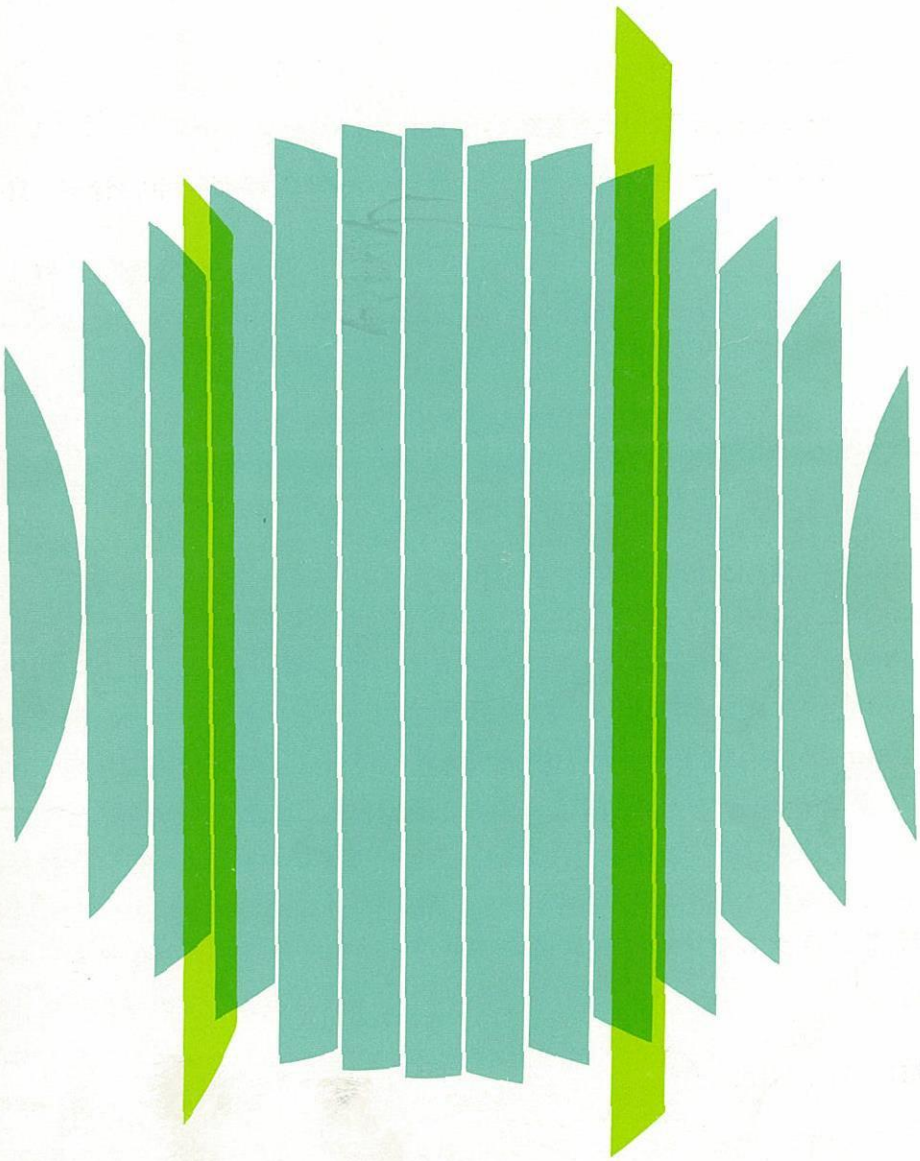
季報 エネルギー総合工学

Vol. 3 No. 4 1981, 1.



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

目　　次

年頭のご挨拶 ……理事長　山　本　　寛……1

技術開発政策の経済学
—最適投資配分並びに資金調達・コスト負担の論理を
中心として— …… 東京大学教授　中　村　　貢…… 2

第11回世界エネルギー会議に参加して ……楠　山　藤　一……10

重質油対策技術に関する海外調査について ……太　田　佳　宏……21

アルコール燃料に関する海外調査参加記（Ⅰ）
—インドネシア— ……高　倉　　毅……31

アルコール燃料に関する海外調査参加記（Ⅱ）
—ブラジルと米国— ……松　井　一　秋……38

研究所のうごき ……46

第3巻通巻　目次

年　頭　の　ご　挨　拶

理事長　山　本　　寛

エネルギー総合工学研究所も今回でようやく3回目の新年を迎えました。発足以来幾多の困難を抱えながらも，今日若干でも世の中のお役に立つ事が出来るようになりましたのは，一重に皆様方の絶えざるご支援の賜と深く感謝して居ります。

80年代に入り石油事情はますます緊迫の度を増して来ました。特に有力なエネルギー資源に欠けるわが国の場合は，わが国だけで解決できるものは極めて少く，どちらを向いても資源国との対応を欠かすことができません。内閣は昨年の11月28日に昭和65年度のわが国のエネルギー供給目標を決定しましたが，この目標が達成できないと国民に深刻な影響が及ぶことが予想され，国民としても極めて関心の深いところであります。この目標に示された石油，石炭，天然ガス等の輸入エネルギーについては格段の努力をしない限りその確保が危ぶまれて居ります。

一方においてこれらの何れかについて輸入目標を達成できなかった場合，その不足を既に計画に織り込み済の省エネルギーに加えて更に吸収する事も至難であります。それらを考え併せると，予想される困難を少しでも和らげる為には，既に信頼できる技術を所有している原子力の目標達成には何としても最大の努力を払う必要があります。また，既存技術で比較的短期間内に利用のはかれるアルコール燃料も充分に検討するに値すると思われます。さらに，個々にはたとえエネルギー量的には比較的小さくても，同様に既に利用技術のある，地熱，小水力その他地域的にまだ利用されていないエネルギー資源の掘り起しをはかって，有効利用の途を開く事も，それらが貴重な国内資源である事を考えれば，それらの位置付けも軽くはないと思われます。私共の研究所は発足以来，原子力にかかわる若干の課題に取組むと共に，アルコール燃料やローカルエネルギー利用の調査研究を事業活動の一環として実施して参りましたが，本年もこれらの問題について引続き調査研究を進めますので御支援ご鞭たつを切に期待するところであります。

（やまもと　ゆたか）

技術開発政策の経済学

——最適投資配分並びに資金調達・コスト負担の論理を中心として——

東京大学教授　中　村　　貢

昭和55年8月11日開催の第10回企画委員会で，中村委員から標記の主題について講義をしていただいた。本稿は，その講義を同委員のご許可，ご校閲を経て掲載するものである。

まえがき

技術開発政策のあり方，特に技術開発投資の配分に関連して，投資配分を行うにあたっての指導理念，もしくはその考え方の基本，さらにこの問題の構造などを巡って，私なりの考え方を述べてみたい。

1. 優先度の評価

まず，第一に問題になることは，複数投資対象の優先度の評価，換言すれば可能な開発対象に対して，どの対象に，どれだけの研究開発投資を行うか，という投資配分の在り方を決定するに際しての優先度の評価方式ということである。いうまでもなく，この場合の優先度を評価するにあたっては，可能な投資対象ごとに，それぞれの対象に研究開発投資を行った場合の，投資の効率を比較する必要がおこる。

1) 技術開発投資の費用対便益比率

経済学の分野では，この種の投資効率の比較に関連して，通常，費用対便益の比率をとりあげた費用—便益比率分析という接近法が使われる。技術開発投資をめぐる費用—便益比率の場合，一般のこの種の分析と比べて特徴的な点は，技術開発投資の便益に関連した投資の直接効果が，新しい情報の獲得という形をとって現われる点ではないかと思う。したがって，その場合の経済効果としては，広範囲に亘る間接的な波及効果，特に経済学の用語でいえば，外部経済的な効果が非常に大きいという点がある。

勿論，費用の面では，新技術の確立，導入ということは，往々にして環境面の効果等を含む意外な外部不経済，すなわち，マイナスの外部効果をもつことがある。その場合には，当然その種の費用効果をも考慮に入れる必要がある。

2) 投資の一次効果の把え方

まず，研究開発投資の効果を問題にするにあたって，注意されなければならない点は，かなり慎重に，一次的な効果と，その一次的な効果がもとになってひき起される経済的なもろもろの波及効果，二次的，三次的な効果

を区別することである。そして,その二次的,三次的効果のもとになっている一次的，もしくは独立的効果を，まず確定することが重要と思われる。いわば，最終的に現われるもろもろの従属変数的な効果を，一義的に決める役割を果している独立変数的効果の集りを把握するということが重要ではないかと思われる。

この意味での研究開発投資の一次的効果を把えるとすれば，問題になる点は，その投資がもたらす生産面での効果としての経常的費用曲線のシフト，通常は合理化効果の形をとる費用曲線の下方へのシフトということである。

3) 開発コスト，開発資金

それに対して，費用面での効果としては，通常の研究開発資金の負担，特に最低投資額が非常に大きい場合には問題となる，資金負担の過大さが挙げられよう。

通常の教科書的な経済分析の立場からいうと，資金負担というのは，利子率という価格変数を通じて，総利子負担の額の大きさという形で表現される訳であるが，現実の資金市場は，必ずしも経済学の教科書でいうような完全市場ではない。一定の利子率，あるいはしかるべき利子率さえ負担すれば，いくらでも望み通りの資金量を確保できるという意味の完全市場とはいえない訳である。別な言葉でいえば，資金の availability（利用可能性）という点からみて，開発投資資金の負担ということは，利子負担とは別な意味の大きなコスト因子といえるであろう。そのことからの派生的な効果，コスト負担として過大な投資による資金繰りの行詰りが破産の可能性をもたらすという点からくる，広い意味のコスト効果という点も，無視できない。

4) リ ス ク

さらに，通常の意味の費用効果では表わされない技術開発投資にとくに特徴的ともいえる費用効果要因として，リスクということが挙げられる。リスクという言葉は色々な意味に使われているようであるが，ここでは少くとも3つのリスク効果を区別する必要がある。

第一は，投資がもたらす純技術面の効果，あるいは情報獲得面の効果に関連して，経常費用曲線のシフトの大きさの意味での投資効果の予想が，必ずしも確かではないということに伴うリスクである。別の言葉でいえば，技術開発投資がもたらす生産技術情報面の効果の予想に関する不確実性という言葉で表わされるリスクである。

第二のリスクは，投資対象技術によって生みだされる生産物，もしくはサービスの市場に係わる，特にその市場の需要面に係わるリスクである。それは問題の製品，サービスの需要曲線が，特にその技術開発投資の効果が現われるような長期的将来の時点で，いかに変位しているか，その点に係わる予想の不確実性といえるものであろう。例えていえば，その技術開発投資が，第一の意味の技術的効果の予測は完全に予想どおり成功したとしても，その技術を使って生みだされる製品，サービスの需要曲線の将来の在り方に関連して，その製品，サービスと競合する財が非常に低コスト，低価格で大量に供給可能になったとすれば，折角の投資効果は市場的には実現されえないことになる訳である。その意味でのリスクが，いわば市場的リスクとして考慮されざるをえないということである。

第三のリスクは，本質的には，以上第一，第二のリスクの程度問題を規定するリスクといえるだろが，技術開発投資の効果の現われる時点が，かなり遠い将来のことであるために，その将来期間の長さに依存して，以上二つのリスクが非常に大きく変動する，不確実性の度合が大きく変動するという意味のリスクがある。

さらに，技術開発投資が充分な成果を期待できるために必要となる最低投資額がかなり大きいことからくる，破産危険によって意味される付加的なリスクということも考えざるをえないであろう。

5） 技術的波及効果

技術開発投資の便益面の効果に関連して，新しい情報の獲得が意味する社会的，経済的効果ということは，通常は経済学でいう外部経済的効果の場合が多い訳であるが，その種の効果を如何に評価するか，という点も大きな問題となろう。

さらに，以上の点，通常の社会資本的投資についても同様に問題になる点であるが，技術開発投資固有の外部経済効果としては，技術的ノウ・ハウが他に波及していくことによる外部経済効果，すなわち，ある対象への投資がもたらした技術進歩，あるいはノウハウの確立が，直接その対象の生産面のプラス効果とは別に，他の対象の技術面，生産面にもろもろの波及的効果をもたらすという意味の外部経済的効果が重要ではないかと思われる。

この意味の技術的波及効果の大きさは，客観的計測が極めて困難なことはいうまでもないが，にも拘らず無視することは，投資のあるべきウェート，配分を論ずるにあたっては，適当でない。

6） 環境効果

その他，技術開発投資に関連して，直接その新技術がもたらす財，サービスの生産面に係わるプラス効果と並んで，通常は無視されがちな環境面のマイナス効果ということも十分考えた上で，一つの費用面の効果として把える必要がある。

例えば，地熱発電の場合の自然景観，生態系に及ぼす影響，あるいは，さもなければ地表に現われなかったかも知れないもろもろの有害物質がもたらす環境面へのマイナス効果という点も，当然コスト効果として考慮に入れる必要がある。その他，電気自動車の開発などに関連しては，今までの自動車に代って，環境面で非常な改善効果をもたらすという意味のプラス効果も考える必要があるし，反面，鉛の大量利用に関連した意外なマイナス効果ということも，窮極的には問題にする必要が生ずる可能性もある。

7） 産業構造などに与える影響

以上のような技術開発投資の効果と並んで，しばしばその投資が，産業構造に与える影響，国際貿易構造に与える影響等の効果が挙げられることがあるが，これらの産業構造面，貿易面の効果は，以上あげた直接的，一次的便益効果，費用効果が決まれば，それからの派生的効果として，一義的に導かれる従属的効果であるという点に注意しなければならない。何故なら，この点を慎重に注意しながら，各種のプラス，マイナスの効果を総合しないと，二重勘定，三重勘定になって，投資効率分析としては非常に誤った結論に導く危険があるからである。

2. R&D をめぐる市場メカニズムの役割と限界

1) 市場メカニズム全面依存の利点

まず，市場メカニズムに全面依存しながら，技術開発投資を進めることの利点についてであるが，その場合の「全面依存」の意味を明確にさせておく必要がある。ここでいう「市場メカニズム全面依存」とは，可能な投資対象の選択，あるいはそれぞれの対象に対する投資額の決定，さらにその投資の成果の利用の仕方を巡って，完全に市場メカニズムの機能を生かすいき方をとる。すなわち利潤原理，競争原理，さらに消費者の自由選択の集大成としての市場の需給関係ないし評価を通じて，投資の成果が決まるものとして，将来の予想成果をふまえた投資効率を考え，資金市場を介して投資額が決定されるといういき方の意味である。

一般的にいって，市場メカニズムを利用した需給調整といういき方は，最終的な資源の配分，資源利用の効率を最も高めるようないき方であるといわれるが，当面の問題である技術開発投資に関連した市場メカニズムの意義ということになると，問題は通常の財の場合とかなり変った形にならざるを得ない。むしろ一般の財，サービスのような，その需給，利用のあり方が如何に効率的に行われるかという点よりは，より限定された問題として，市場メカニズムのもとでの研究投資配分が如何なる形になってくるか，果して社会的，長期的にみて，有効な投資配分をもたらすかどうかという点が，問題になるのではないかと思われる。

技術開発投資を，以上のような意味で，市場メカニズムに全面依存させた場合の利点としては，合理化インセンティブの確保，各投資の実施，実行にあたってのコスト節約，さらに責任ある投資計画の実行という点が挙げられよう。また，市場に参加する各投資主体，企業がそれぞれの投資決意を行うにあたって，投資がもたらす将来の成果に対する価値評価が，最終的には問題の投資対象，技術によって生みだされる財，サービスに対する市場の評価を通じてなされるという意味で，投資配分はそれなりの市場的，社会的客観性をもち，結果として中央集権的計画に伴いがちな恣意性の危険を免れるという利点がある。

より長期的，ダイナミックな効果として，市場メカニズムによる投資配分は，競争原理が有効に働く結果として，各企業がそれぞれ充分な責任意識をもちながらも，非常に積極的な投資行動を進めるという意味での，ダイナミックな効率上昇効果という点も重要であろう。

2) 市場メカニズム全面依存の問題点

他方，市場メカニズム全面依存の技術開発投資配分といういき方の問題点として，市場メカニズムに付随する3～4の難点が挙げられる。この難点は，結局のところ，国民経済的にみて望ましい技術開発投資の進め方に関連して，政府の立場からする市場メカニズムへの介入，具体的には税金，補助金等の形での価格介入，あるいは政府金融その他の形での資金市場への介入，ないし政府資金依存への根拠を与えることにもつながっていく。

