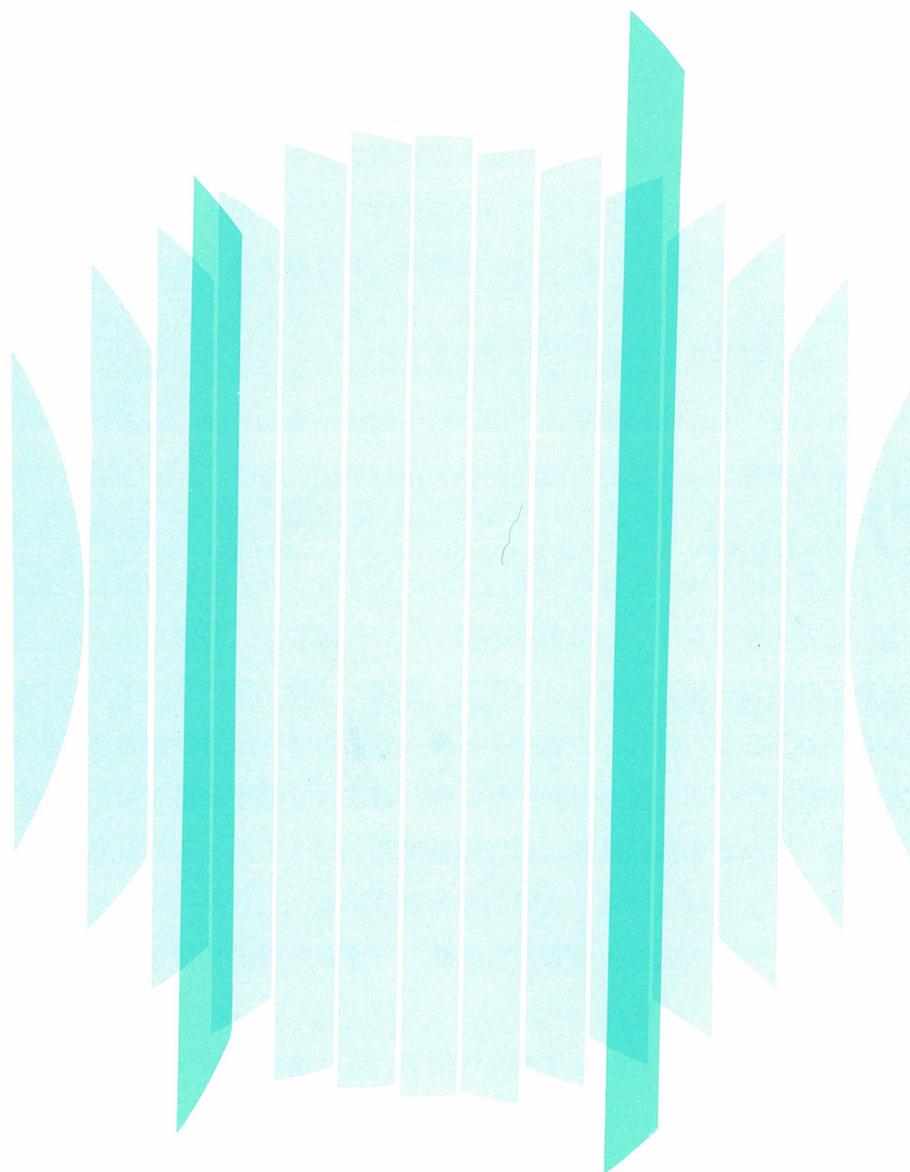


季報 エネルギー総合工学

Vol. 9 No.2

1986. 7.



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

目 次

ソ連原発事故の対応	資源エネルギー庁官房審議官 逢坂 国一	1
ムーンライト計画の現状と展望	米田 文重	3
省エネルギーと蓄熱技術—中高温用潜熱蓄熱を中心として—	神本 正行 阿部 宜之	17
自然エネルギー利用住宅システムの開発	渋谷 紳一	26
「太平洋エネルギー協力会議」とエネルギー協力の方向	木村 徹	36
研究所の動き		44

ソ連原発事故の対応

資源エネルギー庁官房審議官 逢坂 国一

ソ連チェルノブイル原子力発電所の事故は、原子力開発にたずさわる者にとって、種々様々の感慨を伴って、受け止められた事であろう。筆者の場合は、4月29日の早朝、ヨーロッパから第一報を受け取ったときには、7年前に起った米スリーマイル島発電所事故の悪夢の再来かと、瞬間に思ったものである。

しかし、事故から2ヶ月を経た今、両事故の我が国に対する衝撃の度合又は様相が大きく異なっていることを強く感ずる。即ち、ソ連事故の「人的被害の深刻さ」とは対照的に、我が国にとって学ぶべき教訓として、具体的な改善策は、なかなか出て来ないのである。他方、原子力安全についての国際的関心は、ヨーロッパを中心に、日毎に強くなり、今後の国際政治・経済問題に少なからず影響を与えることになりそうである。

今後事故の詳細が発表されていくにつれて、若干の修正はあるかも知れないが、このようになった理由は、先ず第一に、ソ連の事故炉は、ソ連特有の安全思想のもとに作成した炉型のもので、設計・製作・工事から運転及び保守管理に至るまで、安全確保対策が西側の諸国のものとは、異っていることを挙げる事ができる。第二には、大きな炉心損傷事故としては、米スリーマイル島に次いで2回目であり、教訓として取り入れるべきことは、西側諸国では、規制問題を含めて、ほとんど済んでいることである。第三に、商用発電所では初めての放射線による人的被害を出し、国境を越えて放射性物質が飛散し、原子力発電史上最大の事故になったことである。

今後の原子力開発の推進に当たり、今回のソ連原発事故を契機とし、あるいは教訓として、何を為すべきであろうか。事故直後に行なわれた東京サミットでは、その短い声明文の中で、「原子力は将来とも益々広範に利用されるエネルギー源であり」、「原子力の安全の確保は国際的な責務であり」、「関連情報を迅速に国際的に提供する責務がある」旨、宣言し、国際協力を通じて原子力安全水準の向上を図るべ

きことを強調している。

これからは、これまで行われて来た西側先進国間の協力に加えて、発展途上国及び東欧諸国との間においても、イデオロギーや経済性を超越した安全技術、緊急時対応などの協力が必要となろう。ひるがえって我が国の対応としては、ハード面と云うよりはソフト面とくに「非常時にそなえた心構え」、「管理面の高度化」、「安全水準向上のための技術開発」などに、もっと力を入れるべきではないか、と思う。そうしなければ、国際的にも、国内的にも、原子力発電についての一般大衆の信頼を得るのが難しくなっていくのではないかと考えている昨今である。

(あいさか くにかず)

ムーンライト計画の現状と展望

米田文重

1. 省エネルギーと石油代替エネルギー導入の進展について

第1次石油危機以来の我が国のエネルギー需給の動きをみると、二つの大きな動きに気がつく。一つは省エネルギーの進展であり、他の一つは原子力及び天然ガスという石油代替エネルギーの導入の進展である。

先ず第一の点であるが、我が国におけるこれまでの省エネルギーの進展には著しいものがある。例えば、第一次石油危機前の昭和48年から最近の昭和59年までの変化をみると、毎年3.2%ずつ省エネルギーが進んだ計算になる。なぜならば、この11年間にエネルギー需要がわずか4.5%しか増加していない一方で、国民総生産（GNP）は実質で1.5倍と大幅に増加しており、この結果実質GNP 1単位当たりのエネルギー需要は0.70倍、即ち30%減（年平均3.2%減）となっているからである。

次に第二点の石油代替エネルギー導入の進展についてであるが、エネルギー需要全体に占める石油の割合は、同じ期間（昭和48年～59年）に77.6%から58.4%に低下している。

（一方で、原子力の占める割合は0.6%であったものが8.2%へ、また天然ガスは0.8%であったものが8.9%へと著しく増大している。）

さて、これらの二つの動きの結果、省石油が進展した。省石油の度合を測るものさしとして実質GNP 1単位当たりの石油需要量を採用すると、これは上記の11年間に0.525倍即ち約2分の1となっている。

$$\frac{\text{石油需要量}}{\text{GNP}} = \frac{\text{エネルギー需要量}}{\text{GNP}} \times \frac{\text{石油需要量}}{\text{エネルギー需要量}}$$
$$11\text{年間に}0.53\text{倍} = \frac{0.70\text{倍}}{\text{（省エネルギーの進展）}} \times \frac{0.75\text{倍}}{\text{（石油代替エネルギー導入の進展）}}$$

と分解してみると、省エネルギーの進展と石油代替エネルギー導入の進展とがあいまって省石油を進展させたこと、その貢献度がほぼ同じ大きさであったことがわかる。

以上は、我が国に関する記述であるが、世界の主要国をみても同様のことが言える。ただし、米国においては石油代替エネルギーとして石炭及び原子力の導入が進展した。省エネルギー及び石油代替エネルギー導入の進展は世界全体で起こったのであり、これが今日の原油価格低下をもたらした主たる要因である。（表1参照）

2. 省エネルギー技術開発の必要性和ムーンライト計画

今後、我が国を含め世界各国の経済は引き続き成長していくであろう。ここでエネルギー

表 1. 主要国の省エネルギー及び石油代替エネルギー導入の進展

国名	期 間	(ア)	(イ)	(ウ)
		実質GNP当たりの 石油需要	実質GNP当たりの エネルギー需要	エネルギー需要に占める 石油需要の割合
(初年を1とした場合の最終年の値)				
日 本	1973～84 (11年間)	0.53	0.70	0.75 ^{注3}
	1973～83 (10年間)	0.55	0.70	0.79
米 国	" "	0.71	0.80	0.89
西 独	" "	0.63	0.80	0.78
仏	" "	0.59	0.84	0.70
英	" "	0.59	0.79	0.74
備 考		省石油の進展を表す	省エネルギーの進 展を表わす	石油代替エネルギー導入 の進展を表わす

注 1. (ア)=(イ)×(ウ) の関係がある。

注 2. 数値が小さいほど対策が進んでいることになる。

注 3. 日本の1973年のエネルギー需要に占める石油需要の割合は77.6%、1984年は61.0%

したがって、1973年を1とすると1984年は $\frac{61.0}{77.6}=0.75$ となる。

一対策を怠っていると近い将来にエネルギー需給が再びひっ迫することは目に見えている。ここに省エネルギー及び石油代替エネルギーの導入を強力に推進していくべき所以がある。

省エネルギーについては、我が国全体としての省エネルギーの進展に大きな効果があった産業構造の変化（鉄鋼業等エネルギー多消費産業のウェイト低下）が今後も続くかどうか不明であることを考慮すると、各産業において一層の省エネルギーが進展することが期待される。

過去の省エネルギーは、各民間企業において経済的インセンティブに起因して進められたものがほとんどであろう。即ち、省エネルギー投資のコストとその投資による経済効果を天秤にかけ、後者の方が大きい場合にのみ

投資を実行するという風に。過去においてはエネルギー価格が高かったため省エネ投資が進展したが、最近のようなエネルギー低価格の状況下においては、以前と同じ省エネルギー効果がある投資であっても経済効果は小さくなっており、以前なら経済的インセンティブがあった投資が今ではインセンティブが無く、投資が実行されないという事態が多く発生している。

このような状況が続くとすると、省エネルギーが進展しないばかりか寿命がきた既設の省エネ設備の更新が行われないことにより、省エネが逆もどりすることにもなりかねない。ついには将来のエネルギー需給ひっ迫の時期を早めることにもなる。

このような事態を打開する方法は、一つしかない。省エネ投資当たりの経済効果を高め

ることである。このためには政策的誘導措置を構ずることも重要であるが、最も基本的な方法は技術開発により省エネルギー効果の大きい技術を実用化、普及させることである。

省エネルギー技術開発を進めるため、国としても種々の施策を構じている。かかる施策の中で特に重要なものに通商産業省・工業技術院が推進している「省エネルギー技術研究開発」(通称ムーンライト計画)がある。省エネルギー技術を開発していく主役が民間産業界であることは言うまでもないが、研究開発に多額の資金や長期間を要する、大きなリスクが伴う等の理由で民間企業では行い得ない大規模な技術開発の実施など国の責任で推進すべきものも少なくない。このため、省エネルギー技術開発を総合的かつ効率的に推進する「ムーンライト計画」を通商産業省が昭和53年に発足させて以来本年で9年目になり、既にかかなりの成果をあげている。

ムーンライト計画では現在次の6本柱の技術開発を推進している。

- ① 大型省エネルギー技術研究開発
 - ② 先導的基盤の省エネルギー技術研究
 - ③ 民間の行う省エネルギー技術開発に対する助成
 - ④ 省エネルギー技術の確立調査
 - ⑤ 標準化による省エネルギーの推進
 - ⑥ 省エネルギー技術に関する国際研究協力
- これらの概要を表2に示す。

3. ムーンライト計画の概要

1) 大型省エネルギー技術研究開発

これはムーンライト計画の中心を成すもので予算面でも計画全体の9割以上を占めてい

る。これまでに廃熱利用技術システム、電磁流体(MHD)発電の2プロジェクトを終了し、現在次の5プロジェクトを推進している。

- ① 高効率ガスタービン
- ② 燃料電池発電技術
- ③ 汎用スターリングエンジン
- ④ 新型電池電力貯蔵システム
- ⑤ スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム

これらは、国家的プロジェクトとして国立試験研究所、産業界、大学など産官学の各分野の英知を結集して、世界的にも未踏の技術領域に挑戦しているものである。

(1) 高効率ガスタービン

高効率ガスタービンは、大型火力発電設備として研究開発中のもので、従来の汽力発電設備に比較して同量の燃料から格段に多量の電力を得ることが可能であり、発電用燃料の節減に大きく寄与する。

従来の火力発電設備のほとんどを占めているのは汽力発電設備であり、ボイラー、蒸気タービン、発電機等から構成されている。最新の大型設備でも熱効率は高々40%程度(HHV)にしかない。(LNG汽力発電設備の最高値は東京電力袖ヶ浦火力2~4機各百万kWの39.5%)

汽力発電設備は、蒸気の温度が高ければ高いほど熱効率も高くなるという熱力学の基本理論に沿って高温化の歴史を歩んできたが、高温になるほど使用材料の強度が弱まることから限界があり、熱効率を現状の40%以上に上げることは非常に困難である。この汽力発電の限界を打ち破るために考えられたのが、ガスタービンと蒸気タービンを組合せた複合発電システムである。

