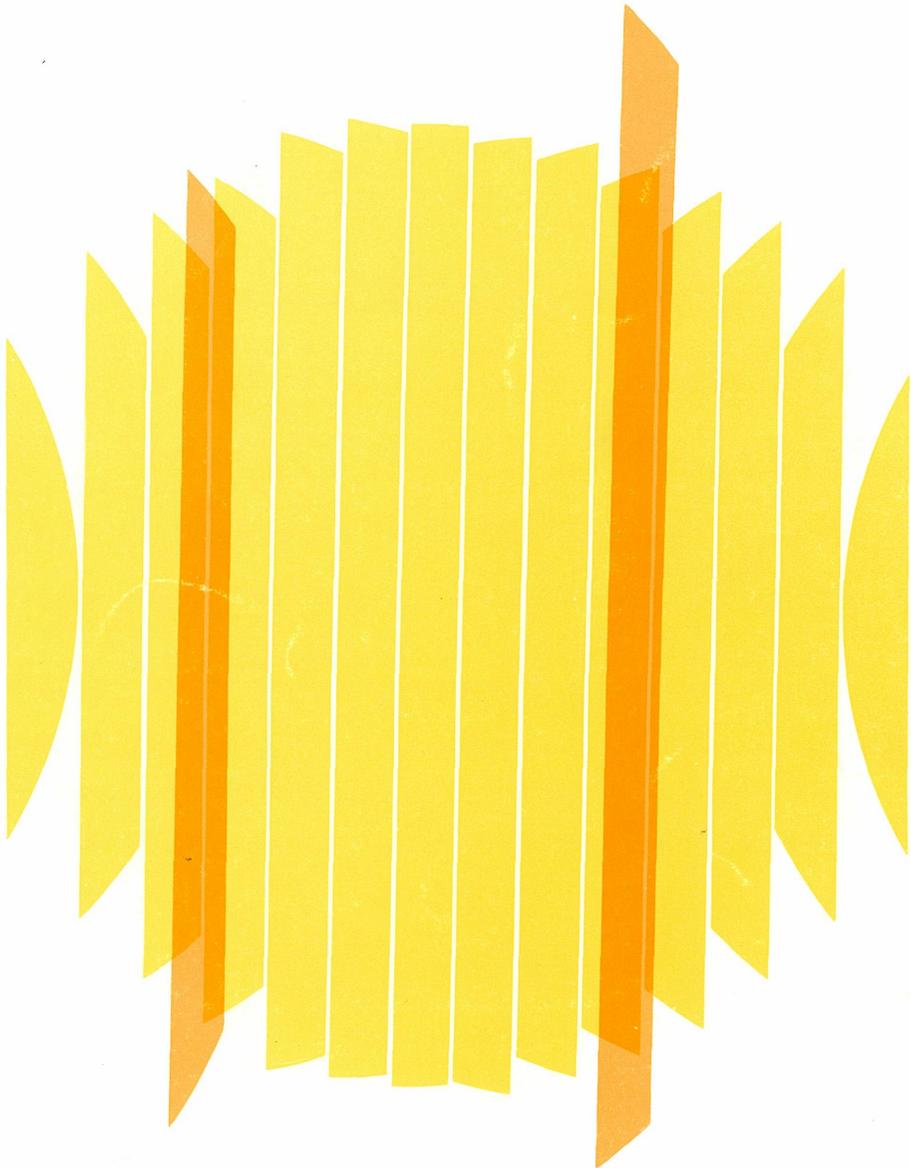


# 季報 エネルギー総合工学

Vol. 5 No. 3

1982. 10.



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

## 第2回 エネルギー総合工学シンポジウム (特集)

### 新燃料油の将来

〈長期エネルギー需給見通しを踏まえて〉

— 議 事 録 —

## 目 次

開会のあいさつ及び研究所活動報告	1
..... 所 長 山 本 寛	..... 1
[招待講演1] 長期エネルギー需給見通しについて	3
..... 通商産業省資源エネルギー庁 長官々房総務課エネルギー企画官	雨 貝 二 郎
[招待講演2] 新燃料油の将来	16
..... 東京大学工学部助教授	吉 田 邦 夫
[研究報告1] 石炭液化, オイルシェール, オイルサンドの開発	31
..... 主管研究員	松 井 一 秋
[研究報告2] アルコール燃料への期待	44
..... 主管研究員	高 倉 毅
[研究報告3] 長期エネルギー需給見通しと新燃料油の位置づけ	57
..... 専務理事	武 田 康
閉会のあいさつ	71
..... 常務理事	柴 田 誠
研究所のうごき	72

---

と き : 昭和57年7月23日(金)13:30~17:30  
と ころ : 日本工業倶楽部 2階大会議室, (東京)

# 開会のあいさつ及び 研究所活動報告

所長 山本 寛

ただいまからエネルギー総合工学シンポジウムを開催します。このシンポジウムは、「ローカルエネルギーの開発」を主題にした昨年の第1回シンポジウムに続く第2回目のものです。ご多忙のところ皆様方多数お集り下さり、厚くお礼申しあげます。

本日のテーマは「新燃料油の将来」ということで、私どもの研究所が新燃料油に関係して調査研究を行ないました一端を報告して、いろいろご批判を仰ぎたいと思っております。そのほか日頃私どもの研究についてご指導をいただいている通産省の雨貝さん及び東大の吉田先生のお話も、あわせて伺わせていただくことになっていきます。お手もとのプログラムに従って、これから進めていきますので、ご静聴下されば大変幸せに存じます。

そこで、この機会を借りまして、私どもの研究所の活動状況につき、若干お話しあげたいと思います。私どもの研究所は昭和53年4月1日に発足しました。この研究所は、エネルギーの開発・供給・利用等に関する諸問題について、技術的側面から総合的な研究を行うとともに、その成果の普及を図るということで、産・学・官の協力のもとに調査・研究を進めることを目的としています。

現在、研究所は所員32名とささやかな規模ですが、私どもの仕事を進めるうえで、約330名程の産業界、官界、大学の先生方といった方々のご協力をいただいています。また、32名の所員のうちのかなりの数の方は、電力、電機メーカー、あるいは石油、建設、化学等の会社から出向していただいている方々であり、それぞれの専門知識を生かして、研究所の調査・研究の手助けをお願いしています。

私どもの行っている研究を大別しますと、自主研究と受託研究とになります。研究の成果は、自主研究のものについては勿論、広く関係の方々に披露して、お役に立てていただくことを願っています。一方、受託研究の成果については、事の性格上公表できないものもあります。しかし、何をやっているかということを知っていただくことは、やはり大切なことですので、私どもで年4回発行してい

る季報に、差支えのない範囲で調査研究の要点などを紹介するよう努めている次第です。

詳しくお話する時間がありませんので、現在どういうことをやっているか、についてごく概略のことを申し上げます。まず、「エネルギーに係わる科学技術に関する調査」ということで、「エネルギー技術データベースの整備」にかなりの力を入れています。このデータベースを作るについては、産業界から資金的な援助をいただいているわけですが、調査そのものは自主研究であります。受付のところにエネルギー技術データハンドブックを見本として置いてありますので、多分、ご覧になった方もあろうかと思えます。データハンドブックとして現在までにどんなものがまとめられているかといいますと、「材料技術編」、「プラント技術編」、「石炭技術編」、及び「新エネルギー技術編」があります。勿論、データベースですから、随時新しいデータを加え、また古いもので必要のないものは除いていきますが、データを集め整理して、関係の方々役に立てばということでは仕事を進めている訳です。また、「エネルギーシステムの評価研究」というようなことも自主研究で進めております。

そのほか、受託研究としましては、かなりの数のものを実施しており、その内容は石炭、石油、あるいはガス、それに加えて原子力に関するいろいろな項目など多岐にわたっています。受託研究の件数は、昨年度ほぼ30件に達しました。

このようなことで、所員の数は少ないながらも、私どもの研究所は精一杯調査研究に努力しているわけです。今後とも世間のお役に立つような仕事をやっていきたいと考えております。

本日ここにご出席の皆様は、エネルギー問題につきまして「新燃料油の将来」というテーマでお話するわけですが非常に深い関心をお持ちの方々と思えますので、今後とも私どもの研究所の仕事について、ご支援、ご鞭撻の程をお願いいたします。

大変時間が短いので、活動状況を詳しくお話することができませんでしたが、これからお話する新燃料油の研究も、私どもの研究所で行った仕事の一端ですので、そういうことを通じて、私どもの研究所がどのような性格の仕事をやっているのか、ご理解いただけると幸に思う次第です。(やまもと ゆたか)

## 〔招待講演 1〕

# 長期エネルギー需給見通しについて

通産省資源エネルギー庁  
長官々房総務課エネルギー企画官

雨 貝 二 郎

### はじめに

本日は、まず、最近のエネルギー情勢一般について簡単にお話して、それから二番目に「長期エネルギー需給見通し」の内容を資料に基づいて説明し、第三にそうした長期エネルギー需給見通しを踏まえて、現在資源エネルギー庁でどういう政策を考えているか、あるいはどういう検討状況にあるか、ということの説明し、また、説明についてはできる限り簡単に、皆様方からのご質問があれば、その質疑を通じて私どもの考えをある程度詳しく説明させていただければ、かように考えております。

### 1. 最近のエネルギー情勢

#### 1.1 石油の生産

最初に、最近のエネルギー情勢について簡単に申しあげます。まず石油の需給でございますが、これは2年連続して1980年、81年というぐあいにOPECの原油生産は減少しましたし、また世界の需要も減少が続けたところでございます。この2年の石油の動きを見て特徴的なところは、特にOPECに対する需要が世界の需要停滞の中で特に増幅して、

あるいは集中して、落ち込みが著しいという点でございます。

たとえば、自由世界の原油生産の実績をここ3年間申し上げますと、79年が1日当たり4,900万バレル、1980年が4,500万バレル、81年が4,100万バレルでございました。このうちOPECのシェアをそれぞれ申し上げますと、63%、59%、54%と、このように非常に傾斜的に小さくなってきています。これにひきかえ北海原油でありますとか、アラスカ原油といった非OPECにおける原油の生産は横ばいないし微増でございますので、この結果シェアで申し上げますと、37%、41%、46%というふうになっております。こういうふうにして世界の原油生産に若干構造的な変化の微候が現われつつあるというのが、ここ二、三年の経験から言えることかと思えます。

ただ、こういう基調の中で、長期的な石油の見通しを申し上げますと、現在IEAで西暦2000年までを展望しようということで作業が進められておりますけれども、1990年ごろにはかなりの需給逼迫というのが予想される。こういう見通しでございます。

それからまた、もっとショートレンジでここ2～3ヵ月の動きを申し上げますと、1982年に入りましてから、OPECの1日当たり

の原油生産量は、1月が約2,100万バレル、2月が1,900万バレル、3月が1,800万バレル、4月が1,600万バレルというふうに、基調的に減少を続けてきたわけですが、この5月と6月はちょっと減少が止まりまして、5月には1,700万バレル、6月には1,800万バレルというふうに若干回復基調にあるということが言えるかと思えます。

特に、3月のOPECウィーン臨時総会で生産上限が決められましたけれども、この生産上限に比べてイラン、リビア、ナイジェリアという三ヵ国はかなり上回って生産しております。ただイラン・イラク戦争の行方等々を考えますと、どういうふうになっていくか、今後予断を許さないところであろうと思えます。

それから、価格面におきましては、アラビアンライトの公式販売価格1バレル当り34ドルが維持されておりますけれども、一方、スポット価格は、最近の動きをみますと、7月末から8月中旬いっぱい迄は31ドル台にまで下がっていたものの、8月下旬の再三に亘るイラクによるカーグ島爆撃による影響で、8月末には33ドルに近い水準にまで上昇したというようなことがいわれております。

## 1.2 先進諸国のエネルギー需給

こうした原油生産の状況の中で、主要先進国のエネルギー需給の動向について、81年について若干分析しますと、アメリカ、日本をはじめ先進各国の多くはかなりの低成長ながらもプラスの成長を遂げております。他面、エネルギー面については、どこの国もエネルギー消費は減少し、特に石油については大幅な減少という実績をあげております。IEA

で、かつて石油消費あるいはエネルギー消費と経済成長のリンクを断ち切るべしという議論が強く言われておりましたけれども、80年あるいは81年の実績を見る限りにおいては、かなりの程度先進国はそうした国際努力目標を達成しつつあるということが言えるかと思えます。ただ、そうは言いましても、経済面においては景気の停滞等と石油危機の余波というのを完全には脱していないというのが実情かと思えます。

従って、エネルギーの物量の面においてはかなりの成果を遂げつつありますが、エネルギーと経済といった広いエネルギーの関わり合いを考えましたときには、まだまだエネルギー制約というのを克服していないというのが、日本のあるいは世界各国の実情ではないかというふうに思われます。

このように、経済成長と石油、あるいはエネルギー消費のリンクを断ち切った背景が二つございます。ご案内のとおり一つが省エネルギーでございまして、もう一つが石油代替エネルギーの供給の拡大でございます。ちなみに省エネルギーの状況を申し上げますと、74年から81年にかけて、大体年平均日本は4.1%ほどGNP1単位当たりのエネルギー消費投入量というのを減少させてきております。アメリカが年平均2.4%、フランスも同じく2.4、それから主要国の中で一番低いイタリアでも1.5%ずつ原単位が向上している、こういうことが言えております。

また、別のもう一つの石油代替エネルギーについても、81年においてイギリスだけは供給量が増加いたしておりませんが、アメリカ、日本、西ドイツ、フランス、イタリア、いずれも供給量を拡大しております。この結果、

石油依存度も81年においては前年に比べて低減いたしております。石油依存度を申し上げますと、アメリカが81年で41%、日本が63、西ドイツが45、イギリスが38、フランスが53、イタリアが66でございます。80年と比べまして日本はおおよそ3%ポイントの向上でございます。先進国の中ではかなり大幅に依存度を低減させた国ではございます。ただ、いま申し上げましたように絶対水準で見るとまだまだ日本の石油依存度は高い、こういう実情でございます。

### 1.3 わが国のエネルギー需給

以上、国際的な石油需給の動向を比較して申しあげましたが、次に日本の石油あるいはエネルギー需給の状況を申し上げます。56年度のエネルギー需要は原油換算で4億1600万キロリットルでございます。55年度に比べて3.1%の減少でございました。この背景には経済成長率が余り高くなかったということがあるのはもとより、特に基礎素材産業を中心とします景気の停滞という影響が非常に大きかったのではないかとこのように考えております。

また、供給面については、昭和54、55、56というぐあいに3ヵ年度をちょっと眺めてみますと大きな特徴がございます。石油代替エネルギーの供給が55年度においては非常に大きくなったという実績があがっております。量的に申し上げますと55年度には前年度に比べて1,800万キロリットルの原油換算のエネルギー供給増が実現されまして、56年度にはこれが400万キロリットルでございました。このように55年度に石油代替エネルギーの供給がかなり大幅に実現した背景は、一つはセメン

ト、紙パルプ等におきます燃料転換がかなり進んで、一般炭が傾斜的に導入されたことでございます。またもう一つには、原子力発電の稼働率がかなり大幅に上がったという点でございます。これが56年度に入りますと余り伸びなかった。あるいは絶対量でも大きな量的な拡大が実現しなかったということは、一つは産業界における燃料転換というのが一巡してしまっただけということでございます。それからまた、原子力発電について言えば、稼働率がかなりの水準まで上がってしまったということで、むしろ原子力について言えば新しい電源の開発というのがいま焦眉の急になってきているし、あるいはまた石炭の利用拡大に当たっても、新燃料油というのはこれから議論になるかと思いますが、そういう方面での新しい利用形態というのを考えないと、なかなか産業では利用できない、あるいは石炭火力というのを推進しないと、石炭の利用拡大はできない。こういう一つの徴候が55、56、両年度を見ることによってうかがえるのではないかとこのように考えている次第でございます。

それから、もちろんこういう56年度に3.1%のエネルギー需要の減少が実現できたことは、石油代替エネルギーの供給増と同時に省エネルギーということについてもかなりの成果があがったことを反映しているものでございます。ちなみに1億円のGNP—実質価格でございますが—これを生産するために必要なエネルギー投入量を原油に換算して申し上げますと、52年度においては248キロリットル必要でございましたが、これが56年度には213キロリットルというように減少しまして、52年度を100といたしますと、56年度は85.9

表1.1 長期エネルギー需給見通し

項目	年度	昭和55年度(実績)		昭和65年度	
エネルギー需要		4.29億kℓ		5.9億kℓ	
省エネルギー率				15.5%	
エネルギー別	区分	実数	構成比(%)	実数	構成比(%)
石炭		9,240万t	16.7	15,300万t	19.5
	[うち 国内石炭]	[1,810万t]		[1,800~2,000万t]	
	[うち 一般炭]	[2,130万t]		[6,600万t]	
原子力		1,570万kW	5.0	4,600万kW	11.3
天然ガス		2,590万kℓ	6.0	6,800万kℓ	11.5
	[うち 国内天然ガス]	[ 22億m <sup>3</sup> ]		[ 73億m <sup>3</sup> ]	
	[うち LNG]	[1,680万t]		[4,300万t]	
水力	{ 一般水力 揚水	{ 1,900万kW 1,080万kW	5.6	{ 2,350万kW 2,200万kW	5.0
地熱		30万kℓ	0.1	600万kℓ	1.0
新燃料油, 新エネルギー, その他		70万kℓ	0.2	1,500万kℓ	2.5
石油		285億kℓ	66.4	2.9億kℓ	49.1
	[うち 国内石油]	[ 50万kℓ]		[ 190万kℓ]	
	[うち LPG]	[1,400万t]		[2,400万t]	
供給合計		4.29億kℓ	100.0	5.9億kℓ	100.0

- 注) 1. 原油換算は9,400kcal/ℓによる。  
 2. 石炭の欄には、石炭流体化混合燃料、石炭ガス化に利用される石炭を含む。  
 3. 国内石炭の数量には、雑炭及び過欠片を除く。  
 4. 新燃料油, 新エネルギー, その他の欄には、石炭液化油, オイルサンド油, オイルシェール油, アルコール燃料, 太陽エネルギー, 薪炭等を含む。  
 5. 構成比の各欄の数値の合計は、四捨五入の関係で、100にならない場合がある。

昭和57年4月21日

昭和75年度(試算)		構成比(%)	1. この見通しは、民間の最大限の理解と努力のもとに、政府の総合的なエネルギー政策の重点的かつ計画的な遂行を前提とした場合のエネルギー需給見通しを示すものである。 2. 省エネルギー率は、昭和55年度を基準として、エネルギー生産性の向上をエネルギー需要の対GNP原単位の低減比で示したものであり、省エネルギーの目標を示す一つの指標であるが、昭和65年度におけるエネルギー需要5.9億kℓは、省エネルギーの推進により更に引き下げよう努力すべきである。 3. 石油代替エネルギーの開発・導入には、引き続き最大限の努力を傾注し、供給力の拡大を図る。 4. 石油の安定供給には最大限の配慮を要するが、上記の努力により、昭和65年度には石油依存度を5割以下にすることが可能である。 5. 国内石油・天然ガスは、合計で昭和65年度950万kℓである。 6. 石炭のうち国内石炭については、現在程度の生産水準の維持を基調とし、諸事情の好転を持って将来における年産2,000万t程度の生産水準の達成を目指すことを基本的な考え方にすべきである。 7. 地熱のうち、地熱発電は、昭和65年度300万kW、昭和75年度800万kW程度である。 8. サンシャイン計画によるエネルギー供給量は、昭和65年度約2%、昭和75年度約7%である。 9. 昭和75年度のエネルギー需給見通しは、エネルギー政策の長期的性格にかんがみ、1つの試算として将来のエネルギー需給の方向を示したものである。
実数			
7.7億kℓ程度	25%程度		
20,000万t程度	19		
9,000万kW程度	18		
8,200万kℓ程度	11		
3,000万kW程度 3,300万kW程度	5		
1,500万kℓ程度	2		
6,500万kℓ程度	8		
2.9億kℓ程度	38		
7.7億kℓ程度	100		

というふうに減少しております。

こうした省エネルギー、これについてはまだ統計は持っておりませんが、石油に限って言えば、かなりのこういう原単位の向上というのが実現されたわけでございます。石油原単位を、たとえば主要業種について言いますと、鉄鋼においては48年度を100といたしますと56年度においては32にまで下がっております。したがって48年度100の石油を必要としたものが、いまは32で済んでしまう、こういう実情でございます。

またセメントにおいては特にそういう低減が著しく、48年度の100に対して石油の必要量はいまは10というふうに原単位が下がっております。

こういうふうに日本においても石油代替エネルギー、省エネルギー両面からエネルギー政策が進んで石油依存度が低減されつつあるというのが実情でございます。

それからまた、石油代替エネルギーの開発・導入の状況で特徴的なことを申し上げますと、やはり現時点では石炭が中心でございます。次が原子力とLNGが並んでいるということで、残念ながら地熱あるいは新燃料油、新エネルギーといった新しい、在来型でないエネルギーの供給増というのはまだまだ現時点でのエネルギー供給量としては微々たるものになっている。こういう実情でございます。石油代替エネルギーの中に占める石炭、天然ガス、原子力のシェアはおおよそ8割程度を占めて不動でございます。このほかに水力がございまして、石炭、天然ガス、原子力、水力、この四つで大体99%近くを占めてしまっているというのが、日本の現時点での供給構造でございます。

以上、最近の石油の生産状況、あるいは主要国のエネルギー需給、日本の需給状況ということで、エネルギー情勢一般を簡単にいかつまんでお話した次第でございます。

## 2. 長期エネルギー需給見通し

続いて、「長期エネルギー需給見通し」について、その概要を説明させていただきたいと思います。

### 2.1 経緯

まず、長期エネルギー需給見通しの策定あるいは改定に至った経緯でございますが、昨年の5月政府に設置されました総合エネルギー対策推進閣僚会議というところで、エネルギー情勢の変化を踏まえて、東京サミットで決めました1日当たり630万バレルという1985年の我が国の石油輸入手目標量にこだわることなく、その見直しも含めて需給見通しというのを改定すべしと、こういう考え方がまとまりました。それを受けまして、昨年の6月以来総合エネルギー調査会の中の需給部会におきまして主として見通しの策定作業をしてきたわけでございます。それで今年の4月21日に中間報告がとりまとめられたわけでございます。この中間報告については、同4月23日に総合エネルギー対策推進閣僚会議にも報告をして、了承を受け、政府としてこの長期エネルギー需給見通しを踏まえて、今後のエネルギー政策をやっていこうという関係各省間、政府としての意見が固められたわけでございます。

## 2.2 基本的考え方

基本的な考え方としましては、従来からエネルギー政策は豊富、低廉かつ安定といったエネルギー供給を目標にやってきましたけれども、特に石油危機以降、量的安定性の確保、量的な供給面の不安がないようにということに若干の比重が移されたわけですが、最近の二度にわたる価格の高騰ということを背景にして、基礎素材産業をはじめ、エネルギー価格の高騰ということでかなり国民経済の力が弱まっているのではないかと、こういう反省のもとに、安定性の中身を若干今回の報告ではふくらませておきまして、量的な安定性に加えて質的な安定性と言いますか、エネルギーコストの実質的な上昇というのをできるだけ国民経済全体で吸収、あるいは安定化するための需給構造をできるだけ実現するよう、努力しようではないかという考え方を新しく打ち出したところでございます。

では、エネルギーコストの上昇を吸収し得る需給構造というのはどういうものか、そのなかみについては表1.1に示されています。

表1.1にみるように例えば、今後のエネルギー供給構造はかなり石炭、原子力等に傾斜して、供給構造は変わってまいります。御案内のとおり、これらのエネルギー源は石油に比