市場全面依存のいき方の第一の問題点として，市場の先見能力に往々にして限界があることからくる投資計画の近視眼性，結果的に

みた投資配分の国民経済的な不適さという点が挙げられる。より具体的には，通常の民間私企業の資投計画では，長期的な資源の枯渇化や，あるいは現在の資源の採掘，消費が意味する将来への社会的な効果が，必ずしも適切に評価されてはいない。あるいは，私企業的な情報の不完全さや計画期間の短かさのために，結果として私企業行動の集大成としての市場の帰結は，国民経済的，長期的立場からみた場合に，必ずしも最適な形を生みださないという点である。

第二の難点として，技術開発投資の成果に関連した外部経済効果が市場メカニズムを通じては，必ずしも適切に評価されないという点がある。この点は，特に基礎分野の技術開発について問題になることであるが，投資がもたらす技術進歩の社会的な便益効果が，必ずしも市場メカニズムによる経済価値評価には適切に反映されないということからくる。最も端的な例は，例えば，医学の分野でガンの研究にどの程度の研究開発投資があてられるべきかということに関連して，その成果を通常の市場的な意味の経済価値の言葉で適切に表現できるかどうか，恐らくこれは到底無理なことではないかと思う。結果的に，投資効率ないしそれを基準にした投資額の大きさは，市場メカニズムに任せておいては，国民経済的あるいは社会的にみて，望ましいレベルは到底期待できないという難点がある。同じことは，国際政治問題にも深くからみあった，エネルギーのような基礎資源の安全保障を高めるための研究投資，さらに国防上の安全度を高めるための研究開発投資などについても問題になりうることであろう。

第三に，リスクに対する私企業的評価の過大さが，結果的には国民経済的にみて，いくつかの投資対象について，過少投資しかもたらさないという難点が挙げられる。この点は，第一の私企業的計画期間，あるいは市場の先見能力の限界という問題にも係わってくるが，私企業的立場からみると，リスクはどうしても過大に評価され，国民経済的にみて，安全サイドに必要以上に偏った投資配分がなされがちだという点が問題になるであろう。私企業の場合には，基礎技術，大型技術でしばしば問題となる必要最低投資規模の過大さのために，破産の危険ということも問題にならざるをえない。また，私企業的研究投資は人間としての経営者の残された生涯という点からくる過小計画期間，リスクの過大評価という点の問題点ももつであろう。さらにいえば，幾つかの投資対象，特に社会資本的投資対象に関連した技術分野については，その成果が，まさに福祉政策的立場からする価格，料金政策のゆえに，必ずしも市場では適切に評価されえないという点からくる，市場依存の問題点も挙げられる。

3. 政府対民間の技術開発をめぐっての役割分担ないし協調方式

1) 官・民の役割分担ないし協調

一般的にいえば，各対象テーマ毎に，以上挙げてきた市場メカニズム依存の研究開発の利点，難点等の相対比較の結果をみながら，相対的にみて市場メカニズム依存の長所が非常に大きく，短所が小さいものは，基本的には民間私企業に研究開発投資をゆだね，市場依存の開発を進めるのが得策といえる。反面，市場メカニズム依存の開発がもつ短所が非常に大きく，利点，長所がそれ程でもない

ものについては，政府研究機関，若しくは政府の役割，負担割合を大きくした研究開発投資が望ましいということになろう。従って，開発対象ごとに高いリスクをもつもの，最低投資額が大きく，その成果も長期的将来にしか期待できないようなものや，また，その成果について，社会的にみて大きな外部経済的なプラス効果をもつものについては，政府が主体になった研究開発投資が望ましい。

それに対して，その成果について比較的短期に市場化が期待できるようなもの，しかもその成果の外部経済的な効果がそれ程大きくないものについては，民間私企業による研究開発投資，結果としての市場メカニズム依存の開発方式が望ましいということになる。

概して，基礎技術分野は，この点からみて，長期的にしか効果が期待できず，しかも外部経済的な効果が大きいのが常であることからいって，政府の担当すべき研究の分野である。反面，より産業に密着し，問題技術によって生みだされる財，サービスが通常の市場で比較的早く市場化できるような産業技術的テーマについては，民間が分担するのが望ましいということになろう。

前者の技術の代表としては，例えば核エネルギー開発技術があるであろうし，後者の技術の代表としては，かつての家庭電気機器，あるいは将来の新交通システムなどの開発が挙げられよう。ただ，効果の長期的性格，大型投資の必要性などからくる高いリスクをもった技術開発対象であっても，民間の合理化インセンティブや競争原理をなるべく活用する意味では，政府，民間の共同出資方式という，政府，民間のそれぞれの長所を生かし，短所を補完し合う意味で，政府，民間による共同出資といういき方は当然考えられてしかるべきである。現在，わが国でかなり行われている石油資源の開発方式などは，その一例といえよう。

2) 英，仏対米，西独の技術開発政策の比較

少し視点を変えて，技術開発をめぐって市場メカニズムの利点，短所を如何に位置づけ，結果として技術開発をめぐって政府，民間がどのような役割分担を行なっているかという点から，各国の技術開発方式を比較してみることは興味深いように思われる。

概して，英，仏では技術開発に関連して政府機関の役割が非常に大きく，それに対して，米，西独では民間の果す役割が大きいといえる。具体的には，これまでの原子力開発やジェット旅客機の開発など，さらにまた，電算機，自動車，テレビ等の開発状況を念頭において各国の官民それぞれの果してきた役割を比較してみるのは興味深い。特に英と米の比較，あるいは仏と米との比較などで，際だっているように思われるが，基礎技術については，確かに政府研究機関の役割は大きく，さもなければその分野での技術進歩はなかなか期得できない反面，あまりに政府研究機関に技術開発を依存しすぎると，基礎技術を実用化する，あるいは産業化する段階でかなり遅れをとるという点が，これらの国の技術進歩の状況を比較すると，ほぼいえるように思われる。

4. 資金調達—コスト負担の論理

1) 技術開発投資における政府介入の必要性

基本的には，技術開発に関連しても，限界費用原理，特に外部不経済的な社会的費用も含めた，いわば社会的限界費用原理に基づい

て，必要な費用は原則的にその投資の成果を利用し，その成果から便益を享受する利益者が負担するという考え方をとりたい。何故なら，このようないき方をとることにより，特に中・長期的にみて資源の有効利用，あるいはより適切な投資配分が期待できると考えるからである。そうはいっても，前述のように，市場メカニズムによる評価はいくつかの問題点を含み，その理由から，特に研究開発に関連しては，補助金ないし利子補給等の形での投資刺戟策，あるいは投資配分への政策的介入ということを考えざるをえない。

要は，長期的，国民経済的必要性との対比からみて，私企業的リスクを，ある投資対象については，軽減する必要があるであろうし，あるいは長期的にみた市場的評価の不適切さを是正するために，それなりの課税，もしくは場合によっては補助金等の政策をとる必要があるという訳である。同様なことは，技術開発投資に関連した外部経済的な波及効果や，あるいは市場では必ずしも評価されない，安全保障的な視点からの企業投資計画の修正，補完等のために，政府自体が一部の投資を分担するといういき方をとる場合にも考えられることである。

2) 技術開発的初期コストの受益者負担方式がもつ問題点

技術開発投資に関連して，社会的限界費用原理の立場からみた，技術開発的初期コストの受益者負担方式がもつ問題点にふれておきたい。新しい情報獲得のために，ある研究開発投資が行われ，結果としてその情報が生みだされたとすれば，その場合の投資はコスト，いわば永久設備の建設に使われた費用という見方が可能である。従って，ひとたび設備が建設され了った以上，そしてその設備は特に情報の形をとっている以上，その設備を如何に多く使おうと，いいかえれば，その情報をどれだけ使おうと，以後社会的にみて新たな費用は，何ら必要とされないという意味で，以後の利用に伴う社会的限界費用はゼロということになる。

従って，その場合に初期コストがかかったからといって，その初期コストの回収のために，受益者に初期コストを負担させることは，明らかに社会的限界費用原理に反する訳である。社会的費用原理からいえば，このような永久設備の建設に伴うコストは，一括して政府が肩代りし，以後の設備利用者の利用料には，影響を与えない形の受益者負担原則が望ましいことになる。しかし，現実の市場メカニズムの問題としては，問題技術によって生みだされる財，サービスが政府機関によって生産,供給され,結果としてその価格が完全に政府の管理化にある場合は別として，概してこのような初期コストの政府負担が，果して受益者にそれに見合った価格，料金の低下をもたらすか否かには大きな懸念があり，事実は技術開発に成功した企業を不当に優遇する結果だけに終ることにもなりかねないという問題をもっている。

結局，市場メカニズムを利用した技術開発に関する限り，現実の問題としては，それぞれのいき方の長，短所を勘案しながら，中間的ないき方，すなわち，初期コストの一部は政府が肩代りするが，最終的供給価格は市場にゆだねるといういき方が望ましいであろう。この問題は，見方を変えていえば，新技術に伴う特許権の利用価格としての特許料を，一部国が肩代りする方式に関連して，ど

の程度肩代りするのが国民経済的にみて望ましいか，適切か，という議論といえるだろう。

5. 技術開発投資配分の実際的方式

最後に，以上のような考え方に立って，例えば最近問題になっている様々の石炭利用技術，軽水炉技術，特にその安全技術，高速炉関連技術等にたいする技術開発投資の進め方，投資配分等の最適化計画を作る実際的な方式を考えてみるのは参考になろう。

具体的には，まず，例えば現時点から2000年までの計画期間を考え，各将来時点ごとの総エネルギー需要を所与として考える。そして，これらの可能な投資対象にそれぞれどれだけの開発投資資金の配分を，どの時点で，どれだけ行うことによって，結果的に国民経済的総エネルギー需要を充すのに必要な総エネルギーコストはどれだけになるということが，それぞれの技術開発投資の成果に対する見通しをたてることによって，推定されてくる。各時点で，これらの投資対象に対する資金配分を変えることによって，このような需要を充すためのエネルギーコストはどのように変り，場合によっては，総投資資金額がどのように変わるか，というふうな様々な代替案の効果比較を行う必要がある。その場合，それぞれの代替案について各種の投資，研究投資の成果の不確実性の幅も評価し，最終的にその幅が意味する国民経済的負担の大きさというようなものも，評価する必要がおこるであろう。このこうなリスクの評価，特に不確実性の幅については，ある程度の評価者による主観性，恣意性というものはさけられないであろうが，にも拘らず，適当な複数の研究者の評価を平均化することによって，ほぼ現時点での妥当なリスク評価は行いうるであろうし，それを行うことは充分な意味をもつと思われる。そして，かなりの恣意性，主観性はさけられないにしても，このような形でできるだけ量的な次元に翻訳したものを拠りどころにして，可能ないくつかの研究開発投資パターンの利害得失を比較するいき方が望ましいと思われる。

このような視点から，例えば現在わが国で行われているサンシャイン計画，特に地熱発電技術への投資計画などを再検討してみることは，非常に興味深いように思う。

（なかむら　みつぐ　東京大学経済学部）

第11回世界エネルギー会議に参加して

楠山藤一

1. まえがき

第11回世界エネルギー会議は1980年9月8日から12日にかけて西ドイツのミュンヘン市で開催された。78ケ国，50機関から5,000人以上の人々が参加し，日本からも官・学・民の各分野から同伴者も含め，約80人が参加した。

世界エネルギー会議というものは，1924年ロンドンで第1回が開かれエネルギー問題を総括的にまた世界的な観点で議論し，途中，会議の名称変更等もあったが，昨今のエネルギー問題の重要性，緊急性および国際化等の影響で非常に関心が高まり，熱心な議論の場となり，3年ごとに定期大会が開かれ，現在に至っている。

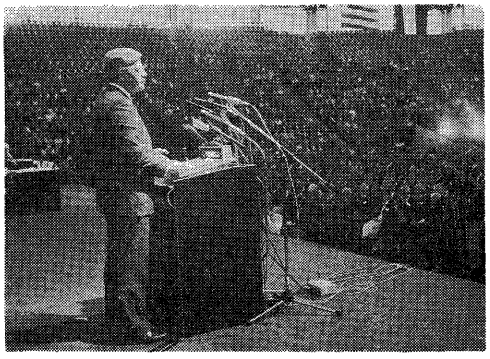


写真 1 開会式でのシュミット首相のあいさつ

開会式には，西ドイツのシュミット首相をはじめ各界の代表者も出席され，最後まで盛大な会議であった。当研究所からは，武田専務理事御夫妻と私も会議に参加する機会を得，また会議の後のポストコンファレンス・ツアーでは，オーストリーの水力発電所とダムを見学できたので，印象の一端を報告する。

2. 会議の概要

2.1 会議の総括テーマ

総括テーマは“われわれ世界のためのエネルギー”(Energy for our World) と題され，我々の世界全体のための長期的な信頼あるエネルギー供給の必要性を強調するのが目的であった。

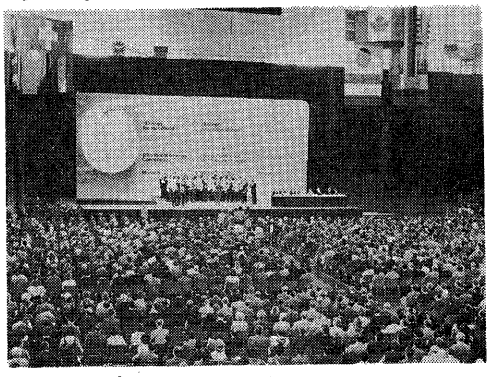


写真 2 オリンピックホールにおける開会式

表1 会議のプログラム

	午前	午後
9／8 (月)	開会式	プロローグ
9／9 (火)	テクニカル・セッション 1 (分科会) エネルギー供給	ラウンド・テーブル 1～3 (円卓会議) ワーキング・グループ 1～2 (作業グループ)
9／10 (水)	テクニカル・セッション 2 エネルギーと社会 テクニカル・セッション 3 エネルギーと環境	ラウンド・テーブル 4～5 ワーキング・グループ 3～4
9／11 (木)	テクニカル・セッション 4 エネルギー・社会と環境	ラウンド・テーブル 6～7 ワーキング・グループ 5～7
9／12 (金)	サマライジング・セッション (総括セッション)	閉会式

2.2 会議のスケジュール

会議のプログラムを表1に示す。

会議を進めるにあたり，先に記した総括テーマを中心とし，世界というものの基本認識を次の点と位置づけている。

(1) 非再生資源による発展には限界のある世界である。

(2) 単独でエネルギー供給のできる国はなく，分離不可能な世界である。

(3) 今後の20～30年で大きな変化のある世界である。

そのような背景のもとで，①エネルギー資源賦存とその利用可能性，②社会の開発・発展，③環境の保全・改善の3つの相互関係を強調し，バランスのとれた展開を模索するため，4つのテクニカルセッション（分科会）と，トピックスを扱い，また提起された重要課題をさらに検討する意味で，7つのラウンド・テーブル（円卓会議）がもたれた。それとは別に7つのワーキング・グループ（作業グループ）も専門分野で活動した。

以下に，分科会，円卓会議および作業グループの構成とテーマとをまとめて示す。また，図1に分科会のテーマ構成を図化して示す。

(1) 分科会のテーマ

i）エネルギー供給

ii）エネルギーと社会

iii）エネルギーと環境

iv）エネルギー・社会と環境

(2) 円卓会議のテーマ

i）合成および非在来型石油ならびに

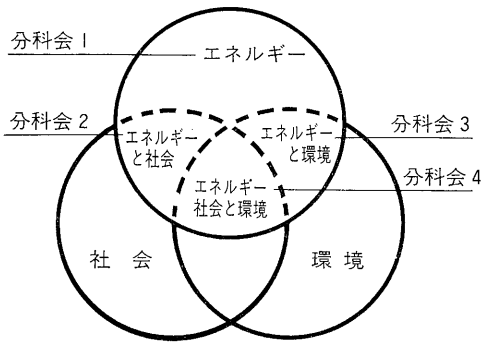


図 1 分科会のテーマ構成

写真 3 テクニカル・セッションII（エネルギーと社会）での議長団

合成ガスの役割り

ii）発展途上国のエネルギー問題

iii）石油代替

iv）国際商品としての石炭

v）原子力の必要性とその課題

vi）エネルギーバランス（需要，供給，省エネルギー）

vii）国際金融

(3) 作業グループのテーマ

i）火力発電所の利用可能率

ii）エネルギー情報の国際交換

iii）熱併給発電（地域暖房を含む）およびヒートポンプ

iv）エネルギーと大衆——よりよき理解のために

v）エネルギー経済標準用語

vi）東西両ヨーロッパ間の送電連けい

vii）MHD発電

以上のような会議組織で討議を進行させたが，その主要な点の概要を説明し，最後の総括セッションでの演説要旨をこの会議のとりまとめ事項として整理することとする。

2.3 会議の基調——問題の拡がりと重要性

開会式はミュンヘン市のオリンピック・ホールで開かれ，シュミット西独連邦首相，シュトラウス・バイエルン州首相など多数の方々のエネルギーに関する広汎な問題意識，その重要性，解決への方途を述べた開会演説が行なわれた。その演説には，本会議への期待が述べられており，その主要点は次のとおりである。