表2 昭和61年度ムーンライト計画関連予算概要表

事 項	60年度予算額	61年度予算案
大型省エネルギー技術	10,464 〔 821 9,643〕	11,815 〔 653 11,162〕
高効率ガスタービン	1,207 〔 117 1,090〕	1,880 〔 53 1,827〕
新型電池電力貯蔵システム	2,201 〔 151 2,050〕	3,170 〔 146 3,024〕
燃料電池発電技術	4,776 〔 233 4,543〕	3,190 〔 129 3,060〕
汎用スターリングエンジン	1,673 〔 194 1,479〕	2,231 〔 170 2,060〕
スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム	607 〔 127 480〕	1,345 〔 154 1,190〕
先導的基盤的省エネルギー技術	227	195
国際研究協力事業	20	25
省エネルギー技術の確立調査 1. 総合的効果把握手法確立調査 2. 超電導発電関連機器等フィージビリティ調査	69 〔 9 60〕	88 〔 8 80〕
民間の省エネルギー技術開発の助成	140	68
省エネルギー標準化	32	23
そ の 他	139 〔 137(121) 3〕	57 〔 54(40) 3〕
小 計	11,091 〔 1,385 9,706〕	12,271 〔 1,026 11,245〕
民生用機器の開発助成	55 〔 0 55〕	55 〔 0 55〕
合 計	11,146 〔 1,385 9,761〕	12,326 〔 1,026 11,300〕

(単位：百万円)

61年度事業計画案の概要
パイロットプラントについて組立、試運転及び実証運転等を行うとともに、プロトタイププラントの高温高压部の詳細設計及び要素機器の研究開発等を行う。
10kW級新型電池の設計・製作と第2次中間評価試験を行うとともに、1000kW級システム試験研究等を実施する。
リン酸型燃料電池について、高温高压型及び低温低圧型の各1000kW級プラントの運転研究を行うとともに、オンサイト型の要素研究を行う。また、熔融炭酸塩型燃料電池等について開発を行う。
エンジンの要素技術についての実用化試作研究を行うとともに、各種実用型エンジンの試作運転研究を行う。また利用システムの試作運転研究及び燃料多様化の研究を行う。
超高性能圧縮式ヒートポンプを構成する圧縮器、熱交換器等の研究、作動媒体の研究及びケミカル蓄熱技術のうち反応系のサイクル試験、最適装置形式の研究を行うとともに、トータルシステムの研究等を実施する。
カリウムタービン技術、MHD石炭燃焼等の継続9テーマに加え、61年度は新たに再熱サイクルによる高効率動力変換技術の研究開発に着手する。
I E A改良型ヒートポンプ実施協定Annex IV(ヒートポンプセンター)、IX(産業用高温ヒートポンプ)及び新Annexに参加する。また日仏等二国間の協力を推進する。
省エネルギー技術開発課題の発掘、研究開発の最適化手法の確立のための調査及び超電導発電関連機器・材料技術のF Sを継続するとともに、61年度は新たに次世代高効率発電システムの石炭ガス利用についてF Sを行う。
民間企業が行う省エネルギー技術の研究開発に対する助成を行う。
建材、民生用機器の省エネルギー標準化調査研究を実施する。
研究開発に必要な事務経費等。()は試験研究所の施設費(機技研におけるスターリングエンジン実験棟の建設、60年度より開始)
新たに民生用機器(寒冷地用ヒートポンプエアコンディショナー)の開発を行う。(石油代替エネルギー関係技術実用化開発費補助金制度)

() 上段：一般会計、下段：特別会計、区別のないのは一般会計のみ。

ガスタービンは、圧縮機、燃焼器、タービン等から構成される。圧縮機で空気を圧縮し燃焼器に導き、これに燃料を混ぜて燃焼させ高温高圧の燃焼ガスを発生させ、その膨張のエネルギーでタービン翼を駆動する。この駆動力の一部は圧縮機の動力として使われるが、残りは発電機を駆動し電力を発生させる。コンパクトな割に大出力が得られる利点があるが、熱効率が30%程度と低いため、発電用としては従来、電力需要のピーク時や、非常時用としてしか用いられていなかったものである。このガスタービンの排気ガスの高温（数百℃）を利用して蒸気を発生させ、これを蒸気タービンに導きここからも電力を得ることにより総合熱効率を高めるいわゆる複合発電システムは、欧米諸国において昭和40年代半ばに出現した。我が国においても工業技術院がその有望性に着目し昭和53年度からムーンライト計画の一環として研究開発に着手した。超高温耐熱材料及び高温部材の冷却技術、再熱サイクルの採用、中間冷却器の設置などの高度な新技術を駆使し、タービン入口ガス温度1400℃、圧縮空気の圧力55気圧という世界的にも未踏の技術領域に挑戦することにより、総合熱効率を最大55%（LHV）（通常用いられている尺度のHHVでは約50%）以上にまで高めることが可能と判断しこれを開発目標値とした。なお従来の産業用ガスタービンでは、せいぜい1200℃、15気圧程度である。

本プロジェクトは昭和53年度から62年度までの10年計画で進めている。現在、総合熱効率50%（LHV）、出力10万kW、タービン入口ガス温度1300℃のパイロットプラントの試運転を東京電力袖ヶ浦火力発電所構内において実施中である。既に、総合熱効率50.2%（世

界最高）、出力6.6万kWにまで到達している。また、総合熱効率55%のプロトタイププラントの開発を目指し、耐熱合金、耐熱セラミックス等の材料開発、燃焼器、タービン翼等の要素技術の開発を行っている。昭和62年度に高温高速タービン試験装置（HTDU）により1400℃の条件下における運転試験を行う予定である。

(2) 新型電池電力貯蔵システム

「新型電池」とは、現在充放電可能な電池の主流となっている鉛蓄電池（鉛・硫酸系）とは異った新しい反応系による進んだ蓄電池の総称である。ムーンライトプロジェクトでは、この新型電池を用い夜間のオフピーク時の余剰電力を充電し、昼間のピーク時に放出する、いわゆる負荷平準化機能を持つ電力貯蔵システムを開発中である。一言で言うと揚水式水力発電所の機能を有するもので、設置場所としては都市部の変電所等が考えられる。電力系統の交流を直交変換機で直流に変換して電池に貯蔵し、出力時は直流を交流に変換するが、この変換効率も含めて70%の効率（出力／入力）とすることを目標としている。

本プロジェクトは、昭和55年度から65年度までの11年計画で進めている。ナトリウム・硫黄型、亜鉛・塩素型、亜鉛・臭素型及びレドックス・フロー型の4方式の新型電池の要素研究から始まり、1kW級電池の試作・試験昭和58年度の第1次中間評価を経て、現在は10kW級電池の試作を行っている。今年度は第2次中間評価を行い1千kW級パイロットプラントによる実証試験に進む計画である。なお、電力系統に連係した場合の制御方式等を研究するため、改良型鉛蓄電池を用いた1千kW級

システム試験施設を現在建設中で今年度半ばに運転を開始する予定である。

(3) 燃料電池発電技術

燃料電池は、電気化学的反應で電気を発生させるという点では我々の身近にある電池と同じであるが、電池が内部の化学物質が反応し尽くすと電気が出なくなるのに対し、燃料電池は反応する化学物質が外部から供給されるため、いつまでも連続的に電気を発生させることができるところが異なる。燃料電池で反応する化学物質は、水素ガス又は一酸化炭素ガスであり、これらは天然ガス等を改質器で改質することにより得られる。これらと空気中の酸素の電気化学的な反応により電気が発生するわけで、ちょうど水の電気分解により水素と酸素が発生する反応の逆になっている。燃料電池においては、燃料の持つ化学エネルギーが直接電気エネルギーに変換され、ガスタービン発電や汽力発電のような「熱エネルギー→機械的エネルギー（タービンの回転エネルギー）」という原理的に効率の悪いエネルギー変換が無いため、発電効率が40～60%と高い。また出力を絞った運転（部分負荷運転）を行っても発電効率が余り低下せず更に排気ガスの熱エネルギーまでも有効に利用すれば総合効率は80%程度にまで高まるという利点がある。環境保全の面でも、公害物質の排出が極めて少なく、タービン、発電機のような回転機械がないため振動、騒音もわずかである。燃料電池にはこのように多くの利点があるため、都市内に分散配置して地域の電力需要を賄ったり、都市近郊の港湾サイトにある火力発電所に代替させたり、離島用発電設備としてディーゼル発電設備に代替させたり、産業用の自家発電設備としたり、ホテ

ル、レストラン、病院等の業務用発電としたり、地域全体の冷暖房、給湯、電力の供給源としたりと様々の用途の実用化が期待できる。

ムーンライト計画では昭和56年度から、リン酸型、熔融炭酸塩型、固体電解質型、アルカリ型の4タイプの研究開発を進めている。最も実用化に近いのはリン酸型である。現在火力発電所代替用として低温低圧型、高温高圧型の2方式について1千kWプラントを建設中であり、今年秋に運転研究を開始する予定である。また、業務用電源及び離島用電源として用いられるいわゆるオン・サイト型燃料電池の開発を目指し、特有の技術開発課題を解決すべく、昭和61年度から65年度まで総合的技術開発を実施することとしている。第2世代の燃料電池として期待されている熔融炭酸塩型については61年度に10kW級の試作運転研究を実施する予定である。第3世代の固体電解質型については基礎研究を行っている。熔融炭酸塩型及び固体電解質型については、現在62年度以降の開発方針について検討中である。アルカリ型については59年度に1kW電池を製作、2千時間以上の連続運転を行い研究を終了した。

(4) 汎用スターリングエンジン

スターリングエンジンは、小型動力源として高効率、低公害、燃料多様性という利点があり、民生用及び産業用にその実用化が期待されているものである。

シリンダの外に置かれた燃焼器で燃料を燃焼させ、この熱で熱交換器を介してシリンダとピストンにはさまれた空間内に密封されたヘリウム等のガスを熱してこれを膨張させ、次には冷却水でガスを冷却して収縮させ、というようにガスの加熱、冷却をくり返し行

ことにより膨張、収縮を連続的に行わせ、これをピストンの往復運動にする。燃焼がシリンダの外部で行われるので「外燃機関」と呼ばれる。(蒸気機関も外燃機関の一つ) シリンダごとガスを加熱、冷却するのではロスが大きく実用にならないので、加熱用シリンダと冷却用シリンダを別に設け、ガスが両シリンダの間を行ったり来たりするような構造となっている。この仕組みによってガスだけを加熱、冷却でき、ロスが少なくなっている。両シリンダでのガスの膨張、収縮を一つの回転力として取り出す仕組みとなっている。ロスを少なくするもう一つの要素は蓄熱器(「再生器」と呼ばれる。)である。これは、ガスが両シリンダを往復する途中に置かれている。高温シリンダ内で膨張した後、ガスはこの蓄熱器を通る間に熱を蓄熱器に与え低温シリンダ内の温度と同じ温度まで下がってから低温シリンダに導かれる。蓄熱器がなければ外気に捨てるしかない熱が蓄熱器に保存されるのである。低温シリンダに入ったガスは、冷却されながら収縮する。(等温収縮) 収縮後のガスは再び高温シリンダへ向うが、途中通る蓄熱器から先程預けた熱を返してもらい高温シリンダ内と同じ温度に上昇した後高温シリンダへ入り、ここで加熱されながら膨張する。(等温膨張) 以上が1サイクルである。

スターリングエンジンは、高温(ガス温度)と低温(冷却水温度)が決まっている場合この両温度間で作動する熱機関としてはその理論熱効率が最も高い(これを超える理論熱効率を有する熱機関は理論的にあり得ない。)ため燃料が少なくすみ、省エネルギーに大きく資する。また、燃焼がシリンダ外部で連続的に行われること(爆発行程が無い)、燃焼

温度が低いこと(低くても高い熱効率を達成できる。)等から燃焼管理が容易で排気が清浄、騒音、振動が小さい等環境保全上の問題が少ない。燃料としては基本的には熱が出るものであれば何でも良く、石油、天然ガス、石炭、木質系燃料等広範な燃料が使用できる。ムーンライト計画では、民生用ヒートポンプ(エアコン等)の動力源及び産業用小型動力源としての実用化を目指し、3kW級及び30kW級のエンジン各2タイプ計4タイプについて、昭和57年度から62年度までの6年計画で研究開発を進めている。32~37%の熱効率を目標としているが、59年度末にはこの目標の8割方を達成しており、現在は熱効率の一層の向上と小型軽量化、経済性、耐久性の向上等実用化のための研究開発を推進している。

(5) スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム

夜間の低コストの電力を動力源とし、高性能の圧縮式ヒートポンプを用いて高効率で熱(温熱又は冷熱)を作り、これを蓄熱槽に高密度に貯蔵しておき昼間に利用するシステムである。昭和59年度から66年度までの8年計画で開発している。省エネルギー及び電力需要の昼夜間格差の平準化に大きく資するものである。本システムの特徴は次のとおりである。

- ① 現在の圧縮式ヒートポンプでは低温環境側から高温環境側へ汲み上げられる熱エネルギー量は、所要動力のエネルギー量の3~4倍程度であるが、これを6~8倍に高効率化する。これにより経済性が飛躍的に向上する。
- ② 現状技術では、圧縮式ヒートポンプの出力温度は110℃程度が上限となっている

る。これは高温側と低温側の温度差が大きくなる程熱の汲み上げが困難になること、高温では作動流体が分解すること等による。本プロジェクトではこの出力温度を150℃～300℃とすることを目指している。実現すれば産業用の需要分野を飛躍的に拡大できる。

- ③ 熱貯蔵（温熱及び冷熱の貯蔵）を化学反応を利用して効率的に行うため、蓄熱槽は従来の水蓄熱式に比べて約10分の1程度と極めてコンパクトになり、ビル等への適用性が飛躍的に高まる。

技術開発課題としては、圧縮機、凝縮器、膨張弁、気化器、熱交換器などの各構成機器の高性能化、適切な新作動流体の開発、化学蓄熱技術の開発、トータルシステムの最適化等がある。本プロジェクトは動き出したばかりであり、今後の成果が期待されている。

（参考）圧縮式ヒートポンプの原理

一般に、ヒートポンプとは温度の低い所から熱を奪い温度の高い所にその熱を与えるために使われる機械である。熱は温度の高い所から低い方へ流れるものであるが、これを逆向きに高い方へ流す役割を果たすことから、水を高い所へ汲上げるポンプになぞらえてヒート（熱）ポンプと呼んでいる。我々の回りのエアコンも冷蔵庫もヒートポンプの一種である。

圧縮式ヒートポンプは、フロン等の作動流体が密閉された管路の中を循環している。作動流体が周辺温度の低い側に来た時には作動流体はそれよりはるかに低い温度になっているため熱が外から作動流体に流れ込む。この時作動流体は液体から気体になる。（低温においても蒸発するよう十分低圧にしておく。）

