

日立における新・省エネルギー技術の開発

Development of New Energy & Energy Conservation Technologies at Hitachi, Ltd.

第一次石油危機と呼ばれる中東石油の異常事態が始まった年の翌年、昭和49年に通商産業省工業技術院の新エネルギー技術開発プロジェクト「サンシャイン計画」が発足した。以来10年が経過したことになる。したがって、この10年を回顧し、新エネルギーなどの技術開発の現状、及び今後の展望を概説した。

本報では、まず第一次石油危機以前の高度成長期で、エネルギーが問題になっていたことを想起し、サンシャイン計画発足前後の状況について述べる。次いで、「サンシャイン計画」及び「ムーンライト計画」などへの参加を通じて、日立製作所が行なってきた新・省エネルギー開発の主な事項について概説するとともに、今後の展望に触れる。

井上達之助* Tatsunosuke Inoue

1 緒言

我が国で、クリーンな石油代替エネルギーの開発を目的としたナショナルプロジェクト「サンシャイン計画」が発足したのは昭和49年であり、それから10年が経過した。

第一次石油危機と時期を同じくして開始されたこのエネルギー技術の開発プロジェクトは、1978年からの第二次石油危機によって開発の加速が要請され、OPEC原油価格の上昇とともに開発への期待が大きくなった。しかし、バーレル(159l)当たり34米ドルという高原油価格は世界経済を不況に陥れ、石油消費量の減少をみるに至った結果、昭和58年3月には29米ドルまで値下げせざるを得なくなった。これらの推移は、石油代替エネルギー開発にも反映している。

サンシャイン計画発足10年を機会に、なぜエネルギー新技術の開発が必要とされたかを回顧する。次いでサンシャイン計画、ムーンライト計画などへの参加によって、日立製作所が実施してきた主な技術開発を紹介し、現時点で、将来の方向がどのように考えられているかについて略述する。

2 エネルギー新技術の要請

2.1 高度成長と石油危機

1960年代の我が国でのエネルギー消費は、経済の高度成長と国民生活水準の向上に伴って著しく増大し、1960年から1971年にかけては年平均12%、10年で約3.5倍の伸び率を示していた。この傾向は図1¹⁾にみるように、ひとり我が国だけにとどまらず先進諸国に共通した現象であった。

歴史的にも例をみないこのエネルギー消費の増大は、人々に「エネルギーの将来はどうか。」という疑問をいだかせるとともに、社会的には環境問題が現実のものとなり、国土の狭い我が国では、先進諸国に先駆けて環境対策技術の開発が要請された。この時期に、世界的な影響を与えたのがローマクラブの活動であり、その最初の成果「成長の限界²⁾」は、今日でも評価される報告であろう。

このエネルギー及び環境に対する問題意識が高まりつつあった時期に勃発した第四次中東戦争(1973年10月)を契機として、これまでの高度成長を可能にしてきた石油の環境が一変し、図2^{3),4)}にみるように原油価格は急昇した。今日第一次

石油危機と呼んでいる期間での原油価格の高騰は、高度成長を続けていた世界経済に大きな衝撃を与え、我が国では「石油ショック」として社会的にも種々の影響を受けたことは、10年を経た今日でも記憶に新たなものがある。

2.2 新エネルギー開発計画の発足とその経過

米国でのエネルギー消費の増大は、1970年ごろから国内天然ガス供給の不足、石油輸入の増大を招き、従来エネルギーの自給を誇っていた米国の危機感となった。ニクソン大統領は1973年4月エネルギー教書を発表し、その中で新エネルギー技術の開発、国内エネルギー資源の開発促進を国策として進めることを表明した。