(1) エネルギーの重要性……エネルギー供給は，2000年60億人の人類のための最重要課題であり，また平和維持の基本的要素でもある。世界のエネルギー源は十分あり，全世界の国々がそれぞれの責務として，共同してリスクを克服し，十分なエネルギー供給を実現していくべきである。

(2) 石油価格の影響……現状は，石油の涸渇よりも価格上昇の影響の方が重大である。貿易ひずみと石油価格高騰は世界市場に悪影響を及ぼす。特に非産油発展途上国への影響は深刻であり，西側先進国は先般のベネチア・サミットで自由貿易と途上国援助を強調したが，産油国，コメコン諸国も途上国援助を積極化すべきである。

(3) エネルギー確保策……今後，ますます重要度を増すエネルギー源としては，石炭，原子力および省エネルギーの推進が必要であり，エネルギー源の多様化を推進すべきである。このときに解決すべき重要課題は，石炭では環境問題，原子力では核不拡散と安全確保とである。

(4) 上記の課題を解決するため，本会議で討議し，具体化した戦略を練り，専門家のみならず，一般大衆にも注意を喚起し，困難な時代を克服する推進力になってほしいと期待する。

2.4 エネルギー情勢の進展と4地域ブロックの対応

開会式に続いて行なわれたプロローグ・セッションにおいて，フランスのペクール原子力委員長からエネルギー情勢の進展と4地域ブロック（先進工業国，ＯＰＥＣ，発展途上国，計画経済国）の対応についての報告があり，ついで各地域ブロックの代表からそれぞれの見解が述べられた。

これらの発言は，前述の開会演説とともに会議の基調を形作るものであった。以下にその要旨を紹介しよう。

1） ペクール議長の報告

(1) エネルギー情勢の進展：3年前のイスタンブール会議では，今後数十年にわたりエネルギー資源は十分あると判断し，これを実際に利用するためにあらゆるエネルギー資源の開発を進めるべきことを提言した。この3年間対策は進展したが，問題解決にはほど遠く，第2次石油ショックは世界の努力が不足だったことを裏づけたものといえよう。

(2) 石油生産国の行動：石油価格上昇と生産抑制が続き，それが微妙な経済メカニズムに影響を与え，これが進展すると失業，貧困さらに世界的経済危機をもたらすおそれが充分ある。

そこで，石油生産国に対して "DON'T PLAY WITH FIRE" と強調したい。

(3) 先進工業国の行動：① 省エネルギーは進展しているが，これだけでは危機は回避できないし，またＥＣ諸国はこの3年間ゆるやかな成長を遂げたものの，失業が6％という警戒ラインを越えている。

② 代替エネルギーとして，すぐにしかも大量に利用できるのは石炭と原子力である。このうち石炭については高い目標が掲げられているが，インフラストラクチャーの整備と有効需要の確保が重要であり，また合成液体燃料・ガスも重要である。ただし，環境問題も含めて考えると，原子力開発の努力をせずに，石炭のみを開発するのでは，石油危機解決にはほど遠いと考える。

③ 原子力の開発量は，3年前の予測を下回っているが，原子力開発は先進国の責務であり，一部にある妨害は理解に苦しむ現象である。フランスでは確固たる政策により開発が進展し，85年までにエネルギー供給全体の20％，電力の50％になる計画である。（原子力の技術安定性，経済性は既に実証されており，環境面でも最も危険が少ない。）

④ 再生エネルギーについては，水力を加えても2000年でエネルギー供給全体の10％内外程度であり，これでエネルギー供給を解決できるという誤解を与えないよう正しく評価する必要がある。

(4) 発展途上国の行動：① 第2次石油ショックでは発展途上国への影響が特に大きく，外貨不足は深刻で81年には800～900億ドルに達し，ゼロ成長は発展途上国にとってカタストロフィになりかねないものである。

② 先進工業国が開発を援助し，石油生産国の資金で援助するのが理想的な3者対話だが，資金供与者が信頼できるような雰囲気をつくり出すのは発展途上国の責務である。また資金だけでなく，技術者訓練も技術移転成功の重要な条件である。

(5) 計画経済国について：自由圏からみても計画経済国のエネルギー問題，特にエネルギーを輸出するのか，輸入するのかが重要である。

ペクール議長は上記のまとめとして，次のように総括した。「今，現在も世界はエネルギー危機に向って進んでおり，将来の政治的，経済的安定は，我々の意志決定にかかっている。我々は限りある世界に住み，お互い依存しあっている。また科学技術の可能性は大きいが，これもいくつかの制約，少なくとも時間の制約のもとにある。この会議が，困難な状況に直面している人類にとって，現実的かつ賢明にふるまえる状況をつくりだすであろうことを期待する。」

2） 計画経済国（ソ連ネポロツニィ電力大臣）の見解

(1) ソ連では，2000年までにエネルギー消費が2.5倍になるが，電力化が進展し，また電力の中では原子力（欧州地域で），石炭（東部地域で）が供給の主体となる。

(2) 原子力に反対する社会的，心理的背景は一時的現象であり，科学技術の進歩の過程で消滅するであろう。最も合理的，経済的かつ生態学的にいい方法でエネルギーを供給すべきであり，原子力への移行は人類の才智発展の法則の現れである。また，原子力開発過程での困難を取除くことが，政治家・科学技術者・社会学者・電力従事者の義務である。

(3) その他，熱—電気併給（火力の1/3以上，原子力も加わる），東西ヨーロッパ間送電連けいの重要性や核融合，新エネルギー，MHD発電等の研究進展の説明があった。

3） 石油生産国（OPEC　オルティス事務局長）の見解

(1) 80年代前半こそ，エネルギー問題についての意志決定にとって重大な時期であり，次のことを早急に実施することが必要である。すなわち，(i)主要石油輸入国の節約促進，(ii)石油開発と二次回収技術強化による資源基盤の拡大，(iii)エネルギー赤字発展途上国への資金的，技術的援助の増大，(iv)代替エネルギーの迅速な開発と供給である。

(2) OPECは予測しうる将来，原油生産量を引き上げることはない。それは，技術的要因よりは政治的配慮によって制約されるからである。

4） 発展途上国（マレーシア　モギーエネルギー大臣）の見解

(1) 第3世界は貧困からの脱出のため，農業・工業生産拡大にエネルギーが必要である。高価な代替エネルギー投資が可能な先進国は資金も熟練労働力もない途上国のために石油を残すべきである。

(2) 第3世界も，エネルギー開発努力をしているが，時間がかかり高コストで技術，資金の援助が必要である。また負債の増加により，経済発展に必要な石油を購入できない状況になっており，OPEC，先進国の資金援助，国際金融システムの融資条件緩和を求めたい。

(3) エネルギー問題は，貧困追放のための国際的努力の中で検討されるべきである。途上国は，現在以上に石油と開発資金が必要であり，それらが確保されないと，発展途上国の貧困が広がり，国際情勢不安定，ひいては生産国，先進国そして発展途上国全てに混乱をもたらす結果となろう。

5） 先進工業国（IEA　ランツケ事務局長）の見解

(1) 石油支配型の経済からの移行が始まっており，エネルギー問題が管理可能になってきたという兆しがある。

(2) 省エネルギー方策と代替エネルギー利

用促進により，ゆるやかな経済成長のもとで，ＩＥＡ諸国の石油輸入の削減が達成できる。（現在の2,400万B/日から90年2,000万B/日，2000年1700万B/日へ。この条件としては，平均経済成長率3.2%，エネルギー弾性値0.5，他のエネルギー源である石炭は2000年までに3倍，原子力は5倍，天然ガスは3億トン輸入と想定）

(3) 石炭については，ベネチア・サミットの結果（90年までに石炭2倍，石油火力制限）利用推進の必要がある。一方コール・チェーン形成のための投資，環境問題などもあるが石炭は主役の一つであろう。

(4) 原子力については，組織的反対の最悪時期は過ぎ，原子力をもたない危険の方が大きいことについて理解が得られてきたとし，今後10年の間に原子力は国民に受容される技術となると信じる。

(5) この他，全体的な結論として，ｉ）エネルギー問題は，今世紀を通じて中心的な経済問題であり，石油需給が一時的に緩和するようなことがあっても無為に過すような時間的余裕はない。ii）先進工業国はエネルギー問題の本質を理解し，石油支配型経済からの移行が始まり，今世紀末までに輸入石油への需要を着実に減らすであろう。iii）エネルギーが将来の政治的，経済的関係で制約ではなく，貢献側にとどまるようにするため世界各国が共通の責任を分けあうべきである。

2.5 エネルギー資源調査（1980）

西ドイツの連邦地質・天然資源調査所がとりまとめ，確認埋蔵量，予想埋蔵量等の報告があったが，従来の調査結果と比べて大きな相異はない。化石燃料および核燃料の概要を表2に示す。

また再生エネルギー資源では，①太陽エネルギー：2000年で世界全体のエネルギー供給に5%の貢献，②水力発電：現在は世界の電力の20%，賦存量の10%は利用されており，アジア，南米，アフリカは大きな潜在力をも

表 2 各種資源賦存量（石炭換算　億トン）

	確認埋蔵量	地質的推定埋蔵量	現在利用可能量
石油	1,270	3,600	1,270
天然ガス	790	2,760	790
オイル・シェール	500以上	7,200	300以下
オイル・サンド	500 〃	3,600	300 〃
石炭	20,000 〃	77,280	4,930
褐炭	10,000 〃	23,990	1,440
化石燃料計	33,060 〃	118,430	9,030以下

ウラニウム：確認経済的埋蔵量220万トン，推定埋蔵量400万トン。
なお，上記確認経済的埋蔵量を軽水炉で利用した場合には，石炭換算650億トン，増殖炉で利用した場合には，同4兆トンに相等する。
引用：ジェネラル・リポートから（資源調査1980と若干の相異がある。）

っている。③風力，波力，潮力は量的には少ない。④バイオマス：技術的，農業的問題が解決されたとして，世界のエネルギー供給に5％の貢献，⑤これら代替エネルギーは第3世界においては化石，原子力エネルギーに代わり重要な可能性を提供する，と述べている。

会議は2日目から各分科会・円卓会議・作業グループが始まり，それぞれの課題につき討議を進めた。

それらの概要については，最終日の総括セッションでのまとめを引用しながら，個別会合ごとではなく，全体総括として記述する。

2.6 会議結果のとりまとめ——エネルギー供給と社会の対応——

総括セッションには，執行理事会議長　フルティン氏をはじめとする議長団から会議結果のとりまとめとしての演説があったので，その概要を次に整理する。

1)　エネルギー供給

(1)　在来石油には限界があり，石油生産は現在の35億トンから40億トン程度で天井に達し，90年代からは非在来石油を加えても減少に向うだろう。いずれにしても，先進工業国は省エネルギーのみでなく，積極的な代替エネルギーの利用により石油消費を減少させる必要がある。

(2)　天然ガスも2020年以降，供給量は石油と同じパターンを描くだろう。

(3)　石油のシェアーは減るが，その重要性は継続する。産油国も石油後に備えて，石油後の経済をつくる必要がある。そのゴールは原子力や太陽を主力に，その資金面からみた最適な組み合せであろう。

(4)　石油の次のエネルギー供給の主流として原子力と石炭をエネルギー政策の基本として進めることが必要である。今後50年は原子力と石炭でエネルギー供給の2/3をカバーしなければならない。

(5)　化石燃料では石炭だけが大きな余裕をもっているが，21世紀初めに石炭生産を3倍にし，しかも石炭市場を拡大していくためには，i）インフラストラクチャーの整備，ii）環境問題（CO_2, SO_2, フライアッシュ），iii）早急で適切な政策意志決定（供給保証，投資資金回収）等の課題を積極的に解決していかねばならない。

(6)　原子力は一部の国々で供給問題を解決するであろう。先進国だけでなく非産油途上国のうちの大国と中進国でも，原子力が必要で，この場合は小規模な炉が適切であろう。

また，ウラン量は今後数十年は充分量があり，増殖炉が実用化されると，さらに長期の供給を容易にするであろう。

(7)　石油代替としては石炭のガス化・液化，オイルシェール，タールサンドがある。技術的にはわかってきているが，コスト低下のR，Dを積極的に推進する必要がある。

(8)　再生可能エネルギーについては，太陽熱の低温利用は主として住宅暖房用に徐々に増えつつあるが，高温利用はまだ技術開発段階で，そのコストはなお1桁高いものとなっている。地熱はローカル的に重要なものとなろう。風力，バイオマス，メタンその他の再生エネルギーの世界エネルギー供給に対する寄与は，わずかなレベルにとどまるが，地域によっては重要な役割を果すこととなろう。

2)　エネルギー需要

(1)　発展途上国の需要は，今後，生活向上

と人口増加のため，かなり増大するだろう。世界全体としては1976年から2020年にかけて3.6倍となるが，内訳は発展途上国は6倍と急激に伸び，先進工業国は2.7倍程度と想定されている。また1人当りの消費量も，発展途上国は2.5倍（0.6→1.5トン石油換算）と急増し，先進工業国の5割増しと比べ，伸び率は非常に大きい。

(2) 発展途上国の急増するエネルギー量をまかなうためには，技術とインフラストラクチャの制約の面から殆んど液体燃料となる可能性が高く，その結果，先進工業国への石油は減少せざるをえない。一方，発展途上国においても，ローカルなエネルギー資源の調査を推進し，これらの資源を有効に利用するシステムをつくり，これらの諸国のための長期エネルギー政策を開発することが必要である。これについて一つ考慮しなければならないことは，多くの発展途上国でエネルギー需要の50%以上が非商業エネルギー，とくに糞および薪によってまかなわれており，これら非商業エネルギーは，比率が下るが，今後とも主要な役割を演じ続けるであろう。

(3) 省エネルギーは最も重要なエネルギー資源といえるだろう。その効果は，需要想定の中に織り込まれてしまうので，正確な数字をあげるのは難しい。省エネルギーは環境負荷を軽減する効果をもっている。

3) 国際協力

(1) 国際協力が種々の分野で必要であり，その分野には次のようなものがある。

① 相互の問題点，相互の依存関係を理解し，さらに相互に問題を解決しようとする意志をつくりあげるための産油国，工業国，発展途上国の3者間の協調。

② 環境政策における国際協力（SO_2，CO_2）

③ 原子力核不拡散問題

④ 発展途上国援助（技術，要員訓練，資金供与など）

⑤ ヨーロッパ大陸において，国境を越え東西間の広い範囲にわたって行なう国際電力システムの連けい，

(2) エネルギー問題は，燃料資源の不足に発しているが，これは単一国家の問題ではなく，世界全体の問題である。その様相は，資源生産と消費の地域的不整合による国際的な依存関係の不均衡となっている。たとえば，日本は90%，西欧は55%のエネルギーを輸入に依存し，一方，中近東，北アフリカは国内消費が小さく大量の輸出を行っている。

(3) もう一つの様相は，各種エネルギー種類についての消費と資源との間の構造的な問題である。世界的に石油・ガスへの依存が過大で，全消費の2/3を石油・ガスに依存しながら，これらは資源量的には全体の10%を占めるにすぎない。

4) 社会の対応

(1) 原子力と再生エネルギーが，今後，世紀末までに現在の3%から20%に増えたとしても（主要消費国のエネルギー政策からみて実現しそうにないが），80%は化石燃料すなわち，石炭，石油，ガスに依存していることになる。そうなると，環境問題とくに炭酸ガスの気象・気候への影響問題には一層警戒しなければならない。

(2) 原子力なしのエネルギー政策はありえず，原子力は必要悪ではなく，むしろ世界エネルギー問題への挑戦のチャンスとみるべきである。原子力利用拡大のために解決すべき

最大の問題は，パブリック・アクセプタンスと核不拡散対応であろう。

5) 資金問題

(1) エネルギー関連プロジェクトへの資金問題は重要な課題であり，商業銀行は世界銀行，IMFなどとの協力でなければむりであろう。

(2) エネルギー消費の80%は工業国であり，工業国はエネルギー節約とともに，その保有する技術，資本力という点で自国のみならず，世界全体に対して責任を持っているが，一方でエネルギー価格上昇による資金不足が生じている。

(3) OPECの価格政策は，一方で世界的な石油不足の帰結として認めなければならないが，他方，全世界の経済を弱体化している。

資源をもたない多くの国は，もうこれ以上石油代金を払えない状況にあり，経済的に強い国ですら貿易収支に苦労しており，一方でOPECは1980年に1,000億ドルを超える受取超過である。

