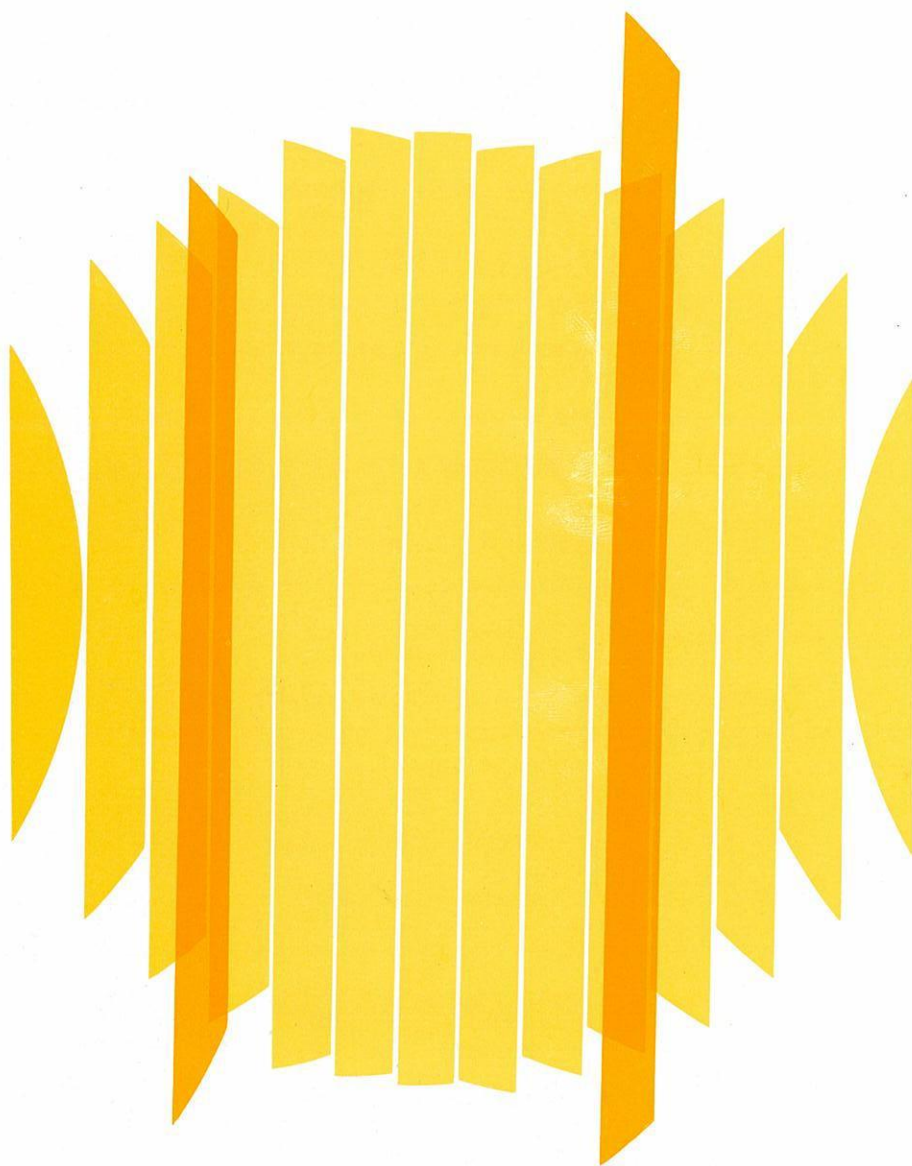


季報 エネルギー総合工学

Vol. 8 No. 3

1985. 10.



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

第5回 エネルギー総合工学シンポジウム（特集）

燃料用メタノール導入への展望と課題

〈新液体燃料への期待〉

—— 議 事 録 ——

目 次

開会のあいさつ……………	
……………所 長 山 本 寛…………	1
〔基調講演－1〕メタノール燃料の特徴と世界の利用動向…………	
……………研究顧問 武 田 康…………	3
〔基調講演－2〕メタノール燃料のエネルギー政策上の意義と問題点…………	
……………通商産業省資源エネルギー庁石油部精製課技術班長 井 田 久 雄…………	15
〔報告－1〕メタノール燃料の供給見通し……………	
……………(株)野村総合研究所社会システム研究部 資源エネルギー研究室副主任研究員 石 黒 正 康…………	28
〔報告－2〕メタノールの製造技術とコスト低減の可能性……………	
……………主任研究員 原 谷 裕 三…………	43
〔報告－3〕メタノールの自動車用燃料への利用……………	
……………(財)日本自動車研究所研究主管 金 栄 吉…………	56
〔報告－4〕メタノールの発電用燃料への利用……………	
……………研究員 蓮 池 宏…………	73
閉会のあいさつ……………	
……………常務理事 柴 田 誠 一…………	83
“国際電池技術総合シンポジウム”の開催について(ご案内)……………	84
研究所のうごき……………	87

と き：昭和60年7月17日(水)13：30～17：30

ところ：日本工業倶楽部2階大会議室

開 会 の あ い さ つ

所 長 山 本 寛

所長の山本でございます。

本日は大変暑いなかを私どものシンポジウムのため多数ご参集下さいまして誠にありがとうございます。

私どもの研究所は毎年1回、私どもの研究所でやっております仕事のなかから、そのときどきに適していると思はれるテーマにつきまして、このシンポジウムで皆様方にお話申し上げておりますが、この機会にいろいろご意見、ご批判を賜りたいということも大きなねらいでございます。

今回は第5回にあたるわけでございます。新聞紙上にもこの頃メタノール燃料に関する記事が時々掲載されておりますが、このメタノール燃料につきまして、私どもも調査研究をやってまいりました。今日はそれらに加えて外部のご専門の方、ならびに通産省の方にもお願いしまして、メタノールを中心にしてのシンポジウムを計画させていただいたわけでございます。終わりまでご静聴いただければ大変ありがたいと存じます。

この機会に私どもの研究所のことについて、一言～二言お話をさせていただきます。私どもの研究所は、発足しまして7年を既に経過し8年目に入っているところでございます。現在の所員数は約40名で、比較的ささやかな研究所がありますが、約40ぐらいの課題を抱えて調査研究をしておりますので、一人一人の研究員をとってみますと、かなりいろいろな仕事を手がけなければならぬということで、多忙な状況にあるわけでございます。

翻ってみますと、昨今のエネルギー問題に対する世の中の関心は石油の値段の低下もあり、いま世界的に少し薄くなっています。日本の場合でも、ほんの少し前までは各政党とも、エネルギー問題を最重点課題に掲げておりましたが、ここへきて関心がやはり下がってきているように見受けられるわけでございます。

アメリカとかそのほか国内にエネルギー資源を沢山もっている国は、将来のための新しいエネルギー技術の開発を進めるテンポを政策的に多少落しにしても構わないかも知れませんが、エネルギー資源に乏しいわが国にとりましては、こういうときにこそエネルギー技術の開発にさらに力を入れる必要があるわけでございます。幸いに、国におかれましてもエネルギーの開発のために相当大きな予算を毎年さいてくださり、いろいろな技術開発が将来を見越して行われておりますことは、恐らく日本国民にとって、先々これは必ずや仕合わせな結果をもたらすものと私どもは信じております。

そういうことで、私どもの研究所は極めて微力ではありますが、日本が近い将来出っくわすであろうところの課題にいささかでもお役にたつよう取り組んでおるわけでございます。今後ともよろしくご支援をいただければと存ずる次第でございます。（やまもと ゆたか）

〔基調講演－1〕

メタノール燃料の特徴と世界の利用動向

研究顧問・(株) 海外電力調査会専務理事 武 田 康

はじめに

プログラムに「基調講演」とありますが、私のあと井田さんに政策の話をしていただき、そのあと、石黒さんに需給、価格等のお話、それについて原谷さん、金さん、蓮池さんと製造技術、自動車関係、発電関係等々お話いただきますので、タイトルはこうなっておりますが、むしろ私のご報告はイントロダクションだにご了解いただき聞いていただければと思う次第でございます。

最初に序論のまた序論になりますが、(財)エネルギー総合工学研究所とメタノール燃料とのかかわりあいについて、過去の経緯等を簡単に紹介させていただきたいと思います。

この研究所が設立されたのが昭和53年でございますが、1年ぐらいたちました54年、いま頃の時期だったか、あるいは夏を過ぎた頃だったかと思えますけれども、資源エネルギー庁の方々、エネルギー経済研究所の方々、それから自動車研究所の方々、学識経験者の方等々とご一諸にアルコール燃料というのが将来どんな可能性があるだろうかという、私的勉強会を始めました。たしか半年か1年ぐらい続けたと思います。その当時あちこちで

アルコール燃料についての関心が少しずつ高まって、これから勉強しよう。なかにはある会社等々でかなり詰めたスタディをなさっているところもあったわけでございます。たしか予備調査と銘打って勉強会をスタートし、いろいろ外部の方々からお話を伺ってまとめたわけでございます。

アルコール燃料の開発については大きな流れとして二つございまして、エタノールーいまはバイオマスと言うようですがーそういう系統のアルコール燃料がひとつ。もうひとつが天然ガス、石炭等をソースとしたメタノール関係、でありました。その後先程申しあげたような関係の方々と一緒に、あるいは単独にメタノールの勉強会をしたり、また56年頃からかと思いますが、資源エネルギー庁等が中心になられまして、発電用のメタノールの将来性はどうかということ、メタノールの供給関係、需要の状況あるいは利用技術の動向、さらに環境への影響、そして同時にこの研究所は直接はタッチしてなかったわけですが、自動車用燃料としての可能性について、きょうお話いただく金さんとか、あるいは石黒さんが所属されております野村総合研究所等々がご参加になって、その可能性の追究という形でメタノールがらみの勉強が

いろいろ続いてきたわけでございます。

私がきょう最初のご報告をする立場になりましたのは、多分、次のような事情からではないかと思います。この4月に「海外のメタノールの状況調査」を資源エネルギー庁、NEDOで企画なさいまして、お前もこの5年間ぐらい勉強していたのだから参加したらどうだと勧誘され、参加しましたので、序論を話す役としては適役ではないかというようなことで、お時間を拝借する破目になったわけでございます。

エネルギー総合工学研究所のいま申しあげたようなメタノール燃料とのかかわりあいはいはこれからもお続いていくことかと思ひますが、ただもしこういうものの利用がより具体的にになりますと、研究機関、財団法人等でなくて、個別の企業、個々の業界が一生懸命やりになるという形でパトントラックをしていくことになるかも知れません。きょう現在はまだそこまでいっておりませんので、このエネルギー総合工学シンポジウムというようなタイトルをつけることができたのではないかと理解しているわけでございます。

1. メタノール燃料の特徴代替燃料としての可能性

メタノール燃料の自動車関係への利用、あるいは発電用としての利用については、あとでそれぞれお話があるかと思ひますので、最初にごくごく一般的特徴を表1に掲げました。メタノールは液体燃料であつて、同時にいろんな雑物が入らないので非常にクリーンである。そういうことで、ある意味ではありとあらゆる現在の燃料の代替に使い得る可能性を

をもっているということでございます。ただだんだん改善はされてきましたものの、二つの欠点—欠点—というところとことばが強過ぎるのかも知れませんが—がございます。表1にも示したように単位容積当たりの発熱量が小さいことがそのひとつです。同じ発熱量ということで考えますと、たとえば油の2倍の量がいるということになります。もうひとつは、発熱量当たりで比べますと、これは用途によりましていろんなことがいえるわけでございますが、極めておおざっぱにみて燃料に使うということであると、発熱量当りのコストで比べると、過去数年間を通じてずいぶん安くなってきているものの、なお高く、さてどうしたものかと考える人が多いという点が一般的な意味での難点であろうかと思ひます。

それではきょう現在どう利用されているのかを考えてみますと、いろいろな実験的な使い方をしている部分は別にしまして、日本のなかだけでみますと、化学用のみで、そのなかでは極めて広く使われているということでございます。表2に使用量とか、どんな用途に何%と書いてございますけれども、需要の総量は日本で年間約100万トン、アメリカでは約300万トン、西ヨーロッパもアメリカ並みの約300万トンでございます。日本のところだけ棒を引っ張っていますが、アメリカ、ヨーロッパでは1割前後あるいは1割足らずのものが燃料用として、これは自動車用燃料として一部使われているということでございます。

さて、化学用として広く使われておりますので、性質その他はだいたいわかっているわけですから、経済的な面あるいはインフラストラクチャーなどがうまくいくものであれば、

表1 各種燃料の性状比較

	メタノール	ガソリン	ナフサ	灯油	軽油	C重油	LNG	石炭	エタノール
状態 (取扱い時)	液体	液体	液体	液体	液体	液体	液体	固体	液体
発熱量 (kcal/kg)	5,400	11,450	11,000 12,000	11,000	11,070	10,000 11,000	13,100	5,500 7,000	7,130
オクタン価 (リサーチ法)	106	84~94							106
オクタン価 (モータ法)	92	76~83							89
セタン価	3	12			45~60				8
灰分 (%)	0		0	0		0.05 以下	0	5~20	
硫黄分 (%)	0		0.05 以下	0.05 以下		0.1~3	0	0.5~3	
窒素分 (%)	0		0	0		0.2	0	0.8~2	

表2 メタノール需要内訳 (1982年推定)

	アメリカ	西ヨーロッパ	日本
ホルマリン	30%	50%	47%
クロロメタン類	9	6	3
D M T ¹⁾	4	4	1
メチルアミン	4	4	2
M M A ²⁾	4	3	6
酢酸	12	5	10
溶剤用	10	6	6
M T B E ³⁾	8	5	-
ガソリン混入用	6	5	-
その他	13	12	25
計	100	100	100
メタノール需要	3,155,000トン/年	3,257,000トン/年	1,070,000トン/年

(注) 1)ジ・メチル・テレフタレート

2)メチル・メタ・アクリレート

3)メチル・ターシャリー・ブチル・エーテル

出所：小林，化学経済，1984-1月号。

燃料として使っても基本的にはあまり問題ないと思っております。

2. メタノールの利用可能性

ところで、メタノールを燃料として使うことを考えたとき、現在ではどうだろうか、これから5年、10年といった比較的短い期間を考えたときにどうだろうか、あるいはさらに21世紀にわたりまして、20年、30年ぐらいの比較的長期間を考えたらどうだろうか、ということをおなりにまとめてお話ししたいと思います。

まず、技術的にはどうだろうかという点からみてみます。さきほど申しあげましたように、あらめる面で燃料の代替として使い得るのではないかと思います。ただ個々の使い方に立ち入りますと得手、不得手があるということはある燃料にもいえることでメタノールの場合も例外ではございません。同時にいままでも燃料として使われているものではございませんので、周辺のインフラストラクチャーあるいは利用技術そのものも含めまして、ある意味のリードタイムがそれぞれの用途ごとに違っているというのも当然でございます。そういうリードタイムを克服するにはどれだけ知恵を投入するかという技術開発とも関連してくるかと思うわけでございます。

第二に経済面でございますが、マーケットメカニズムが日本のものごとを動かす全部とはいいませんが大半を占めておりますので、経済性の面で他の燃料あるいは現在の燃料と比較してどうかというのが実際に使うかどうかについてのかなりの決めてになるわけでございます。その点では、これまたあとのお話

で詳しく出てくるかと思っておりますけれども、メタノールというのはほかに比べてカロリー当たりあるいは発熱量当たりでお値段が2倍か、うっかりすると3倍もするのではないかなというのが、さきほどの54年頃に予備調査を始めたときのお話だったわけでございます。しかし、いまや何倍ということではなくて何割増しというレベルで、条件次第ではほんとんとんというような条件が整いつつあります。いま「整いつつある」という表現を使いましたので、それならこれから3年、5年たてば当然有利な条件ができるのではないかなという希望的観測がでてくるかと思っております。現実はどうもそうになっていく可能性ありという見方と、このへんで下げ止まりだという見方が混在しているようでございます。もうしばらく様子をみまさんとあの用途にもこの用途にも経済的に使えるというふうになるかどうかの決め手はなかなかつかみ難いのではないかなという感じがしております。

ただ非常に長い目でみまして、たとえば現在の石油がもう少し条件の悪いところから掘らなければいけないようになり、メタノールにつきましては、資源量の多い石炭ソースからどうしても採りたいという状況になる世の中を想定いたしますと、可能性のある資源量が多いというふうに言えいいかと思っておりますが、そういう点で経済面でも十分クロスする可能性があるわけでございます。

さて、いま現在、ないしこれから3年、5年、そして非常に長い目でみてということでも申しあげましたが、中間のどこでクロスするかがほんとにメタノールを使ってみようかという方々の関心であらうかと思っております。これは用途ごとに違うようでして、目下断定的に

言うのはなかなかむずかしいようでございます。

それでは本当にたくさんの需要量があるのだろうか、技術的にも経済的にもよくても総需要量がたいしたことがなければそれなりの寄与しかできないわけでございます。その点につきましては、これまたあとで詳しいお話があらうかと思ひます。これまではメタノール生産は先進工業国で行われていましたが、きょう現在では産油国、産ガス国等でのメタノールの生産が進み、生産能力の比重がこれらの国々にシフトしてきています。きょう現在の世界的なメタノール供給能力と需要との供給過剰ギャップは年間4～500万トンのオーダーであらうかと思ひます。産油国等での生産設備増強が進展しておりますので、これからしばらくの間、いま申しあげましたような4～500万トン、あるいはもうちょっと上回るレベル、そして需要がもう少し強いとしますと少し下回るかも知れませんが、いずれにしてもそういう供給能力超過状態が続き得るわけでございます。供給能力超過状態の下で限界生産費、あるいは限界供給の価格形成というようなことで考えますと、価格的にもかなり低いものが期待できるのかも知れません。ただ、それではこの先の状況が続くかどうかと考えると、現在のメタノール国際価格水準が少なくとも先進国の中で生産設備をつくらうと思っている人たちにとっては必ずしも魅力的なものでない、ないしはとても魅力がないという表現の幅の範囲内でございます。

このような経済原則からや、離れて、たとえば輸出品の付加価値を向上させるために、天然ガスの形で売るのでなくて、メタノールなりなんなり加工品の形で売らう、あるいは

それをてこにして国内の産業開発、経済開発をしようというようなもうひとつの意図が加わるかと思われる発展途上国、あるいは産油国等々では、なお魅力があるとも考えられるということでございます。そういう意味で考えると、メタノールはますます油のように大量にというふうにはなかなかいかないのではないか。その時期はやはりエネルギー・トータルの事情が少し変わるかとも思われる21世紀になるのかなというのが私の感じでございます。いま申しあげた見通しにつきましては、日本の中でも、世界的にもいろんな方々がかなり幅のある議論をなさっているところでございまして、私の個人的な見方をご説明したわけでございます。

いまご説明したことを極めて簡単なグラフなり表に画いて示しました。図1は、メタノールを燃料用として使うとすると、いろんな用途があつて、それはどのようなものなのかということを示したものでございます。自動車燃料としてメタノールを数%ガソリンの中に混ぜたもの、それから大部分がメタノールで、ほかの炭化水素を少し混ぜたもの。ここでは低濃度混合とか、高濃度混合という表現を使っております。そしてその中間はどうだろうか。メタノール100%のものはどうだろうか、という議論が前々からあつて、いろんなところでいろいろチェックをなさったわけですが、ここに括弧で書いてあるように落第という言葉い過ぎかもしれませんが、それほど魅力のないものになっているのではないかとこのように理解しているわけでございます。

発電用といたしましては、その下の枠にございますように火力で焚く石油の代りにメタノール、それから将来的にいいますと、燃料

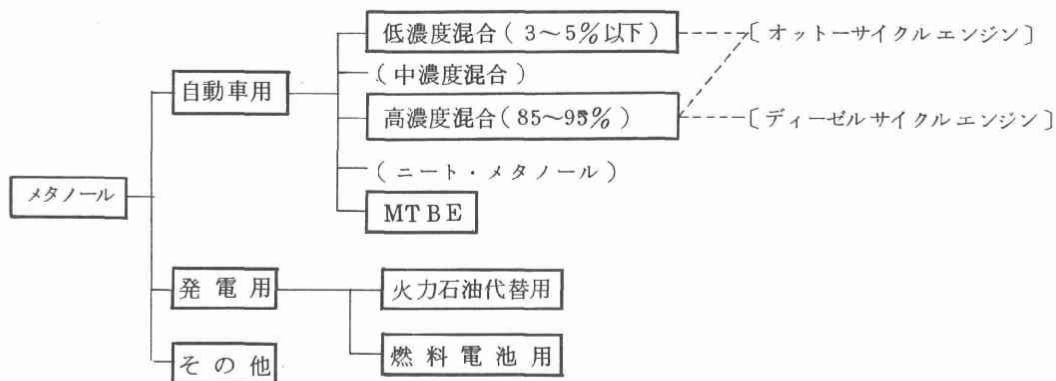


図1 メタノールの燃料用途

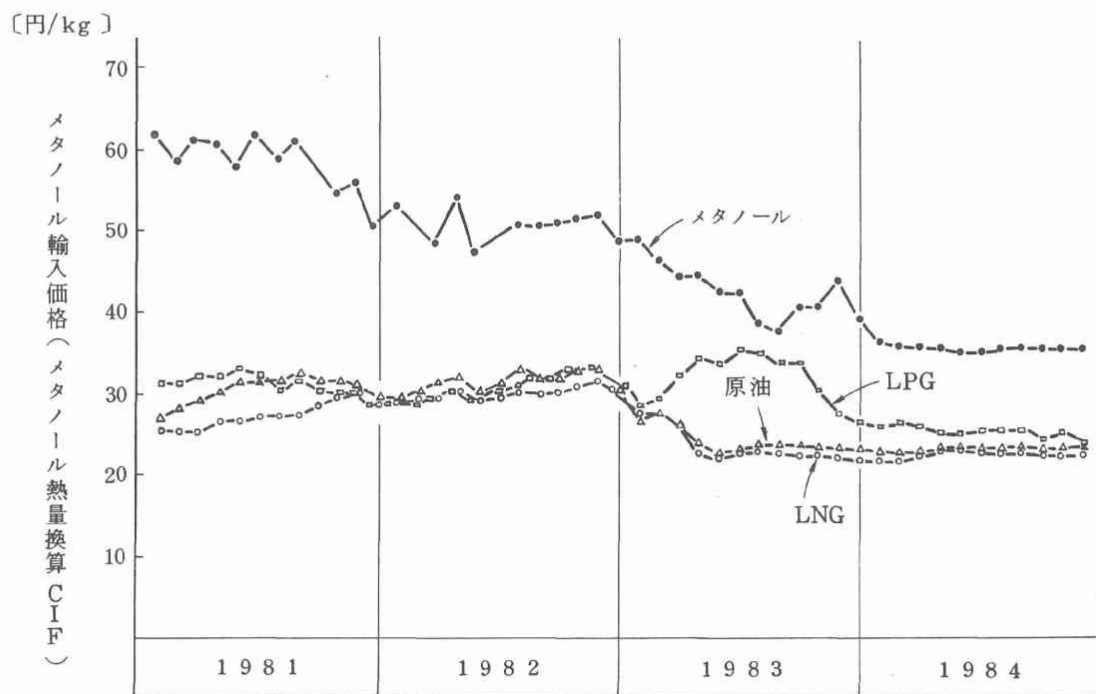


図2 メタノール輸入価格の推移と他燃料との比較

電池などもメタノールを使う有力な候補と考えられるかと思っております。

図2は価格動向をしるしたものでございまして、この図にございますように、ほかのものは横ばい前後なのに対して、メタノールは81年以降ずーっと下がってきています。さきほどこれ以上いくかどうかとちょっと疑問符的に申しあげましたが、84年頃以降横ばいになっているということとリンクしているわけでございます。

表3は、供給能力と需要のギャップの予測値を示したものです。将来の需要予測にもかかわることでございますので、断定的な数字ではございません。この表では2年前(1983年)の供給過剰量といいますか、供給能力の余剰分が約370万トン、87年、つまり1年半後の予測が約400万トンであり、その先は需要の伸び率にもよるけれども幅がある。というようなことでございます。

3. 世界の利用動向

3.1 概 況

次に世界の利用動向に触れたいと思います。先程の説明と重複いたしますが、現在生産し

ているメタノールはほぼ全量化学用で、ごく一部、5%から1割程度が燃料とくに自動車用燃料として使われているわけでございます。その自動車用燃料としては、一部の国、アメリカの一部の州といいますか、一部の石油会社の供給場所の一部、そしてヨーロッパでは西ドイツなどでメタノールを3%とか、4~5%ガソリンに混ぜた混ぜものを普通のカソリンのように売っていて使っているということでございます。ところで現実に商品としてかなりな量流通しておりますが、自動車燃料用としては図1にもありますようにいろんな用途でどうなのだろうかということを、燃料サイド、それからエンジンのサイド、自動車のサイドで、それぞれ勉強しながら、どこまで使えるか、あるいは使い勝手はどうか、経済性はどうか、問題は起こらないのか、というようなことがいろいろ調査研究されてますし、発電用燃料につきましてもいろんなR & D、試験使用、フィージビリティスタディが行なわれております。

3.2 ロー・ブレンド・ガソリン

さきほど、一部の国、地域でロー・ブレンド・ガソリンが自動車用燃料として使われて

表3 メタノール生産設備容量と需要量の将来予測

(単位:千トン/年)

年	生産設備容量	需 要 量	余 剰 量	稼 動 率 (%)
1983	15,511	11,803	3,708	76
1987	20,394	16,010	4,384	79
1990	23,000	18,534 ~ 21,309	4,466 ~ 1,691	81 ~ 93

(注) 1987/1990 年 10 ~ 5% の需要量増加として想定

出所: European Chemical News, Dec. 24/31 1984.

