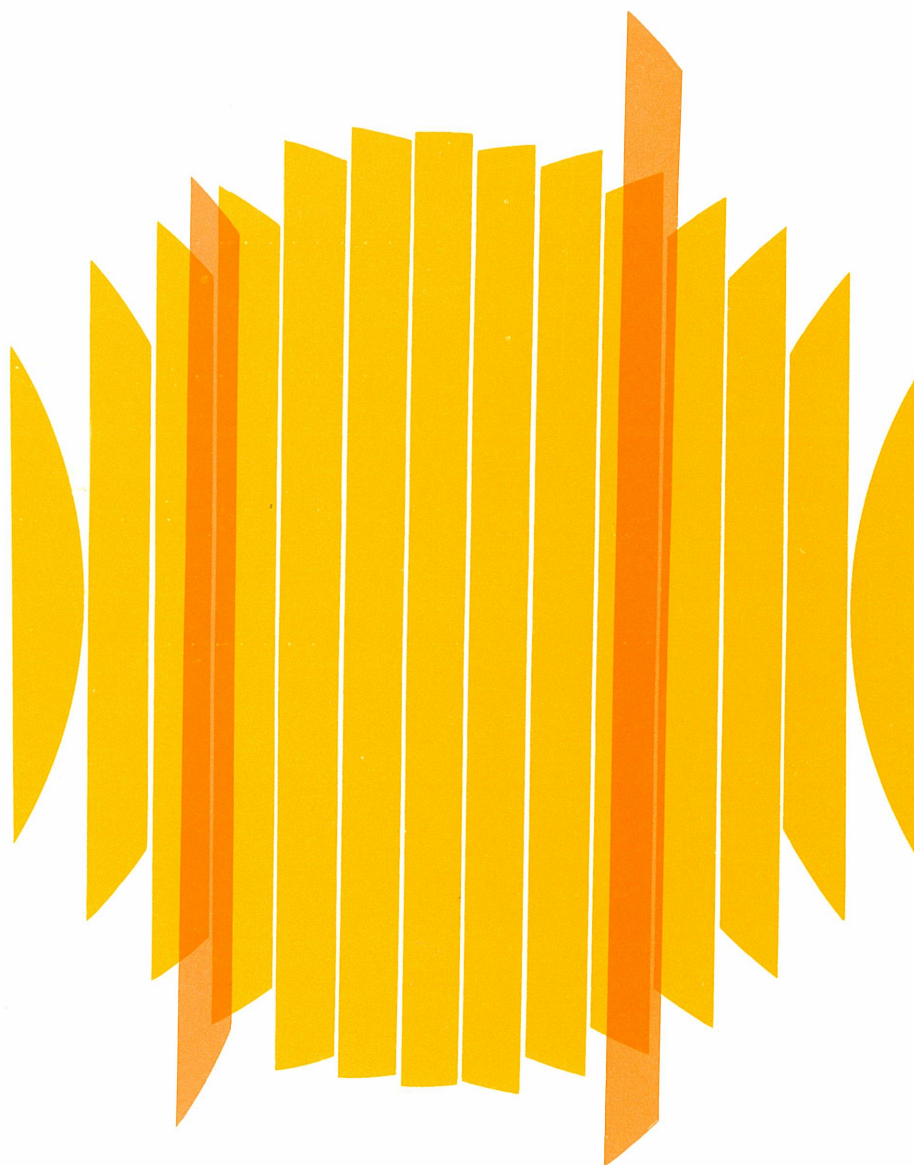


季報 エネルギー総合工学

Vol.2 No.3

1979.10.



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

目 次

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

I E A 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

流体エネルギー資源開発の 技術課題について

理事・東京大学工学部教授 平 川 誠 一

私の関与する一次エネルギー資源問題は、石油開発・液化ガス導入・地熱開発など極く限られた一部である。

地熱エネルギーは、最近石炭液化や太陽エネルギーとともに、サンシャイン計画の見直し・加速的推進の対象としてクローズアップしている。このエネルギーとしては、大規模深部地熱発電・バイナリー発電・トータルフロー発電・深層熱水供給が項目として挙げられ、今後パイロットプラントを経て実用化プラントへと研究開発が計画され、さらに昭和65年（1990年）度石油換算約 700万 kl の地熱エネルギー供給目標達成には、民間企業による実用化の誘導が期待されている。しかしながら、これらに関する技術的シナリオは今後の問題として残されている。

液化ガス導入は急増見通しのもとに、技術面でも需給面でも順調な伸展をとげている。特に世界各国の要望にこたえ、明年4月には京都において第6回LNG国際会議を主導するまでに成長した。現在、外国への液化ガス技術輸出の実力は充分備わっているが、今後とも冷熱利用面ならびに液化ガス保安面などへの技術的努力の継続とともに、LNGの相互融通制度の確立ならびにLNGとLPGとの相対的役割りの検討など、技術面をふまえた詰めが必要である。

石油審議会開発部会は、昭和55年度より「第5次国内石油及び可燃性天然ガス資源開発5カ年計画」を発足させるのが妥当と判断した。これは、最も安定的な供給源である国内の石油・天然ガス資源の探鉱開発をより積極的に推進することを目的としている。この計画達成のための技術開発促進項目として、(1)海底石油生産システムの実行化、(2)大水深の海域における掘削技術の研究開発、(3)探鉱に関する新技術の開発、(4)油田の二次三次回収技術の実用化が主要課題と摘出された。これらの技術開発は、わが国企業による海外での石油および天然ガス開発へも大きな寄与が期待できる。

以上の事例をも包括して、全エネルギーの諸問題を技術的側面から捉え総合化し、わが国のエネルギー政策に反映させる意義は非常に深いと考える。

(ひらかわ せいいち)

IEAのエネルギー研究開発概要

中 橋 一 泰

先般東京で開催された先進国首脳会議における合意にも見られるように、代替エネルギーの開発は、もはや世界的な課題である。地球上で目下確認されている原油埋蔵量は、約6,600億バレルであるが、これは新規発見がないとすると今後約33年間で消費され尽してしまう量でしかない。新規の原油発見には多くを望めず、逆に開発途上国の石油消費量が増大の一途をたどることは目に見えていること、また代替エネルギーの開発には一般に長いリードタイムを要すること等を考えれば、代替エネルギー研究開発の強化促進は急務である。

エネルギー研究開発は、莫大な投資と最高の叡智を必要とするため、国際協力によって行うことが効果的である。現在多国間あるいは2国間でいくつかの国際協力が行われているが、中でも国際エネルギー機関（IEA）におけるエネルギー研究開発国際協力は一大中心を形成するものといっても過言ではなかろう。本稿では、このIEAにおける国際協力について、発足の経緯、日本の貢献度、協力の進め方等の観点から解説することとする。

1. IEAの概要

エネルギー研究開発委員会（CRD）につ

いて述べる前に、まずIEAの概要を知っておく必要があろう。

1) 設立の経緯

1973年秋の石油危機をうけて先進石油消費国は、キッシンジャー米國務長官（当時）の提唱によりエネルギー調整グループ（ECG）を設置し、1974年11月に至るまで、石油緊急融通制度の確立及び長期エネルギー協力対策等を目的としてエネルギー問題の解決の方途を検討した。このECGの数次に亘る会合を経て、国際エネルギー計画（IEP）に関する協定案及びこの計画の実施機関となるべきIEA設立に関する経済協力開発機構（OECD）理事会決定案が作成され、これに基づいて1974年11月15日、OECD理事会決定によりOECDの枠内にIEAが設立された。IEA加盟国は、オーストリア、ベルギー、カナダ、デンマーク、西独、アイルランド、イタリア、日本、ルクセンブルグ、オランダ、スペイン、スウェーデン、スイス、トルコ、英国、米国の16カ国であったが、その後ニュージーランド、ノールウェー、ギリシャの3カ国が加わり、さらに本年3月にはオーストラリアの参加も承認されて現在IEAの参加国は20カ国となっている。（OECD加盟主

要国のうち仏は、IEAが反OPEC同盟の色彩が強いとして不参加)

2) IEAの任務及び機構

IEAの任務は次の4つに大別できる。

①緊急時対策

石油の共通緊急備蓄水準の確定、緊急時における需要抑制、相互融通スキームの確立等。

②長期協力対策

参加国の輸入石油依存度の低減のための節約、代替エネルギー開発、エネルギー研究開発等。

③石油市場対策

市場透明度改善のための方策として国際石油市場に関する情報制度の確立及び国際石油会社との協議システムの確立等。

④産油国等との協力促進対策

産油国及び開発途上国を含む他の石油消費国との協力関係の強化

これらの任務を遂行するため、最高機関としての各種の決定や勧告の採択を行う理事会(GB)が設置されており、更に、理事会のもとに、上記4分野の各々の常設組織として緊急時問題常設部会(SEQ)、長期協力問題常設部会(SLT)、石油市場問題常設部会(SOM)、生産国及び他の消費国との関係に関する常設部会(SPC)の4つの作業部会とエネルギー研究開発委員会(CRD)が設置されている。(図1)後に詳述するが、CRDは、エネルギー研究開発(R&D)が重要なテーマであることから、SLTから分離独立したものである。

2. CRDの概要

IEAの設立から現在までのCRDの活動を概観すると、性格的に3つの時期に分類することが可能である。CRD活動の発展振りを各時期ごとに見てみよう。

1) 第1期

(1974年11月～1975年11月)

IEAの設立に始まって、CRD創設に至るまでの期間である。この時期は、IEAの下でのエネルギーR&D国際協力のあり方の大原則が策定された時期である。

IEAにおけるエネルギーR&Dは、当初はIEAの常設作業部会の一つである長期協力部会の下に設置されたR&Dサブ・グループを中心として行われた。R&Dサブ・グループの役割は、“リード・カントリー方式”(エネルギー技術ごとに議長国を決め、議長国のリーダーシップのもとに関心国が自主的に参加し、適宜必要な資金、施設、情報等を提供することにより国際協力を取り進める方法)のもとで、各国のR&Dの実情を把握したうえで、各国がR&Dを行うにあたり相互に協力しうる分野を確認し、その促進を図ることにあった。すなわち、IEAのR&D活動は、R&D分野を確認し、技術ごとに設置された各作業部会において、この分野における国際協力の可能性ならびに協力の形態につき十分な検討を行ったうえで、具体的なプロジェクトにつき合意が得られた場合に共同プロジェクト計画を策定するとの形式をとっており、その場合の参加方法は、当該プロジェクトに関心ある国が各自の負担で参加する方法を採っている。従ってIEAにおけるR&D協力は各国の自主性を十分尊重しうるものであるといえる。

R&Dサブ・グループは発足以来、この方式に基づいて国際エネルギー計画（IEP）第42条C項に規定されたエネルギー新技術（石炭技術・太陽エネルギー・放射性廃棄物管理・制御熱核融合・水素エネルギー・原子力の安全性・廃熱利用・省エネルギー技術・都市産業廃棄物利用）の9分野各々につき、専門家会合を開催し、作業部会の討議を経て、国際協力として、有効なテーマを見出した上で、具体的なプロジェクトの策定に入った。こうした実地的な作業の進捗に伴い、R&D活動における国際協力のあり方および特許権・実施権等の工業所有権を含む知的所有権に関する各国の法制上の相異から生ずる問題の解決方法が必要となり、各国の法律専門家会合を初めとして数次にわたる会合の結果、「エネルギーの研究開発分野における国際協力のための指導原則」および「実施取極における情報ならびに知的所有権に関する指導指針」につき合意が成立した。この指導原則の主要点は次のとおりである。

①情報交換、プロジェクト等への参加につき官民双方の支持を得る（第1条、第2条）。

②プロジェクトへの参加母胎として、国家機関またはその他の公的機関、私的法人もしくは企業等を指名しうる（第3条）。

③プロジェクトの内容は、情報交換、専門家交流、施設ならびに装置の共同設計・建設・運営を含む具体的プロジェクト、技術基準の共同開発および統一等とする（第5条）。

④プロジェクト推進のため当該プロジェクト参加者間で個別に計画の目的、分担条件、成果（情報あるいは特許権等）の配分に関する規定等を定めた「実施取極（Implementing Agreement）」を適宜締結することができる

（第6,7,8条）。

こうして国際協力のための枠組みが整備される一方、各技術の開発優先度の決定を容易にするために、個々のエネルギー技術の実用化の時期およびその規模ならびに環境等への影響等についての共同研究を行う必要性が認識された。このような認識のもとに、システムズ・アナリシスの手法を用いて、総合的エネルギー戦略（エネルギーR&D戦略）を策定するための作業が、IEA参加各国から科学者・専門家の出席を得て現在進行中である。

これらの一連の活動をふまえて、1975年11月にはバリのOECDにおいて、IEAのR&D特別理事会が開催された。この会合には、わが国から久良知科学技術庁次官、武田通産省工業技術院技術審議官等が、米国からシーモンズ・エネルギー研究開発庁（現在のエネルギー省）長官等が出席した他、各国からもエネルギーR&Dにたずさわる高級官吏が参加した。この特別理事会における主要な成果は次のとおりである。