次にこの気体を圧縮機で圧縮し高温高圧にする。作動流体が周辺温度の高い側に来た時には作動流体はそれよりはるかに高い温度となっているため熱が作動流体から外へ流れるこの時作動流体は凝縮して液体にもどる。（高圧であるのでこの高温においても液化する）この液体は膨張弁を経て低圧になり一部気化して低温となる。以上で1サイクルを形成する。これらの結果、作動流体を介して熱が温度の低い側から高い側へ汲み上げられたことになる。作動流体をこのように変化させつつ管路の中を循環させるためには、作動流体が気化する気化器、圧縮する圧縮機、液化する凝縮器圧力を下げる膨張弁、作動流体と周辺環境との熱伝導を受けもつ熱交換器などの要素機器が必要である。

以上の5プロジェクトの開発スケジュールを表3に示す。

2) その他のプロジェクトの概要

その他のプロジェクトの概要については表2及び表4をごらん願いたい。

4. おわりに

戦後、主として欧米先進技術の導入により、多くの分野において著しい技術進歩が起り、これが経済社会のスムーズな発展に大きく寄与したことはよく指摘されるところであるが、エネルギーの分野ではこの傾向が特に顕著であったと思う。しかし、このような方法は従来は正しいものであったにせよ、今後は必ずしも許されるものではないであろう。何となれば、従来型のエネルギー技術が成熟段階に達し、最早単純な技術改良によっては大きな成果を期待することができなくなった今日に

表3 大型省エネルギー技術研究開発の長期開発計画

研究項目		年 度					
		53	54	55	56	57	
高効率ガスタービン	1. 超高温耐熱材料、ガスタービン要素技術等				耐熱材料、要素技術等の研究開発		
	2. ガスタービンプラント（ガスタービン単体出力10万kW級）の試作運転		パイロットタイププラント（総合熱効率約50%:LHV）			プロトタイププラント（総合熱効率約55%:LHV）	
	3. トータルシステムの研究（環境保全含）						
新型電池電力貯蔵システム	1. 新型電池の研究開発（ナトリウム-硫黄、亜鉛-臭素、亜鉛-塩素、レドックス・フロー型）			要素研究		1 kW級開発	
	2. システム技術の研究開発（サンプル鉛蓄電池インバータ等）				システム解析・設計		
	3. 新型電池電力貯蔵システム実証試験（1,000kW級）						
	4. トータルシステムの研究						
燃料電池発電技術	1. リン酸型燃料電池				要素研究		
	2. 熔融炭酸塩型燃料電池				要素研究		
	3. 固体電解質型燃料電池						
	4. アルカリ型燃料電池				要素研究（1 kW級）		
	5. トータルシステムの研究					システムの最適化	
汎用スターリングエンジン	1. スターリングエンジンの試験評価に関する研究						
	2. エンジンの研究開発					概念設計	
	3. 利用システムの研究開発						
	4. 燃料多様化の研究						
エネルギー集積システム	1. 媒体、材料等の研究・評価						
	2. システム試作運転研究 (1) システム化研究 (2) 要素技術の研究 (3) ベンチプラントの試作運転研究 (4) パイロットシステムの試作運転研究						
	3. トータルシステムの研究						

表4 先導的基盤的省エネルギー技術研究開発の概要

(1) 個別研究

研究項目	昭和61年度予算要求額	昭和60年度予算額
	千円	千円
電気エネルギー変換輸送技術に関する研究	14,612	22,535
カリウムタービン技術の研究	10,002	10,805
潜熱蓄熱技術の研究	8,340	8,365
溶鋳炉法によるアルミニウム新製錬技術の開発	7,345	16,975
黒鉛化における省エネルギー技術に関する研究（超高温熱回収技術）	7,520	5,406
高融点無機化合物の省エネルギー的製造法に関する研究	7,797	4,919
熱流の計測技術に関する研究（高温材料の熱物性計測技術）	6,680	5,880
再熱サイクルによる高効率動力変換技術に関する研究	4,796	0
省エネルギー磁性材料に関する研究	0	6,415
セラミック材質の赤外線輻射に関する省エネルギー技術の研究	0	6,105
小計	67,092	87,405

(2) 院内共同研究

研究項目	昭和61年度予算要求額	昭和60年度予算額
石炭燃焼MHD発電の研究	91,659	95,233
燃焼技術の高度化に関する研究	36,516	44,116
小計	128,175	139,349
合計	195,267	226,754

研 究 内 容
電力需要の増大に伴う送電線網の長距離化、広域化に対処し、電力輸送の省エネルギー化を図るため超電導送電ケーブルシステム、導体用超電導材料等の基礎的研究を行い、送電ロスのない超電導送電技術の基礎を確立するため技術開発を行う。
複合発電による発電効率の向上を図るため、1,000℃程度の熱源を利用できるカリウムランキンサイクルの基礎研究を行う。
400℃前後の中温温度域の熱を材料の融解熱等を利用し貯蔵し、ほぼ一定温度の熱エネルギーを供給する潜熱蓄熱技術の研究開発を行う。
鉄鋼に次いで重要な基礎資材であるアルミニウムは、製錬において膨大な電力を消費しているが、この製錬を省エネルギー化するため、溶鋳炉法による新製錬技術の開発を行う。
幅広い需要のある黒鉛は、その製造工程中に約3,000℃の熱処理を必要とするが、この3,000℃の熱の有効利用を図るため超高温用伝熱管及び熱交換器を開発する。
高融点無機化合物の製造、成形過程における省エネルギー化を図るために自己発熱反応を利用した同時合成成形技術の研究開発を行う。
高温材料の開発・利用を促進し、熱関連装置の省エネルギー技術基盤を強化するために熱物性計測技術に関する研究を行う。
高効率熱機関を開発するためディーゼル機関を断熱化する技術及びその排ガスを再熱器で加熱しタービンを通して動力回収する技術を研究する。
昭和60年度で研究開発終了
昭和60年度で研究開発終了

研 究 内 容
MHD小型燃焼実験方式による石炭燃焼模擬実験を行う。またセミホット発電チャンネル用電極及び石炭燃焼器等の要素技術の研究を行う。
工業用炉の燃焼現象を正確に把握するために必要な非接触法による各種の計測法を確立し、工業用炉の省エネルギー化を図るものとする。

において、しかも海外諸国も同様の状況下にあつて我が国に導入できる優れた技術が少なくなつてゐる今日において、このような姿勢をとり続けることは技術進歩をむぎむぎ停滞させておくことになりかねないからである。そうさせないためには、新しい概念による革新的な新技術の開発に果敢に挑んでいくことが重要である。これは山積するエネルギー問題を解決していく上で不可欠のことである。

私どもは、大型省エネルギー技術開発を中心として高度な開発課題に挑戦している。産官学の英知を結集し、これを有機的に組織し

て効率的な研究開発体制を構築し、厳しい財政下ではあるが許される限り必要な資金を投入し、明確な開発目標を掲げて効率的に研究開発を推進している。そして最大限の開発成果をできるだけ早期に得て、エネルギー問題の解決に貢献できるよう努力している。私どもは、最善の方途をとるべく日々反省を重ねているところであり、読者の御助言、御支援を賜ふことができれば幸いである。(よねだふみしげ 通産省工業技術院ムーンライト計画推進室)

省エネルギーと蓄熱技術

— 中高温用潜熱蓄熱を中心として —

神 本 正 行
阿 部 宜 之

1. はじめに

変動の激しい太陽エネルギー等の自然エネルギーや廃熱の有効利用、あるいは変動する電力需要を平滑化するための技術の一つに蓄熱がある。

安価な深夜電力により暖めた温水を蓄える温水タンクは、古くから給湯用に使用されている代表的な蓄熱装置である。産業用としては蒸気アキュムレータがよく知られている。蒸気の需要が変動する場合、蒸気アキュムレータを用いればボイラ蒸気量を一定にすることができ、蒸発量の変動によるボイラ効率の低下を防ぐことができる。

表1¹⁾に示したのは、工技院のサンシャイン

計画を中心として作られ、運転された、太陽熱利用実験システムの例である。これらのシステムは、全て、太陽エネルギーの変動を吸収するために蓄熱装置を有している。表に見られるように、ほとんどの蓄熱装置が水の温度上昇を利用した顕熱蓄熱である。一方、物質の相変化に伴う潜熱を利用する潜熱蓄熱も2例見られる。

潜熱蓄熱は、蓄熱密度が高く、一定温度で熱の出し入れができるという利点を有している。かなり実用化されている顕熱蓄熱に対し、いまだに研究開発段階であるが、最近、ようやく一部実用化の兆を見せている。

本稿では、筆者らの研究開発を中心に、省エネルギーのための潜熱蓄熱技術について述べる。

表1 太陽熱利用システムに用いられた蓄熱装置(サンシャイン計画)

システム名		蓄熱方式	蓄熱材料
ソーラーハウス	既存個人住宅向け	顕熱 (潜熱)	水 (アンモニウムミョウバン)
	新築個人住宅向け	顕熱	水
	集合住宅向け	顕熱	水
	大型建物向け	顕熱	水
産業用ソーラーシステム	カスケードリング・ヒートプロセス	顕熱	水
	フィックスト・ヒートプロセス	顕熱	水
熱発電システム	タワー集光方式	顕熱	水
	曲面集光方式	{ 顕熱 潜熱	{ 水 LiCl-KCl
熱・電気複合ソーラーシステム		顕熱	水

2. 中高温用潜熱蓄熱の概要と装置の開発例

2.1 潜熱蓄熱材料と熱交換法

小沢ら²⁾は100℃～500℃の温度範囲で系統的なスクリーニングを行い、図1に示すような

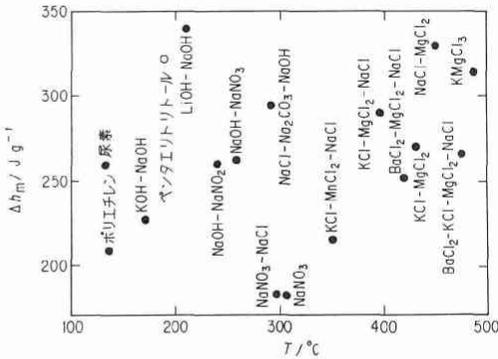


図1 100～500℃における潜熱蓄熱材料の候補物質
安価で潜熱の大きい候補材料を選定した。高密度ポリエチレンとペンタエリトリトールを除く全ての材料は熔融塩である。200℃～300℃付近では水酸化物を主成分とする共融塩、それ以上では塩化物の共融塩が有望である。500℃以上では炭酸塩やフッ化物が有望と考えられる。

もっとも一般的な潜熱蓄熱装置は、図2に

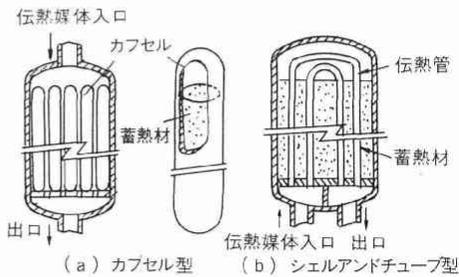


図2 潜熱蓄熱装置の代表的な構造

示すようにシェル・チューブ型かカプセル型である。このようないわゆるパッシブな熱交換法においては、放熱時に伝熱面に付着する

固相の熱低抗により熱交換性能が著しく低下するという問題がある。性能と経済性の両方を満足させるために、カプセル径等の決定には十分な検討が必要である。積極的に伝熱促進を図る、いわゆるアクティブな熱交換法(例えば熱媒体との直接接触熱交換法)もいくつか提案されている。

蓄熱装置の開発に当たっては、それぞれの材料にもっとも適していると思われる熱交換法が選ばれる。表2に代表的な例を示す。

表2 高温用潜熱蓄熱装置の開発例

潜熱蓄熱材料(相変化温度)	熱交換法
形状安定化高密度ポリエチレン(127℃)	エチレングリコールとの直接接触
ペンタエリトリトール(188℃)	スラリーの攪拌 カプセル型(スラリー)
NaOH-NaNO ₃ (259℃)	シェル・チューブ型
Thermkeep (NaOH系非共融混合物, 299℃)	シェル・コイル型
LiCl-KCl(352℃)	カプセル型
NaCl-KCl-MgCl ₂ (385℃)	カプセル型

2.2 潜熱蓄熱装置の例

筆者ら³⁾は、高密度ポリエチレンを融けても流動したり、互いにくっついたりしないよう形状安定化し、熱媒体のエチレングリコールと直接接触させる蓄熱装置を開発した。すでに、30kWh級の装置(図3)により、潜熱蓄熱特有の優れた蓄放熱特性(図4)を実証した。図に見られるように、この装置では、140℃程度の熱を蓄え、利用するときは結晶化温度(127℃)以上で取り出すことができるため、顕熱蓄熱に比べてエクセルギー的に有利となる。水と直接接触させることも考えられる。

188℃に転移点を持つペンタエリトリトールは、1kg当り300kJ程度の転移熱を持つ。固相転移という特徴を生かし、有機熱媒体とス

3. 原子炉の負荷追従運転と蓄熱⁶⁾

3.1 原子炉の負荷追従運転

現在、原子力発電はベース電源として、電力需要の変化に係わりなく定格で運転されており、火力発電に対する経済的優位を保っている。しかし、電源構成に占める原子力発電の割合の増加と、電力需要変動の激化を背景に、今後の原子力発電技術にとって、変動する負荷に追従した運転は不可欠になる。

