> Kcal) | 620    | 750     | 810     | 870     |

- 注) 1. 国内石炭は 6,600Kcal/kg として算定  
2. 海外石炭は 7,150Kcal/kg として算定  
3. 石油は 9,400Kcal/kg として算定  
4. 地熱は石油換算  
5. 需給をバランスさせるためには、\*印の所、すなわち、原子力、海外石炭、新エネルギーの増進、または開発が必要である。

める比率は50%まで低下することを想定しました。

交通部門についてはわずかではあります、が、電力化されることを想定しました。

## 2.2 一次エネルギー供給量の想定

一次エネルギー供給量の想定にあたっては、本年8月発表された総合エネルギー調査会需給部会の「長期エネルギー需給暫定見通し」中間報告をベースとして、これまでに公表された各種予測\*)をも考慮し、表3に示すように想定しました。

水力については2000年で3,200万kWと想定し、その先大きな伸びはないものと考えました。

地熱については順調に開発できるものと考え、2020年で2,500万klを見込んでいます。

国内石油・天然ガスについては2000年で

1,500万kℓに到達し、その後その規模を維持できるものと想定しました。

国内石炭については、2,000万トン体制が維持されるものと想定しました。

原子力については、相当の開発努力がなされることを期待し、2020年で2億kWを見込んでいます。

海外石炭についても相当の開発努力がなされることを期待し、2020年で3億トンを見込んでいます。

LNGについては5,000万トンが維持されるものと考えました。

輸入石油については2000年までは3億5千万kℓの水準を維持できるものと想定しました。それ以降についても維持、増大を図るべきことはいうまでもありませんが、何が問題になるかを鮮明にさせる一つの方法として、2000年前後に世界の石油生産および貿易はピークを迎え、その後は下降するものと仮定してみました。従って、日本が入手できうる量も減少するであろうと想定しましたが、この低下傾向そのものには特別な計算上の基礎はありません。

なお、新エネルギーについてはそれ自体を今後開発すべきものであるので、今後の課題であると考え供給可能量から外して考えることとしました。

### 2.3 想定にからむ2～3の問題点

以上でエネルギー需要と供給の長期イメージが一つできたわけですが、作業の過程を振り返って問題となりそうな点を考えてみたいと思います。

まずGNP成長率について考えてみます。1990年まではここで取上げたように5.3%ぐらいが一般的に期待されているようです。そ

れ以降についてはいろいろな考え方が出されていますが、成長率が小さいとなんとなく不安を感じる人が多いようで、できるだけ高く期待したいらしいのです。わが国の将来の姿としてどんな成長率がよいのかは専門家の方々の意見によって決めるべきものかと思いますが、従来のいろいろな文献を見る限りではここで考えている幅に入っているようです。

次にエネルギー弾性値について考えてみます。ここでは1976年から1990年は0.77でそれ以降は0.7を想定しました。その内容については特に検討をしていませんが、半分は各部門での省エネルギー効果であり後の半分は消費構造がエネルギーをより消費しない部門へシフトするため達成されるものと期待してみました。しかし、人によっては今後大幅な省エネルギーは期待できないとか公害対策等で省エネルギー分をくってしまうだろうから0.7は到底達成できず0.9ぐらいがいい所だという人もいます。かと思うと米国では2000年ぐらいまでは0.4ぐらいを目標にしているので、日本でも強力に省エネルギーを進めればできるだろうという人もいます。ほんとうの所どんな値になるのか分かりませんが、0.7はそういう意見の中間的な値です。

次はエネルギー需要の規模についてです。表1の国内一次エネルギー需要量を見ていただくと分かるように2020年のローケースでも1976年の2倍強、ハイケースの場合は3.5倍にもなっていますが、エネルギー原単位が下がることを考えると生産量ではそれ以上の大きさとなります。しかし、鉄鋼、化学、セメント、紙・パルプなどでそれほどの生産量になるかという首をひねる人がほとんどのようです。では一体だれがそれを使うようにな

るのでしょうか。今後生まれる新しい産業で使うようになりそうですという答えにならない答えとならざるを得ません。

この他にも一次エネルギーから二次エネルギーへの転換効率とか、産業、民生、交通、その他でのエネルギー需要の比率がどう変わるかなどまだまだ多くの問題となりそうな点が残っていますが、もう一点海外石炭の量について考えてみたいと思います。

