

HOF 01-046

本田財団レポートNo.46  
「21世紀のエネルギーを考える」

イタリア国立エネルギー研究機関総裁 ウンベルト・コロンボ

## Profile of Lecturer

### Professor Umberto Colombo

1927	Born in Livorno, Italy
1950	Doctorate in Physical Chemistry, University of Pavia
1953	Postdoctoral Research at MIT, Department of Chemical Engineering
1954-'78	Montecatini (now Montedison) Chemical Company: Research and Development Division, becoming its general manager, coupling this position with that of Director for Strategic Planning
1965-'72	Professor of Industrial Chemistry, University of Genoa
1972-'75	Chairman of the OECD Committee for Scientific and Technological Policy
1977-'78	Chairman of the European Industrial Research Management Association
1979	Chairman CNEN (The Italian Atomic Energy Commission). Under his chairmanship, the Commission has been relaunched as ENEA (The Italian National Commission for Nuclear and Alternative Energy Sources).

#### He is currently:

- President of the ENEA
- Chairman of the European Communities' Committee for Science and Technology (CODEST)
- Chairman of the United Nations' Advisory Committee on Science and Technology for Development
- Trustee of the Aspen Institute for Humanistic Studies
- Member of the Board of Wissenschaftszentrum Berlin

#### Honours

Many Scientific awards by various countries, such as the European Association of Exploration Geophysicists, and the American Institute of Electrical, Electronic and Metallurgical Engineers.

#### Member

A member of various national academies and international learned societies, such as the Club of Rome, the European Academy of Sciences, Arts and Letters and the Trilateral Commission.

#### Recent Monographs

- “Science, Growth and Society”  
in collaboration with H. Brooks, S. Okita and others; OECD, Paris, 1970
- “Reducing Malnutrition in Developing Countries”  
in collaboration with G. Johnson and T. Shishido; The Trilateral Commission, New York, 1977
- “Beyond the Age of Waste”  
in collaboration with D. Gabor; Pergamon Press, Oxford, 1978
- “La Speranza Tecnologica”  
in collaboration with G. Balcer, G. Lanzavecchia, G.B. Zorzoli; ETAS Libri, Milan, 1980
- “Il Secondo Pianeta”  
in collaboration with G. Turani; Arnoldo Mondadori, Milan, 1982

## 講師略歴

### ウンベルト・コロンボ

#### ●学歴および経歴

1927	イタリア、リボルノ生まれ
1950	パビア大学（イタリア）物理化学博士
1953	マサチューセッツ工科大学化学工学部にて博士号取得後の研究
1954～1978	モンテカティーニ（現在のモンテディソン）社研究開発部に勤務 同部々長及び戦略担当役員を兼務
1965～1972	ジェノア産業化学大学教授
1972～1975	OECD科学技術政策委員会委員長
1977～1978	欧州産業研究管理協会会長
1979	CNEN（イタリア原子力委員会）―― 現在ENE A（国立エネルギー研究機関）に改組――総裁
現在	ENE A総裁 E C科学技術委員会委員長 国連科学技術開発諮問委員会委員長 アスペン人文科学研究所理事 ベルリン自然科学センター評議員

#### ●栄誉

ヨーロッパ地球物理学者協会、アメリカ電気・電子・冶金技術者協会等各国から数々の賞を受賞する。

#### ●会員

ローマクラブ、ヨーロッパ科学芸術文学アカデミー、日米欧委員会等数多くの国内／国際学会に所属する。

#### ●近年発表の論文

- 『科学、成長そして社会』  
H.ブルックス、大来佐武郎氏他と共に著  
1970年、パリ、OECD出版  
『低開発国の栄養失調を減らす』  
G.ジョンソン、宍戸寿雄氏と共に著  
1977年、ニューヨーク、トリラテラル・コミッショング出版  
『浪費の時代を超えて』  
D.ガボルと共に著  
1978年、オックスフォード、ペルガモン・プレス出版  
『技術への希望』  
G.バレチエット、G.ランザベッキア、G.B.ゾルゾーリと共に著  
1980年、ミラノ、ETAS出版  
『第二の惑星』  
G.チュラニと共に著  
1982年、ミラノ、アルノルド・モンダドーリ出版