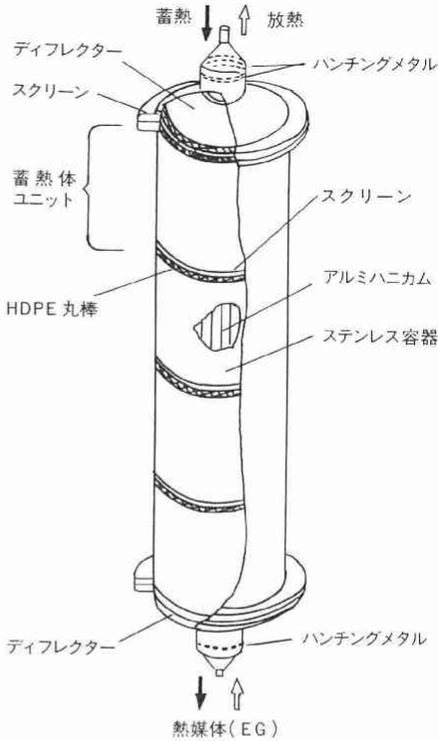


図3 プロトタイプ形状安定化高密度ポリエチレン潜熱蓄熱器

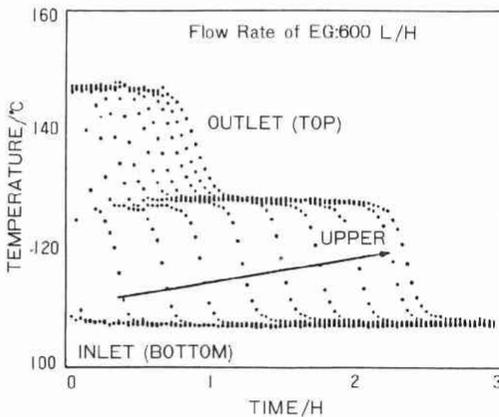
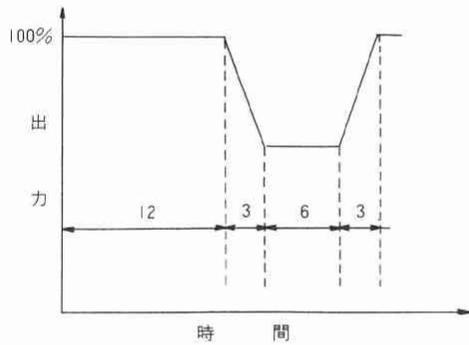
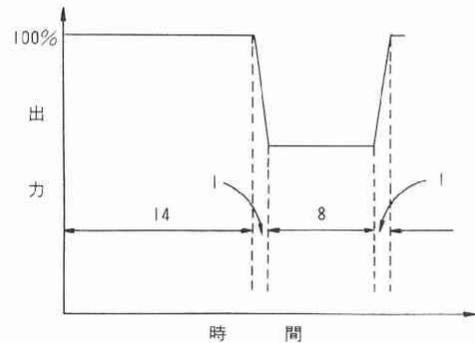


図4 ポリエチレン潜熱蓄熱器の放熱特性

ラー化したものを、攪拌したり、直接循環したり、あるいはカプセル化する方法について検討を進めている。ペンタエリトリールの^{4) 5)}高温相は柔粘性結晶で、管壁等に付着し易い。カプセル化以外の方法では問題となるため、付着に対する対策も検討中である。



(a) 12-3-6-3方式



(b) 14-1-8-1方式

図5 負荷追従運転モード

運転モードとしては、図5に示すような(a)12-3-6-3方式(12時間定格出力運転, 3時間出力変動, 6時間低出力運転)から開始し、経験を積み更に(b)14-1-8-1方式とする計画となっているが、出力変化は、炉内の反応を直接変化させ、発生蒸気量を変えるものである。

現在、出力の急激な変化に対して十分な健全性を有する高性能燃料棒の開発が、鋭意進められている。おそらく、昭和65年前後より、一部の原子力発電所で日間負荷追従運転が開始されるものと思われる。

これに対して、蓄熱システムを併設すれば炉の反応を一定にしておいて出力を変動させることが可能である。図6はその一例である。

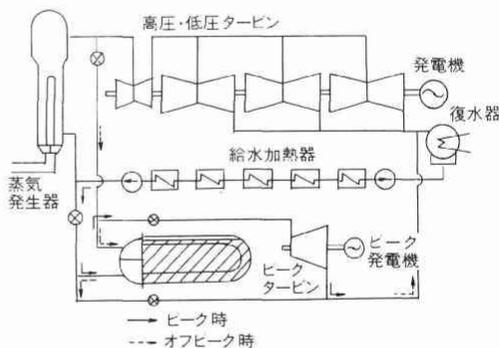


図6 蓄熱による負荷追従運転

この方法は、反応度を調節する方法に比べ技術的課題は多いが、安全性、経済性、変動のフレキシビリティの点で優れている。

3.2 蓄熱の概要

(1) 蓄熱方法

こうした目的に蓄熱を応用しようという提

案は、10年程前より米国を中心に国外で盛んに行われてきた。方法として、岩石と油の顕熱、スチームアクムレータ、潜熱など多くの提案があるが、筆者らは、原子力発電所での負荷追従を考える場合、潜熱蓄熱技術が最も適していると判断し、研究開発を進めている。前掲の図6では、夜間には蒸気発生器を出た蒸気の一部を蓄熱器に抽気し蓄熱させ、昼間のピーク時には、給水量を増やし、増加分を蓄熱器内に導き蒸気発生させてピークタービンを回して発電量を増やす。

(2) 蓄熱材料

原子力発電プラントのヒートバランスより、蓄熱時には270~290℃の蒸気、放熱時には200~220℃の熱水で蓄放熱させることになる。この温度範囲で相変化する材料の中で、経済性、蓄熱密度の点で最も有望なものは、水酸化ナトリウムと硝酸ナトリウムの二成分系、もしくは、水酸化ナトリウムと亜硝酸ナトリウムの二成分系である。

表3にはこれら一連の熔融塩の融点、融解潜熱、過冷却度の実測値が示されているが、物性面、及び経済面でも最も有望な組成は、水酸化ナトリウム-硝酸ナトリウム(81.5-18.5モル%)と水酸化ナトリウム-亜硝酸ナ

表3 各種潜熱蓄熱材料の融点および潜熱

組成 mol %	Tm(ref) ℃	Tm(obs) ℃	Tc(obs) ℃	Tm-Tc ℃	Hcal J·g ⁻¹	Hm(obs) J·g ⁻¹
NaNO ₃ -NaOH						
18.5-81.5	258	259	257	2	225~278	279
41-59	266	270	232	38	216~257	271
72-28	246	248	202	46	197~226	222
NaNO ₃ ·NaOH	271.5	271.5	230	41.5	214~251	251
NaNO ₃ ·2NaOH	272	271.5	211.5	60	222~267	284
NaNO ₂ -NaOH						
27-73	239	239	224	15	220~261	285
80-20	232	234.5	231.5	3	205~214	237
NaNO ₂ ·NaOH	266	266.5	222	44.5	226~251	294

トリウム (73-27モル%) の組成である。

3.3 蓄熱システムと課題

(1) 蓄熱器

上記蓄熱材料を用いて蓄熱システムを構成すると、仮りに200MWe×6時間のピーク出力分を蓄えるためには、約6万t(約3万 m^3)の溶融塩を用いることとなる。これだけ膨大な量の溶融塩蓄熱器は、もちろん複数の蓄熱器で構成することになるが、70気圧程度の高圧蒸気・熱水との熱交換という点から、基本的にはシェル・チューブ型の蓄熱器が妥当と言える。もし、カプセル型(図2参照)を想定すると、内径10mの蓄熱器では380mmもの肉厚が必要となる。

また、蓄熱器の構造上の留意点としては、

- ① 溶融、凝固に伴う溶融塩の体積変化の逃げ
- ② 保守の容易さ
- ③ 腐食によるダメージを極力小さくする
- ④ 安価な材料で、安価な製作コスト

等が挙げられるが、筆者らは、横型U字管式蓄熱器が基本的には最も好ましい型式であると考えている。

(2) システムの経済性

電力系統への応用という点から、システムの経済性は、最重要な評価観点と言ってもよい。経済性は、発電出力、蓄熱容量、蓄熱材料等によって異なるが、ポイントは、いかに蓄熱器を安価に製造するかという点である。

図6のようなピークタービンを併設するシステムでは、コストの60%近くが、蓄熱器周辺に関するコストである。図7は、蓄熱器の型式と構造材料について、発電原価、建設単価へのこれらの影響を示したものである。この

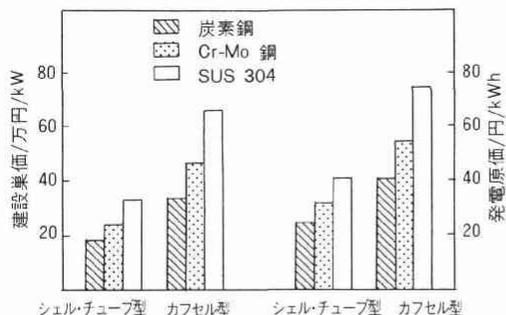


図7 経済性に及ぼす蓄熱器構造材料の影響

比較からわかるように、潜熱蓄熱による負荷追従運転を現実性のあるものにするためには、炭素鋼の使用が必須条件といえる。

(3) 課題

潜熱蓄熱自体が、まだ世間に広く認められた段階の技術ではなく、しかも安全性については極めて厳しい分野への応用という点から、課題は多い。

まず、最も重要な技術課題は、溶融塩と蓄熱器材料との共存性である。炭素鋼がそのまま使用可能なのか、またもし使用できないとしたら、どんな防食方法を検討すべきか、早急に明らかにすべきであろう。著者らは、金属材料と溶融塩の共存性試験を進めているが、幸いなことに、各種低合金鋼、高合金鋼等の中で、炭素鋼が最も良い共存性を示すという結果を得ている。さらに、小型模擬蓄熱器を製作し、実際に蓄熱器内で生じる材料問題の把握を行っている。

蓄熱器に関する技術課題で重要な、もう1つの点は、蓄放熱時の伝熱の問題である。伝熱管の内部は、水の蒸発あるいは凝縮を伴う、高い熱伝達率による伝熱であるのに対して、伝熱管の外側では蓄熱材料の熱伝導が主体の伝熱であるため、蓄放熱の際に十分な熱の授受を可能にするためには、種々の工夫が

必要となろう。各種の伝熱促進手法以外にも、蓄熱器内の伝熱媒体の流し方によっても、熱の取り出しを効率よく行うことができると考えられる。こうしたシステム設計をする上で、実験結果との対応のよいシミュレーション手法が大いに役立つ。さらに、蓄熱器に関する課題として熔融塩-水反応、複数基の蓄熱器の最適なシステム化等が挙げられる。

発電システムに関する課題も、プラント安全性、最適システム構成等、まだ多く存在するのが現状である。このように、検討すべき課題は多いが、電力の安定かつ効率よい供給を保障する上で、実用化が強く期待される技術である。研究開発の流れとしては、基礎研究を蓄積し、中小規模の発電設備で十分な経験を積んだ上で、慎重に導入を具体化していくこととなろう。

4. コージェネレーションシステムと蓄熱

4.1 電力需要と熱需要

燃料電池を始めとした、オンサイト発電システムでは、発電と共に廃熱を冷暖房やプロセス熱源に用いる、いわゆるコージェネレーションの形態をとることによって、高機能化、経済性の向上を図るものと考えられる。

一口に、コージェネレーションと言っても、電気と熱の供給の条件はシステムによって大きく異なる。典型的な例として、図8に示すようなパターンが想定できる⁷⁾。(a)は電力需要に追従し、余剰、不足の熱は蓄熱か追い焚きによって調整する。(b)の熱需要追従型では、逆に余剰、不足の電力については電力の売買によって調整を行う。稼働率の高さから言えば、(c)のベース電力の供給が最も経済性が高

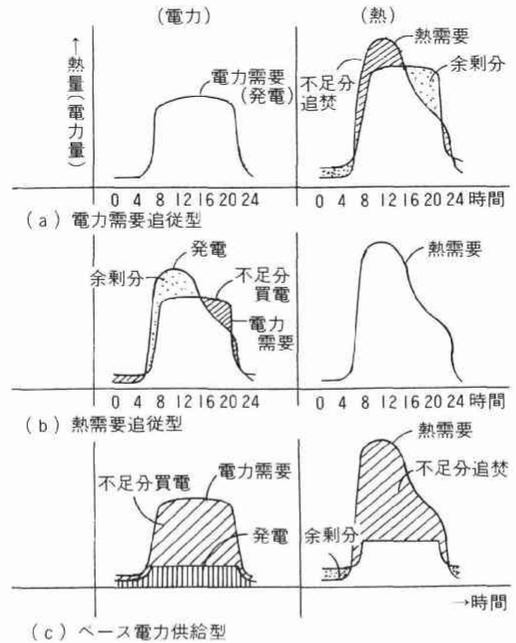


図8 コージェネレーションのパターン

いものであるが、通常は、(a)のタイプの運転モードが最も一般的である。

種々の分野での電力需要と熱需要とを比較すると、熱需要のピークは電力需要ピークよりも3~4時間程度早く現われるパターンが圧倒的に多い。こうした負荷の時間的ずれを調整する最も有力な手段は蓄熱である。蓄熱の期間としては、長期は必要ないことから、温水、冷水による顕熱蓄熱が適用し易い身近な技術と言える。しかし、今後はより高品位な熱源として、より温度レベルの高い蓄熱技術が重要になると考えられる。

4.2 各種発電技術と排熱利用

具体的に、どれ位の温度レベルでの熱が発電システムから排出されるのか、ここではリン酸型燃料電池、ガスエンジン、スターリングエンジンを例にとってみる。

(1) リン酸型燃料電池

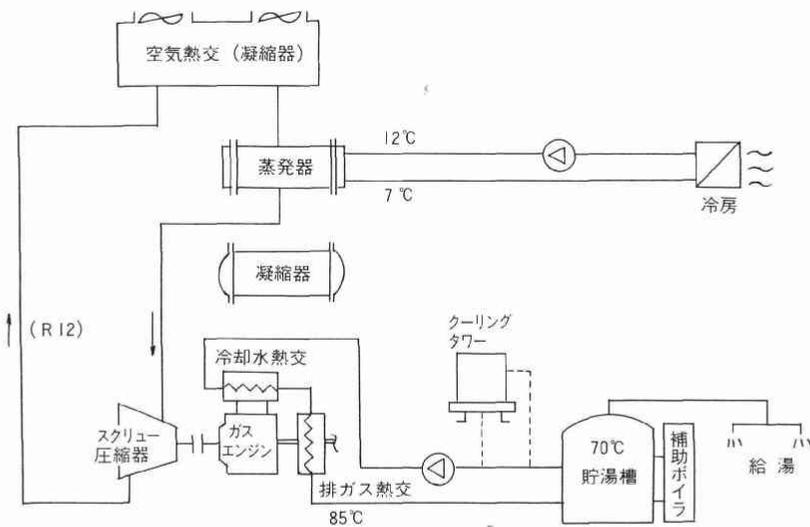


図9 ガスエンジンにより冷房・給湯システム

リン酸型燃料電池の排熱温度は、システム設計、燃料等によって異なるが、天然ガスを燃料とした1万kW規模のものでは、170～180℃の蒸気、90℃の高温水、35℃の低温水の形で排熱される。ただし、高温排熱は電力負荷率の変化による影響が大きいため、高温での蓄熱装置の設計にあたっては、応答性の高いことが要求される。

(2) ガスエンジン

ガスエンジンからの熱利用としては、排ガス及びエンジン冷却の熱の利用がある。排ガスは、他の燃焼排ガスに比べSOx、カーボンが少なくクリーンであり、また温度も約550℃と、ディーゼルエンジンよりも100℃程度高く、負荷の変動による排気温度の影響も少ない為、利用し易い熱源であり、従って利用側のシステム設計としては楽になる。ガスエンジンによるコジェネレーションは、既に多くの実績があるが、常時は、むしろ熱利用が中心であり、電力は非常用というシステムが大半である。エンジンの過熱防止、排気ガスは

熱交換させて、100～200℃程度の熱源として用いられている。

また、エンジンの冷却熱は、80～90℃の温水として利用されているのが通例である。図9はガスエンジンによる冷房、暖房モードの例である。⁸⁾

(3) スターリングエンジン

スターリングエンジンは、振動、騒音が少なく、小出力(数kW～数10kW程度)向きであることから、中小型コジェネレーションシステムに向くと考えられる。

前述した二例と異なり、エンジンの排熱利用というよりは、むしろ既発生の排熱を用いて動力化する利用方法が主体であるが、図10に示すようなスターリングエンジンによるヒートポンプシステムもスターリングエンジンの応用方法として非常に有望であろう。⁹⁾

また、蓄熱の点からみると、スターリングエンジンの安定熱源として、フッ化リチウム(融点1,121K)を用いた潜熱蓄熱器を設ける研究も試みられたことがある。

シー(1985).