表3では2020年で3億トンの石炭を海外から運んでくることを規定していますが、3億トンとはどれくらいの量なのでしょうか。石炭運搬船は現在10万トンクラスのものがある一般的なようです。どこから運んでくるかにもよるのですが、オーストラリアあたりからとすると年間7～8往復できることになります。そうすると石炭運搬船は375隻必要になります。一方、現在考えられているコールセンターの規模は1センターで年間1,000万～1,500万トンの石炭を取扱うものですが、3億トンの石炭となるとそういうコールセンターが20～30カ所必要になります。表4の原油の輸送

の場合に比べるとその大変さが分かると思います。大量の石炭を固体のまま日本へ運ぶことはコスト的にも得策ではなく、流体にして運ぶことを考えるべきだという人が多いのですが、日本のために海外で石炭を流体化することは実際問題になると大変なようです。

### 3. 需給バランスのチェック

前述の表2および表3に示す需給の数字をもとにした、トータルエネルギーバランスを図1に示しています。これを見ると新エネルギーの導入がない限り2000年以降ゼロ成長のローケースを達成するのがやっとであることが分かります。従って、2000年以降どれだけの成長が期待できるかは新エネルギーを中心としてここで考えた供給可能量にさらにどれだけの積み増しができるかにかかっています。逆にいえば積み増しができなければ、供給可能量に見合った成長率まで落とさざるを得ないこととなります。

次に二次エネルギー製品ごとのバランスをとってみましょう。この想定にも実際には

表4 石炭・原油の輸送の比較

|                       | 石 炭                                        | 原 油                                       |
|-----------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 輸送量(輸入量)              | 3 億トン                                      | 3 億kl                                     |
| 輸送船の大きさ <sup>1)</sup> | ( $2.1 \times 10^{16}$ Kcal)<br>10万トン石炭専用船 | ( $2.8 \times 10^{16}$ Kcal)<br>20万トンタンカー |
| 年間往復回数 <sup>2)</sup>  | 8 往復                                       | 9 往復                                      |
| 必要隻数 <sup>3)</sup>    | 375 隻                                      | 167 隻                                     |

注) 筆者の概算による。

1) 石炭専用船とタンカーの大きさは典型的な容量として、それぞれ10万トンと20万トンを採用した。

2) 石炭については輸入先を米国、オーストラリア、石油については中近東を想定した。

3) (必要隻数)=(輸入量)/(輸送船の大きさ)×(往復回数)

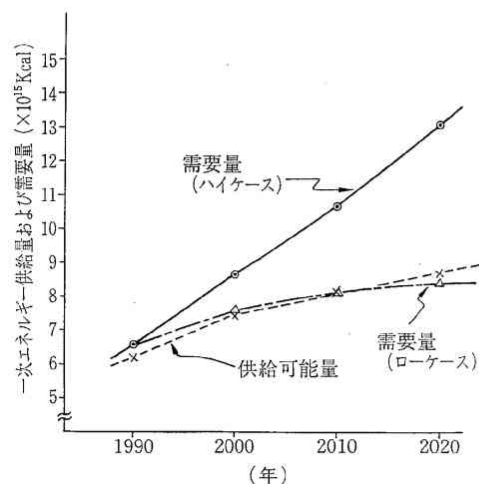


図1 一次エネルギー需給トータルバランス

いろいろ問題を含んでいるのですが、一応熱量ベースの問題に絞って考えてみます。

都市ガスの原料としてLNGを先取りすることとしました。その限りでは都市ガス需要を満たすことはできます。残ったLNGは電力へ廻すことにしてみました。

現在の石炭の需要先は主に製鉄用原料炭と発電用燃料炭です。石炭を利用するためには石炭の輸送・貯蔵設備を含む取扱い設備や公害対策設備などを設ける必要があります、急激な需要の増大は期待できないと思われます。

この作業では石炭の需要の全体に対して占める比率はゆるやかに上昇することを想定していますが、それでも石炭は供給過剰となっており、今後石炭の使用先を開拓する必要があります。

石油の需要量は多少の比率低下を考えても量的には上昇することが分かります。一方、石油入手量は2000年以降減少することを想定したので、2000年以降の石油不足は電力用へ廻っていた分を全てカットしても、また、2000年以降ゼロ成長にしても起こることが分かります(図2)。特にハイケースの場合には不足量は相当のもので、2020年でのそれは石油換算で3億2千万klに相当します。ローケースでも2020年での不足量は石油換算で1億1千万klに相当します。従って、今後どのような成長を期待するにしても各部門で石油から他のエネルギーへの転換を早急に行なうか、石油に相当するエネルギー製品の開発例えば石炭の液化などを積極的に行なう必要があります。