して安く、この需給見通しで目標として立てられております65年度の供給構造を実現しますと、新エネルギー等のコストダウンと併せてさらにエネルギー供給コストが下がるのではないかと考えているところでございます。

## 2.3 その要点

こういう基本的な考え方に基づいてつくられた見通しでございますが、この内容でまず、需要の見通しについて表1.2(a)にその要点を示してございますが、この見通しを策定いたします前提としては、若干高いという見方もあるかと思いますが、エネルギー供給上何ら量的には不安がないということを考えますと、5%程度の年平均経済成長率を前提といたしまして、また、今後ともエネルギー、特に石油価格というのは実質的に上昇すると思しますので、省石油というのはかなり産業構造面でも進むだろうという前提で、基礎素材産業が3%程度の伸び、あるいは加工組立産業は7%程度の伸びというふうに、産業構造面でもかなりの変革が今後10年間に実現するだろうという想定のもとに、65年度のエネルギー需要を計算いたしますと、年平均3.2%で上昇しまして、65年度には原油換算5億9000万キロリットルという需要になるだろう、こうい

表1.2 エネルギー需要の見通し

(a)

55年度 (実績)	65年度	年平均 伸び率	弾性値	備 考	
4.3億 kℓ	5.9億 kℓ	3.2%	0.64	経済成長率(65/55) 5%程度	実質生産額伸び率(65/55) 基礎素材産業 3%程度 加工組立産業 7%程度

(b)

主 要 点	55年度	65年度	備 考
① 民生のエネルギー消費拡大 全体需要(除供給ロス等)	百万kℓ (%) 410 (100)	百万kℓ (%) 563 (100)	年平均伸び率 (%) 3.2
うち 産 業	253 (62)	329 (59)	2.7
民 生	92 (22)	148 (26)	4.9
運 輸	65 (16)	86 (15)	2.8
② 電力利用の進展(電力比率)	33%	37%	電力需要の年平均伸び率 4.3%
③ 省エネルギーの進展 エネルギー生産性			省エネルギー率 15.5%

う見通しでございます。弾性値については0.64というぐあいになっております。

この需要の、若干、大きな特徴と言いますか、目新しい点をまとめたのが表1.2(b)でございますが、特に民生のエネルギー消費が拡大、というのが大きな特徴でございます。備考のところには年平均伸び率が部門別に書いてございますのでご覧いただきますと、全体の平均が3.2に対して民生が4.9というぐあいにかなり抜きん出た伸びを見込んでおります。他方、産業については2.7というぐあい、あまり伸びないということでございます。

こうした民生でのエネルギー消費が拡大するということは、逆にどういうエネルギーが必要されるだろうかと言いますと、ご案内のとおり民生部門では電力に依存する度合いが大きいわけでございます。ということから、電力化率も55年度の33%に比べて37%まで上昇するだろうという見通しを立ててございます。もちろん、この間において省エネルギーというのめかなり進んでいって、GNP1単

位生み出すために必要なエネルギー投入量は、今後10年間に15.5%ほど低減するだろうという見通しを立てております。

こうしたエネルギー需要面の動きに対して供給面ではどういことを予定しているのかという点を示したのが表1.3でございます。

それぞれ構成比が書いてございますが、原子力が5%から11.3%とかなり伸びる、それから天然ガスも6%から11.5と、また石炭についても16.7から19.5というふうにかなりサブスタンシャリーに量が拡大いたしますのが石炭、原子力、天然ガスの三つでございます。

これに引きかえ若干の増一比率的には伸びますものの、量的には余り大したことはないというのが地熱、それから新エネルギー等でございます。もちろん石油については量的にはほぼ一定で推移するだろうという見通しで、シェアで見ると55年度の66%から49%まで低下するという見通しでございます。

それで今回の需給見通しの改定で、一つの特徴点はこの新エネルギー等のところでござ

表1.3 エネルギー供給の見通し

(a)

供給構成	55年度(実績)	65年度	供給目標 (55年11月策定)
総供給量	4.3億kℓ	5.9億kℓ	7.0億kℓ
石炭	16.7%	19.5%	18%
原子力	5.0	11.3	11
天然ガス	6.0	11.5	10
水力	5.6	5.0	5
地熱	0.1	1.0	1
新エネルギー等	0.2	2.5	6
石油	66.4	49.1	50

(b)

主要点	55年度	65年度	備考
① 石油依存度の低下 石油依存度(%)	66	49	石油の年平均伸び率 0.2%
② エネルギー需要量の増加分 は、ほぼ石油代替エネルギー で対応	55年度～65年度 エネルギー需要の増加分		161百万kℓ
	石油以外のエネルギーの供給増		156百万kℓ

います。55年11月に供給目標というのを石油代替エネルギーの開発・導入に関する法律に基づきまして閣議決定しておりますが、55年11月の供給目標に比べまして、シェアで見ても前回の55年11月には6%のシェアを新エネルギー等で占めるものというふうに見込んでおりましたところ、今回は2.5%ということ

でかなり下げております。この下げた点について実は総合エネルギー調査会の需給部会でもかなり議論がございまして、いま石油の需給が一時的にせよ緩和しているということから、代替エネルギーの技術開発については、それほど力を入れなくてもいいのではないかという意見がある折から、政府の努力目標で

ある供給目標をかなり下方修正するのはいかになものかと、こういうことでございましたけれども、ただ、ご案内の石炭液化のSRCⅡの問題にしましても、なかなか思うようには、あるいは当初の期待どおりには進んでいないというのが実情でございます。

また、こういう石油代替エネルギーの技術開発はかなりにリードタイムを要するものでございますので、65年度についてはかなりの確度をもって積み上げができつつあるというのが現時点での状況でございます。こうしたことから余りに現実性を離れた目標というのも不適當だという意見が大勢となりまして、思い切って今回努力目標を下方修正した次第でございます。ただ、政府としてこういう新燃料油をはじめとする石油代替エネルギー対策について、姿勢の後退ということであるというふうにこの数字の下方修正を受け止められてはいけないということもございまして、あるいはまた、いまちょうど構造的な変化がエネルギー需給について生じつつあるので、今度は腰を落ちつけて超長期の展望もしようということで、西暦2000年の展望もした次第でございます。先程の表1.1に示されておりますが、これをご覧いただきますと、特にいま申し上げました新燃料油、新エネルギーのところについての政府の考え方がある程度ご理解いただけるかと思いますが、55年度実績の70万キロリットルに対して65年度では150万キロリットル、これが75年度、西暦2000年に至りますと6,500万キロリットルというふうに非常に大きなものになってほしい、あるいはそうならないと石油依存度を4割弱まで低下させることは困難ですし、あるいはまた必要なエネルギー総量を確保できない、こう

いう考え方をしている次第でございます。

こういうぐあいに65年度を中心としまして2000年まで展望した見通しでございますが、この供給面の大きな特徴は、石油供給が今後ほとんど伸びないということで、55年度から65年度の年平均伸び率が0.2%でございますので、実質的に横ばいでございます。逆に言えば今後必要となるエネルギーの需要増、これについては石油以外のエネルギーで対応していくことが適当であるという考え方を、この表は物語っているわけでございます。

### 3. エネルギー政策検討の現状

こうした考え方に基づいた中間報告がとりまとめられたわけでございますが、こうした見通しを踏まえまして、現在、通産省資源エネルギー庁において、いろいろな政策の新しい方向、あるいは具体的な進め方について検討が行われている最中でございますので、第三番目としまして、最近私どもで検討しているその内容を簡潔にご紹介させていただきたいと思っております。

#### 3.1 石油代替エネルギー政策

まず石油代替エネルギー政策でございますが、このことについては、総合エネルギー調査会の需給部会の見通しを受けて全面的に見直しを行おうということで、同じく4月に同調査会に「石油代替エネルギー部会」というのを新しく設けまして、円城寺先生を部会長としまして、またこの部会の下に「基本政策小委員会」という向坂先生をヘッドとする小委員会を設けまして、現在すでに教回にわたって検討を行ってきたところでございます。

この8月半ばに中間的な検討のとりまとめを行っているところでございます。ここでは新しい方向として、たとえば石油代替エネルギーの技術開発につきましては、これまでパイロット・プラントの段階でございましたが、ようやくしてデモンストレーション・プラントといった、かなり大規模な技術開発の段階に近づきつつございます。ただ、そうした大規模なプラント建設の段階になりますと、やはり民間の活力を最大限活用して、それに政府としてはできるだけのお手伝いをする、こういうふうな官・民の役割りのあり方というものをもう一度考え直さないと、円滑には進まないだろうということで、石油代替エネルギー技術開発の重点的な推進はどう図ったらいいか、あるいは適正な官・民の分担のあり方として、技術開発段階の進展に伴って民間の創意工夫というものをもっともっと尊重し、あるいは増大するという仕組みを考える必要があるのではないかと、こういう新しい方向を考えつつございます。

それからまた、石油代替エネルギーの開発・導入体制としまして、現在はいろいろなところ—機械メーカーをはじめ石油産業あるいは電力産業といったところ—で、代替エネルギーの技術開発が進められておりますけれども、そういった例えば電力と電機、あるいは石油と電機といった異分野での協力体制というのを今後どのようにつくり上げていくかというのが、大きな課題ではないだろうか、こういうふうにご考えているところでございます。

それからまた、新エネルギー総合開発機構というのをつくったわけでございますが、これについても現在委託方式だけでございますが、いろいろ国の民間のプロジェクトに対す

る支援のあり方というのは、いろいろな手段があった方がケース・バイ・ケースに適切にいくのではないかと、ということで、事業方式の多様化というものも一つの検討課題だろう等々の問題点がいま議論されている最中でございます。

### 3.2 省エネルギー

それから省エネルギーについては、この6月15日に省エネルギー・省資源対策推進会議で夏の省エネルギー対策を決めたところでございますが、ここでは民生部門のエネルギー需要に対して、今後できるだけ供給して、あるいはエネルギー政策の根幹の一つが快適な生活を過せるようにエネルギー供給を確保していくんだという基本的な考え方のもとに、これまでは危機的なあるいは非常に厳しい石油状況を背景として、どちらかといえば「我慢の省エネルギー」というのが重点になってきておりましたものを、今回は「工夫でさわやか、夏の省エネルギー」という統一フレーズにも表われていますように、マイルドな方向に転換し、この夏からは既に広く浸透した省エネルギー意識を踏まえて、できるだけ工夫でさわやかな夏を過せるように、省エネルギーの中身を考えていきたいということでございます。

### 3.3 石油政策

それからまた、石油政策の分野におきましては、先ほど来何度か申し上げておりますように、石油の供給数量は今後西暦2000年までをみても、さほどには伸びないという状況でございます。こういう中で石油供給計画がさる5月25日に定められまして、新聞でもご案

内のように、過剰設備処理という問題が浮上しております。と言いますのは、現在 500 万 B/D 以上の原油処理能力を石油産業は持っておりますけれども、昭和65年度までを考えましても、原油の処理量というのは65年度時点で370万B/D程度であろうというのが、今度の需給見通しの結果でもございます。ということで稼働率を85%程度と考えたととしても、100万B/Dほどの処理能力が過剰だという結果でございます。こういうことで現在過剰設備処理問題に石油産業では各企業が個別に取り組んでいる次第でございます。

### 3.4 電源開発

それからまた、電源開発の分野におきましても、長期エネルギー需給見通しと整合的なものとしまして、4月22日に昭和65年度の電力需給見通しの見直しが電気事業審議会の需給部会から報告が行われたところでございます。また、こうした長期の見通しのもとにこの7月9日には57年度の電源開発の目標が定められまして、原子力の400万キロワットをはじめとして、57年度には総計1,000万キロワットの電源を開発しよう、電調審を通そうというような目標が立てられたところでございます。また電源開発の分野においては、特に長期の問題ではございますが、ATRの建設問題についてさる6月29日に資源エネルギー庁、科学技術庁、電気事業連合会、電源開発(株)の4者の会談において、新型転換炉の実証炉建設については、電源開発(株)を主体として進めようということで合意が得られまして、その具体的細目を現在委員会を設けて検討している最中でございます。

こういうふうに、現在通産省資源エネルギー

庁では需給見通しを踏まえて省エネ、代エネ、電源といったところで、いろいろな新しいエネルギー政策の方向をいま考えているというのが実情でございます。

以上かけ足でございましたが、需給見通しを中心に最近のエネルギー情勢全般についてお話いたしました。(あまがい じろう)

### 質 疑 応 答

問： 関西電力の田中と申します。65年と75年の長期エネルギー需給見通しの項で、新エネルギー及び新燃料油その他の欄の数値におきまして、ローカル・エネルギー等はここに含まれているのでしょうか。もし、もう少しその中身について内訳的な見通しなりが内々にでも予想がなされておるのであれば、教えていただきたいと思えます。

答： ローカル・エネルギーという範囲が若干不分明でございまして、たとえば小水力という問題もローカル・エネルギーというふうに分類する場合もございますし、そうでない場合もございます。ここでは小水力というのは一般水力の方に入っておりますので、そういう意味ではローカル・エネルギー全般は入っていないわけでございますが、たとえばごみ焼却発電ですとか、バイオマス、あるいは豚の糞尿からメタンを発酵させてエネルギーをとる、こういったローカル・エネルギーについては、「新燃料油、新エネルギー、その他」の、この欄の中に入っております。それで、65年度で新エネルギーの分野で大きなものを申し上げますと、石炭液化油が140万キロリットル、太陽エネルギーが650万キロリットル、オイルサンド、オイルシェール油が350

万キロリットルというぐあいでございます。

75年度については、それほど詳しい積算があるわけではございませんが、基調的にはいま申し上げました65年度のものが、さらに本格化していくし、また新しいエネルギー源として種々のものが期待できるだろうというふうに考えているところでございます。たとえば石炭液化については、65年度の140万キロリットルに対して2,000万キロリットルを上回るかなという見方でございますし、また太陽エネルギーについても1,500万キロリットルを上回るのではないか、オイルサンド・オイルシェールについては1,000万キロリットルを上回るのではないか、こういう一つの試

算を持っているところでございます。

それから新エネルギーとしてどういう分野の、どういうエネルギー源を私どもは考えたかでございますが、かなりの幅広いものを一応は検討いたしまして、たとえば薪炭、オガライト、アルコール、海洋発電、温度差発電、風力、ごみ焼却発電、等々といった大変広い分野のものを考慮して、ただ、それぞれ個別の新エネルギーごとに供給量を確定することはできませんで、相当な幅をもって推定をし、そうしたものがトータルとして大体どのくらいかということでこういう数字をまとめた次第でございます。



会場スナップ1 (雨貝エネルギー企画官の講演)

## 〔招待講演 2〕

# 新燃料油の将来

東京大学工学部助教授 吉田邦夫

### 1. はじめに

私が今日ここでこのようなお話をする機会を得ましたのは、今回のエネルギー需給見通しの改定にあたり、その委員の一人としてお手伝いをしたことと、今日のシンポジウムの主催者であるエネルギー総合工学研究所の方々と、今日の主題である新燃料油に関して調査活動をしてきた結果であろうかと思えます。

与えられた課題が、「新燃料油の将来」という大変大きな題名で、何をお話したらいいのか非常にとまどうばかりですが、調査を通じて私が感じて参りましたことを若干お話したいと思えます。

シンポジウム全体の構成を考えますと、私の役割は恐らく新燃料油の用途あるいは、他の様々の燃料との競合性、簡単に申しますれば将来性ということについて話しをすることにあると思えます。しかし、実際の演題が新燃料油の将来となっておりまして、将来性となっていないところに私の苦心があるというわけで、たった一字の違いでありますけれども、大きな意味があります。新燃料油のフェーチャーは語ることはできても、なかなかプロスペクティブなお話はできないというところを、是非皆様に御賢察いただきたいと思う

次第です。

### 2. エネルギー需給見通しと新燃料油

まず、話の発端として、新燃料油の位置づけを明らかにするために、今回の需給見通しを一度見ておきたいと思えます。

表 2.1 「長期エネルギー需給見通しの比較」は、今迄しばしば用いられてきた昭和54年に出た暫定見通しと、今回発表された長期見通しの二つを、昭和65年度に対して比較する形で載せたものです。但し、エネルギー別の分け方に両者で若干の違いがありますので、私が適当に換算致して、比較できるような形に直してあります。

この表を見て直ちにわかることは、エネルギー総需要量の大きな違いで、54年当時では65年度に、7億kl必要であろうと思われていたのが、今回は僅か5.9億klでいいという訳です。

このように、全体の需要量が大きく下方修正されているために、当然ですが、エネルギー別に全て実数として与えられている数字が小さな値になっています。中でも最もその影響を受けている項目が、原子力、輸入石油、そして今日の主題であるところの「新燃料油

表2.1 長期エネルギー需給見通しの比較

(昭和65年度に対して)

項目	暫定見通し (昭54.8)		長期見通し (昭57.4)	
	実数	構成比 (%)	実数	構成比 (%)
エネルギー需要 省エネルギー率	7.0億kℓ 14.8%		5.9億kℓ 15.5%	
エネルギー別 区分				
石炭 〔うち国内石炭〕 〔うち一般炭〕	16,350万t 〔2,000万t〕 〔5,350万t〕	17.6	15,300万t 〔1,800~2,000万t〕 〔6,600万t〕	19.5
原子力	5,300万kW	10.9	4,600万kW	11.3
国内石油・天然ガス	950万kℓ	1.4	950万kℓ	1.6
L N G	4,500万t	9.0	4,300万t	10.3
水力 { 一般水力 揚水	2,600万kW 2,700万kW	4.6	2,350万kW 2,200万kW	5.0
地熱	730万kℓ	1.0	600万kℓ	1.0
新燃料油・新エネルギー その他	3,850万kℓ	5.5	1,500万kℓ	2.5
輸入石油 〔うちL P G〕	3.5億kℓ 〔2,600万t〕	50.0	2.88億kℓ 〔2,400万t〕	48.8
供給合計	7.0億kℓ	100.0	5.9億kℓ	100.0

・新エネルギーその他」という項目です。

この新燃料油・新エネルギーその他の項目は、54年当時の3,850万kℓに対して、今回は、半分以下の1,500万kℓに訂正されています。このように、小さな値になっているにもかかわらず、需給部会に出ておられますと、これだけの数字を載せるということは、これだけの数

字を本当に使えということの意味するのとか、新燃料油というからには、燃料油としてボイラーで使わなければいけないということかとの発言があって、燃料油という言葉をやめて、単に石炭からの油、或るいは、残渣油とでもしたらどうか、とさえも言われる方もあって、新燃料油の開発そのものは、日本に

表2.2 新燃料油・新エネルギー内訳

項 目	供 給 量 (石油換算万kl)	
	65年度	75年度
石炭液化油(直接, 間接)	0 ~ 870	650 ~ 6,400
石炭ガス化製品(都市ガス)	0 ~ 40	40 ~ 360
非在来石油(オイル・シェール, オイル・サンド)	0 ~ 1,000	790 ~ 3,470
アルコール燃料*(天然ガス, バイオマス, 石炭)	0 ~ 620	1,280 ~ 5,280
太陽熱(熱利用, 光発電)	330 ~ 700	570 ~ 2,460
自然再生エネルギー, その他	110 ~ 120	210 ~ 370
合 計	440 ~ 3,350	3,520 ~ 18,300

(注) \*天然ガスからの合成燃料油を含む。

とって、非常に必要であるということは、十分認識しながらも、少なくとも、自分達が最初の使用者にはなりたくないという気持ちがある分野でもかなり露骨にあるのではないかと感じている次第です。

この1,500万klの内訳がどうであるかは、余りよくわかっておりません。表2.2は、その中身を若干調べてみようということで、エネルギー総合工学研究所で何人かの方々と勉強してきた結果を示したものです。その内訳として考えられる項目は、必ずしも需給見通しのときの項目と一致していませんが、大きな項目としては、石炭液化油、石炭ガス化、非在来石油、いわゆるオイル・シェール、オイル・サンド、アルコール燃料、太陽熱、自然再生エネルギー等々があり、65年度で、もし石油が現在のように供給が非常に緩やかな状況で、しかも、値段が何とかかなりそうな状況ならば、数字の少ない方になるであろう。これが非常に厳しい状況になるならば、より積極的に液化油等の開発が行なわれ、また使われ

ることになって、小型であるにせよプラントが動いて、大きい方の数字になってくるのではないかと考えてみたのであります。

65年度に於いては、まだまだ液化油等々はそれほど重要なものではなく、主要なものは、太陽熱、特に屋根に置くところの温水器、あるいは、自然再生エネルギーとなっていますが、実質的にはゴミ発電であろうと思います。

いずれにせよ、この54年から57年に至る間に、これだけ総需要量が大幅に減少した原因としては、三つの大きな要因があると思います。一つが省エネルギー努力、二番目が石油代替化の促進、三番目が産業構造の変化です。これ以外に、夏が非常に寒かったというような一過性の原因が、若干はあるかと思いますが、少なくとも大きな原因はこの3つだろうと思います。

この中で、新燃料油というものを考える上で、一番関連のある項目は、二番目の石油代替化です。一次ショック、二次ショックと2回のオイルショックを経て感じることは、一

次のオイルショックの当時は、石油の値段が非常に急激に上がって、驚きながらも、これだけ上がったのは、相当政治的な要因が強いが故に、またひょっとすると下げられる虞れがあるのではないか、という不安感があって、石油代替化が必ずしも積極的に行なわれたとは言えなかった。それが、二次ショックを経てみますと、石油価格は非常に政治的なものであったにせよ、上げたサウジ、イラン、イラクといった国々において、それなりに定着化して、今更昔のように、2ドル、3ドルという安い時代に戻れない社会体制ができ上がってしまっているということが、段々認識されてきて、石油代替化が安心して推進されてきたという傾向があるのではないかと思います。

一方の新燃料油の方は、あるいは新燃料油以外の新エネルギーも、おおむねそのコストというのは、積上げ価格で、原料値段が幾ら、反応器の値段が幾ら、運転費の値段が幾らといった形で、それぞれのコストを計算し、足し算するという形で出されてきているのが普通であろうかと思います。

この新燃料油という油の原料が、また石炭という燃料であるところが問題で、石油の値段が動くにつれて、石炭の値段もその影響を受けて必ず動くという状況にあり、新燃料油の競合性を論じることを非常に難しくしています。太陽温水器といったものは、それと違って、石油の値段がどんどん上がるにつれて、割合に容易にその価格競合性が論じられます。極端に言えば、石炭の値段、あるいはそこから出てくる所の油の値段が、石油の値段よりも若干高くなるようなところに石油の値段が設定されているとってよく、なかなか

新燃料油というものに、経済的な競合性が生まれてこないのではないかと思います。ただ日本では、どちらが入手が容易であるかなど、価格以外の要素を考える必要があります。

### 3. 電力源代替の促進

石油代替化の中身をよく見ますと、原子力、石炭の生焚き、或るいはLNGがその主力です。すなわち、その実態は全て電力源の代替です。立地問題、環境規制の問題、あるいは石炭から出てくる灰の問題は非常に深刻ですが、それなりに解決されて、これから先も電力源の代替は、原子力、石炭生焚き、あるいはLNGが依然として主力であり続けるだろうと思います。そして、その分野に石炭液化油が入っていくことは容易でないし、また得な道ではないと思う次第です。