(4) この資金を世界のエネルギー問題の将来のために利用できるようにすることが，国際的な協調と責任のあるエネルギー政策を教えるだけでなく，OPEC諸国が信奉するエネルギー価格政策を正当化するものである。

いままでみてきたように，会議の議論では，エネルギー供給，需要，そしてそれらを円滑に進めるための国際協力，社会の対応ならびに資金問題について時間を費やした。

最後に，総括的な課題をつけ加えると，次のようなものがある。

(A) 世界のエネルギー問題の解決すべき課題はいろいろあるが，単に技術・資源の分野だけではなく，たとえば，インフラストラクチャの整備(リードタイムの問題も含め)，環境規制，国際協力といったもっと広範な分野にわたっている。

(B) 今回の会議は科学者・技術者の解明したことをはじめてエネルギー―社会―環境という全体フレームの中に位置づけたものである。これは，解明結果を現実の政策に発展させる第一歩であり，政治家・大衆・メディアに対し，シュミット首相の演説にもあったように原子力の必要性を示すなど，世界の人々に真実をみるよう呼びかけた。

(C) 世界的なエネルギー不足に対し，国際協力をベースとする挑戦に当り，今，意志決定をし，将来のコースを決めることが必要である。

世界の適正な経済成長と，そのためのエネルギー供給を維持することは，人道的にも必須不可欠であり，ひいては世界平和の維持につながる。エネルギー政策すなわち平和政策，これを論じるに当り，将来の諸問題とその相互関係について充分留意する必要がある。

第11回世界エネルギー会議はそのテーマの選択を通して今後の正しい方向の指針を示したものといえよう。

3. あとがき

今回の海外出張では，前半の1週間は，世界エネルギー会議に参加のため，西ドイツのミュンヘンに滞在した。会議のあいまをぬって日本代表団の数人の方々とミュンヘン郊外の有名な景勝の地を訪問する機会をえた。

その1つとして，19世紀ババリア地方に君臨したルードヴィヒ2世の築いたヨーロッパ

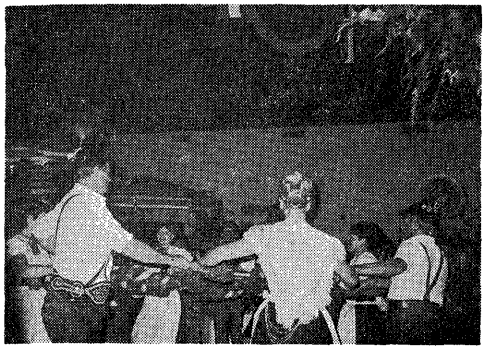
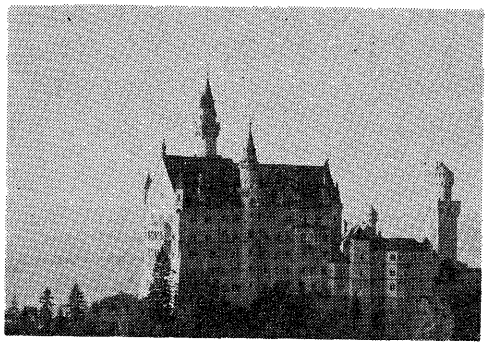


写真 4 開会式の晩餐会の一コマ
（チロリアンダンス）



真写 5 ミュンヘン郊外のノイシュバーンシュタイン城

で最も美しくファンタジックなノイシュバーンシュタイン城を見学した。オーストリアとの国境近く，岩山の上に威厳をもって夕焼け空を背景に見えるさまは，栄華を極めた王朝と厳しい領土保全の争いとの両面がかいま見られ，非常に興味深かった。

もう1つとして，同じ国境沿いにあるガルミッシュ・パルテンキルヘンの町を訪れた。この町は40年程前，冬期オリンピックが開催されて以来，ウィンタースポーツのメッカとなり夏の避暑地としても有名になり，高原のリゾート地として内外から観光客がおしかけている。我々も少し時間があったので，ロープウェーで2,000m級のオスターファイデルコッフェの頂上に登ったが，南ドイツの田園

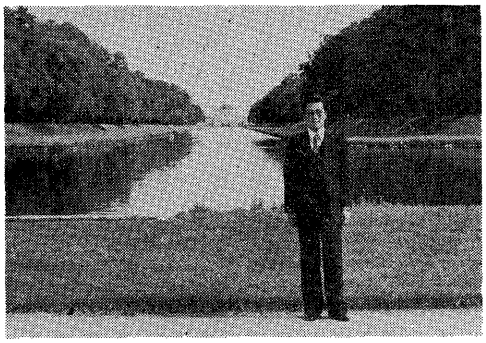


写真 6 ニンフェンブルグ城を背に筆者

とドイツアルプスの山様の織りなす風情は，ゆったりした美しさをたたえており，心安まる思いがした。

また，ミュンヘン市内で印象に残っている所は，宮殿公園として有名なニンフェンブルグ城とアルテ・ピナコテークである。前者は明るく広々としたシンメトリックな庭園であり，そぞろ歩きをしている老夫婦や子供を連れた母親が楽しそうに陽光を浴びていたのが，会議に追われていた我々に一服の清涼剤の効果を与えてくれた。

後者のアルテ・ピナコテークは，中世から

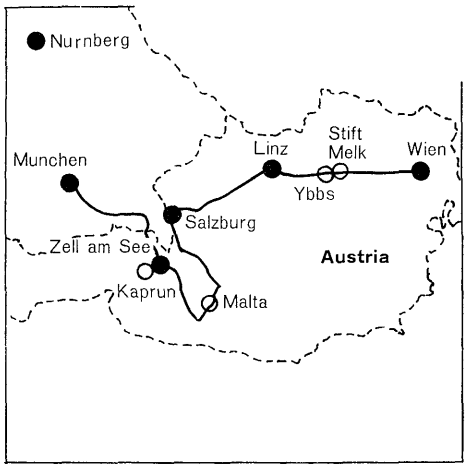


図 2 ポスト・コンフェレンス・ツアーの経路

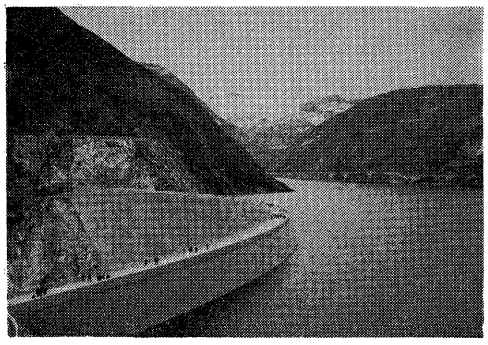


写真 7 カプラン発電所（オーストリア）のダム

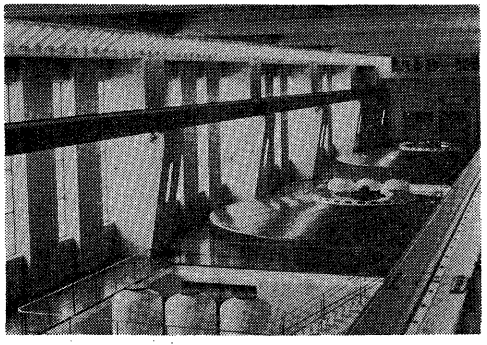


写真 8 イェブスパーセンベウグ発電所の発電機室

18世紀にかけての世界的な名画とドイツ画派の重鎮たちのものであり，特に私の好きなレンブラントとアレブレヒト・デューラーの画をみたくて訪ずれた。その期待以上にすばらしい作品に，理解できないながらも，陶酔した。

後半の1週間は，ポスト・コンフェレンス・ツァーで，オーストリアの水力発電所を見学することができた。経路は図2の通りで，バス（3台）に分乗し，160人以上がチロル地方から，ドナウ川に沿ってウィーンまで旅行した。見学をした水力発電所としては，Kaprun 発電所とダム，Malta 発電所，Ybbs-Persenbeug 発電所および建設中の Melk 発電所などであった。

建設中の Melk 発電所ではドナウ川にダムをつくっていたが，蛇行している地形をうまく利用して本流を完全に閉めきって工事を行っているのが印象的であった。私は水力発電については，全くの素人であるので比較はできないが，水力がオーストリアの電源構成の主要な部分を占めているという自負と責任感が，所長以下所員に至るまで表情に出ていて，たのもしく感じたのは，私だけではなかったであろう。

チロル地方のアルプス，ドナウ川に沿ったザルツブルグ，リンツの街並と田園風景，そして芸術の都としてゴシック建築から現代に至るまでの建物が充分調和したたたずまいをみせるウィーンなどは，オーストリアのガイド嬢が，何度もオーストリアの自然および都市空間の美しさを強調していたが，全て個性をもってゆとりのある風情を感じ，自分の住む町もこうありたいと思った。

最後になったが，会議およびポスト・ツァーでお世話になった動力協会，通産省，電源開発㈱他の関係の方々に誌上を借りてお礼を申し上げる次第である。

（くすやま　ふじかず　主任研究員）

重質油対策技術に関する海外調査について

太田佳宏

1. 調査の目的

我が国の輸入原油の重質化と石油製品需要の軽質化に対処するため，重質油分解技術開発の推進母体として昭和54年6月「重質油対策技術研究組合」が設立され，

(1) 残油の接触分解，水素化分解技術の開発

(2) アスファルト等劣質残油の製鉄用原料への利用技術の開発

(3) アスファルト等劣質残油の無公害型燃焼技術の開発

を4カ年計画で推進している。

一方，通商産業省においてはイラン政変等を契機とした国際石油情勢の変化の中で今後の重質油対策のあり方を調査，検討するため54年12月「重質油対策委員会」を設置し，重質油の需給見通し，技術開発動向を検討してきたが，55年8月中間とりまとめが出され，その中で今後より効率的な重質油対策技術の開発を推進するには，海外技術の開発動向を把握した上で研究開発の強化，拡充を図る必要がある旨指摘された。

欧米等における重質油の分解及び利用技術については53年秋第1回の調査が行われた。今回はその調査結果を踏まえ，重質油対策委員会の提言を受けて，特に以下の点に注目して調査を実施した。

(1) 欧米において既に企業化されている熱分解技術については，我が国において実施した場合の問題点について深く調査する。

(2) 開発段階にある残油接触分解，水素化分解，前処理プロセスについて具体的に調査する。

(3) ガス化，複合発電，重質油残渣物の有効利用についての技術的問題点を整理し，今後の研究開発の焦点を把える。

以上の趣旨に基づいて重質油対策委員会技術専門分科会，重質油対策技術研究組合のメンバーを中心とし，重質油対策委員会の神谷佳男委員長（東京大学工学部教授）を団長とした25名からなる海外技術調査団を編成し，9月20日から10月12日の間にわたり，アメリカ，カナダ，メキシコ，ベネズエラ，イギリス，フランス，西ドイツ，オランダ等8カ国のエンジニアリング会社，石油会社の研究所等25カ所を歴訪し，技術動向を調査した。特に今回の調査団は，ベネズエラのＰＤＶＳＡで我が国の重質油対策技術について紹介する機会を設け，重質油問題について訪問機関と理解を深めることができた。

2. 欧米等における重質油対策技術の動向と我が国に適用する場合の問題点

2.1 熱分解技術等について

熱分解は残油を熱のみで分解するもので，ビスブレーキング法とコーキング法があるが，いずれも既存の技術で多くの実装置が稼働している。米国で残油の粘度を下げ，重油の規格に合わせるため，ビスブレーカーが多く採用されていたが，ガソリン生産が主体であるため，分解条件が過酷で液収率の多いコーカーが増加傾向にある。一方，ヨーロッパにおいては重油の生産を抑え軽油を増産するため余剰になったトッパーの改造等によるビスブレーカーが急増しており，53年調査時にくらべ10倍以上の能力増となっており建設計画も多い。

今回の調査では ELF France の Grandpuits 製油所と，トッパーを改造した Esso Nehderland の Rotterdam 製油所の2基でいずれもコイルタイプで，双方ともコンピューターによる集中管理システムを採用しており，製品安定性確保のため，転化率を抑える等細心の注意を払っていた。ソーカー型ビスブレーカーは，運転時間の長期化と反応温度が下げられることにより，製品安定性が良い等のメリットがある。

コーカーの新しい技術としてメキシコＩＭＰと Lummus の共同研究によるコークス脱硫法があり，コークス中の硫黄分 7.5 wt. %を 0.5 wt. %に下げたデータもあり，現在パイロットスタディを終り，デモプラントの準備中である。

ビスブレーカー，コーカーを我が国に導入する場合には，分解残油に対するユーザーの理解と，製品品質安定性確保のための運転ノウハウの確立，副生コークスの用途開発が必要である。

2.2 残油接触分解（ＦＣＣ）

ＦＣＣは常圧残油からガソリンを得る目的で開発されたが，近年原油の重質化と製品需要の軽質化に対応するため熱分解軽油，溶剤脱れき油等も処理対象にする必要が生じ，このための高性能触媒の開発も進められている。しかし，残油中にはメタル，アスファルテン，硫黄分等の不純物が多いため触媒寿命，液収率等の点で限界がある。このため前処理プロセス，例えば水素化処理によってメタル，アスファルテン，硫黄分等をＦＣＣにかけられる程度まで除くプロセスとの組合せが主流となっている。残油の直接ＦＣＣプロセスとしては Ashland Oil が UOP の設計により Ashland Petroleum Catlettburg 製油所に 40,000 BPSD の RCC プロセスを建設中で57年完成の予定。水素化処理との組合せの例では Pullman Kellogg の HOC プロセスで既存の実装置はメタル，残留炭素の少ない良質の残油に限られていた。 Phillips 社 Sweeney 製油所で建設中の HOC プロセスは前処理プロセスとしての直脱装置に常圧残渣をかけ脱硫と同時にメタル，残留炭素を除去し効率良くガソリンを生産するプロセスで56年初め運転開始の予定。両プロセスとも原油の重質化によるガソリン収率の低下を残油分解により補う考えで，53年の調査ではまだ机上の計画であった。この他 Pullman Kellogg では Hydrodemetallation プロセスを開発中で，このプロセスは脱メタル，脱アスファルテンを行うと同時に軽い Hydrocracking を行う。

これ等残油ＦＣＣはガソリン生産が目的で中間残留分の得率が少なく品質も後処理を行う必要がある。

2.3 水素化分解

水素化分解プロセスは，高温高圧で触媒によって重質油を分解すると同時に脱硫なども行い，良質の中間留分を選択的に収率よく製造できる。しかし，建設費が高く水素消費量が多いので，運転費も高い。処理対象としては留出油が主体で技術的には確立しており幾つかの実装置が順調に稼動している。高濃度のアスファルテン，メタル，硫黄分等を含む残油の直接水素化分解プロセスは耐メタル性，耐アスファルテン性の高い触媒の開発，装置設計について今後の技術開発に待つ所が多い。

残油の直接水素化分解プロセスは沸騰床型のH-オイルとLC-Finingが世界で3基稼動しており，クウェート国営石油会社（KNPC）がH-オイルプロセスでクウェート残油を処理している。また，メキシコ国営石油会社（PEMEX）のLC-Finingは，53年調査時にはよい運転状況ではなかったが，その後25,300 BPDに増強し，ほぼ順調に運転されている模様である。

固定床を使ったBOCユニボンは南ア連邦で稼動しており，減圧残油を処理した場合の転化率は60%程度で運転期間は150日程度である。IFPでは水素化分解はマイルドな低圧運転によって低分解率に止め，他の軽質化プロセスと組合せてプロセス全体の経済性を高める考え方を持っている。

開発中の新規プロセスとしてはUOPのAurabon（水素化分解＋溶剤脱れき），Shellの Bunkor Reactors, Petro CanadaのCANMET, Chemsystem-INTEVEPのHydro Doner Solvent Cracking, HRIのDynacrackingなどがある。

水素化分解の主流は留出油水素化分解であり，訪問各社の推奨するプロセスは各種前処理プロセスとの組合せであり，この点は53年調査時点と同様であった。

上記の各種水素化分解プロセスを我が国に適用する場合下記のような問題点がある。

(1) 前処理プロセスとの組合せにおいては副生するアスファルト，ピッチ，コークス等の処理が問題となる。

(2) 残油の直接水素化分解については実績が乏しい。

(3) 水素消費量が多いので安価な水素の製造技術が必要である。

(4) 建設費が高い。

2.4 溶剤脱れき

溶剤脱れきは重油から潤滑油ベースオイルの製造法として古くから用いられており，この場合，溶剤として通常プロパンが使用されていたが残油分解の前処理プロセスでは液収率向上のためブタン，ペンタン等が使用される。しかし，液収率が高い程脱れき油中の不純物も増加する傾向がある。また，脱れき油からの溶剤回収には莫大なエネルギーを消費するが，これを回避するため，溶剤を超臨界状態で分離回収する省エネルギー型プロセスがKerr-McGee（ROSE Process）及びUOPで実用化されている。