8) ガスエンジン利用のトータルエネルギーシステムの調査研究報告書, (社)日本産業機械工業会(1983).

9) スターリングエンジンの将来性に関する調査研究報告書, (社)日本機械工業連合会, (社)日本産業機械工業会(1983).

自然エネルギー利用住宅システムの開発

渋谷 紳一

1. 開発の背景と必要性

現在わが国のエネルギー消費構成の中で、住宅用エネルギーの占める割合は12%程度と推定され、欧米諸国と比べ比較的低い水準にある。しかしながらわが国では、エネルギー事情が厳しい中でも家庭におけるエネルギー消費量は年々増大する傾向にある。

エネルギー情勢、社会環境の変容に伴い住宅に対するニーズは変遷しつつあり、これらに応えるため、通産省は昭和55年度より5ヶ年計画で「新住宅開発プロジェクト」を進めて来た。

住宅は、本来、自然とのかかわり合いを大切に作る建築である。

自然エネルギーを、機械力を用いずに、建

物自体の工夫によって、有効に利用しようとするシステムを「パッシブシステム」と呼ぶ。

本プロジェクトの技術課題の一つである

表1 自然エネルギー利用住宅システム技術開発の概要

技術開発課題	自然エネルギー利用住宅システム技術の開発 家庭における自然エネルギー利用を促進し、国民の生活水準を犠牲にすることなく、1990年代に予想される「エネルギーの谷間」を越える。
開発の必要性	①家庭用におけるエネルギー消費量の増大 ②石油情勢の逼迫による自然エネルギー利用の促進の要請 ③多様な分野の技術の結集が必要
開発目標・効果	①家庭用における自然エネルギー依存率を引き上げ、ソーラーシステムと相まってエネルギー自立住宅を供給。 ②既存エネルギー設備により給湯・冷暖房を行うに要する費用とほぼ同程度のシステム価格 ③地域特性、各種の住宅構造に適用可能なシステム
技術開発のポイント例	①集熱機能と断熱機能を併せ持つ建材の開発（選択透過フィルム・ガラス、複合サッシ、複合ブランド等） ②蓄熱材の性能向上及び制御の容易化（潜熱蓄熱建材、土壌長期蓄熱システム等） ③無動力熱移送法の開発（新型ヒートパイプ、空気対流システム等） ④自然エネルギー利用冷房システムの開発（除湿冷房等） ⑤最適システム開発（シミュレーションプログラム等）

	昭和55年度	昭和56年度	昭和57年度	昭和58年度	昭和59年度
総合研究	技術動向、開発基礎調査	新技術シーズ調査	伝統的自然エネルギー利用技術調種	評価手法研究	評価、普及対策
シミュレーション・プログラムの開発	システムの概念設計	部材性能予測モデルの開発	自然エネルギー利用モデルの開発	自然エネルギー利用モデルの検証	評価、普及対策
要素技術の研究開発		モデル実験・データ収集	改良モデル実験・データ収集	最適化システムの開発	評価尺度の研究
パイロットプラント・システムの開発			計測システムとモデルの設計	パイロットプラント建設・計測	計測評価・定量評価指標の策定

図1 自然エネルギー利用住宅システム技術の開発経過

「自然エネルギー利用技術」では、パッシブシステムを利用して室内環境を快適に保ち、家庭における自然エネルギー利用を促進するため、安価で、各種の住宅構造に適用可能な建材、部材等を開発するとともに、それを組み込んだエネルギー自立型住宅システムの確立を目的としている。

なお、自然エネルギー利用住宅システム技術開発の概要を表1に、また経過を図1に示す。

2. 自然エネルギー利用住宅の要素技術の開発

自然エネルギー利用住宅の実用化のために、多種多様な課題がある。住宅周辺のエネルギー源賦存形態別に開発対象技術を分類すると、

- 住宅に直接ふりそそぐ太陽日射熱の利用法
- 住宅の周囲あるいは内に存在する空気のと流れを利用する方法
- 住宅の下にある大地の熱を利用する方法にわけられる。また、これらの自然エネルギーを取得して有効に利用するには、日射調整、蓄放熱、熱移送等の諸技術の開発が必要である。

以上の観点より、昭和56年度から下記の開発分野をとりあげ開発を行って来た。

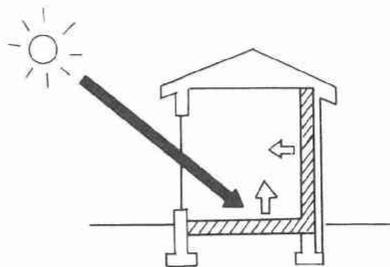


図2 床壁蓄熱

- ① 主に南面開口部への日射を有効に利用するための技術開発（太陽エネルギー利用技術）

イ).蓄熱システム

太陽熱を住宅の構造体や仕上材に蓄熱する方法であり、日射の取得方法として直接法（図2）と間接法（図3）がある。

ロ).ガラス、ブラインド等開口材

太陽直射光は透過するが、低温物質が放射する遠赤外線は反射する特性を持つ選択透過性ガラスがある。この特性は、パッシブソーラ技術において、太陽熱を十分に取得し室内からの熱放出を減少させる効果があり、エネルギー利用効率を高めるガラスとして注目されている。また同じような機能をもつフィルムも開発している。

ブラインドは住宅において余り用いられていないのが現状である。しかしながらその日射遮蔽性能や反射特性等をうまく利用すれば自然エネルギー利用技術の中で多様な利用形態が考えられる。

- ② 住宅内における熱的要因による空気流動に関する技術開発（空気循環利用技術）

冬場、一般の建家では南北間の部屋で室温差が大きいのが通常であるが、この

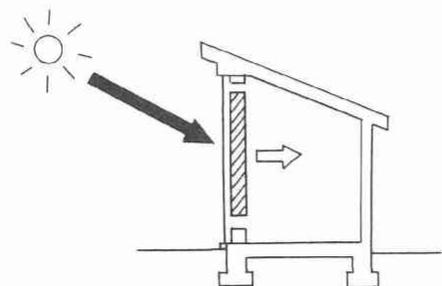
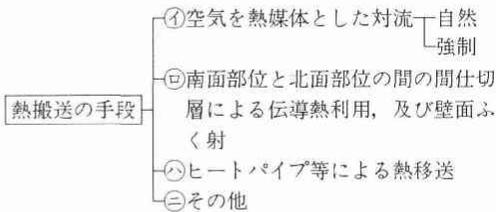


図3 壁蓄熱 (trombe wall)

温度差を平均化するため南側の部屋から北側の部屋への熱搬送の方法として次のようなものがあげられる。



以上のうち、①の方法に注目し、その「集熱」「熱搬送」「蓄熱」「放熱」方法の効果的なあり方について検討を行った。

(図4)

③ 土壤熱を有効に取り出す技術開発 (土壤熱利用技術)

土壤熱そのものを取り出す技術は、土壤蓄熱における熱回収技術と基本的に同じである。熱を取り出すためには、土の物性として熱伝導の高い方が利用しやすい。

地温は地表面より約10m深さになれば、年間を通じて一定温度となる。その温度は気温の年平均値にはほぼ等しいと言われており、有効に地中熱を取得することが可能ならば、暖冷房に直接利用することも可能である。

直接利用の基本形で、夏のクーリング方式としてクールチューブ方式(図5)、サーマルウェル方式(図6)の2つを選

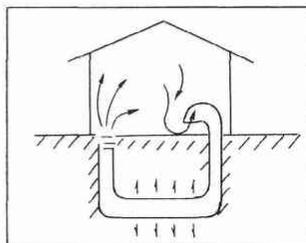


図5 クールチューブ方式

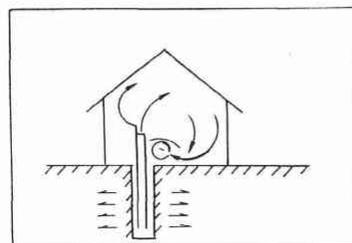


図6 サーマルウェル方式

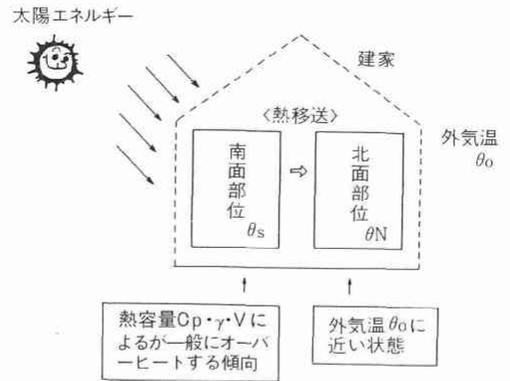


図4 空気循環式システム概念図

定し、実験装置を建設した。

検討結果を図7に示す。

④ 潜熱蓄熱作用のある住宅建材の技術開発

硫酸ナトリウムやパラフィン等の潜熱利用蓄熱材は、水やコンクリートに比べて蓄熱容量が大きいので、それらを用いると蓄熱装置を軽量な部分とすることが可能である。しかし、材料の耐久性をはじめとする信頼性、建築構造部材としての材料適性などの問題があり、これらについて検討を行った。

また、硫酸ナトリウム・10水塩からなる無機水和塩型潜熱蓄熱材を不飽和ポリエステル樹脂中に分散、固定させたマトリックス固定蓄熱体(図8)の開発を行った。

⑤ 住宅において動力を用いず熱を移送す

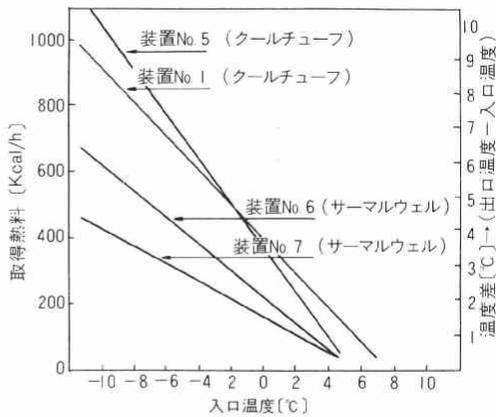


図7 入口温度と取得熱量との関係

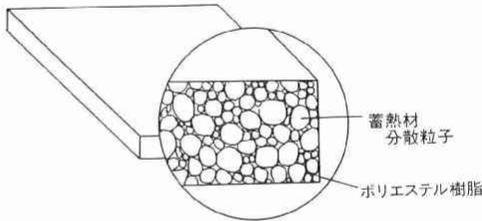


図8 蓄熱材の固定化のモデル

る部材の技術開発（熱移送部材）
 得られた熱エネルギーを効率よく、しかも動力を用いずに移送する技術にヒートパイプ利用技術がある（図9）。
 住宅での応用例として、地中蓄冷技術、太陽熱利用床暖房システム、風呂廃熱回収システムなどがあり、太陽熱、土壤熱、

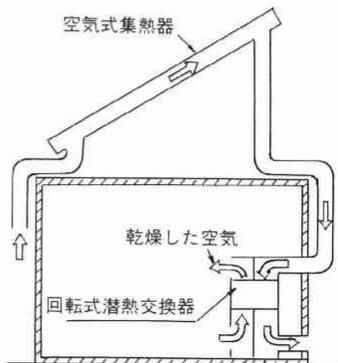


図10 夏期および梅雨期のシステム（除湿モード）概念図

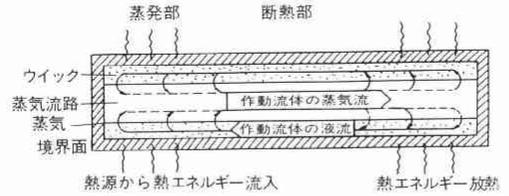


図9 ヒートパイプの作動原理

廃熱回収利用等に最適な熱移送部材（ヒートパイプ）の開発を行った。

⑥ 太陽熱利用除湿システムの開発

太陽エネルギーを、回転式潜熱交換器応用除湿機の熱源として利用することにより、極めて小さな電力で居住空間の湿度をコントロールし、夏期および梅雨期においては、空気中の湿分を取り除き、冬期においては、適度な湿分を含んだ温風により暖房を行い、年間を通じて快適な居住空間を提供する除湿システムの開発を行った。