電力についてはここで取上げた供給エネルギー種の全てのものから電力をつくることのできるので、トータルエネルギーバランスが

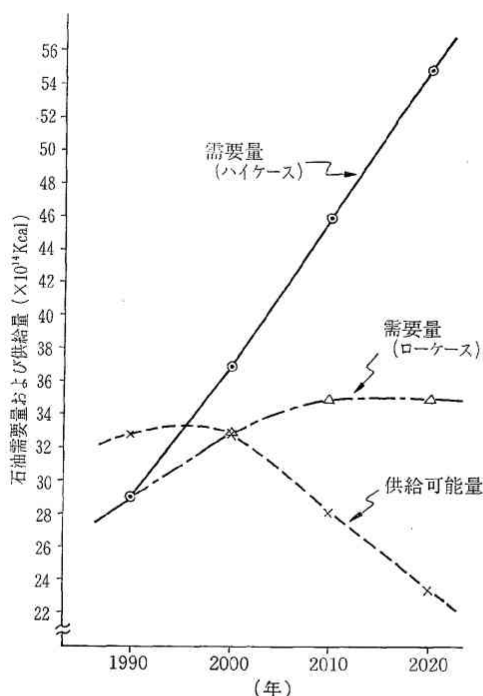


図2 石油需給バランス

取れていれば電力バランスは取れることとなり、2000年以降ゼロ成長のローケースであれば、需要を満たせることが分かります。

#### 4. まとめとして

ここで作った長期エネルギー需給のイメージから今後私たちが考えなければならない点をいくつか提起しておわりにしたいと思います。

第一に私たちはどれくらいのGNP成長率を期待しているのでしょうか、もしくは期待すべきなのでしょうか？私たちの生活水準を維持向上させるためにエネルギー需要の増大が不可避であるとするならば、私たちはどんな生活を将来に期待しているのでしょうか。その期待値としてこの場合のハイケース程度のものならば私たちは相当の覚悟で新エネルギーを開発し実用に供さねばならないことに

なります。現在、ほとんどの日本人は自分の中流の生活をしていると意識しており、それに満足しているようですが、今後の成長とは私たちに何をもたらすことになるのでしょうか。この辺については専門家のご意見をお聞きしたい所です。

次に石油不足については石油ショック以来いろいろ話題にされていますが、2000年以降の石油入手量が減少することを想定すると、電力で全く石油を使わなくても、さらにゼロ成長にしても各部門で石油不足の現象が生じるようです。従って、石油から他のエネルギー源へ切換える必要があります。その際、一部は電力や都市ガスへの転換が考えられます。しかし、一次エネルギーから電力への転換効率は他の二次エネルギー製品への場合と比べて格段に低いので、大幅に電力化を進めるとさらに一次エネルギーの積み増しが必要になります。また、大幅な都市ガスへの転換が行なわれる場合にはパイプライン網の充実や原料の手当てなどの問題が生じます。

なお、エネルギー需要の伸び率の低い場合には、トータルエネルギーバランスは合いますが、石油不足が生じる反面石炭の供給過剰という現象が起き、石炭をどううまく使うかという問題が生じます。石炭を使うに際しては石炭の取扱い上の問題、公害対策、灰処理

などの多くの問題を抱えていますので、それらの問題を緩和するためにも石炭のガス化、液化処理が必要となるでしょう。しかし、その技術の開発実用化までにはまだまだ時間がかかりそうですので、開発研究を促進する必要があります。なお、そういう技術を持つことはその見返りとして海外資源の入手につながると考えられています。

太陽エネルギーを主とした新エネルギーについては、トータルエネルギー量での不足の積み増し分として、および石油の代替源としての両面から開発する必要があります。しかし、その性質上分散型とならざるを得ないでしょう。

ここで取上げた問題の外にも多くの問題が残っているわけですが、これらの問題については直接エネルギー技術の開発やエネルギー政策に携わっている人々だけでなく私たち皆で考え解決策を見い出していく必要があるようです。そのためにもいろいろな角度からエネルギーに係わる問題点がどこにあるかを考えることは大切なことであり、それらを一般の人々に正しく伝えることはさらに重要なことのようなのです。これからも多くの人々とエネルギー問題を考える機会を持ちたいと思います。