①前述の「エネルギーの研究開発分野における国際協力のための指導原則」に基づいて策定された「石炭技術に関する多国間情報交換の実施取極」の署名。（この時署名された実施協定は5本あり、これら5協定の成立をもってCRDの実質活動が開始されたわけであるが、この時わが国は5協定のいずれにも署名しなかった。わが国は、その後1977年3月にこれら5協定のうちの1つである「石炭技術情報事業実施協定」に加入した。）

②エネルギーR&D戦略策定を目的とした作業部会の設置。

③前記9分野のエネルギー技術に加え、新たに定められた7分野（多目的高温ガス炉・

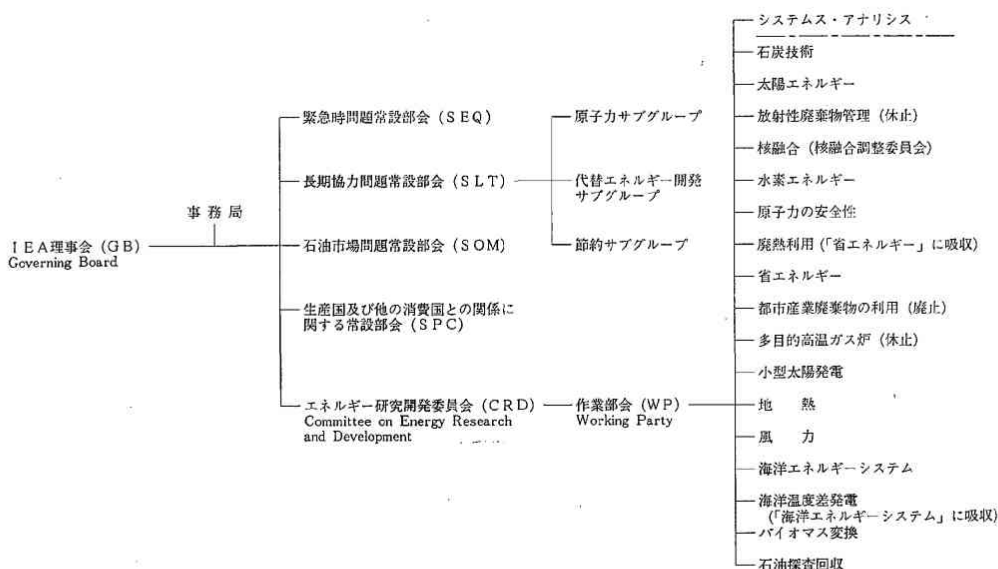


図1 I E A機構図

小規模太陽発電・地熱・風力・海洋エネルギーシステム・海洋温度差発電・バイオマス変換)の国際協力の可能性に関する検討の決定。

④エネルギー研究開発委員会の設置。

2) 第2期

(1975年11月～1979年5月)

CRD設立から第3回I E A閣僚理事会までの期間である。第1期が主に国際協力のテーマの検討あるいはその基礎作りにあったのに対して、第2期はその共同計画の着手、実行の時期といえる。

前述のI E A・R&D特別理事会の結論に基づき、I E AにおけるR&D活動は一層具体化し、各々の分野で新たな作業の進捗が見られた。R&D特別理事会以降の進捗はほぼ次のとおりである。

CRDの付託事項は、(イ)エネルギーR&D戦略を提供すること、(ロ)「長期協力計画」

(1976年1月末の理事会において採択)の遂行に貢献すること、および(ハ)実質的な作業の進展をはかるため、エネルギーR&Dプログラムを定期的に検討し、各国の協力を取りつけ、また、適当な検討期間経過後に参加国政府間の協力が見込めない作業部会については、早期に終了せしめるか、もしくは他の作業部会に移管することを検討すること、とされている。

さて、R&Dサブ・グループをR&D委員会へと発展昇格させたことにより、I E AのエネルギーR&D活動は実質的な活動を開始し、1976年2月20日には、パリにおいて第1回I E A・R&D委員会が開催された。この会合においては、前述のR&D特別理事会における採択事項を確認したほか、次の諸点につきコンセンサスがあった。

①システムズ・アナリシスの作業のとり進めかたにつき合意があり、この結果、米国が

よび西独が自国の国立研究所（米：ブルック
ヘブン国立研究所，西独：ユーリッヒ核研究
所）を開放して各国のシステムズ・アナリシ
スの科学者，専門家を受け入れ，エネルギー
R&D戦略策定を目的とした作業を開始する
ことになった。

②実質的な作業の見込めない分野——既に
商業ベースの段階を迎えている技術および各
国の関心度の相違が大きく国際的協力の余地
の乏しい技術——を整理することに合意し
た。これによりIEA・R&D活動は政府レ
ベルのリーダーシップを必要とする先端技術
分野ならびに各国のエネルギー政策を反映し
た実施可能な優先技術分野にその努力を集中
することが可能となった。これに関連し，当
時のR&D委員会議長シュミット・キュスタ
ー（西独）は，「情報交換を行いうる国際機
関は既に多数存在しているので，IEAのR
&D活動は，その努力を実行可能なハードウ
ェアプロジェクトに作業を集中すべきであ
る」との考え方を強く示したが，この考え方
は第2期中はなかなか現実のものとならな
かったものの，第3期に入って具体化される
こととなる。

③1975年12月のOECD閣僚会議をもって
発足した国際経済協力会議（CIEC）の活
動を考慮し，開発途上国（LDC）とのR&
D協力を促進することにつき意見の一致があ
った。

IEAは，国際経済協力会議（CIEC）
にOPEC事務局と共に常任オブザーバーと
して参加することを認められているが，長期
的にみれば途上国側もエネルギー問題の解決
のためにはR&D技術を必要としていること
は明らかである。CRDは，このような観点

から長期的なエネルギー問題解決のために，
特に非産油開発途上国のエネルギー困難を克
服する努力を，側面より援助することの必要
性を認めたものである。

その後IEAでは，1977年4月の第29回理
事会において「IEA加盟国と開発途上国間
のエネルギーR&D協力に関するとりあえず
の指導原則」を採択した。その骨子は以下の
通りである。

①LDCに対する技術援助の促進。

②IEAプロジェクトから得られた所有権
を伴わない情報のLDCに対する提供。

③LDCによるIEAプロジェクトへの参
加の招請。

④LDC提案による新規プロジェクトの着
手。

⑤LDCの参加の諾否はすべてCRDで検
討したのち理事会で決定。

⑥プログラムのプライオリティーを決定す
る際，LDCのニーズにあった技術を考慮。

⑦原子力分野については，IEA以外の機
関（IAEAかあるいは他の適当な機構）に
よる協力を推奨。

IEAのプロジェクトに，LDCが参加し
ているのは現在までにメキシコの例が1件あ
るだけである。メキシコは国内の地熱資源の
開発に関心を有していたことから1978年5月
にIEAの地熱作業部会への参加希望を表明
した。この希望を受けてCRDは，同年6月，
前記「指導原則」に基づきメキシコの地熱作
業部会への参加問題を討議し，CRDとして
これを承認する旨決議を行った。本件はこの
CRDの承認を受けて9月のIEA理事会で
も承認されるに至った。

前述したように，第2期のスタート時に成

立した実施協定は、石炭関係の5協定であったが、その後作業部会（図1参照）で次々とR&Dプロジェクトが策定され、協定数は第2期の終了までに30に達した。（表1参照）ない場合、1つの協定のもとで実施されるプロジェクトは1つであるが、協定の中には複数のプロジェクトを有するものもあり、プロジェクトの総数では43となった。このような作業部会の活発な活動によるプロジェクトの量的拡大が第2期の特徴であるが、一方作業部会の中には、ほとんど活動しなかったものもあった。具体的には以下のとおりである。

①放射性廃棄物管理作業部会

実質的な作業は、NEAの放射性廃棄物管理委員会で行っているため、重複を避ける意味でIEAでは活動を休止。

②核融合作業部会

核融合は極端に専門的内容の分野であり、IEA参加国の中には核融合を研究していない国もあるため、IEA参加国全体の会合は無理であるとのECの主張から、作業部会の代わりに専門家会合を発展的に昇格させた核融合調整委員会（FPCC）が発足した。

③廃熱利用作業部会

廃熱利用は、省エネルギー作業部会に移管された。

④都市産業廃棄物利用作業部会

廃棄物の利用は、重要な分野ではあるが、すでに商業化されている分野であるということもあり、IEAにおける国際協力のテーマから除外された。

⑤多目的高温ガス炉作業部会

関心を有する国に限られているため、現在休眠状態にある。

⑥海洋温度差発電作業部会

関心を有する国に限られていることもあり、海洋エネルギーシステム作業部会に統合。

一方、石油そのものに関する技術開発のために、石油探査回収作業部会が追加された。

3) 第3期

（1979年5月～）

1979年5月21・22の両日、パリで第3回閣僚理事会が開催され、CRD関係では、新たに4つの協定と4つの意図表明（Statement of Intent）に署名が行われた。CRDでは、従来よりハードウェアプロジェクトを増加すべく努力が行われてきたが、第2期は量的拡大がより重要視されたため、情報交換等のソフトウェアプロジェクトが多く作成され、ハードウェアプロジェクトは30協定のうち10協定にすぎなかった。しかし前記閣僚理事会で署名された8つのプロジェクトは、6つまでがハードウェアプロジェクトであり、これはCRD活動が量的拡大重視の第2期から質的拡大重視の第3期へ移行したことを示すものである。先般の東京サミットでは、代替エネルギーの実用化促進の重要性が認識され、国際エネルギー技術グループを設けて具体的なプロジェクトの策定を行うことになったが、こうした東京サミット合意によるエネルギーR&Dの動きと、質的拡大期を迎えたCRDによるエネルギーR&D活動とが、今後どのような形で相互に関連してゆくのか注目する必要がある。

3. CRDの活動

CRDの活動は大別して3つある。

1) エネルギー R & D 計画の実施

CRDの活動の中で最も大きなウェイトをしめるものである。具体的なR&D事業は、前述の作業部会（Working Party）で検討され、その結果合意に達した共同事業について実施協定が締結され、各国が任意に加盟することになっている。このようにして、現在までに締結された実施協定は34に及んでいるが、各国のこれら協定への加盟状況は表1に示す通りである。

実施協定の形態はほぼパターン化されており、ほとんどの協定が協定本体と附属書から構成されている。協定本体は、目的、運営方法、会計、情報及び知的所有権等の一般事項を定め、具体的なプロジェクトの内容については、附属書に規定されている。附属書は、協定本体に各プロジェクト毎にいくつでも設けられることになっており、たとえば「太陽熱による暖冷房システムの開発試験計画」実施協定には附属書がⅠからⅤまで5つ設けられている（表1参照）協定の運営は、その協定に加盟している各国の代表から成る執行委員会によって行われる。執行委員会は通常一年に2回開かれ、プロジェクトの進捗状況のチェックやCRD提出用、協定加盟国配布用等の報告書の作成などが行われる。他方プロジェクト自体の実施は運営機関を中心に行われる。運営機関はプロジェクト実施の世話役的な存在で、プロジェクトの提唱者が勤めるのが普通である。運営機関の下では、プロジェクト参加国の専門家が集って年に何度か専門家会合が開かれているが、そこでの検討事項等は運営機関によってとりまとめられ、執行委員会に提出されたのちCRDに報告されることになっている。

実施協定への加盟手続については、各協定毎に定められているが、いずれも同一内容となっている。協定加盟を希望する場合、まず執行委員会に対して希望表明を行い、執行委員会の全会一致の招請に基づき、署名あるいは事務局長への加入書の寄託を行うことが必要である。加盟にあたっては、少なくとも1つの事業（附属書が1つしかない協定については、必然的にその附属書に定める事業）に参加することが義務づけられており、どの事業に参加するかを事務局長に通告することになっている。また、締約者については、IEA加盟国の政府はもちろん、政府によって指定される行政機関、公的法人、私的法人、企業その他の団体も締約当事者となることができることになっている。以上が対外的な実施協定加盟手続の概要であるが、対内的な手続は、スイスのように、国会の批准を必要とする国や、アメリカのようにエネルギー省自体が協定締結権限をもっている国など様々である。わが国の場合は、日本国政府が加盟する場合、閣議決定を経ることが手続として確立している。政府以外の者が締約者となる場合は、その締約者を政府が指定する必要があるが、この指定行為については、閣議決定を経ることなく、関係各省（外務省、大蔵省、通産省、科学技術庁等）の了解を得て行うというルールが確立している。

以上述べてきたように、実施協定は形態上ほぼ統一されているが、プロジェクトの実際の運営方式を見ると2つに大別できる。

①事業分担方式

この方式は、協定に規定される事業について、参加各国が自国の負担により自国の研究所・施設・実験プラントを使って研究開発を

行いその結果得られる成果を相互に交換することによって、全体の計画を遂行する方式である。この方式によれば、各国が得意の分野で作業を負担し、相互に補完的な役割を果たすことになるため研究開発を効率的に行いうるし、各国の個々の計画を有機的に結びつけることにより大幅な人的・資金的負担を必要としないというメリットがある。一方、この方式の問題点としては、計画化の時点で分担する作業をある程度詳細に取り決める必要があること、作業分担国以外の参加者の貢献ないし負担の規定が困難なこと等があげられる。