また，IFPの見解としては溶剤にペンタンを使用した場合の液収率は70～90%となるが，アスファルテンの取扱に問題があるので，アスファルテンが液体として扱える範囲に脱れき率を抑えるのがよいとのことであっ

た。

2.5 残油の接触分解，水素化分解，前処理技術及びプロセス組合せにおける欧米の特徴について

アメリカでの重質油分解の目的は完全にガソリン収率の最大化を目的としており，製品価格体系も分解油に有利となっている。これに対してヨーロッパは北海油田を持つ英国を除いて他の国々は殆んど輸入に依存しているので，如何に効率良く重質油の軽質化を図るかが使命となっており，省エネルギー型のプロセスの開発が課題となっており，我が国と共通する面がある。即ち，効率良く分解するため，まず溶剤脱れきで不純物を除き，脱れき油は既存のＦＣＣ水素化分解原料とし，アスファルトは部分酸化ガス化法で水素を製造する考え方である。水素化分解についてもアメリカのような完全分解型ではなく，部分分解型の触媒を採用することにより温和な運転条件で水素消費量を抑えている。ヨーロッパにおける重質油処理の考え方は製品製造の自在性と効率化にある。

2.6 部分酸化ガス化法，ガス化複合発電

部分酸化法は残油，コークス，石炭等から合成ガス，都市ガスの製造法として開発されたが，ガス化のための酸素費が高く，酸素の代りに空気を用いてガス化すれば生成ガスのカロリーは低い。欧米では残油からの合成ガス製造の実装置が稼動しており，ガス化炉も従来の２倍程度の能力の炉が開発されてスケールメリットの大きい本プロセスでは当然の方向と言える。また，開発の主流は石炭のガス化に移っている。Texaco Wilmington 製油所の装置は順調に稼動していたが，Chevron の El Segundo 製油所は休止しており，重質油処理の一環として再スタートを検討していた。他にＣＯと水素をメタン化して高カロリーガスを製造するプロセスがあるが，メタン化の際大量に発生する反応熱の除去及びその有効利用，耐熱触媒の開発が必要で工業化の例はない。

ガス化複合発電については西ドイツの石炭からのものが唯一の実績で，米国でも石炭を原料とするものが Texaco と Edison が EPRI (Electric Power Research Institute) の援助により，南カリフォルニアに石炭1,000 t/日の複合発電を計画しており，総合効率39～40%としている。将来ガスタービンの入口温度がさらに上昇できれば効率のアップも期待できる。

2.7 我が国の重質油対策技術の方向

今回調査した欧米等の多くの企業，研究機関では重質化して行く原油を特にガソリンに転換するための技術開発に注力しており，中間留分指向型の我が国の技術開発の方向と異なる点があったが，訪問先では各種重質油分解プロセスの開発状況，既存技術の組合わせの考え方等を見聞し，関係者と討論の機会を持ったことは極めて有意義であった。この調査結果より我が国の重質油対策技術の今後のあり方としては，

(1) 我が国の石油製品需要に適合した製品得率，製品規格を満す品質のＦＣＣ水素化分解技術を開発すること。

(2) 今後大量に発生することが予想されるアスファルト，ピッチ，コークス等重質油残渣物の有効利用技術を開発すること。

(3) 我が国の原油事情，製品パターン，精製装置構成，副生品の処理，運転の自在性及び価格体系等を考慮し，分解技術の開発のほ

表 1 Syncrude Canada 社の諸元

Facts & Figures

Site clearing commenced
December, 1973

On-stream date
July 31, 1978

Daily production of synthetic crude oil — by 1982
17,300 m^3

Daily production of synthetic crude oil — by 1984
20,500 m^3

Total cost of project
$2.3 billion

Plant area
5 km^2

Open pit mine area
25 km^2

Tailings pond area
30 km^2

Total area in use
60 km^2

Average muskeg depth
3 m

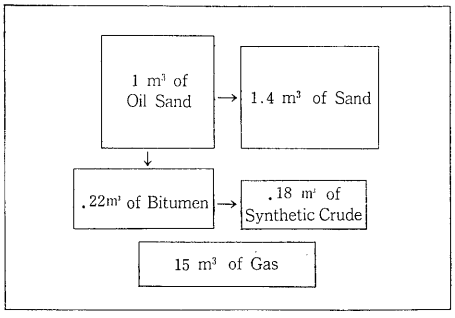
Average overburden
15 m

Average oil sand depth
42 m

Total workforce at peak construction
7500

Syncrude Operations workforce on site
3100

Field manhours to construct
39 million — Syncrude Project
4 million — Utilities plant



MINING

Dimensions of mine
4.2 km long
7.5 km wide
60 m deep

Draglines
total number 4
60 m^3 bucket
110 m boom
104 m working radius
6100 tonnes overall weight
10 megawatts power usage

Bucketwheels
total number 4
capacity 6400 tonnes/hr with 14 buckets
bucket capacity 2 m^3
3.7 megawatts power usage
weight 2250 tonnes
length 140 m

Conveyor belts
length 17.7 km in mine
1.6 km in plant
210 cm wide × 3 cm thick

EXTRACTION

Extraction plant
processes 11,800 tonnes/hr
oil sand to produce
2,050 tonnes/hr froth

Froth treatment plant
produces 676 dm^3/sec diluted bitumen

UPGRADING

Stack
180 m high
20 m diameter base
8 m diameter top

Fluid cokers
total number 2
63 m high

UTILITIES PLANT

Power plant
260 megawatts installed capacity
(capacity sufficient to light city of 300,000 population).
185 megawatts normal operating load
1 million kg/hr steam

Water treatment plant
max flow 850 dm^3/sec

STORAGE

Storage tank capacity
477,000 m^3 bitumen
191,100 m^3 gas oil
83,500 m^3 naphtha

か製品規格の見直し，生焚き原油の削減等の多面的な対応が必要である。

3. 超重質油処理技術

ここでは超重質油としてカナダのオイルサンドから抽出されたビチューメン，アメリカ中部で産出されるオイルシェールからのシェールオイルについて記す。

3.1 カナダ・アルバータ州のオイルサンドの開発状況

アルバータ州政府の好意により，同州 Athabasca 地域を中心に豊富に埋蔵されているオイルサンドは 1兆bbℓ といわれ，その採掘，ビチューメンの分離，Upgrading 等の開発を推進している Syncrude Canada社と，アルバータ州のオイルサンド開発の推進機関である AOSTRA (Alberta Oil Sand Technology and Research Authority) を訪問し，オイルサンドの開発状況を調査する機会を得た。

3.2 Syncrude Canada 社とオイルサンド開発状況

表 2 代表的なビチューメンと在来原油との性状比較

	BITUMEN		CONVENTIONAL
GRAVITY, °API	8.6		25—37
DISTILLATION	VOL %	°F	
	IBP	—	
	5	430	
	10	560	—
	30	820	
	50	1,010	
VISCOSITY, SUS a 100° F		35,000	3—7 CS.
SUS a 210° F		513	
POUR POINT, °F		+ 50	
ELEMENTAL ANALYSIS, WT. %			
CARBON		83.1	86
HYDROGEN		10.6	13.5
SULPHUR		4.8	0.1—2.0
NITROGEN		0.4	0.2
OXYGEN		1.1	
HYDROCARBON TYPE, WT. %			
ASPHALTENES	19		—
RESINS	32		
OILS	49		
METALS, PPM			
VANADIUM	250		2—10
NICKEL	100		
IRON	75		
COPPER	5		
ASH, WT. %	0.75		NIL
CONRADSON CARBON, WT. %	13.5		1—2
NET HEATING VALUE, BTU/LB	17,500		

写真 1 Fort McMurray 空港での一行

Syncrude Canada 社の操業地はアルバータ州州都エドモントンの北約500kmにあり，9月25日アルバータ州政府経済開発省市場開発局縄田部長と AOSTRA 事務局の方々の案内により，アルバータ州政府の手配してくれた森林消防隊の双発プロペラ機で，神谷団長以下調査団1行15名は，未明の気温は零度前後に冷え込む中をエドモントン地方空港を発ち約2時間で Fort McMurray 空港に着陸，さらに約30分バスに乗ってようやく目的地に到着した。Syncrude Canada 社のオイルサンドの採掘，ビチューメン抽出，Upgrading，ユーティリティ等本開発プロジェクトへの総投資額は23億ドル，オイルサンドの採掘量 215×10^3t/日，抽出ビチューメン量 125×10^3bbl/日，Syncrude 生産量 108×10^3bbl/日である。オイルサンドのビチューメン含量は平均約11%であり，このビチューメンの特徴を列挙すると以下のとおりである。

1. low API
2. high viscosity
3. high pour point
4. low H/C ratio
5. high metal content
6. high sulphur content

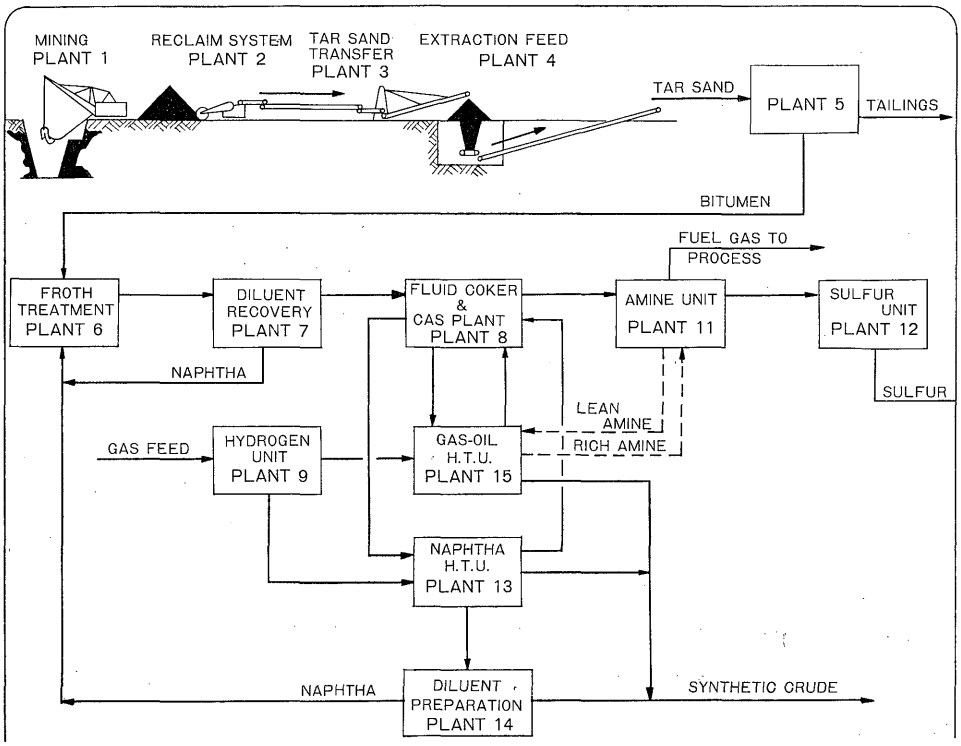


図 1 Syncrude Canada 社のオペレーション フローシート

7. high nitrogen content
8. high carbon content
9. high asphaltene & resins

採掘作業は容量 60m³ の大型 Dragline 4台で行われ，ベルトコンベアで石等の大きい異物を除いて抽出槽に送られる。抽出槽では少量の苛性ソーダと水を加えて，まず調整ドラムに入れスチームで 80～90°C に加温し，固形分60～85%のドロドロにしたものを振動ふるいで異物を分離，沈降比重差によって浮上する油をスキミングで回収した後ナフサ等を加えて粘度を下げ遠心分離機にかけ脱水する。

ビチューメンの upgrading は diluent recovery plant でナフサを回収しフルードコーカーにかける。生成したコークスは灰分が多くS分が9%もあり，有効利用の方途がないため約2,000t/日 tailing area に野積みされている。発生ガスはS分を除いてボイラー用燃料に使用し，ナフサ，軽油は脱硫，水素化精製され，タンクでブレンドされ，Synthetic Crude となる。この Syncrude はガム生成，ブレンドによるセディメント等品質上の問題はないとのことであった。

3.3 AOSTRA について

Syncrude Canada 社調査の翌日9月26日エドモントン市内に AOSTRA を訪ね，Bowman 所長以下各専門家の説明を聞いた。

AOSTRA は1974年州法によって設立され，当初1億ドルの支出が認められ，その後78百万ドルの追加支出が許可された。AOSTRA はオイルサンドを産・官・学共同で開発するための推進機関で所長，副所長の他，技術，管理等の役員8人，大学研究評価，upgrading，重質油回収，水処理，特許，微生物奨学金，研究補助金選定委員会等の常勤専門家及び技術，法律顧問により構成されている。

現在 Athabasca 地区で露天掘りが可能なオイルサンドの量は 26×10^9 bbl であるため，将来経済的に地下採掘を図るために1980年には3つのプロセスの開発が進められている。Athabasca における AOSTRA/AMOCO の燃焼法，Cold Lake における AOSTRA/BP のスチームと燃焼法の組合せ，Peace River における AOSTRA/Shell のスチーム法のパイロットプラントが稼動する予定である。

UP-Grading のプロセスとして現在稼動しているフルードコーカーは他のビスブレーキング，ディレードコーキング，フレキシコーキング，ハイドロクラッキング，脱剤脱れき，Direct coking 等10のプロセスを比較検討した結果採用したもので，先発の Suncor社ではディレードコーキングを採用している。

設備投資の最も大きいものは採掘部門で28%を占め，UP-Grading は比較的安価である。

3.4 米国におけるオイルシェールの開発状況について

米国においては，中央部のコロラド，ユタ，ワイオミングの3州に163千平方キロ，鉱床の厚さ900m，厚い所は1.6km に達し，石油換算で2兆バーレル相当という膨大な埋蔵重のある，オイルシェールの開発は，石炭液化とともに石油代替エネルギーとして政府，企業とも強力に研究開発を進めており，デモプラントの建設計画も具体化しつつある。精製されたシェールオイルは良質で既存の原油からの石油製品と比較して遜色はない。ナフサ留分は一般的にパラフィニックで，また，芳

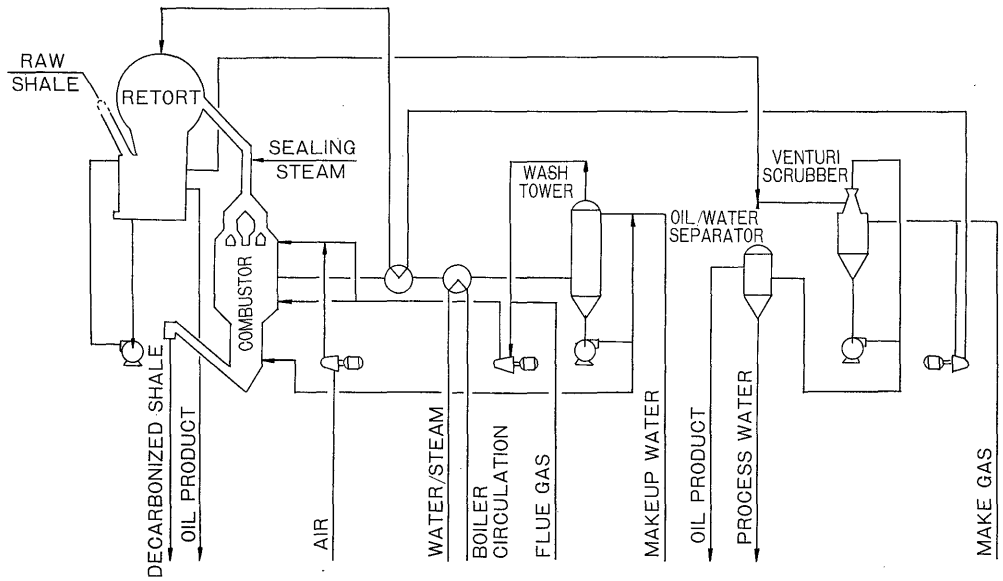


図 2 SGR-3 システム

香族留分が少ないため，oil 留分はジェット燃料の製造に適しており，軽油留分はディーゼル軽油の規格に適合する。重質留分は低硫黄重油となるとともにＦＣＣや水素化分解用の原料油とすることができる。

今回の調査では Chevron Research Co., Union Oil, Lurgi（モロッコ産 Oil Shale で研究している）の開発状況について聞くことができたが，ここでは Union Oil の研究開発について記す。なお，Union Oil では連邦政府の援助を得て１万bbl/日のプラント建設を計画しており，成功すれば５万bbl/日の実装置に拡大する意向である。Union Oil では1940年代よりコロラド州 Piceance Basin,

