

■ 展 望 ■

サンシャイン計画(新エネルギー技術開発)の
現状と今後の方向

Technology Development for New Energy in Sunshine Project

高 田 利 男*
Toshio Takada

1 はじめに

ここ数年来、世界全体が石油の供給不安に悩まされ続けてきており、また、その価格が急上昇を続けて来た。第1次および第2次オイルショックの後、世界全体がエネルギー問題の重要性を認識し、その対策が検討され、実施に移されつつある。とくに、わが国は、エネルギー資源が極めて乏しく、また、輸入エネルギーの大部分を中東の石油に依存しており、非常に脆弱なエネルギー供給体制にあるため、省エネルギーおよび石油に代わるエネルギーの開発、導入が、今後の安定した経済発展、国民生活の向上のために欠くべからざる緊急の重要課題である。

サンシャイン計画は、石油代替エネルギー開発、導入の一環として、原子力を除く全ての新エネルギー技術の開発を目的として、昭和49年から通産省が推進して来たものであり、主要テーマについては基礎的な研究開発からエンジニアリング開発を行うためのパイロットの段階に至っているため、その概要および今後の課題について、紹介したい。

2 石油代替エネルギー対策

第1次オイルショック以降の石油の供給不安と価格の相次ぐ大巾な上昇により、世界全体として、インフレの高まりや先進工業国の景気後退のおそれ、開発途上国の成長阻害などをもたらすことも懸念されている。このため、エネルギー問題は世界共通の課題であり、各国が協力して解決にあたる必要があるとの共通認識のもとに、東京サミットおよびベニスサミットでも重要問題として取り上げられ、ベニスサミットにおいては、1980年代のエネルギー総合戦略とも言うべきものが採択された。とくに80年代の戦略のバックボーンとして、経済成長と石油消費のリンクを断ち切るとの考

え方が明示され、サミット参加国全体のエネルギー消費量のGNP弾性値を80年代を通じて約0.6まで低下させること、総エネルギーに占める石油の割合を約40%（現在は51%）に下げること、石油代替エネルギーの拡大を図るべきことなどが宣言された。

わが国のエネルギー供給は、石油依存度が極めて高いこと、エネルギー供給に占める石油依存の割合が高く、輸入エネルギーの70%程度を中東の石油に依存していることが大きな特色であり、中東地域に一朝事があると必要なエネルギーの確保が危ぶまれる事態に追い込まれるおそれがある。このため、政府は、省エネルギーの徹底を図るとともに、一次エネルギー供給のうち輸入石油に対する依存度を現状の約70%から、昭和65年度には50%まで引き下げることを目標として、石油代替エネルギーの開発、導入を推進することとしている。その対策としては、原子力、石炭、液化天然ガスの急速な開発の拡大をはじめとする各種の代替エネルギーの開発、導入が重要であるが、併せて、中長期的な観点から、石炭液化、太陽エネルギー、地熱エネルギー等に関する技術開発の推進が必要である。これらの対策を総合的に推進してゆくと、昭和55年度から、必要資金の長期的安定確保のために特別会計資金を活用すること、及び中核的推進母体として新エネルギー総合開発機構を設立した。この様な新しい推進体制の枠組のなかで新エネルギー技術開発を従来にも増して積極的に推進することとなった。

3 サンシャイン計画の推進

サンシャイン計画は、昭和49年7月にスタートした。この計画は、石油エネルギー時代に見過がれていたさまざまなエネルギー技術を取り上げ、実用化のための研究開発、技術開発を行うものであり、その対象は、太陽エネルギー、地熱エネルギー、石炭の液化、ガス化、水素エネルギーの4テーマを中心とし、さらにそ