夏期および梅雨期のシステム（除湿モード）、冬期のシステム（加湿・暖房モード）の系統図を図10、図11に示す。

また、図12に除湿モード実験の代表日の集熱量、集熱温度および除湿量を示す。除湿量は、集熱量および集熱温度に応じて増減するが、晴天日において約4時間

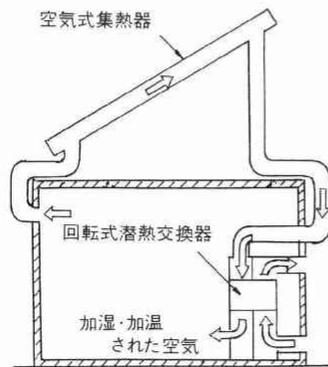


図11 冬期のシステム（加湿・暖房モード）系統図

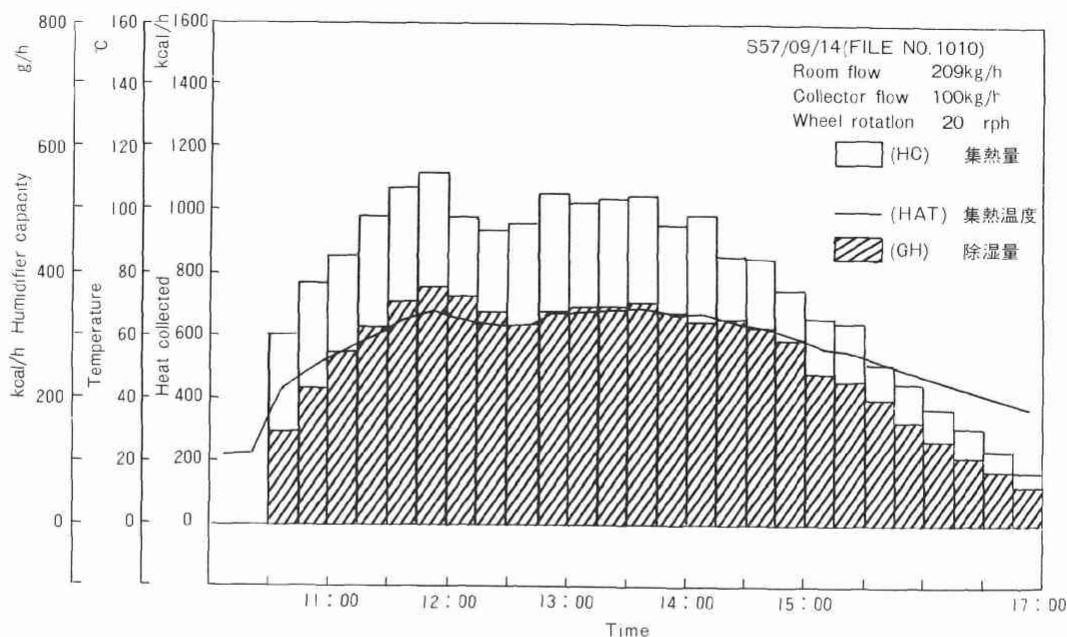


図12 除湿モード実験結果

にわたって、十分な除湿効果を維持できることが確認された。

3. 自然エネルギー利用住宅の開発

自然エネルギー利用に関して、昭和56～57年度に行ってきた各要素技術の実験成果などをもとに、さまざまな要素を複合的に組み合わせ、同時比較実験を行うために静岡県御殿場市に実験棟3棟、計測棟1棟を建設した。

実験棟3棟の躯体は、規模・構造・断熱などの基本条件を表2に示すように統一している。

この実験の目指すところは、(1). 冷暖房の非運転時に、どこまで快適な室内気候形成が可能であるか、(2). 冷暖房時のエネルギー消費をいかに軽減し得るか、について実験的に把握するとともに、シミュレーションプログラムを検証し、さらに、コンピューターシミ

ュレーションによる評価・分析を通じ、自然エネルギー利用パッシブシステムの要素技術に対する設計条件の最適化手法の確立を図ろうとするものである。

図14に示すように、3棟の施設は、それぞれ熱的に独立した東西の居住空間（EゾーンとWゾーン）より成り、いずれも異った集熱・蓄熱・熱移送・放熱形態をもつシステム、お



図13 実験施設の全景

表 2 実験施設の概要

●建物規模	建築面積 各棟 70m ² 延床面積 各棟140m ²
●構造	鉄骨軸組 総2階建
●室の構成	建物中央部に熱的中性帯としてのセンターゾーン（中間室）を設け、その東西両側に8帖大（南室）および6帖大（北室）の2室（1・2階計4室）からなる東側ゾーン（Eゾーン）、西側ゾーン（Wゾーン）があります。
●断熱性能	外壁100mm（東西壁は200mmの増し貼り）間仕切壁50mm、WゾーンとEゾーンの界壁200mm、床100mm、天井200mmの断熱材（フォームポリスチレン）を使用、また窓はすべて複層ガラス（3-6-3）を使用しており、夜間には断熱材厚さ50mmの断熱戸を閉めます。

よび部材によって構成され、それぞれ時間的・空間的に異なる熱供給が行われるため、6種類のシステムを同時に比較実験できるように計画されている。

表 3 の各実験棟の特徴比較一覧に示すように、各実験棟には有孔コンクリートブロック、潜熱蓄熱パイプ、通気式蓄熱床等の顕熱・潜熱蓄熱部材が組み込まれており、室温安定性および熱取得と負荷の時間的ギャップの解消を配慮し計画している。

なお、各実験棟の代表的な実験モードを表 4 に示す。

4. シミュレーションプログラムの開発

自然環境のもつエネルギーを巧みに利用する住宅の構造や設備について、その熱的效果や省エネルギー性能などを事前に評価するために、実証実験と並行してコンピュータによるシステムシミュレーション手法の開発が必要となる。シミュレーションは、住宅の構造

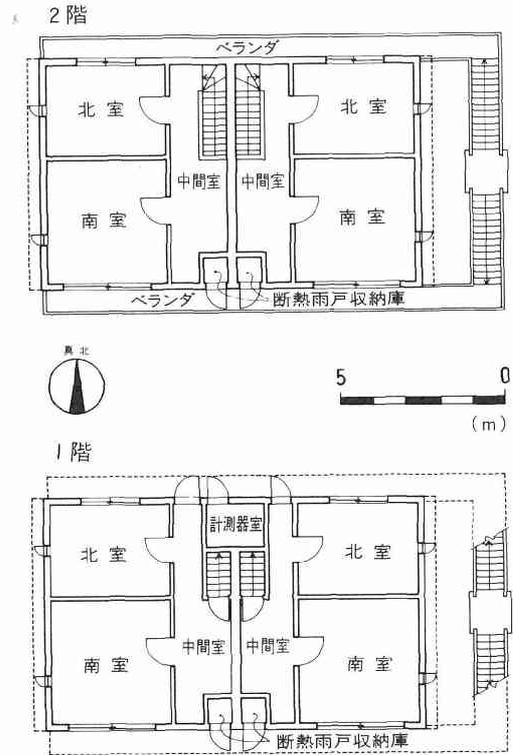


図14 実験棟平面図(各棟共通)

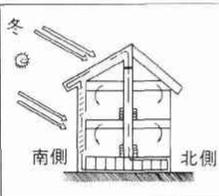
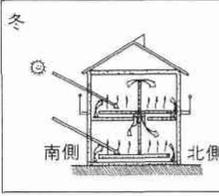
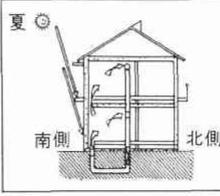
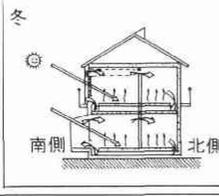
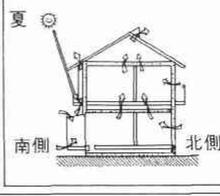
や、部材構成を数値モデル化して、コンピュータ内に住宅モデルをつくり、気象データを入力して輻射、対流、伝導などによる住宅と外界との熱のやりとりを理論的に計算するもので、そのためのソフトウェアをシミュレーションプログラムという。このシミュレーションプログラムと入出力データとその応用について図15に示す。

このシミュレーションプログラムにより、室内空気の温度、湿度、各部位の温度、蓄熱状況、冷暖房エネルギー必要量などを短時間で計算することができる。特に住宅の構造や、部材の構成あるいは地域を様々に変化させた場合の住宅の熱的性能などに関し、実物の実

表3 エンジニアリングモデルの特徴比較一覧

実験棟	ソーラーエアーサーキュレーションシステム(A棟)		ダイレクトゲインシステム(B棟)		インダイレクトゲインシステムおよびリファレンス(C棟)		
	Wゾーン	Eゾーン	Wゾーン	Eゾーン	Wゾーン	Eゾーン	
概要	太陽エネルギーを住宅躯体に一体化された集熱部材により集熱し、得られた温風を有孔壁などを介して北側室などに移送し、仕間あるいは夜間の室温上昇に用いるシステム。		窓開口部から入射する太陽エネルギーにより直接室内を暖め、得られた温風を1階あるいは2階の北側室などに移送し、仕間あるいは夜間の室温上昇に用いるシステム。		太陽エネルギーを住宅に設置された温室あるいは採熱壁により集熱し、温風を居室に移送し、仕間あるいは夜間の室温上昇に用いるシステム…(Wゾーン)各システムの従来住宅との比較のための標準(リファレンス)…(Eゾーン)		
特徴機能	高温蓄熱 有孔コンクリート床蓄熱 通気型放射冷却屋根(夏) 前面通気型集熱屋根(冬)		低温集熱 有孔コンクリート壁蓄熱 床下蓄熱パイプ蓄熱		機能部材による集熱 (付設温室採熱壁) 通気式コンクリート床蓄熱		
技術的	集熱	前面通気型集熱屋根 + 集熱ブラインド	集熱ブラインド	(冬) 南面開口部 (夏) クールチューブ (冷熱)	(冬) 南面開口部 (夏) クールチューブ (冷熱)	付設温室(1階) 採熱壁(2階)	南面開口部
	蓄熱	有孔コンクリート床蓄熱 (顕熱)	有孔コンクリート壁蓄熱 (顕熱) + 床下蓄熱パイプ(潜熱)	通気式コンクリート床 (顕熱) 地中蓄冷(夏)	通気式コンクリート床 (顕熱) 地中蓄冷(夏)	通気式コンクリート床 (顕熱)	なし
手段	熱移送	強制循環(ファン)	自然循環 強制循環(ファン) (有孔コンクリート壁)	自然循環 強制循環(ダクト+ファン)	自然熱移送(熱伝導壁) 強制循環(ファン) 床下ヒートパイプ	強制循環(ファン)	なし
	放熱	冬 温風・輻射 夏 通気型放射冷却屋根(冷風) 小屋裏強制排気	輻射	温風・輻射	温風・輻射	温風・輻射	なし
関連機能部材	選択吸収・放射膜 集熱ブラインド 有孔コンクリートブロック		潜熱蓄熱パイプ 有孔コンクリートブロック	通気式蓄熱床 クールチューブ 可動庇	通気式蓄熱床 バルブ付ヒートパイプ クールチューブ 可動庇	通気式蓄熱床 付設温室 採熱壁 可動庇	可動庇

表4 各実験棟の代表的実験モード

<p><ソーラーエアーサーキュレーションシステム(A棟)></p> <p>冬期：集熱器により集熱し、得られた暖い空気を有効壁を通じ各部屋へ移送する。移送された温い空気で部屋を暖める。</p> <p>夏期：夜の外気と放射冷却屋根で得られた冷風を各室へ直接吹き出し室温を低下させる。</p>		
<p><ダイレクトゲインシステム(B棟)></p> <p>冬期：南面開口部から入射する太陽熱で空気・床を暖めることによって直接集熱する。暖められた床の熱はヒートパイプを通じ、暖められた空気は壁・天井間に設けた通風口を通じ北室へ移送し、北室の空気床を暖める。</p> <p>夏期：地下に埋め込まれた配管(クールチューブ)により土壌熱利用冷房を行う。</p>		
<p><インダイレクトゲインシステム(C棟)></p> <p>冬期：住宅の躯体に設置された機能部材および付設温室で集熱し、暖められた空気は壁、天井間に設けた通風口を通じ北室へ移送し、北室の空気・床を暖める。</p> <p>夏期：棟中央部の吹き抜け空間による自然通風換気で排熱を図る。</p>		

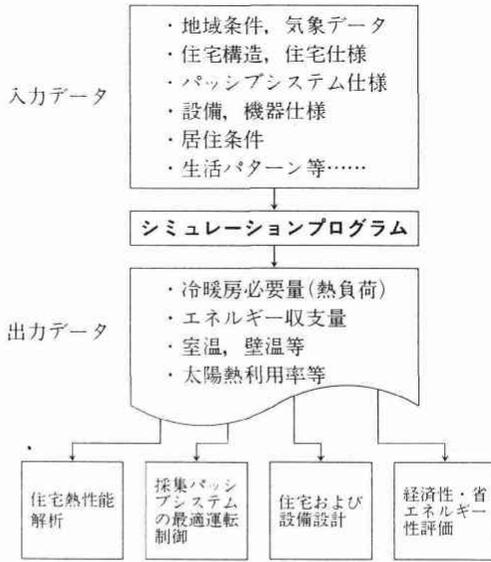


図15 システムシミュレーションプログラム
入力出力データとその応用

験では時間的、経済的に制約があるので、コンピュータによるシミュレーションを行うことにより、それらの状態を把握することが可能となる。

開発されたシミュレーションプログラムは、各種の実験結果との比較によるプログラム検証を経て、自然エネルギー利用住宅システムの総合評価に用いられ、よりよい自然エネルギー利用住宅システムの開発に寄与している。

図16に単室のモデルによる実測値とシミュレーション結果とを比較したものを示す。

5. おわりに

住宅における自然エネルギー利用技術の研究開発の基本は、主としてパッシブシステムにおけるそれにあるとし、次の四項目を基本課題と位置づけた。

① 要素技術の開発とその性能評価

② 評価のためのシミュレーションプログラムの開発

③ 新技術開発とそのための基礎、応用データの収集

④ パッシブシステムの総合性能評価法の提案

以上の各項目についての研究開発が次に述べるプロセスに従って進められた。すなわち、基礎調査に始まり、本格的研究の前段は、ボックスモデルによる各種要素技術の性能評価とデータ収集、シミュレーションプログラムの検定、後段は、エンジニアリングモデルによる複合要素の性能分析評価が行なわれた。特に集熱、蓄熱、熱移送、および放熱機能の性能要素別の性能表示法は、これまでの平均室温や室温安定性など、リファレンスモデルの総合性能評価法に加えて、よりパッシブ要素の固有性能を表わすものとして有用であり、これらのデータベースを整備する上で極めて重要であったと言える。これまでの研究成果はデータベースに整備され、シミュレーションプログラムが一般に広く使用されるべくその整備が進められていることから、本プロジェクトの開始前までの、断熱、気密性能は定量的であるが、他の性能については定性的域を脱し得なかった模索的パッシブ設計法と比較すると、大きな前進をとげた。その点でも当初の開発計画の妥当性は十分実証されたと言える。

また、本プロジェクトによって、主要なパッシブ要素技術の性能が明確にされ、整備され、その評価法も提案された。更に、シミュレーションプログラムが開発されたが、住宅の設計において、これらの資料が広く使われなければならない。