一方、我が国では、昭和48年8月に通商産業大臣が産業技

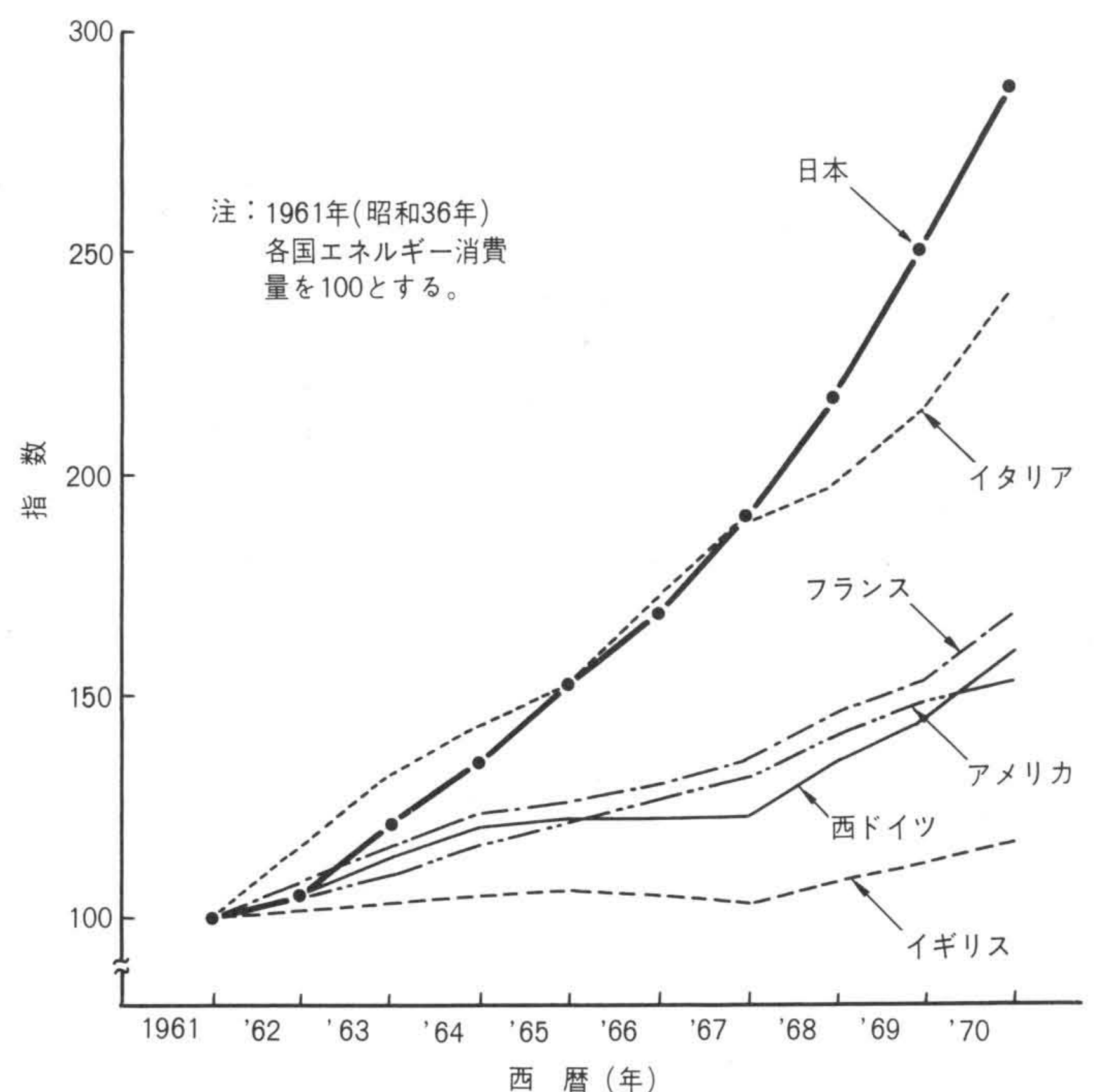


図1 1960年代のエネルギー消費の増加 1960年代は世界各国ともエネルギー消費が増大したが、特にイタリアと我が国の増加が著しかった。

* 日立製作所エネルギー開発推進本部

術審議会に「環境保全及び将来予想されるエネルギー危機の回避に資するエネルギー技術の開発をいかに進めるべきか」を諮問し、同年12月、産業技術審議会は太陽エネルギー、地熱エネルギー、石炭ガス化・液化、水素エネルギーなどの開発を行なうべきこと、及びこれら新エネルギー技術開発の推進体制について答申⁵⁾を行なった。この答申が、昭和49年度から通商産業省工業技術院のサンシャイン計画へと発展し、今日に至っている。

続いて、1978年末のイラン革命に端を発した中東の新たな動きによって、原油価格は再び大幅に引き上げられる第二次石油危機と呼ばれる事態を迎えたため、通商産業省は昭和55年「石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律」を制定するとともに、同年新エネルギー総合開発機構を設立して、サンシャイン計画による新エネルギー開発を促進することとなった。

第一次石油危機以降の相次ぐ原油価格の高騰は、産業界はもとより各家庭に至るまで大きな影響を与え、直ちに実行できる省エネルギーが取り上げられた。省エネルギーは、すべての分野で行なわれたといっても過言ではない。通商産業省工業技術院では、昭和53年度にそれ以前から進められていた廃熱利用技術システム、MHD発電(電磁流体発電)などを統合し、新たに高温ガスタービンの開発を加えて「ムーンライト計画」を発足させ、大型省エネルギー技術の研究開発が開始された。昭和55年からは新形電池電力貯蔵システム、燃料電池発電技術の開発が加えられている。