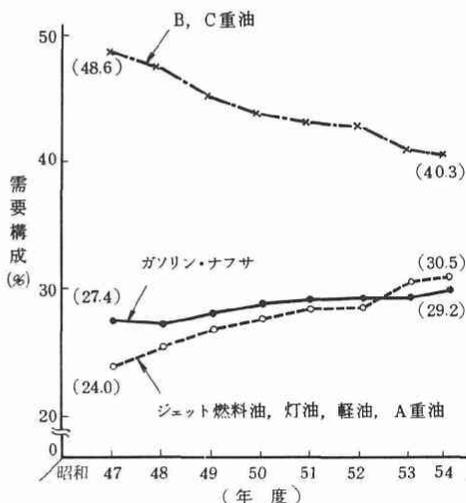
こういった形で石油代替化が進むにつれて、石油の需要構造が大きく変化してきています。それを示しているのが表2.3あるいは図2.1です。石油自体はメキシコ等から入ってくるようになり、どちらかというと言質化してきていますが、B重油、C重油といった重たい分野の需要は、ひたすら減少を続けており、それに代わってジェット燃料油、灯油、軽油、A重油つまり中間三品と呼ばれる分野が伸びてきています。それから、ガソリン、ナフサの分野が緩やかですが伸びていて、その中身も表2.3を見ますと、実質的にはガソリン部分はかなり大幅に伸びてきていることがわかるかと思います。

石油は連産品で、その各成分の得率は相当程度一定しており、需給に応じて簡単に生産様相を変えられる柔軟性をあまり持っていま

表2.3 石油需要構造の変化<sup>1)</sup>

(単位：%)

年度		昭和	35	40	45	48	50	55	56
軽質留分	ガソリン		19.8	13.9	11.2	11.6	13.7	16.5	18.0
	ナフサ		2.9	10.0	14.8	15.5	15.0	12.6	12.9
	(小計)		22.7	23.9	26.0	27.1	28.7	29.1	30.9
中質留分	ジェット燃料油		0.7	0.7	0.6	0.7	1.0	1.4	1.5
	灯油		6.5	6.7	8.5	9.4	10.2	11.3	12.4
	軽油		7.2	7.1	6.4	7.2	7.5	10.3	11.0
	A重油		8.8	6.7	5.9	8.2	8.9	10.1	10.3
	(小計)		23.2	21.2	21.4	25.5	27.6	33.1	35.2
重質留分	B重油		15.5	8.7	6.8	5.5	5.0	2.5	2.1
	C重油		38.6	46.2	45.8	41.9	38.7	35.3	31.8
	電力用		17.0	15.9	18.9	18.4	17.1	17.6	17.4
	その他		21.6	30.3	26.9	23.5	21.6	17.7	14.4
	(小計)		54.1	54.9	52.6	47.4	43.7	37.8	33.9
合計			100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0



(注) 各石油製品の需要構成は、各年度の燃料油需要総計に対する構成比率を示す。

図2.1 国内石油製品需要の軽質化<sup>2)</sup>

せん。従って、電力源の代替化が原子力等々によって、積極的に行なわれる傾向がこれから先も続くとするれば、やはり中間三品に需給のギャップが生じてくる傾向は、依然続くだ

ろうと思います。石炭液化油は、この傾向を踏まえて、むしろこの需給のギャップを埋めるといふ形で使う方向を考えるのが得策ではないかと私自身は考える次第です。

#### 4. 石炭液化油の特質

それでは、そういう形で本当に使えるような油が出てくるのかを、次に少し見てみたいと思います。石炭から出てくる液化油と、石油系の燃料油のおおよその性状を比較するのに最も簡便な方法が、図2.2に示すHとCの原子比を見るものです。

ここに示されるように、H/Cの比は、石炭からガソリン等の石油系の燃料を含めて、0.5から2.1のところ迄広く分布しておりますが、灯・軽油、ガソリンというものは、H/Cが大体2.0のあたりにピークを持っています。

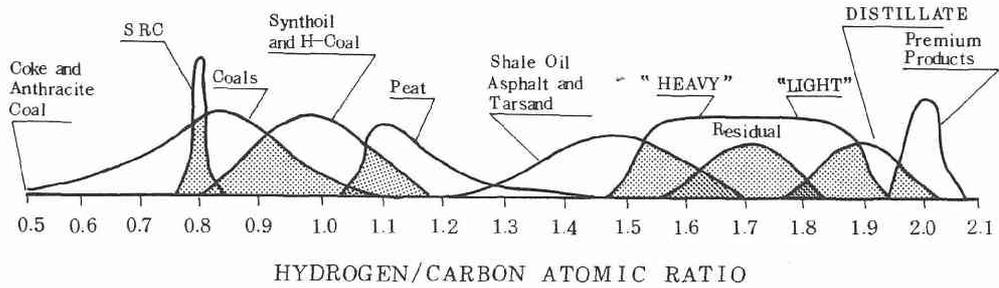


図2.2 各種燃料のH/C比<sup>3)</sup>

一方、石炭の方は、左方にある無煙炭は特別な例としても、そのピークは0.85程度のところであって、それから得られるSRC=溶剤精製炭も当然ながら同じところにピークがあります。

それから出てくる液化油の1つであるH-coal,あるいは、Synthoilの製品も、それほ

どこのピークから実質的には動かず、1.0程度のところにあるのが、図でよくわかると思います。

この通り、実際には石炭液化油といってもまだまだ石油系の燃料からは、かなりかけ離れたところにあるわけで、後で述べるところの、いわゆる精製改質、アップグレーディング

表2.4 石炭液化プロセスの反応条件と生成物の比較

項目 \ プロセス	SRC-II	EDS	H-COAL	IG-NEU	SRC-1(TSL) (+LC-Fining)
石炭	ウェストバージニア (炭種に制限あり)	イリノイ No.6	イリノイ No.6	ルール, ザール 瀝青炭	ケンタッキー No.9
反応温度 °C	455	450	450	475	(SRC-1) 440 (LC-Fining) 440
反応圧力 kg/cm <sup>2</sup>	140	140	210	300	120 140
触媒	石炭中の灰分	無(溶剤水溶 Ni-Mo)	Co-Mo	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	石炭中の 灰分 Co-Mo
スラリー温度 Wt%	30	30	35	40	40 30
固液分離	減圧蒸留	減圧蒸留	ハイドロクロンまたは アンチソルベント		溶剤抽出(カーマギー)
H <sub>2</sub> /石炭 %	4.8	3.8	5.9	5.5	1.6 1.5
水素製造 (液化収率) Wt%	テキサコガス化装置	フレキシコーカー と部分酸化	部分酸化	ガス化(キテサコ法 等の検討)	3.1 K-T ガス化装置
C <sub>1</sub> ~ C <sub>4</sub>	18.8	8.6	12.5	13.1	7.1
ナフサ	11.6	19.6	20.3	13.9	9.1
中質油	20.3	8.7	} 32.5	} 42.0	14.1
重質油	9.0	8.3			19.9
SRC	0	0	0	0	34.8
残渣	33.7	42.8	28.0	19.5	8.8
無機ガス+水	11.6	15.8	12.0	17.5	9.4

グが相当必要だということを、よくお解りいただけるかと思ひます。

中央に位置するのが、シェールオイル、タールサンドなど先程の表で、非在来石油と称されるものですが、これがはるかに石油の方に近い訳で、エクソン等が、石炭液化よりもオイルシェールの利用の方が、近い将来に実現するであろうということ、最近迄、大いに力を入れていたことは皆さん御存知だと思います。

石炭液化プロセスとして現在、いろんなものが研究されております。表2.4にもSRC-II、エクソンのEDS、H-coal法、あるいは、西ドイツのIG-NEU、あるいは、SRC-IにLC-Finingを組み合わせた2段液化法の諸方法がまとめられていますし、日本でも幾つかのプロセスが開発されつつあります。こういった液化プロセスのどれが生

き残っていくのか、どれが最も経済的なのか、将来の用途に最も適した製品を作り出すのはどれなのか、ということについては、まだまだ結論を出せる状況ではないように思ひます。

この表を見てわかることは、原料炭、反応の条件、温度や圧力、使用する触媒等によって、製品にはそれぞれの分布があるということ、ただもう一方には、それだけバラつきながらも、どのプロセスも結構似たような条件で、似たようなものを作っているんだという大まかな印象もまた持つことができると思ひます。

一つ一つのプロセスからどのような油が出てくるかということ、個々に論じることは、本日の主題ではありませんので、代表的なものだけを取り上げ、大凡の傾向だけを説明することにしたいと思ひます。表2.5に、SRC-IIによるところの石炭液化生成物の大まかな

表2.5 SRC-IIによる石炭液化生成物<sup>4)</sup>

石 炭	Illinois No.6
Temp. (°C)	456
Press. (kg/cm <sup>2</sup> )	140
H <sub>2</sub> absorbed (wt%)	3.8
Products (wt%)	
C <sub>1</sub>	4.5
C <sub>2</sub>	3.7
C <sub>3</sub>	2.9
C <sub>4</sub>	1.3
CO	0.2
CO <sub>2</sub>	2.2
H <sub>2</sub> S	3.3
NH <sub>3</sub>	0.5
H <sub>2</sub> O	6.2
Insoluble organics	5.5
Naphtha (350°F)	8.8
Middle distillate (350~550°F)	19.9
Heavy distillate (550~850°F)	11.0
SRC	33.8
Solid in vac bottoms (%)	36.9

表2.6 SRC-IIによる液化油の性質<sup>4)</sup>

留 分	ナフサ	中 間	重 質 分
Boiling range, °C	60-216	200-290	290-455
Gravity	0.8359	0.9739	1.087
Viscosity SUS 37.8°C	-(0.91)	37.3	418
Flash Point, °C	—	85.0	168.3
C, wt%	84.54	86.3	88.9
H	11.9	9.3	7.5
O	3.28	4.20	1.76
S	0.24	0.20	0.37
N total	0.88	1.10	1.43
N basic	0.51	0.91	0.79
Carbon residue, wt%	—	0.06	1.49
Ash, wt%	0	0.002	0.028
Asphaltenes, wt%	0	0.04	2.69
Aniline point, °C	—	<3.0	20
Hydrocarbon Paraffin 21 group, % Cycloparaffin 44 Arom. 65 Aromatics 34		Sat. 35	

表2.7 SRC-IIによる生成ナフサの性質<sup>4)</sup>

	RAW	水素化
Gravity: API	37.7	49.3
Sulfur: %	0.24	0.08
Nitrogen: %	0.88	0.2
Hydrocarbon Analysis: vol %		
Paraffins	21.4	23.8
Cycloparaffins	44.8	62.3
Aromatics	33.8	13.9
	100.0	100.0
HYDROCARBON ANALYSIS (wt%)		
Paraffins		21.4
Monocycloparaffins		33.1
Dicycloparaffins		11.7
Aromatics (Total)		33.8
Benzene		1.7
Toluene		5.4
C <sub>8</sub>		9.5
C <sub>9</sub>		7.1
C <sub>10</sub>		3.3
C <sub>11</sub>		1.0
C <sub>12</sub>		0.0
Indans/Tetralins		5.2
Naphthalenes		0.6

組成が書いてあります。C<sub>1</sub>から始まりまして、メタン等のガスが相当大量に出て来ると同時に、ナフサ、ミドルディストレート云々という形で液化油が出てきます。

この液化油のみの性質を示したのが、表2.6です。液化油の中でも最も出てくるのが中間留分で、沸点が200° から290℃程度のところにあるものが一番出てきます。液化反応では、比較的脱硫反応は速やかで、Sは低い値になりますが、脱窒反応は、そう容易ではなく、窒素に関してはかなり高い値になります。それから重質分になると、粘度が極端に大きいことがわかるかと思えます。

そして、一番下の行ですが、シクロパラフィンやアロマティック、即ち芳香族、あるいは環状の脂肪族が非常に大量に含まれてくるというのが液化油の特徴です。このうちの最

も軽い方、生成ナフサの性質のみを示したのが、表2.7です。シクロパラフィン＝環状の脂肪族、アロマティック＝芳香族のところが大きな数字であることが、よくわかるかと思えます。

このナフサの中でも、やはり硫黄は比較的小さい値ですが、窒素は大きい値を示しています。但し、簡単な水素化生成をしますと、硫黄は0.24が0.08、窒素は0.88が0.21と、かなり減少できています。

SRC生成物と、代表的な原油としてアラビアン・ライト原油の性状を比較したのが、表2.8です。このように全体を見ますと、液化油の特徴としては、比重が大きいこと、窒素含量が多いことが、まず挙げられます。窒素は、実際に燃焼しますと、NO<sub>x</sub>の生成量が多くなることと、精製するとき触媒毒にな

表2.8 SRC生成物とアラビアン・ライト原油の性状<sup>5)</sup>

調査項目	油の種類	SRC-I	Whole SRC-II	Arabian Light
Inspections				
Gravity, °API		-14.6	18.6	33.4
Aniline Point, °F		-	<30	
Sulfur, wt %		0.89	0.29	1.8
Total Nitrogen, wt %		2.04	0.85	0.09
Basic Nitrogen, wt %		0.86	0.7	
Oxygen, wt %		4.52	3.79	
Hydrogen, wt %		6.1	9.1	
Hydrogen/Carbon Atom Ratio		0.8	1.3	
Chloride, ppm		50	50	
Pour Point, °F		>400	Below -80	-30
Ramsbottom Carbon, wt %		58	0.70	4.7
Hot Heptane Insolubles, wt %		96	0.05	0.44
Benzene Insolubles, wt %		60	<0.03	
Ash, wt %		0.22	0.004	
Molecular Weight			132	375
TBP Distillation, °F				
St/5		159/943	56/189	112/219
10/30		1,017/1,161	241/379	281/472
50			424	655
70/90			473/562	857/
95/99			642/820	

るので、いささか考えなければいけないこと  
だろうと思います。

また、酸素含量も多いのですが、実用上そ  
れ程問題はないかと思ひます。シクロパラフ  
イン、或るいはナフテンとも言われる環状脂  
肪族と、芳香族の割合が非常に多いというの  
が大きな特徴で、これを十分に認識して、生  
成油の用途を考えることが大切であろうと思  
ひます。

### 5. 生成油のアップグレーディングと用途

アップグレーディングすると、どんなもの  
になるかを示したのが、次の幾つかの表です。  
例えば、UOPやシェブロンでは、SRC、  
H-coal、EDSの製品を、ガソリンあるいは、  
ジェット燃料に使用していくためのアップグ  
レーディングを、モービルやダウケミカルは、  
ボイラー燃料、或るいは化学原料にするため  
のアップグレーディングを研究して、論文を  
幾つか発表していきます。

それを、ごく大まかに分けたのが、図2.3  
です。大体400°F、すなわち200°Cに、大きな  
カットポイントがあつて、軽い方は比較的簡  
単な改質反応でガソリンにできる。重たい方

は、相当きちんとした水素化精製をやつてか  
ら、接触分解等にもつていかないと触媒がも  
たないことが幾つかの論文から見てとれます。

軽い方の一例として、表2.9にH-coal法  
ナフサの水素化精製と接触改質の結果を示して  
あります。まず、原料中では、S分もN分も  
相当大きい値を示していますが、それを水素  
化精製して、両成分を十分下げておいて接触  
解質をしますと、ガソリン分が高い収率で得  
られ、しかもオクタン価が100近いものが出  
てきます。

このように、軽い方は比較的容易に改質を  
して、ガソリン相当のものにすることができ  
るわけですが、重たい方の留分は、一層芳香  
族含量が大きく、S分とN分も大きいので、  
アップグレーディングは容易なことではあり  
ません。この灯・軽油留分の方を、ある程度  
水素化精製して、接触分解するとどうなるか  
について、その最終的な結果を表2.10に示し  
ています。反応率は相当に低く、またカーボ  
ンが相当に析出します。但し、オクタン価は  
相当に高い値が得られています。

このように、手間をかければオクタン価の  
高い油にすることができますが、複雑な水素  
化精製の手間を経るといふことになること、コ

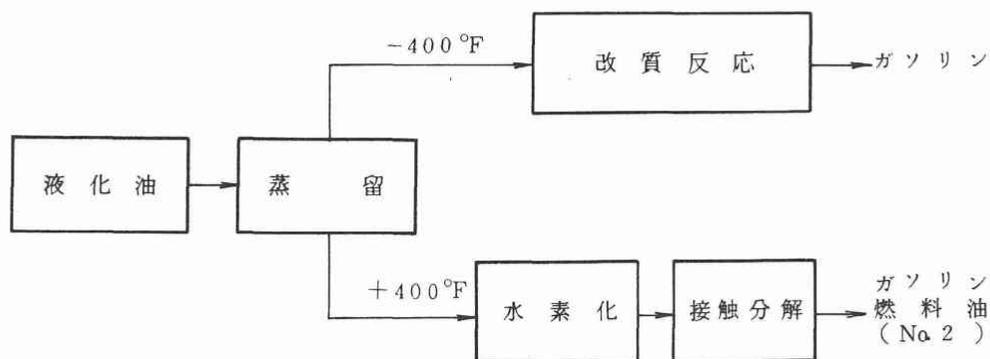


図2.3 石炭液化油の精製

表2.9 H-coal 法ナフサの水素化精製と接触改質<sup>6)</sup>

	水素化精製		接触改質反応の苛酷度		
	原料	生成油	低	中	高
収率 (C <sub>5</sub> +wt%)			92.5	91.1	88.1
オクタン価	80.3	66.8	94.2	97.7	102.6
比重 API	43.7	46.8			
沸点範囲, °F	132~396	153~393			
極性化合物, %	4.2	—			
芳香族, %	18.6	17.6	65.3	71.7	83.3
オレフィン, %	5.5	—			
ナフテン, %	55.5	63.4	16.4	9.4	5.0
パラフィン, %	16.2	19.0	17.8	18.9	11.7
S ppm	1289	0.5			
N ppm	1930	0.6			
O ppm	5944	34			
Cl ppm	23	4			
水素消費量, m <sup>3</sup> /kl		80			
水素生成量, m <sup>3</sup> /kl			210	252	286

表2.10 中間留分の接触分解<sup>6)</sup>

プロセス	H-COAL	EDS
反応率, vol-%*	30.6	45.9
C <sub>4</sub> -, wt-%	4.3	6.4
炭素, wt-%	11.1	12.8
C <sub>5</sub> +GASOLINE, vol-%	15.5	27.2
オクタン価	99.4	96.8

\* 100%-vol-% 400°F+循環油

スト的にも大変なので、例えば、ガルフ社では200°C以上の留分は精製しないで、火力発電用の燃料にすることを考えているようです。そうすると、1%以上の窒素が入っています

ので、そのみで燃やすのはかなり問題ですが、そんなに大量に出てくる実情ではありませんから、現在使っている燃料油の中に混ぜて使うとすれば、十分可能なのではないかと

と思います。

表2.11は、H-coal, EDS, SRC-II  
という三つの代表的なプロセスから、それぞ  
れある程度アップグレードすることを

考えて、ガソリンと燃料油がどの程度得られ  
るであろうかを、推定した結果を示していま  
す。

もう一つ、石炭液化油の大きな用途として、

表2.11 ガソリンとNo.2燃料油の収量推定<sup>7)</sup>

プロセス (炭種)	H-Coal (イリノイ #6)	EDS (イリノイ #6)	SRC-II (ケンタッキー 9/14)
ガソリン (オクタン価 94) (bbl/t)	1.9	1.8	1.7
No.2 燃料油 (bbl/t)	0.7	0.6	0.7

表2.12 SRC-II ジェット燃料の性状<sup>5)</sup>

特 性	Jet A (ASTM D 1655-78)	SRC-II 生成油水素化 ジェット燃料留分(300~550°F) の性質
Gravity, °API	37-51	33-35
Hydrogen, Wt %	None as Yet	13.8
Net Heating Value Btu/Lb Btu/Gal	18,400 Minimum —	18,450 130,500
Thermal Stability, JFTOT Break Point, °C	260 Minimum	>280
Smoke Point, mm	20 Minimum	20-22
Aromatics, LV %	20 Maximum	5-15
Freezing Point, °F	-40	<-80
Existent Gum, mg/100ml, Max	7	2
Corrosion, Copper Strip, Two Hours at 212°F	No. 1	No. 1

期待できるのが、ジェット燃料です。SRC-Ⅱの灯油留分を水素化し、現在使っているジェット燃料の性状と比較して、シェブロン社が表2.12を示しています。この表でわかる通り、比重が若干違う他は、全ての点で合格しており、むしろ凝固点を見ると、現在使っているジェット燃料よりも優れているとすら言える状況にあります。灯油留分には、シクロパラフィンが多いことから、発熱量も大きく、熱安定性も大きく、凝固性は低く、引水性は非常に大きいということで、まだかなり研究は必要ですが、ジェット燃料としての可能性はかなりあると思われます。

軽油部分が、ディーゼル用として使えるかということになりますと、これは何度も言いますがけれども、シクロパラフィンや、芳香族が大きいことは、セタン価が低いことになります。やはり、シェブロン社の調査によりますと、セタン価は21以下にしかならない、ということが報告されており、日本で要求され

ているセタン価50という条件は、なかなか容易に満足できないだろうと思います。

いずれにせよ、上述の性状を考えて用途をまとめますと、表2.13になります。石炭液化油の芳香族性に富んでいるという特徴を十分に踏まえて、その性状に適した利用法を推進していくことが大切であろうし、それは先程申し上げましたように、灯・軽油部分が不足するという需給ギャップをまた、埋めることにもなるかと思えます。

## 6. 化学工業への応用

もう一つ、この液化油の大事な用途と考えられるのが、液化油の化学工業への応用です。石炭を化学工業へ利用する道としては、ガス化して利用する方法、液化して利用する方法の二つがあります。(図2.4)

ガス化していく道は、御存知のようにC<sub>1</sub>ケミストリーと最近称される分野に繋るわけ

表2.13 各留分のアップグレーディングと用途

液 化 油	アップグレーディング	用 途
ナ フ サ	水 素 処 理 (脱硫, 窒) 改 質 (オクタン価向上)	ガソリン混合用, BTX原料 改質用原料としては適している。
中 間 留 分 (Mid-Distillate)	水 素 処 理 (脱硫, 窒) " (苛酷な)	燃料油 ガスタービン発電機 } (灯油, 軽油相当) ジェット, ディーゼル燃料 }
	水 素 化 分 解	
減 圧 軽 油 (V. G. O.)	水 素 処 理 (脱硫, 窒)	特殊燃料油(高粘土, 石油系との相溶性なし)
	水 素 化 分 解 或いは 水 素 処 理 + 分 解 (触媒)	ガスタービン発電機燃料 ジェット, ディーゼル燃料 ガソリン混合用



図2.4 石炭の化学原料化

であります。騒がれる程大きな分野にはならないのではないかと私は思っております。また液化で、乾留タールを使う道は既に既存のタール工業として存在するわけですが、液化油を利用する道は、やはり今のように芳香族に富んでいるというところを充分につかまえ、芳香族を中心にして、スペシャリティ・ケミカルズと称される分野を狙うのが、恐らく最も有望なのではないかと思う次第です。

すなわち、ベンゼン、トルエン、キシレンいわゆるB T X留分を十分に使い、それから次に、酸性物質であるフェノール等を使う、あるいはピリジン等を使う、更に複素環式化合物を使い、究極的には炭素材を使うという、うまくすれば高付加価値を生み出す製品を重視した化学工業を推進していくことが、液化プロセスを近い将来に経済性のあるものにする大事な手段なのではないかと思えます。

S R C—II が、一時30,000 t / 日という形で計画されていた当時の見通しによりますと、ベンゼンが1年間に13万トン、フェノールが12万トン、ナフタリンが3万トンぐらい得ら

れるだろうという報告があります。これだけ大量のものが出てくるとなると、簡単には市場がないという問題が出てくるかと思えます。しかし、石炭液化油がエネルギー産業としてすぐに、3万トン規模のプラントが10基も20基も動くという状況には、当面ならならぬだろうと思えます。