* 通産省工業技術院 総務部 技術審議官

〒100 東京都千代田区霞が関1-3-1

の他の技術シーズの研究開発を実施しており、発足以来7年を経過している。この計画においては、基礎研究、材料開発、要素研究などの基礎的研究開発の段階から、パイロットプラント、デモンストレーションプラントなどのエンジニアリングを中心とする技術開発段階を経て実用化に至るまでの長期間にわたる技術開発を行うものであり、技術開発の進展に応じて、実用化を進めることになっている。発足後、石油をめぐる世界の情勢は大きな変動を重ねていたが、第2次オイルショックに際して世界的に脱石油化の方向づけが明確になされ、新エネルギー研究開発の強力な推進、早期実用化の要請が強まったため、昭和55年度から研究開発の加速的な推進を図ることになった。すなわち、総合エネルギー政策との連携を前提とし、1990年(昭和65年)までに相当量のエネルギー供給を行うことを目標として、従来実施してきた開発テーマのうち、早期実用化が可能であり、かつエネルギーの大量供給が可能とみられる石炭の液化、深部地熱、太陽光発電(太陽電池)を中心とする太陽エネルギー利用に特に重点を置き、研究開発能力および資金の重点的投入を行い、研究開発を加速推進することとした。本計画は、対象とする技術分野が広範多岐にわたり、また緊急に開発を進めるべきものであるため、国内の関連部門の総力を結集することが必要があり、国立研究機関、大学、産業界の各分野の密接な協力のもとに、国が中心となって研究開発を推進してきたが、昭和55年度から、とくにプラント開発を進める中核体として新エネルギー総合開発機構を設立するとともに、研究開発資金に特別会計の資金を活用する体制が確立したので、現在その枠組のなかで技術開発を推進している。

4 サンシャイン計画の現状

昭和49年のスタート以来、多面にわたる技術開発を進めているが、昭和56年度の断面をとってみると、各エネルギー分野ごとの主要事項および予算は表のとおりである。

4.1 太陽エネルギー

太陽エネルギーは、地域的な偏在性がなく、恒久的かつクリーンなエネルギーであり、その供給量は膨大なものである。しかし、大きな欠点があり、1つはエネルギー密度が小さく、日本では夏の晴天時でも1kw/m²程度と低く、変換効率を考えれば、まとまったエネルギーを得るには相当広い面積を必要とする。さらにもう1つの欠点は、日射量が時間、天候、季節によ

って大巾に変動することである。この様な欠点を克服するためには、集光、集熱の効率を高めることと、蓄熱等によるエネルギー変動の平準化が最大の課題となる。

(I) 太陽熱発電

太陽熱発電は、太陽エネルギーを熱エネルギーに変換して250℃以上の蒸気を作ってタービンを回し、発電する方式である。システムは、主として、①太陽エネルギーを多数の平面鏡や曲面鏡によって集光し高温蒸気を得るための集熱部、②熱を貯え、日照変化にあわせて安定運転を行うための蓄熱部、③タービン発電部から成り立っている。このうち、特に集熱部と蓄熱部に重点を置いて技術開発を行った。集熱方式については、タワー集光方式と曲面集光方式の2方式があり、それぞれ1,000kwのパイロットプラントが香川県仁尾町に立地、本年3月に完成し、10月から本格的な運転研究に入っている。これらは、それぞれ1,000kw、3時間の蓄熱容量を有しており、平面鏡の太陽追従は計算機による全面的な自動制御方式をとっている。

パイロットプラントは調整運転中の8月上旬に1,000kwの発電に成功したが、今後2年程度の運転研究を通じて、性能評価、最適運転方式等の技術的課題の検討を行うとともに、経済性についての検討をも十分行うことにしている。

(II) 太陽光発電

太陽電池によって太陽光を直接電気に変換するものであり、これまで人工衛星の電源用、一部の灯台、へき地の通信電源に用いられている。しかし、現在迄のところ価格が非常に高いためコストダウン、性能の大巾向上が、今後の本格的実用化に向けての大きな課題である。そのコストダウンを促進するため多くの分野にわたって基礎的研究を行って来たが、昭和56年度においては、次のような技術開発を行っている。

- ① 太陽電池用シリコンの低廉精製プロセスの開発
- ② 太陽電池を数10個集めたパネルを多数並べて発電するが、太陽電池の形成工程からパネルを完成するまでの連続生産ラインの研究を行い、コストダウンの検討を行う(昭和54年度から5年計画)
- ③ 太陽光発電の利用について、蓄電方式や系統電力との連系方法などを検討するため、太陽電池を住宅、学校などに設置し、利用実験を行う(昭和55年から5年計画)。
- ④ 太陽熱発電と同じく500~1,000kwの集中型太