このレポートは昭和59年11月16日、ホテル・オークラにおいて行なわれた1984年度本田賞授与式の記念講演の要旨をまとめたものです。

# 「21世紀のエネルギーを考える」

1984年11月16日 第5回本田賞授与式に於ける記念講演

## 1. はじめに

大変僭越ではございますが、これから「21世紀のエネルギーを考える」と題しまして、お話しさせて頂きます。私は、今はまさに、私達の住んでいる地球のエネルギーの将来について話し合ったり、どういう方法があるかを探究したり、或いは代替策として何が妥当であるかその軽重を問うてみるのに大変相応わしい時期にあると考えております。1970年代に二度のエネルギー危機がありまして、世界はそれの不意討ちを食らった形になったのです。その時のエネルギー危機はOPECの決定が引き金となったのですが、その時までの私達のエネルギー問題に対する態度というのは、いささか呑気或いは無責任なものでして、このような姿勢は、今後は永久にあってはならないものと存じます。その後つい最近まで、エネルギーは常に危機状態にあるのだという空気が世界を支配し、少々行き過ぎの観が無きにしもあらずでしたが、かといって、現在、エネルギーの将来がはっきりと見えている訳ではありません。

私の国イタリアも、皆様方の御国日本も、このエネルギー問題には、非常に深い関心があります。従いまして、本田顧問、並びに本田財団の皆様に、

本日この様な機会をお与え下さいました事を、心からお礼を申し上げたいと存じます。イタリアと日本では、非常に違う所もありますけれども、似ている所もまた沢山ありますので、今日私がお話する事が、日本とイタリア両方の国の将来に何らか触れる所があるのであればと願っている次第です。

イタリアも日本も工業化の過程に踏み出す時期が非常に遅く、また天然資源が十分とは言えない為に、自分の国の工業化を達成するための糧を輸入に頼る所が非常に大きく、現在も輸入への依存度はますます高まる一方です。同時に、日本もイタリアも、自分達が生産した工業製品の輸出市場を見付け出さなくてはなりません。日本は、今、世界各地に進出著しいものがあり、イタリアもまた自分の国で作った製品のうち輸出する割合が増えてきております(図1参照)。

第二次世界大戦が終わりました後、日本でもイタリアでも、労働生産性が今日に至るまで向上し、今もなお非常なスピードで向上し続けていまして、他の西洋の先進工業国と比べましても、平均的に高いと言えます。

また、日本もイタリアもいわゆる二重経済構造を持つ国と言われますが、これは重要な事です。つまり、進んで、繁栄している部分とそれ程でもない部

国内総生産に占める輸出比率(%)

(図1)

	1970	1975	1980	1981	1982	1983
日本・総輸出	9.5	11.2	12.5	13.5	13.0	12.7
イタリア・総輸出	13.1	18.2	19.7	21.4	21.1	20.6
イタリア・EC圏外への輸出	7.5	10.0	10.3	12.2	11.4	11.1

分とが接し合って共存していく、それぞれの労使関係も生産能力も、組織構造も非常に違っているのです。この点についてこれまで十分究明されているとは言えませんが、日本とイタリアの国際競争力が非常に優れている事について考えます時、最も重要な意義を持つ要因の一つであると、私は考えております。