3 日立における新エネルギー技術の開発

3.1 サンシャイン計画への参加

日立製作所は、サンシャイン計画の発足当初からこの開発計画に参加してきたが、昭和55年にはエネルギー開発推進本部を設置し、全社的な課題としてエネルギー新技術の開発に取り組んでいる。ここでは主な経過について略述する。

3.2 太陽エネルギー技術

サンシャイン計画では、太陽熱発電、太陽光発電及び太陽熱冷暖房などのプロジェクトが推進されている。日立製作所は、太陽熱発電及び太陽光発電のプロジェクトに、発足当初から参加した。太陽熱冷暖房に関しては、昭和55年度から開始された産業利用システムの開発に参加し、染色工場用カスケディングヒートプロセスの開発を進めている。

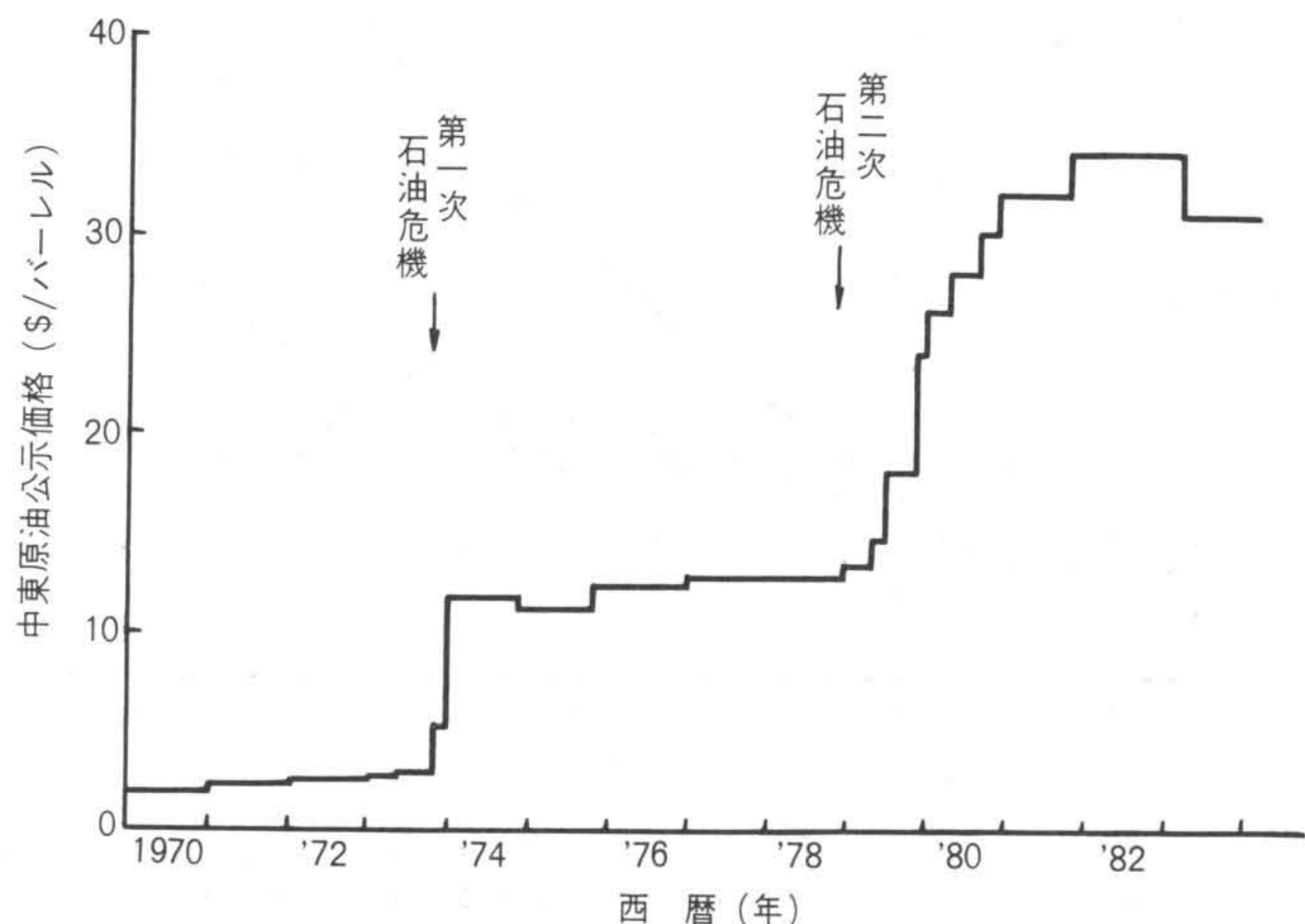


図2 中東原油公示価格の推移 1960年代1.8\$/バレルの中東原油(アラビアンライト)価格は、第一次、第二次石油危機を経て34\$/バレルに達したが、1983年3月29\$/バレルに値下げせざるを得なくなった。