表 3 乾留炉からの生成物
(36 Gal/Ton shale)

Retort Make Gas(Dry basis), SCF/Ton		75.0
Rundown Oil,	Gal/Ton	35.1
	% Fisher Assay	97.5
C4+Oil,	Gal/Ton	37.1
	% Fisher Assay	103.0

表 4 留出油の特性

ＡＰＩ	22.2
ＩＢＰ °F	150
１０	390
５０	770
９０	1010
Max	1095
S, wt. %	0.8
N, wt. %	1.8
O, wt. %	0.9
Fisher Water, wt, %	0.2
ＰＰ, °F	60
As , ppm	17
ＣＣＲ, wt. %	2.1
ＨＶ, Gross 10^3 ＢＴＵ／Gal	142

Parachute Creek に 40 億バーレル相当の鉱区を持ち，オイルシェールの乾留，シェールオイルの精製技術の開発に取組んで来た。

乾留炉は空気を直接炉内に吹込む直接加熱法，ガスを間接加熱して炉内に送り込む間接加熱法，固体の高温熱媒体によって加熱する熱媒体法がある。当初直接加熱方式(type A)

で試みたが発生ガスの熱量が低いため，間接方式に改良（type B）した。さらに乾留後シェールに堆積するカーボンを別の燃焼炉で燃焼し，その熱を回収利用する SGR-3 システム（3t/日）にまで改良した。

乾留炉から得られたシェールオイルは，1,000～2.000 ppm の無機質ダストを含む。その大部分はシェールの粉末である。Union Oil は水洗と静電法で除去しており，この際ひ素の半量は除去される。除じんされたシェールオイルは水素の存在下で 450～550°F で触媒と吸着剤でひ素を除く。ひ素の半量は有機ひ素でシェールオイル中には 500～650°F 留分を中心に分布している。次に特別に開発された脱窒素活性の高い触媒を用い，水素化精製と窒素分を 600～800ppm まで除去し，ナフサ留分をガソリンにするには接触改質装置にかける。

以上，わが国における重質油対策技術の今後のあり方に視点をおいた調査結果の概要と，あわせて今回の調査団が調査の目的の一つとしていた，カナダにおけるオイルサンド開発及び米国におけるオイルシェール開発の概況とを紹介した。本報告がエネルギー問題に関心をもたれる方々のお役に立てば，筆者にとって望外のよろこびである。

引用文献：「欧米等における重質油対策技術に関する調査報告書」（昭和55年 9 月）

（おおた　よしひろ　重質油対策技術研究組合専務理事）

アルコール燃料に関する海外調査参加記（I）

―― インドネシア ――

高　倉　　毅

1. はじめに

昨1980年8月25日から9月13日の約3週間にわたり，バイオマス資源からのアルコール生産に関して，インドネシア共和国の調査に参加する機会を得たので，ここにその概要を報告する。

なお，この調査は(財)日本エネルギー経済研究所が通産省資源エネルギー庁より委託を受けて実施中のものであり，正式の報告書は後に資源エネルギー庁へ提出される予定である。本報告は筆者の個人的印象記といったものであることをあらかじめお断りする。

2. 調査の目的

本年度からスタートした新燃料油の開発研究の一環としてバイオマス生産利用技術のフィージビリティ調査がとりあげられ，マクロ調査を(財)エンジニアリング振興協会，国外でのケーススタディをエネルギー経済研究所，また，国内でのケーススタディを当研究所がそれぞれ受注して，現在調査を実施中である。

日本エネルギー経済研究所の担当する国外調査では，本年度はインドネシア共和国をモデル調査地域に設定し，バイオマス資源からのアルコール（エタノール）生産に焦点を絞って調査が開始された。そして，必要な情報および資料を収集するとともに現地の実情を把握するために，小田五郎氏（新燃料油開発技術研究組合専務理事）を団長とする総員15名（調査団8名，協力者7名）の調査団がインドネシア共和国へ派遣され，現地調査に当った。

3. インドネシアのアルコール計画

産油・産ガス国であるインドネシアでは，当面，エネルギー問題が生ずる可能性はほとんどないと考えられるが，インドネシア政府はアルコール計画に真剣に取り組んでいる。その理由は，この国が直面している最大の課題である低所得層に対する所得の分配と雇用および人口問題の解決のための一方策として，アルコール計画を重視しているためである。

インドネシアの人口は1億4,500万人であるが，この60%が国土面積の7%にしか満たないジャワ，バリおよびロンボク島に集中しており，同地域の人口密度は664人/km^{2}と極めて高い。国家としての発展・統一のためにはスマトラ，カリマンタン，スラウェシおよびイリアンジャヤの広大な土地に農地を開発

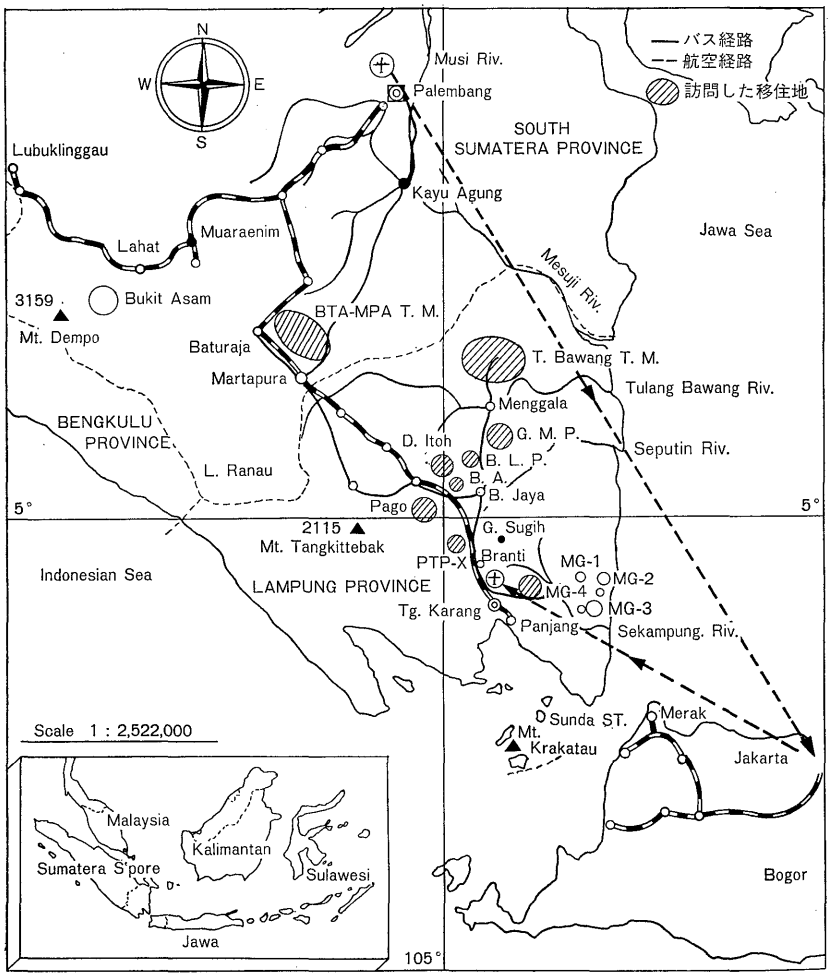


図 1. スマトラ島における調査経路（南スマトラ州及びランポン州）

し，人口の分散を計り，国民に雇用の機会を与え，農民の所得の増大を計ることが必須である。このため，政府は最重点政策として移住政策を推進している。

従来の移住政策の欠点は，移住農民が自分の食糧の生産はできても，流通網の不備等により換金作物の生産が困難であり，現金収入が極端に乏しかったことである。そこで，インドネシア政府は燃料としての大量使用の想定されるバイオマスからのアルコールに着目し，アルコール燃料の生産を移住地で行ない，原料買付けを通じて移住農民の所得向上を図り，移住政策を推進することを計画するに到った。そして技術開発応用庁（ＢＰＰＴ）内に設置された「エネルギー農場組織チーム」（５省が参加）で作業が進められ，本年６月末に次のような基本方針が定められた。

(1) 短期計画：ジャワ島以外の移住地に5,000 kℓ/年規模のプラントを設置する。移住対象地17州80個所のうち，９州21個所に１個所５プラント程度の設置を予定している。第１号のパイロット（モデル）プラントは，スマトラ・ランポン州トランバワン移住地に来年度早々から建設が開始されることに

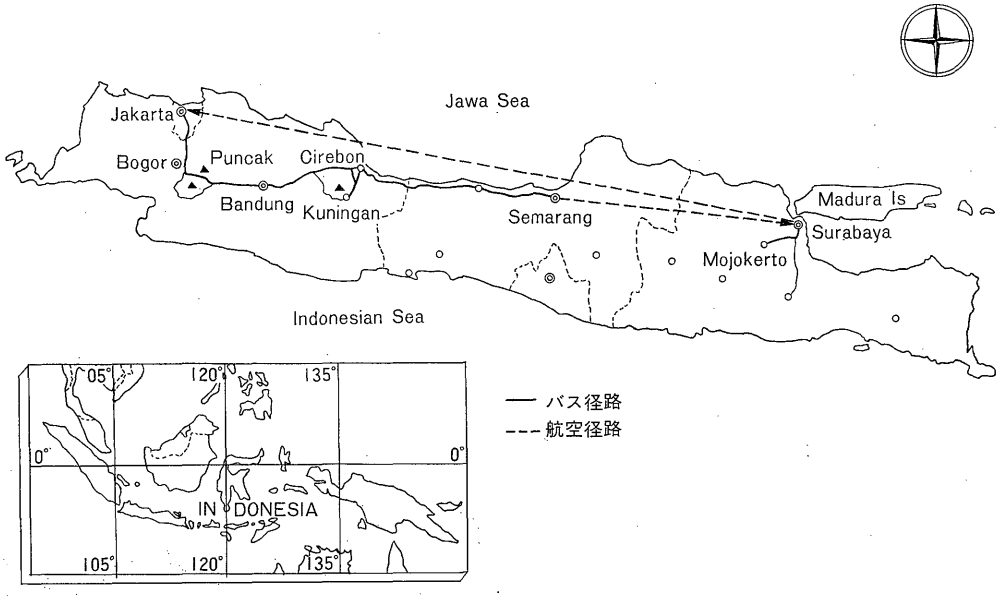


図 2. ジャワ島における調査経路

なっている。

(2) 長期計画：5～10年の範囲で，「農業経済」，「移住」，「製造技術」など5部門の調査研究を行い，将来的には年間2,000万kℓ～3,500万kℓのエタノールの生産を進めることを目標とする。

このような基本方針をもとに，具体的政策等を策定するため，1980年12月にも国家アルコール委員会が組織される予定である。

インドネシアのアルコール計画では，移住地で生産されるアルコール燃料はローカルエネルギーとして国内消費され，輸出はされないことになっている。

アルコール燃料の普及により石油の国内消費を抑え，その分を輸出に回すという考えである。

アルコール製造プラントは，当初は外国技術を導入して建設するが，将来は国産化してゆく方針である。また，自動車燃料としてはガソリンとの混合は考えず，はじめから純アルコール車を採用する。自動車の普及率が低いことから，対応は十分可能としている。さらに，農業機械や小型発電機等でもアルコール燃料を使用することにしている。このような自動車をはじめとするアルコール駆動の機器は自主開発を考えておらず，日本はじめ先進国に期待するとともに，市場を提供する。

以上，インドネシアのアルコール計画を概観したが，この計画で重要な意味を持つ移住政策，アルコール製造の原料作物，およびアルコールプラントについて少し詳しく触れてみたい。

4. 移住政策

すでに述べたように，ジャワ島などに集中した人口の分散化を計るため，インドネシア政府は移住政策を強力に進めている。移住計画の策定および実施は労働移住省が担当し，農業省，公共事業省が協力して行っている。1単位の移住地の面積は地域により1万～10万ha（ヘクタール）と差があるが，標準的には5万haと考えられる。移住地の開墾，イ

ンフラ建設，住宅の建設，移住民の募集，移動および移住地での訓練指導等はすべて政府の資金で行なわれている。移住家族一世帯当りの経費は移住の第1年度で約320万ルピア（1ルピアは0.35円），その後の5年間までの総計で600万ルピアとなっている。

移住民には一世帯当り2haの土地が無償で与えられ，そのうち0.25haが住宅・菜園用地で，残り1.75 haが作物用畑地である。また，最近は移住地によって5 ha/戸の土地が提供されており，このうち2～3 haは永年作物用および予備地となっている。移住民は最初の2年間は生活保証され，その後の3年間も必要経費が支給される。

このような移住政策は第1次経済5カ年計画(1969～73年)より開始され，その後の実績および今後の計画は表1のようになっている。

表1　第1～第3次経済開発5カ年計画における移住実績および計画

次1次（1969～73）実績	46,068世帯
第2次（1974～78）〃	83,000*〃
第3次（1979～83）計画	500,000計画

（注）＊暫定値を含む。

調査団はスマトラ島ランポン州北部のトランバワン移住地および南スマトラ州のバトラジャーマルタプラ移住地を視察した。前者には4,300家族余りが移住しており，陸稲，メイズ，キャッサバ等の短年食糧作物，永年作物としてゴムが栽培されている。将来は灌漑計画（水田化）もあり，また第1号アルコールプラントの立地点に予定されていることから，エネルギー作物としての甘しょの栽培も開始されよう。後者の移住地には3,400家族余りが入植している。この地域では雌牛成牛1頭が各農家に支給されており，有畜農業形態がとられつつある。ここでもゴム園が2,500 ha程植付けられ，農民への現金収入のための配慮がみられる。

いずれの移住地でも住宅，道路をはじめ，管理事務所，学校，モスク，保健所等が整備されており，移住事業に対する政府の熱意が感じられた。また，入植者は若い夫婦が多く，小さな子供たちが元気よく遊んでおり，将来の発展を予感させられた。

写真・1　スマトラのランポン州トランバワン移住地の人々

5. 原料作物

インドネシアは熱帯地域であり，アルコール原料としては砂糖きびをはじめ多くの植物が利用可能であるが，移住政策との関連を考えると，当面はキャッサバと甘しょが中心となろう。

現在，キャッサバは年間1,200万トン以上生産されていると推定されるが，その大部分は澱粉原料として使用されるか，あるいはチップ，ペレットに加工され，飼料用として輸出されている。また，一部は農民の副食となっている。ランポン州では200～600トン／日のキャッサバを処理する大型澱粉工場が7工場稼動しているが，年間300日以上という高操業率にもかかわらず，工場には常時20～30

台の大型トラックが荷の引取りを待つという状態であった。(小規模工場も含めると，ランポン州だけで年間80万トン近くのキャッサバが澱粉用に消化されている。)キャッサバの工場渡し価格は17～22ルピア/kg（調査時点の価格，現在はかなり下落している）だから，仲介業者が間に入るため，農家渡し価格は8～12ルピア/kgと低い。ランポン州農業局の統計によれば，キャッサバの作付面積は83,000ha余り，収量は約100万トン（ha当り12トン）となっている。しかし，実際の作付

写真・2 収穫されたキャッサバ(手前)後は収穫前の状態（三菱商事の農園ＰＡＧＯ（スマトラのランポン州）にて）

面積，収量はこれよりかなり大きいと推定されている。アルコール原料として考える場合，キャッサバはこのように大量に生産されている実績があること，栽培が容易で粗放栽培が可能なこと，病虫害や干ばつに強いことなどが有利な点である。半面，甘しょに比較して，生育期間が長い（8～12カ月）こと，収穫の機械化が困難で，ロスも多いこと，収穫後の腐敗が早く，貯蔵が困難なことなどが欠点としてあげられよう。

一方，甘しょについては，インドネシア全体での作付面積は約40万ha，生産量は280万トン程度と推定されている。平均収量が悪いのは混作のため，および粗放的に栽培されている所が多いためと考えられる。事実，商品作物として甘しょ栽培の盛んな中部ジャワのクニンガン地方では水田用地で20～25トン/kgの収量をあげている。しかも，米の裏作として，年2回の収穫が可能である。

ＢＰＰＴに設置されたエネルギー農場組織チームのアルコール計画の報告書では，甘しょを原料として選択している。その理由としては，栽培期間が短かく年2～3回の収穫が可能で，反収も20t/haが期待できること，小規模栽培が可能で維持管理費が安いこと，キャッサバより地力維持の点で有利なこと，機械化導入がし易いこと，および，収穫が容易で日持ちが良いことなどを挙げている。また，欠点としては，病害虫に弱いこと，肥沃すぎる土地では葉茎の繁茂過多により生産量が落ちること，および大規模栽培の経験がないことが指摘されている。