②資金分担方式

通常、運営機関に設置されるプラントにおいて研究開発を行う計画に、協定加盟国が費用を共同出資して計画を実施する方式である。この方式によれば、各国が個別に計画を実施する際に生じる無駄な重複を避け効率的に計画を遂行することができ、また資金的に単独では計画を遂行しえない国にも参加の機会を提供するというメリットがある。一方、この方式には、資金的貢献の基準設定が困難、各国の予算上の制約、特許等の成果の分配に関する各国の法制上の相違による困難等の問題点がある。

資金の分担比率については、各協定毎に規定されているが、運営機関の出資比率を高くして残りを他の加盟国で均等分割、全費用を全加盟国で均等分割、GNPをベースとした比率で分割等様々な方法がある。

2) エネルギーR&D計画審査

CRD活動の第2は、各国のエネルギー研究開発計画の審査を行うことである。この審査(R&Dレビュー)は、質問書に対する各

国の回答を受けて、あらかじめ決められた外国の審査報告者(ラポラトゥール)が書面上で行うことになっている。また審査には、經常審査と詳細審査の2種類があり、前者は毎年、後者は3年に1回の割で行われる。審査報告はCRDに提出されたのち理事会で採択され公表されるが、既に1977年、1978年の審査報告書が公表されている。わが国は1978年の審査について、スウェーデンとともにカナダの詳細審査のラポラトゥールを努めたが、1979年にはスイスの詳細審査を担当した後、1980年審査では詳細審査の対象国にまわる予定である。この審査は、それぞれの国の事情に必ずしも通じていない外国人が行うため、その結論はあくまでラポラトゥールの責任で出されたもので何ら拘束力は持たないが、第三者の客観的な目を見た各国の研究開発政策が浮きぼりにされるので、謙虚にこれを政策に反映してゆくことが大切である。ちなみに、わが国に対しては、非核エネルギーR&D計画に対する努力をもっと増加すべきこと、IEAのR&Dプロジェクトにもっと積極的に参加すべきこと等が勧告されている。

3) システムズ・アナリス

もう1つのCRD活動の柱は、システムズ・アナリシス作業である。

新エネルギー技術の開発に要する資金および人的資源は膨大であり、有望視される技術すべてを網羅して研究開発を行うことには限界がある。従って、IEA全体としての長期的なエネルギーR&D戦略を考えるにあたっては、各エネルギーの技術の評価(エネルギー技術の実証の可能性、経済性、エネルギー供給の規模、その実現時期、環境からの制約

表1 IEA加盟国のR&D
実施協定加盟状況

(1979. 8. 31現在)

分野	○ 実施協定名、()内はプロジェクト名 △ 実施協定加盟数	プロジェクト参加数																実施協定締結年月	わが国加盟年月日	わが国加盟母体
		オーストラリア	ベルギー	カナダ	デンマーク	ドイツ	ギリシャ	アイスランド	イタリ	日本	ルクセンブルグ	ニュージーランド	ノルウェー	スウェーデン	スイス	米国	欧州共同体委員会			
原子力	原子炉安全性研究開発分野における技術情報交換	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	○	○	○	1976. 5	1976. 5. 20	日本原子力研究所
	強力中性子源(INS)の建設を目標とする協同研究開発計画		○						○					○	○	●	○	1976. 5	1976. 5. 20	日本原子力研究所
	核融合のための超電導磁石に関する研究開発計画								○					○	○	●	○	1977. 10	1978. 4. 13	日本原子力研究所
	TEXTORによるプラズマ壁面相互作用に関する研究開発計画		○	○					○					○	○	○	●	1977. 10	1978. 4. 13	日本国政府
省エネルギー	ビル群に対する省エネルギーの応用実証計画				●											○		1976. 6		
	エネルギーの多段利用による省エネルギー研究開発計画	○	○	○	○				○	○				○	○	●		1977. 3	1978. 4. 13	日本国政府
	建築物及び地域社会における省エネルギー研究開発計画	○	○	○	○	○			○					○	○	○		1977. 3		
	I (建築物のエネルギー負荷測定のための方法論の確立)	△	△	△	△	△			△					△	△	△	△			
	III (住宅用建築物の暖房のための省エネルギー方法の評価)			△					△					△	△	△	△			
	IV (グラスゴー商業ビル・モニター・プロジェクト)	△	△												△	△	△			
エネルギー	V (エア・インフィルトレーション・センターの設立)	△	△						△					△	△	△	△			
	熱伝達及び熱交換における省エネルギー研究開発計画										○			○	○	○		1977. 3		
	I (広表面熱伝達)														△	△	△			
エネルギー	II (熱交換網の最適設計)														△	△	△			
	III (熱交換チューブ振動)														△	△	△			
	自動車用高温材料に関する研究開発計画				○											●		1979. 5		
	改良型ヒート・ポンプ・システムの研究開発計画	○	○	○	●				○	○				○	○	○		1978. 7	1979. 4. 17	日本国政府
	セメント製造における省エネルギー研究開発計画				○							○		○		○	●	1978. 7		
	エネルギーの貯蔵による省エネルギー研究開発計画				○							○		○	○	○		1978. 9		
エネルギー	I (大規模熱貯蔵システム)				△	△								△	△	△	△			
	II (マンハイムにおける湖水貯蔵)				△	△						△		△		△	△			
	省エネルギーのためのヒート・ポンプ・システムの応用研究開発計画	●	○	○	○	○			○	○				○	○	○		1977. 3		
	燃焼における省エネルギー研究開発計画								○					○		●	○	1977. 3		
	石炭技術情報事業	○	○	○					○	○		○	○	○		●	○	1975. 11	1977. 3. 22	日本国政府
	世界の石炭資源埋蔵量のデータバンク事業	○	○	○					○							●	○	1975. 11		
石炭	採炭技術交換事業		○	○					○			○	○			●	○	1975. 11		
	石炭の経済性評価事業		○	○					○				○	○		●	○	1975. 11		
	石炭の流動床燃焼計画				○											●	○	1975. 11		
	石炭ガス化液化処理事業											○				●	○	1977. 10		
	石炭熱分解の研究開発計画				●									○		○		1977. 10		
	石炭加工のための圧力反応器への乾燥固形燃料の給送計画				●											○		1978. 11		

注) 1. プロジェクトが1つのみの協定については、協定名のみを記入し、プロジェクト名を省略した。

2. 省エネルギー分野で1976年10月26日署名発効した「都市工学及び改良エネルギーシステムの複合的応用実証計画」実施協定は、1978年7月5日に「建築物及び地域社会における省エネルギー研究開発計画」実施協定に同協定のANNEX IIとして吸収され、同ANNEX は1979年1月1日に終了した。

			オーストリア	ベルギー	デンマーク	西ドイツ	ギリシャ	アイスランド	イタリ	ルクセンブルグ	ニール・ランド	スウェーデン	スイス	トルコ	英米	欧州共同体委員会	実施協定締結年月	わが国加盟年月日	わが国加盟母体			
分野	○ 実施協定名、 △ プロジェクト名	実施協定加盟数 プロジェクト参加数	12	12	17	8	25	4	5	12	13	0	13	8	4	8	24	15	1	22	32	7
再生可能エネルギー	太陽熱による暖冷房システムの開発試験計画	14	19	24	15	35	5	5	20	20	0	23	10	5	12	35	24	1	29	47	14	
	I (太陽熱による暖冷房システムの性能調査)		△		▲	△			△	△		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	II (太陽熱暖冷房機器に関する研究開発の調整)		△	△	△	△	△		△	▲		△	△	△	△	△	△		△			
	III (太陽集熱器の性能調査)		△	△	△	△	▲	△	△	△		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	IV (日射に関するハンドブック及び計画パッケージの開発)		△	△	△	△			△				△	△	△	△	△	△	△	▲		
	V (太陽エネルギー利用のための既存の気象情報の使用)		△	△	△	△	△		△		△		△	▲	△	△	△	△	△	△	△	
可	小規模太陽発電システム計画		○	○		●	○		○				○	○	○	○	○	1977. 10				
	小規模太陽発電システム計画第II段階		○	○		●	○						○	○	○	○		1979. 5				
能	風エネルギー転換システムの研究開発計画		○	○	○	○		○	○		○	○	○			○	○	1977. 10	1978. 4. 13	日本国政府		
	I (風力エネルギー転換システムの環境及び気象的側面)		△	△	△	△		△			△	△	△	▲		△	△					
	II (風エネルギー立地のためのモデルの評価)			△					△			△					▲					
	III (風力発電の電力供給システムへの統合)						▲		△	△		△	△		△	△	△					
	IV (大規模風力エネルギー転換システムの回転圧力と運転の円滑化の調査)					△	▲		△	△		△	△		△	△	△					
ネ	大規模風エネルギー転換システムの開発協力				○	○							○			○		1977. 10				
ル	水からの水素製造に関する研究開発計画		○	○	○			○	○	○			○	○	○	○	○	1977. 10	1977. 10. 6	日本国政府		
	I (熱化学法の化学工学的評価)		△		△		△	△	△				△			△	▲					
	II (高温炉と化学プラントの連繫)					▲										△	△					
	III (潜在的な市場の査定)		△	△	△				△	△			△	△		△	▲					
	IV (新型アルカリ性水電解法及び固体高分子水電解法の開発)		△	△				△	△	△						△	▲					
ギ	V (固体酸化物水蒸気電解)			△	△			▲								△	△					
	人工地熱エネルギー・システムに関する研究開発計画					●			○				○	○	○	○		1977. 10	1979. 4. 17	日本国政府		
1	地熱装置に関する研究開発実証計画								○		○					●		1979. 5				
	波力に関する研究開発計画			○				○	●							○	○	1978. 4	1978. 4. 13	海洋科学技術センター		
	バイオマス転換技術情報事業		○	○	○			●					○			○	○	1978. 5				
	森林エネルギーに関する研究開発実証計画		○	○				○				○	○	●		○		1978. 4				
石油	石油強制回収に関する研究開発実証計画		○	○	○				○			○				○	●	1979. 5	1979. 5. 22	石油公団		
計			34 協定 51 プロジェクト														13協定 20プロジェクト					

3. 「地熱装置に関する研究開発実証計画」実施協定には表の3カ国の他にメキシコが加盟している。

4. ※印はハードウェア協定。

5. ● ▲ は運営機関を示す。印のないのは運営機関が特定されていない。

要因等の予測)が、選択の基盤を提供することになり、この優先度の評価に従って、効率的に資金ならびに人的資源を投入することが最大の効果をもたらすことになる。システムズアナリシス作業は、これらを踏まえ実りある国際協力を推進するために、各国がその国家計画において、エネルギーR&D戦略を策定する際の基盤となるエネルギー技術の評価の基準を提供することを目的としており、最終的にはエネルギーR&D戦略を提供することになっている。

作業は1976年5月より、米国ブルックヘブン国立研究所(参加国:日・米・加・EC・スウェーデン・ノルウェー・アイルランド)および西独ユーリッヒ核研究所(参加国:西独・デンマーク・EC・スイス・オランダ・英・ベルギー)で開始され、すでにコンピュータープログラム用のデータの収集分析を中心としたPhase Iが終了している。現在は、21世紀初頭に至る長期エネルギー需給見通しおよびエネルギー技術の評価を中心としたPhase IIが進行中であり、本年末には報告書のとりまとめが行われることになっている。

4. 日本のエネルギーR&D活動

表2は、1978年IEA審査報告書をもとに作成したものであるが、この表を見ればわが国のR&D政府努力が他の先進諸国のそれと比べてどうなっているかが一目瞭然である。エネルギーR&D政府総支出でみれば日本は米、西独について第3位の地位にあるが、国の経済力等を勘案すると、わが国のエネルギーR&D政府努力はまだまだ不十分といわざるを得ない。たとえば、人口1人当たりの政

府支出は、米、西独の半分にも満たないし、GDPに対する政府支出も両国の約半分となっている。わが国は世界第2位の経済大国であり、かつ、人材も豊富であることを考えれば、少なくとも西独レベルの努力を行うことが国力相応の努力ということになるだろう。

次にIEAのCRDにおける日本の貢献度について見てみよう、CRDでの日本の貢献度の低さは表1が如実に示している。現在成立発効している34の実施協定への加入ぶりは、米が全体の9割以上の32協定、西独が7割以上の25協定に比べて、わが国は4割にも満たない13協定である。また、34協定のうち資金面等でより大きな努力を必要とするハードウェアプロジェクトは12協定あるが、わが国が加入しているのはわずか3協定で、しかも日本国政府自体が締約者になっているのは「TEXTOR」実施協定の1本のみである。さらに、34協定のうち、日本が提唱して作成した協定は「波力」実施協定の1本だけであり、ここでもわが国の姿勢の消極性が目だっている。IEAの事務局や加盟各国から、資金と人材の豊富な日本のもっと積極的な参加を、たびたび要望されているにもかかわらず、貢献度は一向に改善されていない。実施協定中の特許条項がわが国の国有財産法に抵触する、あるいは、プロジェクトの実施母体がない等原因はいろいろあると思われるが、わが国の国際協力に対する姿勢が自己中心的であることも1つの大きな原因である。すなわち、わが国は日本の技術がすぐれている分野には、得るものがないとして参加せず、開発の遅れた分野にだけ参加して研究の成果をもらおうという“Take & Take”の傾向が見られることである。太陽熱発電に関する協