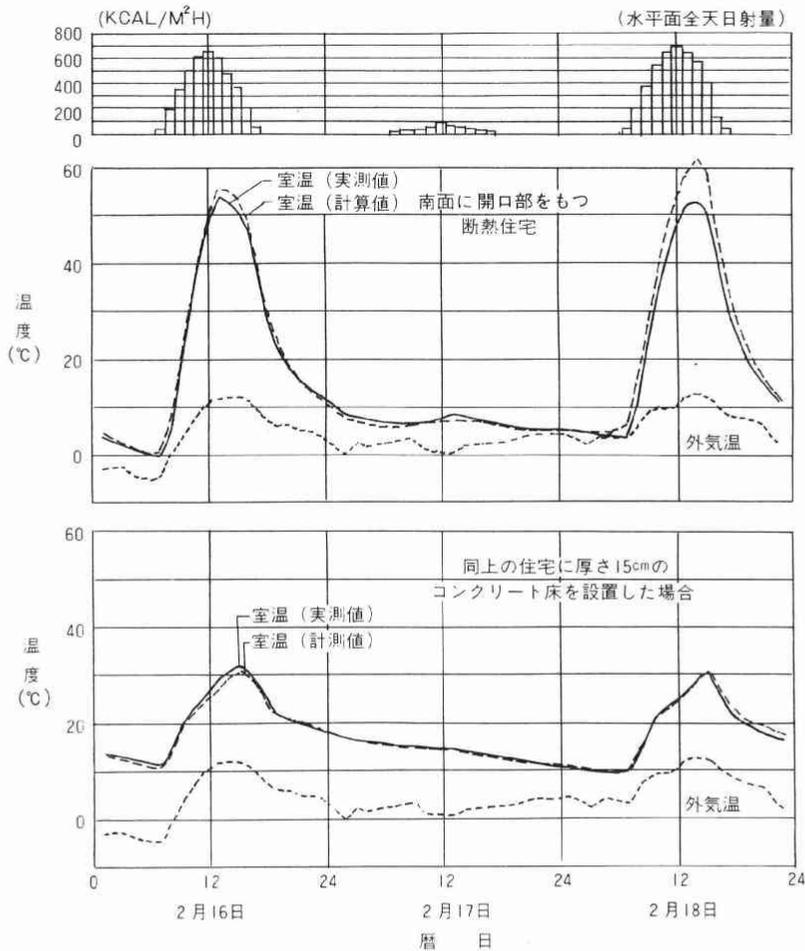


図16 シミュレーションと実測値による室温変動の比較

しかし、現時点ではパッシブシステムを積極的に評価し組み込んだ自然エネルギー利用住宅の数は少ない。そこで今後の普及対策としては、つぎの項目に力点をおくことが必要となるであろう。

- ① 新要素技術の開発と設計に使える性能データの蓄積、整備
(特に地域特性別データ)
- ② 開発要素部材の性能保証とコストダウン
- ③ 開発されたシミュレーションプログラムを用いて設計した自然エネルギー利用
- モデル住宅の指定または一般公募によるデモンストレーション公開(日本各地)と住み心地モニター募集
- ④ 開発要素部材の形式・性能のランク付け整備
- ⑤ 要素部材採用住宅への金融政策
- ⑥ 環境、エネルギーコンサルタントなどの資格制度を定め、自然エネルギー利用住宅の住まい方、利用法など、一般消費者教育システム(学校教育、一般教育など)を発足させる。

以上のように、自然エネルギー利用住宅の

ための技術開発の足固めができた段階の今、
その普及促進には、多角的な見地からの幅広

い息の長い地道な政策が望まれるところであ
る。 (しぶや しんいち 主任研究員)

「太平洋エネルギー協力会議」と エネルギー協力の方向

木村 徹

はじめに

さる3月31日と4月1日の2日間にわたって、外務省、通産省、エネルギー総合推進委員会および国際石油交流センターの四者の主催によって、「太平洋エネルギー協力会議」

(Symposium on Pacific Energy Cooperation-SPEC)が開催された。SPECは、この種の会議としては初めてのものであるばかりでなく、何よりも日本の主催で開かれたという点に重要な意義がある、と考えられる。

そこで、以下では、この会議の意義と内容を紹介するとともに、今後のエネルギー協力の方向についても、私見を述べてみたい。

1. 日本政府の太平洋協力構想の推移

まず、SPECは上述の四者によって主催されたとはいえ、そもそもは日本政府の発案によって開催にいたったものであるから、これまで政府がいわゆる太平洋協力に関して、どのような動きを示してきたか、を簡単に振り返ってみよう。

政府の動きといっても、政府の首相、あるいは外相、その他の関係者が“太平洋協力”の問題に言及した機会は数多い。ここでは、それら全てを紹介することは不可能であり、

また、その必要もないので、“太平洋協力”が構想の形で、ある程度具体的に提示された例だけに限ってみよう。そのような限定をつけると、“太平洋協力”問題がクローズアップされたことはこれまでに3～4回あったということになる。

その第1回は三木外相による提案である。日本政府が構想を最初に公式に打ち出したのは、1967年3月、三木外相の国会演説においてである。この演説の中で、三木外相は「今やアジア問題は、アジア太平洋という広さにおいて考えることが、今日の時代の要請であるとともに、歴史の方向でもあると確信する。」と述べ、次いで同年5月の経済同友会における講演「アジア太平洋外交について」では、同外交には4つの側面があることを指摘した。即ち、第1は啓発の側面で、アジア太平洋諸国がお互いに運命を共有しているという意識になってもらうことである。第2はアジアの地域協力の側面で、アジア地域内の協力を推進することである。第3は太平洋先進諸国間の協力の側面で、オーストラリア、ニュージーランド、日本、カナダ、アメリカなどの間の協力体制を作り出していくことである。第4はアジア太平洋地域の南北問題の側面で、「端的に言えば、持てる太平洋諸国が持たざるアジアを援助するという問題である。

もっとも、このような4つの側面の認識に立って、今後の経済協力を進めていくべきことを説いた三木外相の講演も、必ずしも具体的な内容をもったものではなかった。しかし、10年の期間をおいて次に登場する大平首相の構想は、むしろ多すぎるくらいの具体的な提案を含んでいた。

1978年11月、大平氏は首相就任に先立って発表した「政策要綱資料」の中で「環太平洋連帯構想」を提案したが、その中で「アメリカが中南米諸国に、西ドイツがECに、そのECがアフリカ諸国に特別の配慮を払っているように、わが国が大平洋地域諸国に特別の配慮を払っていることは当然であろう。」と述べている。大平首相は1979年3月、環太平洋連帯研究グループをスタートさせ、同連帯構想の検討を始めた。1980年5月に発表された同グループの報告書は、環太平洋連帯の理念として、排他的な地域主義であってはならないこと、自由で開かれた相互依存関係の形成をめざすこと、さらに、すでにある二国間、多国間の協力関係と矛盾せず、それらと相互補完関係に立つことなどを掲げた上で、環太平洋文化基金、技術協力総合センター、環太平洋産業政策フォーラム、その他数多くのアイデアやプロジェクトを提案している。さらに、日本政府が取り上げるべき施策として、国際交流基金、留学制度などの充実、輸入拡大など貿易面での体制の改善、金融・資本市場の国際化などを提案している。

大平氏のあとをついだ鈴木首相も、前任者の路線を踏襲して、「太平洋協力」の推進には力を入れたが、1982年6月にはベルサイユ・サミット出席の後、ニューヨーク、ペルー、ブラジルを経て、ハワイの東西センターに立

ち寄り、「太平洋時代の到来」と題する講演を行って、太平洋協力問題について、まとまった考え方を明らかにした。同首相は1981年1月のASEAN諸国訪問の際、「ASEAN人作りプロジェクト」を提唱し、それにもとづいて、域内各国での人作りセンターの設置が進められてきたが、これは中曽根内閣における太平洋人作り構想に先立つものであった。

中曽根首相は就任以来、太平洋協力の重要性を唱えてきたが、1985年初めの日米首脳会談、それに続くオーストラリア、ニュージーランドなどでの歴訪において、改めて太平洋協力構想を提唱して注目をあびた。折から、1984年11月に再選されたレーガン米大統領が、外交政策の柱の一つに太平洋協力の推進というテーマを据えたことも手伝って、その後太平洋協力は中曽根内閣の重要政策の一つになっている。中曽根内閣の太平洋協力は、(1)経済、文化、技術等の各分野を対象とし、(2)民間主導で、(3)排他的でなく、開かれた協力を行い、(4)ASEAN等関係諸国のイニシアチブを尊重する、という原則を掲げている。

ところで、これまでの所、中曽根首相の下で具体化が進んでいるものとしては、まず、人作り協力があげられるであろう。上述のように、人作りについては、すでに鈴木内閣でも構想が推進されていたが、1984年7月、安倍外相はASEAN拡大外相会議において、太平洋協力の具体的なテーマとして、ASEAN人作り構想の実績にもとづいて、太平洋人作り構想を提案した。これを受けて、翌年の同会議では、32プロジェクトからなる緊急行動計画の実施が決定され、日本もその中の12プロジェクトに関与することになった。

このように、中曽根内閣における太平洋協

力構想では、人造りが先行してきたが、それに続いて具体化がはかられつつあるのがエネルギー協力、とくに石炭協力である。

2. 「太平洋コールフロー構想」の検討と実施

太平洋地域における石炭協力の問題は、資源エネルギー庁が1984年度から1985年度にかけて検討してきたものである。「太平洋コールフロー構想」と呼ばれるこの協力構想については、資源エネルギー庁の指導の下に新エネルギー総合開発機構（NEDO）が日本エネルギー経済研究所へ研究を委託し、同研究所では、筆者が責任者となって、各方面の専門家の方々の助言をいただきながら、構想の取まとめのお手伝いをしてきた。

SPECにおいては、資源エネルギー庁の高橋石炭部長が「太平洋地域における石炭利用拡大のため国際協力——『太平洋コールフロー構想』——」と題して報告を行い、政府の考え方を明確に打ち出しておられるので、その内容を紹介してみよう。

高橋氏によれば、太平洋コールフロー構想とは、石油代替エネルギーの柱である石炭に注目し、適切な国際協力を通じて、石炭火力等を中心とする関係各国の石炭利用拡大を図る、という構想であるが、まず、石炭利用を拡大していく必要性がどこにあるかという点、それは(1)アジア・太平洋地域の経済成長とエネルギー安定供給の確保ならびに(2)同地域の石油依存度の低下にあり、豊富な石炭資源の存在がそれを可能にするであろう。しかも、石炭利用拡大がこの地域の経済に与えるインパクトは、例えば、投資や貿易に与える

影響をとってみても、大きなものがある。したがって、石炭利用拡大のために、次のような国際協力を進めることは極めて意義があると考えられる。

第1は、石炭火力および一般産業の石炭利用に関する協力である。この種の協力については、まず、電源開発計画、一般産業のボイラー建設計画における石炭の導入決定に不可欠な要素である世界の石炭需給等についての情報の交換を行うことが考えられる。これについては、各国において石炭に関する情報センターを設立し、そのネットワーク化を図ることも一案であろう。また発展途上国の石炭火力建設計画の促進のため、石炭火力運転のための研修施設の整備を行い、技術者の教育を促進したり、あるいは、石炭火力や関連インフラの建設に対して資金協力を実施したりすることが考えられる。

第2は、石炭利用新技術に関する協力である。石炭利用を拡大するためには、中・長期的視点にもとづく石炭液化、ガス化技術の開発と、短・中期的に実現可能とみられる各種の加工・利用技術の開発を行う必要がある。前者については、オーストラリア・ビクトリア州における褐炭液化プラントやインドネシア・スマトラにおけるバンコ炭ガス化プロジェクト等の技術開発・協力が日本の手で推進されている。また後者についても、流動床燃焼技術や石炭・水スラリー、COM技術、さらにはCCS（コール・カートリッジ・システム）等多くの課題について開発が進められており、それらについてアジア太平洋地域の諸国と協力を進めることも可能である。

第3は、石炭資源開発に関する協力である。石炭利用を拡大するには、その供給源を確保

する必要があり、輸入または国内炭の開発によって対応することになるが、基本的な考え方としては、経済性を重視した、自由な市場原理をできるだけ活用することが望ましい。ただし、自国の石炭需要には国内炭を供給する、という計画をもっている国もみられるので、そのような国に対しては、経済性に関するコンサルテーションや、地質調査、探鉱、開発、輸送などについての技術協力を実施することが望ましい。

以上のような内容をもつ「太平洋コールフロー構想」は、ようやく検討の段階を終って、協力の実施の段階に移りつつあり、中部スマトラ地域の石炭地質調査をNEDOが実施するなど、すでにいくつかの成果がみえ始めている。

ところで、前述のように、人造り協力に続いて、具体的な検討と、部分的には実施が進んでいるのがエネルギー協力であるが、今回開かれたSPECは、このエネルギー協力の一環として、しかも、太平洋地域におけるエネルギー協力をどのように進めていくべきか、という問題を太平洋地域諸国の関係者が一堂に会して討議する場を提供するために、日本の手によって企画されたということができらるであろう。

3. エネルギーの安定的供給への模索

さて、SPECの趣意書はその開催の必要性について、次のように述べている。

(1) 現在、世界のエネルギー市場は、二度の石油危機後の代エネ・新エネの開発努力、省エネの推進、景気そのものの停滞等により、基本的に緩和基調にある。しかし、将来、再びエネルギー

需給が逼迫するのではないかとの懸念と共に、産業、経済のソフト化やエネルギー間競争の進展の結果、エネルギーをめぐる環境が大きく変わる可能性も一方で指摘されている。

(2) 太平洋地域は、エネルギー資源の賦存、生産および消費構造、更には人的技術的資源の賦存状況等から見て極めて多様な国によって構成されている。そして、各々の国にとって、エネルギー問題は自国の発展にとって極めて重要であると共に、この地域のエネルギー経済社会動向は全世界に極めて大きなインパクトを与える。

(3) 従って、この地域におけるエネルギー需給の展望、各資源の有効利用、貿易のあり方、各種技術協力の推進等について、この地域の有識者が自由な立場から情報を交換し、将来の太平洋エネルギー協力のあり方について意見を述べあうことは極めて意義深いと考えられる。

(4) 以上の議論は当然のことながら「グローバリズム」を前提としており、決して「閉ざされたリージョナリズム」を意図するものではない。域内の交流、協力が地域の発展のみにとどまらず、世界経済の発展につながることを期待しているものである。

このような趣旨の下に、SPECは、前述のように、さる3月31日および4月1日の両日、赤坂プリンス・ホテルで開かれたが、全体のプログラムは、第1日が基調演説とA、B、Cの3つの分科会、第2日が分科会の継続と全体会議という構成になっていた。

まず、基調演説は全体の議長である向坂正男氏（国際エネルギー政策フォーラム議長）の他、李鳳端（韓国動力資源部次官）、スプロト（インドネシア鉱山エネルギー大臣）、フェアバンクス（前米国務省太平洋問題大使）の各氏によって行われた。

次に、分科会Aは「太平洋地域のエネルギー需給構造の変化と有効活用」、分科会Bは「太平洋地域の石炭の有効利用の可能性と電力化の展望」、分科会Cは「太平洋地域における石油、天然ガス市場の変化と今後の展望」というテーマの下に開かれた。

これら全体会議および分科会における講演、報告や討議を全て紹介することは不可能であるから、ここでは、特にエネルギー協力に直接言及しているものだけを取り上げることとしたい。また、筆者はB分科会に出席したが、他の分科会の模様については、主として提出された講演内容などについて、紹介することにしよう。