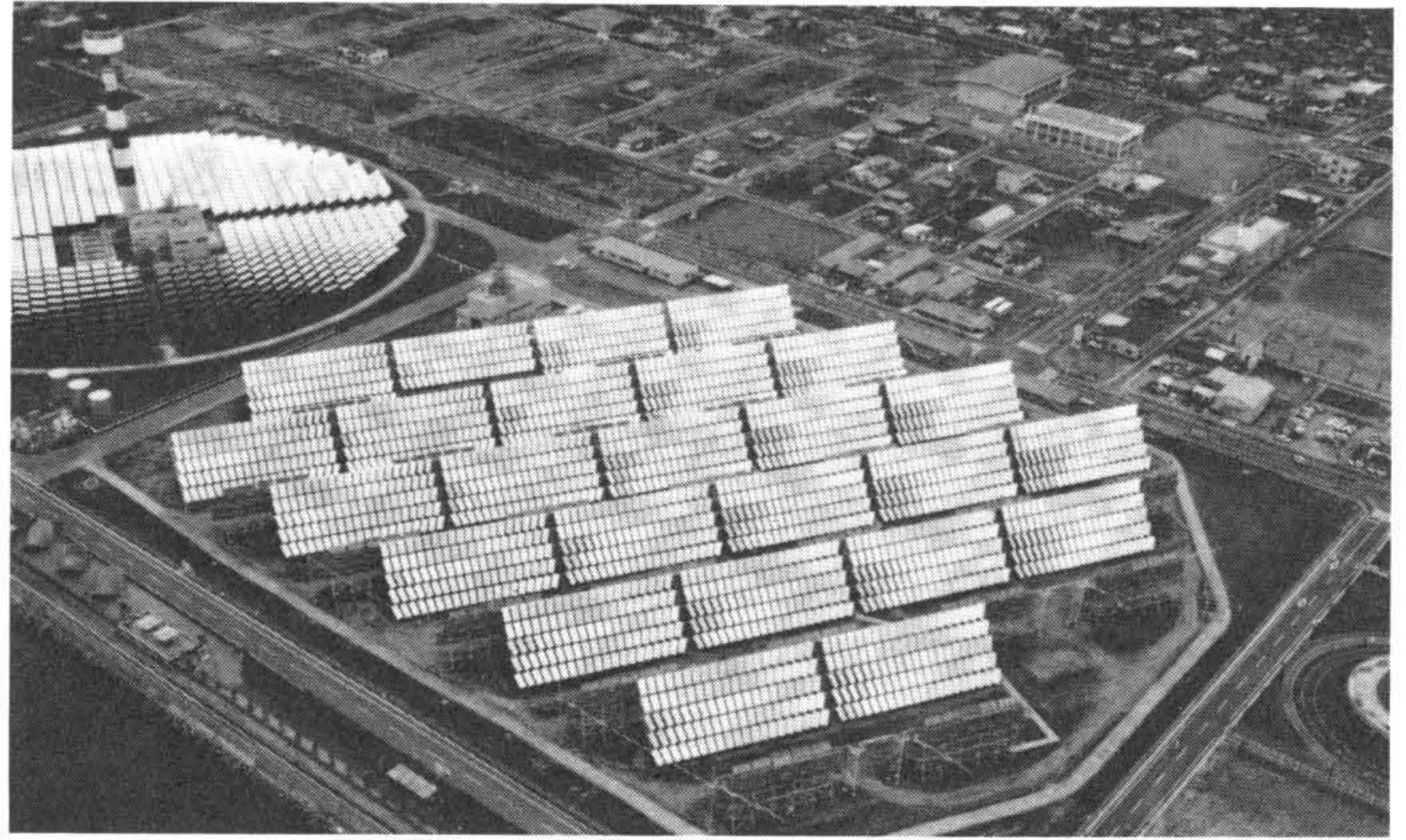


図3 1,000kW太陽熱発電プラントの全容 手前のスタンド群が、日立製作所担当の曲面集光式1,000kW太陽熱発電プラントで、上方円形が三菱重工業株式会社担当のタワー集光式1,000kWプラントである。