定はそのよい例で、日本が独自に行っているプロジェクトの方がIEAのプロジェクトよりも規模が大きく優れているため、事務局から日本に参加が要請されたにもかかわらず、現在も未加入のままである。日本一国ではなく世界全体の利益を考えて、国力相応の貢献をすることが大切であるというように発想の

転換を行なう必要がある。

幸いなことに、東京サミット以降、わが国にもエネルギー研究開発努力を強化しようとする動きが出てきた。代替エネルギー開発公団の設立が検討されはじめたことなどは好例である。IEAのR&Dプロジェクトへの加入についても、民間団体や政府機関などが積

表2 エネルギーRD&D に対する政府支出 (1978年)

予 測 値 国 名	エネルギー RD&D政府 予算 (単位:百 万米ドル) (1)	一次エネルギー 総需要 (TPE) (単位:石油 換算百万トン) (2)	国内総生産 (GDP) (単位:10 億米ドル) (3)	1人当りエ ネルギーR D&D政府 予算 (1) (単位:米 ドル) (4)	1人当たり GDP (単位:1000 米ドル) (5)	1人当たり TPE (単位:石 油換算t) (6)	GDPに対 するRD& D政府支出 (単位:%) (7)
オーストラリア	—	—	—	—	—	—	—
オーストリア	22.0	24.9	59.2	2.9	7.9	3.3	0.04
ベルギー	135.6	46.1	98.1	13.8	10.0	4.7	0.13
カナダ	115.7 ⁽²⁾ (162.1)	203.4	203.3	4.9 ⁽²⁾ (6.9)	8.6	8.6	0.06 (0.08) ⁽²⁾
デンマーク ⁽⁴⁾	24.7	19.3	54.9	4.8	10.8	3.8	0.04
西ドイツ ⁽⁴⁾	927.3	270.2	637.1	15.1	10.4	4.4	0.15
ギリシャ	1.2	14.6	27.2	0.1	2.9	1.6	0.004
アイルランド ⁽⁴⁾	2.6	8.2	12.1	0.8	3.8	2.6	0.02
イタリア ⁽⁴⁾	176.5	139.5	236.0	3.1	4.2	2.5	0.07
日本	797.4	357.0	968.8	6.9	8.4	3.1	0.08
ルクセンブルグ	—	—	—	—	—	—	—
オランダ ⁽⁴⁾	107.1	64.2	130.2	7.7	9.3	4.6	0.08
ニュー・ジーランド	3.4	10.5	15.5	1.1	4.9	3.3	0.02
ノールウェー	31.8	21.3	40.1	7.8	9.9	5.2	0.08
スペイン	48.4	70.2	142.2	1.3	3.8	1.9	0.03
スウェーデン	82.3	51.0	86.3	9.9	10.4	6.2	0.10
スイス	38.8	23.8	88.7	6.1	14.1	3.8	0.04
トルコ	n. a.	—	—	—	—	—	—
イギリス ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	313.8	212.2	310.8	5.6	5.6	3.8	0.10
アメリカ	3,234.7	1,842.4	2,104.8	14.8	9.6	8.4	0.15

(1) 換算レートは、IMF/IFSの年間平均為替レートを使用。

(2) 州政府の支出を含む。

(3) 1978年値の計算には、1978年12月のOECD Economic Outlook GNP/GDPデフレーター並びに実質GNP成長率を使用。

(4) EC加盟国のEC共同プログラムへの支出は含まない。

(5) 英国の国営企業については、政府資金によるエネルギーRD&D支出のみ含まれているこれら企業のその他のRD&D支出は74年51.3百万ポンドであり、78年には98百万ポンドにのぼっている。

極的な姿勢を見せ始めている、近い将来成立が見込まれている実施協定には、

- ①鉄鋼業における省エネルギー
- ②紙パルプ工業における省エネルギー
- ③食品加工業における省エネルギー
- ④アルコール燃料利用を通じての省エネルギー
- ⑤都市産業廃棄物利用を通じての省エネルギー
- ⑥産業用地域暖房用ボイラーにおける石炭石油混焼
- ⑦火力発電における石炭石油混焼
- ⑧産業用地域暖房用ボイラーにおける空気

流動床燃焼

⑨石炭燃焼中の窒素酸化物放射の制御等があるが、このうち①には鉄鋼連盟、②には製紙連合会がそれぞれ加入することを内定しており、⑦、⑧にも石炭技術研究所等の加入が検討されている。また既存の34協定のうち、「エネルギー貯蔵」「バイオマス転換」「石炭経済性評価」等の実施協定に日本国政府が加入することも検討中である。こうした積極的な動きは大いに評価すべきであり、結実に向けて努力を続ける必要があろう。

(なかはし かずひろ 外務省経済局資源第一課)

重質油問題の背景と対応

平 野 稔 幸

1. はじめに

当研究所では昭和53年6月から54年3月までの間に亘り、通商産業省資源エネルギー庁の委託を受けて、重質油対策に係わる調査研究を実施し、その成果を「重質油分解技術の動的評価の調査研究」というタイトルで取りまとめた。この研究は、研究所内に功刀泰碩（東京大学工学部教授（現在、東京大学名誉教授））を委員長とする委員会、およびその下にワーキング・グループを組織して実施されたものである。

この調査研究では中期的な展望に立った石油需給予測が、1つの大きな柱となっていたが、研究期間中に、折りしも世界のエネルギー需給のみならず経済全体を根底から揺さぶриかけた昭和54年1月のイラン革命、および3月の米国スリーマイル島原発事故という2大局面に遭遇した。それ以来、エネルギー情報は混沌とし始め、短期的な見通しさえも困難になったことは事実である。原油供給面では安定確保のために従来の原油多様化が一層促進されるものの、量的には6月の東京サミットにおいて大幅な輸入制限が決定されており、また、石油製品需要面においても、今よりかなり流動的な状況になるものと予想され

る。

元来、中期的な観点での石油需給予測問題については、数多くの不確定要素があることを覚悟しなければならないが、ましてや先の2つの事象が、突発的に起こったことによって、この度の調査研究結果が将来の石油政策に対して、直接適用できるとは思われない。しかしながら、ある石油需給状況を仮想した場合の1つの指標となり得ることは疑いもない。そこで、今回の調査研究に参加した者の一人として、この研究の概要を紹介すると共に、重質油問題の背景および対応等について考えてみたいと思う。

2. 重質油とは

この用語は石油関係者以外にはあまりなじみのない言葉であるので、予めその定義をここで説明する。

そもそも原油は製油所において、常圧蒸留装置およびその他幾つかの装置を経て精製され、LPG、ガソリン、ナフサ、灯油、軽油、重油、アスファルトなどの石油製品が生産されることは周知のとおりである。ここで問題なのは、一概に原油といってもその産地によってかなり成分、物理性状等が異なるため、原油を蒸留操作により各留分に精留する場合、

表1 わが国の代表的輸入原油の性状一覧

分類	軽質原油		中質原油		重質原油		
油種	マーバン	ベリー	アラビアン・ライト	イラニアン・ライト	アラビアン・ヘビー	スマトラ・ライト	大慶
比重(15/4°C)	0.828	0.831	0.852	0.856	0.887	0.847	0.859
A P I 度	39.3	38.7	34.4	33.7	27.9	35.4	33.1
流動点(°C)	-30.0	-32.5	-15以下	-27.5	-20以下	+32.5	+32.5
硫黄分(wt%)	0.80	1.10	1.72	1.45	2.70	0.08	0.11
得率(vol%)							
ガソリン留分	24.3	25.8	25.0	24.5	20.0	12.5	10.1
灯油留分	14.3	15.6	13.5	13.0	10.0	8.9	5.4
軽油留分	17.6	14.1	13.5	15.5	11.0	12.5	9.8
常圧残油	42.5	42.1	48.0	47.0	56.5	64.2	74.1

(出所): 「わが国の輸入原油」(石油連盟)昭和50年版

各製品得率が自ずと異なるという事である。例えば、ナフサ、灯油、軽油などの沸点の低い(比重が小さい)軽質留分が約60%と比較的多く得られ、重質留分が約40%と少ない原油があるかと思えば、これに対して、軽質留分が約30%で、重質留分は約70%あるいはそれ以上に達する原油も存在する。この場合、一般的に前者を軽質原油、後者を重質原油というが、軽質留分と重質留分との比率に関して、軽質原油と重質原油との境界は明確でない。また、場合によってはこの中間的なものを中質原油ということもある。

表1に現在わが国に輸入されている原油のうち、代表的なものを3種に分類して示した。中質原油としたアラビアン・ライトおよびイラニアンライトは、軽質原油および重質原油の2分類とする場合、一般に軽質原油と見なされる。

なお、比重(API度¹⁾)による分類もよく使用されるが、重質油対策の主旨から考え

れば、前述の留分の得率による分類のほうが妥当といえる。また、以上は重質油という用語を原油に当てはめ、その性状によって定義付けたわけであるが、場合によっては常圧残油あるいは減圧残油など中間製品に対して用いられることもある。

3. 重質油問題の背景

将来の石油政策における重要課題の1つとして重質油対策が最近提言されているが、この背景について若干触れてみたいと思う。

この問題の根本的な原因は、最近になって原油供給と石油製品需要とが相反する動向を呈し、需給関係に大きなギャップが生じつつ

(注) 1) API度:

API比重ともいう。API(American Petroleum Institute: アメリカ石油協会)の制定した比重表示方法であり、比重60/60°Fとの関係は次式で示される。

$$API度 = \frac{141.5}{\text{比重 } 60/60^\circ F} - 131.5$$

あることである。まず原油供給面では、わが国の輸入原油が年を追うにつれて、軽質原油の比率が少なくなり、逆に重質原油の比率が増大しつつあるという点である。即ち、輸入原油の重質化傾向が現われ始め、それが近い将来一段と顕著になるであろうと予測されている。この傾向は次の3つの理由によるものである。

第1に世界における軽質原油と重質原油との賦存状況があげられる。現在までに確認されている世界の原油埋蔵量のうち、今後増産あるいは新規開発が予想されるものは、中質原油および重質原油が圧倒的に多いといわれている。一説によると、世界の確認原油埋蔵量の油種別比率は、軽質原油15%に対して中質原油48%、重質原油37%ともいわれ、さらに近年新たに発見される原油も比較的重質油が多い。このことは、長期的にみて世界的な原油の重質化が必然的に進行することを意味する。

第2の理由として、近年の産油国の産油政策の変更があげられる。例えば、サウジアラビアでは従来軽質原油と重質原油との生産比率を85:15としていたが、前記の原油埋蔵量の油種別比率を勘案して、最近になって65:35に変更した。このような産油政策が他の産油国にも波及する兆しがみえ始め、まだ当分先の話しとして捕えられていた原油重質化問題は、急速に身近なものとしてクローズアップされるようになった。

第3に、昭和52年末の日中長期貿易協定締結に関連して、重質である中国産原油の大幅な輸入が取り決められたことによる。具体的な数量としては、昭和52年度輸入実績で660万トンであったものが、57年度に1,500万ト

ン、60年度以降はさらに拡大することが内定している。この中国産原油については、現在の埋蔵量およびその他の情勢からみて、日本への輸出が可能と考えられているのは、大慶原油、勝利原油、大港原油の3種類であるが、これらはいずれも中東産原油に比べてかなりの重質油である。例えば、現在輸入されている、中国産原油の殆どを占める大慶原油の場合、表1のとおり常圧残油得率が74.1%もあり、他に比べて如何に重質であるかがうなずけよう。ただし、このように重質でさらに高流動点であるという難点はあるが、一般に中国産原油は低硫黄かつ低金属という長所があり、この点では分解する場合の対応が比較的容易である。即ち、原油重質化問題においては、高硫黄かつ、高金属である中東産重質原油のインパクトの方がむしろ大きいといえる。

このような原油供給面の重質化傾向に対して、石油製品需要面では逆に軽質化傾向が進行している。即ち、最近ではガソリン、ナフサ、灯油、軽油など軽質留分に需要が集中し、逆に重油の需要は相対的に先細りになりつつあるという状況である。軽質留分の中でもとくに、需要増加が顕著に現われてきているのが、所謂中間3品と呼ばれる灯油、軽油、A重油である。我々の最も身近なものである灯油は家庭用暖房として安定した需要があり、また産業用としても燃費や環境規制面で重油に肩代りしつつあり、日本の石油製品需要構造の大きな特徴となっている。さらに軽油はディーゼルエンジンの普及と共に、A重油は小型船舶用やB、C重油の肩代りとして着実に伸びてきている。なお、これら石油製品需要の経年変化を図1に示す。