陽光発電システムの開発(昭和55年度から5~6年計画)。

これらにより、主として結晶系シリコン太陽電池の低コスト化、性能向上の研究を行っているが、最近、非晶質のアモルファス太陽電池が注目されているので昭和55年から新しく取り上げ基礎的な研究を始めている。アモルファス太陽電池は、シリコンの厚さを極端に薄くでき、製造工程が比較的簡単である等の利点があるため、成果の挙ることが期待されている。

(III) 産業用ソーラーシステム

太陽冷暖房及び給湯システム(いわゆるソーラー

システム)については、民生利用のための技術開発はほぼ終了しており、昭和55年度から積極的な普及策が構じられている。この技術を更に高度化して産業用にも活用するため、複雑な熱工程を有する工場(例えば染色工場のように50~150℃の広い温度巾の熱水を必要とするもの)を対象した開発を行っている。

4.2 地熱エネルギー

わが国は世界有数の火山国で極めて豊富な地熱エネルギー資源の賦存が見込まれており、その開発の促進が緊要な課題である。地熱エネルギーの特徴は、①純国産かつ豊富である、②プラント建設のインシャルコストは高いが、燃料代が不要なため、最終の発電コスト

表 昭和56年度サンシャイン計画関連予算案概要

(単位 百万円)

事 項	56年度予算案	56 年 度 計 画 の 重 点
1. 太陽エネルギー 〔一般会計 特別会計	7,961 〔 2,322 5,639	① 太陽熱発電プラント(1千kW2方式)の開発(*6,423→*1,123) ② 太陽光発電実用化技術開発(*1,311→*4,300) ③ 太陽光発電研究の拡充(977→1,511)(うちアモルファス太陽電池 474→1,312) ④ 産業用ソーラーシステム等の開発(509→507) (うち産業用ソーラーシステム*50→*216)
2. 地熱エネルギー 〔一般会計 特別会計	9,223 〔 1,762 7,461	① 全国地熱資源総合調査の実施(1,946→2,629) (うち調査実施*1,846→*2,518) ② 地熱探査技術等検証調査の実施(仙岩・栗駒地区)(1,155→1,587) (うち調査実施*539→*1,012) ③ 大規模深部地熱発電所環境保全実証調査の実施(豊肥地区) (*3,000→*2,600) ④ 深層熱水供給システムの開発(*262→*678) ⑤ 熱水利用発電プラントの開発(*357→*653)
3. 石炭エネルギー 〔一般会計 特別会計	13,514 〔 880 12,634	① 液化プラントの開発(溶剤抽出液化(瀝青炭系, 褐炭系), ソルボリシ ス液化, 直接水添液化(*3,060→*7,724)) ② 高カロリーガス化プラント(7,000m ³ /日)の開発(*2,974→*2,518) ③ 低カロリーガス化プラントの開発(*1,700→*2,392) ④ 液化及びガス化基礎研究の拡充(819→880)
4. 水素エネルギー 〔一般会計 特別会計	948 〔 444 504	① 電気分解法水素製造プラントの開発(449→*504)
5. 総合研究 〔一般会計 特別会計	1,233 〔 749 484	① 海洋温度差発電研究の拡充(166→213) ② 風力発電研究の拡充(127→656)(うち風力発電プラント (100kw級)の開発0→*484)
6. 国際協力 〔一般会計	668 〔 668	① 高温岩体日米共同研究の実施(567→565) ② 石炭液化日米協力(5→5) ③ IEA協力(92→79)
7. その他 〔一般会計 特別会計	112 〔 107 5	庁費, 研究施設整備費等
合 計 〔一般会計 特別会計	33,659 〔 6,932 26,727	(注) 重点欄の*印を付したものは、特別会計によることを示し、新エネルギー 総合開発機構において実施する。

は低廉である、⑨多目的利用を含め地域社会に多くのメリットをもたらす等があげられる。現在、わが国では6発電所、約17万kwが稼働しているが、サンシャイン計画においてはさらに深部の地熱開発のための調査、探査技術、熱水利用発電の可能性の研究などを中心に進めている。