だとすると、1基、2基から出てくる程度の量を使いきりだけの市場は十分考えられるし、またそれだけの努力はしなければいけないと思えます。卑近な例を申し上げますと、太陽電池を使った電卓が市場に出回っておりますが、あれなどは非常にうまい方法であります。究極的には勿論、太陽電池による発電ができてくるかと思えますが、なかなかそこ迄高い変換効率を得られない状況のもとで、低い変換効率でも十分使える電卓という用途を開発し、それなりに売っていく過程で資金も稼ぎながら、少しずつ進歩しています。これが恐らく、技術発展の道としては、1つの理想的な形なのだろうと思えます。

## 7. 今後の発展のために

石炭液化のプロセスも、石油代替燃料と称されるので、どうしても大規模なものと考えがちですが、最初は3万トン程度のプラントを1基動かすという形のもとで、むしろ付加価値のあるものを生み出して経済性を得つつ、いろいろな技術進歩を経て、将来の石油がなくなる時代に備えていくことが恐らく、一番理想的な道なのではないかと思うわけではあります。

液化プロセスの特徴として、そこから出てくる主製品であるところのガソリン等の価値と、副製品として出てくる炭素材等の価値とが、それほど変わらないことが挙げられます。従って、副製品の利用をもう少し積極的に考え、そのための市場、新しい用途の拡大を、真剣に化学会社が考えることが、大切なのだらうと思います。そして、その過程の中から他の産業へのいろいろな新しい技術を生み出す波及効果も出てくるのではないのでしょうか。

例えば、三井コークスが大慶原油を軽質化する技術を発表しておりますが、恐らく石炭をアップグレーディングする技術から出てきたのだらう、と思いますし、触媒の技術、あるいは分離の技術、高温・高圧の技術等々いろいろと石炭液化プロセスを研究する過程の

中で、新しい技術が生み出されてくる余地が多いだらうと期待しています。

高くなったとはいえ、まだまだ石油はあります。天然ガスもまだまだあります。高価な水素を大量に使う石炭液化油が、これらと競合して、経済的に打ち勝つことは、容易なことではないと言わざるを得ません。莫大な資金と人材を、2000年に至る長い年月にわたって投入し続けるには、余程の覚悟が必要であらうことを強調して、結びとします。(よしだ くにお)

### 参考文献：

- 1) 青木秀生, *Petrotech*, 5, 209(1982)
- 2) 太田佳宏, *エネルギー*, No. 2, 22 (1981)
- 3) Fryback, M.G., *Chem. Eng. Progr.*, 77(5), 39(1981)
- 4) *Annual Technical Progress Report, 1977 SRC Process, DOE, June (1978)*
- 5) Sullivan, R. F. et al., No. 39-79, *API 44th Refining Midyear Meeting San Francisco, May (1979)*
- 6) de Rosset, A. J., No. 40-79, *ibid.*, May (1979)
- 7) Fu, Y. C., 日本産業技術振興協会講演会資料, 東京, 昭和55年8月

## 〔研究報告 1〕

# 石炭液化, オイルシェール, オイルサンドの開発

主管研究員 松 井 一 秋

### はじめに

(財)エネルギー総合工学研究所では、ここ数年、石炭液化、オイルシェール、オイルサンド等の新燃料油に関する研究を実施する機会がありましたので、多くの方々にはよくご存知のことも多いのではないかと思います。石炭液化、オイルシェール、オイルサンドについてお話したいと思います。

まず、「新燃料油」とはいったい何なんだろうかという問題、つまりデフィニションとしては、ここでは、液体燃料であればなんでもよい、しかし通常の石油でないものを「新燃料油」と称しています。私に続いて高倉がメタノールに主体をおいたアルコール燃料の話をして、併せて「新燃料油」というものをある程度カバーしようというつもりであります。

石炭の液化には、いわゆる直接液化の方法と、石炭をいったんばらばらに細くガスにしてしまってから、また合成しなおして油をつくるという間接液化の方法とありますが、ここでは直接液化を中心に話を進めたいと思います。標題にかかげた、石炭の(直接)液化、オイルシェール及びオイルサンド、この三つについては、最近とくにパッドニュースが多い。石炭液化についての一昨年あたりのSR

C-Ⅱから始まってEDSのその後の成り行きなり、また、オイルシェールではコロラドのグリーン・リバー・ベイズンでのプロジェクトのその後の成り行きについてみましても、1プロジェクトを残してメジャーは撤退というのが決定されています。オイルサンドについてはカナダ アルバータの既存のプラントは稼働しているものの、新規のプロジェクトはなかなかスタートしないという状況です。日本が参加しているプロジェクトも暗礁に乗りあげたような気配もあります。この後で話のあるメタノールの方が、最近では、面白い話題が圧倒的に多いように思います。

石炭の直接液化については、先程吉田先生がいろいろなデータを混えてお話下さいました。石炭液化、オイルシェール、オイルサンドは、数ヵ月前とか1年前の状況では、新燃料油、いわゆる新しいタイプの石油代替エネルギーの開発の中で中心と考えられていて、特に石炭の直接液化は一世をふうびしていた感があったものです。また、オイルシェールは、特に米国において、石炭液化よりもより現実的ではないか、より経済的にフィージブルではないか、ということで一瞬もてはやされていた嫌いのあった代替燃料キャンデデートとして有名なものです。いま多少その気配

が落ちこちてきて、両者とも昔の勢いがいい、どちらかというと特にオイルシェールの方が勢いがいいような気がします。

先日、ある方から「新聞等のニュースでみていると、石炭の液化とかオイルシェールの開発から手を引くということが伝えられており、将来的にもやらないでよいというイメージを受けを受け易いが、いったいどうなっているのか」という質問を受けました。現在、そういう風潮があるというのは事実です。これらの新燃料油の開発が一世をふうびしたというのは多少行き過ぎの感があったわけですが、とはいっても今患者みたいに一斉集中砲火を浴びて沈黙しかけているのも行き過ぎだと思います。これからの開発は息を吹き返さざるをえない、そういう客観的な情勢が基本的にはまだまだ残っているのだと思います。特に現在の米国を中心とする、新エネルギー、新燃料開発の沈静化の動きは、世界全体の開発を遅らせかねないわけですが、これも改善されるときが必ずあると私は思っております。

### 1. 新燃料油の特徴

いわゆる新燃料油—メタノールとかエタノールとかのアルコール類を含めた新燃料油—全般の中で、この三つのもっている特徴は、これらが疑似石油であるという点にあります。疑似石油ということですから、原油と全く同じではありません。石炭の直接液化の油にしる、オイルシェールのシェールオイル、それからオイルサンドから抽出したピチューメンにしる、ちょっと見には真黒な油です。オイルサンドのピチューメンは粘稠でアスファルトのようなものですが、原油の中にも採油し

たときにはピチューメンタイプのものもありますし、もともとオイルサンドとかヘビーオイルの少し掘り出し易いものと超重質油といわれているものとは区別がつかないところもあります。このように疑似原油であるという点が新燃料油の中で、他のアルコールやあるいはフィッシャー・トロプシュ合成によって合成されたガソリンとか軽油とかと非常に異なる点です。また、幅広い留分のプロダクトをだすという点がメタノール、それからフィッシャー・トロプシュ合成燃料とも明らかに違う点です。特に、石炭直接液化の場合には一水素まで一緒に生成物として入れてよいのかどうか分かりませんが一水素、メタン、エタン、……真空軽油まで含めた全留分なわけです。

オイルシェールの油はもともと熱分解油で、製品的にみれば常圧残油に相当します。ただ、熱分解を経ているということで、軽質分、ナフサとかそのへんの留分も多少は入っていますが、いずれにしても留分的にも、比重をみても常圧残油に似ています。オイルサンドは、一見、アスファルト、バキューム残油に極めて近いものです。アスファルトも当然ながら単一成分ではありませんので、ブロードな分子の分布をもっているといえます。これに反し、例えば、メタノールというのは完全な単一化学品ですし、将来ひょっとして燃料メタノールということで、それ用の製造プロセスなり分離方法が開発されて、メタノールだけでなく、例えば、エタノール、プロパノールが含まれるような燃料アルコールが導入されたにしても、極めて純品に近いようなものとなるでしょう。その点が、新燃料油の中で、石炭直接液化油などがアルコール類と極めて

表3.1 石炭確定可採埋蔵量

(百万トン—実量)

	瀝青炭/無煙炭	亜瀝青炭	褐炭	ピート
オーストラリア	25,400 (503,000)	1,500 (105,000)	3,244 (89,000)	—
カナダ	1,607 (93,413)	2,182 (322,672)	2,117 (42,236)	510 (87,697)
米国	107,183 (1,072,000)	91,676 (1,365,000)	24,400 (765,000)	— (23,000)
中国	99,000 (1,326,000)	140	—	— (1,100)
南ア共和国	25,290 (33,762)	—	—	—
ソ連	104,000 (2,480,000)	42,000 (2,014,000)	87,000 (1,156,000)	10,890 (113,470)
インド	12,610 (91,139)	—	1,588 (281)	—
インドネシア	10.9 (4)	108.4 (622)	420 (17,587)	— (19,300)
日本	1,050 (0)	—	18 (0)	— (500)

( )内は追加埋蔵量で、確定埋蔵量以外の将来経済性を持ち得ると考えられる埋蔵量である。  
数値がない部分は、データがないかあるいは未公表。(世界エネルギー会議)

表3.2 非在来型石油資源

(単位: 10<sup>6</sup> トン)

	オイルシェール			オイルサンド, 重質油		
	確定可採埋蔵量	追加埋蔵量	生産量(1978)	確定可採埋蔵量	追加埋蔵量	生産量(1978)
カナダ				19,300	16,300	4
米国	28,000	236,000		1		
オーストラリア		490				
ニュージーランド	1					
タイ	2,015					
ソ連	6,820	49,180	37			
アルゼンチン	< 1					
ブラジル	84		< 1			
ベネズエラ				20,000	50,000	
ヨルダン	800	7,000		700	10,000	
モロッコ	7,400					
ザイール	< 1					
西ドイツ	250			50		
オーストリア			< 1			
スウェーデン	880					
スペイン	12					
計	46,262	292,670	37	40,051	76,300	4

世界エネルギー会議—1980  
資源量は、1979年1月1日現在。

際立って違う点であります。それだけ、また、利用の方法とか取扱いの点でどちらが有利になるか、どちらにどのような不利な点があるかというのは、個別に考えなければいけない問題であります。

## 2. 新燃料油の資源

また、特にこの三つの原料、石炭、オイルシェール、オイルサンドの資源量は極めて豊富です。参考までに表3.1, 3.2を示します。この種の表は沢山あり、出所が違えば数字も多少異なりますが、これは一昨年（1980）の世界エネルギー会議に提出された資料から引用したものです。このように極めて膨大な量があります。石炭はもともとエネルギーベースでは石油より埋蔵量の大きいことがはっきりしていますが、より多少油に近いものをつ

くりだすオイルシェール、オイルサンドないし重質油といったものの資源量そのものも極めて多いと考えられています。確認埋蔵量であっても相当ありまし、いわゆる原始埋蔵量、石油の場合には究極埋蔵量と呼ばれるものでみても、データによっては石油を凌駕するような資源量があると考えられています。これは潜在的な資源量とみなすべきでしょうが、石炭の液化にしるオイルシェール、オイルサンドにしる、量的なポテンシャルがあるという点が極めて有利な点であります。

## 3. 石炭の液化

もともと直接液化は、石炭という高分子を熱と水素と触媒の組合せ（表3.3）あるいはどれかが抜けてもかまわないのですが、それによって高分子をばらばらにして軽質油にし

表3.3 石炭直接液化法の比較

	1次水添触媒	循環溶剤 水添	2次水添 (蒸留以外 の固液分離)	現 状 t/D	備 考
ソルポリス石炭液化 三菱重工	無(1次水添ではない、軽度熱分解)	有	有	0.1(1.0計画)	1段は短接触時間(SCT)
直接水添液化 三井造船, 日本鋼管	有(FeS系)	無	無	2.4	I.G. 日本版
溶剤抽出液化 住 金	有(FeS系) / 無 (但し、灰の触媒作用有)	有	無	1.0	EDS 日本版 + $\alpha$
褐炭液化 神 鋼	有(FeS系)	無	有	0.1(50建設)	SRCI/TSL 日本版 + $\alpha$
SRC I/TSL (米)	無(有; 灰)	無	有	6	1段は短接触時間(SCT)
SRC II GULF	(米) 無(有; 灰)	無	無	50	灰中にパイライトが必要
EDS Exxon	(米) 無(但し、灰の触媒作用有)	有	無	250	
H-COAL	(米) 有(CoMo系)	無	無	200-600	H-Oilの石炭用
I.G.	(独) 有(FeS系)	無	無	200他	ベルギウス法の流れ

ていくという基本的な反応（水添分解反応）を利用してあります。石炭の水素と炭素とのモル比（H/C）は0.8～0.9ぐらいです。これを原料として、若し油をつくらうとしますと、H/C0.8の油というのは極めて特殊な場合にはあるのですが、一般的にはH/Cを1.5ぐらい、あるいはもっと高ければ高い程軽質油となり多くの場合有利となりますが、それぐらいに上げる必要があります。単純にこのH/Cから考えると、石炭の液化とはH/Cを0.8から1.5にあげる操作ということになります。ところが石炭に含まれる水素及び炭素の量は限られていて、なかでも水素の方が基調になり、限られた量の水素を使って油をつくるということになります。つまり、水素との比を0.8から1.5にあげるということ自体で炭素の約半分は不要となり、どこかで抜いてしまう必要があります。いわゆる直接液化法の収率というものをみると、いくら水添度を上げても液化油の収率は、乾燥無灰炭ベースで5割ぐらいのところを最大限いけるところです。石炭の炭種にも色々あり、またプロセスにも改良の余地がありますし、あるいは外部水素をもってくるなりすれば、収率をこれ以上あげることも、原理的には、不可能ではありません。しかし、一般的には、灰分まで考慮に入れて、石炭1トン当り400kgぐらいのガスこみの液化油をえることが最大限だということになると思います。

直接液化も、オイルシェールも、オイルサンドも全く新しい技術によっているという訳ではありません。特に直接液化についてはドイツ及びわが国において戦前から戦時にかけての技術開発の歴史があります。それ以降の技術、例えば制御システムや材料等の進歩を

組み入れた液化技術を開発することは極めて可能なことの筈です。しかし、その液化油が現在の石油と競合できるかどうかという点についてはまだいろいろな問題があります。全く不可能な話とか、将来の新しいイノベーションを必要とする技術開発ではないと思います。どのような商業プラントのイメージがいままでに作られていたかを表3.4にあげておきました。資料の作成時点が1981年で多少古いけれども、このような商業プラントのイメージがありました。液化油製品ベースで、だいたい5～6万バレル/日ぐらい、石炭消費量で2～3万トン/日ぐらい、年間にして1,000万トン弱ぐらいが、いわゆる商業プラントのイメージだったわけです。この中で液化の部分は四つないし六つぐらいのユニットに分れており、単一の反応容器でこれだけの量を全部処理してしまう訳ではなく、従ってデモンストレーションプラントは商業プラントの4分の1か6分の1のスケールを目指した計画が多くありました。

ところで、液化油はいったいいくらになるのだろうか、いま市場にでまわっている石油製品と競争力があるのだろうか、という問題があります。要するに技術的に重大な障害がないとすれば、これからパイロットプラントとかデモンストレーションプラントとか開発を進めるのに時間と費用がかかるにしても、いったい幾らになるの？という話が常につきまとうわけです。これについても色々な試算があって、高いのやら安いのやら、いや原油が年5%の率で値上りすれば10年後には完全にペイしますよ、などなど色々な話があって皆さんお迷いになることが多いのではないかと思います。

表3.4 商業プラントのイメージ

	ベクター		アッシュランド		ルールコーレ	
	間接	直接	Hコーレ	EDS	改良I・G法	SRC, II
液化油生産量 パーレル/日	60,000	60,000	50,300	61,100	(52,000)	80,950
石炭供給量 トン/日 (5,800kcal/kg, 16%水分)	32,200	24,200	20,400	25,400	20,000	30,000
製品パーレル/日						
ガソリン			16,000 <sup>32</sup>	16,900 <sup>28</sup>		19,250 <sup>24</sup>
ディステレート			24,600 <sup>49</sup>	30,800 <sup>50</sup>		41,750 <sup>52</sup>
ブタン			3,800 <sup>8</sup>	3,700 <sup>6</sup>		11,600 <sup>14</sup>
プロパン			5,900 <sup>12</sup>			
高カロリーガス			(25Mscf/d)	10,000 <sup>16</sup>		8,350 <sup>10</sup>
投資額 (億ドル)	49	22		34 (1980年稼働開始)		
液化油年産 300日稼働	286万kl	286万kl	240万kl	291万kl	248万kl	386万kl

ただ簡単に考えてみますと、前に述べた商業プラントのイメージでは、大体の投資額が、昨年集めた情報では、5～6万パーレル/日程度の規模で30億ドルとか40億ドルかかるといわれていました。若し40億ドルとすれば、250円/ドルで換算すると1兆円ということで、極めて膨大な額となります。次に原料の石炭のコストを、例えば30ドル/トンとしましょう。この炭価はわが国で石炭火力発電用に買っている炭価と比べてちょっと安いと思いますが、山元まで行けばこのくらい安くなるかも知れません。石炭1トンからできる液化油の量は分っていますから、できた製品のトン当りに占める石炭のコストが算出できるわけです。このトン30ドルの炭価で、重量ベースにして33%しか製品の液化油ができないとすれば、製品トン当り90ドルを原料費が占めることとなります。しかし、この試算には色々

な前提がありますので、トン30ドルではなくて20ドルの石炭がえられたら原料費は60ドルしかかからないこととなります。

ひとつの例ですが、若しプラントというか全体のプロジェクトの投資額が30億ドルだとして、年経費—減価償却費や運転コストなど全部含めたもの—がその20%としましょう。この想定は、議論のあるところだと思いますが、多少安いのではないかと思います。この数字を使いますと、年経費が6億ドルになりますので、製品生産量の6万パーレル/日で割りかえますと、先程の原料代と合せて300ドル/トンぐらいになります。これは、220円/ドルで円換算すると、6万5千円ぐらいです。従ってキロリッター当りになおせば6万円ぐらいです。現在の原油よりは高いが、重油並みの値段にはなります。従って現在の石油とそんなにかけ離れたところにはないが、

表3.5 石炭直接液化油の供給量予測 (万kl/年)

ケース	1985年	1990	1995	2000
A	0	0	< 5	70
B	0	< 5	290	870
C	< 5	290	1,700	3,200

注) A : ローケース  
 B : ミドルケース  
 C : ハイケース

表3.6 石炭液化油の供給予測(直接液化)

(S.56.7月中のヒアリング等による)

石炭処理量 1T/日 $\div$ 2.4B/日 $\div$ 115kl/年 (300/365日)

		1990年	1995	2000
A	1 plant/1yr.	石炭処理量 5万T/日 液化油量 16万B/日 2プラント 768万kl/年	17.5万T/日 56万B/日 7プラント 2,688万kl/年	30万T/日 96万B/日 12プラント 4,608万kl/年
	1 plant/2yr.	5万T/日 16万B/日 2プラント 768万kl/年	11.25万T/日 36万B/日 4.5プラント 1,728万kl/年	17.5万T/日 56万B/日 7プラント 2,688万kl/年
B			( 8.3万T/日) 20万B/日 2プラント 1,000万kl/年	
C			( 2.1万T/日) 5万B/日 1プラント 290万kl/年	( 4.2万T/日) 10万B/日 2プラント 580万kl/年
D		( 3,000 T/日) ( 7,300 B/日) 35万kl/年	( 2.7万T/日) ( 6.4万B/日) 1プラント 307万kl/年	
E				( 23万T/日) ( 55万B/日) 2,625万kl/年
F		1.25万T/日 3万B/日 1/2プラント 175万kl/年	5万T/日 12万B/日 2プラント 700万kl/年	12.5万T/日 30万B/日 5プラント 1,750万kl/年

○石炭は瀝青炭と仮定。(褐炭等の低品位炭を用いるとすると必要石炭量は増加する。)

また非常に安い油がでてくるわけでもないということがお分りいただけだと思います。

そうすると、投資額が30億ドルで製品コストが6万円/klといったが、投資額が20億ドルでできる筈だという人がおられるかも知れませんが。そうすればもっと製品コストは安くなります。しかし、実はまだ申し上げていない点があります。例えば輸送費です。液化プラントをオーストラリアの山の中につくろうとすると、そこから製品を日本に持ってこなければなりません。それが幾らかかるか？また液化油はそのままでは競合可能な商品にはなりません。アップグレーディングする必要があります。それにいったい幾らかかるのか？パーレル当り10ドルかも知れないし、20ドルかも知れないというような費用が先程申しあげた製品コストの中には入れていません。

プラントとしてみた場合に見過してしまう重大なポイントがもう一つあると思います。直接液化でも間接液化でもそうですが、両者ともメタンがどうしても生成されます。世界で唯一のコマーシャルベースで動いている間接液化のプラントであるSASOL-IIでは、できたメタンは、自分のところで酸素を使ってリフォーミングをし、水素源として使っています。こうやってもう一度リサイクルしているわけですが、これをやりますと、できた製品のコストが高くなり、経済性が悪くなります。できたらメタンはプロセス内でリサイクルさせずに外にとりだしてしまうのが、プラントとしては一番エコノミカルな方法なのです。ところが、プラントが遠隔地にあると、これを持っていける場所がありません。なんとかしてこの炭化水素ガスを外にだせる方向

を考慮に入れた液化というのが必要ではないかと思います。

石炭液化油の供給予測の例を表3.5と3.6に示します。

#### 4. オイルシェール

オイルシェールとは、いわゆるケローゲンというものが石の中に入っているものですが、このケローゲンというのは、油でない。では石炭か？いや石炭ではない、しかし炭化水素であるといった代物なのです。ではこの炭化水素は有機物質に溶けるか？例えばトルエンとかケロシンとか、そういった留分で洗い出せばそれから抽出できるかといいますと、普通のオイルシェールは抽出できません。当然、水でも抽出できません。従って、オイルシェールという名前の石から有用な炭化水素を取出すためには、どうしても熱分解乾留というプロセスが必要になります。但し、例外がいくつかあります。石炭にも色々な石炭があるようにオイルシェールにも色々なオイルシェールがあります。例えば、ソ連のエストニアにあるようなオイルシェールの場合には、極めてオイルシェールのコンテンツが高いため、なんとそのまま砕いて微粉炭燃焼をやっています。このように石炭と同じような扱いをしているものもあります。しかし、普通は100トンのオイルシェールから10トンの油が採ればよいというようなものが世界的には大部分であります。米国コロラドのシェールでも、オーストラリアのコンドルのものもだいたいそんなようなものです。

オイルシェールは、処理のプロセスとして熱分解を採用していますので、製品は多少不

飽和分の多いものになっています。従って、アップグレーディングがどうしても必要ということになります。このアップグレーディングは、重質油分解、アスファルトの分解、精製と非常に近いところがあります。重質油の分解技術には、日本で開発したものもありますが、開発中のものもあり、今後必要になると思われる技術です。特に日本では今後重質油分解装置を入れなければならないことになると思います。また、オイルシェールのアップグレーディングとオイルサンドのアップグレーディングとは技術的につながるところが多くあります。そういう訳で、新燃料油開発技術研究組合でオイルシェール、オイルサンドの油の特殊性を考慮しつつアップグレーディングの技術開発をされていますが、重質油の分解・精製技術との関連が極めて深い点があります。