いと申しあげましたが、私の理解では、普通のカソリンと価格的にどうかというのを基本にして、いわばマーケット・メカニズム・ベースで、使えるところでは使っているというようなこととございます。

アメリカではロー・ブレンド・ガソリンのほとんど全部がアルコという会社によって供給されています。同社は石油製品もつくるしメタノールもつくっているようで、オキシノールというものをつくりまして－これはいわばオクタン価向上剤にもなっているのですが－そういったものを一部地域に供給しているようとございます。具体的にはペンシルバニアの製油所からこの会社のパイプラインが西のほう、ペンシルバニア州に延びており、また途中から分岐して北のほうナイアガラ滝の近くまでつながっているようとございます。そういうようなところでは通常のガソリン同様にこういったものが供給されているようとございます。

カナダでも、ある会社（モホーク社）ではサスカチュワン州その他で実験的な供給をしているようとございます。

西ドイツはガソリンの規格が決まっております、その範囲内に入るようにメタノールを3%ぐらい混ぜて、他にもいろいろ細工をするようとございますが、普通のカソリン同様に売って使っております。おおざっぱに言いますと、ドイツ全体のカソリン消費量の3分の2ぐらいがメタノールを2～3%入れたものというふうに聞いております。実はさきほどこの4月に外国に行きましたということとを申しあげましたけれども、そのとき、西ドイツの中では一般向けにはメタノールが入ってますとか、どうなってます、というような

説明がされていないようです。向うのバスなどをチャーターして乗ったりしたのですが、ドライバーが知っているかなと思っただんなにも知らないようでした。また、これは外国語でなくて日本語でございますが、向うにいる日本人にメタノール入りのガソリンというのはどうですかね、ということとを伺いますと、そんなものがあるのかなというような顔をしていました。そんな調子でロー・ブレンド・ガソリンが普通に流通しているようとございます。

政府関係の人等に伺いますと、メタノールを3%～5%混ぜるものについて大いに促進しようとか、どうも怪しからんから足を引っ張ろうとかということはないようとございます。裏の裏の話はよくわかりませんが、少なくともいろいろな議論の過程では、基本はマーケットメカニズムであって、でももちろん環境上の問題等々が起これば、これは規制するけれども、あるいは規格はずれというようなものは規制するがというようなこととございました。なお、過去の経緯といたしましては、メタノールをたくさん入れて、自動車のほうに影響あるような、あるいは走行性能に影響あるようなやり方をしてクレームがたくさん出たというようなケースもあったように言っておりますけれども、きょう現在は落着いているようとございます。

3.3 ハイ・ブレンド・メタノール燃料

メタノールを本格的に代替燃料として自動車に使用しようと考えると、メタノールが100%あるいは誤差も含めまして80、90、100%混合というようにメタノール燃料が主体でないとなんとなくピンとこない、ほんのちょっとした混ぜものでは、というような感じも

あるわけでございます。このハイ・ブレンドにつきましては、実際の車を実地に走らせるテストをいろいろやっているようでございます。数百台というようなオーダーの車を、乗用車でございますが、走らせているようでございまして、有名なのがカリフォルニア州とか、西ドイツの連邦政府の実験でございます。これも評価がいろいろあるのかと思いますが、向うの人たちの話を一言で言いますと、将来性のあるもの、つまりドイツでは石炭からのメタノールというのが国内資源の活用であり、アメリカはいろいろな資源がございますが、メタノールは将来に向って有望な燃料のひとつである、そういったものを使い得るようにするテストを大いにやっておくべきである。いわば実験には大いに取り組んでおりますという姿勢かと思われま。

3.4 発電用燃料

発電用につきましては、たしか十何年か前にアメリカの10万kWか15万kWの発電所一名前を忘れてしまいましたが一、またほぼ同じ頃日本でもある電力会社で10万kWクラスのボイラーで燃焼実験テストまでされています。

経済性と燃焼効率、あるいは既設のものでございますと改造の必要等々問題はもちろんあるわけでございますが、そういうテストはすでに行われ、それから使い道としてはガスタービンなども有力なひとつかと思われ、将来に向いましては燃料電池もメタノールを使う有力候補ということでございます。

4. 環境安全性試験

このシンポジウムを通じまして、生産と需

要、どんな用途にあうかなど、有力な利用候補である自動車サイド、発電サイドからみた議論をいろいろご報告させていただくわけでございますが、さきほどアメリカ、西ドイツ等で環境に問題があればということをひと言述べました。環境関係についてはどうも必ずしもクリアーにご報告をするたねがないものでございますので、序論としての私の報告の中で環境安全性試験について一言つけ加えたいと思います。

図3に実証試験計画のフローを示しておきました。資源エネルギー庁がまとめ役になって推進されているメタノールを発電用燃料として使う可能性の調査が、56年から60年度までというプランで進行しております。まだ途中でございますので、どういうかっこうで終るかという点については、まだ半年以上残っておりますので、必ずしも定かでございますませんが、その中の一つに56年以来、環境安全性の実証試験という項目がございます。これは実際に水棲生物、ラット、マウスのような小型の動物、それからサルのような大型の動物等も使いまして、そして極めて薄いメタノールの大気あるいは薄いメタノールの溶液等々が生物体にどんな影響を及ぼし得るだろうかというようなことを調べるものでございまして、現在までに約3年間いろんな実験を繰り返しているわけでございます。その生物関係試験の内容につきまして項目だけ図の(注)に掲げてございます。急性にかなり濃度の濃いものかどうか。それから慢性的に薄いものを吸ったら、あるいは吸収したらどうか。あといろいろとむずかしい試験の名前はありますが、ちょっと説明能力がないものでございますから、省略させていただきます。

年 度	56	57	58	59	60
1. メタノール供給可能性調査	基礎調査	フィジビリティスタディ シナリオ作成			
2. メタノール利用可能性調査	基礎調査			シナリオ作成	
3. 環境安全性実証試験	計 画		検 討		評 価
(1) システム設計					
(2) サル及び水棲生物	施設製作試験				
(3) マウス、ラット等	施設製作試験				
4. 燃焼実証試験		検討			

(注) 生物関係試験の内容：

1) サルを対象に、

(イ) 急性高濃度試験 (ロ) 模擬燃焼排ガス吸入試験 (ハ) 慢性低濃度試験

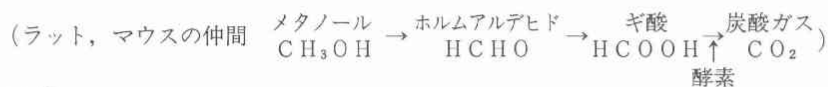
(ニ) 代謝試験



2) ラット、マウス等を対象に、

(イ) 長期吸入試験 (ロ) 代謝試験 (ハ) 模擬燃焼排ガス吸入試験

(ニ) 変異原性試験



3) 水棲生物を対象に、

(イ) 致死濃度試験 (ロ) 忌避行動試験 (ハ) 慢性影響試験

(ニ) 増殖試験 (ホ) 水中拡散シミュレーション

図3 発電用メタノールの実証試験

ますが、そういうのを続けております。なにぶん相手が生物で、そう簡単に答が出るわけではございませんので、まとまった結果が出るのを待つほかございませんが、いままでの3年間を通じて私が承知しております限りでは、いろんな先生方をお願いしてこのレベルの試験をしたらという試験をしておりますけれども、メタノールの直接的影響によって、さきほどのサルとか、ラット、マウス等に明確な影響を及ぼしているという形跡はないようでございます。もちろん、かなり乱暴な試験もしているようでございますので、そういう意味では魚があるところから逃げ出すというようなことはもちろんあるわけでございますが、現実には起こり得るようなケースにつきましての明確な影響はないようでございます。こういうものはいわばゼロの証明のようなものでございまして、ゼロを証明するというのはなかなかむずかしいお話でございますが、私自身は過去何十年にもわたりまして、化学業界が相当大量のメタノールを扱い、運んだり、取扱ったり、加工したりというような実績をおもちでございますので、そういうことを含めて考えますと、もしそれぞれの用途ごとの技術が開発され、その技術を適用したときにメタノールの生産も含めまして、経済性のうえでマーケットメカニズムに乗るようなものになり得るとすれば、そのときに環境的な問題を起こす恐れはほとんどないであろう、また起す恐れのあるような状態を避けるような技術はあるといっているのではないかなというのが私の感じでございます。

おわりに——21世紀をめざして

さて、ちょうど割当てられました時間もほぼ終りでございますので、一言まとめを述べたいと思います。

現在すぐにメタノールがいろんな用途で、マーケットメカニズムの下で本格的に大々的にとくに日本の中で使われるとは、実は私もそうは思えないのでございますが、将来エネルギー・トータルシステムは、資源とそれから生産技術、流通の技術、そして需要の規模ならびに構成との関係で、現在の石油中心から多様化の時代に変わり、また個々の条件はいろいろ変わっていくことになろうかと思われま

す。そのときに2000年以降、時と場合によればいく年か繰り上がることもあろうかと思いますが、いろんなエネルギー供給システムが考えられると思いますけれども、メタノールはいろんな用途に使うという点について有力な候補であろう。順番づけ等をいたしますとまたいろいろな議論があると思いますが、そういう感じがしておりまして、その点で考えますと、考え得るあらゆる技術開発、それから実際に使うとなりますと、さきほどちょっと環境のことにも触れましたけれども、周辺の条件整備というものがいろいろあろうかと思ひます。そういったことを含むフィージビリティスタディ等々に従来と同様ないし従来以上に資源—ここでいう資源は人と物とお金と知恵というような資源でございまして—メタノール燃料はこういう資源を投入する価値のある燃料源のひとつではないかと思っているわけでございます。そんなことも含めましてこの次のお話をいただく井田さんはじめ関係の方々にもいろいろお話しいただくようお願いして、このシンポジウムのプログラムができ

たわけでございます。ではこれで私のイント
ロダクションを終わらせていただきます。ご静

聴ありがとうございました。(たけだ こう)

〔基調講演— 2 〕

メタノール燃料のエネルギー 政策上の意義と問題点

資源エネルギー庁石油部精製課 技術班長 井 田 久 雄

はじめに

ただいまご紹介にあずかりました資源エネルギー庁の井田と申します。

私も資源エネルギー庁におきましてはこのメタノールにつきまして昭和55年頃から代替エネルギーのひとつとして注目いたしまして研究開発を続けてきたわけでございます。このような蓄積を踏まえまして昨年資源エネルギー庁の中で、新エネルギー導入ビジョン研究会というものを設置いたしまして、とくにメタノールにつきましては、自動車燃料用ということに限って分科会を設置して、今後のビジョン、政策のあり方についてご議論いただき、先月まとまったところでございます。

きょうは、このメタノール燃料のうち、さきほどお話があったとおり火力用とか、ほかの用途も考えられているわけでございますけれども、自動車燃料用のほうを中心に話をさせていただきますと思います。

まず、何故このメタノールが自動車燃料用として注目されるかという点につきましてはいろいろ議論がございます。まず、さきほどから話がございましたとおり、メタノールの生産技術というのは化学工業用として確立し

ていて、しかも天然ガスとか石炭とかいう資源から採れるという供給サイドの可能性の問題。それから、いろいろな代替エネルギーの中で比較的少ない液体燃料のなかにあって、メタノールは生産技術が確立した液体燃料として期待されているという点。さらに、ディーゼル車、そのNO_x問題が最近問題になっているわけですが、その燃料をメタノールで代替した場合には環境上も有益と考えられるという点。そのほか、自動車用の代替エネルギーとして、電気自動車がすでに技術的には確立されたものがあるわけですが、そのほかの代替エネルギーを用いた自動車、そういったものは研究開発の初期段階にあるということ、以上のようなことからメタノールというのはこの自動車部門における代替エネルギーとして、とくに注目を浴びている、そういうわけだと思います。

本日は、とくにエネルギー政策上の位置付けと今後の施策展開のあり方ということを中心に話をさせていただきますと思いますので、そこまでの検討の内容については簡単に触れさせていただくというふうに進めたいと思います。

1. 自動車燃料用メタノールの利用形態と 海外の情况

メタノールの自動車用への利用形態ですが、さきほど武田さんからもお話があったと思いますが、少量混ぜて使うという低濃度混合、それから専用車を開発して使う高濃度混合、あるいはニートそういったものが基本に考えられます。その中間にある中濃度というのはメリットがあまり見出せないということもあって、いま国際的にもあきらめられているという状況にあって、わが国でもあまり可能性はないだろうと考えられます。もちろんこのほかにはモービルなどで研究されているモービル法、メタノールからガソリンをつくるということですか、あるいは合成ガスを使って燃料をつくるという意味では、もっとメタノールのほかに高級アルコールまで一緒につくってしまうという新燃料組合で研究をやっている内容、そういった研究開発の段階でメタノールからさらに次のステップまでもっていつてしまうというのは可能性として残されているわけですが、そちらについては現在研究開発が進められているということで、われわれのビジョン研究会の議論の中では、低濃度混合、それから高濃度混合・ニートというその二つの利用態様ということにしばって議論を進めたわけでございます。

それぞれ現在どういう状況にあるかということなのですが、海外の状況については武田さんからお話がありましたとおり、低濃度混合燃料につきましては、すでにアメリカ、あるいはヨーロッパで一部導入されております。アメリカの場合、アルコ社というのが実際あ

って、4.75%というメタノールとターシャルブタノール4.75%という混合率のもので使われているし、あるいは西ドイツの場合は3%程度の混合率で使われているとのこと。実際に普及率という点をみますと、アメリカとヨーロッパでは違いがあるわけですが、いずれにしましても、とくに代替エネルギー政策として位置づけを行っているものではなくて、すべてマーケットメカニズムの中で経済的なメリットを感じてやっている。とくにアメリカの場合、レッド・フェース・ダウン・プログラムというEPAが進めているガソリンの無鉛化対策、それがここにきて急に進んでいるということがありまして、オクタン価向上基材が必要になっている。その際に大手メジャー系統のところはリフォーマーのシビアリティを上げるとか、そういった対応が可能になるわけなんです。必ずしも設備的に対応が容易でない中小のリファイナリーなどではメタノールをオクタン価向上材として使うことにメリットを感じてメタノールを導入している。西ドイツあるいはヨーロッパの場合は、増量材ということなんですが、メタノールのほかにも、実際はメタノールからの誘導品であるMTBEというオクタン価向上材がありますが、それもヨーロッパでも使われているということを見ますと、必ずしもオクタン価向上材としての評価が全くないわけではないという感じで低濃度混合燃料は海外で使われているのだらうという認識でございます。

もう一方の高濃度混合燃料あるいはニート燃料ということなのですが、これは低濃度混合燃料と違いまして、現在実用化されているものは海外においてもございません。まず、実用化されているものはないので研究開発段

階なわけですが、この場合二つに分けて考えなければなりません。というのはオットータイプのエンジンの車とディーゼルタイプの車のエンジンとはその技術開発の段階に海外においてもかなり差があるということです。オットータイプの普通の乗用車タイプのフリート・テストというのはアメリカあるいはヨーロッパ、スウェーデンとか西ドイツとか、そういったところでも盛んに行われているわけでした、数百台規模のフリート・テストというものが行われているとのこと。数百台という規模ですから、かなりの規模になっているわけですが、たとえば毎年燃料規格を見直すとか、毎年さびの様子をチェックするとか、いろんな研究開発テーマをもちながら、実際に近い状況で使ってみる、そういう段階までオットータイプはいってあります。

一方、ディーゼルタイプもフリート・テストには、アメリカでもヨーロッパでも使われているわけですが、それぞれ現在数台程度というのが現状ということで聞いております。それもいろんな方式、たとえば自動車サイドで対応するとしますと、あとで金さんのほうからいろいろ技術的なお話があると思いますが、二噴射方式とか、プラグマシストとか、そういったいろんな方式を試みるとか、あるいは燃料の中にイグニッションインプルーバー（セタン価向上剤）を入れてしまうというやり方とか、いろんな方法を模索している段階という感じでございます。

ヨーロッパあるいはアメリカでは、いま申したとおり低濃度混合、高濃度混合というのが、それぞれかたや実用、かたや研究開発の段階なのですが、エネルギー政策上低濃度混合については意義づけがされていないのに対し、

高濃度混合についてはそれぞれ自分の国の資源というものをいかに活用して将来のエネルギー問題に対応するかといった視点をもって取り組んでおります。アメリカにしましても、カナダ、西ドイツにしましても、それぞれメタノール自動車の研究開発を積極的にやっているところというのは、石炭あるいは天然ガス、褐炭も含めまして、そういった自分の国の資源が豊富にあって、その資源をいかに活用するのがエネルギー問題に有効であろうか、そういった基本的な戦略をもって取り組んでいる訳でございます。石炭からつくるメタノールは現状では必ずしも経済的にはあわないだろうというのは共通した認識かと思うのですが、やはり将来に向けて中・長期的な視点から取り組んでいるということでございます。

2. 導入のための課題

こういった海外の状況の中で、私ども日本に将来メタノール燃料を導入する場合、どういう問題があるだろうかということで、供給上の問題、技術上の問題、あるいは環境安全上の問題、供給、流通上の問題、そういった点につきまして新エネルギー導入ビジョン研究会でご議論いただいたわけなのです。

2.1 供給安定性

供給安定性という点についていいますと、エネルギーとして考えるうえでは、需要量に見合う供給量を安定的に確保するということが重要になるわけですが、さきほど武田さんからお話があったとおり、メタノールは世界的にみますと数百万トン程度の過剰状態にあり、その評価が問題となるわけです。

このメタノールの生産体制もアメリカ、ヨーロッパ、日本を中心とした体制から、産ガス国を中心とした体制に移りつつあり、日本でも国内のメタノール生産工場というのは数年前に廃止して、アメリカでも国内の大手セラニーズとかデュポンとか、そういったところのメタノール工場は閉鎖に向いつつあります。一方、中東や東欧ではメタノール工場が建設されて生産体制も変わってきているというわけでございます。数百万トン程度ということで生産体制が変わりながらも、その程度の余剰があるところで、日本に需要が発生した場合安定供給が可能であろうかどうかというのが問題になるわけです。さきほど申しあげたようにロー・ブレンドと高濃度あるいはニート、その二つに分けて考えたとき、数%程度混ぜて使うという程度ですと、これはたいして問題なく、在来の化学工業用の市場、その余剰という中から調達することが可能であろうとの見通しがえられます。しかしながら、高濃度なり、ニートなりで代替するということを考えますと、ガソリンの量に比べますと全く微々たるものとはいえ、やはりそれは新たな供給源の確保ということを考えずに在来の化学工業用市場に頼るということは、若干リスクかなというのが供給面からみた評価でございます。

2.2 技術上の課題

次の技術上の課題でございますが、やはりロー・ブレンドと高濃度に分けて考える必要がございます。低濃度混合につきましては昭和55年以来自動車研究所ですとか、あるいは石油、化学そういった業界の方のご協力を得まして、いま走っている自動車でどの程度の

メタノール混合率のものが適用可能かという調査を続けておるところです。それによりますと、だいたい5%以上混ぜるとさびなどの問題が避けられないという結果がえられております。

ロー・ブレンドについてよくいわれるのは相分離という問題ですが、それはブタノールというものを混ぜることによってある程度解決可能だろうという見通しがたつわけなのですが、一方で、さびの問題ですとか、ペーパーロックという高温時の運転性とか、そういった問題は現用車を対象として考える限り限界がきてしまうということです。現在はメタノール3%に相溶剤2%ぐらい加えたものについて調査を継続しているところでして、短期的な走行性という点ではあまり問題はなさそうだという感触を得るところまで至っているのですが、なお長期的な耐久性についても少し検討していく必要があるというのが現状でございます。

高濃度とかニートといった燃料を使用した自動車について自動車業界の方々やそのほかにもいろいろこの分科会を通じてお話を伺ってみました。先程申しあげた海外の状況同様やはりオートタイプとディーゼルタイプとでかなり差があるとのこと。オートタイプについてはある程度の技術的対応をいままで重ねてきている段階で、もうちょっとするとそれなりにかっこうのものができらうとの見通しです。一方、ディーゼルタイプについては、メタノールがもともとセタン価の低いものであるため、圧縮着火方式に適するわけがない。だからどういうやり方をしたらその着火方式の改善できるかといろいろな方式を模索している段階で、海外と同じ

で模索というのが現状だというふうに承っております。

とくにこういった技術開発を進めるうえでいろいろな要望がだされていますが、一番強く言われた点は、メタノール専用車つくるうえで、もちろん腐食性とか、いろいろなドライバビリティの問題とか問題があるわけですが、それを解決する前提として燃料の規格を作って欲しいということでした。要するにニートでいくのか、あるいは高濃度混合でいくのか、高濃度混合にしてもメタノール90%でいくのか、メタノール80%でいくのか、いまのままいきますと各自動車メーカーごとにそれぞれ違った自動車がでてきてしまうかも知れません。ところが燃料の供給を考えたときにそんなにいろいろな燃料をいろいろなメーカー用にそれぞれ供給することは不可能ですから、それは日本全体として一本化して考えていかなければならないだろうというのが自動車の方から伺って一番大きいネックになる点でございます。

2.3 環境安全対策

次に環境安全の問題でございますけれども、低濃度混合については基本的にはガソリンと大差ないということなのですが、高濃度混合とかニートということを考えますと、やはり排ガス対策の上で、とくにディーゼル車を代替したということになりますと、 NO_x それからパーティクル、それらが減少するということが期待されております。

では問題がぜんぜんないかというところでもありません。未燃メタノール、それからホルムアルデヒドの問題があります。さきほど申しあげた NO_x とか、黒煙とかいうのは、J

ISなり道路運送車両法なりで測定方法が決まっております、それぞれ許容値も決まっているわけですが、未燃メタノールとホルマリンについては、その測り方自身にまだ統一的なものがないという段階と聞いております。そのへんを十分な調査を行ったうえで考えていく必要があるだろうというのがわれわれの考え方です。

あとメタノールの特色としまして、燃えたときにさすが自動車の排ガスから出ない、ということは裏返しますと、燃えたときにも非常にきれいな燃え方をして、目に見えないということがございます。メタノールというのは燃えたときに目にも見えないし、あるいはにおいもしない。さらに密閉容器内で爆発性の混合気あるいは燃焼性の混合気を形成するという特色がございます。これが在来の石油系の自動車燃料、ガソリンとか軽油と違う点で、防災上あるいは安全上問題になる点でございます。たとえば、自動車事故とか、あるいは流通段階とかで、万が一火が出た場合に初期消火を可能にするには、火が見えるとか漏れたらににおいがするとか、そういった点が初期消火のうえで大事なわけですが、そういった点が100%メタノールの場合には必ずしも容易でない。こういったことがあります。カリフォルニアのエネルギー委員会とか、あるいはドイツとかで聞いた話ですが、そういったところでは、初め100%から始めたのだけれども、そのあと95%に移り、90%に移り、最後85%でいまやっているとか、ドイツの場合は92.5%でやっているとか、やはりそちらの方向を指向しているというのは安全上の問題をとくに注意しているからだということです。将来、自動車営業用として、日本のモー

タリゼーションを支えるエネルギー源として育てていこうという考え方をもちますと、一般の方にはできるだけ安全に取り扱っていただくようにという面の配慮もあわせて今後進めていくべきではなかろうかというのが私どもの考え方でございます。

3. エネルギー政策上の位置付け

3.1 チェックポイント

最後に、エネルギー政策上、それでは今後どうするかということに話を移らせていただきたいと思います。

私どもエネルギー政策上の位置づけを考えるうえで、5つチェック・ポイントを設けて検討を進めました。そのひとつが供給量の問題、量が確保できるかどうか。すなわち、想定される需要に叶う供給量は果して調達可能であろうかどうか。あるいは調達可能にするにはどうしたらいいかという量の側面が第一点でございます。

第二点目は、エネルギーとしての効率、あるいは利便性という問題でございます。これは、たとえばどういう走り方でもしていいとか、自動車なんて1年走ったらもうそれっきりでいいとか、従来のものに比べて相当悪い程度でも走ればいいというなら、それはそれでいいのですが、やはり日本国民の指向の多様性を考えますと、在来のエネルギーと同等の利便性をもって供給できるような燃料であって欲しい。それが第二のチェックポイントでございます。

第三のチェックポイントは、価格の問題でございます。資源エネルギー庁の石油政策あるいは代替エネルギー政策を考えるうえで一

番大事なことは、コストとセキュリティのバランスということとして、やはり経済的に成り立たないものを市場メカニズムを曲げてまで導入するということは不自然である。だから、導入初期の段階においてはどうしても導入コストということで合わない場合があるかも知れないのですが、将来的にはコスト的にも在来のエネルギーと競合できるようなエネルギーである必要があるという点が第三点でございます。

第四点目は、一次エネルギー供給の脆弱性への対応ということです。さきほど欧米各国は、自国の資源の利用ということを基本にして考えているということを申しあげました。しかし、日本の場合には残念ながら石炭、天然ガスの両方とも、国産のエネルギーとはなり得ない。その場合、一次エネルギー源を多様化することが、国のセキュリティにつながるであろうというのが基本的な考え方でございます。

最後に五番目のチェックポイントとして考えたのが円滑性の側面と申しているのですが、在来のいろいろなエネルギーとの関係で、あるいは在来のいろいろな産業との関連のなかで円滑に導入されるということが重要であるということです。あちこちに思わぬ波及効果を及ぼしながら無理矢理入れ込むというのはなかなか好ましくないということです。

3.2 低濃度混合の評価

この五つのチェックポイントを設けまして自動車燃料用メタノールについて評価を行いました。そのさい低濃度混合と高濃度・ニートと分けて評価いたしました。

まず、低濃度混合の評価を一言で申します

と、政策的に導入を促進するような意義はないというのが結論でございます。その理由は次のとおりです。質の側面でオクタン価向上材のニーズは日本は欧米各国と全く異なる条件にあると思います。欧米各国、たとえばアメリカですと、いま半分ちょっとがやっとで無鉛化が進んでいる段階ですし、ヨーロッパのほうでは最近無鉛ガソリンがようやく売り始められた段階です。ところが日本の場合99%以上がすでに無鉛化されている状況で全く条件が異なるという点がまず第一点であります。これに加えてロー・プレンドの場合どうしても相溶剤というのが必要になるわけでして、価格の面でも相溶剤の価格に及ぼす影響が非常に大きい。ところが日本のターシャリー・ブタノールの価格は、現状ではなかなか高い価格であって、それほどメリットも少ない。そういったことからあえて政策的にこれを導入しようという意味はないという位置づけにしております。ただ、数%の混合率ですと、現用車では長期的にどうなるかというような保障は必ずしもないわけですが、短期的には現用車で利用可能だということがあります。従ってあるいはちょびっと持ってきて、ちょびっと混ぜるぐらいですと、現在の余分のメタノール市場から持ってきてでもできる、そういったことがあって、政策的に入れたいと思わないのですが、必ずしも入ってくることも否定もできない。とするとどういう問題があるかという、たとえば自動車によっては3%であっても使えない自動車が現にあるかも知れませんが、政策的に導入をあえてする必要はないのですが、やはり導入された場合に備えて、いくつか制度面、基盤面で整備はしておく必要があるだろうというのがロー・プレ

ドに対する政策の基本方向でございます。

3.3 高濃度・ニートの評価

それから高濃度・ニートについてでございますが、これについてはまだ実用化、商業化に至るまでにはいくつか技術的な課題、とくに自動車サイドで解決すべき課題がございます。将来、1990年代のうちには石油価格が再び上昇する可能性があるとかIEAの見通しもございますし、そういった時点を考えまして、長期的な点でそれを育てていく、将来導入ができるように技術開発を促進する、そういったことが政策の基本方向として適当であるとビジョン研究会でご指摘いただいたわけでございます。

4. 今後の施策展開のあり方

こういったビジョン研究会のご指摘を踏まえて、今後何をなすべきかという施策展開のあり方に話を移したいと思います。円滑な導入を促進するための施策、導入に向けての制度の整備、その二つが大きく分けて指摘されております。

4.1 円滑な導入を促進するための施策

円滑な導入を促進するための施策というのは、主に高濃度ないしニートを念頭において、今後何をなすべきかということをご指摘いただいたわけでございます。

1) 導入に向けての展望の提示

第一に、導入に向けての展望の提示ということがございます。こういった新燃料を導入する場合、かなりのリードタイムが必要になります。自動車産業における研究開発投資、

あるいは燃料供給サイドにおける供給網の整備に対する投資、あるいは場合によりましては、高濃度・ニートを導入した場合、どうしても開発輸入とか、新たな供給源を求めないとならないということで、開発輸入に関するスタディとか、そういった点でかなりの莫大な投資とリードタイムを必要とするということがございます。

こういったことを円滑に進めるには、どういった方策が必要になるかといいますと、関係する業界が一体になってコンセンサスをつくり、将来どういうタイミングでなすべきかあるいはどういうステップを踏んで導入すべきかというコンセンサスづくり、スケジュールについてのそれが重要であろうというのが第一点でございます。