(おおえ やすひろ 主任研究員)

## 研究所のうごき

(昭和54年9月1日～12月31日)

### ◇ 企画委員会開催

#### 1) 第4回企画委員会

日時：9月11日(火) 14:00～16:00

場所：当研究所会議室

- 議題：(1) 地域エネルギー需給策定のケース・スタディ(ローカル・エネルギー・システム)  
(2) 特定テーマ(エネルギー・システム変遷の未来像を求めて―新しいエネルギー技術戦略を探る―)

#### 2) 第5回企画委員会

日時：11月13日(火) 15:00～17:00

場所：当研究所会議室

- 議題：(1) ハワイの海洋温度差発電と中国のバイオガスについて  
(2) 燃料用アルコールに関する調査について  
(4) 特定テーマ(将来におけるエネルギー立地の構想と評価)

#### 3) 第6回企画委員会

日時：12月18日(火) 15:00～18:30

場所：ナポレオン・ダイヤモンドルーム

- 議題：(1) 「ローカル・エネルギーシステム」の経過報告  
(2) 特定テーマ(将来におけるエネルギー立地の構想と評価)

### ◇ 主なできごと

9月11日(火)「核熱の産業利用に関する調査」第2回委員会開催。

第4回企画委員会開催。

12日(水)「アルコール問題」合同連絡会開催。

13日(木)「生体系による太陽エネルギー変換」委員会開催。

19日(水)MITI-IAE定例懇談会第4回開催。

「電気事業が直面する技術開発課題に関する調査」委員会第2回開催。

25日(火)「ローカル・エネルギー・システム」委員会第1回開催。

「将来のエネルギー価格予測検討」委員会第1回開催。

10月1日(月)「エネルギー技術データベースの体系化研究」委員会第1回開催。

5日(金)「将来におけるエネルギー立地の構想と評価」ワーキング・グループ打合せ開催。

22日(月)「トリウム燃料サイクルバックエンド予備評価」委員会第2回開催。

23日(火)「原子力プラント運転信頼性」研究会開催。

25日(木)「廃炉技術基準等確立調査」委員会第1回開催。

30日(火)「アルコール問題」合同連絡会開催。

11月13日(火)第5回企画委員会開催。

14日(水)「核熱の産業利用に関する調査」第3回委員会開催。

15日(木)「アルコール問題」合同連絡会開催。

17日(土)「ローカル・エネルギー・システム」委員会第2回開催。

20日(火)「高レベル廃液固化貯蔵プラントに関する安全性解析の研究」について動燃事業団に中間報告を行う。

22日(木)「将来におけるエネルギー立地の構想と評価」ワーキング・グループ打合せ開催。

27日(火)「電気事業が直面する技術開発課題に関する調査」委員会第3回開催。

29日(木)「生体系による太陽エネルギー変換」委員会開催。

12月11日(火)MITI-IAE定例懇談会第5回開催。

14日(金)「将来のエネルギー価格予測検討」委員会第2回開催。

12月14日(金)「高レベル廃棄物地層処分リスク解析」委員会第2回開催。

「海水ウラン等回収システム技術開発調査」委員会第2回開催。

18日(火)第6回企画委員会開催。

19日(水)「核熱の産業利用に関する調査」委員会第4回開催。

20日(木)「トリウム燃料サイクルバックエン

「予備評価」委員会第3回開催。

25日（水）「原子力プラント運転信頼性」研究会  
開催。

#### ◇ 人事異動

10月1日付で、下記の新入所員の発令が行われた。

安元伸司 副主任研究員（プロジェクト試験研究  
部配属）

## 第1,2巻通巻目次

### VOL. 1, No. 1 (1978・10)

|                                        |                   |    |
|----------------------------------------|-------------------|----|
| 挨拶                                     | 顧問 土光敏夫           | 1  |
| 祝辞                                     | 通商産業大臣 河本敏夫       | 2  |
| エネルギー総合工学研究所の発足に当って                    | 理事長 山本 寛          | 3  |
| エネルギー総合工学研究所の長期構想                      | 理事・企画委員会委員長 大島 恵一 | 4  |
| エネルギー総合工学研究所設立の趣意,<br>その経緯と当面の事業計画について | 専務理事 武田 康         | 7  |
| 新しい研究所の特質                              | 近藤 駿介             | 11 |
| エネルギーデータベースについて                        | 班目 春樹             | 15 |
| エネルギーの価値                               | 鈴木 篤之             | 18 |
| 研究所のうごき                                |                   | 22 |