(1) 太陽熱発電システム技術

日立製作所では、曲面集光式太陽熱発電システムの開発を担当した。このシステムは、平面鏡・曲面鏡集光器、熔融塩蓄熱器などを特徴とするシステムである。要素技術開発を経て、昭和53年から香川県仁尾町に1,000kWパイロットプラントが建設され(図3)、電源開発株式会社により運転研究が実施されたが、昭和58年度をもって完了する予定となっている。

(2) 太陽光発電システム技術

太陽電池を使用する太陽光発電の開発は、まず太陽電池の高効率化、低価格化への基礎研究から開始され、日立製作所もこのプロジェクトに参加した。昭和56年度からは、結晶形太陽電池を年間500kW製造する実証設備の開発に参加し、イオン打込みによる乾式pn接合形成技術の特徴とする太陽電池製作工程の開発、及びパネルの自動組立て工程の開発に参加している。

昭和56年度からは、太陽光発電利用システムの開発が新エネルギー総合開発機構のプロジェクトとして開始された。日立製作所は学校用システムの開発に参加し、200kWシステムの開発を進めている。

(3) ソーラーシステム

太陽熱を利用して家庭用給水を加熱し、給湯、暖房及び冷房に使用するソーラーシステムは、サンシャイン計画でも取り上げられ、まず民生用から開始された。

日立製作所は、昭和30年代末～40年代初期にかけて普及した時期に太陽熱温水器を開発、製品化した。この技術を開発させて第一次石油危機以降の需要に対応している。

昭和55年度から、サンシャイン計画で太陽熱の産業への利用システムの開発が発足した。日立製作所では、高温(100～130℃)、中温(60～70℃)、低温(40～60℃)の3種類の集熱器によって温水を製造し、これを染色工程に利用するカスケディングヒートプロセスの開発に参加している。

3.3 石炭エネルギー

(1) 高カロリーガス化

日立製作所はサンシャイン計画の発足当初から、石炭・重質油ハイブリッド原料の加圧流動層ガス化の開発を進めてきた。このプロジェクトでは、昭和54年度から電源開発株式会社によって、福島県いわき市に7,000Nm³/dのパイロットプラントの建設が行なわれ、日立製作所はこれに協力して完成した。現在、運転研究が続けられている。

(2) 噴流層ガス化

近年、噴流層ガス化炉が合成ガス発生用及びガス化複合発

電用として注目されるようになってきた。日立製作所では、昭和55年から自社研究で噴流層ガス化技術の研究を開始し、昭和56年には1,000Nm³/d規模の噴流層ガス化PDU(Process Development Unit)を建設し、これによって基本特性の解明を行なっている。また、このPDUの建設を機会に、石炭関係の基礎研究設備を1箇所に集めてCOTECセンター(Coal Technology Center)を設立し、石炭関連技術の効率的な研究開発を進めている。

昭和58年度から新エネルギー総合開発機構で、噴流層ガス化技術の開発が多目的ガス化技術として取り上げられた。日立製作所はこの研究開発を受託し、大形化技術の検討を開始している。

(3) 石炭液化要素技術

石炭液化に関連する要素技術として、日立製作所はスラリポンプ、すなわちハイドロホイストの開発を進めている。

ハイドロホイストは、高カロリーガス化プロジェクトでもガス化炉への原料スラリの供給装置として採用されているが、液化プロセスではガス化に比較して高温、高圧のスラリポンプが必要となるため、液化プロジェクトの要素開発として高温、高圧ハイドロホイストの開発を実施している。

3.4 地熱エネルギー

サンシャイン計画の熱水利用発電プラントの開発に関連し、バイナリーサイクル発電プラントの要素技術開発として、昭和54年度から56年度の3年間にわたり、ミスト冷却コンデンサの開発を担当した。

ミスト冷却コンデンサの基本特性を明らかにするとともに、管群構造の最適化、運転制御法の開発を実施した。

3.5 水素エネルギー

昭和47年ごろから、クリーンエネルギーとして水素が注目されるようになった。日立製作所でも熱化学法による新しい水素製造サイクルの検討を開始した。

昭和49年度サンシャイン計画発足とともにこれに参加し、昭和51年まで日立製作所で考案したヨウ素-炭酸ナトリウム系サイクルの研究を行なった。その結果、このサイクルは反応速度、熱効率の点で、その他のサイクルに劣らぬものであることが明らかになった。しかし、計画が変更になり、この研究は昭和51年度をもって終了した。