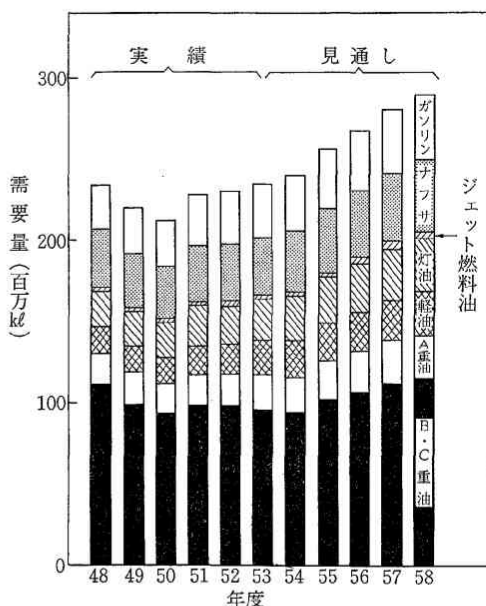


図1 石油製品需要の推移

(出所)：「石油資料」(通産省資源エネルギー庁石油部)昭和54年度版

(注)：将来の推移については、東京サミット以前の見通しによるものである。

一方、54年8月に総合エネルギー調査会需給部会がまとめた長期エネルギー需給暫定見通しでは、60年以降の輸入石油量を東京サミットで合意した量の下限(日量630万バレル)に設定して、不足分は石油代替エネルギーの開発、導入を積極的に推進するという新エネルギー戦略を打出している。具体的には、原子力、LNGを中心とする石油代替エネルギーが一次エネルギー供給に占める比率を、52年度の25.5%から70年度に56.9%にまで増やすというものである。ところが、これら石油代替エネルギーといっても、むしろ大口需要のB、C重油代替となるものであり、概して軽質留分の代替には直接結び付かない点に問題がある。

前記のような石油需給ギャップを埋めるのが石油精製の役割であることは、いうまでもないが、後述の通り、現存精製設備の能力には限界がある。そのために、今後需要増加が見込まれる製品得率が、一方では原油の重質化によって逆に減少する傾向にあり、そして殆ど確実にそのギャップが生じると予想されるところに重質油問題が存在する。わが国の最近の石油政策において、原油の安定確保が量的な面での重要課題であるのに対して、このことは質的な面での重要課題といえる。

4. わが国の重質油対策の取り組み状況

1) 重質油対策懇談会の設置

わが国の既存石油精製設備は、概してアラビアンライトのような軽質原油を処理することを前提に設計されており、装置構成は常圧蒸留装置を中心とし、その留出油を水添処理して目的とする品質規格の製品を製造するというような、比較的簡単なものである。この背景には、仮に軽質製品の需要が増えれば、軽質原油を選択的に輸入して精製するという具合に、原油選択で対応が取り得るという状況があった。しかしながら、原油選択の自由度が無くなれば、当然石油精製設備で製品の軽質化に対応せざるを得なくなるが、分解能力不足という精製設備の体質的な脆弱さ故に、現存設備で石油需給のアンバランスを是正するには自ずと限界がある。そこで、この重質油問題についての調査検討及び対策の実施を総合的な見地で図るため、昭和53年3月に通産大臣の私的諮問機関として、財界のトップクラスをメンバーとする重質油対策懇談会が設けられ、その下部機関の重質油対策委員会で具体的検討が開始された。

もとより重質油対策の方向付けは、わが国の実情に見合った方策を採用すべきことは勿論であるが、この際に、趣を異にする欧米の重質油対策を調査する必要もあるとの判断から、重質油対策懇談会は調査の一環として、昭和53年10月から11月にかけて、重質油対策委員会の技術調査団を海外に派遣した。この調査団に当研究所の山本寛理事長が団長として参加されたが、その視察談については既に本季報（第1巻第2号、1979年1月）に紹介されている。

結局、重質油対策懇談会は重質油対策技術の諸外国の実態についての官民による調査、および政府が民間専門機関に委託した研究調査等の結果を総合し、昭和54年3月に重質油対策の最終的な取りまとめを行なった。それによれば、わが国の実情に見合った形での重質油対策が早急に必要であることが強調されており、これを受けて5月に技術開発の場として重質油対策技術研究組合が設立された。

2) 重質油対策の具体化の方策

重質油対策懇談会の最終取りまとめでは、今後の重質油対策の具体化の方策として、下記の4点を結論付けている。

- ① 石油製品の規格の見直し等
- ② 生焚き原油の転換
- ③ 軽質原油の確保等
- ④ 重質油分解設備の導入

①の石油製品規格の変更にあたっては、需要家の既設設備に対する諸制約が存在し、また②の生焚き原油の転換は環境規制による制約があるが、それらに対する配慮を払い、調和の取れたとり進めができれば、重質油対策として即効性のあるものといえる。また、③

の軽質原油の確保は、いうまでもなく今後とも努力すべき事項ではあるが、原油が世界的に重質化しているだけに難題である。

結局、この問題の根本的な解決策としては、④のわが国の石油製品需要に合致した重質油分解設備の導入であるが、これは技術的、経済的な観点で今後の技術開発に負うものである。したがって、分解設備が技術的に確立されるまでの間は、需要側の協力を得て補完的な対策である①～③を積極的に推進していかねばなるまい。

5. 重質油分解技術とは

一口に重質油分解技術といっても数種のプロセスがあり、その内で既に技術的に確立されたものもあれば、まだ開発途上にあるものも多い。これらの分解技術の相対的な評価は部分的な項目については可能であるが、全体としていずれのプロセスが最適かを論ずることは難しい。なぜなら、原油供給パターンあるいは既存精製パターンなどの要因に応じて、最適プロセスとしての評価がなされるからである。したがって、個々の製油所の状況に応じた分解技術を導入することが必要である。

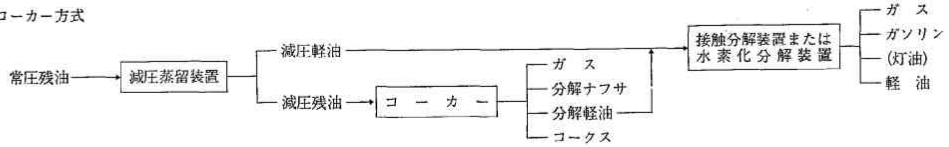
重質油分解技術を説明する前に、これらは複数の組合わせとして活用されることもあるので、予め代表的な数種の分解方式を図2に示した。ここでは、常圧残油をいきなり分解する方法として直接分解法と、いったん減圧蒸留してその減圧軽油と減圧残油とを別々に分解する組合わせ分解法とに大別した。次に各々の分解技術について簡単に述べる。

1) コーカー

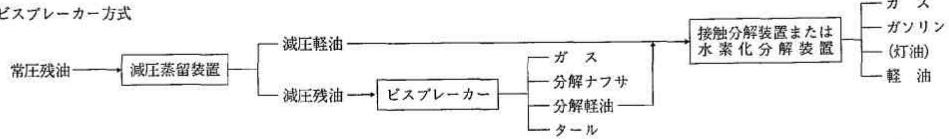
いわゆる熱分解の主流をなすもので、ディ

組合せ分解法

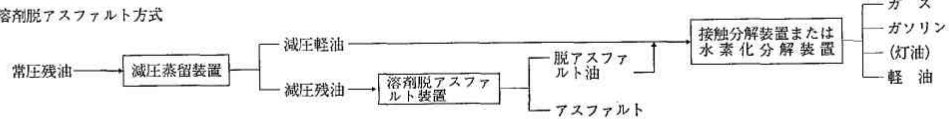
(1) コーকার方式



(2) ビスプレーカー方式



(3) 溶剤脱アスファルト方式



直接分解法

(4) 残油接触分解方式



(5) 残油水素化分解方式



図2 重質油分解方式

レード・コーカー、フルード・コーカー等のプロセスがあり、分解技術としては比較的設備費が安く、運転が容易といった長所がある。その反面、分解残渣として副生するコークスの処理方法に関し、用途、技術、経済性、環境規制等の解決すべき問題を包含している。とりわけ、原料が中東産原油の減圧残油であると、高硫黄コークスが生成するために一層その処分が難しく、仮りに燃焼させるとしても排ガス脱硫設備が必要となる。また、コーカーから灯油は生産されないで、灯油の増産には結び付かないことや、分解ナフサ、分解軽油は不飽和分が多く品質的に不安定であるため、さらに水添処理等の対策が必要となるなどの問題点もある。

2) ビスプレーカー

このプロセスは熱分解の一種であり、コーカーに比べるとかなり軽度に分解を行なうもので、一般に分解率は30%以下にとどまる。重質油分解を行なう場合の最も簡単な方法の1つであることから、当然設備費の安いことが大きな長所である。その反面、分解率が低いことにより、重質油の軽質化には限度がある。運転上は分解率をある程度高めることもできるが、その場合には装置内でコーキングを起こし易くなるという問題が出てくる。さらに問題になるのは、分解残渣であるタールの貯蔵安定性が極めて悪化することであり、この二次処理が難しいために製品性状はあまり改良されないことになる。したがって、一般にはあまり有利なプロセスとは考えられて

いない。

3) 溶剤脱アスファルト装置

これは残油と溶剤とを接触させて溶剤に油分を抽出し、アスファルテンを濃縮分離するもので、総じて信頼性の高い技術であるとされている。このプロセス自体は直接に重質油分解を行なうものではなく、劣質残油から比較的良質な留分を抽出して、品質の優れた重油を生産するのに有効である。場合によっては、抽出された重質留分(DAO: Deasphalted Oil)を接触分解あるいは水素化分解することによって、軽質化に寄与する。しかし、高圧装置であることから設備費が高く、また運転費も高い点に難がある。さらに、アスファルテンを完全に除去することが難しいとか、アスファルトの処分方法などに問題がある。

4) 残油接触分解装置

大慶原油のように金属分、アスファルテン分、硫黄分等の少ない原油の残油や、いったん水素化脱硫した残油であればそのまま直接に分解することができ、さらにコークス等の分解残渣の需要がない場合には有効なプロセスといえる。しかし、既存の接触分解装置はガソリン生産を主目的とするものであり、中間留分の増産を目指す場合には、そのための触媒開発、運転技術の確立などが必要となる。また、再生塔排ガスから硫黄酸化物、窒素酸化物が排出されるので、環境規制の厳しいわが国にとっては、排煙脱硫、脱硝設備が必要となる。

5) 残油水素化分解装置

この装置は残油接触分解装置よりも各製品

得率のフレキシビリティが高く、将来の中間留分増産に大きく寄与できるものと期待される。とくに、良質の灯油増産が可能という点に関しては、わが国の需要構造および品質規格に適した装置といえる。しかしながら、水素を多量に消費するため運転費が高く、かつ高温、高圧装置であるため設備費が高くなるといった問題がある。

これらの重質油分解技術の導入に関しては、もとより技術的および経済的に優れ、しかもわが国の石油需給状況に適應した技術を選定しなければならない。しかし、一部の技術を除いては、コークス、タール、アスファルトなどの劣質残渣が副産物として生成するため、予めこれらの利用方法あるいは処理方法を確立しておかねばならない。即ち、今後実施すべき技術開発は単に分解技術にとどまることなく、残渣の処理技術にも積極的に着手しなければならない。それには電力、鉄鋼など石油以外の業界の協力が必要で、総合的な研究開発、さらには設備導入に要する資金の調達や立地の確保などの点で、長期的な展望に立った計画を推進していく必要がある。例えば、ある時期までにどのような重質油分解技術をどの程度の規模で導入すべきか、現時点で予測を立てておく必要がある。

6. 調査研究の目的と最適化モデルの概要

1) 目的

この度実施した調査研究の内容を紹介する前に、まずその目的を説明しておく必要がある。これは、「重質油分解技術の動的評価の調査研究」というタイトルで、その目的は次の2点に要約できる。

- (1) 石油製品需要条件の内生化²⁾および石油精製プロセスの最適化のためのLP(線形計画法)モデルの動態化³⁾の2点について、1つの方法論を提案し、この方法による新しい最適化モデルを作成する。
- (2) そして、このモデルによる最適化計算を行ない、重質油分解技術についての評価を行なう。

これだけの説明では目的を理解するのに不十分と思われるが、さらに具体的に述べるとしても紙面上の都合もあるので、次に概要を説明する。

2) 最適化モデルの概要

調査研究の手段となった最適化モデルおよびその前提条件の概要について、ここで紹介する。

- (1) 外生化モデルおよび内生化モデルの双方について計算を行ない、その相異点につい

(注) 2) 需要条件の内生化:

通常のLPモデルによる計算では、製品需要量を与件として与えておくのが一般的な方法である(需要条件の外生化あるいは外生化モデルという)。これに対して、モデルの中で計算される製品の生産コストの増減により、製品需要量そのものをモデル内で減少あるいは増加させる計算方法もある(需要条件の内生化あるいは内生化モデルという)。

3) モデルの動態化:

通常のLPモデルによる計算では、単年度または一時点での石油需給バランスおよび設備の稼働などが対象となる(静態的モデルという)。これに対して、石油需給条件、費用および設備能力などについて、何年間に亘るデータを1つのモデルに組み込むことによって、時系列的な要素を与えておき、一度に長期間の最適化計算を行なう方法がある(モデルの動態化あるいは動態的モデルという)。

て検討した。また、内生化モデルにおいては製品需要の価格弾力性の概念を導入しているが、価格弾力性値の違いが結果に及ぼす影響を見極めた。

- (2) モデルの動態化については20年間程度の展望に立った検討を行なうため、昭和52年度を始点にして、3年間を1期とした8期間を一括取り扱っている。この動態的モデルと静態的モデルの双方について計算を行ないその相異点について検討した。