2) 望ましい利用形態の提示

第二に望ましい利用形態の提示ということがございます。これはさきほど申したとおり高濃度にするか、ニートにするか、それについてはっきりさせる必要があるだろうということです。とくにニートにつきましては、さきほど申しましたとおり炎が見えないとか、においがしないとか、密閉容器内で燃焼性の混合気を形成するとか、そういった問題のほかにオートタイプで使った場合、現在いくつか改造車があるわけですが、やはり100%使った場合、始動時にはガソリンを使い、エンジンが暖ってきたらメタノールに切替えるあるいは始動時にLPGを使うとか、別の方式もあるようですが、基本的には二系統化する可能性がある。その場合、今後消費者が相当規模に及んだときに、給油ミスですとか、あるいは消費者の手間とか、そういったことも考えると、必ずしも二つの燃料を必要とす

るというのは望ましくないのではなかろうかと思います。

加えて、100%メタノール、もし悪いやからが出てくれば、水をいくらでも混ぜても混ぜられます。水をちょっぴり混ぜたぐらいじゃどうも走るというのも現状のようです。そういった場合に高濃度ですと、普通の状態での吸湿で相分離を起すことはないようですが、意図的に水を混ぜればいやでも相分離を起こしてわかるという点がありまして、そういった不正混入対策という意味でも、高濃度が望ましいのではなかろうかというようなことがございます。私どもが自動車、石油、化学あるいはいろんな化学系業界の識見者の方から聞いた節回では、高濃度のほうが望ましいのではなかろうかとの考え方が多い。果してヨーロッパ、アメリカの現状も現在では高濃度になっているということもあり、基本的には高濃度を指向しております。ただ、いずれにしてもわれわれもいろいろな文献調査なり、みなさんからの話を聞くなりしてやったので、今後実験等を通して、それを一本化していきたいと考えております。

3) 燃料規格の設定

さらに、高濃度という中でも、現在、アメリカ、西ドイツそれぞれ違う独自の実験用の規格を設けてフリート・テストに用いております。ドイツの場合では、冬用、夏用ということで分けてありますし、単に92.5%というメタノール混合率のほかに、炭化水素としてなにを使うか、あるいはリードヴェーパーブレッシングをどの程度にするか、さらに水分含有率をどの程度にするか、あるいは燃料添加剤を使うか否か、そういった細かい点も含めて、これは自動車の開発の前提になると共

に燃料供給のうえでも、腐食の問題とか、あるいは燃料を供給する際の作業員の安全を考えると、そういったことは導入を検討するうえで共通の基盤になる点ですので、これも日本として一本化してやっていく必要があるということでございます。

4) 所要の実験の実施

所要の実験の実施という点ですが、いま申しあげました高濃度・ニートの選択、あるいは燃料規格の設定というような当然国としてやっていくべき課題のほかに、流通施設の耐久性ですとか、流通上の安全、防災問題というようなことも必要になると思います。

オートサイクルエンジンのようにかなり進んでいるものについては、個々のメーカーが主体になって自動車開発を進めていただくのが基本かと思いますが、ディーゼルエンジンのように共通的に、あるいは基礎的な段階で技術開発課題が残されているものについては、国としてもなんらかの関与をして、その技術開発を促進する政策が必要ではなかろうかと考えております。

5) 長期的燃料安定供給確保策の検討

最後に、長期的燃料安定供給確保の検討についてふれたいと思います。さきほど申しあげましたとおり現在では数百万トン程度というような世界的供給過剰状態にありますものの、高濃度が将来本格的に導入された場合には不足するであろうということでした。その場合に、われわれとしては一次エネルギー供給源の分散化、多角化ということで、近隣諸国ですとか、そういったところからメタノール資源を開発・輸入しなければならない。メタノール資源の開発・輸入といいましても科学技術庁の試算とか、その他いろいろな試

算がされているわけですが、必ずしもインフラストラクチャーがどうなっているとか、あるいは従来のLNGとの関係はどうか、あるいは産ガス国のガス価格の政策はいったい今後どうなるであろうとか、そういったかなり突込んだ検討というのは、現在のところでは、なされたものは少ないという段階でございます。

メタノール資源の開発・輸入を進めるにはどうしてもかなり多大な研究投資が必要になりますし、現在では需要の見通しがはっきりしていないということもありますし、あるいは逆に需要がないのに開発投資が先行するということは、現在の化学工業用メタノールの安定供給ということに逆のインパクトを与える恐れもあります。従って、開発・輸入にあたっては国が中心になり、関係業界が一体になって、将来の安定供給をどうするべきかを考えていかなければならないのではなかろうかと考えております。

4.2 導入に向けての制度の整備

いま申しあげましたのは、高濃度あるいはニートを中心として、今後将来の導入に向けて何をなすべきかという点でございます。次に導入に向けての整備という点にふれたいと思います。ひょっとしてロー・ブレンドが入ってくるかも知れないということもあり、ロー・ブレンド、高濃度・ニート、その全部を包含するような点での課題でございます。

1) 品質確保対策のあり方

まず第一点目が品質確保対策のあり方ということです。現在の揮発油については、一定の品質管理ですとか、そういったことが義務

づけられております。それでは新しい燃料が出てきたときに消費者は、いったいなにをメルクマールにして判断したらいいか、たとえばロー・ブレンドが出てきたときに、アメリカのアルコ社では自主的にメタノール何％、あるいはブタノール何％という表示をしており、それで消費者は、自分の車について、それぞれメーカーごと「使ってもいいよ、使うのはちょっとよしたら」といった注意書を見ながら自分で選択することが可能となっております。日本の場合、やはり同じように消費者が判断を行えるような表示ということをし、将来ロー・ブレンドが導入されるとしたら、制度的に考えていく必要があるでしょう。あるいは高濃度ニートが導入された場合にも、こういった新しい燃料について品質確保を、あるいは消費者の間違わない判断、それを可能にするような体制を考えていく必要があるだろうということでございます。

2) 課税のあり方

二番目の点が課税のあり方という点です。ロー・ブレンドについては、現在の揮発油税法上も明確になっているわけですが、高濃度ニートの経済性の評価というのは課税のあり方と密接不可分の関係にございます。現在の石油製品、揮発油にしましても、軽油にしましても、もとの石油税から始まりまして、末端のガソリン税あるいは軽油引取税、そういった税制まで一定のものがエネルギー対策上、あるいは道路対策という面で課税がなされております。こういったものを抜きにして、全く裸の価格で比較するのがいいのか、あるいはメタノールについても、一般の消費者が、あいつの車は税金払っているのに私の車は税金を払わなくてもいいとか、そう

いった不公平があっているのか、あるいはエネルギー政策の促進という点でどうとらえたらいいかという点で、やはり公平性という観点も入れながら、議論を今後すべきではなからうかという点を主として議論しております。

3) 燃料供給体制のあり方

燃料供給体制のあり方でございますが、これは、将来、開発輸入を含めまして、どういう体制で行うべきかということでございます。最終的に日本のドライバーが便利に新しい燃料を使うということは、燃料供給から末端のスタンドまで、全国津々浦々まで販売網が整備されているから安心して使えるという点があるからです。とするとこれを全く新しい系統で流通網を整備するとしますと、社会経済コストたるや莫大なものになりますし、その際に社会経済コストをミニマム化するには、やはり現在あるスタンドの施設を有効に活用するとか、そういった方策を考えていく必要があるでしょう。将来の導入形態がどういう形になるか現在では明確になっていないわけですが、今後国が中心になっていろいろな実験を行うときに、関係業界の方にそれぞれパート、パートを受け持ってもらって、その燃料供給体制の構築に向けての準備をしてもらう、そういったことが必要ではなからうかというように考えております。

おわりに

ということで以上、新エネルギー導入ビジョン研究会のメタノール分科会で私どもが議論した議論の内容をご説明させていただきました。われわれも日本のエネルギーの安定性ということで、さきほど申しましたセキュリ

ティとコストのバランスという基本的な考え方になって、高濃度・ニートについて今後関係業界、ここにお集まりの方も多いかと思うのですが、そういった方々のご協力を得まし

質 疑 応 答

質 問 自在研究所の田中です。燃料の規格を国として早急に決めようというお話ですが恐らくその方向は、外国ではこれはニートの中に入っているのですけれども、日本だけ高濃度混合という名前をとっておられます。そうするとディーゼルベースの燃料はどういうふうにされるつもりでしょうか。

もうひとつの質問は、将来オンボードリフォーミングの方向へ技術開発が進むと思うのですが、そのときもやはりガソリンを利用と考えておられるのか、そのへんをお聞きたい。以上です。

井 田 さきほど申したとおりディーゼルベースというのは現在いろんなアイディアが出ている段階です。その中で、いま申しあげたとおり、ひょっとするとオートタイプ用の燃料とディーゼルタイプ用の燃料というのは同一のものが使える可能性もあります。あるいはセタン価向上剤を入れるというような全く別の形になることも考えられます。そういった場合に、いずれにしても考えなければならないのは、事故のときとか、安全性というのは少なくとも共通に考えなければならない課題だと思います。その中で今後の技術開発も踏まえて、あるいはオンボードリフォーミングというのは現在いろいろ出されているアイディアの中でも先もののアイディアかと思

う、積極的にいろいろな技術開発なりを進めていきたいと思いますので、またご協力をお願いしたいと思います。（いだ ひさお）

うのですが、そういったものが実用化された場合、それで適用するようなもので、安全なものを指向するという、それが必要なことかと思います。

質 問 ちょっと反論するようでございますけれども、安全といっても一面的な安全でないわけでして、炎が不輝炎である、不可視炎ということばを使っておられますけれども、これは不可視炎ということばはおかしいのであって、見えます。ただ、不輝炎ですから、火が出ているという恐しさがそれほど感じられない、これはデメリットであります。ということは裏返して言へば輻射熱がないということですから、事故の場合でも、消防士が火元に近寄っても耐えられるというメリットがあります。またひとつのタンクが発火しましたが、隣のタンクに引火しにくいというメリットがあります。これは国際的な論文でもいろいろ論じられていることであります。ですからあまり一面的にこっちは安全でこっちは危険だということも考えものだと思います。非常におおまかに言いますと、引火点を下げるということは、一般的には安全サイドの逆だと思います。

それから密閉容器の中で混合気が爆発限界にあるというご指摘でございますが、実際には事故が起きてない。なぜかという電導性、電気を通す通電性のあるメタノールは中に入っているのと一緒で、密閉容器の中で火

花が散るということは考えられない。それではないのだというように言われています。このへんはひとつよく理論的にも裏付けていただきたいところだと思います。決してメタノールはドラム缶の中で勝手に爆発するようなことはありません。安全性という点からみますと、パイプラインを高速で流しても、静電気は発生しない。これはメタノールの特徴であります。以上でございます。

井 田 いまおっしゃった不可視炎ということばはイルミネセンスに対応する訳語でして不輝炎ということばが訳語として適当であるか、あるいは不可視炎のほうが理解を得やすいことばであるか、それはみなさまのご判断かと思しますので、あえてどちらでもいいことばというふうに考えております。

引火しにくいということをおっしゃいましたが、逆にこのへんは私どももいろいろは文献なりで調べております。その点について、現在、現にやられている欧米の例はどうなっているのか、彼らはなぜそうしたのか、そのへんも考えていただきたいと思います。たしかに引火点の問題について言いますと、空き缶の中に入れたらそれが燃えやすいという点では、ガソリンのほうが燃えやすいのです。閉じた缶の中ではどちらが燃え易いかというとメタノールが燃え易いのです。密閉容器の中では爆発する。導電性という面ではたしかにメタノールのほうが導電性が高くて、そういった摩擦による静電気の発生というのは少ないかも知れない。ではいったい一番いいのは何であろうかという、たとえば密閉容器内でも爆発しないようにメタノール燃料を変えることができるのか、あるいは燃えたとき初期消火ができるように色が見えるようにす

るとか、それができればいいわけです。高濃度とニートの比較ということ考えた場合、高濃度がいいというのは世界的にみてもそちらのほうにいつている。そういった現状にあるということ、海外調査の結果、あるいはいろいろな各種の保安関係の人からのお話などにもとずいて、われわれは決めてるわけです。

質 問 石油資源開発の高井と申します。代替エネルギーとしての価値をもつためにはどのぐらいのボリュームを考えていらっしゃるのでしょうか、原油換算で。やはり数百万キロリッターオーダーなんでしょうか。それとも1千万キロ近くリッターオーダーなんでしょうか。

資源エネルギー庁の井田さんお願いいたします。

井 田 代替エネルギーとしての価値をどうみるかという点ですが、新エネルギー全体がわが国のエネルギー供給の中でどのぐらいの割合を占めるかといいますと、このメタノールを含めて、1990年あるいは2000年の時点で総合エネルギー調査会での位置づけでは、全部合せても数%がいいところでした。その時点ではやはりガソリン、軽油というのはエネルギーの大宗を占めていて、その中で新エネルギーがどれだけ補完の役割をするかということ。それから原油価格の高騰に対してどれだけ抑止力として働く可能性があるかということ。そういったことで考えるべきで、現在直ちに何万トン輸入する、あるいは何千万トン輸入するといった評価を現在では行っておりません。

武 田 ご指名がないのに出てきて申しわけありません。かつてサンシャイン計画などを10年ほど前に担当していました時、いまのよ

うなご質問にどう答えようかということで苦
労をさせられたものですから、一言コメント
させていただきます。

その当方で、たとえば国会の先生方、それ
から必ずしも技術開発に熱心でない方々、あ
るいは技術開発をよく知っておられるために
そんなことができるかという方々にいろいろお
答したことがございます。その時は少なくと
もトータルエネルギーバランス、あるいは燃
料と電力をどこまで区分けするかにもよりま
すが、それぞれのシェアの中で、パーセント
オーダーのものをマーケットメカニズム的に
占め得るようになれば、そのエネルギー種目
は一人前というふうに考えていいのではない
かとお答えしたものでございます。なにぶん
当時のサンシャイン計画では、いまも新燃料
はそのようですが、10年、20年ぐらいいて数
％というのが、まあ1割と言う人もいますが、
背伸びの限界であったわけです。現にいろん
なエネルギーバランスをお組みになる方の中
には、たとえば地熱発電をバランスに組み入

れている方もおられます。コンマ何％という
オーダーですけれども、コンマ1とか、コン
マ2というようなオーダーになれば認知され
る。認知されているものは、さきほどの井田
さんと少し違う意見ですが、代替エネルギー
としてある価値評価をされているというよう
に理解していいのではないかと思います。

その点で申し上げますと、ロー・ブレンド
の可能性はいまのガソリン3,000万キロリッ
ターの3％、100万キロリッターで、トータ
ルが2億キロリッターですから、これはコン
マ5％、認知してもいいものであるかも知れ
ません。ただし、そこが限界で、それ以上い
かないよということだと問題かも知れません。
ただ、私みたいに無責任な立場と違いまして、
資源エネルギー庁は多分先き行きどこまでい
けるか、そして主流のひとつになり得るか
とお考えになって、そのためにことばを濁され
たのではないかというのが私のコメントで
ございます。

〔報告—1〕

メタノール燃料の供給見通し

㈱野村総合研究所社会システム研究部
資源エネルギー研究室副主任研究員

石 黒 正 康

はじめに

ただいまご紹介にあづかりました㈱野村総合研究所の石黒でございます。

私の報告のテーマは、「メタノール燃料の供給見通し」でございますが、決してむずかしい報告をするわけでもございませんので、お話として聞いていただければ非常に幸いです。

1. メタノールの用途別需要の現状

それではお手元の資料でございますが、表1、表2および図1に現在のメタノールの需要、用途としてどのようなところに使われているのか、また需要量がどの程度あるのか、さらには供給量として今後どの程度が見込まれているかといった事柄が図表形式でまとめてございます。

これもさきほど武田さんのほうから基調講演ということで、メタノールの需要についても若干お話がございましたが、現在、メタノールの用途というのは基本的に、そのほとんどが化学用途でございます。表1、表2にはわが国とアメリカにおけるメタノールの用途

別需要を教字で表わしてございます。基本的には、これを見ていただければおわかりのように、だいたい4割から5割程度はホルマリンの原料として使われております。その他樹脂の原料であるとか、医薬品、農薬、溶剤等すべてひっくるめまして、大部分は化学原料として使われているわけです。一方、燃料メタノールについては、わが国では基本的にこのような統計ベースに乗る範囲では燃料用途に使用されているものはございません。もちろん、一部の実験・例外的な使われ方を除きましては、燃料用需要はございません。

他方、アメリカについてですが、表2は1982年のデータで少し古うございますが、ここにあるように、アメリカでの需要構造は必ずしも日本と同一というわけではございません。アメリカ全体で、この1982年で約360万トンほどのメタノール需要があったわけですが、その中で燃料用途として約45万トンほどが消費されております。このほとんどが基本的には自動車用燃料、特にガソリンに一部混入するという形で利用されております。例えば、ここに書いてございますMTBEですと、これはオクタン価向上剤としてガソリンに混入されております。それからオキシノールにつきましては、これもさきほど武田さ

表1 わが国におけるメタノール用途別需要

〔単位：1,000トン、%〕

	1980年	1981年	1982年
内 需			
ホルマリン	626 (55.4)	588 (55.2)	587 (55.2)
D M T	13 (1.1)	11 (1.0)	10 (0.9)
塗 料	24 (2.1)	27 (2.5)	26 (2.4)
医 ・ 農 薬	33 (2.9)	33 (3.1)	35 (3.3)
M M A	51 (4.5)	54 (5.1)	53 (5.0)
P V A	12 (1.0)	13 (1.2)	12 (1.1)
そ の 他	370 (32.8)	336 (31.5)	338 (31.8)
計	1,129 (99.5)	1,062 (99.7)	1,061 (99.8)
輸 出	5 (0.5)	3 (0.3)	2 (0.2)
合 計	1,134 (100.0)	1,065 (100.0)	1,063 (100.0)

(注) () 内数字は構成比。1982年は推定。

表2 アメリカにおけるメタノール用途別需要 (1982年)

〔単位：1,000トン、%〕

化 学 用	
ホルムアルデヒド	1,390 (38.5)
酢 酸	360 (10.0)
溶 剤	270 (7.5)
クロルメタン	290 (8.0)
メタクリル酸メチル (MMA)	160 (4.4)
メチルアミン	170 (4.7)
ジメチルテレフタレート (DMT)	100 (2.8)
不凍剤	150 (4.2)
グリコールメタノールエーテル	40 (1.1)
ホルムアルデヒド用安定剤	20 (0.6)
その他	210 (5.8)
小 計	3,150 (87.3)
燃 料 用	
MTBE	270 (7.5)
オキシノール	30 (0.8)
メタノール混合ガソリン/ニートメタノール	150 (4.2)
小 計	450 (12.4)
計	3,610 (100.0)

(注) 丸めの誤差により、合計は必ずしも一致しない。() 内は構成比。

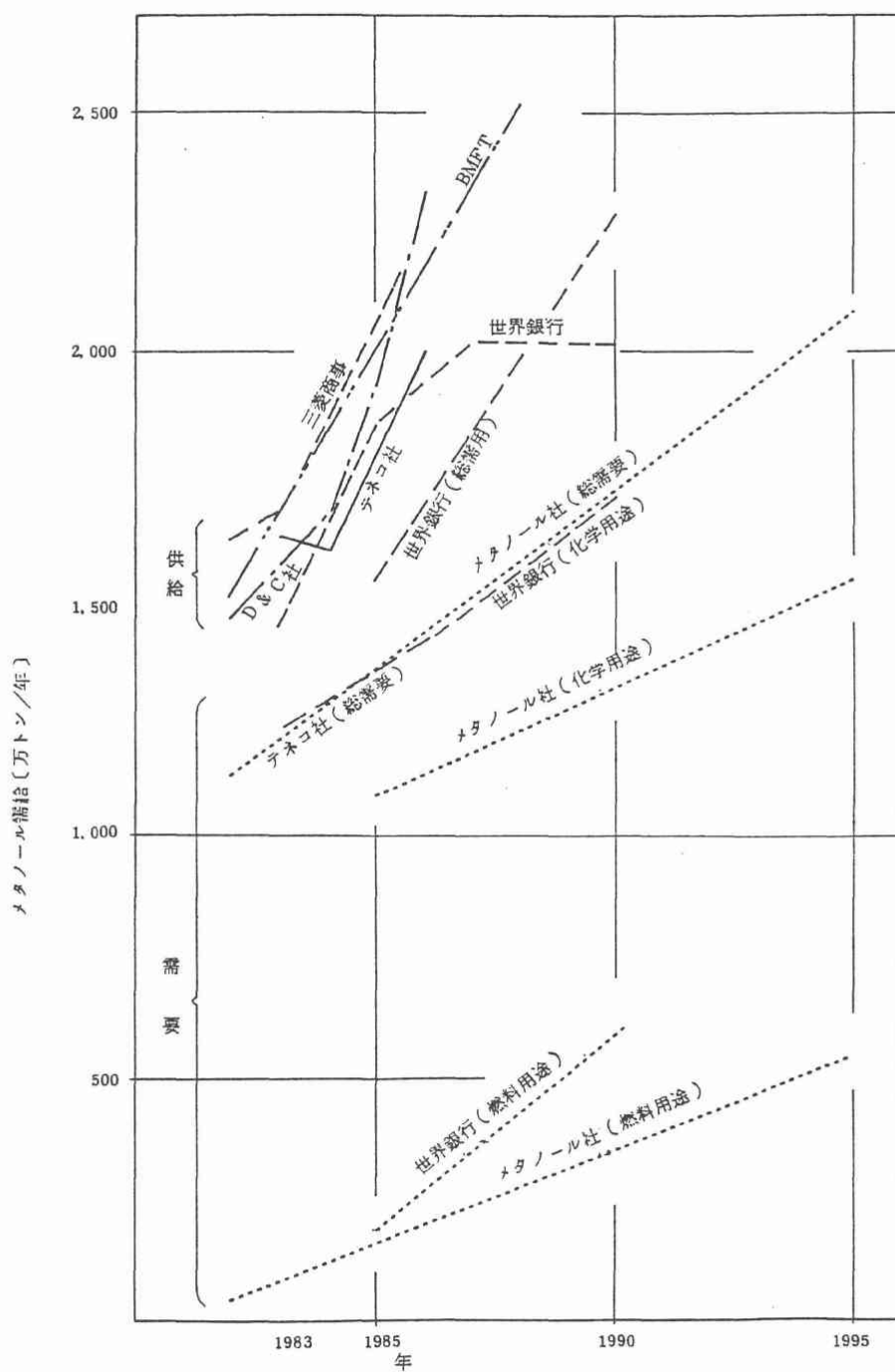


図1 メタノール需給予測の比較

(注) BMFT: 西独研究技術省 D&C: デウィット・アンド・カンパニー

んのほうからお話でしたが、アルコ社の商品でございます。これは二種類あるようですが、一番多く売られているものとガソリン中に4.75%ほどのメタノール、それから同率のガソリングレードのT B Aが混入されております。このような商品は、いずれも既存のガソリンと同じようなシステムで、マーケットメカニズムの中で販売されておるわけでございます。そして現在、世界で燃料用途としてメタノールがどの程度消費されているかということにつきましては、1983年ですと、米国での燃料用途のメタノール消費は若干増えております。1982年では45万トンですが、1983年ではこれがだいたい60万トンぐらいに増えております。

つぎに西独につきましては、これもさきほどお話でしたが、現在通常使われておりますガソリンの約3分の2に2%から3%のメタノールが混入されております。特にこれらはメタノール混合ガソリンという形で販売されているわけではございません。通常の一般のガソリンとして売られているものの中にメタノールが混入されているわけです。だいたい西ドイツで年間2,000万キロリットルを少し超える程度のガソリンが消費されております。その3分の2に2%から3%のメタノールが混入されているということから推定しますと、25万トンから35万トン程度のメタノールが消費されているのではないかと考えられます。ですからこの両国あわせまして100万トンぐらいは自動車用の燃料として消費されているわけでございます。

2. メタノール需給予測の比較

今後のメタノールの需給がどうなるかというのですが、これは図1に各社、各機関毎の需給予測をひとつにまとめてみました。

これを見ておわかりのように、1985年、いまの時点でございますが、世界の総需要量というのはだいたい1,300万から1,400万トン程度あるわけでございます。

それに対して供給力、これはいわゆる公称能力で出しておりますので、シャットダウンしたものを果してカウントすべきかどうかといった問題もございますが、とりあえず、公称能力を全て足し合わせますと約1,800万から2,100万トンほどございます。そうしますと400万トンから800万トンが差引き供給過剰となるわけです。実勢ベースでいけば恐らく400万トンから500万トン程度が余剰になっているものとみられるわけでございます。

このあと1980年代後半から1990年代にかけて、メタノールの供給量がどう変わるのであるかという疑問が出てまいります。ただし、これも需要があつての供給の話で、鶏と卵の関係になるわけでありまして、現時点でこれだけ供給過剰の状況にございますとメタノールを造る側といたしましても、新たにプラントを造って、製品を出しても市場がないということで、どうも供給力自体がよくわからないということになるわけです。では需要の伸びがこのあとどの程度見込まれるかということについてですが、在来用途である化学用需要ですと、せいぜい年率3%前後ではないかと思われます。ですから需要の伸びということではそれほど大きな値は見込めないということになります。そうしますとメタノールを供給する側としては、新たな市場を開拓するという意味から、燃料用需要に非常

に大きな期待を掛けるわけでございます。この燃料用需要予測につきましてもここでは世銀であるとか、オランダのメタノール社といった企業の子想値を乗せてみましたが、これもよくはわかりませんが、1990年時点で400万トン前後がひとつの目安になろうかという程度でございまして。これも必ずしも需給関係が釣りあいよく取られているわけでもございせんし、全くの目安でございまして。

そして供給側の問題ですが、たとえばわが国で燃料用メタノールを導入するについても供給側が本当に安全保障をしてくれるかどうかといういろいろな問題があるわけですね。1980年代に入り、いわゆるオイルショック以降メタノールが一躍燃料用途として脚光を浴びた時点で、世界各国でいくつかメタノールの製造プロジェクトが打ち出されたわけでございます。

その主なものが表3でございまして、ここにリストアップしてみました。主に1982～83年頃非常にたくさんのプロジェクトが打ち上げられたわけでございます。この新規のメタノールプロジェクトが全部動き出すとして単純に足し算しますと2,000万トン以上になってしまいますので、いまの供給力が2倍になるわけですね。現実にはさきほども申しましたように明らかに供給過剰の状況にあるわけですから、これが全て商業化に結びつくということは当然考えられないわけですね。そういった背景から、ここに打ち上げられておりましたプロジェクトのほとんどは、実質的には棚上げあるいは中止という形になっているわけですね。もっとも、これらのプロジェクト中で私どもにもなじみのあるものとして、たとえばサウジアラビアのメタノールであるとか、

あるいは中米のトリニダード・トバゴのメタノールプロジェクトは実際に稼動したわけですが、これにつきましても、新たな需要を開拓したというわけではなく、既存のアメリカあるいは日本で生産されていたメタノールの市場を食う形で新規参入してきたわけでございます。

3. 原油、石油製品およびメタノール価格の推移

ここまでは需給の面からメタノールをみてきたわけですが、では少し視点を変えまして燃料用メタノールがいったいどの程度の経済性を持つてであろうかということについて少し眺めてみたいと思います。