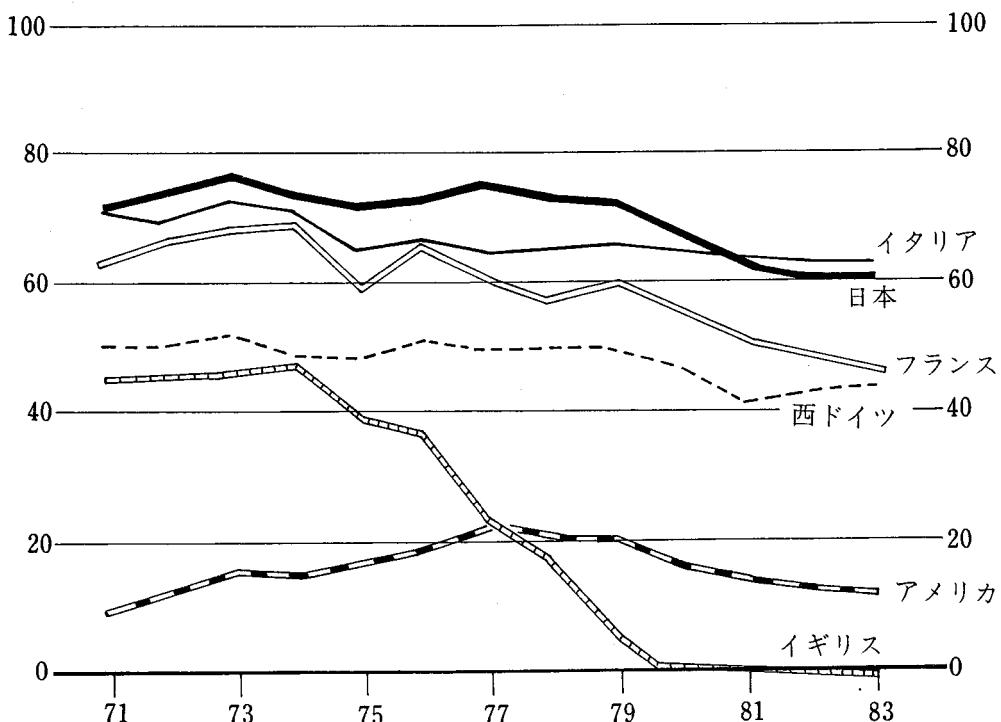
事実、日本もイタリアも競争相手としては非常に手強く、輸出市場のさまざまなニーズにも速やかに対応して参りました。つまり日本には特定目標をターゲットに据えた長期的戦略があり、研究開発、工業、金融システム、商業サービスの面で非常に秀でていますが、この力によって、またイタリアは、創造性、柔軟性、個人の管理技術・販売技術を持っている他、デザインの世界において長い間認められてきたリーダーシップ等によってです。日本についても、イタリアについても、過去に対する独自の尊崇の念が、将来に対する非常に強い関心を引き出しているという事が言えるであります。また、共通点と致しましては、人口密度の高さと原料を外国に依存している事の他、集約型生産活動が人と環境に与える影響のマイナス面を最小限に迎えられるよう生態－技術（eco-technologies）、即ちエコテクノロ

ジーの育成の必要があるということを加えることができます。

日本とイタリアの経済は、今世紀に入って以来今日に至るまで輸入エネルギーに頼るという条件を背負って発展を遂げたもので、国内に十分ある石油、石炭を加工するといったものではありませんでした。さらに、主要先進工業諸国の中では、日本もイタリアもその国内のエネルギー・ニーズ全体に占める石油の割合が最も高い国のグループに属しております（図2参照）。この様に、日本にとってもイタリアにとっても、エネルギーの安定供給に不安があるため、両国とも、より在来資源に頼らないエネルギーを開発するようになったのです。従いまして、日本もイタリアも本質的に国内能力を越える、満たさなければならぬニーズを抱えている訳です。この様なニーズがなぜ出て来るかと申しますと、両国の地理的条件、鉱物資源の不足、人口、経済などに理由がある訳です。ですから、日本やイタリアは、今エネルギー問題に直面している国、もっと広くは原料の問題に直面している国にとりまして、一つのモデルとも或いはその指標ともなる国であると言う事ができると存じます。このことは、今は国際市場に石油がだぶつき、石油価格も下り続けていて、OPECが難

主要国の総エネルギー中に占める石油輸入量（%）

（図2）



しい局面を迎えており、またあまり賢明ではないのですけれども、エネルギー問題とその長期的打開策に対して一般的の関心も薄れてしまっていることを考えますと、非常に重要な意味を持っていると思われるのです。