オイルシェールについては、特に米国で石油会社が何十億ドルといったオーダーの開発費を投じておりましたので、各社が色々な熱分解のプロセスを提唱しておりました。数え

あげれば10や20はすぐでてくるくらいの感じです。また、ドイツでも一つ、二つ、ソ連でも一、二使っているプロセスがあるといった場合に、色々な開発中のプロセスがあります。ただ、コロラドのメジャーのアクティビティが止ったため、開発のスピードが相当スロウダウンされることは間違いないと思います。しかし、長い目でみれば、必ずやまたやらなければならない仕事だと思えます。しかし、オイルシェールの場合でも、オイルサンドの場合でもそうですが、なにせ無駄が多い。石炭の直接液化の場合ですと、100トンの石炭から40トン程度の油が採れるわけですが、オイルシェールの場合には、100トンの鉱石から10トンの油しか採れない、残りの90トンの廃シェールは処分しなければなりません。オイルサンドの場合も同じで、100トンのオイルサンドを採掘して、80トンか90トンの砂はどこかに捨てなければならないという無駄があります。それに比べれば石炭の直接液化一間接液化でもそうですが一それ程の無駄がないという違いがあります。

表3.7 粗シェール・オイルと代表的原油、常圧残渣油との性状比較

項目	油種 粗シェール オイル (コロラド)	アラビアンライト		カフジ	
		原油	常圧残渣油 (650°F <sup>+</sup> )	原油	常圧残渣油 (650°F <sup>+</sup> )
比重 (15/4℃)	0.930	0.854	0.947	0.884	0.986
(°API)	20.7	34.2	17.9	28.6	12.0
流動点 (℃)	24	-34	13	-35	11
硫黄 (wt%)	0.98	1.65	2.89	2.85	4.48
窒素 (wt%)	1.80	0.05	0.16	0.15	0.25

表3.8 シェール・オイルの供給量予測

	1985年	1990	1995	2000
A	—	—	210	790
B	—	210	790	1,300
C	—	340	1,300	1,600

注) A : ローケース  
 B : ミドルケース  
 C : ハイケース  
 単位 : 万kl/年

5. オイルサンド

オイルサンドの場合は、オイルシェールと炭化水素の含有量という点では非常によく似

ていますが、もともと油だという点がオイルシェールとは異なる点です。オイルシェールの場合は、中に入っているものはもともと油ではなかった。従って熱分解というプロセス

表3.9 オイル・サンド・ビチューメンと原油減圧残油の性状比較

	クウェート減圧残油	アサバスカ・ビチューメン	オリノコ・タール
比重 ( $d_4^{20}$ )	1.015	1.022	1.013
コンラドソンカーボン残渣(残炭率)(wt・%)	20.3	15.0	16.8
粘度 (ポイズ: 25℃)	∞	372	9,270
軟化流動点 (Ring & Ball法)(℃)	36.4	<20	22.3
発熱量 (kcal/kg)	10,050	10,000	—
重金属含有量 Ni (ppm)	130	270	474
V (ppm)	29	65	80
組成分析 飽和留分	25.1	43.8	32.2
芳香族留分	48.1	30.0	34.5
レジン留分	19.3	16.3	21.0
アスファルテン留分	7.5	9.3	12.2
ベンゼン不溶留分	0.0	0.6	0.1
元素分析 C (wt・%)	84.4	83.0	84.0
H	10.5	10.8	10.8
N	0.5	0.5	0.5
S	4.8	4.5	4.2

(出典) 石油学会精製部会重質油分科会資料よりの抜萃。

を経て油を採取します。ところがオイルサ  
ンドの場合は、いまのところあるプロセス、企  
業化されているその方式をみますと、油その  
ままの格好で砂から分離しています。そこが  
オイルシェールと異なる点です。

オイルシェールや石炭の場合と同様、オイ  
ルサンドといっても色々あります。特に有名  
なのはカナダのアルバータにあるオイルサ  
ンドとベネズエラのオリノコ川周辺にあるオイ  
ルサンドですが、この二者は相当違うことに  
注意を要します。ベネズエラ政府自身はオリ  
ノコ州にある資源はオイルサンドではない、  
あれはヘビーオイルであるといっています。  
昔はオリノコ・タールベルトといっていまし  
たが、最近ではヘビーオイル・ベルトと称して  
います。でてきた油、ピチューメン自身の性  
状は殆んど変りなく、減圧残アスファルトに  
似ています。(表3.9) ベネズエラの石油は油  
井1本当り50~500パーレル/日ぐらいの自噴  
があるといわれています。大部分のピチュー  
メンは地中に残したままですが、それでも多  
少はでてきます。さらに、スチームインジェ  
クションをやれば20%ぐらいのものは回収で  
きるだろうといわれています。この点でカナ  
ダのものとは相当違うと思います。(表3.10)

## おわりに

新燃料油関係のプロジェクトというのは、  
非常に多額のお金が必要になり、色々複雑な  
技術の組合せから成立っていて、一朝一夕に、  
例えばわが国がどこそこに石炭があるから、  
あるいはどこそこにオイルシェールがあるか  
ら買うと行ってでかけて行き、そこですぐプ  
ラントを建設して生産を開始するということ  
には全くいかないわけです。

ところが、例えばドイツをみますと、多少  
誇張があるかも知れませんが、エンジニアリ  
ングの技術をもっていて、いくつかの会社は  
今すぐにも商業規模のプラント設計を始め  
られ、2年後には建設を開始できます。とい  
えるぐらいの技術的ポテンシャルをもってい  
るといわれています。

米国はといえますと、戦後の石炭産業斜陽  
化に対する援助の一環としてと思いますが、  
鉱山局を通じてSRC関係等へ資金援助を続  
けてきていて、ある程度の石炭液化関係の技  
術開発は、そんなに大がかりではなかったの  
ですが、ちゃんと続けていたわけです。例え  
ば、エクソンのEDSにしても、彼らはこれ  
と似たようなプロセスのpatentを1940年代

表3.10 オイル・サンド・ヘビーオイルの供給量予測

単位：万kl/年

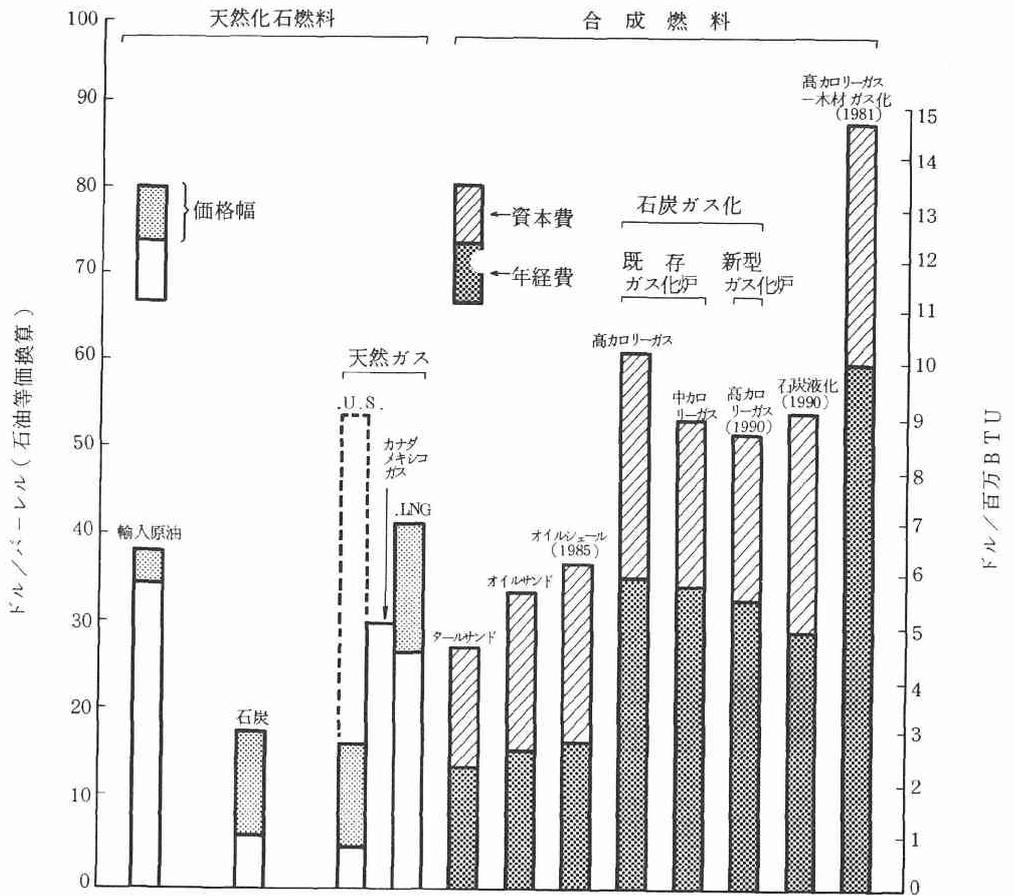
	1985	1990	1995	2000
A	0	0	190	570
B	0	220	590	1,000
C	0	650	1,200	1,900

注) A : ローケース  
B : ミドルケース  
C : ハイケース

に願っています。対象が石炭ではなくアスファルトであるという違いだけです。

地道に積上げたバックグラウンドが米国や西独にはあったわけです。特に米国を中心として新燃料油技術開発の流れは、現在、極端ない方をする、いったん途絶えようというくらいなところまで落ちこんできています。しかし、いったん途絶えるといっても相当なところをやってパッケージ化して止めていま

す。まあ、中だるみのような感じになっている点に注意しなければいけません。米国はどうも開発を休んでいるようだからわが国も同じようにやめておこうか、お金もかかるし、お金もない、それにどうもすぐには企業化されそうもないし、といったことで、折角の努力をここで止めてしまうと、またぞろ戦後のわが国の石炭関連技術開発の流れと全く同じになってしまい、完全に途絶えてしまうとい



※15,000フィート以上、深部天然ガス価格 (米国) は9ドル/百万BTUである。

図3.1 合成燃料コストの比較 ベクテル1981  
(1981—U.S.ドル)

表3.11 FUEL TECHNOLOGIES COST SUMMARY

Fuel Technology	Facility Size	Year of Commercial Availability	Capital Investment (1) (\$ Millions)		Unit Capital Investment (\$/Daily Barrel of Oil Equivalent) (Constant 1981 \$)	\$/Equiv. Barrel (2) (Constant 1981 \$)		\$/MMBtu (Constant 1981 \$)	
			Constructed Cost (Constant 1981 \$)	Total Capital Cost (\$ As Constructed)		Annual Operating Costs	Total Product Cost	Annual Operating Costs	Total Product Cost
Tar sands	125,000 BPSD	1981	3,100	6 600	25,000	13	27	2.30	4.60
Oil sands	125,000 BPSD	1981	4,200	8,900	34,000	14	32	2.50	5.60
Oil shale	50,000 BPSD	1985	2,000	4,200	40,000	16	36	2.80	6.20
Coal gasification (3)									
Commercially proven									
High-Btu gas	250x10 <sup>9</sup> Btu/SD	1981	2,100	4,400	49,000	34	60	5.90	10.40(4)
Medium-Btu gas	250x10 <sup>9</sup> Btu/SD	1981	1,500	3,200	35,000	33	52	5.80	9.00
Advanced gasifier									
High-Btu gas	250x10 <sup>9</sup> Btu/SD	1990	1,500	3,200	35,000	32	51	5.50	8.70
Coal liquefaction (3)	50,000 BPSD	1990	2,300	4,800	46,000	29	53	4.90	9.10
Biomass -									
Wood to high-Btu gas	37x10 <sup>9</sup> Btu/SD	1981	300	700	47,000	58	85	10.00	14.70

(1) The capital costs stated include those facilities within the plant gate and offsites essential to support the project operation.

(2) Current price range for imported crude oil is \$34 to \$38/Bbl, f.o.b. port of loading (5.8 MMBtu/barrel).

(3) Based on coal costed at \$1.50/MMBtu delivered.

(4) Current prices for domestic natural gas range from a low of \$0.70/MMBtu for replacement contract gas to \$9.00/MMBtu for decontrolled high cost gas (wells deeper than 15,000 feet). Other new gas qualifies for a price of \$2.40 to \$2.75/MMBtu (Oil and Gas Journal, December 1, 1980). Recent Canadian and Mexican gas contracts are for \$4.94/MMBtu (Chemical Marketing Reporter, May 1981). LNG prices range from about \$3.70/MMBtu for Mediterranean LNG to \$5.50/MMBtu for Indonesian LNG f.o.b. port of loading based on recent contracts. Japanese companies and Indonesia recently agreed to link future LNG price increases to those for Indonesian crude oil (Wall Street Journal, April 7, 1981; Oil and Gas Journal, February 23, 1981). Belgium's Distrigas recently contracted with Sonatrach for Algerian LNG at \$4.80/MMBtu f.o.b. port of loading with future increases linked to those for crude oil (Energy Users Report, April 16, 1981).

うことが起りかねないのではないかと思います。

新燃料油関連技術は、少くとも20年後の21世紀には確実に必要となる技術である筈です。昨今の一般的な風潮、合成燃料油に対する一

斉攻撃を排除して技術開発を続けていかなければいけない重大な問題であります。

最後に、米国ベクテル社による合成燃料コストの評価例を図3.1及び表3.11として参考のため示しました。(まつい かずあき)

## 〔研究報告 2〕

# アルコール燃料への期待

—メタノールを中心に—

主管研究員 高倉 毅

はじめに

「アルコール燃料への期待」ということですので、期待をこめてなるべく気軽に話をさせていただきますと思います。

### 1. アルコール燃料の体系

まず、アルコール燃料というのはどんなものかということを図1にまとめて図4.1に示してあります。ここではその概要をお話します。

いま日本やその他世界の各国で考えられて

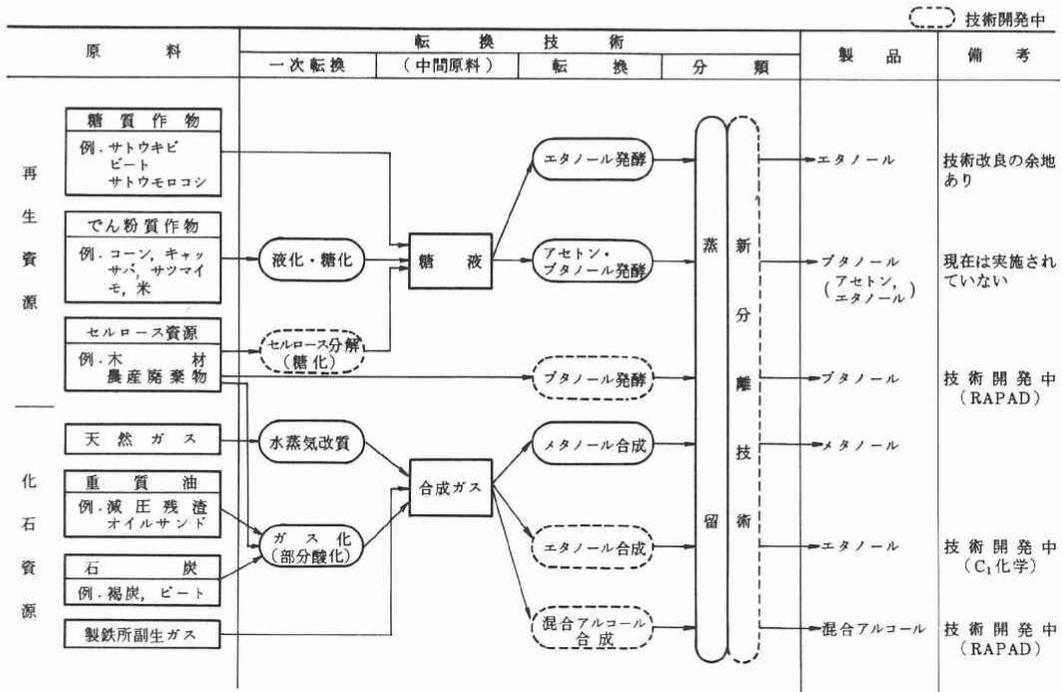


図4.1 アルコール燃料体系図

いますアルコールで考えますと、右から二番目の製品のところにありますように一応メタノール、エタノール、ブタノール、それからそれらの混合アルコールという四種類ぐらいのアルコールがあると思います。これらを総称してアルコール燃料と称しているわけですが、もちろん将来はそのほかの高級アルコールなどを合成するようなこともあるかも知れませんが、いま考えられているのはこのようなものようです。それぞれにつきまして一番左側に原料がありまして、主として作物等の再生資源からはエタノールあるいはブタノールがつくられる。それから化石資源といえますか、天然ガスとか石炭などからはメタノールがつくられております。再生資源の場合は一度糖液をつくりまして、それからエタノール発酵あるいはブタノール発酵でアルコールをつくるわけですが、それに対しまして化石資源等からつくる場合は、いったん石炭や天然ガスを改質あるいはガス化をして合成ガスにします。その合成ガスからさらにメタノールあるいはその他の混合アルコール等を合成しています。

図4.1ですすでに現在実用化しているプロセスは、エタノール発酵によるエタノールとメタノール合成によるメタノールです。この二つはすでにいろんなところでやられているプロセスで、製品のアルコールは化学原料などとして使われています。そのほかブタノールは高級アルコールの一つですが、発酵法でこれをつくる技術を新燃料油開発技術研究組合で開発中ですし、合成ガスからエタノールを合成するという方法も、C<sub>1</sub>化学の分野でその触媒等の研究がされています。

もう一つは、いわゆる混合アルコールとい

いますか、エタノールとかメタノールあるいはもう少し上のプロパノール等まで含んだ混合アルコールを合成するようなプロセスの開発も行われているところです。

そういったわけでアルコール燃料というのは非常に範囲が広いものですから、きょうはこの中でもメタノールを中心に話をさせていただきます。

## 2. アルコール燃料の生産 (メタノール)

### 2.1 原 料

まずアルコール燃料の生産ですが、メタノールの場合は、さきほどもしましたように合成ガスを経てメタノールを生産いたしますので、極端な話をすれば合成ガスになるようなものならどんなものでも原料になる。そういう意味でさきほどの図4.1でも天然ガスや重質油、石炭等が書いてあります。しかし、いかに安く合成ガスをつくれるかということが重要になります。そういった意味で原料となる可能性のあるものは非常にたくさんあるのですが、現状では主として天然ガスあるいは重質油、石炭—石炭も褐炭や亜炭といった低品位炭が中心になるかと思いますが—そういったものが原料として考えられています。

いまメタノールは化学工業原料等で、すでに世界中で1,200万トンぐらい、日本では、100万トンぐらいの需要といえますか消費がありまして、これらのメタノールは大部分は天然ガスからつくられております。したがって、天然ガスが現時点では原料としてもっとも安価なものだということになると思います。

ただ天然ガスにつきましては将来石油価格並みに価格が上がっていくというようなこと

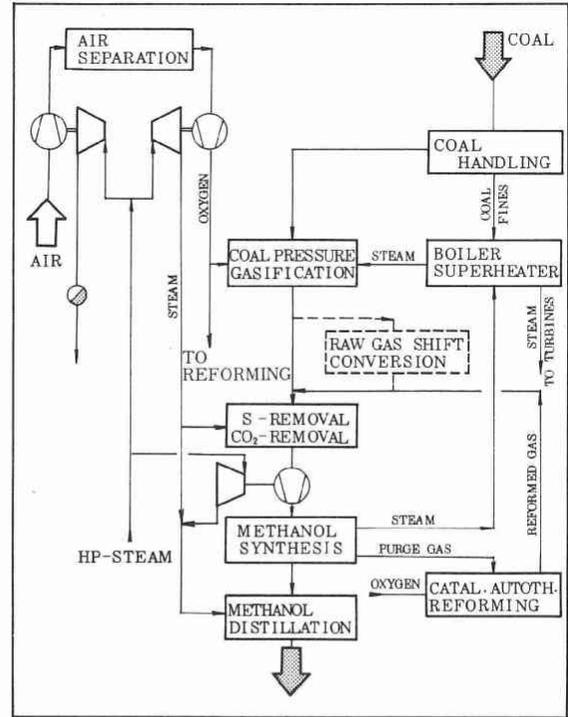
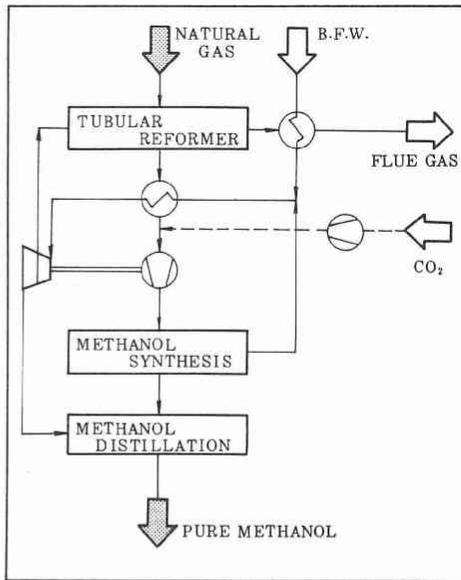


図4.2 天然ガスからのメタノールの製法(左)および石炭からのメタノールの製法(右)の比較(Lurgi 法)

も考えられますし、資源として天然ガスをメタノール等にして、それをまた燃やしてしまうというのはいろいろ問題だということもあるとすれば、やはり将来的には石炭がメタノールをつくるための原料としては重要になってくるだろうと思われま

## 2.2 天然ガスおよび石炭からのメタノール製造

次に、メタノールの製造法についてお話しします。図4.2に概略のプロセスフローを天然ガスの場合と石炭の場合で比較して示します。

ごらんになってすぐわかりますようにメタノール合成自身は非常に簡単な反応です。天然ガスからの場合ですと、天然ガスを水蒸気改質して、いわゆる合成ガスをつくり、その合成ガスをメタノール合成用の触媒のつま

た反応器に通してメタノールを合成します。あとは若干水やその他の不純物が出てきますので、それを蒸留して分けるということで、反応自体はそれほどむずかしい反応ではありません。しかし、メタノール合成の大規模化などに関しては技術開発等が依然として行われる可能性があると思います。

一方、石炭からの場合ですと、図4.2の比較でわかりますように天然ガスの場合にはないプロセスが必要になってきます。まず石炭の場合ですと、ガス化をして合成ガスをつくる必要がありますし、それからそのガス化のときに酸素を使いますので、酸素分離のプラントが必要になります。あるいはガス化されたガスを精製したり、組成を調整したりするプロセスも必要です。したがって、プロセス

としては天然ガスに比べるとかなり複雑なものになっています。建設費等も当然石炭からつくる場合のほうが高くなるということで、同じ生産規模で比べますと、石炭からつくる場合のほうが、天然ガスからの場合よりプラントの建設費等はだいたい3倍ぐらいかかるとおもいます。原料費としては石炭のほうが安いのですが、プラントの建設費、投資のほうでのコストが非常に高いということで、現時点では石炭からつくる場合は、天然ガスからの場合に比べてかなり割高になるだろうと思えます。

### 2.3 製造技術

それから次に製造技術ですが、図4.3に概略をひとまとめにしたものを示してあります。

メタノール合成は昔は非常に高圧、高温とありますが、圧力で300気圧ぐらい、温度も

300℃から400℃での合成が行われていたのですが、ICI法という銅系の触媒を使う低圧法が開発されて、それに伴ってターボコンプレッサーが使えるようになり、装置が非常に大型化してきました。最近では1系列のメタノール生産能力が2,500トン/日ぐらいのものまでつくられるようになってきています。

残る問題としてメタノールの合成反応というのが発熱反応ですので、その反応の際に出る熱の除去をどういうふうにするかということでいろんなプロセスが工夫されています。

ICI法とか、Lurgi法とか、図4.3に4～5種類のプロセスの略図がかいてあります。現在ではICI法あるいはLurgi法がメタノール合成の中心になっているかと思えます。