- (3) 最近の石油需給の傾向、総合エネルギー調査会の長期エネルギー需給暫定見通し、(昭和52年6月)、あるいは(財)日本エネルギー経済研究所の予測などを参考にして、わが国の将来の石油需給シナリオを設定した。⁴⁾

- (4) この石油需給シナリオでは、輸入原油を11種類に、また石油製品を15種類にグルーピングして将来の需給を想定した。

- (5) この石油需給シナリオにおいては、輸入原油の重質化、製品需要の軽質化、製品重油の低硫黄化などについて、不確定要素が多く、一義的に条件を決められないことから、幾つかの代替シナリオを設定し、ケーススタディとして検討した。

- (6) 全日本の製油所を単一の製油所に見立てて、図3のような石油精製モデルを設定した。

- (7) この内の既存設備については、全日本

(注) 4) 石油需給シナリオ:

本研究において設定した石油需給シナリオは、昭和52、53年時点での傾向なり見通しなりをベースとしたものである。この度の東京サミットで合意した石油輸入目標および、その後の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における、輸入石油量については、タイミング的に計算のための与件とすることはできなかった。

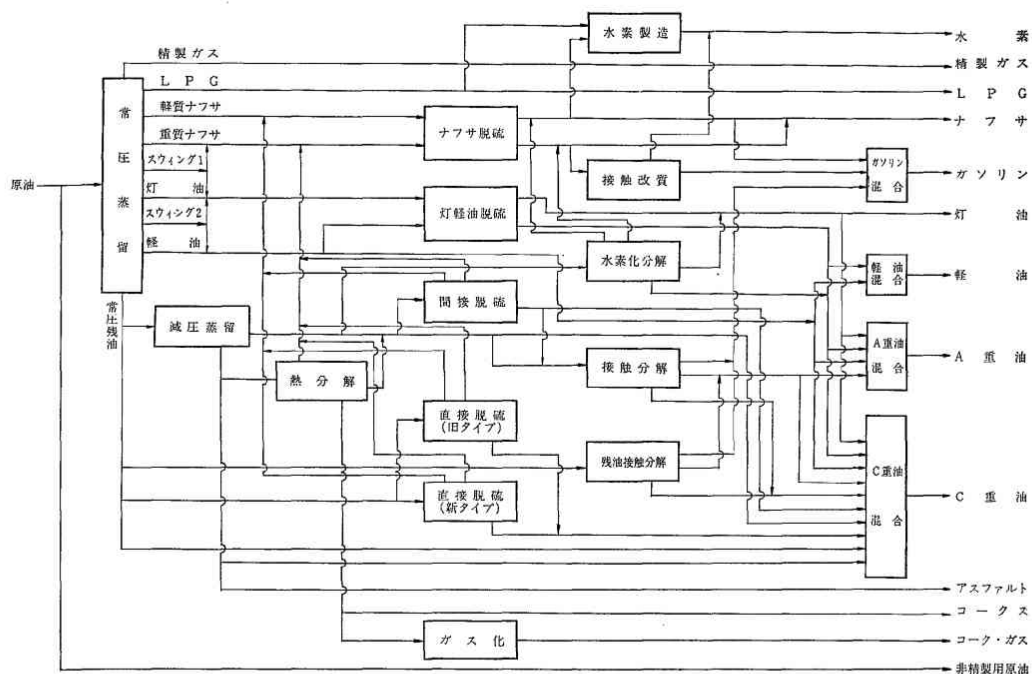


図3 石油精製モデル

(注)：水素，精製ガス，LPGについては省略している。

の各装置についての残存寿命を推定し，現存設備量が年と共に低減していくものとしている。

(8) また，将来導入が予想される重質油分解技術としては，熱分解（コーカー），ガス化，残油接触分解，減圧軽油水素化分解あるいは直接脱硫新タイプなどの設備を想定している。

7. 調査研究の結果

各種モデルによる計算結果には，それぞれの特徴が如実に反映され，またケーススタディの結果では各石油需給条件に対する様々な知見が得られた。しかしながら，これらのモデルの特性を総て記述することは到底不可能であるので，ここでは動態的内生化モデルの

一例について述べる。

前述のとおり，計算の前提条件である石油需給シナリオは，昭和52,53年時点での将来見通しに基づいており，その後の流動的なエネルギー情勢を反映した需給条件での計算は，タイミング的に実施できなかった。仮に需給条件を見直して計算すれば，結果はかなり異なるものと予想される。したがって，これから説明しようとする分析結果は，必ずしも直接的に将来の姿に結び付くものではなく，これが唯一の知見と考えるのは危険である。この点を充分念頭に置いて評価しなければならない。

この計算結果から得られる情報としては，原油輸入状況，設備の稼働ならびに新設状況，製品の生産状況ならびに限界生産コストなど

広範囲に及ぶが、本調査研究の主旨により分解技術を中心とした設備の新設状況を主体に述べる。なお、図4に主要設備について、全日本の新設必要量を昭和52年度以降の累積としてまとめた。これは石油製品需要の伸びに伴って必要となる設備の能力増強分と、一方では現存設備の寿命による能力減退に対する補填分が含まれていることに注意していただきたい。各設備については概略次のとおり要約できる。

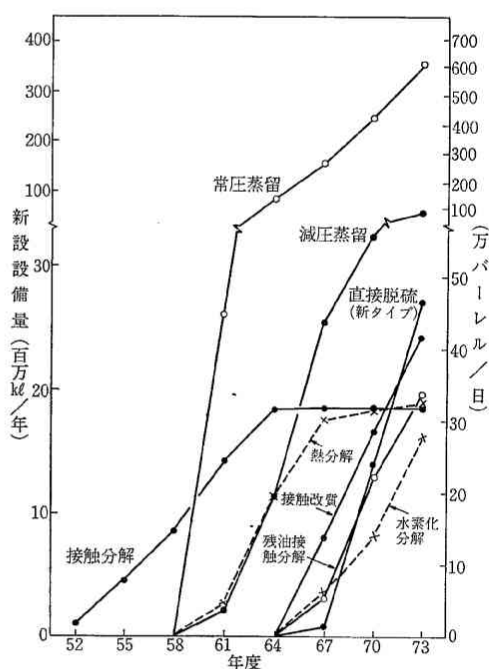


図4 設備新設状況の一例

(注)：検討の前提条件となった石油需給シナリオは、東京サミット以前の見通しによるものである。その後の状況変化については、タイミング的に考慮できなかった。

1) 常圧蒸留装置

昭和61年度から能力が不足し始め、それ以降、相当量の新設を必要とする形となってい

る。これには全製品の需要の伸びが直接影響していることは勿論のこと、さらに大きな理由がある。即ち、現在の石油精製設備は常圧蒸留装置が主体となっていることは前述したが、全日本の個々のそれについてみると、その多くが昭和30年代に建設されており、他装置と比べると稼働年数は長い。したがって、寿命（ここでは30年とした。）による能力減少が著しいこともあって、昭和64年度頃から大幅な新設が必要となっているわけである。

2) 接触改質、接触分解および残油接触分解装置

ガソリン製造設備としてこの3装置の状況を比較してみたい。なお、ここでいう接触分解装置とは、減圧軽油および分解軽油を原料とする一般的なFCCのことである。

昭和64年度までは接触分解装置の伸びがめざましく、ガソリンおよび軽油留分の増産に寄与している。その後は原料調達難と残油過剰の両面から、残油接触分解装置が代替として台頭してくる。また、これと時期を同じくして接触改質装置も新設され始めているが、これはガソリンの品質維持および分解ナフサ増産による原料確保が容易になる結果といえる。

3) 水素化分解、熱分解および減圧蒸留装置

ここで対象としている水素化分解は減圧軽油を、また熱分解は減圧残油を原料とすることから、両者を直接に比較、評価することはできないが、重質油処理の効果という観点からすれば、この場合は熱分解が有利なはずで、結果的にも熱分解が早期に導入されることとなった。しかしながら、水素化分解は常圧蒸留装置を除けば唯一の灯油生産設備であるた

め、この点において最大のニーズがあることになる。したがって、昭和67年度から新設が必要となっているのは、この時点から灯油が逼迫するという解釈になるが、需給条件の設定を若干変更することにより、直接結果に影響が現われてくるだけに、ある程度柔軟な見方が必要であろう。また、水素化分解の間製品は良質であり、そのまま製品になり得るが、熱分解の場合は一般的に性状が不安定なために、水添処理などの対策が必要である。したがって、熱分解装置の導入に先立って、分解軽質油の品質面での問題、あるいは分解残渣であるコークス等の処分問題に対する解決策が講じられなければならない。この件の如何によっては、水素化分解との相対的な評価も大いに変わる可能性がある。

なお、減圧蒸留装置の新設については、当然のことながら熱分解および水素化分解装置の新設状況に沿った形となっている。

4) 間接脱硫および直接脱硫装置

既存の直接脱硫（旧タイプ）の稼働率が好調なため、脱硫設備の新設は当面不要という結果になった。しかし、寿命を20年とした関係で、昭和64年度頃から現存設備量が急激に減少する。その代償としては、脱硫のみならずハイドロビスブレーキングとしても最も効率のよい、直接脱硫（新タイプ）が優先的に新設されることとなった。

以上、検討結果の一部を簡単に説明したが、本研究におけるLPモデルは新しい方法を採用した点で初めての試みといえる。しかし、この方法が現実の局面により適合していくためには、なお幾つかの点で試行錯誤の過程を必要とするであろう。即ち、原油供給および製品需要のシナリオ、精製技術の変遷、社会経済の動向などの要因をさらにクリアーにして、不確定要素の多い将来の石油エネルギー戦略のために、国家的見地での定量的なアプローチを今後とも試みるべきである。そのための手段として、さらに当モデルについての

表 2 重質油対策研究組合の研究開発テーマ

テ ー マ	研 究 主 体 業 種
(1) 分解技術の開発 ① 残油接触分解技術 ② 残油水素化分解技術	石 油
(2) 劣質残渣の鉄鋼用原料への利用技術開発 ① コークス原料への利用 ② 高炉吹込み技術 ③ 還元ペレットの製造 ④ 人造粘結材の製造	鉄 鋼, 石 油
(3) 燃焼技術の開発	電力, プラントメーカー

研究開発が続行されることを期待したい。

8. 技術開発の取り組み

重質油対策懇談会による重質油問題に係わるフィージビリティ調査は、「重質油対策に関する最終とりまとめ」として報告されたが、それによれば今後の技術開発の必要性が指摘された。それを受けて、重質油対策技術研究組合が昭和54年5月に設立され、ナショナル・プロジェクトとしての研究開発がスタートしたことは前述のとおりである。そこで、本稿の締めくくりとして、最後にこの研究開発テーマを紹介したい。

重質油対策は単に分解技術の開発にとどまらず、そこから副生する残渣の処理技術も含

めた広範囲な分野での技術開発が必要であることから、石油、鉄鋼、電力、プラントメーカー等の各業界を含めた総合プロジェクトであり、研究開発テーマも表2のとおり多方面に及んでいる。

石油エネルギーの供給難および価格高騰という危機に直面している昨今、劣質残渣の鉄鋼および電力への有効利用は誰しも興味のあるところである。それ故、今後ますます厳しさを増すと思われるエネルギー情勢の中で、当研究組合の成果を大いに期待したいものである。

(ひらの としゆき、元研究員、現興亜石油(株) 企画部)

燃料用アルコールその生産を 中心として

高 倉 毅

はじめに

アルコールをエネルギー源(主として燃料)として利用しようという考えは、わが国においても、急速に注目をされるようになってきた。その理由としては;

i) 再び悪化した石油事情をみるまでもなく、今後わが国のとるべきエネルギー戦略の基本は脱石油であり、そのための代替エネルギーの一つとして、真剣に考慮されはじめたこと、

ii) ブラジル、米国などですでにガソリンへの混入という形で実用化され、その他、いくつかの国においても導入を計画中であること、

iii) 研究開発中の他の多くの代替エネルギーと異なり、アルコールは生産技術が確立されていること、

iv) 石油価格の高騰により、コスト的にも石油系燃料と競合ないしは凌駕する可能性がでてきたこと、
などが考えられる。

半面;

i) わが国の場合、国内での大量の生産は不可能に近く、海外での現地生産、輸入となつて、エネルギーの海外依存脱却とはならな

いこと、

ii) 経済性評価が不十分なこと、

iii) エネルギー源として用いるためには大規模生産が大前提であり、そのためには多額の投資が必要であること、

iv) 大量導入への需要側の対応をはじめ、輸送、貯蔵、分配の広範囲にわたって綿密なシナリオを用意する必要があること、
など問題点も多い。

しかし、アルコールは中期的視野からは最も実現性の高い代替エネルギーの一つと考えられるので、今後、エネルギー戦略上の位置づけを明確にするとともに、その導入に関するフィージビリティスタディに早急に取り組む必要があると思われる。

1. 燃料としてのアルコール

アルコールは炭化水素の水素原子を水酸基(OH)で置き換えた化合物で多くの種類があるが、ここで考えるのは、メタノール(メチルアルコール: CH_3OH)とエタノール(エチルアルコール: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)である。燃料用代替エネルギー源(特に自動車用)として考えられているいくつかの化合物の比較を表1に示すが、これからもアルコールの優位性は明らかである。