原料作物としてキャッサバをとるか，甘しょをとるかについては調査団の中でも意見の相違がみられた。甘しょの優秀性については異論が無いが，スマトラの移住地などでの大量栽培の実績がないため，土壌の適性，病害虫の影響，乾期の植付の可能性等が明らかでないこと，キャッサバに比べれば甘しょの栽培ははるかに集約的であり，移住地でその労働力が確保できるかなどが問題点として指摘された。しかし，これらはモデルプラントによる試験によって解明されよう。

6. アルコールプラント

インドネシアのアルコール計画では，アルコール製造のプラント規模を5,000kℓ/年(15

kℓ/日）としている。現在の世界の水準から考えるとかなり小型であるが，これは移住地の実情を考慮した，次のような前提によっている。

(1) 1戸当りのさつまいも栽培面積は0.25haとする。

(2) 甘しょによるアルコール生産原単位は6トン/kℓ。

(3) 甘しょの年間収量は30トン/ha（15トン/ha×2回/年）。

したがって，約5,000kℓ/年のアルコール生産に必要な甘しょは年間30,000トンでその栽培面積は1,000ha，栽培戸数は4,000戸となる。移住農民の所有土地は2ha/戸であるので，アルコールプラントの集荷範囲は8,000ha（円として半径約5km）となり，原料運搬等を考えると妥当なところであろう。ただし，原料搬入の平均化を計るため，作付時期の調整がプラント単位で必要となるのは言うまでもない。

アルコール原料としては，長期的には甘しょ中心になるとしても，当面はキャッサバの併用を考える必要がある。キャッサバからのアルコール生産は世界的にもまだ実績がなく，ブラジルにおける実験でも種々問題があるようだが，これはやがて解決されよう。

アルコールプラントに関する問題としては，以下の点も充分検討する必要があろう。

(1) 澱粉糖化酵素の生産を移住地で行うのはかなり困難と考えられ，長期的には，酵素の集中生産工場のようなものが必要となろう。

(2) プラントの熱源としては，石炭の利用できる所はよいが，生育の早い樹木を利用する場合は，植林，伐採，燃料化などについてシステムとしての設計が必要である。

(3) 熱帯地域でのプラントであるため，発酵温度は出来るだけ高くし，また，冷却水の確保も必要である。

(4) 廃水は当面はラグーン処理となろうが，長期的にはメタン発酵によるエネルギーの回収や，残渣の畑地への還元を計るべきである。

アルコールの製造原価は240～300ルピア/ℓ（80～100円1ℓ）を目標としているが，この場合，原料としての甘しょの買上げ価格は20～25ルピア/kg位になると考えられ，キャッサバの農家渡し価格8～12ルピアに比べると農家の意欲をそそるのに充分であろう。

7. インドネシア寸描

今回の調査結果の概要は上述の通りであるが，調査の間に印象に残ったことなどを以下に断片的に記そう。

調査の前半はスマトラのランポン州を中心に行われ，わが国の商社の経営する農場，移住地，砂糖きび農園および砂糖工場，澱粉工場，パームオイル工場などを視察した。行動はすべてチャータバスであったが，早朝出発し，夜遅くホテルに戻るという強行軍の連続であったが，それほどの疲れも感じなかったのは，見聞するものの新鮮さ，珍らしさによるものであろうか。

連日チャータバスによる移動であったが，トランバワンの移住地を訪れたときは，途中の川に橋がなく，フェリーで渡ったが，帰りが遅くなり，戻ったときには既にフェリーは終っており，野宿も覚悟かといったこともあった。（実際には対岸まで舟でフェリーを呼びに行き深夜にホテルに戻った）また，往き

に通った橋が帰りには落ちていて，1時間以上もう回したこともあり，とにかく思わぬ出来事が多かった。中央部を簡易舗装しただけのセンターラインのない道路を，チャータバスが100 km/hr 以上の速度で飛ばしたときは，同行したインドネシアチームも手に汗を握ったということなどは，今となっては懐かしい気がする。

今回の調査のハイライトはタンジュンカラン（ランポン州の州都）からパレンバンへの移動である。距離は570km位であるが，途中の悪路を考えて出発は朝の5時であった。バトラジャ・マルタプラの移住地の視察などを終えて奥地に入るにしたがい人家もまばらとなり，広大な原野が続くなかで，時折焼畑の煙が遠くに見えるという，いかにも南の国らしい風景が続いた。夜になるとほとんど灯のない道（悪路！）をバスは進んだ。窓からはホタルの飛び交うのが見えるというロマンチックさとは裏腹に山賊の出没地帯ということで車内では皆緊張した。（拳銃を携えた警官が二人，特に同乗してくれていたが，安心感とそれほど危険なのかという感じが入り交って複雑な気持であった）しかし，幸い何事もなくパレンバンに到着したが，時刻は24時であった。下着まで砂ぼこりにまみれ大変な一日であったが，インドネシアの実情を知る上では貴重な経験をしたと言えよう。

調査の後半はジャワ島において，農業試験場，甘しょ栽培農家，アルコール工場等の視察を行った。ジャワはスマトラに比べ，道路は整備され，街も活気にあふれており，また，土地の利用率も非常に高い。傾斜地も段々畑（水田）化され，灌漑も行き届いている。バンドン近郊では見事に手入れされた茶畑が広がっており，この国の農業技術の水準の高さが感じられた。

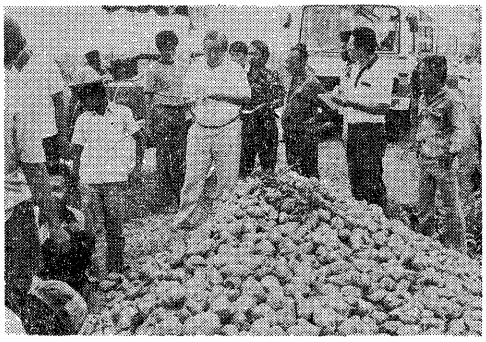


写真 3 ジャワ島クニンガンの沿道でみかけた甘しょ

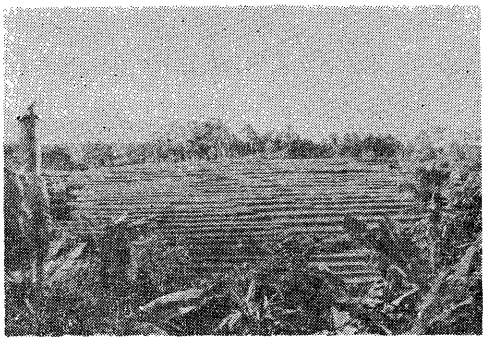


写真 4 ジャワ島バンドン近くの段々畑（水田）

8. おわりに

今回の調査はインドネシア政府，特にＢＰＰＴの全面的な協力と行き届いた配慮，および同行したインドネシア調査チームとの機会あるごとの議論により多くの成果をあげることができた。ここに感謝する次第である。

なお，この報告を書くにあたり，(財)日本エネルギー経済研究所の中間報告書（昭和55年10月）を参考にしたことをお断りする。

（たかくら　たけし　主任研究員）

アルコール燃料に関する海外調査参加記（Ⅱ）

——ブラジルと米国——

松井一秋

はじめに

1980年9月28日より10月16日の間，主としてブラジルのグアルジャ（サンパウロ市南約100km）で開催された第4回「アルコール燃料技術（ＡＦＴ）国際シンポジウム[1]」に参加するためブラジルとアメリカを訪ずれた。

今回の調査は(財)日本エネルギー経済研究所主催のアルコール研究会からの要請に基づくもので，同研究所の山口尚己氏と三菱商事の塚本功氏とともにエタノールの生産・利用の現状と展望について各地の専門家と意見を交換すると同時に，アルコール・シンポジウムに参加した。

シンポジウムは10月5日より8日まで大西洋に面した保養地であるグアルジャで開催され，あいにくの雨続きの中ではあったが，およそ37か国から約420名が参加し，アルコールの生産，利用（主として自動車），政治・経済的インパクトに関し活発な意見交換が行われた。

1) 第1回を1976年ストックホルム（スウェーデン）で開催して以来，1年半おきに，ヴォルフスブルグ（西独，1977年），モントレイ（米国，1979年）に続く今回が第4回であり，次回はニュージランドで開催の予定である。

シンポジウム以外の訪問先はサンパウロ州技術研究院（INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS : IPT），アルコール工場（USINA SANTA MARIA, J. PILONCIA. LTDA），米国エネルギー省（DOE），ガスホール委員会（NATIONAL GASOHOL COMMISSION），プルマン・ウッデックス，トヨタ・テクニカル・センター（ＤＯＥ以降は米国）等々である。

1973年暮のいわゆるオイル・クライシスに端を発する，昨今の急変するエネルギー情勢の中で，各国政府及び各産業は主として石油代替の道を模索しつつあるのが現状であろう。その中で特に中進開発途上国のブラジルは，その膨大な国土の開発と工業化を目論み，かつ莫大な国際収支の欠損に悩みつつある。対外支払いの約半分を占める石油代金の石油を少しでも軽減するためにアルコールの導入に極めて積極的であるブラジルにおけるシンポジウムであったわけである。

1. 生　産

エタノール発酵用の原料作物としては，ブラジルやフィリピンでは砂糖キビ，アメリカではトウモロコシと，実際に大量に利用され

表 1 米国農業省による原料作物とエタノール生産

原料作物	平均収量 トン／HA（範囲）	平均アルコール収量		アルコール中の原料価格 1)
		kℓ／トン	kℓ／HA	¢／ℓ
とうもろこし	5.70 (1.82～7.28)	0.350	2.04	30.1
こうりゃん	3.53 (1.00～5.02)	0.332	1.19	28.5
小麦	1.95 (1.38～4.52)	0.354	0.751	35.9
ライ麦	1.54 (1.00～1.95)	0.326	0.514	28.3
からす麦	3.49 (2.20～4.39)	0.265	0.542	37.8
大麦	2.75 (1.69～4.77)	0.330	0.789	32.8
米	4.95	0.332	1.66	76.1
米（日本）	10.0	0.332	3.35	115
じゃがいも	29.3	0.0955	2.84	151
さつまいも	12.4	0.143	1.81	37.8
さつまいも(でんぷん)	30.0	0.167	5.00	41.2
砂糖大根	46.1	0.0922	3.92	37.8
砂糖キビ	81.8	0.0634	5.28	41.2
砂糖こうりゃん 2)	7.26	——	4.76	11.6 3)

（注） 1） 1963～1977間で米国における農家渡し価格の平均，1979 ＵＳ＄
2） Lipinski, E.S., 1979
3） 生産費を＄220/エーカーとして（Nathan, 1978）

ているが，土地や社会環境の違いにより他の作物を検索したり，又，品種改良を試みたりして燃料用アルコールの生産という観点から色々と検討されている。

例えば，こうりゃんの一種であるSWEET SORGHOMについて，米国のバッテルコロンバス研究所が中心になって米国におけるその生産性の評価を行った。その収量は全米平均では1ヘクタアール（以下HAと略す）当り22.6トン（乾量），糖分として6.5トン，アルコールとして 3.5～4 kl としている。又，農場でのアルコール1ℓ当りの原料コストは約20セント程度と試算している。更に，品種改良の可能性が高く，特に米国では砂糖ビートと並んでエタノール原料作物として期待は高い。

ちなみに，米国農業省（USDOA）のスタディによる各原料作物の収量，及びアルコール1ℓ当りのその価格を表1に示す。米については，エサ米にするとHA当り10トンは確実に取れると言われ（日本），又，目標は20トンと言われるが，そうするとHA当りのエタノールは約6.7 kl となる。さつまいもについても，日本での平均収量は約20トンだが，これは食用さつまいもの場合で，デンプン用の場合には約30トンである。従って，約4.4kl/HAは簡単に達成できる。表中のデータは米国農業省で米国での実績より集取したもので，日本やあるいはアジア・アフリカ・南米で適用できない事が多いと思われるし，また，燃料用アルコール生産という事で品種改良の可能性は多大と考えられる。

糖原料の発酵は酵母によるが，でんぷん原料は始めに酵素により液化および糖化してから発酵工程に移る。従来法では，この液化糖化と発酵はそれぞれ異る槽でバッチ処理によ

り実施される。新しいプラントでは液化糖化工程の連続化が行われ，更に発酵工程の連続化も，85年以前に大型プラントで実用化されると考えられる。固定化酵母による発酵等，その他の技術開発も進行中であるが，現状技術での大型プラント計画が米国では目白おしである。発酵プロセス全体でのエネルギー・セイビング・デザインとか，燃料として石炭を用いるとかが米国での最近の動きである。

ブラジルにおけるエタノールの生産は，砂糖キビのしぼり液やモラセスを原料としていて，液化・糖化工程が不要で，また，発酵時間も短い。更にしぼりカスであるバガスはプラント燃料として使う事ができて，量的にもほぼ充分である。この点がイモ・とうもろこし原料の場合と大きく異る点である。

但し，砂糖きびの場合には，輪作がきかず，また，大規模エステート方式となるため，労働力の吸収力が低く，従って，インドネシアのようにアルコール生産を社会問題の一環としてとらえている所では不向きである。

2. 利　用

利用面での最大関心事は自動車燃料用途である。米国では，1980年のガソリン混合用エタノール需要はおよそ20万kl程度と考えられ，米国エネルギー省（DOE）のターゲットとしては，1990年に全てのガソリンに10%のアルコールを添加し，総量は約4,500万klと，かなり大きな目標を掲げている。ちなみに2000年の米国エネルギー需要中の代替エネルギーとアルコール燃料の占める位置を表2に示す。

ブラジルにおけるエタノールの生産量は，1979年で約310万kl，本年は約400万klと言われる。1979年で約230万klが自動車用と見られ，大部分がアルコール20%混合用である。アルコール専用車がフォード及びVW（フォルクスワーゲン）から発売されて以来，含水アルコールの需要が急激に伸びつつあるのが現状のようである。現在の新車の約6割がアルコール車で，来年は約8割になると言われる。今年11月3日現在，軽油価格17Cr$[2]/$l$（約70円/$l$），含水アルコール24.7Cr$/l（約100円/l），ガソリン（20%アルコール入り）45Cr$/$l$（約180円/$l$）である。ある予測によれば，1990年には，ブラジルの総自動車保有数は現在の約800万台から1,400万台に膨張し，その内アルコール車は5～600万台に達すると言われ，自動車用アルコール総需要は約1,000万klとなる。

アルコール車生産のために，まず燃料系統の部品材料の変更，これについてはVWはパーツおよび材質リストを公表している。次いで圧縮比の増加が実施されている。ちなみに，ブラジルにおけるガソリン車とアルコール車の圧縮比と燃料費の比較を 表3[3] に示

表2　2000年における米国のアルコール

エネルギー総需要	100Q
代替エネルギーによる供給量	20Q
（内）アルコール	4Q（メタノール+エタノール）
〔上記アルコールの用途別内訳〕	
輸　送　用	2Q
発　電　用	1Q
ボイラー用	0．5Q
暖　房　用	0．5Q

注）1Q＝10^{15} Btu
1Q/年≈50万バーレル／日

2）クルゼーロ：ブラジルの通貨（後述）
3）アルコール燃料研究会，三菱自動車金子氏講演による。

表3 ブラジルのアルコール車

メーカー	車名	排気量 (c.c.)	燃料費 (円/km)		圧縮比		価格(万円)
			アルコール車	ガソリン車	アルコール車	ガソリン車	
V W	パサート	1,600	7.6	12.8	10.5	7.4	130
	ブラジリア	1,600	7.3	13	10.0	6.8	94.5
G M	オパラ	2,500	9.2	14.2	11.1	7.5	130
フォード	コルセア	1,600	6.4	11.9	12.0	8.0	126
	Landan	4,950	14.5	26.2	11.0	7.7	327
フィアット		1,300	6.7	12.2	11.1	7.5	100

す。フォード・コルセアの圧縮比が高く，従って，燃費が最小であるのが興味深い。ブラジルの自動車マーケットの半分以上はVWがおさえているが，フォードの急追が予想される。また，各社ともブラジルにおけるアルコール車の実績を基に，世界市場戦略を考えているふしが見られる。

シンポジウムにおいては，ディーゼル・エンジンかオットー・エンジンかという点と，それらに対するアルコール燃料という点に焦点があったようで，メタノールディーゼルではスパーク・イグニッションを取り入れたドイツの MAN-FM エンジンのデモンストレーションが目を引いた。オットー・エンジンも圧縮比を上げていくと，ディーゼル型になってしまう訳で，(特にディーゼルが MAN-FM のようにスパーク・イグニッションになってしまうと) 将来的な内燃機関の姿をかい間見た感がある。