(I) 全国地熱資源総合調査

全国的な規模での地熱資源について、空中調査等を中心に昭和55年度から4ヶ年計画で総合的な調査を行っている。すなわち、航空機によるレーダー映像での地表調査、地球磁場の精密な調査から地下の温度状況の把握、重力加速度の調査による地下の地質構造の調査などを行い、これらを総合して地熱有望地域を摘出する。なお、この調査は全国的な規模で行う概査であり、有望地域については更に精査を行った上、地熱開発を行う地点を限定してゆく必要がある。

(II) 地熱探査技術等検証調査

深部の地熱を対象として調査する場合には、各種の物理探査などの地表調査の解析を十分行う必要がある。このため、各種調査技術を結集した総合的な地表調査の結果と、深部ボーリング調査による地下深部の状況との相関関係を明確にして、探査技術を確立することをねらいとする調査を昭和55年度から4ヶ年計画で秋田県と宮城県で実施している。

(III) 高温岩体発電システム

地下に高温の岩体が存在しても地下水が滲透しないために蒸気や熱水が形成されない場合があり、このような地熱エネルギーについて、ボーリング孔から高圧水を注入して岩盤に人工的に破砕帯を形成し、その後、一方のボーリング孔から入れた水がその破砕帯を通過して蒸気または熱水となり、他のボーリング孔から取り出す方式であるが、地下深部に人工的に破砕帯を形成することが難しく、まだ基礎的な段階である。この技術は米国で以前から研究されており、ロスアラモスの研究所で昭和55年度から5ヶ年計画で実施されている2～5万kwの熱エネルギーを取り出すプロジェクトに日本も参加しており、同時に、国内でも人工破砕帯を形成するためのフィールドテストを実施している。この技術の実用化までには相当の時間が必要となろう。

(IV) 深層熱水供給システム

非火山性の地熱は、70～90℃程度と温度は低いが、平野部にも広く賦存するので暖房、給湯等に利用す

るため、熱水の最適な採取や地下還元の方法を確立することをねらいとして、秋田市南部において昭和55年度から4ヶ年計画で技術開発を行っている。

(V) 熱水利用発電

我が国の地熱発電所においては、蒸気と共に多量の熱水が噴出し、その温度は150℃前後と相当高いが、現在は殆んど利用せずに地下に還元している状況である。この熱エネルギーをフロン等の低沸点媒体を用いてタービンにより発電しようとするバイナリー発電については、すでに1,000kw級のパイロットプラントによって発電に成功したが、現在、効率を高め、低コスト化を前提にした媒体や熱交換に関する要素技術の研究を行っており、その成果を踏えて1万kw級のデモンストレーションプラントに取り組むべく、検討を進めている。

4.3 石炭の液化、ガス化

石油代替エネルギーの重要な柱として、石炭利用は急速に拡大しつつあり、今後も更にその傾向が強くなってゆくものと考えられる。石炭は、石油と並ぶ化石燃料ではあるが、石油に比べると地域偏在性が少なく、環太平洋諸国にも多く、また、地球上での資源量は石油に比べて1桁多いと云われている。

石炭の液化・ガス化は、固体であるための取り扱いの不便さや灰捨ての問題などを解決すると共に流体エネルギーシステムに取り込むことをねらいとしている。

(I) 液化

石炭の液化は新しい技術ではなく、すでに第2次世界大戦の際にドイツが大規模に実施して戦車や航空機の燃料に使用し、またわが国でも実用には至らなかったが大規模な技術開発が行われた。しかし、これらは、戦争目的のために経済性を無視して行われたものであるが、戦後においては、経済性を前提として、アメリカや西独で研究が進められている。石炭液化は、間接液化と直接液化に大別され、前者は、一度ガス化し、合成してガソリン等を製造するものであり、現在すでに南阿連邦において実用化され、自動車燃料等が大規模に作られているが、コストが高いと言われている。直接液化は、高温高圧のもとに石炭の大きな分子を分解するとともに水素を添加して液化しようとするものであり、現在、アメリカ、西独、およびわが国等が開発を行っている。