表1 代替エネルギー源と考えられている化合物の比較

	メタノール CH_3OH	エタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	ヒドラジン N_2H_4	アンモニア NH_3	合成ガソリン $\text{C}_4\sim\text{C}_{12}$ 混合物	水素 H_2
エネルギー密度	○	○	○	△	◎	×
生産コスト	◎	×	××	×	×	×
原料入手易さ	○	△	◎	◎	○	◎
貯蔵、分配	○	○	△	△	◎	×
環境への影響	○	○	×	×	△	◎
内燃エンジンへの対応	◎	◎	×	△	○	○
排気特性	○	○	×	×	△	◎

注) 記号の意味: ◎特に優れている, ○優れている, △良い, ×悪い, ××特に悪い
後出参考文献 15) による

表2 主な液体燃料の比較

性質 \ 燃料	ガソリン	灯油	軽油	C重油	エチルアルコール	メチルアルコール
比重	0.679~0.77	0.80~0.84	0.84~0.89	0.93~0.99	0.790	0.794
引火点 (°C)	-5~-15	31~72	58~85	110~138	9~32	-1~32
気化潜熱(kcal/kg)	75	60	—	—	206	263
低発熱量(kcal/kg)	10,500	10,300	10,175	9,700	6,400	4,800
理論空気量(km ³ /kg)	~15	14.7	~14	10	9.0	6.45

注) 後出参考文献 17) による。

アルコールと主な石油系燃料との性質を比較したものが表2である。重要な相異点としては、アルコールは発熱量が石油系燃料の約半分であること、気化潜熱が大きいことの2点があり、このため、利用に際していくつかの問題が生じるが、ここでは生産に焦点を絞りたいため触れないことにする。

2. 海外の動向

1) ブラジル

1975年に「国家アルコール計画」が布告され、1980年までに300万kl (237万t)/年の

エタノールを農作物(砂糖きび、マンジョカなど)から製造し、全ブラジルの自動車用ガソリンの20%混入率実現をめざしている。しかし、計画はかなり遅れており、本年9月で混入率は全国平均で11%であり、20%達成は1983~4年になるとみられる。さらに将来は自動車燃料はすべてアルコールにする予定であり、既に100%アルコール用の試作車が走り始めている。ブラジルがこのような大胆な計画にとりくんだ背景には、同国が古くからアルコールのガソリンへの混入の実績を持つこと(1920年代から始まり、1975年以前も

量は少いが混入されていた。), および, この計画が外貨節約だけでなく, 低開発地域の経済開発, 雇用促進といった意味も含んでいることがあげられるだろう。

2) 米 国

ガソリンに10%エタノールを混入したものが Gasohol の名で数年前から中西部穀倉地帯を中心に販売されていたが, 本年になって連邦税の免除(4セント/ガロン), 環境保護庁(EPA)による認可等により急速に普及し, 現在, Gasohol ステーションは1,000を越すに至っている。さらにメジャーの一つテキサコ社も1979年10月からニューヨークなどで試験販売を開始すると発表し, Gasohol 熱は高まるばかりである。米国の場合, Gasohol 用エタノールはとうもろこしを主体とする余剰農産物から発酵法でつくられており, 今後, その生産量と価格が Gasohol 普及の鍵をにぎっているといえよう, ちなみに, 政府補助等により, 1985年には6億ガロン(227万kl)のエタノールを生産する計画であるが, ガソリン消費量は年間1,000億ガロンであり, このままでは, 焼け石に水の感じである。ただし, エネルギー省の予測によれば, 都市ゴミ, エネルギー栽培農作物などにより, いずれ年間47億ガロン程度のアルコールを生産することが可能となると考えられ, これが実現すれば, Gasohol も40数%の市場を占めることになる。

3) 西ドイツ

1974年に石油代替エネルギーの研究計画として, メタノールと水素が有力候補として選ばれ, 豊富に存在する石炭からガス化を経てメタノールをつくり, メタノール・ガソリン混合, 純メタノール, さらに水素へという

移行が考えられている。その後VW社が中心となり種々のテストが続けられ, 本年からは「都市交通のための代替エネルギー」計画が開始され1982年末まで続けられる。この計画では「M・15」と呼ばれているメタノールを15%混入したガソリンの実車による大規模なテストをはじめ, 100%メタノールエンジン, 100%エタノールエンジンの開発, テスト, さらにディーゼルエンジンへのアルコール利用の研究などが行なわれる予定である。生産面では核熱を利用することも検討されている。

4) その他

ニュージーランドではマウイ天然ガスを利用してメタノールとし, ガソリンに15%混入する計画に着手し, また, オーストリアでは1981年からバイオマスを原料とするエタノールをガソリンに混入することにしており, 海外でも急速にアルコール燃料に関する関心が高まっている。

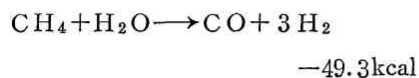
3. アルコールの生産

1) メタノール

(1) 現状

原料は主として, 天然ガス, ナフサ, LP G等の軽質系炭化水素であるが, 最近では常圧残油, 減圧残油などの重質系のものも用いられるようになっている。天然ガスの場合, その反応は;

i) 水蒸気改質



または, 部分酸化

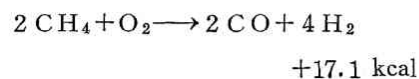


表3 メタノールの各種合成法

	ICI法	Lurgi法	三菱瓦斯化学法	CPI-Vulcan法	日水-Topsøe法
反応温度 (°C)	230~270	240	270	—	230~280
合成圧力 (kg/cm ²)	50~62	40~80	100~200	180~200	100~200
触媒	Cu-Zn-Cr系	Cu系	Cu-Zn-Cr系	Zu-Cr (二元)	Cu-Zn-Cr系

注) 後出参考文献 7) による。

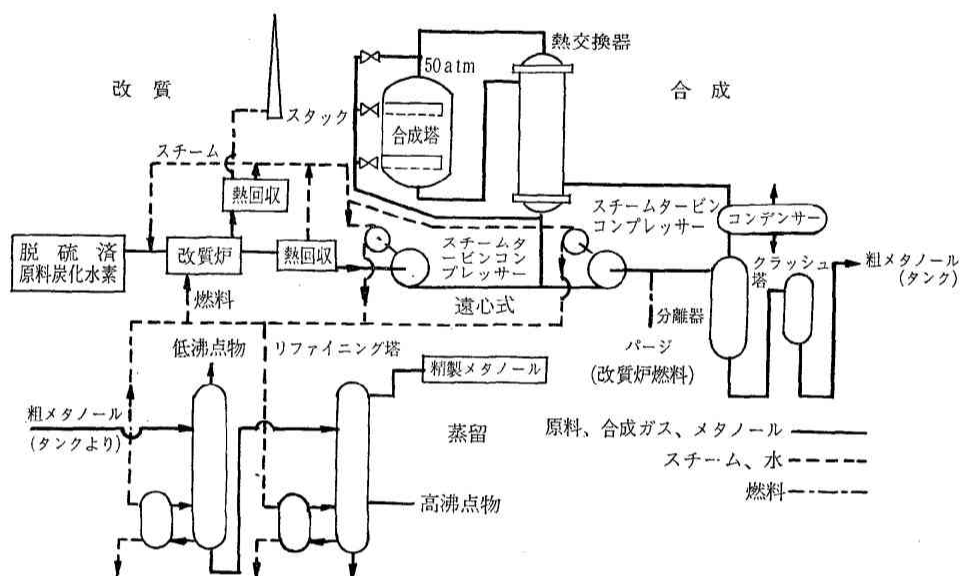
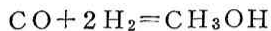


図1 ICI法のプロセスシート

注) 後出参考文献 7) による。

による合成ガスの製造と、

ii) メタノール合成反応



+21.6 kcal

である。表3に示すように合成法には触媒系、反応圧などの相違によりいくつかあるが、代表的な方法の一つであるICI法の概略を図1に示す。

現在、世界では約1,200万t/年のメタノール

が生産され、わが国では100万t/年を超えている。生産されたメタノールは半分以上がホルマリンに変換され、合成樹脂などの原料として用いられている。工場渡し価格は米国で約26,000円/t (7.0ドル/百万BTU)、日本で約48,000円/t (13ドル/百万BTU)である。

(2) 燃料用メタノール

メタノール合成の原料は、一酸化炭素と水素、あるいは二酸化炭素と水素 ($\text{CO}_2 + 3$

表4 メタノールの製造コスト試算

国	機関	基準年	原料	原料コスト	生産量		製造原価		備考
					t/日	t/年	ドル/百万BTU	円/t	
米 国	S R I	1978	石 炭	0.5~1.0ドル/百万BTU	9,000	2,970,000	5.0	23,400	一部新技術
			木 材	1ドル/百万BTU	1,500	495,000	8.5	39,800	
			都市ゴミ	-12~-18ドル/t (クレジット)	600	198,000	9.5	44,500	
西 独	Uhde	1977	天然ガス	0.27ドル/百万BTU	1,500×2	945,000	3.41	19,200	フレイト含まず
			精製残油	2.03ドル/百万BTU	1,000×3	925,000	8.09	37,900	
			石 炭	0.76ドル/百万BTU	1,500×2	910,000	6.96	32,600	
			都市ゴミ	-16ドル/t(クレジット)	500×6	900,000	6.26	29,300	

注) 後出参考文献 13) 及び 14) による。

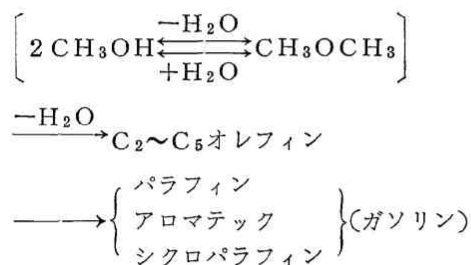
$H_2 \rightarrow CH_3OH + H_2O + 11.9 \text{ kcal}$) であり、天然ガス、石油系原料はもとより、石炭、木材、都市ゴミ（バイオマス）など、これらのガスを生成するものは何でも使えるという強味がある。しかし、石油代替エネルギーとして考える場合、石油系原料を使うのは意味がない。木材、バイオマスは再生資源という意味では理想的だが現状ではコスト的に割高である。したがって、燃料用メタノール原料としては当分は天然ガスあるいは石炭が有力であると考えられる。参考までに比較的新しいコスト試算の結果をまとめたものを表4に示す。これ以前のものを含めて考えると、試算の結果にはかなり巾があり、今後さらに詳細な検討が必要であろう。

(3) 技術革新

メタノールプラントの生産能力は年々増大し、現在最大のものは、アメリカの1,800 t/日プラントである。計画中のものでは、ソ連の2,750 t/日（建設はイギリスのメーカー）があり、さらに技術的には5,000 t/日までは現在でも十分可能であるといわれている。メ

タノールの場合、そのコストの中でプラント建設費の占める割合が大きく、プラントの大型化は、スケールメリットにより、コストダウンに大きく寄与する。したがって、プラントの大型化、さらに高効率化は今後も大きな課題の一つである。

メタノールに関係する重要な新技術としてモービル法がある。これは、ゼオライト触媒を用いて効率良くメタノールをガソリンに変換する技術である。反応は原理的には；



で示される。このモービル法により安価にメタノールをガソリン化できるとすれば、メタノールをそのまま用いるために生ずる多くの問題も考える必要がなくなる。さらに、石炭からのメタノールをモービル法でガソリン化

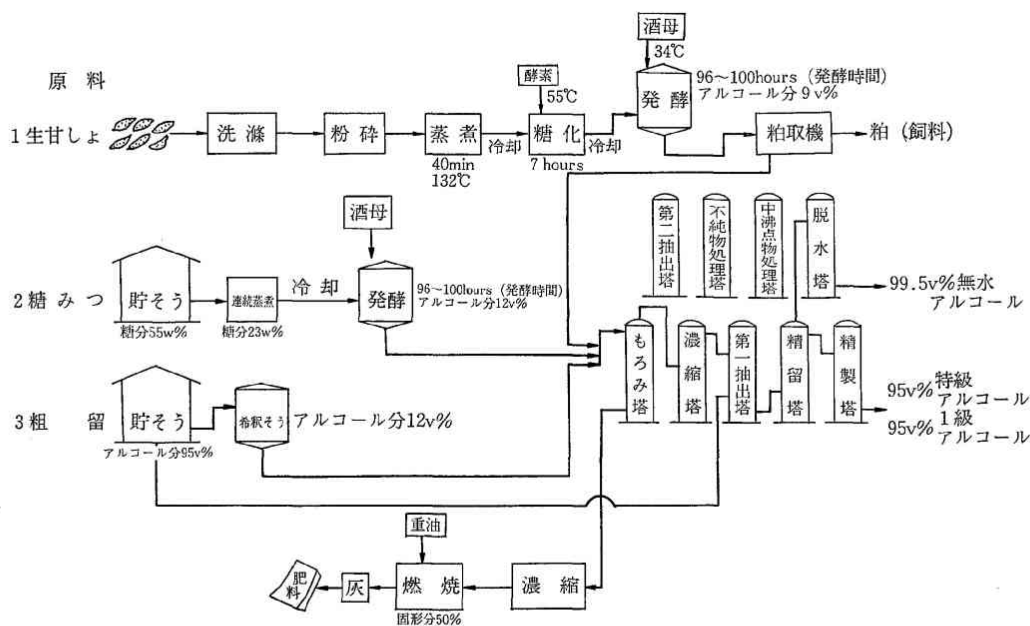


図2 発酵法によるエタノール製造のフローシート

注) 後出参考文献 12) による。

する方が、石炭の水添液化による粗油生産より容易になるといわれており、今後、この技術の進展はメタノールを含む広い意味での石炭液化の技術開発に大きな影響を与えると思われる。