図2には1970年から現在に至るまでのメタノールの価格、そして当面競合する燃料となります石油(原油)と、その中でも比較的ノーブルユースである石油製品の中からガソリンを取り出して、各々の価格の推移をプロットしてみました。図2を見てみますと、いわゆる1973年、74年のオイルショック以降、石油価格はどんどん上がり、それにつれてメタノール価格もどんどん上がりました。なんとなく価格が上がった、上がったというわけで、では両者の比較がどうなったのかはよくわからないわけですね。そこでこれをメタノール価格と石油価格との相対比でとってみました。これが図3でございまして。

これを見てみますと、かなりはっきりとした傾向の出ていることがおわかりかと思えます。このように、メタノールの価格を原油価格あるいはガソリン価格で規格化して、価格比を取った場合、これを見ておわかりのよう

表3 世界の新規メタノール・プロジェクト

(単位: 1,000 トン/年)

地域	国	企 業 ・ 機 関	立 地	規 模	運開年	そ の 他
アジア・中東	インドネシア	ブルタミナ BPガス/ガルフ・オイル	ブニュー スラウェジ島	330 330~660	1984 1980年代末	輸出向。一部国内消費 日本, 韓国, 台湾市場を想定
	マレーシア	サバ・ガス・インダストリーズ	サバ州ラブアン	660	1986	西欧, アジア, 米国市場へ輸出
	ビルマ	ペトロケミカル・インダストリーズ ペトロケミカル・インダストリーズ	サイクサ マルタバン湾	148 330	1984 na	日本, 韓国市場へ輸出 輸出向
	バングラデシュ	政 府	チッタゴン	413	1986	全量輸出向
	サウジアラビア	ナショナル・メタノール	アル・ジュベール	700	1984	セラニースが参加
	UAE	ラス・アル・カイマ政府 ジャルジャ・エコノミック・デベロップメント	ラス・アル・カイマ ジャルジャ	825 400~600	1986 na	I C I が参加
	バーレーン	ガルフ・ペトロケミカル・インダストリーズ	シトラ	330	1984	
北米	カナダ	カナディアソ・メタノール・カナディアン ビーワグ・エナジー・リソース	オンタリオ州ホルトン アルバータ州	na 1,650	1986 1985	燃料用 西歐向燃料用(中止が決定)
	アメリカ	ビート・メタノール・アソシエーツ ノコタ	北カロライナ州 北ダコタ州	195~210 330	1985~86 1989	泥炭原料 自動車用燃料
		ウェンスワース・ブラザーズ サンディエゴ市	オハイオ州	1,650	na	
		TVA	アラバマ州	8	1984	下水処理場メタンガス原料
		インディアナ・パブリック・サービス	インディアナ州	660	1989	石炭原料, 自動車用燃料
				10	na	石炭原料
	パナマ	エバスコ・サービス	チリキイ・グランデ	4,000	1990	米国中西部炭原料
中南米	トリニダード・トバゴ	トリニダード・トバゴ政府	ポイント・リサ	396	1984	西欧・米国向け輸出
	アルゼンチン	マガラネス	ラ・ミソン	840	1986	国内向40%, 輸出向60%
		ペトロキミカ・アウストラル	リオグランデ	300(680)	1987	欧米向輸出
	チリ	エンブレサ・ナショナル・デ・ペトロレオス	カボ・ネグロ	748	1987	米国向燃料用
西欧	イギリス	I C I	ビリンガム	726	na	棚上げ
	フランス	CDFヘミー	カーリン	495	na	石炭原料
	スウェーデン	ニーナスハム共同体	ニーナスハム	350	1989	石炭原料
	ノルウェー	ダイノ・インダストリー・スタットオイル	カースト	500	1988	
	アイルランド	カルボニード・アイルランド	コーク	330	na	MTBE製造用
	ソ 連	ソ連政府	トムスク	825	1983	西欧向輸出
			ゲバカ	825	1984	西欧向輸出
			コトラス	3,000	na	
			カンスク・アキンスク	na	na	褐炭原料
			シクチフカル	na	na	合成タンパク製造用
	東ドイツ	東ドイツ政府	ロイナ	500	1984	西欧向輸出

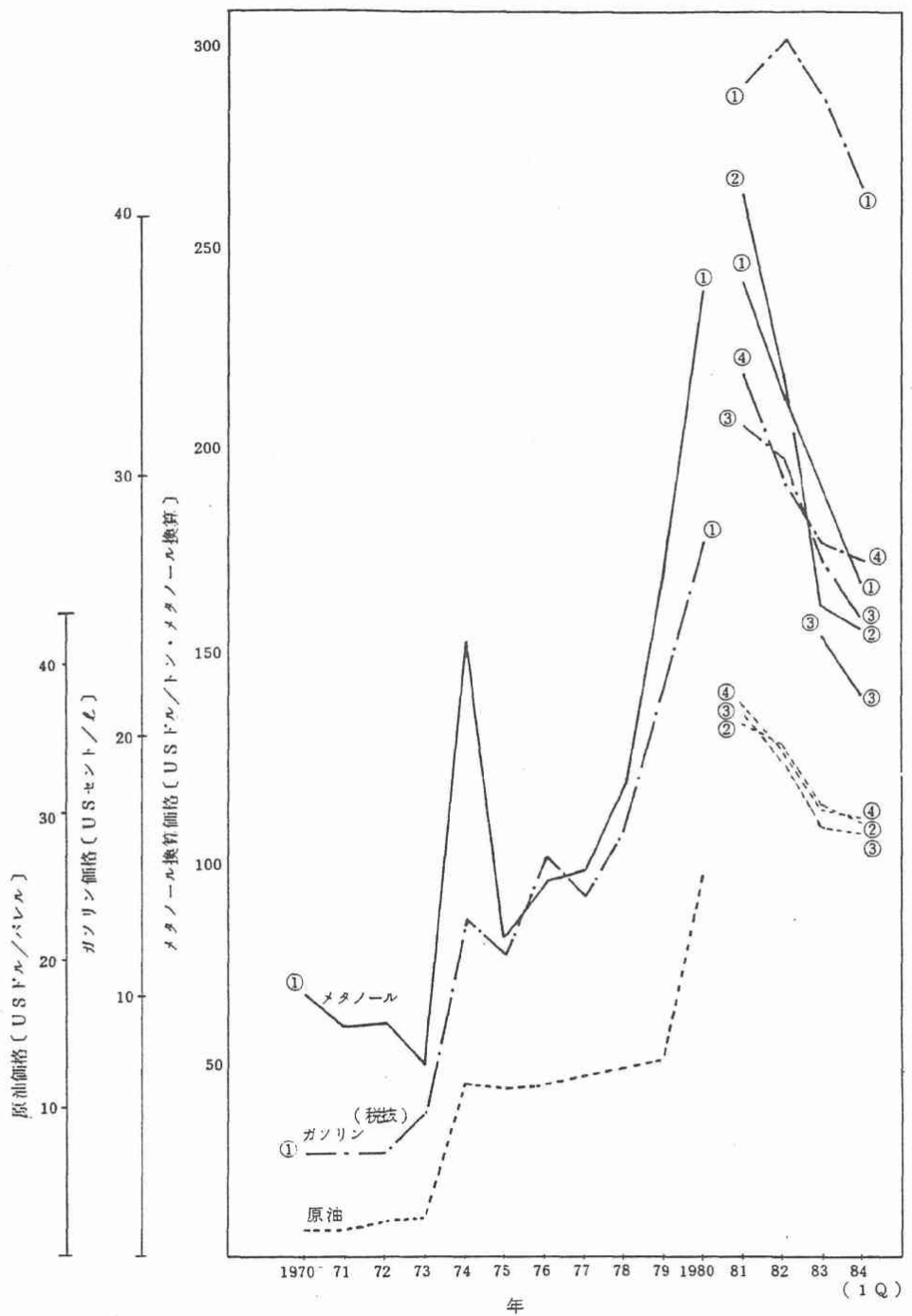


図2 メタノール、原油およびガソリン価格の推移

(注) 1. キー価格番号は次の地域における価格を示す。

①：(西)ヨーロッパ ②：日本 ③：アメリカ ④：西ドイツ

2. 1980年以前の原油価格は、アラビアン・ライト原油公示価格を示すが、1981年以降は、各国の輸入原油価格を示す。

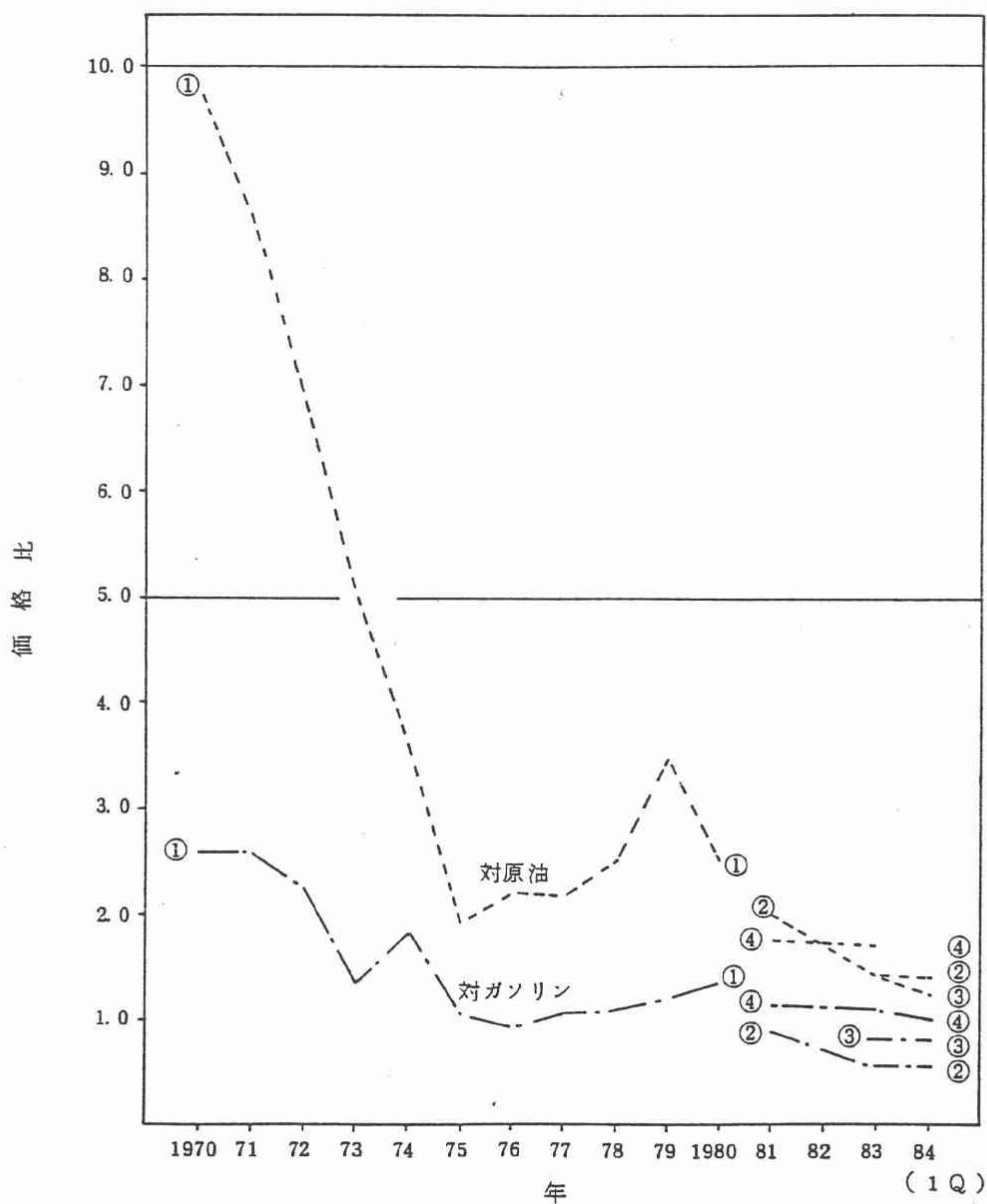


図3 メタノール対原油およびガソリンの価格比の推移

- (注) 1. キー番号は、次の地域における価格を示す。
 ①：(西) ヨーロッパ ②：日本 ③：アメリカ ④：西ドイツ
2. 1980年以前の原油価格は、アラビアン・ライト原油公示価格を示すが、1981年以降は、各国の輸入原油価格を示す。

にメタノールの相対的な価格はどんどん下がってきたわけでございます。たとえば1970年頃でございますと、メタノールの価格は原油に比べて10倍近い値段をしていたわけです。ノーブルユースであるガソリンをとりましても2.5～6倍であったわけでしょうか。とてもこの頃では燃料としてメタノールを云々するような状況にはなかったわけですが、その後相対価格は、どんどん下がりがまして、1984年中頃、いま現在でみますと、原油との相対価格で言えば、どうも1.3から1.6ぐらい、これは国によって違うわけでございますが、対ガソリンでみますと、どうも1からコンマいくつぐらい、どうも価格面からみますと、かなり競争力がありそうだ、議論してもいいような状況になって来たのではないかとこの状況になったわけでございます。特に1980年、81年以降、メタノール価格の低下にはかなり著しいものがございます。

図4、図5、図6にわが国におけるメタノール市場、アメリカのガルフ・コーストにおける市場価格、そしてもうひとつ西ヨーロッパでの取引価格をグラフで表わしてみました。これを見ておわかりのように、メタノール価格は1981年以降一方的に下がってきているわけです。

たとえば、わが国の輸入メタノールでみた場合、これはC I Fの価格でございますが、1981年初頭でトン当たり6万円ぐらいであったものが、1984年に入り3万5～6,000円ぐらい、その後ほとんど横ばいか、ないしは若干下がりがつつあるかという状況で動いているわけです。アメリカでみますと1982年から83年にかけて価格は暴落いたしておりますし、ヨーロッパについても同じようでございます。

これを見ておわかりのように、わが国、アメリカ、ヨーロッパを取りましても、どうもこのような大きなマーケットでの取引価格はだいたいトン当たり150～160ドルぐらいになってきたことが分かるわけでございます。ただ、この価格がどこまで下がるかという問題が出て来るわけでございますが、メタノールメーカーとしては当然利益を確保しなければなりませんので、そういった意味からあまり値が下がりますと、企業家としても魅力がなくなるわけでございます。そういったところで市場メカニズムが働くわけでございます。これは私の個人的な意見でございますが、現状がもう底値にかなり近いのではないかと考えております。

とくにここ直近の数値でみてみますと、この4月以降、実はメタノール価格は若干の上昇傾向にございます。これはアメリカのガルフコーストでの取引価格でございますが、スポットもので、たとえば昨年秋、9月頃、ガロン当たり41セントから42セントで取引されておりましたが、この6月、つい数週間前ですとこれが48セントぐらい、すなわち、20%ぐらい値上りいたしました。そして、コントラクトもの、長契のものでも同じく昨年の秋頃、9月頃でガロン当たり45セントであったものが、現在48から50セントで約10%ほど値上がりしております。なぜこうなったかということですが、ひとつは市場が非常に低迷しているということから、アメリカを中心といたしまして生産調整が若干進みまして、値が持ち直したわけでございます。ただし、今値上がり傾向にあるから、まだどんどん値上がりしていくかということになりますと、これも若干問題があります。基本的に非常に大

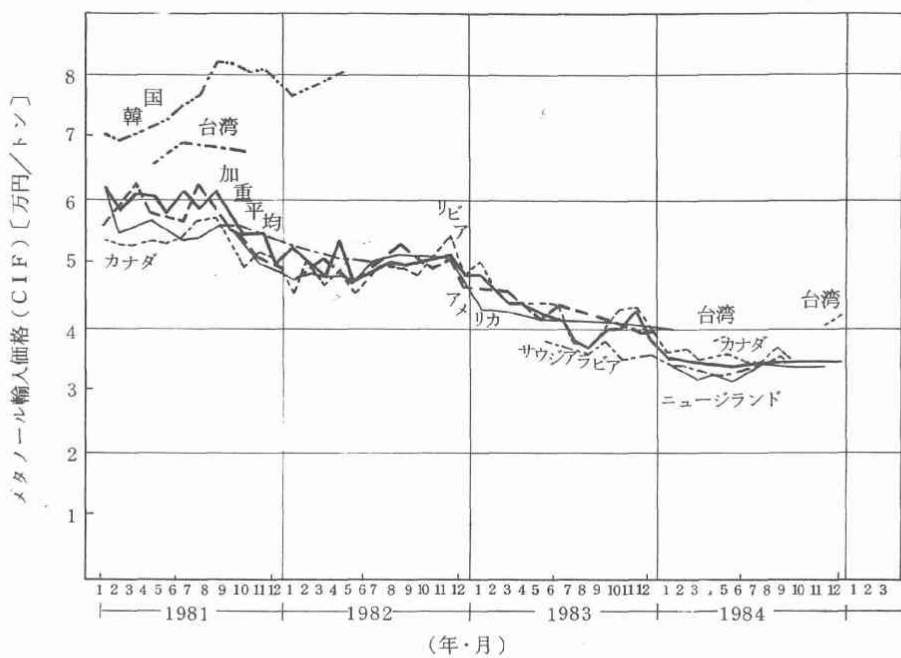


図4 わが国のメタノール輸入価格(CIF)の推移

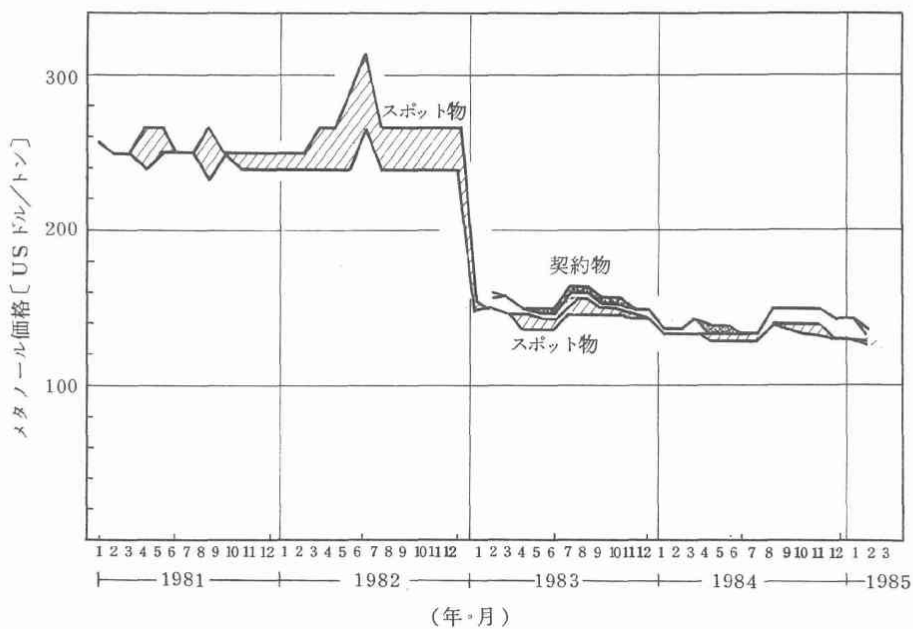


図5 アメリカ・ガルフ・コーストにおけるメタノール価格の推移

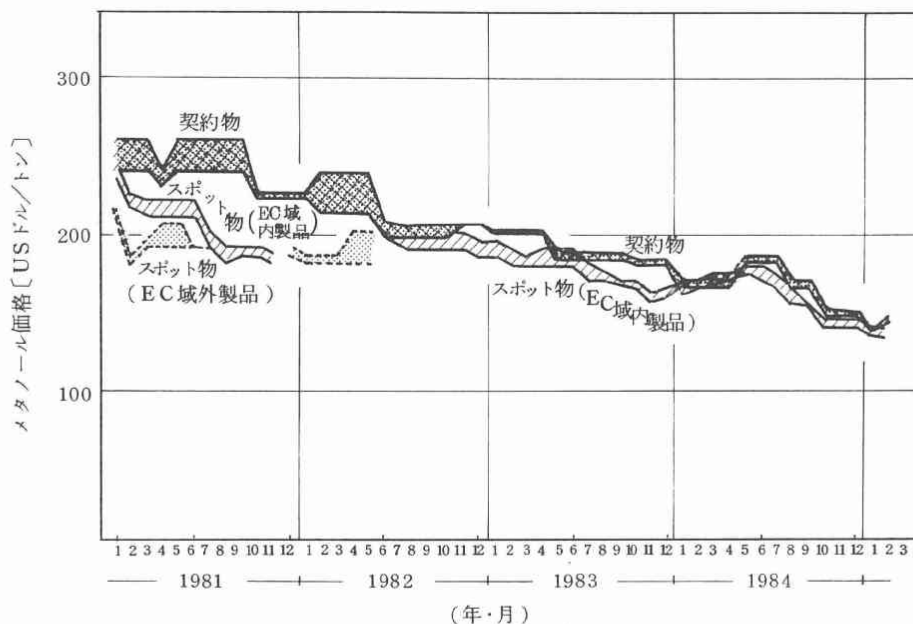


図6 西ヨーロッパにおけるメタノール価格の推移

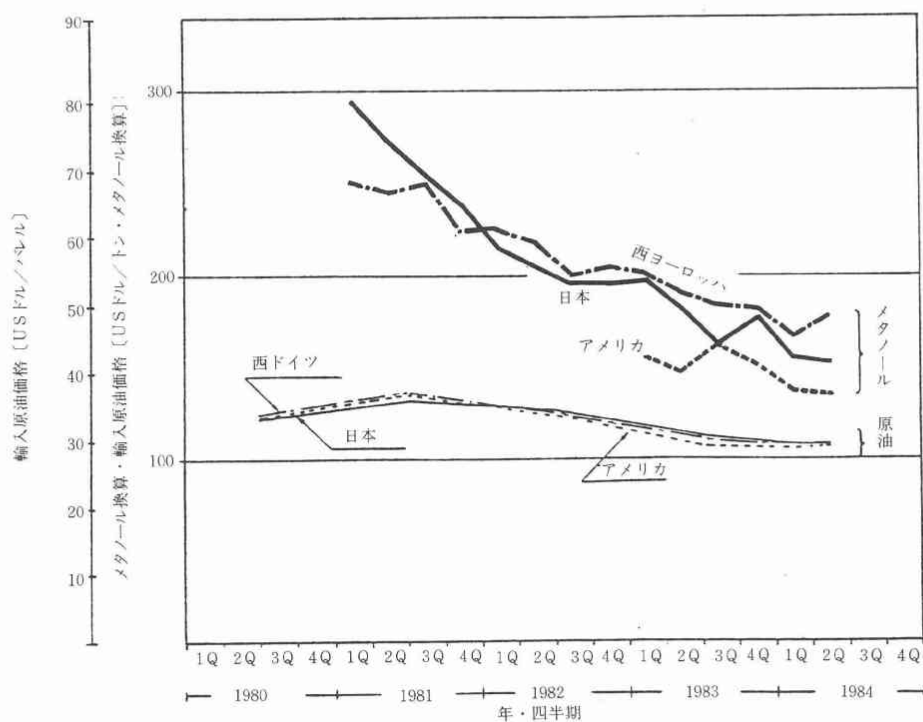


図7 各国の輸入原油価格（CIF）の推移とメタノール価格（契約物）との比較

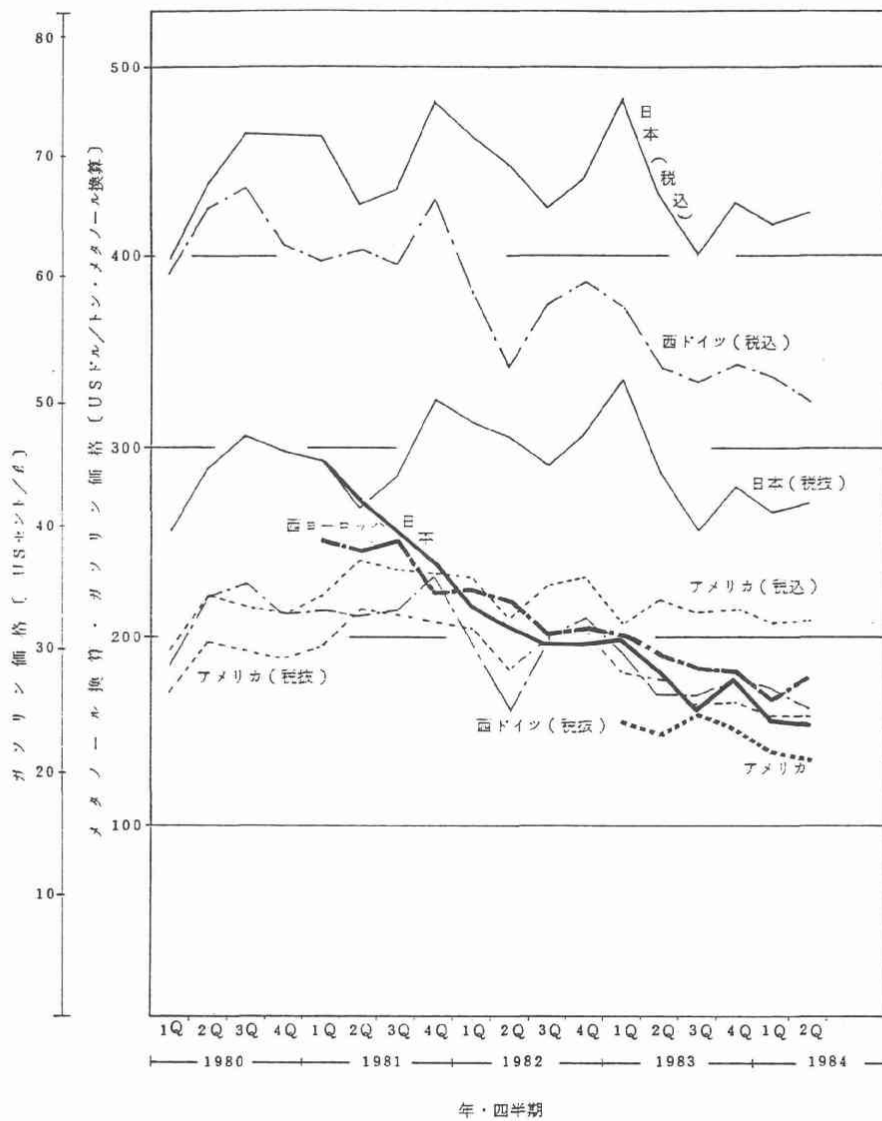


図8 各国のガソリン価格の推移とメタノール価格（契約物）との比較

（注）太線はメタノール価格を示し、細線はガソリン価格を示す。

きな需給のアンバランスというものがあるわけですので、これからさらに値を戻していくかといいますと、これはかなり疑問であろうかと思えます。そういった意味で、いまの値段が底値であり、ある程度短期的には底値安定するのではないかと思われるわけです。

もう一度、石油製品との価格競争力について考えてみたいと思います。

このようにメタノールは非常に価格が下がってきました。では、メタノールを既存の石油製品と経済性という面から競合させてみたらどうなるであろうかということで、図7、図8に示すようなものをつくってみました。これは1980年以降、西ドイツと日本とアメリカにおける原油の輸入価格(C I F)とメタノール価格の推移でございます。なおメタノール価格については、西ヨーロッパとアメリカではマーケットプライス、日本ではC I F価格ですから、だいたい条件は似たようなものであるわけです。この図では、メタノール当量となるように換算して価格が表示してございます。ですから原油固有の単位で言いますとC I F価格で、アメリカ、西ドイツ、日本いずれをとりましても、だいたいバレル35ドルぐらい。これはメタノール換算いたしますとトン当たり110ドルぐらいになるのでしょうか。それに対してメタノールの取引価格は現在でもまだまだ時期によって違いますが、トン当たり150ドルとか160ぐらいですから、まだ3割とか4割あるいは5割ぐらい原油より高いわけでございます。そういう意味では原油と直接熱量ベースで競合するのはちょっと難しいということになってしまいます。ただし、これもさきほど武田さんのほうからお話