次に石炭からつくる場合には、石炭をガス化する必要がありますが、その石炭ガス化について表4.1と4.2にまとめておきました。ガ

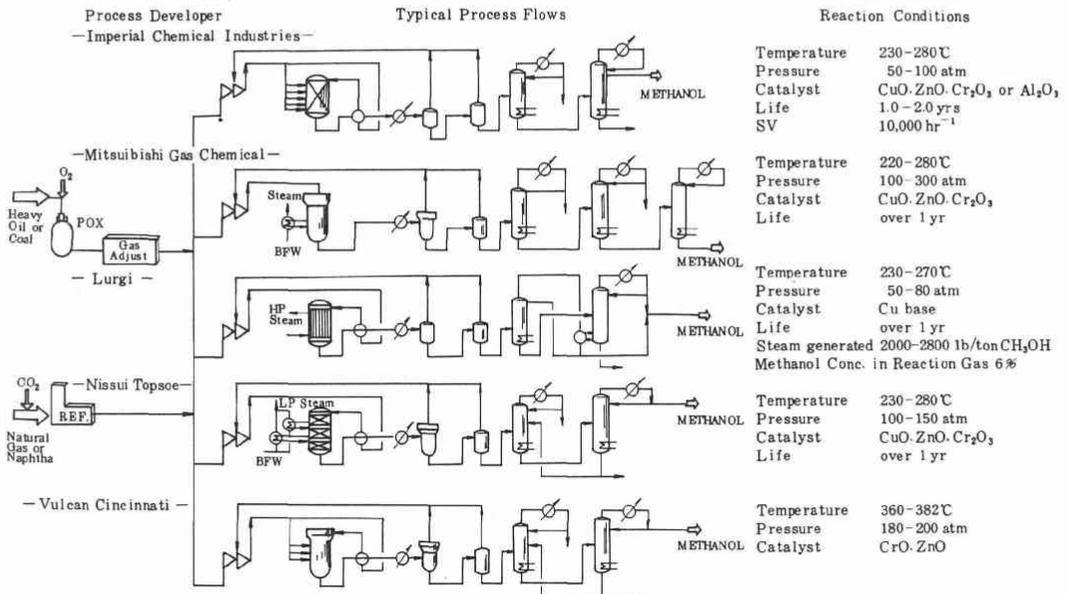


図4.3 TECHNICAL COMPARISON OF LOW AND INTERMEDIATE PRESSURE METHANOL PROCESS

出所：千代田化工建設(株) 渡部耕司氏のご好意による。

表4.1 実用化されている代表的石炭ガス化炉

	単位	Lurgi	Koppers Totzek	Winkler
形 式		移 動 床	噴 流 床	流 動 床
圧 力	bar	20 ~ 30	1	1
反 応 温 度	℃	700 ~ 850	1,400 ~ 1,500	850 ~ 1,000
出 口 ガ ス 温 度	"	300 ~ 650	"	"
石 炭 の 粒 径	mm	5~25, 3~15	0 ~ 0.1	0 ~ 8
容 量 (石炭処理量)	トン/日	750	750	700
ガ ス 組 成 例				
CO <sub>2</sub>	vol-%	29.2	10.5	20.0
CO	"	18.9	59.4	34.0
H <sub>2</sub>	"	39.1	28.5	41.0
CH <sub>4</sub>	"	11.3	0.1	3.0
CnHm	"	0.5	—	—
N <sub>2</sub>	"	1.0	1.5	2.0

表4.2 主要な新型石炭ガス化炉

	単位	Texaco	Shell-Koppers	BGC-Lurgi
形 式		噴 流 床	噴 流 床	移 動 床 (スラッキング炉)
パイロットプラント規模		6トン/時(150トン/日)	150トン/日	350トン/日
" 設置場所		オーバーハウゼン(独)	ハンブルグ(独)	ウェストフィールド(英)
" 運転開始		1978年1月	1979年	1975年
圧 力	bar	40	30	25
反 応 温 度	℃	1,400 ~ 1,500	1,800 ~ 1,900	1,400 ~ 1,600
出 口 ガ ス 温 度	"		800 ~ 900	
ガ ス 組 成 例				
CO <sub>2</sub>	vol-%	10.1	0.8	1.9
CO	"	52.4	64.0	57.2
H <sub>2</sub>	"	35.1	31.6	30.0
CH <sub>4</sub>	"	0.1	—	7.7
N <sub>2</sub>	"	1.1	0.7	0.4 (NH <sub>3</sub> 0.9)

ス化の話はきょうのシンポジウムの中ではどこにも入ってないものですから、ここで取り上げましたが、これはもうすでによくご存じのことだと思います。

表4.1のほうは現在すでに使われている主要なガス化炉ですが、この中でもとくにLurgi法は、さきほど話に出てきました南アフリカSASOLの間接液化プロジェクトで大量に使われておりまして、SASOL—Ⅲまで入れますと80基近くのLurgiのガス化炉が使われたり、あるいは使われる予定になっております。Koppers Totzek炉もアンモニア合成等の水素発生用としてかなりの使用実績があります。Winkler炉は最近あまり出てないようですが、やはり以前にはアンモニア合成の水素発生用のためにかなり使われていました。

一方、最近いろんな新型のガス化炉の開発が行われていますが、その中で現在石炭の処理量で100トン/日以上のパイロットプラントが動いているガス化炉について表4.2に三種類ほどあげてあります。ここに示したTexaco法、Shell-Koppers法、およびBGC—Lurgi法の三種がかなり開発が進んでいるガス化炉ではないかと思えます。これらについて最近の情報を若干つけ加えておきますと、Texaco法につきましては、ここにはオーバーハウゼンのプラントについてありますが、そのほかにTVAがやはり200トン/日のパイロットプラント、(アンモニア合成の水素発生用に使用予定)をつくっていますが、トラブルがあり、うまく動いていないようです。化学原料用では、テネシー・イーストマンでやはりTexacoのガス化炉を使って化学品をつくるということで、600トン/日のプラントを建設中

です。今後の計画としましては、クールウォーターでの石炭ガス化コンバインド発電プロジェクトのガス化炉として1,000トン/日のガス化炉が使われる予定になっています。

国内ではつい最近新聞にも報道されましたが、宇部興産でアンモニア合成用の水素をつくるためにTexaco炉を導入するという準備が進められています。これは石炭の処理量が、1,500トン/日ということですが、ガス化炉の数は明らかにされていません。少なくとも一基当りの石炭処理量が500トン/日以上のもをつくるということのようです。

Shell-Koppersにつきましては、ここに書いてありますパイロットプラントの運転が1981年に終了しまして、現在ShellとKoppersはこの共同研究の契約をもう解除して、今後はそれぞれ別々にガス化炉の開発を続けていくということになったようです。Koppersのほうでは1,000トン/日のスケールアップについて検討が進められているということです。

BGC—Lurgiにつきましては、現在石炭の処理量が600から800トン/日ぐらいの次の炉の建設が始まっています。表の中の350トン/日というのは、ガス化炉の直径が6フィートですが、建設中のものは8フィートになっています。これは1983年の初めには運転を開始する予定ですが、規模としてはプラントということになるかと思えます。

メタノール合成のために石炭のガス化炉を使う場合は、ガス化炉のガスをたとえばそのまま燃料として燃やすということとは違ひまして、メタノール合成に適したガス化炉の条件というのがあつたと思えます。一つはメタノール合成の場合の原料ガスの水素と一酸化炭素の比ですが、これは化学量論的には水素2

に対して一酸化炭素が1ということが必要になります。実際の合成反応ではこれより少し水素を多くしていると思いますが、そういうことを考えますと、Koppers-Totzek 炉でつくったガスは表4.1のようにCOのほうが多く、シフト反応 ( $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ ) を使って水素を増やし、CO/H<sub>2</sub>を調整するような必要がでてきます。これに対してLurgi 炉の場合はほぼガス化炉から出てくるガスのCO対H<sub>2</sub>の比が1対2に近い形になっていますので、そのまま使える可能性があるということです。

次に、ガス化炉から出てくるガスは、どの方式にしましても、かなり二酸化炭素を含んでいますので、これの除去が必要になります。もう少し細かいことをいいますと、CO<sub>2</sub>の組成比についても最適点がありますので、そういった最適点にCO<sub>2</sub>の含有量を調整する必要があると思います。

もう一つは、ガス化炉の形式によりましてはかなりメタンの発生する場合があります、とくに固定床型のLurgi 炉はメタンが10%ぐらいでできます。これはメタノール合成の場合には不活性といいますか、反応に直接関与しませんので、合成反応でリサイクルをする間にだんだん蓄積をしていきます。これを防ぐにはパージガスの量を増やす必要があります、できればメタンは含まないほうがメタノール合成の場合には有利だということになります。

また、石炭ガス化の場合には、ガス中に硫黄分がかなり入っておりますので、脱硫を完全に行う必要があります。これはメタノール合成触媒が硫黄に敏感ですので、その被毒を避けるためです。脱硫はどのガス化炉でも必要になります。

次はガス化の圧力に関してです。メタノール合成の圧力は低圧法で数十～百気圧ですから、常圧のガス化炉を使う場合は、ガスをコンプレッサーで圧縮する必要があるということになりますので、できれば加圧型のガス化炉のほうが望ましい。そういう意味では現在実用化されているガス化炉の中ではLurgi 法以外は常圧法ですので、これらを使う場合コンプレッサーの動力費がかなりかかります。また、Lurgi 法にしましても20ないし30気圧ですから、若干昇圧をする必要があります。したがって、新しいガス化炉も含めて、メタノール合成用にはなるべく高い圧力のガス化炉のほうが望ましいということになります。

メタノール合成自身はすでに完成された技術といいますか、化学原料用としてメタノールが生産されていることはご存知の通りです。しかし、今後燃料用というようなことになると、生産の規模が一桁以上大きくなるといことで、そういう大量生産の場合にはやはりいくつかの技術改善が必要になってくると思います。その技術課題のいくつかをいくつか挙げて申し上げます。まず、天然ガスからつくる場合は、リフォーマーで水蒸気改質をして合成ガスにする必要があるのですが、そのリフォーマーのスケールアップとか、あるいはそこでの熱回収の問題がもう少し詰められていいのではないかという気がします。ただし、現在のリフォーマーはすでに2,000ないし2,500トン/日ぐらいの規模でこれのスケールアップというのはほぼ限界にきているということのようですので、これから考えられる改善としては熱回収が中心になると思います。メタノール合成で一番熱を使う部分は、リフォーミングのところですので、その熱

回収を徹底的に行なって、総合的な熱効率を上げるといことです。その他にリフォーミングの圧力をもう少し高压にするということも考えられます。石炭ガス化につきましては、先程述べた通りです。

残るところは合成部分ですが、そこでの問題の一つはリアクターのスケールアップです。いま一番大きな合成反応器の容量が2,500トン/日、これは正確にはまだ建設中だと思えますが、そういったものが既につくられています。これを、更に大きくできるかどうかということですが、技術的にはもう少し大きくできて、3,000あるいは5,000トン/日ぐらいまでは可能であるという意見が一般的のようです。これより更に大きなものはスケールメリットよりもむしろ今度はそれを運ぶための輸送上の問題などのほうが大きくなってあまり意味がないのではないかという気がします。あるいは、2,500トン/日でも十分であるという方もいらっしゃるかも知れません。ですからスケールアップよりもむしろ合成の部分で考えられますのは、例えば、燃料用を想定した触媒の開発というのがあります。いまのメタノール合成は、メタノールの選択性を非常によくするためにかなりデリケートな触媒を使っているわけですが、そういう選択性を緩めて、ほかの副成物、高級アルコールとか、エーテル類だと思いますが、そういったものを含んでもよいということにすれば、触媒の選択条件が緩んで、ワンパスの合成効率のほうをもっとよくするということが考えられます。従って、燃料メタノールという想定で、触媒探索をもう一度やってみる必要があるのではないかと思います。

もう少し将来的な話としましては、ケミシ

ステムズという会社等でやられています液相でのメタノール合成のような新しい合成法の研究があります。これはベンチからPDUクラスの試験が進められているようですが、この新しい合成法によってかなり合成効率が向上し、製造コストも下がると予想されています。このような技術開発はわが国ではほとんどやられてないと思いますが、よりよい製造技術を確立するためには、わが国もこのような技術開発に今後取り組んでゆく必要があると思います。

蒸留工程につきましては、燃料メタノールのグレードをどういうふうに考えるかということと関係します。極端な話、水を十数%含んでいてもいいというならばリアクターから出てきたメタノールをそのまま燃料に使うことも考えられます。しかし、日本の場合メタノール生産は海外立地と考えられますので、海上輸送で15%の水を含んだようなものを運ぶのはちょっともったいないのかなという感じで、簡単な蒸留をして少しグレードを上げて持ってくればいいのではないのでしょうか。

### 3. アルコール燃料の経済性(メタノール)

以上で生産のほうの話を終りにしまして、次にメタノールの経済性といえますか、メタノールというのはいったいいくらぐらいでつくられるのかということに移ります。

燃料にメタノールを使うということは、ほかのたとえば石炭液化等に比べまして、すでに技術があるということでコスト計算みたいなこともかなりデリケートなところがあります。詳しいフィージビリティスタディでコスト試算をやられているところもあるかと思

表4.3 燃料メタノールの各種製造コスト試算

試算	原料	設備規模 (t/D)	建設費 (億円)	原料価格 (\$/MMBTU)	製造コスト		備考	
					円/t	\$/MMBTU		
A (1981年)	NG	2,500	460	2	27,400	5.79	国内ベース	
				3	33,700	7.12		
		5,000	700	2	24,300	5.14		
				3	30,600	6.47		
		2,500	690	2	33,800	7.14		海外立地 (local factor 1.5)
				3	40,100	8.93		
		5,000	1,050	2	29,100	6.15		
				3	35,400	7.48		
B (1981年)	NG	5,000	690	2	26,900	5.68	国内ベース	
				3	34,600	7.31		
		10,000	1,200	2	25,200	5.33		
				3	32,900	6.95		
C (1981年)	NG	20,000	3,450 <sup>*1</sup>	2	27,000 <sup>*2</sup>	5.71 <sup>*2</sup>	海外立地 *1 総投資額 *2 対投資額4.5%の粗利益含む	
D (1980年)	NG	2,000	310	3.5	19,600	4.14	国内ベース	
E (1981年)	石炭	13,000	5,060 (10,780 <sup>*1</sup> )	1.5 (36\$/t)	51,900 <sup>*2</sup>	10.50 <sup>*2</sup>	米国ベース *1 総投資額 *2 15%ROI after taxes	
F (1980年)	石炭	13,000	4,620	(45\$/t)	48,700	10.29		

(注) { MeOH 1t = 2151MMBTU  
1\$ = 220円  
参) 32\$/バレルの原油は5.4\$/MMBTU

ますが、残念ながらそういう資料は手に入れることができません。かなりラフな試算ですが、いままでにいくつか行われました試算等をベースにして話します。

表4.3に試算例をまとめてみましたが、天然ガスからつくる場合と石炭からつくる場合に分けて設備の規模、建設費、原料をいくらにみるかということ、製造コストがあげてあります。工場をどこにつくるかという問題などがありますが、それらは一応措いて、ちょっと乱暴ですけれども、大ざっぱにいつてしまえばそこにありますように、天然ガスからつくる場合は製造コストでトン当たり2万5,000円から3万5,000円ぐらい、もうちょっと高いものもありますが、そのようなところに入ってくるのではないかという気がします。石炭からの場合はトン当り50,000円前後というのが目安と考えられます。一方、製造コス

トのほかに日本に持ってくるための積出港のタンクとか、日本側での受入基地のタンク、あるいは船で運ぶためのフレートも含めて考える必要があります。そういったものをここで一応の目途をつけるために少し簡単な試算をあげておきたいと思います。

まず輸送コストですが、5万ないし10万トンというような、いまのケミカルタンカーというようなものではなくて、もう少し大きなもので運ぶという想定で考えますと、たとえば東南アジアから日本に持ってくる場合、メタノール1トン当たり1,500円から3,000円ぐらいです。(これは船の大きさ等によって変わってきます) 中東のほうから運ぶとしますと2,500円から3,500円ぐらいと思われます。

もう一つ貯蔵コストについては受入側それから生産側にタンク等が必要ということなのですが、これは大ざっぱに言ってトン当たり

約2,400円ぐらい、100万BTU当たりになると0.5ドルぐらいという数字になるかと思えます。いまLNGの貯蔵コストは100万BTU当たりで換算しますと1ドルから2ドルぐらいですが、仮に、1.5ドルとしますと、メタノールの場合はLNGのような特殊なタンクは必要はないので、半分から3分の1ぐらいの価格ですむだろうということです。

メタノールの製造コスト25,000円/t から35,000円/tにこれらのコストを加えますと、最終的にコストベースでの輸送費や貯蔵費を含めた価格が天然ガスからのメタノールですと、トン当たりで、安いケースで29,000円、高いケースで44,000円です。これは10<sup>3</sup>kcal当たりですと5.3円~7.5円となります。石炭からですと、トン当たりで52,000円から58,000円で、10<sup>3</sup>kcal当たりでは9.5円から10.7円ぐらいというような値段となります。これはもちろん先ほどの前提のもとでの話です。

表4.4の現在の石油製品等の価格と比較してもらいますと、どのへんにメタノールがあるのかということがおおよそ見当がつくのではないかと思います。天然ガスからの安いメタノールを考えますと、利益等を考慮してもこれはいろんな石油製品に比べてもかなり安そう感じがしますし、逆に高いほうですと競争できそうなのが、たとえばガソリンや中間3品かなというところですか。こういう微妙なところにコスト計算から出てくる数字というのがあって、なにを競争相手とするかというのがやはり大きなファクターになってきます。そういう意味ではやはり輸送用の燃料として使うことが有力であろうと思います。

もちろんこれには使う側にいろいろ問題がありますが、そういう点をとりあえず考えないで、燃料のコストだけでみればということです。メタノールの利用につきましても、いづれ利用面も含めたトータルな意味でのコス

表4.4 各種製品の卸売価格 (1982年2月末現在)

製品名	製品単価	カロリー単価 (円/10 <sup>3</sup> kcal)	総発熱量
化学メタノール	90円/kg	17.0	5,300 kcal/kg
"    (CIFベース)	50~60 "	9.4~11.3	5,300 "
ガソリン	145円/ℓ	16.9	8,300 kcal/ℓ
"    (税抜き)	91 "	10.6	8,300 "
軽油	102 "	11.2	9,100 "
"    (税抜き)	78 "	8.6	9,100 "
灯油	77 "	8.8	8,800 "
A重油	75 "	8.2	9,100 "
C重油(硫黄分1.5~3.0)	60 "	6.2	9,700 "
"    (    "    0.3~0.5)	68 "	7.0	9,700 "
LPG	81円/kg	6.8	12,000 kcal/kg
LNG(CIFベース)	\$6.05/百万BTU	5.3	252,000kcal/百万BTU

注) LNGは1981年12月平均

出所: 日刊工業新聞(57. 2. 27)

表4.5 アルコール燃料の特性と利用上のメリット，デメリット

特 性	用途	利用上のメリット，デメリット
常 温 で 液 体 単 一 成 分 燃 料	一 般 "	輸送・取扱いが容易，自動車燃料としては不可欠の要素 イオウ，窒素，金属等を含まないクリーンな燃料 排ガス組成が単純
発 熱 量 が 小 さ い オ ク タ ン 価 が 高 い	エ ン ジ ン	燃料使用量が増大。タンク，配管等の容量増加が必要 ガソリンとの混合ではオクタンブスターとなる。 ストレート利用（エンジン）では高圧縮比化により，出力，熱効率の向上が可能
セ タ ン 価 が 小 さ い 理 論 燃 焼 温 度 が 低 い	一 般	そのままではディーゼルエンジンには使えない NOx 排出量の減少
水 分 損 失 が 大 き い	ボ イ ラ	ボイラー熱効率の低下
不 輝 炎 で あ る	"	"
潤 滑 性 が な い	一 般	ポンプの変更等の対策が必要
腐 食 性 が あ る	"	燃料系統の一部材質の変更が必要
爆 発 限 界 が 広 い	"	安全対策が必要
引火点が高い(ガソリンと比べて)	エ ン ジ ン	低温での始動困難，取扱い上は安全側
気 化 潜 熱 が 大 き い	"	" ， 気化熱を利用したエンジン冷却
水 と よ く 混 ざ る	一 般	ガソリンとの混合では相分離の原因 大量流出事故（海中への）の対策
改 質 が 簡 単 （メタノール）	"	第一世代燃料電池の燃料として有利 改質ガスエンジンによる排熱回収

ト，たとえば自動車に使うにしても，それ専用のスタンド等が必要になるということになれば，そちらのコストがまた非常に莫大になりますので，そういったものを含めて考えていかなければいけないと思っています。

#### 4. アルコール燃料の利用

最後にアルコール燃料をどういうふうにするかという話に入ります。表4.5にアルコールと従来の石油とのメリット，デメリット比較をまとめておきました。きょうはトピックス的な話ということで，とくに発電用の燃料にメタノールを使う場合についてご紹介しま

す。一つはコンバインド・サイクルで使ったらどうなるか，もう一つはちょっと将来の話になるかと思うのですが，燃料電池に使ったらどうなるかということです。

従来はメタノールを発電に使うのはカロリーベースで石油製品と勝負しなければならぬのでむずかしいと言われてきたし，現実にはそうだと思います。そういう意味でいわゆる在来火力を改造して，メタノールを焚くというようなことだと，熱効率等もあまりよくないというので，はっきりいえばもったいない使い方だということになります。そこで最近もう少し新しい発電方式にメタノールを使ったらどうなるかを調査する動きがでていま

表4.6 COMBINED CYCLE ESTIMATED PERFORMANCE  
METHANOL FUELS

FUEL	FUEL TO GAS TURBINE	FUEL DELIVERY TEMP. F	NET OUTPUT (MW)	NET HEAT RATE BTU/KWHR (HHV)
LIQUID METHANOL	CH <sub>3</sub> OH	80	453.3	8,280
VAPORIZED METHANOL	CH <sub>3</sub> OH	500	430.5	7,970
REFORMED METHANOL	CO <sub>2</sub> + 3H <sub>2</sub> + 1/2O <sub>2</sub>	500	419.8	8,050
CRACKED METHANOL	CO + 2H <sub>2</sub>	500	394.2	7,570

出所 : The Alcohol Alternative (Conf.), May, 1981, Chicago.