### VOL. 1, No. 2 (1979・1)

|                      |                      |    |
|----------------------|----------------------|----|
| 昭和54年年頭にあたって         | 理事長 山本 寛             | 1  |
| IAEにおけるエネルギー技術データベース | 班目 春樹                | 2  |
| 欧米の重質油処理技術を視察して      | 理事長 山本 寛             | 7  |
|                      | (聞き手) 時枝 茂治<br>平野 稔幸 |    |
| 海水ウラン研究を中心とした最近の中国事情 | 東京大学工学部教授 菅野 昌義      | 13 |
| 昭和53年度調査・研究事業の概要     |                      | 19 |
| 研究所のうごき              |                      | 21 |

### VOL. 2, No. 1 (1979・4)

|                             |                         |    |
|-----------------------------|-------------------------|----|
| エネルギー資源と技術開発                | 理事・日本エネルギー経済研究所所長 生田 豊朗 | 1  |
| 昭和54年度予算にみるエネルギー<br>技術開発の重点 | 岡田 泰                    | 2  |
| 石炭利用技術欧米視察記                 | 早稲田大学理工学部教授 城塚 正        | 12 |
| 石炭利用技術開発への提言                | 古澤 健彦                   | 16 |

|                        |              |    |
|------------------------|--------------|----|
| ラスムセン報告をめぐる最近の話題 ..... | 近 藤 駿 介..... | 21 |
| 研究所のうごき .....          |              | 25 |

## VOL. 2, No. 2 (1979・7)

|                                      |                 |    |
|--------------------------------------|-----------------|----|
| エネルギー技術戦略確立をめざして .....               | 専務理事 武 田 康..... | 1  |
| 21世紀からみた世界エネルギー情勢                    |                 |    |
| 国際応用システム分析研究所 (IIASA) における研究結果 ..... | 鈴 木 篤 之.....    | 2  |
| ENC '79+FORATOM VII に参加して .....      | 石 上 侔.....      | 11 |
| 高レベル放射性廃棄物処分に関する研究開発の各国の動向 .....     | 徳 下 善 孝.....    | 17 |
| 地質学的事象の発生頻度の考え方                      |                 |    |
| 高レベル放射性廃棄物の地層処分のリスク解析に関連して .....     | 小 坂 和 夫.....    | 27 |
| 「原子力プラント運転の信頼性に関する研究会」               |                 |    |
| 昭和53年度活動概況 .....                     | 時 枝 茂 治.....    | 32 |
| 昭和54年度事業計画 .....                     |                 | 34 |
| 研究所のうごき .....                        |                 | 36 |

## VOL. 2, No. 3 (1979・10)

|                          |                           |    |
|--------------------------|---------------------------|----|
| 流体エネルギー資源開発の             |                           |    |
| 技術開発課題について .....         | 理事・東京大学工学部教授 平 川 誠 一..... | 1  |
| IEAのエネルギー研究開発概要 .....    | 中 橋 一 泰.....              | 2  |
| 重質油問題の背景と対応 .....        | 平 野 稔 幸.....              | 15 |
| 燃料用アルコールその生産を中心として ..... | 高 倉 毅.....                | 27 |
| 研究所のうごき .....            |                           | 36 |

## VOL. 2, No. 4 (1980・1)

|                                      |                |    |
|--------------------------------------|----------------|----|
| 年頭所感 .....                           | 理事長 山 本 寛..... | 1  |
| 国産新エネルギー開発の展望と課題：地熱 .....            | 川 口 幸 男.....   | 2  |
| 国産新エネルギー開発の展望と課題：太陽エネルギー .....       | 並 河 良 一.....   | 13 |
| ANSのトピカルミーティング (54年9月開催) に参加して ..... | 鳥 飼 欣 一.....   | 20 |
| 長期エネルギー需給展望を通して .....                | 大 江 康 博.....   | 26 |
| 研究所のうごき .....                        |                | 33 |

季報エネルギー総合工学 第2巻第4号

---

昭和55年1月20日発行

編集発行

財団法人 エネルギー総合工学研究所

〒105 東京都港区虎ノ門1-23-7

第23 森ビル

電話 (03) 501-8822

---

無断転載を禁じます。(印刷) 和光堂印刷株式会社