がありましたが、メタノールをどういった形で使うか、用途によって導入のされ方も異なりますし、経済性も変わってくるわけです。そこで取りあえずここでは石油製品の中でも比較的設定価格の高い、しかもノーブルユースのものということで、ガソリン価格との比較を行ってみました。それが図8でございます

ここでは、ガソリンの末端市場価格を取り上げてみました。ですからサービスステーションで車を横付して、そこで買う価格を意味するわけでございます。これをわが国を含む三国について眺めたものです。ただし、ガソリンはご存じのように非常に高い税金がかかっておりますので、税金がかけられた、課税した状態でメタノールと比較するというのはこれは条件が同じにはなりませんので、取りあえずひとつの目安としまして、税金分だけはずした裸の価格、税を抜いたガソリンの末端価格で見ることに致します。たとえばアメリカですと、ガソリンはメタノール換算でトン当たり160ドルぐらい、西ドイツにしても同じぐらい、ただし、日本につきましては石油製品の価格体系が欧米とは異っておりますので、欧米に比べまして、日本のガソリン価格は若干高くなっております。これを見ますと、どうもメタノールの価格というのは、ガソリンが相手であればどうも経済性を論じても良いような状況になっているのではないかと思われるわけです。

ただひとつこの図の上で問題となるのは、わが国のメタノールはC I F価格、あるいは欧米ですとマーケットプライスであるのに対し、ガソリン価格についてはS Sでの、いわゆる車のユーザーが買う価格ですので、国内での流通コストというものはメタノールには

入っていないことです。このような国内流通コストをメタノール側にオンする必要がありますが、それをいくらにとるかという議論は別にいたしまして、競合相手がガソリンであれば、ある程度導入を議論できうるような経済性にあるのではないかという状況になってきたわけでございます。

4. 燃料メタノール製造コスト試算例

最後に、燃料メタノールの導入が実現いたしましたして、燃料メタノールがいくら位で製造できるかを考えてみたいと思います。基本的に現在造られているメタノールは化学用途であり、プラント規模もそれほど大きくはないわけです。燃料用途の市場が拡大した場合、わが国ですと国内でメタノールを造ることは無理でございますので、海外の産ガス国、あるいは石炭をベースとして、開発輸入に近いような形をとらねばならないと考えられるわけがあります。

ここでは私どもが資源エネルギー庁の公益事業部からの委託調査で、発電用としてメタノールを利用したらどのような経済性になるかという調査を行い、海外からのメタノールの供給可能性について若干の検討をいたしましたので、そのときのデータをここにお持ち致しました。ひとつのモデルと致しまして、燃料用プラントの規模として日産5,000トンいまの化学用のメタノールプラントで言いますと、だいたい倍ぐらいの規模になりますでしょうか。あるいは、もっと大きいかも知れません。年産で言いますとこのプラントで165万トンぐらいをつくることができます。そして原料として石炭を使った場合、もうひとつ

天然ガスを使った場合の比較を試算ではございますが、経済性という観点から論じてみました。

原料をどこで入手するかという問題が第1にあるわけでございますが、とりあえずいま現在わが国がメタノールを買っていることからカナダあたりで天然ガスを使い、あるいはカナダの西側には石炭も豊富にございますので、このあたりの天然ガス、あるいは石炭を原料として使って、メタノールをつくったらどのくらいの経済性になるかという検討をしたわけでございます。この程度の規模のプラントを、たとえば1988年に運開させるものと致します。そのときにプラントゲートでだいたいどの程度の価格で製品を出荷できるかということでございます。たとえば原料としてカナダのブリティッシュ・コロンビア州にハットクリークというところがあり、ここに低品位な褐炭がございます。これは昔BCハイドロという電力会社が、ここに山元の発電所を建設して、発電用に使おうかという計画を検討したこともある場所でございます。ここでの褐炭というのはだいたいトン当たり12ドルから16ドルぐらい、非常に低価格で入手できるわけでございます。そうした場合、この程度の規模のプラントでメタノールを製造した場合、リターンをどの程度見込むかという問題がありますが、たとえばROIで10%ぐらい、これは一般的な事業から言いますとかなり低い値ですが、ROI10%ぐらいを見込んで、しかも褐炭の入手価格がトン12ドルと非常に安い値段で入った場合ですと、メタノール・トン当たり3万円ぐらいでなら製品を出荷できそうだという試算になりました。これと比較検討できるような形で、天然ガスにつ

いても試算を行ってみました。現在カナダのアルバータ州というところには非常に豊富な天然ガスがございまして、現在カナダセラニース社あるいはオセロット社といった企業がメタノールをカナダの西海岸から輸出しているわけでございます。同様の事業を想定いたしまして、アルバータの天然ガスを原料に同じような日産5,000トンぐらいの規模でメタノールをつくったらどうなるかということで経済性計算を致しました。現在、カナダでの天然ガスの入手価格は、だいたい100万BTU当たり1.7から1.8ドルぐらいで取引されているようでございます。ですからここで非常に安く、100万BTU当たり1.5ドルぐらいで入手できたとして、このプロジェクトでリターンを最低限確保した場合、プラントゲートで2万4,000～2万5,000円ぐらいでならば製造できそうだという試算になったわけでございます。この絶対価格、たとえば3万円強であるとか、2万4～5,000円という数値はいろいろ前提条件のおき方で変化いたしますが、少なくとも石炭と天然ガスとを原料にメタノールを造った場合に、いずれが安いかということにつきましては、いま現在の技術をもってプラントを建設した場合、残念ながら、石炭についてはまだ技術開発が途上の状況にあり、かたや天然ガススペースですと非常に成熟した技術にあるということで、どうも石炭のほう少し分が悪いことになってしまいます。基本的にその分が悪い理由というのは石炭ガス化技術が完全に確立されていないために、初期投資額が非常に大きいことでございます。たとえばいま申しました事例で言いますと、天然ガスのプラントですとだいたい1,000億円ぐらいで建設できます。それに対して石炭

ベースに致しますと、その3倍近い3,000億円ぐらいの建設費がかかってしまいます。どうしてもプラントの償却が非常に大きく最終的な製品に対する固定費の占める割合が大きくなってしまいうために、石炭から作ったメタノールの最終的な設定価格というものがかなり高くなるという結果になってしまいました。もちろんこれは何度も繰り返すことにはなりますが、石炭ベースと天然ガススペースでは、メタノールを造るプロセス技術の成熟度が全く比較にならないほど違うわけでございます。たとえば天然ガススペースであれば世界中にいくつものプラントがあり、現在すでに稼働しているわけでございます。それに対して石炭からメタノールを造る場合ですと、石炭ガス化を経由して、これをメタノールに合成することになります。ガス化技術自体はまだ完成したものではございません。わが国でもNEDOを中心にして、基礎技術の開発を行っておられるわけですが、こういった大きなハンデキャップがあるわけでございます。ですから、たとえば遠い将来においては、石炭ガス化装置の建設費、あるいは石炭からのメタノール製造プラントの建設費というものが非常に大きく低減する可能性というものはあるわけでございます。将来的に大きな技術革新がありうるという意味ではまだ非常に不明確な点が多いのですが、とりあえず短期的に5年とか10年ぐらいのタイムスパンでみた場合、石炭からのメタノール製造というのはまだちょっと高くつきそうであるというのが私どもの結論でございます。以上とりとめの話になりましたが、私の報告に代えさせていただきますと思います。どうもご静聴ありがとうございました。(いしぐろ まさやす)

〔報告—2〕

メタノールの製造技術と コスト低減の可能性

主任研究員 原 谷 裕 三

はじめに

ここでは当研究所が新エネルギー総合開発機構より昭和59年度調査を受託した「燃料メタノールの新製造法及び自動車等利用可能性調査」の成果の一部を参考とし、現状のメタノール製造技術と開発が進められつつある新しい製造技術の紹介を中心にお話をしたいと思います。

1. メタノール製造技術

メタノール製造工程の基本的な概念を図1に示しました。

メタノールの製造は、炭化水素を原料として一酸化炭素、水素などへ改質する合成ガス製造工程と、その合成ガスを圧縮して触媒下で反応させるメタノール合成工程、それからメタノールの純度を上げるための精製工程から構成されています。

1.1 合成ガス製造工程

まず、最初にあげた合成ガス製造工程とは図1中に示した改質反応の化学式のように原料炭化水素をニッケル系触媒のもとで水素、

一酸化炭素、二酸化炭素に改質させる工程です。この改質工程には表1に示すように2つの方法があります。天然ガス、ナフサなどを原料とするTopsoe社とICI社のスチームリフォーミング法と、もう一方は重質油を原料とするShell社とTexaco社の部分酸化法に大別できます。最近ではスチームリフォーミング法が多く用いられており、原料である天然ガス、ナフサをニッケル系触媒の充填されている反応管へ通し、図1に示した反応が約40気圧、900℃で行われます。この反応は吸熱反応が主であり、これに必要な熱は外部より供給されます。もう一つの部分酸化プロセスは80気圧以上の合成ガスが得られることを特長としており、次工程のメタノール合成工程の圧縮動力がスチームリフォーミング法にくらべ大幅に削減可能です。しかし、合成圧力が50気圧～100気圧程度に低下した現在では、その要請がうすれてきたと思われます。最近ではスチームリフォーミング法と部分酸化法を組合せ、合成圧力の上昇と経済性の向上をはかったプラントも設計されています。

1.2 メタノール合成工程

メタノールは、図1のメタノール合成反応に示した反応式の通り亜鉛—クロム系触媒

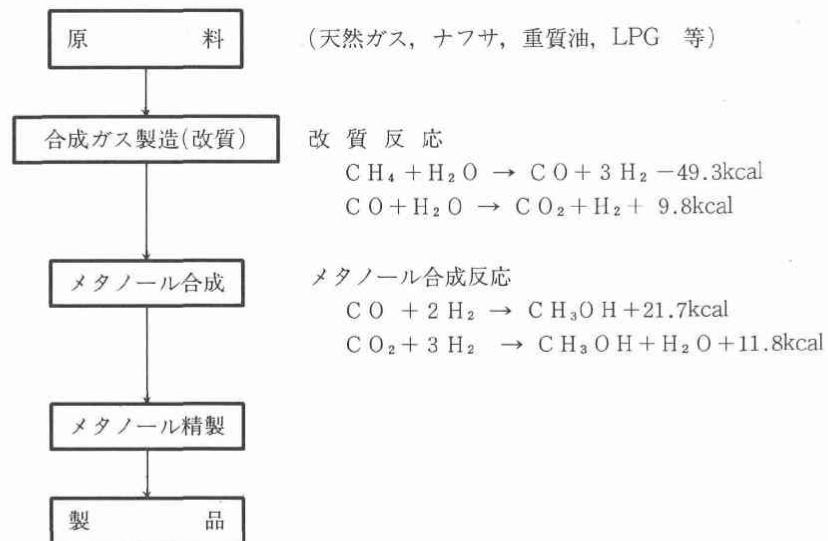


図1 メタノール製造工程の概要

表1 改質工程の種類

改 質 法	原 料	合成ガス圧力	プロセスオーナー
スチームリフォーミング法	天然ガス ナフサ	30～40気圧	Topsoe 社 ICI 社
部 分 酸 化 法	重 質 油	80～90気圧	Shell 社 Texaco 社

または銅系触媒のもとで合成されます。この合成反応は発熱反応であり、平衡上温度は低いほど、また圧力は高いほど有利となります。その反面、反応速度の低下や圧縮動力の増加などの問題も生ずるので、ここでは最適な温度と圧力のバランス点を見出すことが必要です。

メタノールは、およそ60年前から工業的に製造されるようになりましたが、長い間亜鉛－クロム系触媒を使った高压プロセスが採用されていました。この亜鉛－クロム系触媒は耐熱性や合成ガス中のイオウに対し強いという特長をもっています。しかし、活性が低く約350℃、330気圧の厳しい高温、高压の条件を必要とするので、設備費及びランニングコスト上不利でありました。約20年前の1966年になって、イギリスのICI社が銅系の触媒を開発して、約250℃、50気圧の低温、低压の条件での反応を可能としました。これによって圧縮動力は大幅に削減され、従来の高压法に比較して、経済性が大きく向上しました。このICI社の低压プロセスは、それ以来世界のメタノールプラントの市場を60%以上占めるようになりました。表2に現在の代表的なメタノールプロセスの種類と特長を掲載しました。一番左側が今お話をしたICIのプロセスであります。1970年代の前半になりますと、西独のLurgi社のほかに数社が次々と銅系触媒を開発しました。これらいくつかのプロセスの中で、最近の実績をみれば、Lurgi社の低压プロセスのみが、ICIプロセスに対し競争力を確保しているようです。

図2及び図3にそれぞれICI社、Lurgi社の合成塔の構造図を示しました。ICI型

は一般にクエンチ型と呼ばれており、円筒容器内にICI社が開発した菱形状のガス分散が容易な特殊クエンチャを多段に取りつけ、ガスにより反応熱を冷却する仕組みになっています。構造が簡単なので価格が安く、触媒の抜き出しが、容易であるという長所をもっています。しかし、反応熱の除去をクエンチャから吹きこむ冷却された合成ガスにより行うので、温度コントロール性ではLurgi型より劣るといわれています。

Lurgi型合成塔は触媒を充填した多数の触媒チューブを円筒容器内に組み込み、合成ガスをそのチューブに通して反応を行わせる構造のものです。管外にはボイラー水を通し反応熱を高压スチームとして発生させることによって除熱するものです。熱除去の効率がよいので、厳密な温度コントロールをしやすいたのが、特長ですが、圧損が大きいという欠点があり、特に大型化に際しては、長手方向への拡大に限界があります。図4に示したTopsoe型合成塔は、デンマークのTopsoe社が最近発表したラジアルフロー型の合成塔です。原料合成ガスの流れ方向を円筒の半径方向に流すことにより圧力損失が小さくなり、動力原単位の向上がはかれることを特長としています。また、合成圧力はICI、Lurgiプロセスと同等の低压で可能であり、合成塔価格も安くなるといわれています。

2. 新しいメタノールプロセス

2.1 液相メタノール合成法

液相メタノール合成法は米国のChem Systems社を中心に開発中のプロセスです。これは反応に無関係な循環オイル中に触媒を懸

表2 代表的メタノール合成プロセスの特徴

	I C I	Lurgi	日水-Topsoe	三菱瓦斯化学	Topsoe	Vulcan	Topsoe
	低圧法	→	中圧法	→	低圧法	中圧法	高圧法
1. 触媒	Cu-Zn-Al or Cu-Zn-Cr	Cu系	Cu-Zn-Cr	Cu-Zn系	Cu-Zn-Al	Cu-Zn	Cu-Zn
2. 合成圧力(気圧)	50→100	50～70	100～150	50～300	20～150	180～200	320～400
3. 合成温度(℃)	230～280	250～270	240～265	220～280	200～310	340～380	320～400
4. 合成塔特徴	クエンチ型 ・構造簡単 ・特殊分散ノズル ・触媒抜き出し容易 ・圧損やや大	アルゲ型 ・厳密な温度制御が容易 ・高圧蒸気発生 ・多管式合成塔 ・圧損やや大	円筒型ラジアルフロー ・構造簡単 ・低圧蒸気発生 ・圧損大	クエンチ型 ・構造簡単	ラジアルフロー ・構造簡単 ・圧損小	クエンチTVA型 ・構造複雑 ・圧損大 ・温度制御やや劣る	TVA型 ・構造複雑 ・圧損大 ・温度制御やや劣る
5. 現状 大型化(実績)	商業化 (60%占有率) 2,500 T/D	商業化 (20%占有率) 2,000 T/D	商業化 150 T/D	商業化 1,800 T/D	開発中 (試設計) —	商業化 1,800 T/D (2合成塔)	商業化 800 T/D
6. その他	・ライセンサーに熱交型, カザーレ型合成塔採用の動きあり	・大型プラントでは2塔式			・5,000 T/D合成塔可能	—	

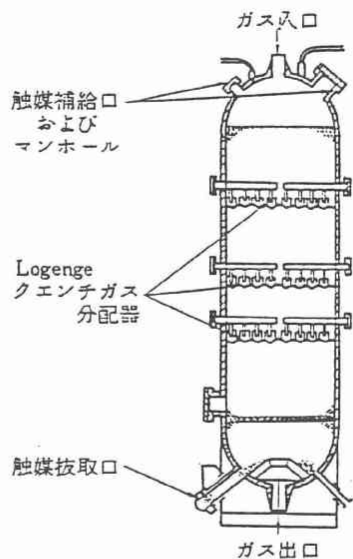


図2 ICI型合成塔

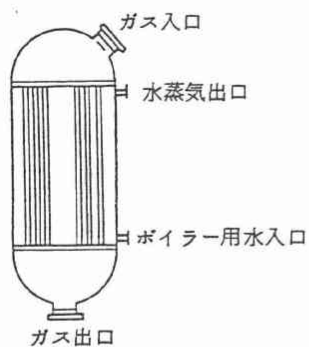


図3 ルルギ型合成塔

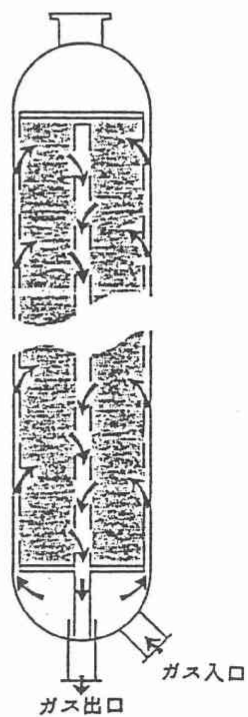


図4 Topsoe 型合成塔

濁させ、そこに原料合成ガスを導いて合成反応をおこさせるものです。多量に発生する反応熱は、反応に関与しない循環オイルを反応器外の熱交換器に導き、そこで冷却することにより除熱し、温度コントロールが行われます。この液相メタノールプロセスには図5及び図6に示したように“流動床型”と“スラリー床型”の2つのモードがあります。

流動床型では、原料ガスを反応器の底部より導入させ、触媒を懸濁したオイルと接触させることにより合成反応を行わせます。触媒、循環オイル及びガスの分離は反応器上部で行われ、触媒は反応器内にとどまります。上澄となった循環オイルは、熱交換器にて冷却された後、再び反応器底部へ戻されます。ここで使われる触媒は直径2mm～3mm程度の粒状ののですが、触媒強度の不足から粉末化され、反応器外に出る循環オイル中に混入してしまうという問題が昨年の試運転時におこっているようです。

図6のスラリー床型では、はじめから数ミクロンオーダーに粉末化させた触媒を循環オイルに分散させたまま、反応系、冷却系をリサイクルさせる方式としているので、流動床型のような触媒強度に起因するトラブルはなく、現時点では、このスラリー床型のものが有望視されているようです。これら2つのプロセス共合成反応は、温度250℃前後、圧力50気圧程度と先に紹介した従来の気相、低压固定床型のプロセスとほとんど同じ条件で行われています。また、従来の固定床式プロセスより触媒との接触が効率よくなされるので、1パス当りの収率が向上することと、液媒体を通じて除熱するので、温度コントロールや熱回収が容易にできるところに特長がありま

す。昨年5T/日のプロセス開発装置によるテストが行われましたが、スラリー床型ではほとんどトラブルもなく、次の200トン/日規模のパイロットプラントへの移行に自信を深めたということです。

2.2 MRFリアクター

MRFリアクターは東洋エンジニアリングにて開発された新型反応器です。この反応器は、原料合成ガスが円筒型の触媒床を中心軸のセンターパイプから周方向へ放射状に流れるように設計されています。図7の断面図に示してあるように断熱反応層と熱除去反応層とを交互に通過し、温度コントロールされながら反応が進む仕組みとなっています。一方、熱除去反応層に多段に配列されたチューブ内を通過するボイラー水は、反応熱を除去し、スチームとして熱回収をします。先程から紹介している従来のICI型やLurgi型などの軸流型反応器と比較して、合成ガスの通過経路が放射状なので短かく流速も小さくなるので、触媒層通過時の圧力損失が大変小さくなるのが特長です。圧損が小さくてすむので大容量リアクターの設計が可能となり、5,000T/日以上のものも可能であるということです。また、天然ガスを原料とする場合には、従来のリアクターではメタノールを1トン製造するのにおよそ750万kcalのエネルギーを必要としていましたが、MRFリアクターを用いたプロセスではおよそ680万kcalで可能であり、プラントのエネルギー効率も従来の60%台から70%以上への改善が期待できると発表されています。このようにMRFリアクターでは、5,000トン/日以上的大型化と約10%の省エネルギー化が期待できる将来有

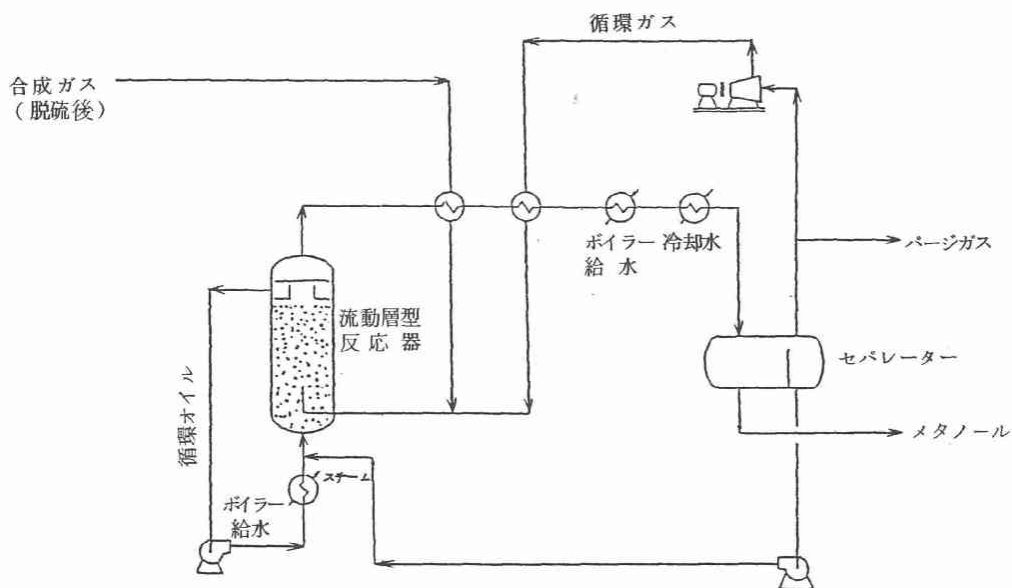


図5 流動床型液相メタノールプロセス

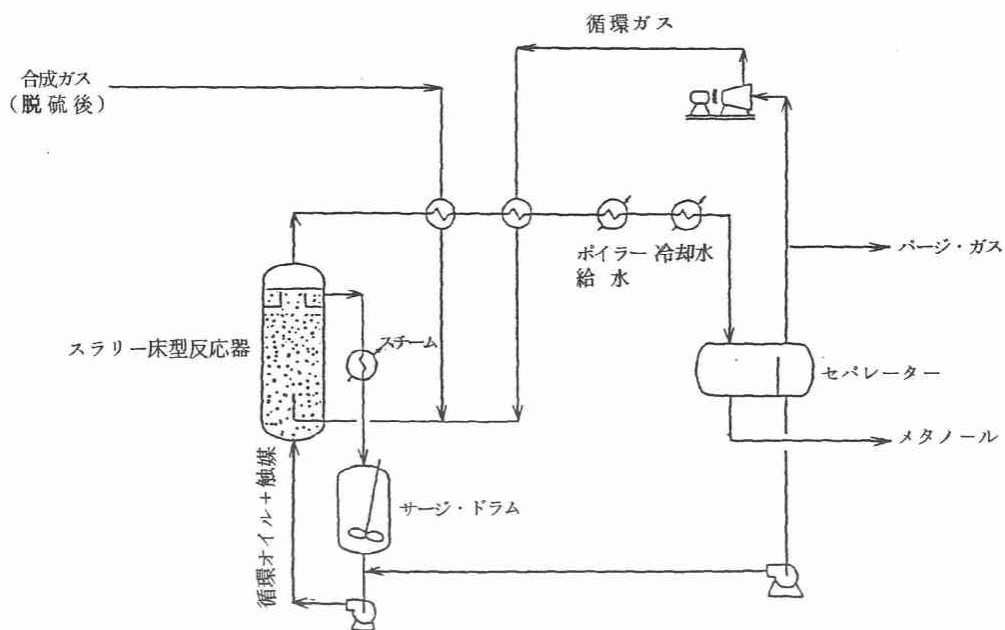


図6 スラリー床型液相メタノールプロセス

望な技術であると考えられます。

2.3 気相流動層法メタノール製造技術

三菱瓦斯化学では、最近、気相流動層法のリアクターによるメタノール合成に適した触媒系を発見し、開発を進めています。気相流動層法のリアクターとは、原理的には先程お話しした液相メタノール合成法と似た方法であり、循環オイルのかわりに反応ガスにより触媒を流動化させて、反応熱は触媒層に配置さ

れた伝熱管から除熱回収される構造のものです。この除熱は、流動層伝熱のため、固定床にくらべ制約が少ないので、温度コントロールが容易にできます。また、流動層では反応ガスと触媒との接触効率がよいので、1パス当りの反応率の向上がはかれることを大きな特長としています。これらの特性から、この反応器は大型化が可能となり、省エネルギー面でも有利となります。しかし、流動層方式は固定床式と比較して触媒に対する条件が

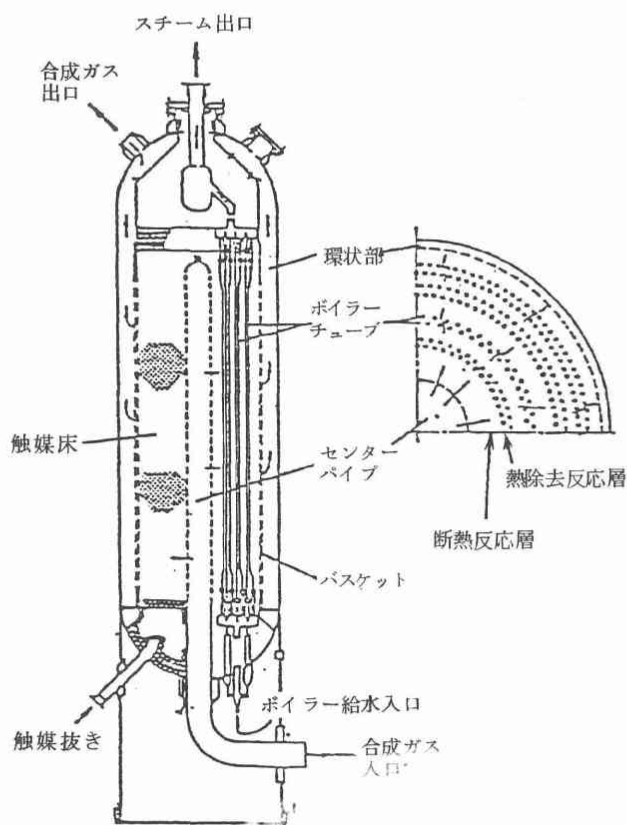


図7 MRFリアクターの構造

苛酷になり、その強度がかなり要求されることと所要量も多くなるので、今までなかなか実用化できませんでした。しかし、三菱瓦斯化学では、連続ベンチ実験で流動層に十分耐える有効な触媒を見出しており、現在、パイロット規模への移行を進めつつあります。今までの実験結果からは、5,000トン/日～10,000トン/日規模へのプラント大型化も可能であり、またメタノール1トンを製造するのに必要なエネルギーを600万kcal 台におさえられる見込みが立っているようです。今後パイロットプラントでの各種のデータが揃えば比較的近い将来実用化が期待できる技術と考えられます。