2) エタノール

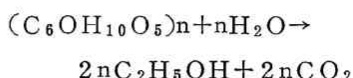
(1) 現状

製法としてはナフサ等からのエチレンおよび水を原料とする合成法と農作物を原料とする発酵法とがある。発酵法の概略を図2に示す。

反応は糖で；



澱粉で；



である。

現在、世界の生産量は、およそ800万t/年（工業用アルコール）であり、わが国では約11万t/年となっている。95%アルコールの販売価格は米国で約96,000円/t（14.9ドル/百万BTU）、わが国では、発酵アルコールで約227,000円/t（49ドル/百万BTU）である。

(2) 燃料用エタノール

エタノールを燃料用として大量に製造する場合は、石油系原料からスタートする化学的合成法を用いることは意味がない。したがって、現在のところ、燃料用エタノールの製法としては発酵法に限られる。原料としては砂糖きび、キャッサバ、砂糖大根、甘しょ、とうもろこしなど、糖ないしは澱粉を多く含む作物である。ブラジルの場合は現在砂糖きび、糖みつで8割近くを占めているが、アルコー

ル計画を達成するには、今後、マンジョカ（キャッサバの別名）、パパスやしなども原料として利用してゆくことが必要といわれる。

燃料用エタノールの経済性評価であるが、米国における試算の場合、さとうきびを原料とし、年間75,000 t の95%エタノールを生産するときのコストは 153,000円/t（26ドル/百万BTU）程度とされており、米国での現状価格の倍以上となっている。これは、現在のアルコールが余剰農作物から非常に安く作られていることを意味しており、Gasohol が普及した場合、今の価格を維持できるかどうかの問題である。一方、ブラジルの場合、原料により、53,000～100,000円/t が製造コストとされており、政策的にガソリンを高価格にすることによってエタノールの混入を実現している。

このようにエタノールの場合、そのガソリンへの混入をすでに実施しているブラジル、米国でも経済的にはガソリンより有利にはなっていないようである。

メタノールと比較して、エタノールの製造コストは明らかに高いが、これは、原料コストの点でメタノールの方がはるかに有利なことに加えて、変換効率の点でもメタノールの方が大きいことが主な理由と考えられる。

(8) 技術革新

最も期待されるのは、セルロースからのエタノールの製造技術の確立であるが、セルロースの加水分解（糖化）のプロセスがネックとなっており、従来の酸による分解に対し、酵素（セルラーゼ）による分解の研究が進んでいる。

また、アルコール発酵に関しては、固定化酵素の製法の開発とその応用、あるいは高温

発酵可能な、酵母の発見などが研究されており、実用化されればアルコール製造コストを下げるのに役立つと考えられる。

エタノール製造に関する、新しい技術として、合成ガスからエタノールを直接合成する方法が注目されている。これは「ロジウム・クラスター担持触媒」と呼ばれる特殊な触媒を用いるものであるが、合成ガス圧50気圧、反応温度 250～290℃で、ワンパスのCO転化率が8～10%、生成物の75～80%がエタノールという結果が得られている。実用化されれば、メタノール同様、合成ガスからエタノールが作られることになり、その影響は大きい。燃料として考える場合はエタノールの方が発熱量が大きく、メタノールかエタノールかという選択が必要になると考えられる。

3) わが国の立場

(1) メタノール

国内での原料としては、石炭、都市ゴミ、バイオマス等が考えられるが、いずれも燃料メタノール用としてはコスト的に引き合わないと考えられる。したがって、わが国の場合最も実現性の高いのは海外天然ガスをメタノール化し、輸入する方法である。実はこの天然ガスからの燃料メタノール構想は新しいものではなく、LNGプロジェクトとの経済性比較として1972年頃から議論されてきた。すなわち、LNGの場合、タンカーの船価が高く輸送コストが大きいので、遠隔地の場合製造費は高くても、通常の石油タンカーで運べるメタノールの方が有利になる可能性があった。しかし、オイルショック以降のインフレ、原料ガス高価格化などにより、その後の試算では炉前価格でメタノールはLNGより、1.2～1.5倍程度高くなると見積られており、メ

タノール化の話は立ち消えとなった。

それでは、代替エネルギーとして、アルコールが見直された現在、電力用としてのLNGとの比較だけでなく、自動車用燃料などの用途も含めた場合のメタノールの経済性はどうか。ある試算によれば、遠隔地天然ガスを原料として、740万t/年(2,720t/日×8系列)規模で目標価格(CIF)は17,300円/t(3.70ドル/百万BTU)程度となる。これは、ガソリンスタンドで供給すれば28円/ℓ位となり、税金、発熱量を考慮しても既に現在のガソリン価格より安価となる。もちろん、これは試算の一例であり、信頼性の巾は明らかでないが、現在のメタノールの経済性のおよその位置づけは知ることができるだろう。いずれにせよ、このような大規模メタノールプロジェクトには数千億円の投資を必要とし、さらに輸送、貯蔵、需要、環境の各分野で解決すべき問題も多く、今後の本格的な調査、研究が望まれる。

(2) エタノール

さつまいもからエタノールを作る場合を考えてみよう。現在、わが国のさつまいもの収量は全国平均で23t/haであり、澱粉の含有率は全国平均で28%である。一方、先に述べた反応式から、理論上澱粉1t当り0.57tのエタノールが得られるが、発酵効率87%位である。これらから、さつまいもの場合、エタノールは3.2t/ha得られる計算となる。すなわち、わが国のガソリン需要をすべてエタノールで代替するとすれば、約1,000万haの土地が必要ということになる。わが国の稲の作付面積が約300万haであることを考えるとこれは明らかに不可能である。生産コストの面でも、さつまいもからの発酵の場合、230

円/ℓ以上と考えられ、やはり燃料用には無理である。

したがって、エタノールの場合も海外生産となるが、その可能性はどうだろうか。具体的に動き出しているものとしては、ブラジルでのアルコール生産計画がある。今年の8月に開かれた日伯閣僚会議で提案され、両国共同のナショナル・プロジェクトとして発足する見通しである。日本側の推進母体になる国際マンジョカ開発(民間13社が出資)では、合弁会社を設立し、早ければ1983年にもアルコールの開発輸入をめざすといわれている。生産原価は40~50円/ℓを目標としているが、とりあえずは現地にアルコール試験工場を設置し、種々の試験を行なう予定となっている。

また、東南アジア方面でのエタノール生産の可能性については、(財)日本エネルギー経済研究所における試算がある。それによると、インドネシアでさつまいもを栽培し、年産10万kℓ程度のプラントによる場合のコストは235ドル/kℓと考えられ、利益、日本への輸送コスト等を含めても73円/ℓとなり、ガソリンの増量剤と考える場合は、石油価格が26ドル/バレルとなればエタノールはガソリンと価格的に競合できるとしている。

むすび

先に(54年8月)発表された総合エネルギー調査会(通産大臣の諮問機関)の「長期エネルギー需給暫定見通し」によれば、輸入石油依存率を昭和52年度の74.5%(実績)から65年度には50%に減らすことが明らかにされている。代替エネルギーのうち、いわゆる新エネルギーについてみると、65年度には石油

換算で3,850万kℓ(5.5%)が見込まれており、「旧見通し」52年の1,300万kℓに比べて3倍という大巾増である。しかもこのうち、半分以上を石炭液化で賄うとみられているが、日、米、西独共同の石炭液化プロジェクト(SRC II)が研究開発の緒についたばかりであることを考えると、その実現にはよほどの努力が必要だろう。すでに述べたように、中期的な観点からはアルコール燃料の導入とその利用の促進が、技術的にもコスト的にも可能性の高いことを考えると、そのための検討評価を進め、今後のエネルギー政策上わが国がアルコール問題にどのように対応するのかの意志決定を急ぐ必要があると考えられる。

紙数の都合で、アルコールの生産までの話となったが、その利用あるいは輸送、貯蔵などに関しては機会があればまたとりあげることにはしたい。なお、さらに詳細を調べたいと関心をもたれる方々のために、主要な参考文献をつぎに掲げておく。(たかくら たけし 主任研究員)

〔参考文献〕

- 1) LNGとメタノール：資源エネルギー庁液化天然ガス研究委員会
- 2) メタノールの大規模利用に関するテクノロジーアセスメント報告書：(財)日本産業技術振興協会 51年3月
- 3) エタノールの資源的背景と内燃機関への適応性：(財)日本自動車研究所 52年11月
- 4) メタノール燃焼に関する検討：(財)電力中央研究所・エネルギー環境技術研究所 53年3月
- 5) ALCOHOL FUELS: A Conference held at the Sebel Town House, Sydney, Australia. 1978. 8.
- 6) ブラジル及びアメリカにおける工業用アルコール事情調査報告：通産省基礎産業局 アルコール事業部 1978年8月
- 7) 新エネルギー技術シーズに関する調査研究：三菱総合研究所 54年3月
- 8) 燃料メタノールの導入と推進会社設立の提案：田中泰一郎, ENERGY, 1979-9
- 9) Alcohols; A Technical Assessment of Their Application as Fuels: American Petroleum Institute, 1976年7月
- 10) IDENTIFICATION OF PROBABLE AUTOMOTIVE FUELS COMPOSITION 1985-2000: DOE, 1978年5月
- 11) ブラジルマンジョカ事業企業進出基礎調査団調査報告書：国際マンジョカエネルギー開発協会 54年2月
- 12) アルコール専売事業概況：通産省基礎産業局 アルコール事業部, 53年6月
- 13) Proceedings; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ALCOHOL FUEL TECHNOLOGY, METHANOL AND ETHANOL, Wolfsburg,: English Tran. DOE, 1978年7月
- 14) ALCOHOL FUELS TECHNOLOGY THIRD INTERNATIONAL SYMPOSIUM, ASILOMAR: 1979年5月
- 15) FUTURE FUELS AND MIXTURE PREPARATION METHODS FOR SPARK IGNITION AUTOMOBILE ENGINES: W. Bernhardt, Prog. Combust., 3, 139 (1977)
- 16) THE STATUS OF ALCOHOL FUELS UTILIZATION TECHNOLOGY FOR HIGHWAY TRANSPORTATION (13th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference): E. E. Ecklund, et. al. (1978)

研究所のうごき

(昭和54年6月1日～8月31日)

◇ 企画委員会開催

1) 第2回企画委員会

日時：6月22日(金) 15:00～17:00

場所：当研究所会議室

議題：(1) 企画委員会のあり方と今後の検討課題
(2) 特定テーマ(核熱の産業用利用について)
(3) その他

2) 第3回企画委員会

日時：7月24日(火) 15:00～17:00

場所：当研究所会議室

議題：(1) 燃料用アルコール問題について
(2) 地域エネルギー需給計画策定のケース・スタディ(ローカル・エネルギー・システム)
(3) 特定テーマ(エネルギー技術データベースについて)

◇ 主なできごと

6月21日(木) MITI-IAE 定例懇談会第2回開催

22日(金) 第2回企画委員会開催。

「高レベル廃棄物の地層処分に関するリスク解析手法の調査研究」の昭和53年度研究成果を動燃事業団に報告。

28日(木) 「エネルギー技術データベースの体系化法の開発研究」及び「将来におけるエネルギー立地の構想と評価調査研究」の昭和53年度研究成果を電力中央研究所に報告。

7月19日(木) 「核熱の産業用利用に関する調査」の第1回委員会開催。

24日(火) 第3回企画委員会開催。

26日(木) 「原子力プラント運転の信頼性に関する研究会」開催。

8月9日(木) MITI-IAE 定例懇談会第3回開催。

14日(火) 「昭和54年度高レベル廃棄物の地層処分に関するリスク解析手法の調査研究」の第1回委員会開催。

28日(火) 「電気事業が直面する技術開発課題に関する調査」の第1回委員会開催。

31日(金) 「海水ウラン等回収システム技術開発調査」の第1回委員会開催。

◇ 人事異動

下記の方々が新たに入所した。

(氏名) (入所月日) (所属)

楠山藤一 6月25日 プロジェクト試験研究部

杉本香織 7月9日

阿部 進 7月16日 事務局経理課長

今川正二 8月1日 プロジェクト試験研究部

また、研究嘱託(非常勤)として、加藤尚武(4月16日付)、研究員(非常勤)として松井一秋(5月1日付)の2氏が、研究業務に参加することとなった。

なお9月1日付で次の発令を行った。

武田 康	主席研究員に任命
大森栄一	副主席研究員
時枝茂治	主管研究員
楠山藤一	主任研究員
大江康博	主任研究員
今川正二	副主任研究員
徳下善孝	副主任研究員
杉本香織	研究員

季報エネルギー総合工学 第2巻第3号

昭和54年10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