サンシャイン計画においては、溶剤抽出、ソルボリシス、および直接水添の各液化法について、それぞれ1～2t/日程度のベンチスケール設備の建設又

は運転研究を実施している段階であるが、昭和 55 年度から、オーストラリアのビクトリア州に豊富に賦存する褐炭を対象として、50t/日処理のパイロットプラントの建設に新しく着手した。石炭液化のプロセスは石炭の種類（揮発性物質の比率、硫化物等の不純物、灰分、水分など）によって大きな影響を受けるものであり、又、わが国が石炭液化を考える場合には海外炭を中心に考えざるを得ないため、液化プロセスの開発に当っては、広い炭種に適用できるとともに、液化収率に優れた液化技術の開発に努めている。この様な中で、とくに褐炭を対象とした液化技術を新しく取りあげたのは、ビクトリア州における褐炭は経済的に採掘しうる炭量が 350 億トンと称されており、現在、露天掘採場の近くで火力発電に用いられている以外は殆んど利用されていないため、液化技術が確立されれば確実に利用しうる資源があるためであり、50t/日プラントはビクトリア州で、本年度から建設を始め、昭和 59 年度中に完成したのち、総合的な運転研究を行う予定である。なお、本件については、オーストラリア側も極めて熱心であり、積極的な協力が得られることになっている。

石炭液化は、一般的に言って、400～450℃の高温、100～200気圧の高圧の条件のもとで、水素を添加して液化しようとするものであるが、固体、液体、気体が 3 相共存する状態であり、反応槽の材料および形状、水素の生成、触媒の種類、灰分の除去方法等極めて難しい問題があり、高圧の反応槽に石炭をチャージするためのポンプ、あるいは各種パルプなども大型プラントでは大きな問題となる。又、液化油を重質油にするか、中質油にするかによって、水素添加量が変わってくる等、技術的にも経済的にも大きな問題があるが、実用化段階においては、1 ユニット数千トン/日の装置を組み合わせ、1 工場としては 2～3 万トン/日にしようとするのが世界の流れである。

わが国は、現在のところ、数百トン/日のパイロットプラントで研究を行っている米、西独に較べると遅れているが、技術的、経済的諸問題を解決して、早急に実用化に進むべく努力を重ねている。

(II) ガス化

石炭のガス化については、高カロリーガス化と低カロリーガス化に取り組んでいる。前者は、石炭を高カロリーのガスにして、都市ガス又は工場原料等に用いるためのものであり、7,000 m³/日のガス化設備（石炭処理量 1 日 10～15 トン）の建設が本年中に

完成するので、その後運転研究を行うことにしている。後者は、低カロリーのガスを作って、ガスタービンと蒸気タービンを組合わせた複合発電システムによって発電しようとするものであり、石炭処理量 40t/日のガス化炉を主体としたガス化試験プラントによって、ガス化の試験を行っている。

4.4 水素エネルギー

水素エネルギーは、今迄述べた他のエネルギーが一次エネルギーであるのと異り、二次エネルギーであって、クリーンであるとともに用途も広い等のメリットを有している。サンシャイン計画においては、安価でエネルギーのロスが少ない水素製造技術の開発として、高温高圧の条件下での水電解技術の開発を進めており、20Nm³/日の小型パイロットプラントの建設を進めている。また、水素の利用に関して、金属水素化合物の型での輸送・貯蔵技術、水素の燃焼や自動車で使う場合の利用技術、あるいは保安技術等についての基礎的な研究を進めている。

4.5 その他

将来の実用化の可能性のあるテーマを探るべく、新エネルギー技術シーズについての研究を行っている。風力発電については、欧米諸国で千 kw クラスの開発が進められているが、我が国では台風対策等を考慮する必要があるので、当面 100 kw の風力発電プラントの建設、運転を 56, 57 年度の 2 年計画で進めている。また、海洋温度差発電は、海洋表面と深海（水深 500～600 m）の水の温度差（約 20℃程度）を用いて発電しようとするものであり、資源量は膨大であるが、低レベルのエネルギーを利用するものであるため、効率の高い熱交換器についての研究を行っているほか、海洋構造物特有の種々の問題を含めて、フィージビリティスタディを進めている。