4 省エネルギー技術の開発

4.1 ムーンライト計画への参加

昭和53年度から通商産業省工業技術院の大型省エネルギー技術の研究開発を対象とした、ムーンライト計画が発足した。日立製作所はこのプロジェクトのうち高効率ガスタービン、廃熱利用システムの2プロジェクトに参加し、昭和55年度からは、新たに発足した燃料電池発電技術開発プロジェクトに参加して、燃料電池の開発を進めている。また、同計画の民生機器省エネルギー技術研究開発補助金を受けて、昭和53年度からルームエアコン、昭和55年度から冷蔵庫の開発を行ない、高い省エネルギー目標を達成した。

4.2 燃料電池

燃料電池は1950年代の後半から米国を中心に開発が進められるようになり、日立製作所では昭和34年から研究を開始した。昭和42年には、アルカリ型燃料電池100Wの試作を実施し、昭和43年末には500Wアルカリ型燃料電池を製作、顧客に納入している。この時期は、また、テレビジョンの中継局建設期に当たり、液体燃料のヒドラジンを使用するヒドラジン-空気型燃料電池の要望があり、昭和44年に第1号電池を納入

した。この形式の電池は、現在でも市場の要望に応じて製作している。

昭和49年には、中部電力株式会社総合技術研究所との共同研究によって、アルカリ型燃料電池(100W)による交流系統並入試験を実施した。また同研究所とは、昭和55年にLNG(液化天然ガス)改質装置付きリン酸型燃料電池(100W)の共同研究を行なった。これは、LNG改質装置付き燃料電池の我が国最初の実験であった。

ムーンライト計画に参加して実施しているリン酸型、及び熔融炭酸塩型燃料電池の開発については、本特集で紹介する。

一方、家庭用電気品、産業用機器などの可搬機器に使用する電池として、メタノールを改質することなく直接使用するメタノール燃料電池が挙げられる。この形式の電池は、触媒として白金を多量に使用する点に問題があるが、昭和54年から研究に着手し、白金触媒の低減及び非白金触媒の探究の両方向から研究開発を進めている。この電池についても、本特集で紹介する。

5 資源再生利用技術の開発

1960年代の高度成長は、産業廃棄物と都市ごみの増大をもたらした。昭和48年度に発足した通商産業省工業技術院の大型プロジェクト研究「資源再生利用技術システム」では、各種の技術開発が取り上げられたが、日立製作所では、

- (1) 都市ごみ中の可燃物を対象とした流動熱分解技術の開発
- (2) 都市ごみ中の厨芥を対象とした嫌気性消化技術の開発
- (3) 磁場を利用した有価金属回収技術の開発

の3課題を担当した。(1)及び(2)の技術開発は、その後昭和51年度から発足した大型プロジェクト「エネルギー回収型プロセスシステムの研究開発」に採用され、パイロットの段階まで進展した。本特集では、その成果について報告する。

有価金属回収技術は、自動車や家庭用電気品の金属廃棄物中から非磁性金属を回収する技術である。本研究開発では、渦電流及び磁性流体を応用する装置を開発し、特性的には、ほぼ実用化レベルの回収率及び純度が得られることを実証した。

6 その他のエネルギー

6.1 石炭関連新技術

石炭に関連する新技術として、石炭中に含まれる灰分を減少させる技術(脱灰技術)、石炭輸送法を改革する可能性のあるCWM(石炭・水スラリ技術)などを開発中である。これらの現状を本特集で紹介する。

6.2 超電導発電機

回転機での省資源、省エネルギーを実現する可能性のある新技術として期待されるのが、回転機への超電導の応用である。超電導発電機は、界磁巻線に超電導線材を用いることによって、空隙に高磁束密度が得られるため、常電導機に比較して小形化、高効率化が期待されるほか、更に同期リアクタンスが大幅に減少するため、電力系統の安定度向上が期待できる特徴がある。

日立製作所では昭和49年から自社開発に着手し、昭和58年に50MVA超電導発電機を完成した。現在運転研究を進めているが、その概要について本特集で紹介する。

6.3 システム新技術

省エネルギーが世界的な関心事となってから、回転電機、静止機器を問わず、民生用、産業用のすべての機器の効率は一段と向上した。また、すべての生産プロセスの省エネルギー化も推進され、製品のエネルギー原単位は大きく改善された。

生産プロセスでの省エネルギーに貢献しているのが、システム技法の適用である。日立製作所では顧客に協力して省エネルギープロセスの実現に努めているが、併せて計算機制御手法の開発をも進めている。本特集ではその一例として、複数のエネルギーを組み合わせる使用する生産プロセスでの最適制御手法について紹介する。