2.4 高級アルコール併産メタノールプロセス

従来の化学用途向けのメタノールプロセスでは、エタノール、プロパノール、ブタノールなどの副生高級アルコール類は、不純物として取扱われてきました。しかし、燃料メタノールとして使う場合は、発熱量が大きいことや、ガソリンブレンド時の相溶剤としての効果もあることから、これらを含む方が望ましいこともあります。このような背景から、最近では、高級アルコールをむしろ積極的に併産させるプロセスが検討されるようになりました。表3に高級アルコールを併産する燃料メタノールプロセスをいくつか紹介してみました。特にIFP、Topsoe/Snamprogetti、そしてLurgi社のプロセスでは、総合エネルギー効率が化学メタノールプロセス並みであり、また運転条件も従来の化学メタノールプロセスと同範囲の低压プロセスに属するので、燃料メタノール製造を目的とする場合には、

化学メタノールプロセスよりも有利になることが考えられます。

3. メタノールプラント大型化によるスケールメリット

ここでは、現在最も多く用いられているICI低压プロセスの大型化への可能性と、そのスケールアップメリットについて述べます。

従来から燃料メタノールプラントの規模は5,000トン/日以上のものでよいとする考え方が一般的でありました。ICIプロセスなどの従来技術に関しても、その大型化への検討が各方面でされてきました。しかし最近では技術的、経済的観点から最適規模は2,500～3,500トン/日の範囲にあると考えられるようになってきました。現在稼働中のものでも、ソ連の2,500トン/日のプラントが世界中で最も大きいものとされています。

表4にICIプロセスに関し2,000トン/日のプラントを4,000トン/日のプラントへと2倍にスケールアップした場合に建設コストの増加がどの程度になるか検討した例を紹介します。2,000トン/日のプラントにおける建設費総計を1.0とし、各工程別の内訳を表に記した割合となることを前提とします。これを2倍にスケールアップし、4,000トン/日のプラント建設費を表の右側に推算しました。ここでの“2”はプラント規模を2倍にしたという意味であり、累乗の数は、その工程に使われている機器の特質を加味して考慮された値で、一般に“スケールアップ指数”と呼ばれています。通常の化学プロセスでは、建設費と能力の相関を検討するのに、この“スケールアップ指数”を0.6～0.7程度におくことが一

表3 高級アルコール併産型燃料メタノールプロセスの特徴

	DuPont	Vulcan	I F P	Topsoe / Snamprogetti	Lurgi
1. 運 転 条 件 温 度 (℃) 圧 力 (気圧)	375~425 800	350~427 140~280	260~320 60~100	350~450 50~150	50~80
2. 合 成 塔	不 明	→		クウィン48 同筒型多段床	アルゲ型
3. 製 品 組 成		140気圧 280気圧		51気圧 92気圧	
メタノール	66	78.0 81.4	70.0	43 57.8	53.5
エタノール	2	5.6 4.5	15.9	3.7 3.4	3.9
プロパノール	13	5.6 5.0	8.1	9.1 8.2	3.1
ブタノール	15	12.4 9.1	4.5	23.2 17.4	6.2
ペンタノール	<2		1.5	21.0 13.8	3.8
C ₆ +アルコール	<2				24.9
C ₅ +HC					4.3

表4 大型化のスケールアップ因子の検討例

工 程	2000 トン/日	4000 トン/日
合 成 ガ ス	0.45 2系列	$2^{0.93} \times 0.45 = 0.86$
圧 縮	0.10 "	$2^{1.0} \times 0.10 = 0.20$
合 成	0.35 1系列	$2^{0.93} \times 0.35 = 0.67$
蒸 留	0.10 "	$2^{2/3} \times 0.10 = 0.16$
	1.00	($2^{0.919}$) 1.89

表5 液相メタノール・プロセスの経済性(4,500トン/日)

	流 動 床 型	スラリー床型
メタノール生産量, トン/日	4,500	4,500
設 備 費, 10^6 円 (1980年)		
オンサイト	13,000	9,150
オフサイト	2,625	1,850
(合 計)	(15,625)	(11,000)
年間製造費, 円/kg -メタノール		
触 媒	0.66	0.41
用 役		
スチーム	-2.93	-3.05
電 力	0.14	0.15
冷 却 水	0.04	0.03
ボイラー給水	0.07	0.08
設備コスト (30 %)	3.13	2.20
(合 計)	(1.11)	(-0.18)
1000 kcal あたりの製造費* (円/ 10^3 kcal)	0.20	-0.033

(注) 1ドル=250円で換算

* 原料合成ガスのコストを含まず。

般的です。従来のICIメタルプラントの場合、機器能力をただ単に上げるには限界点があり、3,000トン/日以上プラントとするには、系列数を増やさなければならないという制約があります。各工程別に説明すると、まず合成ガス工程のスケールアップでは、リフォーマー本体がレンガなどの耐熱材で構成されているので、その製作、輸送が問題となり、現状では分割して輸送し、現地組立てを行うことになります。また1基当りの能力を大きくとることがむずかしいことから、系列数を増加しなければならず、スケールアップ指数は約0.93と通常機器にくらべて大幅に高くする必要があります。次の圧縮工程についても、現状の実績からは系列数を増やす必要があり、この場合コンプレッサー単品の機器購入であることから、スケールアップのメリットはなく、その指数を1.0とするのが妥当と考えます。

クエンチ合成塔のスケールアップは、原料ガスの分散や、クエンチガスと反応ガスとの混合均一化が問題となることから、4,000トン/日規模では、2系列としなければならず、従ってスケールアップ指数は0.93と大きくとることが妥当と考えます。最後の蒸留工程は系列数を増やさずに大型化が可能なのでスケールアップ指数を通常レベルの2/3としています。これらのスケールアップ指数を前提に4,000トン/日のプラントの建設コストを推算すれば2,000トン/日の1.0に対し4,000トン/日では1.89というコスト比率になり、総建設費のスケールアップ指数を逆算すれば、0.919という結果になります。

この結果から考えられることは、従来のICIプロセスを使用する限りでは、ただいたず

らに大きくスケールアップしても、建設費には大きなメリットはなく、製造費のこともあわせて考えれば、最適規模は2,500~3,500トン/日程度にあることを示しています。

4. 新しいメタノールプロセスによるコスト低減の可能性

ICIプロセス等の従来法ではスケールメリットに限界のあることについてお話をしましたが、先程御紹介した液相メタノール法、MRFリアクター、あるいは、気相流動層法などの開発されつつある新しいメタノール合成法では、大型化によるスケールメリット性もあるとしています。

液相メタノールプロセスを開発しているChem Systems社の発表した4,500トン/日プラントの経済性試算のデーターを円換算し、これを表5に示しました。これには従来プロセスとの比較や用役使用量などのベースがあまり明確にされていませんが、流動床型での製造原価は、メタノール1kg当り1.1円となり、またスラリー床型では製造コスト以上の余剰スチームが発生するのでコストなしの運転となることを示しています。これらには原料となる合成ガスのコストを含んでいませんが、天然ガスを原料とした場合メタノール1kg当り約15円程度（天然ガスを2ドル/MMBTUとした場合）のコストがそれぞれ原料合成ガスコストとして付加されと考えられます。いずれにしても本プロセスがかなり低コストでメタノール合成を行える可能性のあることを示しています。

また三菱瓦斯化学の気相流動層法では、合成工程1系列当り5,000~10,000トン/日規模

のプラントも可能としています。スケールアップ指数も 0.7 程度にとることができ、従来法のプロセスにくらべ、建設費を2/3 に減少可能としています。その結果変動費の合理化も含め原価比率を20%以上低下させることが十分期待できます。

また、東洋エンジニアリングのMRFリアクターでも5,000トン/日以上スケールアップが可能であり、気相流動層法同様かなりの

コストダウンが期待できます。

従来のICIやLurgiプロセスも、ここ10年以上にわたり改善がなされ、かなり原単位向上が計られてきましたが、現在ではほぼ限界にきたようです。燃料メタノールの本格的導入を促進するには、現在よりも経済性に優れ、なおかつ安定した大量供給の可能な新プロセスの実現化も今後の重要な課題と考えます。
(はらたに ゆうぞう)

〔報告－3〕

メタノールの自動車用燃料への利用

（財）日本自動車研究所 研究主管 金 栄 吉

はじめに

メタノールの自動車用燃料への利用と題しまして、エンジンの開発の現状について、オープンになった資料をベースに私が関知している範囲について、話題を提供してみたいと思います。きょうは混合利用についてはふれずまたの機会にいたします。

メタノール等の新しい自動車用燃料を考える際には当然、燃料に関する基本的な要件及びそれを自動車に使う場合に、自動車に対する社会のおよび一般ユーザーの要求を考えねばなりません。これらについてはいままでの講師の方々からお話ございましたので省略いたします。

1. メタノール燃料の特性

まず期待される所以については、メタノールが常温で液体であり、可搬性を有するという点がございします。ローエミッションという社会的要求、ユーザーの高いパフォーマンス、高品質の要求これらの厳しい要求を満たすためには、どうしても車として、エンジンとして、燃料供給系の流量制御に高い精度が要求

されます。とくにトランジェントの状態、そういう高い流量制御は常温で液体でなければ達成がむずかしいという面がございします。

それから、車は輸送機械でございしますから当然可搬性が要求される、常温で液体であれば重いポンプ等の圧力容器を必要としないからであります。重い圧力容器等は車輛全体の重量を大きくし、車輛性能を悪化させます。原動機としてはできるだけ単位容積、重量当たりの発熱量が比較的大きいことが望ましい。メタノールはガソリン、軽油に比べて発熱量はおおよそ2分の1で劣っていますが、水素、蓄電池等に比べれば優れています。

メタノールは燃焼性がよく、また単一の化学物質ですので、窒素とか、硫黄とかそういうものが含まれておりませんので、それらの酸化物及びすすの発生がないなど排気の清浄性が優れております。

燃料の特性をもう少し細かく表1で見ますと、メタノールはガソリンなどの C_1 から C_{22} 等を含む複合化合物に対して、 C_1 のみの単一の化合物であることが第一の特徴かと思ひます。また酸素を含有する含酸素燃料でもあります。酸素を50%含有することからその分だけ理論空燃比および単位重量当りの発熱量が小さくなり、発熱量を混合気の単

表1 メタノール燃料の性質

性 状	単 位	メタノール	エタノール	オクタン(ガソリン)
分 子 式		CH_3OH	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	C_8H_{18}
モル質量	g/Mol	32	46	114
密 度 (20℃)	kg/l	0.795	0.790	0.692
炭 素	wt%	37.5	52.0	84.0
水 素	"	12.5	13.0	16.0
酸 素	"	50.0	35.0	0
理論空燃比	kg air/kg fuel	6.45	9.0	15.1
低位発熱量	kcal/kg	4800	6400	10600
発 熱 量 (Stoich.)	kcal/kg air	744	711	702
" (")	kcal/kg mix	644	640	658
気化潜熱	kcal/kg fuel	263	206	71
" (Stoich.)	kcal/kg mix	35.5	20.6	4.4
リサーチオクタン価		106	106	100(84~94)
モータオクタン価		92	89	100(76~83)
セタン価		3	8	12
沸 点	℃	64.7	78.3	125.7
凝 固 点	℃	- 97.8	- 114	- 57
蒸 気 圧 (Reid, 37.8℃)	bar	0.37	0.20	0.155(0.6~0.9)
発火温度	℃	470	420	240(456)
燃焼下限界	vol %	6.7	4.3	(1.4)
燃焼上限界	vol %	36	19	(7.4)
層流燃焼速度(大気圧, 常温)	cm/s	52		(38)

位重量あたりで見ますと、若干ガソリンに比べれば小さくなります。これは火炎温度、燃焼温度が下がり、燃焼温度に関連する NO_x の発生が低くなる基因の一つでございます。

メタノールは気化潜熱がガソリンに比べて非常に大きいという特徴がございます。これは燃料単位重量当たりではほぼ4倍、それから混合気単位重量単位で8倍ぐらいですが、これもメタノールの大きな特徴のひとつかと思えます。

次に、オクタン価が高い。オクタン価が高ければ圧縮比を上げて、熱効率の改善が可能です。

メタノールは燃焼速度がガソリンより大きく、燃焼性に優れ、稀薄混合気燃焼ができるというメリットもございます。

2. 利用技術の概要

以上のべたメタノール燃焼の特性を生かし、各種の利用技術が開発されております。それらの利用技術を一応整理してみますと、表2のようになります。

利用技術の種別はまず用途からガソリン代替とディーゼル油代替との二つに区分できます。ガソリン代替につきましては、先ずニート・ニアニートで使う方法があります。この方法では始動性が問題になりますから、低沸点分を混入する形のニアニートの利用法と、始動時のみガソリンを使用する二燃料法のニート利用法が開発されています。

それからメタノールは単一化合物ですから排気熱を使って触媒で改質しますと CO と H_2 になる。 $\text{CO} + \text{H}_2$ ガスを燃焼させるいわゆるニート利用改質法も開発が行われています。

ニート・ニアニートの利用法をさらに細かく区分すると、均質混合気を用いる均質法と不均質の混合気を用いる層状給気法があります。均質法については気化器方式、それから噴射方式があり、噴射方式についてはさらにターボ過給法、自然吸気法（ナチュナル・アスピレーション；NA）がございます。

ディーゼル油代替のほうでは、従来のディーゼルエンジンにメタノール燃料を吸気管から吸入して供給するフュミゲーション法、これには気化器方式と噴射の方式がございます。

メタノールはセタン価が小さいわけですから、圧縮着火が困難であります。ですから着火性を改善するために各々のシリンダーに2本のインジェクターを挿入して、1本では軽油を噴射して火種をつくり、その火種でメタノール噴霧を燃やす。トルクパワーはそのメタノールの量でコントロールする。これはいわゆる二燃料噴射方式でございます。ですからポンプが2つであり、インジェクターが2本要ることからツウ・ポンプ・ツウ・インジェクション法とも呼ばれています。これには渦室、予燃焼室、直接噴射方式と三つの方式があります。

二つのポンプを使って一つのインジェクターですむ方法もございます。これは噴射直後の噴射管内に生ずるバキュームを利用して、メタノールをそのバキューム中に充填、供給するという方法でございます。この方法は二燃料噴射法に比べ噴射ポンプが1台ですむというメリットがございます。

これらは火種用に軽油を用いる方法ですが軽油を使わないで、メタノールのみで着火させる方法、これがニート利用でございます。

表2 利用技術の種別(コンセプト)とその特徴

主用途	利用技術区分		利用技術の特徴					備考
			対象となる燃料の諸元	エンジン諸元				
				サイクル	混合気の特性	燃料の供給法	着火・燃焼方式	
ガソリン代替	ニート・ニアニート利用法	気化器方式 均質法 噴射方式 {ターボNA	ニートないし、ニアニートアルコール	四サイクル	均質予混合気	気化器方式、マニホールド燃料噴射方式	火花点火	
		層状給気法	同上	//	層状給気	シリンダ内直接噴射方式	同上	
	ニート利用・改質法		ニートメタノール	//	メタノール・改質ガス予混合気	マニホールド燃料噴射方式+NA	同上	
	その他	混合利用	2~15% アルコール混合ガソリン				同上	
ディーゼル油代替	フュミゲーション法	気化器方式 噴射方式	軽油+アルコール(混入率10~60%)	四サイクル	アルコール予混合気 + 軽油噴霧	NA + シリンダ内直接噴射方式	圧縮着火	
	ニアニート利用法 (二燃料噴射法)	2ポンプ・2インジェクション法 {渦室予室直噴	火種用:軽油 主燃料:アルコール 軽油代替率(70~95%)	//	軽油噴霧+メタノール噴霧	シリンダ内直接噴射方式	同上	
		2ポンプ・1インジェクション法	軽油+アルコール(10~50%)	//	軽油・アルコール噴霧	同上	同上	
	ニート利用・強制着火法	スパークアシスト法 {シリンダ噴射 {渦室予室直噴 ガス化予混合	ニートメタノール	//	メタノール噴霧 均質予混合気	同上	圧縮着火+スパークアシスト	
		オートイグニッション法		二サイクル	オートイグニッション+グローアシスト			
	ニート利用・改質法		同上	四サイクル	メタノール噴霧+改質ガス予混合気	シリンダ内直接噴射方式+NA	圧縮着火+スパークアシスト	
その他	着火促進添加法 混合利用							

そのためにはどうしても圧縮された高温空気だけでは着火がむずかしいので、外部からスパーク等で強制的に着火させ、アシストする方法が考えられています。いわゆるスパークアシスト法でございます。

それからガソリンエンジンと同じようにメタノールを完全に蒸発器で蒸発させガス化して、予混合気をスパークで点火するガス化予混合法も開発されています。二サイクル・エンジンは四サイクルに比べ残留ガスが多い。残留ガス中には反応活性基ラジカルが残存している。このラジカルを着火源にして燃焼させる方法も検討されています。これがいわゆるオートイグニッション法でございます。これは始動時、残留ガスがない際はグロープラグでアシストいたします。ですからこの方法は厳密にはオートイグニッション・グロー・アシスト法と呼ぶべきかとも思います。

そのほかガソリン代替と同様にニートで改質する方法もございます。

利用技術の方法に関しては以上お話した方法がございますが、現在は均質法、ガソリン代替改質法、燃焼噴射法（ツウ・ポンプ・ツウ・インジェクション法）それから強制着火法、ディーゼル油代替改善法の開発研究が比較的進んでいることもあり、ここではこの5種の利用技術を中心に話を進めさせていただきたいと思っております。

2.1 ガソリン代替ニート・ニアニート利用・均質法(G₁)

ガソリン代替のニート・ニアニート利用・均質法、これを記号でG₁と仮称することにいたします。

G₁の利用法は、従来のガソリンエンジン

に極めて近い利用技術でございます。ですから点火、燃焼法、これはガソリンと基本的には同一でございますから、これに関しては比較的大きな開発課題はないと思っております。課題のひとつはオクタン価が高いので圧縮比を上げ熱効率を改善するという課題でございます。メタノール混合気は表面着火を起し易いので、この異常燃焼をさけるため、プラグを低熱価のプラグに変える検討も必要かと思っております。

メタノールは気化潜熱が多いので気化しにくい。気化の促進をするために吸気系の改善が必要であります。これは燃料供給法に関する問題でございます。発熱量が半分でございますから、気化器、燃料噴射系に関し、当然空燃費の調整が必要となります。これは発熱量の少ない分だけ燃料流量の増量等の再調整に関する課題でございます。

点火時期の調整法、これにつきましても燃焼特性が違います。燃焼速度は若干早くなりますので、点火時期特性を見直して、メタノール燃料の燃焼特性にマッチした点火時期特性に再調整する必要がございます。

始動法ですが、これが現在一番大きな未解決の技術課題と思っております。要するにメタノールは沸点が65℃の単一成分であり、ガソリンの如く低沸点分から高沸点までの成分を含有していません。低沸点成分がないために通常は7～10℃以下では始動が困難でございます。そういうことからなんらかの対応策、始動法の検討が不可欠でございます。現在考えられている方法は二つあるかと思っております。一つは低沸点分これを混入する方法。もう一つは始動時に非常に気温が低くて、始動しにくいときにはガソリン等で始動して、エンジンが始動したらメタノールに切り換える、いわゆる二燃

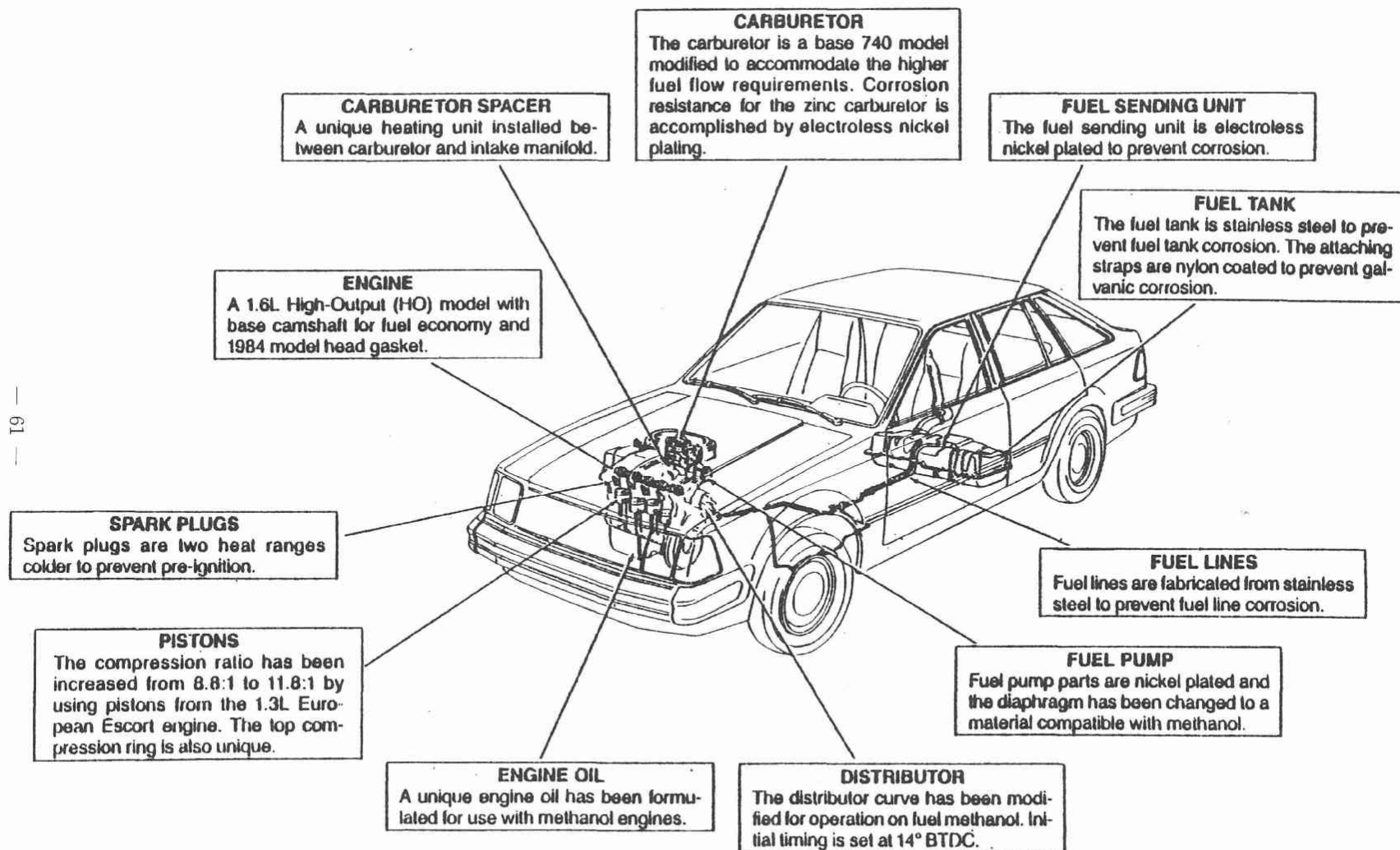


図1 ガソリン代替ニート・ニアニート利用・均質法(G₁) — Ford の開発例 —

料法の二つの方法が検討されております。ブラジルでは二燃料法が使われておりますし、西ドイツ及びアメリカのカリフォルニアのCECのフリーテストでは、低沸点の燃料が添加されております。CECでは無鉛ガソリンが10%ないし15%添加されて、始動性の改善をしております。

次に部品・材料の適合技術については、ガソリンと比べて、とくに燃料系統に対してはメタノールにプルーフされた材料に変えなければならないという技術課題がございます。

次に潤滑法、これはエンジンのライフに関係する問題です。とくにメタノール混合気では、シリンダーライナーに液状のメタノールが付着し、完全に燃焼し切れないので、その一部はどうしても部分酸化物、蟻酸等となります。蟻酸はシリンダーライナーの表面と酸化反応を起し酸化物が表面にできます。酸化物はピストンリングによってむしりとられウェアが急速に進みます。シリンダー、ピストン等のウェアは今後のメタノールエンジンの耐久性、信頼性に関する大きな課題ではないかというふうに思います。

図1に良く知られているアメリカカリフォルニアにおけるCEC委員会のフリーテストで使われているFord エスコートの開発例を示しておきました。

ここではベースエンジンは1.6リッターの高出力のガソリンエンジンを用いております。それから燃焼室まわりについては、ピストンを変更して、圧縮比を8.8から11.8に上げております。気化器に関して空燃比特性に合うように流量増量の調整をしております。亜鉛性の気化器を非電解ニッケルメッキ製に変更しております。

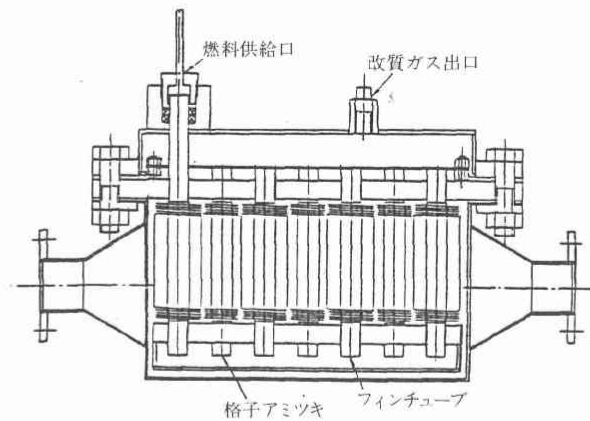
それからディストリビューターの再調整・改善。燃料系統は燃料タンクをステンレス製に変更し、フューエル・センディング・ユニットについても非電解ニッケルメッキを施しております。それからフューエルライン、フューエルポンプ、これらについても材料の変更がなされております。こういう改造をいたしまして、Ford では500台あまりの工場生産車をつくりましてCECフリーテストに供試しております。

2.2 ガソリン代替ニート利用・改質法(G_2)

次にガソリン代替のニート利用、改質法についてお話しします。

点火燃焼法については、混合気に $CO+H_2$ の改質ガスが混入されますが、若干燃焼特性は変わるものの、基本的には G_1 と同様ガソリンエンジンの利用技術が活用できます。

次に燃料の供給法について、このコンセプトでは、メタノールをすべて改質するというのはむずかしい。何故ならば、改質量が増すにつれ、 H_2 の量が増大しますと、水素エンジン特有の逆火という異常燃焼が発生するからです。一方、ガス量の増大につれ、混合気の体積効率が低下し、出力も低下するという問題が発生してきます。逆火をおさえ、体積効率の低下を防ぐためにも、液状メタノールの直接供給も不可欠となります。従って、どうしても負荷条件に応じて、液状メタノールの量と改質する量との両者を適当に制御する必要があります。これは燃料供給法の課題です。すなわち、燃料の供給系は改質ガス系と液状メタノール系と二系統にならざるを得ず、両者の負荷に応じた最適制御が今後の課題です。