5 新エネルギー技術開発の今後の方向と課題

5.1 今後の方向

現在の石油需給状況が比較的安定しているとは云え、全世界的に今後の中長期的なエネルギー需給状況が予断を許さないものがあり、とくに自国に資源を保有しない我が国は、短期的なエネルギー・状況や景気動向に左右されることなく、従来にも増して新エネルギー技術開発に力を注ぐべきである。その際、新エネルギー技術開発が長期間を要し、開発資金が多額にのぼり、開発リスクが大きく、当面の収益が望みにくいこと等に鑑み、当分は国および新エネルギー総合開発機構が

中心となり、産業界の全面的な協力を得つつ計画を強力に推進すべきであると考え。また、新エネルギー技術開発を進めるにあたって、国際協力が重要である。研究開発の早期推進、効率化等の観点から有効なものについては、積極的に国際協力を推進することにしており、IEA の場における多国間協力や、石炭液化等に関する日豪協力、日中協力等の2国間協力を実施している。

5.2 今後の課題

今後、早期に実用化することを前提に技術開発を進める際の重要な課題としては、次の様な課題があげられる。

第1には、大型のエンジニアリング技術や材料問題等を中心とする技術的課題である。今後、実用化に向けて大型のプラント開発を急速に推進する際、例えば石炭液化の様に厳しい温度、圧力等の条件のもとで大量の石炭を処理する様な複雑で大規模なプラントの開発については、エンジニアリング技術および材料技術

の確立が重要である。

第2は、経済性的の問題である。従来利用されなかったエネルギーを大規模に使い、相当量のエネルギー供給を目標とするためには、石油価格や他のエネルギーコストと競争しうる新エネルギーであることが必要であり、このための技術開発に全力を投入する必要がある。

第3は、新エネルギー技術の実用化のための条件整備である。新エネルギーを円滑に社会のエネルギー流通システムに導入するためには、現段階から、需要業界の受け入れ体制の整備、各種法規制面での整備について検討を進める必要がある。

おわりに

以上述べた様に、新エネルギーの開発は、中長期的なエネルギー対策に資する重要なものであり、行えるよう、各方面の協力を得つつ、技術開発を鋭意進めて参りたい。

話の泉

竹を利用しよう

竹バイオマスの提言 (その1)

「竹の国際リサーチセンター設立を大いに期待する」(上田弘一郎京都大学名誉教授)

「竹を代替エネルギー資源として忘れてはいませんか」(松井健二日本の竹を守る会会員=川崎重工業原動機営業部)

日本人が最も身近にする竹の利用を呼びかける声が強まっている。温帯だけに成育するので、欧州でもついぞ見ない。「竹馬の友」「竹を割ったような気性」いずれも竹はよい意味で使われている。

上田名誉教授によると、日本の竹の植生面積は12万3000haにも及ぶ。真竹42%、孟宗竹40%等々である。北緯41度、最低気温マイナス18℃が北限、一方熱帯にも弱い。タイ、南ベトナム、インドで植竹は不成功であった。日本では1965~70に一斉に竹の花が咲き枯れた。

竹のエネルギーは木材より大きい。『竹の発熱

量は約5000Kcalと言ったら、「ハッ」とするエンジニアも多い。昔は「かまどで竹を焚くな」と言い伝えられた。燃焼温度が高いため(通常の木材よりも1000Kcal以上高い)、釜が早く損傷する。言いかえれば、燃料としての価値が高いということであり、現代風に言えば無公害のクリーンエネルギーなのである」(松井氏)とホレボレする話。

しかも、竹は7月くらいで親竹になるが、成長の早い日は1日でなんと「真竹(12センチ径)が121cm、孟宗竹(16センチ径)が119cm」(上田名誉教授)と目を見張る。1年以内でマキシマムに成長し、以後伸びないし、古くなると竹林のためにもよくないから、どんどん刈って利用しようという話が出てくる。

(K)

(注) その1, その2とも本号に掲載しております。