表4.7 燃料電池の総合効率比較表

燃 料	F C G-1		
	S N G	ナ フ サ	メタノール
組 成	CH <sub>4</sub>	C <sub>7</sub> H <sub>14.3</sub>	CH <sub>3</sub> OH
総発熱量 kcal/kg (kcal/Nm <sup>3</sup> )	(9,540)	11,258	5,426
総合効率 [%]	40.87	41.12	41.57

出所 : FCG-1 POWER PLANT PRELIMINARY SPECIFICATION FCS-3519より

す。

表4.6と4.7は米国で検討されているものの一例です。

まずCOMBINED CYCLE発電の燃料としてですが、もともとメタノール自身もクリーンな燃料ですし、それからさきほどのメリット等を書いてありますように理論燃焼温度が石油系の燃料に比べるとかなり低くて、サー

マルNO<sub>x</sub>が非常に少ないという特徴があります。メタノールは単体の燃料で、しかも燃焼に際してすすの発生がほとんどありませんので、ガスタービン自身も汚れが少なく保守が容易になるといわれております。それから燃料にメタノールを使いますと、タービンの出力も向上するというようなことがありまして、ガスタービン用燃料としてメタノールは理想的な燃料の一つではないかと思えます。さらに、アルコールのもっている特性といえますか、そういったものをなるべく生かして使うという方法が考えられます。それが表4.6のCOMBINED CYCLEでメタノールを使う場合の使い方例示されています。メタノール自身をそのままガスタービンの燃料にしてもいいわけですが、そのほかにたとえばメタノールを排熱で蒸発させて気体のメタノールにして、燃料に使う方法があります。さらにもっと徹底して同表の下の二つのようにメタノールをやはりガスタービンの排熱を利用してリフォーミングしたり、あるいはクラッキングをして、ガス燃料に分解をして使うと

ということが考えられます。そうしますと、こういう反応はメタノール合成とちょうど逆反応で吸熱反応になりますので、ガスに変換されるときにカロリアップが起こり、全体として熱効率が向上する可能性があります。

この表では一番右側にヒートレートで示してありますが、1キロワットアワーの発電をするのに必要な熱量がそこにありますようにだんだん下がってきます。こういう使い方も一つの方法として今後検討をしていく必要があるのではないかということです。これはもちろんまだ机上の計算であり、実際にこういうことが試験で行われているわけではありません。今後こういうことの実験も含めて、メタノールをガスタービンなり COMBINED CYCLE で使う場合の可能性についてわが国も検討する必要があります。

同様に表 4.7 にはメタノールを燃料電池に使った場合についての試算結果を示しました。これもメタノールが天然ガスや石油系の燃料

に比べれば改質がし易いという利点によるものです。天然ガス等は改質に 800℃位の温度が必要ですが、メタノールは 250℃で改質可能です。従って、改質部分での熱ロスが少なくなって、総合効率が上がるし、それから改質部分の装置も簡単になるということで建設費等も安くなります。それ故、これらを考慮すれば、メタノールが天然ガス等より若干高くても、発電コストとしては同程度となる可能性があるということです。

以上のように高効率で、しかも、メタノールのメリットを生かせるような用途を考えて、そういったものにメタノールを使うならば、メタノールのコスト高をある程度吸収できる可能性があります。従って、製造コスト引下げなどの供給面だけでなく、このようなメタノールの利用面での研究にも真剣に取り組む必要があると思います。(たかくら たけし)



会場スナップ2 (質疑応答)

---

## 〔研究報告 3〕

# 長期エネルギー需給見通しと新燃料油 の位置づけ

専務理事 武田 康

---

### はじめに

きょうのプログラムによりますと専務理事武田と書いてございますが、実はもう一つ肩書をもっておりまして主席研究員ということになっております。これから報告させていただきますことは、当研究所の中でいろんな仕事をしておりますけれども、そういったものを題材にいたしまして、私なりにまとめました需給見通しとそしてその中で新燃料油に対しては私なりにどんな期待をしているのだろうかというようなことが半分以上入りました位置づけをご報告させていただくことになろうかと思えます。本当はプログラムにも研究員と書いておけばよかったなと思っているわけでございます。

私をご報告申しあげますことの概要は下記のとおりで、ここに書きました項目の順序でご報告をさせていただきたいと思えます。

1. エネルギーシステムの将来展望
  - 1.1 エネルギー資源の賦存と分布
  - 1.2 1次エネルギーの動向
  - 1.3 長期的需給の動向
2. 長期需給予測と需給ギャップの調整
  - 2.1 長期需給見通しとその延長線上の  
2020年

### 2.2 非電力分野の需給

### 2.3 各種の代替関係

まずお断りしなければいけないのですが、きょうの一番目、二番目とくにお招きしてお話しいただきました両貝さん、吉田さん、いずれも新燃料油の位置づけという感覚のもとで、これからの需給見通しあるいはその前提条件等をお話しいただきました。部分的にはそのお二人のお話と前半が重複しているわけでございます。ただ両貝さんのお話では長期需給見通しということで、この10年間、20年間のデータつきでお話いただいたわけでございますが、私に言わせると、それは短期の見通しでございます。と申しますのは新燃料油がかなりなウエートでエネルギー供給あるいは消費にエンターしてくるのは恐らく10年先ではなくてもうちょっと先の話だろう。もしかするとさきほどの松井の報告のように21世紀になってからだ。もちろん有意な量という意味でおとりいただきたいのですが、そうするともし新燃料油の位置づけというもとで、長期需給見通しを書くならば恐らく4~50年分やっておかなければいけないのかなというような感覚で長期という言葉の使い分けをいたしております。そういう意味でいままでの長期見通しのその先をもう

少し考えたらどうなりそうかなというものについてのひとつの私見を報告というようなかっこうでお話する、こんなのが前半でございます。後半は供給と需要の数字あわせがなかなかうまくできない。それをいかにしたらまあなんとかマッチングがとれるようになるだろうか、そういう中で新燃料油のポジションを探してみたいという、これもまたひとつの試みの数字合わせが入っているわけでございます。そういうことをご報告させていただきまして、むしろいろいろご批判いただいたり、あるいはご批判いただくより以上にそれぞれのご専門の方がおいでかと思しますので、それぞれのお立場で10年、20年に限らずもう少し長い目のものまで、それぞれの頭の中で組立てていただきたい。そのときの題材のひとつにでも使っていただければたいへん幸いだなというような気持でご報告をさせていただきます。

## 1. エネルギー・システムの将来展望

### 1.1 エネルギー資源の賦存と分布

まず最初のパートでございますけれども、ここでは図5.1として資源量の棒グラフをかいてございます。これはさきほどの松井の報

告にもございましたけれども、2年前(1980年)の世界エネルギー会議でのデータを、一部部分的に私なりの翻訳をしている部分がございますが、それを視覚に訴えようということで棒グラフになおしたものでございます。

新燃料油の定義はいろいろあるようでございますが、もし石炭をベースの油という具合に考えますと、石炭、亜炭、褐炭を含めまして化石燃料の大部分を占めているわけございまして、石油の将来先行きについていろいろ議論があり、資源量についてたとえばそのうちに枯渇するかも知れないというような表現もあるわけでございますが、そういったものに比べると新燃料油の原資としての石炭はずいぶんあるということでございます。また、新燃料油を天然ガスベースあるいはオイルシェール、オイルサンドベースで考えるとしてもそれぞれ一応石油並みのものではありませんかというように評価になるわけでございます。もちろん、これからいろいろ探査を進めあるいは経済的な検討を進めませんと現実的な利用可能量的な意味では確定しないわけでございますが、目分量としてはそういうものであるというのがこの図で読みとれるかと思えます。

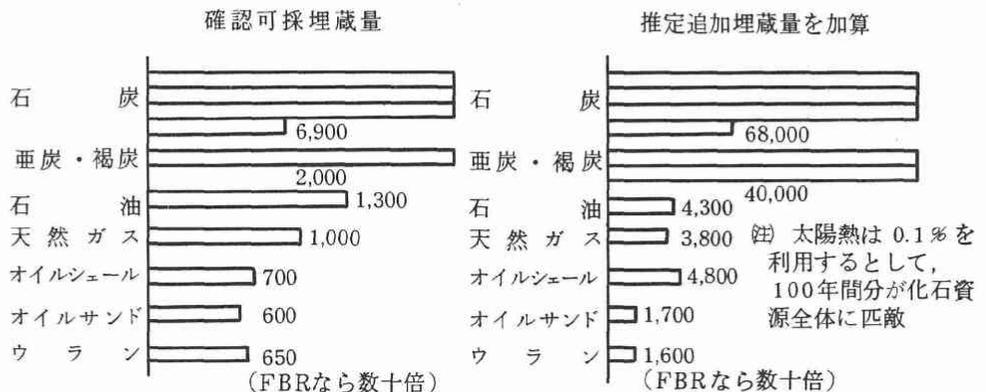


図 5.1 資源賦存量 (石炭換算億トン) (WEC 1980)

図の中にちょっと小さい字で注釈がしてございまして、太陽熱というのは今後0.1%程度でももし利用できるとすれば、化石燃料全体に匹敵するということが触れてございます。計算の方法はいろいろあるかと思いますが、きわめて大ざっぱなオーダーとしては、もし太陽熱の利用技術が進展して、そして経済性の面でもかなり使えるようになり、かたがた使い手にとっては不便なもので限定されたものかも知れませんが、それを一所懸命使おうという気を起こしてくださるという前提では、あるいは化石燃料全体と匹敵し得ると考えられるわけでございます。そういたしますと、現在の新燃料油のポジションは石油に比べて高いのか安いのか、使い勝手がいいのか、悪いのかということでございますが、何年かたった先にはもしかすると自然再生エネルギーと比べてどっちが得なのだろうか、使いやすいのだろうかということもあわせ考えなければいけない時代がくるかも知れないというのが、ここの資源量から読みとれるのではなからうかと思われまます。

ここから読みとれるもうひとつの競争相手は棒グラフの一番下にあるウランかと思えます。原子力の資源としてはウラン、このほかにトリウムがほぼ同量ぐらいあると考えられますが、ここの棒グラフで見ると限りでは原子力の原料であるウランは石油よりも量が少なく、したがってそんなに大きく期待できないというようなものでございます。ただ、これもちょっと注釈がございまして、ここにも書きましたように、FBRなら数十倍になる、ほんとにそれだけの数字が断定的にいえるのかどうかについて、もしかすると専門家の中でも異論があるのかも知れないという感じが

いたしますが、一応とにかく高速増殖炉を使えばプルトニウムをつくって何度もぐるぐる燃料として使えますというふうにごえまして数十倍ということにいたしますと、これまた総量的に化石燃料全体に匹敵するようにこの棒グラフが伸びるわけでございます。ここにもいまは原子力は電気にしか使いにくい、あるいは実績的にもそうであるというような問題点がございましてけれども、もしかすると潜在的な意味での新燃料油の供給との競合の相手かも知れないというような感じを私はもっているわけでございます。

## 1.2 1次エネルギーの動向

次に一次エネルギーの動向に移りますが、私の報告の大前提は図5.2に画かれているような石油の将来供給見通しでございます。これは2~3年前に画かれた絵なので、もう少しピークを圧縮しないと実態に合わないかも知れませんが、また現在がピークなのか10年先または20年先がピークなのかわかりませんが、石油供給はある時点で頭を打って-現実のいまの供給ですともう頭を打てるという理解もできるかも知れませんが-そしてそのあとそんなにすぐなくなるわけではないけれども、だんだんと供給能力が減っていくのではなからうか、そして天然ガスはそれより少しおくれで、少しといっても数年という単位でなくて10年、20年もしかすると30年かも知れませんが同じような傾向を辿っていく。こんなようなのが描かれているわけでございますが、一応これを信用してというとおかしいのですが、これに反論する理由は何もないのではなからうか、ただタイミング的あるいは上限の絶対量がどうなるかとか、そ

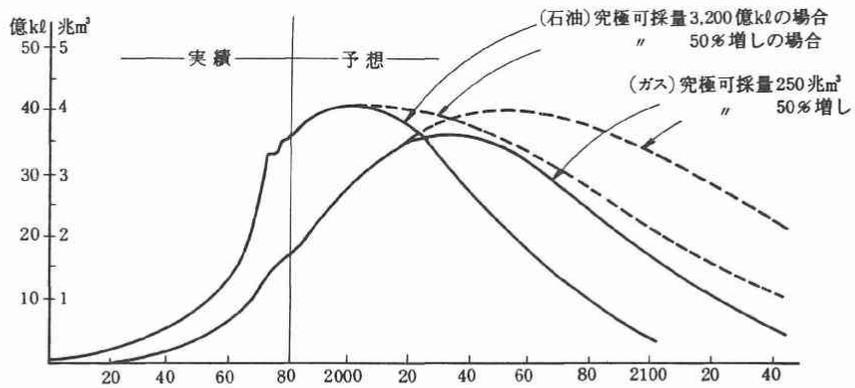


図 5.2 石油、天然ガスの生産推移予測 (億kl, 兆m<sup>3</sup>)

のあたりについて応用問題がございますけれども、こういう傾向を辿るのではないかというのが、この私の報告の前提になっているわけでございます。

ところで、それに代るものにつきましてはいくつかの制約条件がありそうだと思います。さきほどの報告にもございましたが、さきほどごらんいただきました資源量で、一番大きな石炭につきましては火力発電所で焚くのはなにも問題はないし、みんなやっておられる。製鉄所でもほとんどそれでなさっている。セメントあたりもそうになっている。しかし、どうもコストの点なのか、環境問題の点なのか、それとも灰の出るせいとか、そのほかの理由もいろいろあるかと思いますが、家庭まで含めてかつて石炭を使っていた方々が、いまはどうもあまり見向いておられない。それはコスト的に、利用の便利さの点等々、諸々あるかと思いますが、そういう障害を多分乗り越えなければいけないだろう、それを抜け出す一つの道が新燃料油かなとこういうふうな問題が一つあるかと思われま。競争相手の原子力、自然再生エネルギーについてはさきほど申しあげたとおりでございますけれども、それらがそれぞれにもっている制約条件を乗り越えて、現在燃料油として供給している分

野への供給者の1人である、そしてエントリーする条件はなにか、もしエントリーしたときにはどんな競争相手になるだろうかというのがあろうかと思いますが、いずれ原子力も自然再生エネルギーも、原子力については電気以外の利用分野に、自然エネルギーについてはそれなりの利用分野にエントリーしたいということで立候補し、そして恐らく少しずつ入っていくのではないかなというのが私の感じでございます。

### 1.3 長期的需給の方向

将来の先行きの三番目は、エネルギーのどのような供給態勢になるだろうか、あるいは供給の分担になるのだろうかということを量的なほうから眺めたものでございます。日本のエネルギー消費は世界全体の多分6~7%かと思いますが、貿易を通じましてエネルギーは国際的商品でもございますので、日本の中だけで考えても長期の先きゆきを判断するのに不十分だろうということで、これまた世界エネルギー会議の議論からピックアップし、かたがた一部に私の勝手な見解を入れて、これから20年先、40年先のバランスがどうなるだろうか、どんな一次エネルギー源がどの程度のシェアで供給寄与するのだから

うかというようなものをまとめましたものが棒グラフでございます。ちょっと複雑な書き方でございますが、一番上に需要があって、ハッチングをした部分とハッチングしてない部分がございますが、ハッチングをしてないほうの部分が日本も含めましてアメリカとかヨーロッパとか、これはたしかソ連も入れておりますけれども、そういういわば先進国、工業国の分でございます。ハッチングしておりますのが発展途上国の分でございます。供給サイドのほうはそれぞれのエネルギー源ごとでございます。そしてカッコ内がございます数字は真中がこれから20年間でどれだけふえるか、そして一番右がこれから40年間でどれだけふえるかということでございます。この需要のふえ方につきましては、20年で世界で2倍、40年で3倍というのはきょう現在の状況でみますといずれも過大で、もう少しスロウダウンするののかという感じがいたしますし、これがつくられましたときにもそういう議論があったようでございます。ただ世界エネルギー会議はある意味で親睦団体でございます。それぞれの国はそれぞれ自分なりの経済成長をしたい、そういうものを足し算いたしますと、全体としては希望的観測ができて

こんなようなことになっているのかも知れませんが、ここで二つの点を指摘させていただきたいと思っております。

まず第一点は、需要のすぐ下の石油をみていただきますと、40年間の増分のところに三角の印がついていて、要するにさきほどの絵のようにどこかでピークをうって供給能力として減っていくのではないかと、これが一つでございます。

第二は棒グラフの伸びがどれが一番大きいのかということでございますが、これからの20年間、さきほどの雨貝さん、そのほかの方々の報告とも共通しておりますけれども、これから期待するのは差し詰め20年間ならば天然ガスと石炭と原子力、ここではほぼ3分の1づつの同じような数字が並んでおります。どれが一番より大きくなり、どれがそれほど伸びないかは、現実的な立地の可能性なり開発の進展具合によるかと思っておりますけれども、いずれそれ以外が主力ではないというようなことで、これが一つのコンセンサスなのかなという感じでございます。そしてさらにその先をみますと、天然ガスがそういう有力な候補から落ちてしまう。石炭と原子力で、それも原子力にシフトしている形でございます。

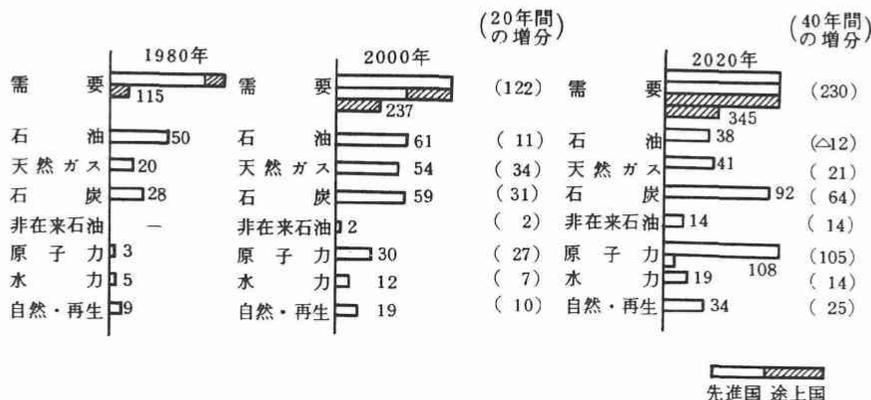


図 5.3 世界の長期需給予測 (石炭換算億トン) (WEC 1980)

ただこの中で非在来石油という表現が適切かどうか分かりませんが、オイルシェールとかオイルサンドとか、そういったたぐいのものをイメージに描いて、非在来石油という名前も勝手に私がつけたわけですが、そういうものが一つ入り、そして自然・再生エネルギーへの期待も大きくなっているということでございます。この中では私の表の作り方といたしましては、石炭の中に、石炭をベースとする新しい燃料油、つまり石炭の液化あるいはガス化製品もこの中に入っているというようなつもりでございます。こういう傾向が数字として、どの程度当たるかはともかくといたしまして、大きな流れとしてはこんなことではないかという感じがしているわけでございます。

ここでもう一つの議論として、たとえば日本の現状あるいは先進国の現状を踏まえて、かなりなレベルの暮らしをしているわけでございますが、これから先さらに2倍、3倍とエネルギーを使う、お金も使うし、ほかのものも使うかと思えますけれども、そんなに成長しなくてもいいんじゃないだろうかというような議論ないしは反省があるわけでございます。ここではさきほどの石油が頭打ちする

という前提と同様にもう一つの前提としてかなりいい生活水準になったけれども今後とも緩やかとはいいながら、やはり成長が必要である。そうしないと諸々のことを行うために必要な原資ができない、そしていかに省エネルギー的な努力あるいはエネルギー利用効率の向上をやったとしても、やはりエネルギーのトータル消費量はふえるのではないか、こういうような前提をとってこういうものがつくられていたわけでございますし、私もそういうことだと思っているわけでございます。

## 2 長期需給予測と需給ギャップの調整

私の報告の後段のほうに入らせていただきますが、いま申しあげましたことをバックグラウンドにいたしまして、数字はいろいろ変わってくるだろうけれども、傾向は変わらないであろうという程度のバックグラウンドでございますが、日本に着目して、日本の中で長期的にエネルギー供給というものの構成あるいはシステムがどんな具合に変わっていくか、半分問題提起的なことを含めまして、先のほうにつきましては私なりに組立てたものを報告させていただきます。

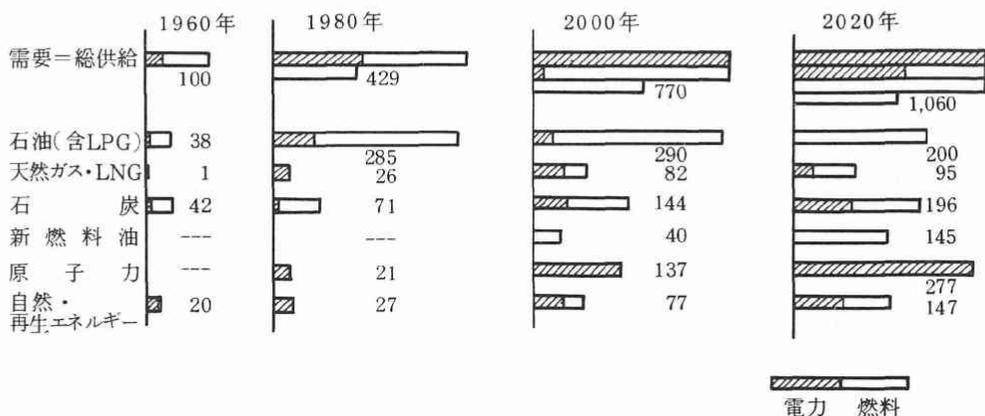


図 5.4 長期エネルギー需給予測（1次換算，石油換算百万kl）

## 2.1 長期需給見通しとその延長線上の 2020年

まず最初の長期需給見通しとその延長線上の2020年でございますが、図5.4にやはり棒グラフとして示してございます。1960年が20年前の実績、1980年がきょう現在の状況、そして2000年がさきほど冒頭に両貝企画官がお話くださったこの4月の長期エネルギー見通しの線にほぼ沿った数値、ほぼと申しましたが、私なりの区分の仕方を取りましたので、解釈の違いであるかも知れないと思い、そう申しあげたわけですが、そして2020年はその先にやや延長的に私がつくった数値、そのつくり方につきましては、さきほどの前提条件的にご説明したようなイメージを組立てたものでございます。需要と供給をバランスさせるという前提でございますが、需要の中でハッチングしている部分は、電力供給のために使う一次エネルギーでございます。今後だんだん比重がふえていって2000年には4割を越して、2020年には45%とかそんなような比率まで上がっていってしまうのではないかと、また自然にもそうなっていくだろうという自然のトレンドを延長した形のものでございます。仮りにそういたしまして供給源のほうの組合せをいろいろ考えますと、きわめて多数の組合せができるわけでございますが、これは私の作った一つのシナリオとしてごらんいただければと思います。2020年までは需給見通しに準拠している形のものでございますが、その一次源を電力用とそれ以外という具合に分けております。まず石油について今後とも石油のような便利な供給源を永続的に、せめて現在の量ないしはそれ以上に確保することを期待したいわけでございますが、恐らく2000

年を越えて20年とでもいうようになると下がってしまうのではないかと、これが一つのシナリオの分れ目でございますが、そういうことでございます。そういうふうになりますと、多分電気のほうに使う油はゼロということにしないと一つにはつじつまが合わないし、もう一つは燃やして電気にするのはもったいない、ほかに代替案もあるのでというようなプレッシャーが強くなるということで、石油は電気に回わさないというようなシナリオをここにかいているわけでございます。

その次に天然ガスでございますが、天然ガスでもさきほどの前提条件で考えますと2000年を越えた先、多分資源的にはあるのではないかと思います、このシナリオはそれから先はあまり供給源は伸びませんというように書いてございます。そういう仮定をいたしますと、これまた電力用以外のものに振り分けるということで、天然ガスのハッチングの部分が2000年を越えると短くなるというようなシナリオにいたしてございます。電力会社の方等々がごらんになると、そんなばかなことは……というような別のシナリオをお書きになるかも知れませんが、あるいは私のシナリオに賛意を表してくださる方もあろうかと思っております。

そして石炭でございますけれども、さきほどの世界全体の場合同様、そして一つ飛ばした下にある原子力も同様にかなり伸ばしております。同じ資料で前に説明した世界の見通しの棒グラフと思想統一がとれてないのでございますが、ここでの石炭はむしろナマに近い石炭というようなイメージで描いております。そういたしますと、火力発電所で使う分にはどんどん使ってもらえるのですが、原子力と