7 今後の展望

7.1 エネルギー変換系からの考察

エネルギー技術は、天与のエネルギー資源(一次エネルギー)を、我々の日常生活、社会活動で使用するエネルギー(二次エネルギー)に変換する技術及びそれらの輸送・貯蔵に関する技術である。エネルギー資源と二次エネルギーの変換関係を図4⁶⁾に示す。

高度成長期に始まったクリーンなエネルギーの考え方は、石油危機によって石油代替エネルギーとして取り上げられ、自然エネルギー、石炭及び地熱利用技術などが新エネルギーとして新たな開発対象となっている。これらのうち、自然及び地熱エネルギーは賦存状態が地理的に異なるため、それぞれの地域に適したエネルギーが利用されるようになるであろう。

一方、図4の右側に示した二次エネルギーの変換に関しては、すべての変換系が同等の技術レベルの変換機器をもつまでには至っていない。今後の開発が期待されるものとして、化学エネルギーから電気エネルギーへの変換を行なう燃料電池、力学エネルギーから熱エネルギーへの変換を行なうヒートポンプなどが挙げられる。いずれも既に開発が開始されているが、将来の発展が望まれる。

また、図4に示したエネルギー変換機器全体の問題として新有機材料、セラミックスや超電導材料など新しい材料の適用によって、完成の域にある変換機器の効率、寿命などが改善される可能性が大きい。材料開発による従来機器の特性改良も今後の重要な方向である。

7.2 政府の方針

昭和58年8月、通商産業省ではエネルギー政策の総点検を実施し、今後のエネルギー政策の基本的な考え方として、(1)セキュリティの確保、(2)エネルギーコストの低減及び(3)セキュリティとコストなどとの最適バランスの確保、の3点を