ブラジルでは，アルコールによるガソリン代替が急速に進んでいるため，石油精製側での製品バランスの対応ができていないようである。それは，ガソリンの輸出，ディーゼル油への混入といった形で表面化し，次いで植物油 (大豆油，ひまし油等) のディーゼル油代替計画も決定されている。代替燃料の導入と石油製品分布とが極めて深くかかわりあっているのが興味深く，代替のプランニングという面白い問題がある。

Nation-wide ないし World-wide での石油精製能力と，新たに参入してくる原油の性状，石炭液化油 (F. T. 合成油や，モービル法ガソリンを含めて)，重質油分解油，更にはアルコール (メタノール，エタノール等) の参入タイミング，規模，また需要側の変化等を考慮すると面白い課題と思う。

3. 経済的・社会的インパクト

エタノール生産の経済性については，特にブラジルと米国における実例が興味のある所である。ブラジルにおける砂糖キビの生産コストを表4に，無水エタノールの生産コストを表5に示す。単位は全てブラジル通貨のクルゼーロ (Cr$) で，1980年10月で1US$は約60 Cr$ であった。但し，ここ一年間でのブラジルの物価上昇は約100% といわれ，換算には注意を要する。これによると，砂糖キビトン当りのコストは648 Cr$で，エタノール 1kl 当り 9,814 Cr$ (1 Cr$ = 3円として，約3万円) となる。これはネットコスト 15,873 Cr$ の約62%を占めるが，ネットコストは1ℓ 当り50円以下とかなり安い事が

表 4 ブラジル，サンパウロ州の製糖工場所属農場で収穫された砂糖キビ1トン当りの生産コスト（補助金を受けない場合）。1980年5月現在の価格。

単位：クルゼーロ／トン

項　　目	コ　ス　ト	備　　考
Ⅰ．固定コスト	242.90	
1．保守及び管理	24.50	内労賃 20.40
2．投下資本費	218.40	内減価償却 45.35，利子 92.95，地代 80.10
Ⅱ．変動コスト	346.95	
3．耕作	242.85	内肥料 114.20
4．利子／流動資本	18.05	
5．取入れ（伐採）	70.45	内労賃 49.30
6．積込み	15.60	
畑におけるトン当りコスト	589.85	
輸送費	57.90	
融資なし経済コスト	647.75	

表 5 ブラジル，中央・南部地方の農場付属蒸留工場で生産されたエタノール 1,000 *l* 当り生産コスト。1980年5月現在の価格。（遊休設備容量：7％）

単位：クルゼーロ／1,000 ℓ

項　　目	コ　ス　ト	備　　考
原料	9,814.38	原単位 15.1515ton／1,000 ℓ
工業加工コスト	6,068.21	
Ⅰ．固定コスト	3,756.19	
1．補修及び保守	418.32	
2．管理	785.87	内労賃 550.39
3．固定資本コスト	2,552.00	内減価償却 964.88，利子 1,587.12
Ⅱ．変動コスト	2,302.02	
4．運転費	988.36	内労賃 389.29
5．補修及び保守	1,001.09	内材料費 722.26
6．利子／流動資本	312.57	
経済コスト，補助金なし	15,872.59	
Ⅲ．工業補助金の効果	−1,142.41	
Ⅳ．農業補助金	− 870.45	
経営者にとっての経済コスト	13,869.73	

目を引く。

現地調査による砂糖キビの売り値は10月よりトン当り814 Cr$，工場渡しエタノール価格は含水で 19 Cr$ /*l*，無水で 23 Cr$ /*l* であ

表 6 ブラジルにおける1979年のアルコール需要と価格

	工場価格 (Cr$／ℓ)	販売価格 (Cr$／ℓ)	需要 (万kℓ)
商用（含水）	13.26	37.	10−15
ガソリン混入用（無水）	14.76	30.	220
変換工業用（含水）	13.26	19.66	15−20
輸出（無水）	14.76	18.77	30
ガソリン代替（含水）	13.26	18.20	12
化学工業（含水）	13.26	8.40	12
合計			309

った。また，ガソリンスタンドでのガソリン（アルコール20%）価格は45 Cr$/*l*，アルコール（含水）価格は24.7 Cr$/*l* であった。

では，このアルコールの需要はというと，次の表6に1979年のデータを示す。ガソリンブレンド用の消費が約73%，輸出が約10%を占めていた。化学工業のエタノール価格は8.4 Cr$と工場価格をかなり下回る。エタノールの脱水によるエチレン生産の促進により，石油化学の代替を計っているわけである。エタノール→エチレンプロセスでは日揮が高性能触媒を持ちこんで仕事にしようと数年前から努力しているが，国策石油精製会社であるペトロブラスの新工場が稼動中と聞いた。

1980年3月の米国農業省の報告書中にある米国におけるトウモロコシ原料によるエタノールコストを表7に示す。この表でケースAは最小規模の蒸留もバッチというタイプで，ケースFはコミュニティースケールで，かつ，副生品を乾燥し，飼料ないし食用とする工程を含んでいる。ケースA，B，Cの製品アルコールは含水であり，従ってそのまま農場の燃料として使う事を想定している。ケースD，E，Fは無水アルコールで，地域内での流通を考えている。

表7の最後の欄に，ケースFについて各項目のネットコストに占めるパーセンテージを示したが，原料費が約85%，，副生品クレジットを約36%にも見積っているのが特徴的である。従って原料価格の変動と副生品有効利用に極めて敏感である事がわかる。本年8月の米国における燃料用アルコール価格はfobでガロン当り1.5から1.8ドルであった。(ADM[4]は1.4ドル)その生産者達の原料費と副生品クレジットは不明であるが，ガロン当り20から50¢のマークアップがあったと考えられる。全米各地のガソリン小売価格は地域によって，また，系統によって，相当の幅があるが，本年10月時点でほぼ1ガロン当り1.2$程度と見てよいだろう。

1ガロン1.8$のアルコールは，ガソリンとまぜて10%アルコールのガソホールを作る事により，アルコールガロン当り連邦税クレジット40¢，州販売税免除が40〜60¢等のインセンティブが加わり，結局1$弱となる。従って，1.2$のガソリンと対抗できる事となる。

4) Archer Daniels Midland 社

表 7 エタノールの生産コスト（米国，とうもろこし，1979年米ドル表示）

単位：US¢/ℓ

ケース	A	B	C	D	E	F	
生産量 (kℓ/year)	61	227	1,360	3,790	3,790	7,570	
直接費							(%)
原料	27.5	26.4	26.4	29.1	29.1	29.1	(85.3)
労働	4.0	5.3	3.2	1.6	2.1	1.1	(3.1)
エネルギー	2.6	2.6	2.4	3.7	5.0	5.0	(14.7)
電力	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	(2.3)
その他	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	(7.0)
小計	37.3	37.5	35.1	37.5	39.4	38.3	(112.4)
間接費							
補修と保守	1.3	1.8	0.8	0.8	1.1	1.1	(3.1)
税と保険	1.6	2.4	1.1	1.1	1.3	1.1	(3.1)
管理	0.0	0.0	1.1	0.8	1.1	0.8	(2.3)
小計	2.9	4.2	2.9	2.6	3.4	2.9	(8.5)
副生品クレジット	− 6.6	−14.3	−12.7	−12.7	−12.2	−12.2	(35.7)
全運転費	33.6	27.5	25.4	27.5	30.6	28.8	(84.4)
資本費	9.5	7.9	4.5	4.5	5.8	5.0	(14.7)
合計 ¢/ℓ	43.1	35.4	29.9	32.0	36.5	34.1	(100.0)
合計 $/gallon	1.63	1.34	1.13	1.21	1.38	1.29	
運転モード	非連続	非連続	連続	連続	連続	連続	
アルコール濃度	95%	95%	95%	100%	100%	100%	

（注） 記載していない端数のため，個々の数字の合計と合計欄の数字とは一致しない。

現在，米国の石油精製大手のテキサコ，アッシュランド，ゲチィ，フィリプス等がエタノール生産とガソリン混入を真剣に考えているが，これは，オクタン・ブースターとしてのアルコールに価値を認めているからである。

今回の調査では，DOEも訪問し，主としてアルコールの代替エネルギーに占める位置について多少議論したが，アルコール燃料推進グループのリーダーであるコールマン博士が強調した次の諸点に興味がある。

1. アルコールであったら，メタノールであろうがエタノールであろうが区別はしない。燃料用としてフィージブルなものを使う。
2. 熱量ベースで石油と対抗できるアルコール生産をターゲットとする。液体燃料としての競争である。
3. 従来のエネルギー・アナリシスには一切興味がない。付加価値の高い液体燃料がアウトプットであるから，熱量ベースでの損得は意味がない。

第3点については，エンタルピー収支による評価の限界を指摘しているわけで，代案としては，経済性の評価（但し，普遍的ではない）あるいはエクセルジー・バランスの評価が意味を持つかもしれない。

アルコール，特にバイオマスオリジンのエ

タノール生産に関連する社会的インパクトとは，第一に，原料作物と食糧生産との競合，第二に，土地利用配分ないしは未開発地帯の開拓，第三には，農業労働力吸収といった事がある。これらについては，主としてブラジルにおいて幾つかのケース・スタディが開始されているが，世界的規模ないし，例えば東南アジアの一国に対するスタディが望まれる所かもしれない。

この点については，インドネシア政府ないし日本エネルギー経済研究所の所沢氏を中心とするグループの考え方，即ち，バイオマスエタノール開発は，発展途上国のエネルギー開発解決の一手段としてではなく，社会問題に対する一つのツールであり，ひいては南北問題緩和まで期待する点は大変ユニークである。

どうも，バイオマスエタノールには開発途上国向き，ソフトエネルギー，石炭メタノールには先進国向き，ハードエネルギーというイメージがつきまとい，かつ，実際にもその傾向が強い。それぞれの国情を勘案した上での模索が続いている。今夏から秋にかけて，ニュージランドのエネルギー関係者と話をする機会にめぐまれた。彼の言うところによれば，ニュージランドは地熱，水力，天然ガスにめぐまれているが，やはり問題は輸送用の液体燃料の確保である。フォダービートからのエタノール生産も考えているが，主体は天然ガス，石炭，木材を原料とした液体燃料の生産である。合成ガスの製造がまず始めにあり，次にフィシャー・トロプシュ合成による白油生産ないし，メタノールあるいはモービル法によるガソリン生産，更には石炭液化という極めてバライエティーに富んだ選択を持っている事が特徴的である。また，人口百万人と小さな社会である事が，小回りのきくエネルギー施策を取り得る背景である。反面，輸入車の実質9割が日本車であるため，日本の自動車業界のアルコール・エンジンへの対応に極めて強く着目していた。

以上，今回のブラジル，アメリカの調査を中心として世界のアルコール情勢の概観と，利用できる数量の提示を試みた。

石油は枯渇しないが，石油代替は人類の課題である。アルコールは石油代替の一環として，DOEのターゲット等を見ても，かなり明確なるポジションを持っている。その中で，我国は自国のエネルギー問題の解決の一助としてだけでなく，発展途上国援助，更には南北緊張緩和の側面から，そのアルコール政策を確立していく必要があろう。

（まつい　かずあき　主任研究員）

研究所のうごき

（昭和55年10月１日～12月31日）

◇　企画委員会開催

第11回企画委員会

日　時：10月８日（水）　15：00～17：00
場　所：当研究所第２会議室
議　題：
(1)　エネルギー研究開発におけるプライオリティ評価について
(2)　電気事業における省エネルギー技術について
(3)　第11回世界エネルギー会議の印象について

第12回企画委員会

日　時：12月17日（水）　16：00～18：00
場　所：霞ケ関東海倶楽部
議　題：
(1)　アメリカガス業界におけるガスエンジンヒートポンプについて
(2)　研究報告，その他
①　「エネルギーシステム変遷の未来像を求めて」について
②　「メタノール及びメタコールの導入利用」について
③　「研究所の長期ビジョン」

◇　主なできごと

10月３日（金）　「エネルギーシステム評価手法の開発研究」第１回委員会開催
８日（水）　第11回企画委員会開催
13日（月）　「エネルギー技術データベース体系化法の開発研究」第６回委員会開催
21日（火）　バイオマス調査委員会開催
25日（土）　第１回核燃料再処理施設の環境安全性調査委員会及び同ワーキンググループ合同会議開催
28日（火）　「新・省エネルギー技術課題の評価に関する調査」第６回委員会開催
29日（水）　「ローカルエネルギーシステム標準化調査研究」第４回委員会開催
11月７日（金）　「国内のバイオマス資源によるアルコール生産に関する調査」第２回委員会開催。
11月13日（木）　「燃料電池エネルギーシステム研究に関する調査」第２回委員会開催
27日（木）　「原子力プラント運転の信頼性に関する研究会」開催
28日（金）　バイオマス調査委員会開催
12月３日（水）　「新・省エネルギー技術課題の評価に関する調査」第７回委員会開催
10日（水）　「ローカルエネルギーシステム標準化調査研究」第５回委員会開催
17日（水）　第12回企画委員会開催
19日（金）　「高レベル廃棄物地層処分に関するリスク解析」第２回委員会開催
「エネルギー技術データベース体系化法の開発研究」第７回委員会開催
「海水ウラン等回収システム技術開発調査」第２回委員会開催
MITI-IAE 懇談会開催
12月19日（金）　「新住宅開発プロジェクト自然環境利用技術調査研究」第１回委員会開催
26日（金）「原子力発電の必要性等研究」第１回委員会開催。

◇　人事異動

下記の人事発令が行なわれた。

○主任研究員　大江康博　10月31日付で退所（出向解除）
○　神崎直英　11月１日付で採用主任研究員に任命
○副主任研究員安元伸司　12月１日付で主任研究員に任命

◇　その他

外国出張

松井一秋主任研究員は，日本エネルギー経済研究所からの協力依頼により，「燃料アルコール（エタノール）に関する研究調査」のための現地データ収集，実情視察及びＡＦＴ第４回国際会議出席のため，９月28日～10月16日の間，米国及びブラジルに出張した。

第 3 巻 通 巻 目 次

VOL. 3, No. 1 (1980・4)

エネルギー問題と温故知新 ……理事・システム総合研究所理事長　槌　木　義　一…… 1

昭和55年度予算にみるエネルギー技術開発の重点 ……大　滝　克　彦…… 2

ローカル・エネルギー・システムのケース・スタディ

　—鹿児島県国分市をモデルとした場合— ……松　村　博　久……12

いわゆるデータベースと IAE エネルギー技術データベース

　—筑波大学島内武彦教授にきく— ……21

材料データベースの考え方

　—エネルギー技術データベース材料技術分科会報告— ……岩　田　修　一……30

研究所のうごき ……40

VOL. 3, No. 2 (1980・7)

トレンド型思考からの脱却……理事・(財)日本産業技術振興協会副会長　百　田　恒　夫…… 1

原油価格シミュレーション　モデル

　—計量経済学的な一つの試み— ……佐　和　隆　光…… 2

研究開発のリスク分析 ……近　藤　駿　介…… 9

「電気事業が直面する技術開発課題に関する調査研究」の概要について

　—UHV送電導入の課題— ……楠　山　藤　一……16

LNG 6（京都）に参加して ……原　田　春　洋……26

西独における核熱産業利用の開発について ……伊　藤　正　巳……32

昭和55年度事業計画 ……39

研究所のうごき ……41

VOL. 3, No. 3 (1980・10)

エネルギーの総合的有効利用 ……理事・東京電力株式会社副社長　堀　　一　郎…… 1

アメリカにおけるエネルギー情勢の長期分析

　—フォード財団の報告書を中心として— ……鈴　木　篤　之…… 2

研究開発のリスク分析 (2)……近　藤　駿　介…… 8
エネルギー技術データベース機械技術分科会報告 ……成　合　英　樹……14
石油連盟「アルコール混合ガソリン海外調査」に参加して ……平　野　稔　幸……23
「放射性廃棄物の管理と処分に関する第１回ＥＣ会議」参加報告 …徳　下　善　孝……32
研究所のうごき ……37

VOL. 3, No. 4（1981・1）

年頭のご挨拶 …… 理事長　山　本　　寛…… 1
技術開発政策の経済学
　—最適投資配分並びに資金調達・コスト負担の論理を
　　中心として—…… 東京大学教授　中　村　　貢…… 2
第11回世界エネルギー会議に参加して ……楠　山　藤　一……10
重質油対策技術に関する海外調査について ……太　田　佳　宏……21
アルコール燃料に関する海外調査参加記（Ⅰ）
　—インドネシア— ……高　倉　　毅……31
アルコール燃料に関する海外調査参加記（Ⅱ）
　—ブラジルと米国— ……松　井　一　秋……38

研究所のうごき ……46

第３巻通巻　目次

季報エネルギー総合工学　第3巻第4号

昭和56年1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