SPECで論じられた主要なテーマの1つは、エネルギーの需給や価格の安定化へ努力することが、特に現時点において重要であるということである。1986年初めからの原油価格の急落に直面して、少なくとも石油輸入国側は原油価格の安定化をはかるための協力について、異口同音にその重要性を唱えた。

韓国の李動力資源次官は「新しいエネルギー秩序に向けて——再考の時」と題する基調講演の中で、「今こそ過去を反省し、長期的展望に立って、変動より安定、対決より妥協を重んじたエネルギー市場の新秩序を打ち立てるべきである。」と主張した。李次官は生産国に対しては、「一方的な価格設定や不平等、不公平な契約方法を変えなければならない。」と

述べ、他方、消費国に対しては、「石油価格は短期間に上昇し、元に戻るのに長期間かかるという事実を忘れてはならない。」と警告している。

資源エネルギー庁の畠山石油部長は「新たな時代に対応する日本の石油政策」というC分科会報告において、「渡辺通産大臣も、安倍外務大臣も、そして中曽根総理大臣も、例えばサウジの石油大臣や米国のエネルギー大臣が日本を訪れた時、『石油価格は安定している方が望ましい』と述べている。」ことを強調した。そして、石油価格の安定化のための手段として、“フレキシブル・スイッチング・システム”（石油が安い時には、石油を使うようにし、需給がタイトになった時には、他のエネルギーを使うように転換するシステム）の開発、および石油備蓄の積み増しを提案している。

さらに、日本石油の石川副社長は、同じくC分科会で、原油価格の軟化が原油の探鉱、開発を減退させる恐れがあり、そのような状況が続けば、石油需給は早期に逼迫し、石油に対する信頼が失われて、石油会社、産油国双方にとって好ましくない結果を招くであろう、と警告し、産油国に対して、探鉱、開発のインセンティブを維持するために、現在の条件を緩和する必要があることを説いた。

以上のような消費国、輸入国側の見解に対して、フェアバンクス氏はその基調講演で、市場メカニズムを強調した。「資源を最も有効に配分できるのは市場である。国内市場であれ、国際市場であれ他のいかなる計画や協力のメカニズムよりも市場は効率的に機能する。市場がカルテルなどの制約を受ける『協力』パラダイムは、世界市場とのつながりが

深いこの地域では、特に避けなければならない。」という趣旨のことを同氏は述べている。また「アジア太平洋諸国には、独自の市場を確立するのに十分な石炭や天然ガスの資源があり、オイルショックの教訓から石炭やLNGの利用も進んでいる。市場は、特別な関係や、他の不安定な供給源を求めなくとも、十分に機能し、発展しうる。また、今後、エネルギー間での競争が続くため、1970—80年代初期のエネルギー価格不安が再び引き起こされることはないであろう。」と、「競争」のパラダイムが良い効果をもたらす条件が整っていることを指摘した。

4. 石炭利用拡大とその制約条件

主として最近の石油情勢を念頭において展開された以上のような議論に対して、供給量および価格のいずれについても、安定的なエネルギー源たりうるのが石炭であることを主張したのがアメリカ、カナダ、オーストラリア、さらにはインドネシアなどの産炭国である。

カナダ石炭協会のR.T.マーシャル会長は「カナダ炭の太平洋地域における火力発電利用に関する現在および将来展望」と題する報告をB分科会で行った。その中で同氏は「この地域の産業の発展に伴う電力需要を考えた場合、石炭は最も安定した発電用燃料となりうる。」とし、「カナダには、石炭の長期安定供給をはかるための十分な資源、技術的・資金的能力と意志がある。」と述べた。

オーストラリア石炭協会のJ.B.トムソン会長は「将来の石炭貿易におけるオーストラリアと太平洋地域諸国およびASEAN諸国

との協力」という報告をB分科会で行った。その中で特徴的だったのは、前述のフェアバンクス氏の基調演説とは対照的に「国際石炭市場の安定を計るためには、輸出国と輸入国とが適切な協力体制を確立する必要があり、需給両サイドが長期的視野に立って、価格設定や契約締結を行わなければならない。」との見解を明らかにしたことである。そして、オーストラリアがその立地条件から、国際協力にもとづく各国間のコールフローの効率的拡大に貢献しうることを、さらに、オーストラリアは安定した生産と輸出、高水準の輸送・港湾設備、石炭開発・採掘・利用の高い技術、ならびにその指導などの実績を有していることが主張された。

アメリカのピーボディ社長のOECDのCIAB (Coal Industry Advisory Board ; 石炭産業諮問委員会) 議長をつとめるR.H.ケノン氏は「太平洋地域における経済発展およびエネルギー安全保障のための石炭」と題する報告をB分科会で行った。同氏はそこで、「エネルギー多様化を進める上での要因の1つは価格であるが、石炭業界は競争が激しく、したがって経営努力によって、価格が安定しており、例えば、現在のアメリカの石炭輸出価格は1979年から9%しか上昇していない。」と指摘し、アメリカは石炭そのものだけでなく、豊富な経験や技術を輸出する用意があることを述べた。

これら既存の石炭輸入国に対して、新興の石炭生産国であるインドネシアのシギット氏(鉱山エネルギー省鉱山総局長)は、長期的には、アジア諸国を初めとして、石炭の利用が進むであろう、という展望の下に、インドネシアがこれら市場に進出していく見通しを

明らかにした。即ち、太平洋諸国に対する石炭供給は、これまでオーストラリアとアメリカが独占してきたが、その立地条件から、インドネシアは東南アジアだけでなく、日本、韓国、台湾、香港などの諸国に対しても石炭を供給する可能性を秘めており、これら各国の需要の10%程度を供給できると見込んでいるという。

それぞれ立場こそ異なるが、石炭供給の拡大の必要性和可能性を強調した産炭国代表の発言に対しては、日本、韓国など輸入国の代表者から、電力需要の将来見通し、現在の石油と石炭の価格関係などを考慮すると、石炭利用の拡大そのものが必ずしも容易ではないことが指摘されたが、にもかかわらず、より安定的なエネルギー源としての石炭が、石油価格の急落の下でクローズアップされたことは事実である。

ところで、石炭利用の拡大には、上記のようなものばかりでなく、環境への影響という制約条件がある。もちろん、この制約条件は石炭にのみ限られたものではないが、反面、石炭には環境への影響が相対的に大きいという問題があることも否定することはできないであろう。

「アジアにおける長期環境制約下のエネルギー利用」というテーマにつき、A分科会で報告した茅陽一東大教授は、非商業エネルギーと森林乱伐の問題と並んで、酸性雨および二酸化炭素の問題を取り上げ、これらの環境影響をも考慮した、長期間にわたるエネルギーシステム計画の作成がアジア諸国の課題であることを強調した。

さらにB分科会では、中国電力の宮崎氏(常務取締役)が、日本が環境対策の面でアジア

太平洋諸国と協力を行う用意があることを述べ、また、資源エネルギー庁の野々内長官も3月31日のランチョン・スピーチの中で、環境対策に関して、日本が人材派遣等を通じて、技術のトランスファーを積極的に行う用意があることを述べている(なお、この野々内長官のスピーチは、本稿では詳細に紹介する余裕がなくなったが、日本政府の考えている太平洋エネルギー協力について、非常によくまとまったものであるので、関心のある方は是非、参照されたい)。

5. 情報・意見交換のシステムをどう作るか

最後に触れておきたいのは、今後の太平洋エネルギー協力における情報交換の重要性である。

この点については、例えば、E S C A P事務局次長の中川氏も、バイオマス、太陽エネルギー、風力に係わる情報ネットワーク設立の提案がE S C A Pでなされ、現在、各国がその中心となるべきテーマを検討していることを紹介している。

すでに紹介したように、資源エネルギー庁の高橋石炭部長は、石炭に関する情報センターを設立し、そのネットワーク化を図ることが石炭に関する情報交換のための1案ではないかとしている。

さらに、オーストラリア石炭協会のトムソン会長も、石炭貿易においては、基本的には供給者と消費者との、自由市場における交換にもとづいて、価格と需給のバランスが決定されるべきであるが、オーストラリアは、両者の安定をさらに向上させるような協議機関

(メカニズム)の設置も支持したい、と述べている。

前述のように、そもそもSPECそのものが太平洋エネルギー協力の一環として、しかも、協力推進のための意見・情報の交換を目的として開かれただけに、情報交換自体に対する反対論は出てこないであろうが、どのような狙いで、どのような情報を交換するか、という問題については、例えばフェアバンクス演説が示唆するところ、トムソン報告が述べるところとは、微妙なちがいがあるところは、いうまでもない。

このような立場の相違を十分に認識しながら、これからの太平洋エネルギー協力が具体的に展開されていくことが期待されるが、その際、われわれがとくに日本の姿勢について留意しておかなければならない、と考えられる2~3の点を指摘して、本稿を閉じることにしたい。

第1は、経済協力や技術協力に関して、日本がより能動的な姿勢に転換することである。その1つの例は“要請主義”を可能な範囲で修正し、協力プロジェクトの選択や内容に対して、日本側からの評価を可能な限り導入していくことである。このような姿勢の転換のためには、当然、評価能力の整備と向上が必要になる。また、当方の都合からでたものでなく、一人よがりでもない協力を行うには、対象国の実態の把握が不可欠であり、その点で特に向坂、野々内、中川、茅などの各氏が指摘したアジア諸国の薪炭消費の現状と問題点については、日本における研究の充実

が期待される。もう一つの例は、より広い意味の協力の一環として、太平洋地域におけるエネルギー産消対話に対して、日本がイニシアチブをとることであろう。その際にまず取上げるエネルギーとしては、C分科会で安西氏(東京瓦斯常務)が指摘しておられたように、天然ガスや石炭の“太平洋エネルギー”が適当であろうが、いずれにせよ、このためにも産消対話の土俵を提供する意味で実態分析と政策提案の深化が求められる。

第2は、エネルギー協力における民間企業の認識を改めるべきことである。野々内長官は自由な民間のイニシアチブを強調しておられたが、残念ながら、日本のエネルギー関連企業においては、このような要請に応えるに足る動きができていないのは、到底、いいがたいのが現状であろう。関連企業の発想の転換が期待されるゆんである。

第3は、太平洋エネルギー協力に参加する国々の範囲の拡大について、独自の見解をもつことである。今回のSPECには中国(中華人民共和国)および台湾(中華民国)の双方とも参加がみられなかったが、国名表示の工夫によって、国際会議に彼等が参加する例は少なくない。さらに、会議への参加問題とは別に、太平洋エネルギー協力の構想におけるソ連、ベトナムなど中国以外の社会主義国の位置づけの問題がある。特にベトナムはやがて大きな協力の対象となりうるだけに、今からその対応の仕方について十分に検討しておくことが望ましい。(きむら とおる (財)日本エネルギー経済研究所研究理事)

研究所のうごき

(昭和61年4月1日～6月30日)

◇ 理事会開催

第23回理事会

日 時：6月18日(水) 12:00～13:30

場 所：経団連会館(9F) 906号室

議 題：

- (1) 昭和60年度事業報告書および収支決算書(案)について
- (2) 理事の一部改選について

◇ 月例研究会開催

第34回月例研究会

日 時：4月25日(金) 14:00～16:00

場 所：幸ビル(13F) 1303会議室

議 題：

- (1) 燃料電池の経済性評価について
(工業技術院ムーンライト計画推進室 野崎 健氏)
- (2) 米国における代替電源の開発状況
(主任研究員 茂田省吾)

第35回月例研究会

日 時：5月30日(金) 14:00～16:00

場 所：幸ビル(13F) 1303会議室

議 題：

- (1) 米国DOEの新エネルギー予算の動向
(エネルギー技術情報センター長 大塚益比古)
- (2) ソ連の原子力発電所の事故について
(主管研究員 松井一秋)

第36回月例研究会

日 時：6月27日(金) 14:00～16:00

場 所：大和生命ビルスカイホールB会議室

議 題：

- (1) SDIについて(工業技術院大型プロジェクト研究開発官 中島一郎氏)
- (2) 熔融炭酸塩型燃料電池の燃料多様化の可能性(主任研究員 鈴木正博)

◇ 主なできごと

- 4月3日(木)「原子力プラント運転の信頼性に関する研究会」開催(第46回)
- 7日(月)「原子力発電所技術基準等調査第3回中小型炉に関する検討会」開催
- 23日(水)「プルトニウム利用方策開発調査」第6回委員会開催
- 25日(金) 第34回月例研究会開催
- 5月15日(木)「原子力発電所技術基準等調査第4回中小型炉に関する検討会」開催
- 21日(水)「エネルギーフロンティア計画調査 市町村会」開催
- 30日(金) 第35回月例研究会開催
- 6月5日(木)「原子力プラント運転の信頼性に関する研究会」開催(第47回)
- 11日(水)「プルトニウム利用方策開発調査」第7回委員会開催
- 18日(水) 第23回理事会開催

◇ 人事異動

- 4月1日付
- (採用) 栗原利夫 主任研究員に任命、プロジェクト試験研究部配属
- (採用) 高部文子 研究員に任命、プロジェクト試験研究部配属
- (嘱託の委嘱, 期間昭和63年3月31日まで)
大塚益比古 エネルギー技術情報センター長に任命
- (嘱託の委嘱, 期間昭和62年3月31日まで)
東京大学工学部助教授 班目春樹 研究嘱託
- 5月1日付
- 副主席研究員
プロジェクト
試験研究部 三井英彦 部長代理(主として原子力に関する業務担当)に任命
- 5月31日付
- 主任研究員
プロジェクト試験研究部 伊藤正彦 退職(出向解除)

研究員プロジェクト試験研究部

青木利江 依願退職

○ 6月1日付

(採用) 紺谷健一郎 主管研究員に任命、プロジェクト試験研究部配属

○ 6月30日付

業務部長 佐藤幸男 退職(出向解除)

主任研究員プロジェクト試験研究部

深田昭彦 退職(出向解除)

◇ その他

外国出張

- (1) 片山優久雄主管研究員と鈴木正博主任研究員とは、「欧米におけるCWMの導入、流通計画の実態についての調査」のため、5月17日から6月8日の間、スウェーデン、イタリア、米国及びカナダに出張した。
- (2) 谷村康夫主任研究員は、「米国における火山発電研究(マグマ発電研究)の実態調査」のため、6月12日から同月27日の間、米国に出張した。

季報エネルギー総合工学 第9巻第2号

昭和61年7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 東京都港区新橋1-1-13

東新ビル(7F)

電話 (03) 508-8891

無断転載を禁じます。(印刷)和光堂印刷株式会社