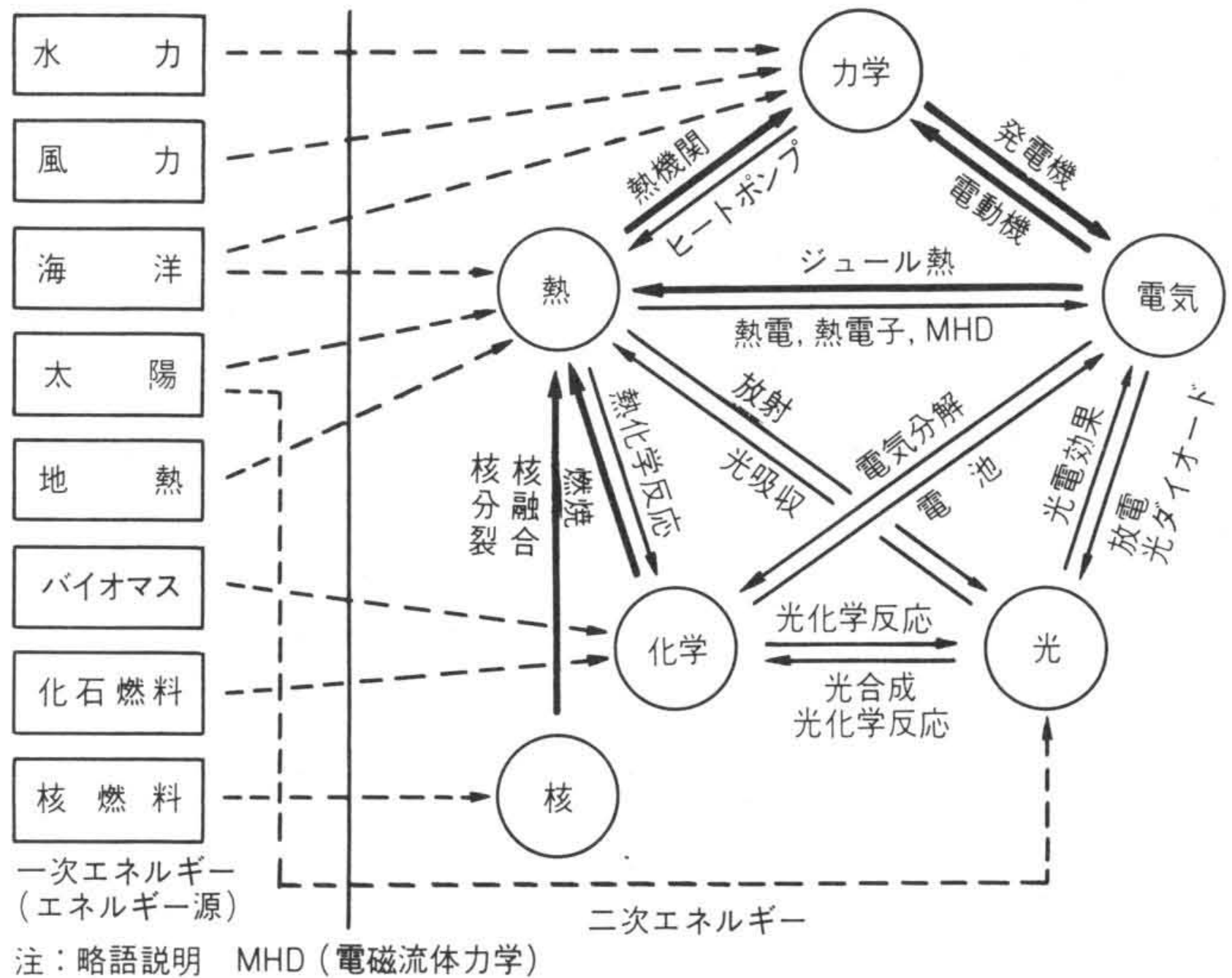


図4 エネルギー変換系 エネルギー資源(一次エネルギー)の保有するエネルギーは、右側の円内のエネルギーである。これが変換機器で形態を変え、使用目的にあったエネルギーに変換される。

表1 昭和70年度における石油代替エネルギー供給目標 昭和58年11月18日閣議決定されたこの目標によれば、新燃料油、新エネルギーについてはその他の欄にあるように、昭和70年度には石油代替エネルギーの5.5%の供給を目標としている。

エネルギーの種類	昭和70年度供給目標		昭和57年度実績	
石炭	9,500万kl	34.7%	7,200万kl	48.7%
原子力	7,400万kl	27.1%	2,670万kl	18.0%
天然ガス	6,100万kl	22.3%	2,700万kl	18.2%
水力	2,500万kl	9.1%	2,100万kl	14.2%
地熱	350万kl	1.3%	40万kl	0.3%
その他	1,500万kl	5.5%	90万kl	0.6%
合計	2億7,000万kl	100%	1億4,800万kl	100%

注：単位(原油換算値)

考慮することを明らかにした。この考え方にに基づき、同年11月に長期エネルギー需給見通しを策定、発表した。新燃料油、太陽エネルギーなどの新エネルギーに関しては、昭和57年度実績が原油換算90万kl(全体の0.2%)であったが、これを昭和65年に800万kl(1.7%)、昭和70年度には1,900万kl(4%)とすることを目標に、政策を進めることを明らかにしている。また、表1に昭和58年11月18日に閣議決定された昭和70年度における石油代替エネルギー目標を示す。新エネルギー関係はその他の項目にて示されるが、昭和70年度では石油代替エネルギー中の5.5%が期待されている。これは高い目標と考えられるが、エネルギー関係の技術者は、この需要を創造できるような技術開発を進める必要があると思われる。

8 結 言

昭和40年代の高度経済成長の時代から、第一次・第二次石油危機を経て、今日に至るまでのエネルギー事情の変化からエネルギー新技術の開発が要請され、日立製作所でもこれに対処して、各種のエネルギー技術の開発を進めている状況について概説した。

昭和58年8月及び11月の通商産業省総合エネルギー調査会によるエネルギー政策の総点検、及び長期エネルギー需給見通しによって、今後の我が国エネルギー政策の方向が示されたが、新燃料油、新エネルギーに関しては、中・長期的な経済性についても十分評価しながら、計画的かつ重点的、効率的に開発を進めることが期待されている。

日立製作所はこの政府の方針に沿って、今後ともエネルギー機器メーカーとして技術開発を進め、エネルギー企業への協力を通じて我が国のエネルギーの安定供給に貢献したいと考えている。

終わりに、今日までの技術開発に関して種々御指導をいただいた通商産業省工業技術院、新エネルギー総合開発機構、地方自治体、電力会社、ガス会社などの関係各位に対し厚く御礼申し上げます。

参考文献

1) 通商産業省工業技術院編：新エネルギー技術研究開発計画(サンシャイン計画), p. 11, (財)日本産業技術振興協会(昭49-1)

2) 大来監訳：成長の限界-ローマ・クラブ「人類の危機」レポート, ダイヤモンド社(昭47-5)

3) 通商産業省総合エネルギー対策推進本部事務局編：石油代替エネルギー法の解説, p. 387, 通商産業調査会(昭55-9)

4) 資源エネルギー庁石油代替エネルギー対策課編：石油代替エネルギー便覧(昭和58年版)p. 9, 通商産業調査会(昭58-7)

5) 文献1)：p. 369~410

6) 宮本：新エネルギー概論, 共立全書225, p. 51~55(昭54-6)