競争する形になって、その際は原子力優先である、そうすると電気用に使う石炭というのは、おのずから限界があって速度が鈍るであろう、というイメージで描いてございます。そして電気以外の石炭というのは、やはりいま同様鉄そしてセメントあるいは一部大手の産業、工場の方は使いこなして下さるだろうけれど一般までにはちょっとどうかというクエッションマーク付きのイメージを描いておりますので、石炭は資源的にはあるけれども、そして船を造ったり炭鉱開発をすればいくらかでも取得できるはずだと思いますけれども、ここでは棒グラフの伸びが比較的とまっているということでございます。その代りここではもう少し使いやすいかっこうになおした石炭ベースのみであるかどうか別でございまして、油に近いであろう新燃料油というのを相当量入れないと数がありません。同時に太陽熱中心かとも思いますが、自然再生エネルギーを相当量入れないとやはりこれも数がありません。こんなようなことでございます。その中で新燃料油と自然再生エネルギーの扱いがかなり違っておまして、自然再生エネルギーについては大ざっぱに言えば半分は電気というふうにハッチングをつけているわけでございますが、その理由は、在来のエネルギー源でございますが水力、そして地熱発電をその

に入れて勘定している。新燃料油はさきほど松井君その他から話がありましたように電気に使うのはどうかという考え方も私もたまたま意見が一致していて、電気には使えませんが、こんなようなかっこうでございます。このシナリオが本当にいいのかどうか、量的なイメージとしてあっているかどうかというのは別にいたしまして、いままでに研究所のなかでもいくつかのプロジェクトが流れており何人もの先生、外部の方にいろいろ一緒に作業をお願いし、勉強をお願いし、あるいはご指導をいただいている過程で私なりにイメージ的にこんなものをいろんな方にぶっつけてみておりますが、決定的におかしいぞというようなご批判はいただいていないのでございます。しかし、非常にお忙しい方々でございますから、いつかいろんな角度でそれぞれのご批判をいただきたいと考えておまして、そうしますと複数のシナリオができて、複数のシナリオのもとでの新燃料油位置づけのペースがだんだんできあがってくるのではないかと考えているわけでございます。

## 2.2 非電力分野の需給

さて、次に非電力分野の需給に入ります。さきほど需給全体についてハッチングとそうでない部分に振り分けましたが、こういうこ

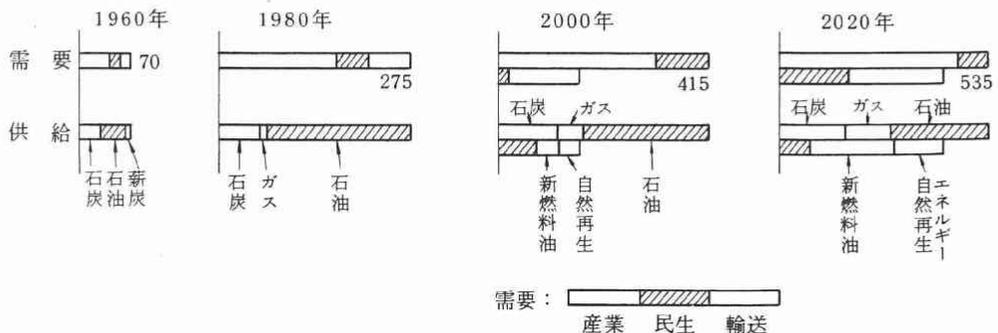


図 5.5 非電力需給 (1次換算, 石油換算百万kl)

とを言うのと電力関係の方に怒られるかも知れませんが、きわめてマクロに考えると、どんな燃料でも電気にはなるので、量的に需給バランスを合わせるのは電気のほうはらくである。したがって、こういうバランスを考えたときにどちらかといえば非電力分野のほうがかうまくつじつまが合うようにスムーズに変化していくようなことさえ考えられるならば、電気のほうも多分いいのではないかというようなことで、電気のほうは省略してしましまして、非電力分野の需給に着目した。そしてそれが新燃料油のポジションに直結しているということで、図 5.5 としてやや視覚に訴えるような図を作ったわけでございます。これも図 5.4 と対応しております、2000 年を見ていただきますと、4 月の長期エネルギー需給見通しの線だと申しあげましたけれども、新燃料油と自然再生エネルギーの細目についてはいろいろ幅があるようでございますので、私なりの解釈の部分が入っておりますけれども、2000 年では需要の約半分が産業用、2 割ちょっと、3 割足らずが民生用で、一方、それに対する供給としてはハッチングしている部分でございまして石油が半分ちょっとを占めていて、石炭、それからこのガスと書きましたのはいわば都市ガス等の形態のものでございます。そして多分石油と同じ用途に使うのではないかと思いますけれども、新燃料油と太陽熱を中心にする自然再生エネルギーがエントリーしている。こんなようなウェートになっているわけでございます。それを 20 年先にもってきますと、一つはここでの生焚的な石炭はほぼ横ばいで、多分ガス化が進展してガス用はふえるだろう、その原資は多分 LNG が大部分かと思いますが、そして油のほう

は上のトータルバランス同様にハッチングの線が短くなり、そこでその部分を新燃料油と自然再生エネルギーで埋めなければいけないというふうに考えますと、使い勝手のあまりよくないしかも使い道がある程度限定されられると思われる自然再生エネルギーよりも多分新燃料油のほうに期待しないといけないのではないか、その期待の程度は石炭生焚の量よりも大きくなってしまっているのではなからうか、こういう想定になるということでございます。

なおこれは全く計算上の問題でございますが、この 2020 年のエネルギー需要を計算する前提といたしまして、これも全く私の勝手なシナリオなんでございますが、2000 年以降につきまして、日本の経済はいまと同じような GNP を勘定するというようなシステムが継続するとすれば、2% 程度成長する。この頃には人口は殆ど頭打ちでございます。そして産業構造の中身は、少し緩やかにはなるけれども、これから 2000 年までの変化と同じ延長線上にあって、つまり組立加工産業的なもの、あるいは GNP の中でいえば三次産業的な分野の伸びのほうが大きというような前提で、かたがたそういう産業構造の変化に伴う省エネルギーといえますか、結果的省エネルギーを考え、個別の産業についてなお技術進歩があるというような考え方で、多分エネルギーの伸びは年率 1% ぐらいだったかと思いますが、そんなような前提の計算でございます。数字が変わりましても年数が 5 年、10 年前後に変わるだけのことで、傾向としては同じということかと思われま。

### 2.3 各種の代替関係

さてそういうことをいたしまして、こま

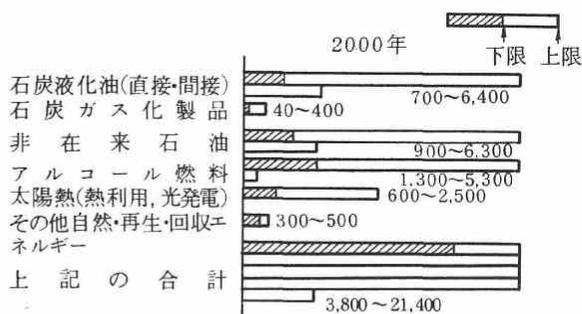


図 5.6 新燃料油, 新エネルギーの供給見通し (石油換算: 万kl)

では新燃料油はなにかというのは、なにも特定されておられませんし、自然再生エネルギーは本当にどんなもの考えたのだというのものにもないわけでございます。なにもないと議論のはじめにならないものでございますので、そのへんの代替のもとはなんだろうか、やや半分議論のたねをつくるようなつもりで、いろいろなものを埋め込んでみたのが表 5.1 と図 5.6 さらに図 5.7 でございます。

このうち、図 5.6 はさきほど吉田先生あるいは松井君の話と重複するものでございまして説明を省略いたします。また図 5.7 は、資源エネルギー庁からも資金が出て、全国各都道府県でローカルエネルギーの調査をなさっておられまして、まだ56年度分まで全部がまとまっておりませんので、55年度の調査結果を2倍したら日本全体になるだろうということ、さきほど雨貝さんのときにご質問があったようでございますが、ローカルエネルギーにどれだけ期待するのかというのを私なりに勘定したものでございます。そういうものを頭の中に入れながら、さきほどの非電力分野の需給につきまして、何と何をどれだけ埋め込むと2020年あるいは2000年でちょうど

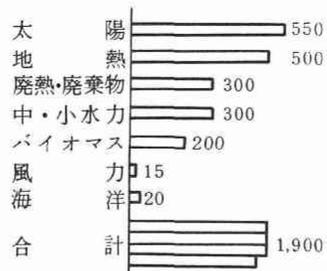


図 5.7 ローカルエネルギー開発期待量 (1990年) [23道府県集計値×2, (石油換算万kl)]

数字が合うようになるもの一つをつくって見たのが表 5.1 でございます。新燃料油の中で石炭液化、ガス化、これは液化といえども国内立地のものがあり得るのではないかというイメージのもとにそれをひとつ項目にあげ、それから現在いわれておりますように石炭液化油というのはきわめて大ざっぱには、輸送の問題を考えて海外立地、これはもっともなことだと思いますのでそれを入れており、それからオイルシェール、オイルサンドを加えてやはりより一層油に近いものを引張り出せばいいわけでございますので、それがあろうとしております。それからさきほど高倉が報告したメタノール、ここでは多分経済的に考えると天然ガスベースが一番かと考え、そういたしますと、天然ガスのトータル供給がどこかで頭打ちするということとある意味でちょっと矛盾する点が起こるのかも知れませんが、現在のような貿易の対象になっている天然ガスとはまた違うソースも少しあるというようなことで、この四つを掲げております。さて、どれにウェイトをおくのが、実はこれからの勉強課題でもございますが、私はある意味で個人的には国内立地の石炭ガス

表 5.1 各種の代替関係

(1) 新燃料油関係(2000/2020年)

- ① 石炭液化・ガス化 (国内立地) …… 10/50 百万kl相当 …… 主として産業用燃料油・ガス供給
- ② 石炭液化油 (海外立地) …… 10/30 百万kl相当 …… 主として産業用重質油, 軽質油代替
- ③ オイルシェール, オイルサンド …… 10/35 百万kl相当 …… 原油相当の製品を輸入
- ④ メタノール (天然ガスベース主体) …… 10/30 百万kl相当 …… 主として輸送用(ガソリン, 軽油代替)

(2) 自然再生エネルギー関係(2000/2020年)

- ① 太陽熱給湯・暖房システム …… 20/45 百万kl相当 …… 主として民生用, 一部産業用  
20㎡級ソーラー・システムがほぼ全面的に普及
- ② 地熱給湯・暖房システム …… 5/15 百万kl相当 …… 民生用, 産業用(1次産業主体)ほぼ半々づつ  
発電に伴う熱水供給が過半
- ③ バイオマス 廃棄物など …… 5/10 百万kl相当 …… 民生用, 産業用ほぼ半分づつ

(3) その他の代替システム

- ① 核熱産業・民生利用 …… 産業用蒸気併給, 原子力製鉄, 石炭液化・ガス化熱源, 一部民生用
- ② 燃料電池システム ……

化, 液化プラントというのはやはりもっていないと将来海外立地の石炭液化をやる, あるいはオイルシェール, オイルサンドにかなりな量で手を伸ばす, そういうようなときにどうもうまくいかないのではないかという感覚も含めまして, 国内立地の石炭液化, ガス化というのに4分の1を少し上回る量を割りふって-これは考え方次第でございますが, -この表を作ったものでございます。

さて, どれが本当にいいのかという勝負は, これからまだしばらく先にならないとつかないという感じでございます。ただ実はいずれも一つのプラントの単位が, たとえば石炭液化についてみると5~6万B/日と, 油になおしまして年間300万キロリッター相当ぐらいのものでございますので, 技術ができて, そ

の時点で経済性がなんとかなる, あるいは10年先を見通して経済性がなんとかなるという判断をなさる方がいるという状態になれば, あとはプラントの数をどれだけ現実問題として手配できるか, あるいはアレンジできるかということでございますので, 実はこの数字が50とか30とかというのはそれほど意味がなく, 相互に代替的なものであり, もしフレキシビリティを考えるなら, 両方をもっていてトータルとしてバランスを合わせるようにするということかと思いますが, こんなイメージを描いてみたわけでございます。

自然再生エネルギーについてもやはり同様なことでかなりな量を使わないといけなだろうというようなことで, 一つのシナリオをここに書いたわけでございます。このほかに

さきほど原子力からんで申しあげましたように核熱を利用する、そしてそれが蒸気の熱源になるとか、産業用のエネルギー源になるとか、あるいは民生用にも使うというのやはりこれから20年先にもなればエントリーしなければいけない項目の一つかと思われま。こういったものが相互代替的あるいは相互競争的にどこかに入らないといけないのですが、全部に共通しました問題点は、恐らく現在の主流を占めている油に比べていったい経済的に成立つのかどうかというあたりかと思われま。そのへんにつきましては全部問題があるわけでございますけれども、これから20年先あるいはもっと先まで考えますと多分相対价格的にどれか合格するものがでてくるのではないかと思うわけでございます。そしてその合格するものの候補をなるべく多くするためには実は技術開発あるいはこれからのエネルギー確保策についての何年かたった後でみた結果的な総合効率、または最適コスト-ベネフィット比率とはやや矛盾するかも知れませんが、どうもやや無駄を覚悟で手広く考えないといけないのではないかという感じがして仕方がないわけでございます。

もう一つこれで眺めてみますと、たとえば石炭液化油について、海外立地というものを考えますと、従来は油を日本到着ベースあるいは向うの送出しベースで買ってきたのが大部分なのに比べて将来海外立地の石炭液化油が主流になるのだといたしますと、むしろ探鉱開発から日本で参加し、資本投下をし、手配をしなければいけない。つまりしっぼのほうだけ扱っていたのに対して最初のところから扱わなければいけないということで資金的な面でも人材的な面でもずいぶんたいへんだ

という感じがいたします。しかし、どうもエネルギーをだれか外国の人がつくって、利益をもって売ってあげるというのを買いますということだけですかまいような感じがいたしますので、多分エネルギーに投入すべき資源-人間とお金とあるいは知恵という-を従来以上に次第にふやしていかなければいけないというのが一つの答えでございます。

もう一つ新燃料油がらみでは、現在のどういった企業グループが、あるいは業界が中心になって一種新しい事業あるいは産業を形成していくのか、代替関係といたしましてはいまの石油に代わるわけでございますので、石油会社はその代りにやれば原料を転換したと同じことかなということでもございますが、用途の関係、使う技術の関係あるいは原料の手配の関係等々で従来からある意味の関連をおもちの業界も日本の中でいろいろあろうかと思われま。どこが中心になるかはともかく、あるいは当分星雲状態が続いて、そしてある規模で日本の中で大量に使われるようになるかどうかとどこか落ち着くところに落ち着くのかも知れませんが、どんな方々がリスクを冒して先行投資をされるか、そういう態勢を整えられるか、ないしは協調態勢を整えられるかというようなことも、どうも一つの課題なのではないかという感じがしているわけでございます。当研究所は総合工学研究所でございますので、いま最後に申しあげましたことは工学としての報告としては全く余分なことでございますが、私どもとしましても総合工学とはいいながらそういうことにも関心をもちながら、総合工学の研究をしなければいけないと思っております。当研究所の研究テーマにいろいろタッチしておりまして、そ

のときに得た感触等を含め私なりに勝手に組み上げたようなシナリオも含めまして、当研究所の新燃料油に関する研究、あるいはほかの研究がどんな幅でどの程度の議論で行われているのかというのを、ご推察いただくような引き金みたいなものとしてこの報告をさせていただきます。（たけだ こう）

### 質 疑 応 答

問 日立造船の木下でございます。

きょうは社長としてではなくて、総合工学の研究者の一人としてご質問申し上げたいと思います。武田さまにお願いいたします。

エネルギーの将来、需給のバランスその他について各石油、石炭、天然ガスといったようなことをおっしゃっていただいているわけですが、これらの供給の部分の中にはエネルギーとして使われる部分と工業用の材料として使われる部分とが入っているはずでございますが、工業用材料としての分はこの統計その他にはどこへ入っているのをごさいますか。エネルギーとして供給されるときにもうそれは差引いていらっしゃるのか、世界中の産額の中から、どこに入ってくるのをごさいますか。

答 いまの問題でございますけれども、

工業用原料として使われるソースとしてのエネルギー、たとえば化学工業用のナフサあるいは見方次第では鉄鋼用の原料炭もそういうような性格が一部あるのかも知れませんが、これも全体としては含んでいるかっこうのバランスでございます。たださきほどたとえば工業用のアルコールの話もでした

が、そういうものを厳密に勘定して整合的に全部バランスに組みこんでいるのではありませんが、大ざっぱには原料用に使うものも含んだバランスを組んでおります。

問 重ねてちょっと伺います。念のために。

たとえばプラスチックになる分については、これはプラスチックがまた使い終って廃品になった場合に、さっきのゴミ焼きのときに、それがまたゴミとして焼いたときに廃熱利用でまたエネルギーになりますね。そういうふうな勘定になるわけでございますか。

答 廃熱利用で明示的に回収したものはここでは自然再生エネルギーの一部としてカウントをしているということでございます。全部について整合的かどうかということになりますと、ちょっと私も自信がございません。ですからそういう意味ではカスケード的な利用、廃物の回収までずうっとつなげたかっこうで1回整備してみる必要が別途あるかも知れません。

問 量的には少ないものなのでしょうか。

答 量的には日本の中でいえば化学原料用のナフサは油の1割とか1割ちょっとでございます。トータルからみても1割にならない。それから廃熱回収といいますか、たとえばゴミを焼いた発電というのはたしか全体で3～40万キロワットでございますが、コンマゼロなんかパーセント、ですからいまおっしゃったようなのを全部考えましても、きょう現在のレベルあるいは20年先のレベルでは1割という数字にはとてもならない、数%というようなオーダーかと思われま。

問 山陽国策パルプの村上です。

各種の代替関係の部分でございますが、バイオマス、廃棄物などということで、図5.7に

もございますけれども、非常に代替量としては少ない見通しをたてておられます。ここ二、三年来注目を浴びてバイオマス、バイオマスと叫ばれておりますが、見通しとしてはあまり大きくないということをおっしゃいました。順位としましては風力、海洋の次ぐらいにおいてありますけれども、そこいらの見通しの根拠についてはいかがなものでしょうか。

答 まず表5.1, 図5.7に書いてあるバイオマスというのはこんなイメージで書いたという意味で定義をいたしますと、日本国内のバイオマス-ソースをベースにしてどれだけうまく使えるかというようなイメージのもとでバイオマスを考えるとどうだろうかというようなことで考えてみたわけでございます。そのベースにしたものが図5.7でございますが、その中でバイオマスと書いてございます。どちらかといえば農業林業廃棄物的な感じのものがウエートを占めて入っている、そしてメタン発酵等でそういうものを回収しますとか、あるいは一部薪、薪炭を使いますとか、そんな感じのものでございます。日本の中だけで考えますと、確かにバイオマスのもとになりうる資源の生産量、森林とか草地、さらにたとえば200海里域内の海藻類の成長等を考えますと、図5.7に示したようなオーダーではなくて計算次第では年間数千万トンあ

るいはそれ以上相当分のバイオマスのもとになる植物等があるというような勘定があるわけでございますけれども、そこまで考えるのではなくて、もう少し小規模な分散的なものではないだろうかというような感覚で考えてみますと、あまり大きな量にはならないというようなことでございます。もっともこのへんは私のこの資料をまとめるときの感じてございまして、さきほどの報告者の一人であるたとえば高倉君なんかと議論をいたしますと、こんな小さな数字をだされては困るな、これは当研究所のコンセンサスではない、というようなことを多分言うだろうと思います。もう一つバイオマスのもととしては海外でのバイオマス、そのうちにそういう生産物の一部が日本に引き取られることもあり得るというような考え方もあろうかと思えます。そういたしますとこれとは桁が違った規模の量で議論もできるのではないかと思われますが、私のこのパートでのバイオマスの数字は国内産、地域分散型という非常に狭い感じで作りましたので、こんなことになっているわけでございます。なお、風力とか海洋に比べると、ここのイメージとしては風力や海洋に比べれば大きなレベルであろう、バイオマスには現実にも実用的に回収しているものもあるのだからというような感覚でございます。

# 閉会のあいさつ

常務理事 柴田 誠 一

本日はお忙しいなかをご出席いただき、誠にありがとうございました。  
今後ともこのような研究報告会を続けていく予定にしております。本日のシンポジウムを契機に、皆様方に私どもの研究所についてのご理解を仰ぎ、これからの発展のために、なにかとご協力をいただきたいと思います。よろしく願いいたします。  
簡単ですが、これをもって閉会のあいさつといたします。どうもありがとうございました。（しばた せいいち）



会場スナップ3（質疑応答）

# 研究所のうごき

(昭和57年7月1日～9月30日)

## ◇ 企画委員会開催

### 第22回企画委員会

日 時：9月3日(金)14:00～16:00

場 所：当研究所 第2会議室

議 題：

- (1) 発電所の熱利用について
- (2) 研究成果報告
  - ① 多目的高温ガス実用炉並びに熱利用等に関する調査
  - ② 中小型軽水炉開発調査
- (3) その他

## ◇ 主なできごと

- 7月5日(月) 「中小型軽水炉構想設計・経済性検討」第6回委員会開催
- 13日(火) 「原子力プラント運転の信頼性に関する研究会」開催(第24回)
- 14日(水) 「石油製品需給不均衡解消に関するフイージビリティ調査」第4回ナフサ委員会開催
- 16日(金) 「メタノール環境安全性検討」委員会開催
- 20日(火) 「石油製品需給不均衡解消に関するフイージビリティ調査」第3回アスファルト委員会開催  
「中小型軽水炉構想設計・経済性検討」第7回委員会開催
- 22日(水) 「廃炉技術基準等確立調査」第1回委員会開催
- 23日(金) 「第2回エネルギー総合工学シンポジウム」開催  
「LNG施設総合技術調査研究会」開催(第1回)
- 26日(月) 「FBR実用化」第2回委員会開催
- 8月3日(火) 「燃料電池エネルギーシステム」第1回委員会開催
- 6日(金) 電力中央研究所委託テーマの56年度成果に関する報告会開催
- 11日(水) 「廃炉設備確証試験検討」第4回委員会開催

8月13日(金) 「メタノール環境安全性検討」委員会開催

27日(金) 「海洋地熱」第1回委員会開催

31日(火) 「FBR実用化」第3回委員会開催

9月2日(木) 「石油製品需給不均衡解消に関するフイージビリティ調査」第4回アスファルト委員会開催

3月(金) 第22回企画委員会開催

10日(金) 「電気エネルギー貯蔵技術の調査並びにフイージビリティスタディ、超電導電力貯蔵検討会」第1回委員会開催

21日(火) 「原子力プラント運転の信頼性に関する研究会」開催(第25回)

## ◇ 人事異動

○ 7月1日付発令

(採用) 大森 栄一 常勤嘱託、副主席研究員、調査部長に任命

経理部長 阿部 進 退職(出向解除)

(採用) 沼尾 和男 経理部長に任命

(採用) 竹下 宗一 主任研究員に任命、プロジェクト試験研究部配属

○ 7月21日付発令

(採用) 桑原 脩 主管研究員に任命、プロジェクト試験研究部配属

○ 7月28日付発令

主任研究員 菅野 一郎 退職(出向解除)

(採用) 菅野 孝悦 主任研究員に任命、プロジェクト試験研究部配属

○ 9月30日付発令

副主席研究員、プロジェクト試験研究部長兼企画部長 飯沼 孝正 退職(出向解除)

## ◇ その他

外国出張

- (1) 山本彬夫副主席研究員と近藤駿介研究嘱託とは、「FBR実用化開発動向の調査並び意見交換」のため、9月14日～同月26日の間、仏、英、米の三国へ出張した。

季報エネルギー総合工学 第5巻第3号

---

昭和57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3-8-21

第33 森ビル

電話 (03) 431-8822

---

無断転載を禁じます。(印刷)和光堂印刷株式会社