改 質 器	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
フィンタイプ	エバーフィン	エバーフィン	エバーフィン	エバーフィン	プレートフィン	エバーフィン
フィンの高さ	中	中	高	高	—	高
材 質	銅	銅	銅	銅	ステンレス	ステンレス+アルミフィン
チューブ本数	40	60	15	21	24	25
チューブ内径 (cm)	1.68	1.38	2.5	1.59	1.28	1.22
触媒体積 (ml)	1,150	1,150	890	520	400	370
管外表面積 (m ²)	1.01	1.29	1.08	1.11	2.23	2.08

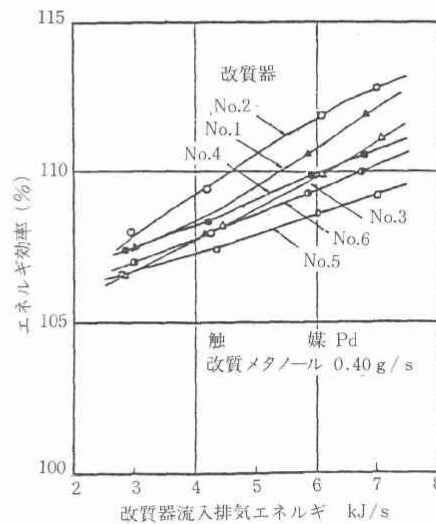


図2 ガソリン代替ニート利用・改質法（改質によるエネルギー効率改善の一例）

始動法についても、 G_1 と同様なむずかしさがございます。しかし、ガソリンを添加するわけにはいきませんので、このへんがさらに困難な課題かと思えます。われわれの研究所では触媒方式の小さなリフォーマーで $CO+H_2$ ガスを発生させ、そのガスで始動させるという方法を検討いたしました。フォルクスワーゲンではバーナを使って改質器を暖めて、それで始動させる方法を検討しております。この課題についてはまだ検討が始まったばかりでございまして、これで使えるという方法はまだございません。

この改質法の最も大きな課題は、いかに性能のいいリフォーマーを開発するかということにあると思います。これについては現状では実際に実用に使えるようリフォーマーの開発はまだできていないと考えています。

図2の開発例は、当研究所で行いました一例でございます。排気系にこのリフォーマーをつけ、排気ガスは左から右へ流します。リフォーマー中にチューブが入ってまして、チューブの中に触媒を入れておきます。上方の燃料供給口、ここから液体のメタノールをサプライします。それが底辺の加熱板に落ちまして、そこで蒸発気化して、ガス状になったメタノール蒸気が触媒を充填したチューブ中を上昇します。チューブ中を通過する間にメタノール蒸気は CO と水素に変換される。変換された $CO+H_2$ が改質ガスの出口からエンジンの吸気管に吸入される。こういう方式でございます。この際、やはり改質器の開発に関し課題なのは、限られた伝熱面積で排気熱をいかに多く吸収し、改質反応に使えるようにするか、要するに熱交換器としての性能を上げる問題がございます。

それからガス化したメタノールをいかに反応器の中で CO と水素に変換するか、いわゆるコンバージョン・エフィシエンシーの問題がございます。現在では、理想的にいけば20%程度のエネルギー効率の改善が期待できるわけでございますが、現状ではわれわれのところは図2に示す如くだいたい半分ぐらいしか達成できておりません。この改質器の性能向上は今後改質方式の主要な課題と考えています。

図3にフォルクスワーゲンの改質方式の例を示しておきました。ここでもわれわれと同様に液状メタノールと改質ガスとの二系統にしております。ここでは反応器と熱交換器を別々にしております。それからバーナーを使って、始動性の改善を考えているというのが特徴かと思えます。

2.3 ディーゼル油代替ニアニート利用・二燃料噴射法(D_1)

次にディーゼル油代替ニアニート利用・二燃料噴射方式(D_1)についてお話しします。着火・燃焼法について、シリンダ内で圧縮され高温になった空気中にメタノールを噴射しても、容易に着火燃焼いたしませんので、さきほど申しましたように一つのシリンダに二つのインジェクターをとり付けて、一つのインジェクターに軽油を噴射し、軽油噴霧の着火火炎でメタノール噴霧を燃やすという方法をとります。

図4に示す如く、ディーゼルエンジンの渦室にインジェクターを二本入れまして、一つは軽油のインジェクター、他のはメタノールのインジェクターであります。軽油のインジェクターは渦室の右上から下にそう入されて

いるインジェクターであります。軽油を噴きまして、火炎ができたところでメタノールを噴きます。両者はわずかに数度の位相差で噴射されます。その際にメタノール噴霧をいかに未燃焼部分を少なく、完全に燃やすかということが燃焼室開発の大事なポイントになります。

燃料の供給法については、エンジンを使用する広い運転条件にわたって、任意の運転条件に対して適確な軽油の量、メタノールの量を供給する必要があります。これが燃料供給システムの課題です。軽油一系統でも広い運転条件にわたって噴射量を適確に制御することは二次、三次噴射等が伴うので、むずかしい。そこにメタノール、軽油という燃料の物理的な特性が大きく異なる二種の燃料に対して、適確な流量をメカニカルな方法で制御するこ

とは非常にむづかしい技術課題でございます。それから各々の燃料について、噴射時期の調整も必要になります。始動法については、軽油で着火させておりますので、ガソリン代替 G_1 、 G_2 ほどの大きな問題はないかと思えます。図4にわれわれの研究所で開発しました二燃料噴射方式の開発例を示しておきました。

2.4 ディーゼル油代替ニート利用・強制着火法(D_2)

次にニート利用の強制着火法でございますが、これについてはスパークアシスト法、予混合火花点火法、オートイグニッション法のおのユニークな方法がいま検討されております。スパークアシスト法は、MAN社のFM法がありますし、わが国では小松製作所等

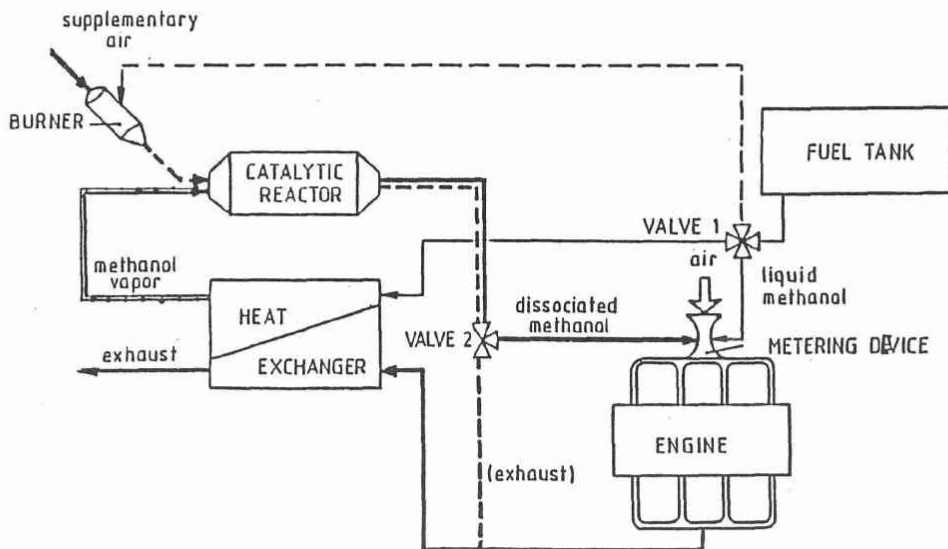


図3 ガソリン代替ニート利用・改質法(G_2)—VWの開発例—

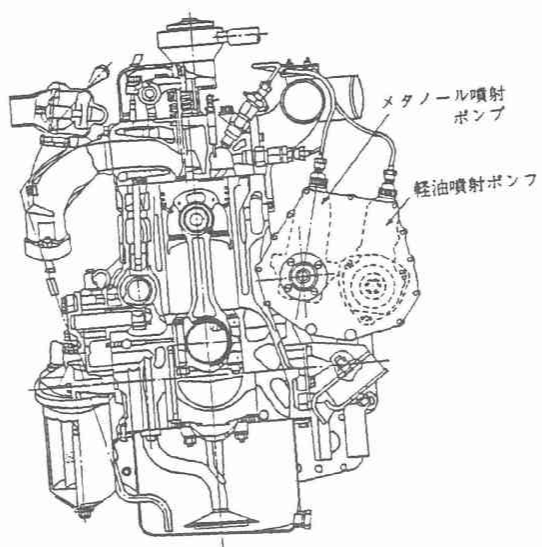


図4 ディーゼル油代替ニアニート利用・二燃料噴射法(D₁)
—JARIの開発例—

で検討されてます。それからわれわれの研究所でも検討をいま始めております。

予混合火花点火法というのは、ベンツのガソリンエンジンでございます。それからオートイグニッション法というのはGMで検討している方法でございます。いずれにしても圧縮着火にくいメタノールをいかに燃やすかというところにいろいろむずかしさがあるかと思ひます。とくにスパークアシスト法、この方法では、メタノール燃料を直接シリンダーの中に噴射させます。軽負荷時には燃料量が少ないので、シリンダ全域に均一に分散させることはできない。従って、プラグ近傍に局部的に可燃混合気を形成させる必要があります。その局部可燃混合気は素早く拡散するので、スパークのタイミングも極めて微妙となり、ここに燃焼室開発のむずかしさがございます。要するに可燃混合気ができないと火がつかないし、また完全に拡散してしまいますと、これまた非常に薄くなりまして火がつかないという問題がございます。ですから、ローカルな軽負荷時のメタノール噴霧をいかに安定して燃やせるかというところに本質的に非常にむずかしい技術課題がございます。

次の予混合火花点火法では、これはガソリンエンジンと同様でございますので、燃焼系のむずかしさはそれほどないかと思ひます。

オートイグニッション法は、ガソリンエンジンでもないし、ディーゼルエンジンでもないし、いままでのいずれの方法でもない。すなわち、従来のエンジンではあまり使われなかった燃焼方法でございます。残留ガス中の活性基は逆火等の異常燃焼の基因であります。この従来異常燃焼の基因と考えられていた活性基を逆に積極的に正常な燃焼に活用すると

いうところに大きな特徴があるわけです。従って、それなりに燃焼系の開発に関してはむずかしさがあるだろうと思ひます。要するに残留ガス中の活性基の濃度を広範囲の運転状態で安定して制御し、燃やすというところに非常にむずかしさがあるのではないかなと思ひています。

おのおのコンセプトについては燃料供給法の検討が必要でございます。とくに予混合火花点火法では、始動性が問題でございます。より始動時間の短い蒸発器の開発等が課題かと思ひます。

オートイグニッション法でもいろいろな制御の問題がございます。始動法については、オートタイプに比べて直接噴射方式は比較的問題が少ないのではないかなと思ひております。

図5にMANの開発例を示しておきました。

2.5 ディーゼル油代替ニート利用・改質法(D₂)

ニート利用の改質法でございますが、これについては図6にございますようにスパークアシスト方式について、G₁と同じようなりフォーマをつけるという方式でございます。これはわれわれのところで研究を始めたばかりでございます。

3. 利用技術の開発状況

それではあまり時間もございませんが、利用技術の開発状況を表3で見ていただきたいと思います。

表3の横の区分はおのおのコンセプトに対する開発のステップを示しております。基礎

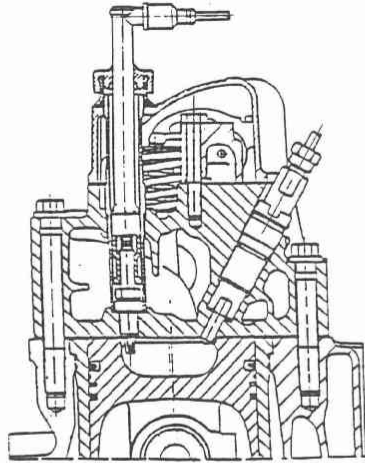


図5 ディーゼル油代替ニート利用・強制着火法(D₂)
— MANの開発例 —

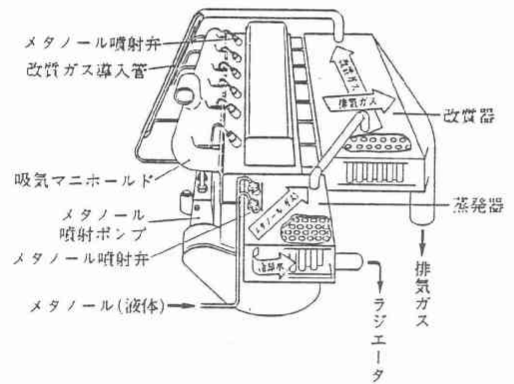
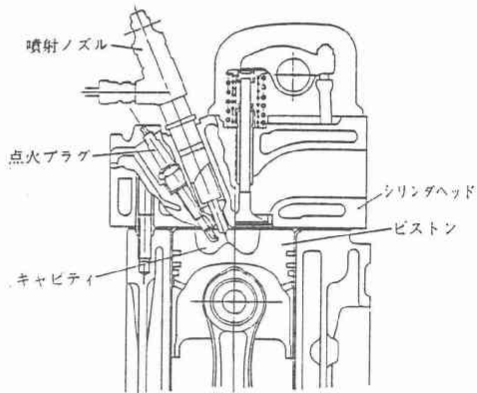


図6 ディーゼル油代替ニート利用・改質法(D₃)
— JARIの開発例 —

表3 アルコール燃料の利用技術の開発状況

主用途	利用技術区分		研究の種別・開発のステップ				
			①基礎研究 (エンジンベンチテスト) 単シリンダエンジンを用い、 燃焼法、燃料供給法、排ガス 浄化法、潤滑法、始動法等、 メタノールエンジンの最適諸 元を探索する基礎研究	②応用研究 (エンジンダイナ モテスト) 実用機への応用性 の検討 多シリンダエンジ ンシステムのリフ ォイン	③開発研究 (シャシダイナモ テスト) 車両システムとし て応用性・実用性 の検討 車両の性能、排気、 ドライバビリティ	④フィジビリティ スタディ (実走行・フリー トテスト) 耐久性、信頼性、 安全性及び社会的 要求性(公害)の 面から適合性、実 用性の確認	⑤商品化研究 市場の要求に合う よう高度の商品性、 品質、信頼性を高 めるための研究
ガソリン代替	ニート・ニアニート 利用法	気化器方式 均質法 噴射方式 { ターボ NA					
		層状給気法					
	ニート利用・改質法						
	その他	混合利用					
ディーゼル油代替	フュミゲーション 法	気化器方式 噴射方式					
	ニアニート利用 二燃料噴射法	2ポンプ・2イン ジェクション法 { 渦室 予直噴					
		2ポンプ・1インジェクション法					
	ニート利用・強制 着火法	スパーク { シリンダ アシスト法 } 噴射 { 渦室 予直噴 } 予混合 オートイグニッション法					
	ニート利用・改質法	ニート利用 フュミゲーション					
	その他	着火促進添加法					
		混合利用					

研究、応用研究、開発研究それからそのあとのフリーテストによるフィージビリティスタディ、それから市場を考へての商品化研究、こういうステップに区分できます。G₁は恐らくブラジルなどでエタノール車が実用化に入っておりますので、⑤の商品化のレベルまでいっておるだろうと考えます。層状給気法の研究は基礎研究のレベル。改質法は応用研究、エンジンダイナモメータのテストの段階ではないかと思ひます。ディーゼル油代替のフュミゲーションは基礎研究、二燃料噴射方式(D₁)はフリーテストの④の段階。強制着火法(D₂)もやはりフリーテストの④の段階です。ニート利用の改質法(D₃)はまだ応用研究の段階であるというふうに理解しております。

4. 現状の性能と排気の清浄性

おのおのの利用技術の結果は表4に示しておきました。おのおののコンセプトについて開発ステップ、それから石油代替率、熱効率、出力・トルク特性、排気の清浄性(NO_x, CO, 未燃燃料、スモーク、アルデヒド)、始動性、運転性、耐久性の現状を表4に示しました。

5. 今後の見通しと技術課題

今後の見通しと課題ということで一応締繰りをさせていただきます。G₁については始動性が課題であろう。むろんメタノールエンジンについては従来のガソリン系エンジン等に比べて耐久信頼性に関するデータの蓄積は

ほとんどございませんので、耐久性・信頼性の確保について、データの蓄積が不可欠であります。今後もそういうことが非常に大事な課題であるというふうに思っています。

G₂につきましては、さきほど申しましたように改質器が課題です。それから、改質ガスと液状メタノールの二系統でございますので制御はむずかしくなります。そういう制御システムの課題があります。D₁につきましては、D₂、D₃に比べ比較的完成度が高いものと思っています。しかし、耐久、信頼性の問題。それから、まだ排気が改善する余地があるだろうというふうに思っています。

D₂のガスエンジンについては、さきほど申しましたように始動性、恐らく蒸発器がかなり大きな装置でございますので、どうしても始動に時間がかかるという点が問題です。それから燃費の改善も必要かと思ひます。

MANのスパークアシストについては、いずれにしても層状給気エンジンとして現在までレシプロエンジンの過去の歴史の中で実用化されたものがございませんので、それなりに信頼性の問題が依然としてあるのではないかなと思っています。基本的に燃焼性そのへんにむずかしさがございます。

オートイグニッション法については、技術的にむずかしい問題が残されておりますので、これからの推移をみなければ将来性は云々できないのではないかなというふうに思っています。

だいぶ時間も超過したようでございますが、以上で終らせていただきます。どうもありがとうございました。(きん えいきち)

利用技術 の種別		開発 ステップ	利 用 技 術 の 性 能 と 排 気								備 考 (開発場所等)		
			石油代替性 (代替率) 容積ベース	エネルギー消費率性 (燃 費)	出力・トルク特 性ないし、動力 性能	排 気 の 清 浄 性						始動性、運転性	耐久性、信頼性
						NOx 排出率 (グラム/マイル)	CO 排出率 (")	未燃燃料 排出率 (")	スモーク —	アルデヒド —			
ガ ソ リ ン 代 替	ニート・ ニアニート 利用・ 均質法 G ₁	⑤	90～100%	10～15% 改 善	4～20% 改 善	¹⁾ 0.29～0.47 加州規制 (84年) 一部クリア 一部クリア せず	¹⁾ 0.8～1.76 (同 左) (クリア)	¹⁾ 0.14～0.34 (同 左) (クリア)	—	—	M90～M95 (10～5%ガソリン 添加) —18～—20℃ 始動可	エタノール市販車 160万台(ブラジル) 工場製メタノール新 造車; 500台, 2年 間フリート(Ford) 125台, 1～4年間 フリート(VW)	ステップ⑤; VW, B, Ford, B ステップ④; Ford, VW, D. Benz ステップ③; GM, TOYOTA, NISSAN ステップ②; RICARD, PORSCH 1); Ford, VW④の結果
	ニート利 用・改質 法 G ₂	②	100%	正味熱効率 42% (NISSAN) 32～35% (SERI) 32% (JARI) 37% (VW) 大凡ガソリンにくらべ 20～48%の改善	10～15% 改 善	²⁾ 0.41～0.51 (加州規制) (クリアせず)	²⁾ 1.87～2.27 (同 左) (クリア)	²⁾ 0.53～0.55 (同 左) (クリアせず)	—	—	始動装置開発段階, 実用性の高い方法 未開発, JARI触 媒方式 (②のレベル); —15℃で始動可	—	ステップ②; NISSAN, SERI, JARI VW, ステップ①; RIT 2); SERIの結果
デ ィ ー ゼ ル 油 代 替	ニアニート 利用・二 燃料噴 射法 D ₁	④	63～94%	大凡ディーゼル並み 容積燃費(km/ℓ) プラス13%～ マイナス9%	大凡ディーゼル 並み	³⁾ 207 ppm 日本ディーゼル (規 制) クリア	³⁾ 472 ppm (同 左)	³⁾ 44 ppm (同 左)	³⁾ 汚染度ゼロ (同 左)	³⁾ 7～22 ppm	大凡ディーゼル並 み	JARI; 11000(1台) VOLVO; 30000 (数台) Achen工大・KHD; 80000 km(数台) 実走行大きなトラブ ルなし	ステップ④; JARI(渦室3.3ℓ) VOLVO(直噴ターボ付, 10ℓ) Achen工大・KHD(直噴13ℓ) 3); JARIの結果 4); VOLVOの結果
	ニート利 用・強制 着火法 D ₂	④	100%	燃費(km/ℓ)大凡ディ ーゼルに比べわずか に良好 3～10%改善 正味熱効率 40～41%	大凡ディーゼル 並み	⁵⁾ 3.0 g/PS・h 加 州 (規 制) クリア ⁶⁾ 7.5 g/PS・h (同 上) ⁷⁾ 2.2 " (同 上)	⁵⁾ 1.5 g/PS・h (同 左) ⁶⁾ 25g/PS・h (同 左) ⁷⁾ 1.31 " (同 左)	⁵⁾ 0.9 g/PS・h (同 左) ⁶⁾ 0.5 g/PS・h (同 左) ⁷⁾ 1.28 " (クリアせず)	⁵⁾ 汚染度ゼロ ⁶⁾ 汚染度ゼロ ⁷⁾ 汚染度0.1	⁵⁾ — ⁶⁾ 2.5 g/PS・h ⁷⁾ 0.15g/PS・h	—20℃まで始動可 ⁵⁾	MAN; 数台, 1万 マイル Benz; 3台のフリ ート車の総走行キロ 245,000 GM; 5000マイル	ステップ④; MAN(直噴, スパークアシスト, 11ℓ) Benz(予混合, 火花点火, 圧縮比 12.5, 11ℓ) GM(二サイクル, 直噴, オートイグニ ッション方式, 9ℓ) 5); MAN 6); Benz(後処理なし) 7); GM
	ニート利 用・改質 法 D ₃	②	100%	軽負荷ではガソリン車 以上, 中負荷以上では ディーゼル車以上の熱 効率	大凡ディーゼル 並み	—	—	—	—	—	—	—	ステップ②; JARI(直噴, 6ℓ, スパークアシスト)

〔報告－４〕

メタノールの発電用燃料への利用

研究員 蓮 池 宏

はじめに

私どもエネルギー総合工学研究所では、資源エネルギー庁が現在進めています「石油火力発電所メタノール転換等実証試験」というプロジェクトの一環として、メタノール発電技術等に関する調査の委託を受け研究を行ってきました。ここではその調査の成果の一部を発表させていただきます。

全体の概要を簡単に説明しますと、まずメタノール発電の技術的特徴と実用化の度合ということについて、メタノールが利用できる発電方式として、火力発電、コンバインドサイクル発電、メタノール改質型ガスタービン発電、燃料電池発電の４つを取り上げてお話しします。次に、それぞれの発電方式の経済性を試算した結果を説明します。この二点については、メタノールと同様にクリーンな燃料であるLNGを用いる発電と比較しながら話を進めていきたいと思います。最後に展望と課題ということで、まとめとしたいと思います。

1. 技術的特徴・実用化度

1.1 火力発電

火力発電は通常、単に「火力発電」と呼ば

れているもので、日本のほとんどすべての火力発電所がこの方式を用いています。すなわち、ボイラでスチームを発生させ、そのスチームでタービンを回し発電するという方式です。したがって、メタノールを火力発電に使うということは、ボイラの燃料として使うことになります。

表１に、これまでに行われたボイラでのメタノールの燃焼試験のおもなものについて挙げてあります。この表のように米国と日本においていくつか燃焼試験が行われており、試験の結果、メタノールはボイラ用燃料として十分使用可能であるということが判明しています。ただし、ボイラの伝熱部や若干の周辺機器につきましては、メタノールに最適なものを設置する必要があります。新設のメタノール火力発電所を建設する場合は、最初からメタノールに最適な装置を設置することになりますし、一方、既存の石油火力発電所は機器の改造・交換・新設などによりメタノール焚に転換することになります。この石油からメタノールへの転換の場合、燃料タンクはメタノールが液体であるため流用が可能で、LNGや石炭に転換する場合に比べますと、大がかりな改造は必要としないという点がメリットになると考えられます。

メタノール焚の火力発電設備の性能です

が、排ガスについてはメタノールは非常にクリーンな燃料ですので、SO_x・煤塵は全く含まれず、NO_xも重油焚に比べてかなり減少するという見通しが得られています。

しかし、ひとつデメリットとして、発電効率が少し低下するということがあります。これは、メタノールの燃焼ガス中にはかなり水分が含まれており、その水分による熱損失が原因です。表2にボイラ熱損失の燃料別比較を載せてありますが、一番左の欄の排ガス中水分が重油の場合は12%程度のものが、メタノールの場合には23%ぐらいと倍近く含まれています。これはメタノールがもともと分子の中に水素、酸素を持っているためです。この水分が水蒸気の形で排出されますので、そ

の潜熱の分だけはどうしても熱損失になってしまいます。ボイラ効率で見ますと、重油のものに比べて4%から5%くらい効率が低くなります。発電効率にしますと2%から3%、これでも非常に大きなものだと思いますが、そのくらい下がってしまいます。

汽力発電についてまとめますと、技術的には十分適応性がありますが、効率が下がってしまうという点がデメリットであるということになります。

1.2 コンバインドサイクル発電

図1にコンバインドサイクル発電の概念図を掲げました。コンバインドサイクル発電の中にもいろいろな方式がありますが、図1は

表1 ボイラでのメタノール燃焼試験

年	国	実 施 者	備 考
1971	米	コーエン社	燃料試験炉
1972	米	ニューオリンズ・パブリックサービス電力	50MW 電気事業用ボイラ
1973 ～74	日	電力中央研究所	小型燃焼試験炉
1974	日	A 社	自家用ボイラ
1975	日	B 社	電気事業用ボイラ
1981	米	サザンカリフォルニアエジソン電力	重油焚に10%混焼

表2 燃料別ボイラ熱損失比較（例）

項 目	排ガス中 水 分 (%)	排ガス中 水分損失 (%)	排 ガ ス 温 度 (℃)	露点温度 (℃)	ボイラ熱 損 失 (%)	ボ イ ラ 効 率 (%)
メタノール専焼ボイラ	23	13.6	115	63	17.7	82.3
天然ガス専焼ボイラ	18	10.2	105	57	14.0	86.0
重原油専焼ボイラ	12	7.4	145	50	13.0	87.0

排熱回収型といわれるものです。これはアメリカではいくつか実績があります。日本でも自家発電用の設備として約14万kWのものがひとつあり、昨年の12月には、電気事業用のものとして50万kWの大型のプラントが運転を開始しています。今後も続々とこのコンバインドサイクル発電が建設される予定になっています

このコンバインドサイクル発電の最大のメリットは熱効率が低いということです。従来の汽力発電では39%から40%くらいですが、この方式では42%から43%くらいの熱効率が得られます。

いま計画されておりますコンバインドサイクル発電はLNGまたはLPGを燃料とするものですが、それではメタノールをこれに使えるかどうかということになります。コンバインドサイクル発電は、最初にガスタービンで発電し、そのガスタービンからの排ガスがまだ十分熱をもっておりますので、これでスチームを発生させ、スチームタービンによりもう一度発電する仕組みになっており、基本的にはガスタービンの燃料としてどうか、ということになります。

表3にこれまで行われましたガスタービンでのメタノール燃焼試験の例を挙げてありま

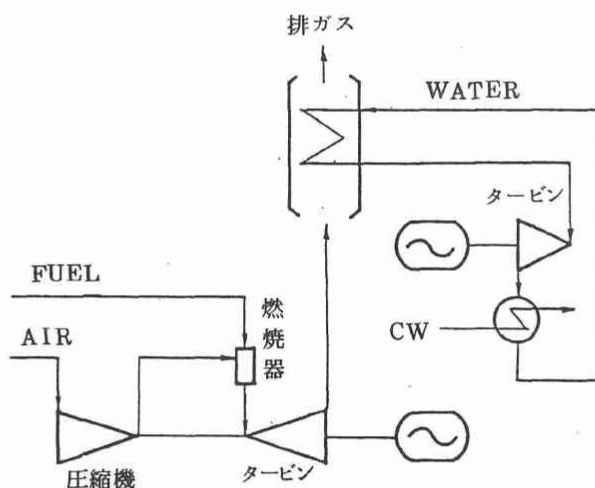


図1 コンバインドサイクルの概念図

表3 ガスタービンでのメタノール燃焼試験

年	国	実施者	備考
1974	米	フロリダ電力	34 MW
1978 ～79	米	サザンカリフォルニアエジソン電力	26 MW
1981	日	C 社	1.2MW 燃焼器
1983	米	太陽エネルギー研究所	132kW, メタノール改質型 ガスタービン

す。ボイラと同様に日本とアメリカで燃焼試験が行われています。一番下の太陽エネルギー研究所で行われました試験は、この次に説明しますメタノール改質型ガスタービンの試験です。燃焼試験の結果によるとメタノールは燃焼性も良好で、またクリーンな燃料であるために燃焼ガスによるタービンの腐食も極めて少なく、十分適応性があると考えられています。

表4にガスタービン燃料としてのメタノールの利点と留意点をいくつか挙げてあります。

最初から説明しますと、硫黄とか窒素などの不純物を含まないということで、これは排ガスがきれいになる。それから燃焼ガスのためのタービンの高温の腐食性が少ないという利点があります。次に、発熱量が小さいということは、ガスタービンにおいてはかえって利点として働きます。つまり、同じ熱量を発

表4 ガスタービン燃料としてのメタノールの利点と留意点

特 徴	利 点 お よ び 留 意 点
・ N, S 分等の不純物を含まない ・ 発熱量が小さい ・ 蒸発潜熱が大きい ・ 250～350℃で吸熱的に分解・改質される ・ 燃焼温度が低い	・ SO_x, Fuel NO_x, ばいじんは発生しない ・ 燃焼ガスの高温腐食性はほとんどない ・ 石油系燃料、天然ガス等に比べ約2倍のメタノールを燃焼させるため、タービン作動流体が増し、出力が向上する ・ 排熱回収による熱効率向上が可能 ・ Thermal NO_xの発生が少ない
・ 発熱量が小さい ・ 潤滑性がない ・ 適合しない材料がある ・ 水と自由混合できる ・ 油の軽質分を選択的に溶解する ・ 蒸気圧が高い ・ 火炎が不輝炎 ・ 引火点が低い(11℃)	・ タンク・配管等の容量の増加が必要 ・ ポンプの選択に注意が必要 ・ Mg, Al, Zn, Cu に対し腐食性がある ・ 水を10%程度含むと、40～50℃以上で炭素鋼を腐食する ・ ゴム・プラスチック類を膨潤、劣化させる場合がある ・ タービンの高温腐食の原因となるNa, Kが混入した場合、水洗浄では除去できない ・ 石油系燃料と配管を共用できない ・ ポンプのキャビテーションに対する注意が必要 ・ 起動方法に工夫が必要 ・ 漏洩・引火に注意が必要

生させるために燃料を多く投入するので、タービンの作動流体が増して出力が向上するわけです。

蒸発潜熱が大きく、また、300℃くらいで吸熱的分解・改質されるという性質は、熱効率の向上に利用することができます。これは次に説明いたしますメタノール改質型ガスタービンのところで詳しく触れたいと思います。

さきほどの自動車の説明にもありましたように燃焼温度が低いということで、燃焼の熱に起因するNOxの発生が少ないという利点もあります。

下の欄は留意すべき点ですが、水と自由混合できるという点以外は、ガスタービンだけでなくほかの発電方式に用いるときも同様に注意すべき点です。しかし、このような点は、とくに技術的な困難はなしに対応策をとることが可能と考えられています。

コンバインドサイクル発電にメタノールを用いることは、技術的には十分対応でき、性能の面でもLNGのコンバインドサイクル発電に匹敵する性能が期待できると考えられます。

1.3 メタノール改質型ガスタービン

これはガスタービンの一種ですが、ガスタービンの排熱を利用して、メタノールの改質

反応を起こし効率を上げるところにポイントがあります。さきほど自動車の技術の中にもメタノール改質エンジンというものがありませんでしたが、原理的には同じものと考えてよいと思います。

表5にメタノールとメタンの改質反応を示しましたが、反応温度がメタノールでは300℃くらい、メタンでは800℃くらいというところにミソがあります。ガスタービンから出る排気ガスの温度は、この間の500℃くらいであり、この500℃の排気ガスではメタノールならば改質反応を起こすことができるけれども、メタンではむずかしいということになります。改質反応は吸熱反応ですので、反応して水素と二酸化炭素になるときにまわりから熱を奪い、それ自身はカロリーアップします。こうして熱効率と出力が向上するわけです。

図2はメタノール改質型ガスタービンの概念図ですが、これはメタノールの改質以外にも熱回収を行うためのシステムがいくつか組み込まれています。一つは、メタノールの改質反応が気相反応（気体の反応）ですので、メタノールと反応に必要な水とを蒸発させる必要があります、この蒸発にタービンの排ガスの熱を用いることにより熱回収が行われます。それから蒸発しました水の一部を圧縮した空

表5 メタノールとメタンの水蒸気改質反応

	反 応 式	反応温度(℃)
メタノール	$\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_2 + \text{CO}_2$	250 ~ 350
メ タ ン	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_2 + \text{CO}$	~ 800

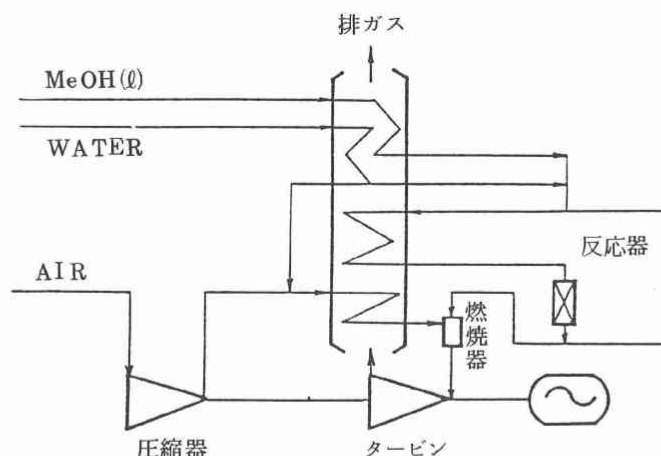


図2 メタノール改質型ガスタービンの概念図

気に注入し、タービンの作動流体として利用する仕組みになっており、このような熱回収のシステムを組むことによってさらに効率を向上させることができます。

メタノール改質型ガスタービンは、まだ本格的な実証試験が行われたことはありません。一つだけその実証試験が行われましたのが、さきほどの表3にあげたアメリカの太陽エネルギー研究所の例です。これは132kWと小型のもので、しかも短期間の試験ではありましたが、メタノールの改質装置を組み込むことにより、熱効率が向上することが確認されています。このようにメタノール改質型ガスタービンとしての実証試験は少ないのですが、これを構成している要素の技術は、特に新しいものではありません。

ガスタービンは十分実績のある技術ですし、排ガスから熱回収を行うための熱交換器や、メタノールの改質反応は化学工業の分野ですでにほぼ確立された技術があります。それらを組み合わせることにより、大きな技術的障害はなくメタノール改質型ガスタービンは実用

化できるであろうと考えられます。ただし、化学工業でメタノールの改質反応を行うときには、同一条件で長時間運転することが一般的ですが、発電用の場合は、負荷変動に対応して出力を変えたり、起動・停止もひんぱんに行われるなど厳しい運転条件が予想されるため、触媒の寿命が低下する可能性もあります。このような点については実証試験が必要であると思われます。資源エネルギー庁では、本年度からこのメタノール改質型ガスタービンの触媒と燃焼器、それから熱回収の三つの点につきまして、小型試験器で研究を始めております。

表6は私どもが行いました調査研究の中で概念設計によりメタノール改質型ガスタービン発電の特性を推定した結果です。熱効率は39.8%と現在の最新型の汽力発電と同じくらいの熱効率が見込まれます。起動時間は4時間から5時間くらいと、コンバインドサイクルと同程度です。NO_xはLNGを用いるコンバインドサイクルよりやや低い値が推定されています。メタノールの改質に必要な純

表6 メタノール改質型ガスタービン発電の諸特性

項 目	燃 料	備 考
	メ タ ノ ール	
熱 効 率 (%)	39.8	100MW級ガスタービンにメタノール改質装置を付設，送電端
起 動 時 間 (時間)	4～5	
NO _x (ppm) (kg/10 ⁶ kWh)	112 640	O ₂ = 4%換算，推定値
純 水 使 用 量 (t/h)	80	100MW級
所 要 面 積 (m ² /kW)	0.27	2,000 MW 級

水の使用量はメタノール燃料の約2倍，気力発電のボイラ用水の約10倍くらいになります。したがって小規模なプラントならばあまり問題とならないと思いますが，大規模な発電所の場合には，純水の確保に留意する必要があると思います。所要面積はだいたいほかの発電方式と同じくらいの値です。

改質型ガスタービンはメタノールに特有な発電方式であるため，比較ということがむずかしいのですが，ガスタービンの排熱を回収して熱効率を上げるという点では，コンバインドサイクルと比較することが適当であると思います。コンバインドサイクルと比較しますと，熱効率はメタノール改質型ガスタービンの方がやや低いと予想されます。しかし，建設費についてはコンバインドサイクルはスチームタービンのサイクルが追加され，新たにタービンという高価な機器が必要になりますが，改質型ガスタービンでは，熱交換器とメタノール改質反応器という比較的安価な設備を加えるだけで高効率な発電ができるという点で有利であると予想されます。

1.4 リン酸型燃料電池

燃料電池は最近いろいろなところで注目されていますが，発電用としてはリン酸型が最も早く実用化されるであろうとみられています。

リン酸型燃料電池では，電池の燃料として水素を用いますが，この水素を製造するために天然ガスやメタノールが使われることになります。図3にリン酸型燃料電池の燃料改質プロセスを示しました。同じ水素を得るわけですが，メタノールの場合には工程が簡単になるというメリットがあります。

これは表5に戻っていただきたいのですが，メタノールは改質反応が一段ですみ，水素と二酸化炭素に変換されます。メタンの場合は1回の反応で水素と一酸化炭素に変換されますが，一酸化炭素は燃料電池の白金触媒に有害であるため，これをもう一度水と反応させて水素と二酸化炭素にする必要があります。それが図3のCO変成工程というところです。それから天然ガスには付臭剤として硫黄の化合物が添加されていますが，これもやはり除

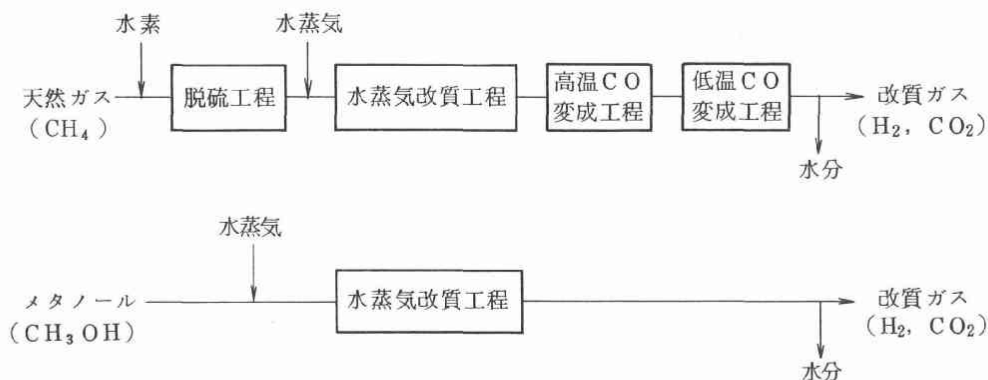


図3 リン酸型燃料電池の燃料改質プロセス

く必要がありますので、最初に脱硫工程というのが必要になってきます。

このようにメタノールの改質工程は天然ガスのそれに比べて簡単なため、システムがコンパクトになり建設費の低減も期待できます。また、改質反応の温度がメタノールのほうが低いため、熱ロスが低減され発電効率が上がるというメリットも見込まれます。改質反応のあとは、メタノールでも天然ガスでもほとんど同じで、この燃料改質の部分で差ができるということになります。したがって、メタノールはリン酸型燃料電池の燃料として非常に適している燃料であると考えられると思います。

また、燃料電池は大型のプラント以外にも分散型の発電設備として可能性が期待されていますが、その場合にはメタノールが液体であるため、小規模な輸送や貯蔵が便利で、この点をあわせても燃料電池の燃料として有望であると思います。

2. メタノール発電の経済性の試算

以上の四つの方式につきまして、経済性を

検討しました結果を表7に示しました。

それぞれの方式について発電設備の規模を適当に設定してあります。汽力発電は重油焚きのものをメタノールに転換するということを想定しています。コンバインドサイクルと燃料電池はLNGとメタノールを燃料とした場合について試算しています。改質型ガスタービンはメタノールに特有な方式ですので、燃料はメタノールだけです。燃料価格は昨年(1984年)7月のCIF価格の実績値を用いています。

汽力発電は従来の重油焚きをメタノール焚きに転換いたしますと3.6円/kWh発電コストが上がってしまうという結果になっています。コンバインドサイクル発電に用いますと、メタノールのほうが発電コストが2円/kWh強くらい高くなります。改質型ガスタービンは発電設備の建設単価の実績がありませんので、実用化時期における想定値ということで設定してありますが、発電コストは18.7円/kWhくらいです。燃料電池の場合はLNGよりメタノールのほうが1円くらい発電コストが高くなると予想されます。

これらの発電コストの内訳は7割から8割

くらいが燃料費になっています。したがって、燃料の価格が発電コストに最も強く影響を与えることになります。メタノールは現状ではまだLNGなどに比べて発熱量当たりの値段が高いため、発電コストも高くなります。

そこでメタノールがどのくらいまで値段が下がればLNGによる発電と発電コストが同じになるかということで計算しました結果が

表8です。LNGのCIF価格は61円/kg、受入貯蔵コストを含めて76円/kg、それをコンバインドサイクル発電に用いますと、発電コストは17.9円/kWhになります。メタノールで同じ17.9円/kWhのコンバインドサイクル発電をするためには、受入貯蔵コスト込みのメタノール価格は32.2円/kg、CIF価格では30.6円/kgが要求されることになります。

表7 メタノール発電の経済性試算

発電方式		汽力	コンバインドサイクル		改質型 ガスタービン	燃料電池	
		375MW級 1基(改造)	100MW級GT 4基 100MW級ST 2基		100MW級 GT 5基	11MW級3基	
燃料		メタノール	LNG	メタノール	メタノール	LNG	メタノール
出力(送電端)	MW	356	557	598	586	31.7	31.7
熱効率(%)	%	33.3	42.5	41.8	39.8	40.5	42.6
建設単価*	万円/kW	0.8	19.6	18.5	9.5	19.8	17.5
燃料価格**	円/kg	36.0	61.0	36.0	36.0	61.0	36.0
受入貯蔵コスト	円/kg	1.6	15.0	1.6	1.6	15.0	1.6
発電コスト	円/kWh	3.6上昇	17.9	20.2	18.7	18.6	19.7

(注) * 土地代、建中利子を含まない。メタノール改質型ガスタービン、燃料電池は実用化時期における想定値

** 昭和59年7月CIF実績値

表8 発電コストがLNG発電と等しくなるためのメタノール価格

燃料	燃料価格 (円/kg)		発電コスト (円/kWh)		
	CIF	受入貯蔵コスト込	コンバインド サイクル	メタノール改質型 ガスタービン	燃料電池
LNG	61.0*	76.0	17.9	—	18.6
メタノール	30.6	32.2	17.9	17.9**	18.6
	34.8	36.4			
	33.3	34.9			

(注) * 昭和59年7月実績値

** コンバインドサイクルと同じとした

同様にメタノール改質型ガスタービン、燃料電池発電について試算しますと、C I Fで34.8円/kgそれから33.3円/kgという価格が要求されることになります。現在のメタノールのC I F価格は36円/kg程度ですので、コンバインドサイクルの燃料としてメタノールを使うためには現状より2割くらいメタノールの価格が下がることが必要だということになります。メタノール改質型ガスタービンあるいは燃料電池、こういったメタノールに有利な発電方式を用いますと、メタノール価格がもう少し高くても、経済的に競合できると言えます。

ま と め

以上をまとめますと、メタノールを用いる

各発電方式の中で汽力発電とコンバインドサイクル発電については、技術的にはほぼ大丈夫だろうという見通しがありますが、経済的にはいまのメタノール価格ではむずかしいということになります。

新しい発電方式として現在技術開発中の改質型ガスタービンや燃料電池が実用化されれば、メタノールの価格が若干高いという点が少し改善され、可能性が広がると考えられます。

したがって、メタノールを発電用燃料として導入するためには、メタノールの価格を安くする努力がまず必要ですが、それとともにメタノールをより有効に使える技術を開発していくことも重要であると考えます。

(はすいけ ひろし)

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多数ご出席を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国内シンポジウムを毎年1回7月に開催する予定にしております。ところで、昨年（昭和59年）11月には当研究所で初めての国際シンポジウムを開催いたしました。これはFBR（高速増殖炉）大型炉の開発についての国際シンポジウムでございましたが、たいへん多数の方のご参加をいただきました。本年度も来年（昭和61年）1月21～23日の3日間、電池技術についての国際シンポジウムを開催すべく、現在、準備中でございます。準備が整い次第みな様方にご案内させていただきますが、多数の方々のご参加をお待ちしております。

本日は長時間ご苦勞さまでございました。以上をもちまして本日のシンポジウムを閉会させていただきます。どうもありがとうございました。（しばた せいいち）

“国際電池技術総合シンポジウム” の開催について（ご案内）

本誌前号（8（2）〔1985.7〕）で予告いたしましたが、燃料電池と電力貯蔵用二次電池の技術開発に関する世界の専門家を一堂に招き、その主要技術課題の動向、実用化に向けての開発計画の検討などを目的として、標記国際シンポジウムを当研究所の主催で下記により開催いたします。

この分野に関心をお持ちの方々の積極的なご参加をお待ちしております。

記

会期：昭和61(1986)年1月21日(火)、22日(水)

会場：如水会館（東京都千代田区一ツ橋2-1-1）

1月21日(火)

時 間	セッション	司 会	講 演
8:30～8:40	オープニング		笛 木 和 雄 (東京大学) 逢 坂 国 一 (資源エネ庁)
8:40～12:00	1. 開発の現状と将来 展望	山 崎 徹 郎 (NEDO) 上之菌 博 (電力中央研)	●燃料電池の開発 成 松 佑 輔 (工技院) G. L. Hagey (米, DOE) S. Pietersz (蘭, MOER) ●電力貯蔵用二次電池の開発 鈴 木 滋 男 (工技院) A. R. Landgrebe (米, DOE)
14:00～18:00	2. 商用化へのシナリ オと課題	西 村 寅 雄 (関西電力) 茶 畑 仁 司 (中部電力)	●電気事業用燃料電池の商用化 小 林 道 夫 (東京電力) D. M. Rigney (米, EPRI) ●オンサイト型燃料電池の商用化 山 本 洋 平 (東京ガス) J. J. Cuttica (米, GRI) ●電力貯蔵用二次電池の商用化 石 川 力 雄 (電力中央研) J. R. Birk (米, EPRI)
18:30～20:30	レセプション		

1月22日(水) (第1会場)

時 間	セッション	司 会	講 演
8:30~12:00	3. 燃料電池の技術課題と見通し	藤 本 純 (東京電力) 橋 本 昌 (大阪ガス)	●リン酸型燃料電池全般 永 島 正 明 (NEDO) J. J. Sholes * (米, METC) ●実証試験・運転実績 飯 野 敏 雄 (東京電力) W. C. Racine (米, SAIC) ●リン酸型燃料電池各論 荻 本 和 男 (東 芝) 穴 原 良 司 (富士電機) 酒 井 貴 史 (三洋電機)
14:00~18:00	(継続)	山 本 洋 平 (東京ガス) 高 倉 毅 (IAE)	●溶融炭酸塩型、固体電解質型燃料電池全般 児 玉 皓 雄 (大工試) 佐 藤 弘 之 (電総研) R. D. Pierce * (米, ANL) ●溶融炭酸塩型燃料電池各論 B. S. Baker (米, ERC) 菱 沼 孝 夫 (日 立) 岸 田 公 治 (三菱電機) 中 沢 健 三 (石 播) E. H. Camara (米, IGT)
18:00~18:15	クロージング		伊 藤 登 (NEDO) 越 川 文 雄 (IAE)

1月22日(水) (第2会場)

時 間	セッション	司 会	講 演
8:30~12:00	4. 二次電池の技術課題と見通し	小 沢 丈 夫 (電総研) 清 水 實 (NEDO)	●ナトリウム-硫黄電池 喜 多 明 (湯浅電池) I. W. Jones * (英, CSPL) ●リチウム-硫化鉄電池 H. P. Shimotake (米, Amoco) ●亜鉛-塩素電池 堀 江 俊 男 (古河電工) C. J. Warde (米, EDA) ●実証試験・運転実績 P. A. Lewis (米, PSE&G)
14:00~18:00	(継続)	上 田 隆 右 (電力中央研) 松 井 一 秋 (IAE)	●亜鉛-臭素電池 金 指 元 憲 (明電舎) P. G. Gimes (米, Exxon R & E) ●レドックスフロー型電池 高 島 正 温 (三井造船) H. R. Cnobloch (西独, Siemens) ●改良型鉛電池 野々口 正 雄 (日本電池) N. Yao (米, 前ANL)
18:00~18:15	クロージング		平 松 紀 夫 (NEDO) 柴 田 誠 一 (IAE)

注) (1) 第2日1月22日(水)は2会場で同時に併行して行われます。
(2) *印交渉中

参 加 費：(プレプリント，その他の印刷物及びレセプション参加費を含む)

予約受付(11月末日まで)

一般 40,000円，大学関係者 20,000円

当日受付

一般 50,000円，大学関係者 25,000円

参加人員枠は，海外からの招へい者約20名を含め約250名

参 加 申 込：参加希望者は所定の用紙によりお申込みいただきたいので，下記までご連絡下さい。

申込み・問合せ先：「国際電池技術総合シンポジウム」事務局

(財)エネルギー総合工学研究所

(〒105) 東京都港区新橋1-1-13 (東新ビル)

電話 (03) 508-8891

研究所のうごき

(昭和60年7月1日～9月30日)

◇ 月例研究会開催

第26回月例研究会

日 時：8月30日(金)14:00～16:00

場 所：幸ビル (13F) 1303会議室

議 題：

- (1) 新エネルギー導入ビジョンについて
(資源エネルギー庁省エネルギー石油代替
エネルギー対策課長 落合俊雄氏)
- (2) LP法による将来のエネルギー需給構造
(主管研究員 松井一秋)

第27回月例研究会

日 時：9月27日(金)14:00～16:00

場 所：幸ビル (13F) 1303会議室

議 題：

- (1) 昭和61年度エネルギー関係予算について
(資源エネルギー庁総務課 杉原誠氏)
- (2) 原子炉廃止措置の最近の動向
(副主席研究員 三井英彦)

◇ 主なできごと

- 7月2日(火) 自然エネルギー利用住宅システム技術の研究開発昭和59年度成果報告会開催
- 5日(金) 「エネルギーフロンティア計画調査」第1回委員会開催
- 17日(水) 第5回エネルギー総合工学シンポジウム開催
- 19日(金) 「国際電池技術総合シンポジウム」実行委員会・組織委員会合同第1回委員会開催
- 25日(木) 「原子力プラント運転の信頼性に関する研究会」開催(第42回)
「ウラン濃縮事業化調査」第6回委員会開催
- 31日(水) 「ブルサーマル」第2回委員会開催
- 8月6日(火) 「原子力発電所のリスク評価」第2回委員会開催
- 9日(金) 「FBR安全性調査」第1回委員会開催
- 19日(月) 「ウラン濃縮事業化調査」第7

回委員会

- 23日(金) 「実用発電用原子炉廃炉技術調査」第1回委員会開催
- 29日(木) 「揮発油問題技術研究会」第6回委員会開催
「エネルギー変換利用技術(新シーズ)」第1回委員会開催
- 30日(金) 「メタノール環境安全性検討」第2回委員会開催
- 9月5日(木) 「エネルギーフロンティア計画調査」第2回委員会開催
- 10日(火) 「ウラン濃縮事業化調査」第8回委員会開催
- 11日(水) 「国際電池技術総合シンポジウム」第2回実行委員会開催
- 12日(木) 「石油製品高度利用技術調査」第1回委員会開催
- 13日(金) 「SPS(新シーズ)」第1回委員会開催

◇ 人事異動

○ 7月1日付

(採用)	井上 市郎	副主席研究員, プロジェクト試験研究部長兼企画部長に任命
主管研究員	佐藤 泰彦	退職(出向解除)
主任研究員	長田 武嗣	〃 (〃)
〃	田中 謙司	〃 (〃)
〃	近藤 謙一	〃 (〃)
(採用)	岡村 丈一	主管研究員に任命 プロジェクト試験研究部配属
(採用)	谷村 康夫	主任研究員に任命 プロジェクト試験研究部配属
(採用)	橋詰 正三	主任研究員に任命 プロジェクト試験研究部配属
(採用)	山口 秀信	研究員に任命 プロジェクト試験研究部配属
プロジェクト試験研究部グループ		プロジェクト試験研究部部長代理(主として新エネルギー

リーダー、主 管研究員	高倉 毅	関係業務担当)並 びに企画部長代理 に任命	○ 7月31日付 プロジェクト試験研究 部	杉本 香織	依願退職
プロジェクト試験研究 部グループ リーダー、主 管研究員	松井 一秋	プロジェクト試験研 究部部長代理(主 として原子力関係 業務担当)	○ 8月1日付 主管研究員 主任研究員 (採用)	竹内 光 福井 文彦 木越 安胤	退職(出向解除) 退職(出向解除) 副主席研究員に任 命プロジェクト試 験研究部配属
プロジェクト試験研究 部グループ リーダー、主 管研究員	片山優久雄	プロジェクト試験研 究部部長代理(主 として化石燃料関 係業務担当)	(採用)	茂田 省吾	主任研究員に任命 プロジェクト試験 研究部配属
プロジェクト試験研究 部兼調査部 研究員	蓮池 宏	プロジェクト試験 研究部兼企画部	○ 7月1日付 副主席研究 員調査部長	武田 康 大森 栄一	研究顧問を委嘱 (期間は60年8月 31日まで) 常勤嘱託(期間は 61年6月30日まで)

季報エネルギー総合工学 第8巻第3号

昭和60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 東京都港区新橋1-1-13

東新ビル(7F)

電話 (03) 508-8891

無断転載を禁じます。(印刷)和光堂印刷株式会社