## 2. エネルギーの移行

今日エネルギーがその移行期を迎えておりますが、それは技術についても社会についても言える事です。しかもこの三者の間には非常に密接な関係があります。この様な現象は過去に例を見ません。また、日本もイタリアもエネルギー問題は他の国に比べて一層深刻なものがありますので、それもまた革新的な打開策を必要とする動機となっているのです。

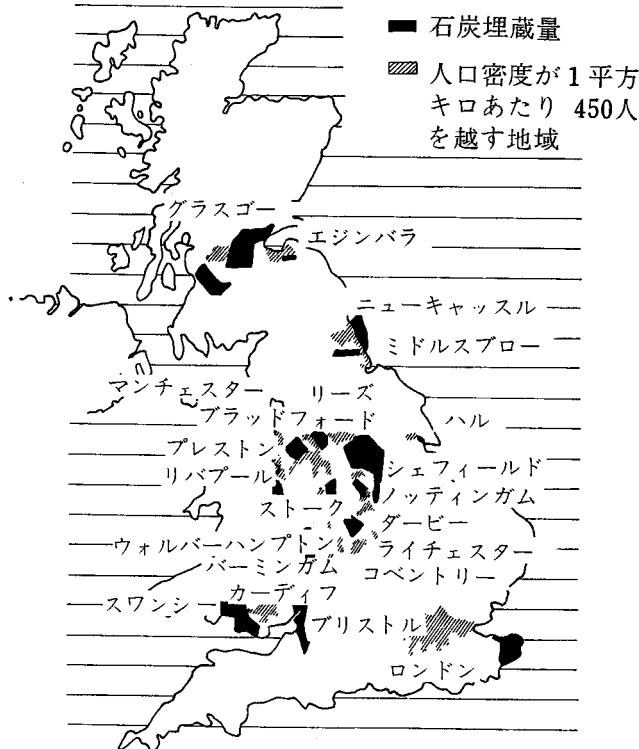
エネルギーの移行という事は、人間の歴史上始めての経験ではありません。過去にも新しいエネルギー源が現われてそれが一旦一般の使用に供される位になりますとそれまで使っていたものよりもずっと便利になったという事はあります。エネルギーというものは人間がいろいろな事をする事を可能にしてくれます。料理をする、部屋の中を暖める、材料を加工する、仕事をする、そしてまた自分の肉体労働の何倍もの仕事をしてくれる道具を作ることを可能にしてくれる等、エネルギーがあればこそであります。

過去には、たとえば石器時代、青銅時代、鉄器時代など新しい材料が出現する事が歴史のターニングポイントとなった事が少なくありませんが、エネルギー源もこれらの材料と同じ様な作用を及ぼした事が少くないのです。

歴史をみると、人類の発展には、エネルギーが容易かつ十分に利用できるということが、現在に至るまで非常に重要な要因を成しております。話しが少々大雑把になりますが、今私達が住んでいる社会のルーツも、18世紀初期のイギリスの製鉄業者に薪を使わない製鉄方法を考え出すニーズがあつたことにあると言えなくもありません。と申しますのは、当時木材資源がすでに使われすぎて枯渇しておりましたし、もう一つ、イギリス海軍の軍艦の船体を作る為に木材資源を保存するという戦略上の理由もありまして、製鉄業者は薪を使用しない製鉄方法を考えなくてはならなかったのです。技術革新が行われて、石炭時代を迎え、当時、安くて豊富と考えられたそのエネルギーを土台として、新しい文明がおこってきたのです。石炭の出現と同時に、工場、生産工程の集中化、それまでとは全く変わった労働者使用に関する概念、それから炭鉱の周辺に広がる非常に密集した炭鉱街という様な現象が現われました(図3参照)。この石炭時代を迎えての進歩のシンボ

イギリスの石炭埋蔵量と都市への人口集中度

(図3)



出典：U・コロンボ／C・ベルナルディーニ共著  
「低エネルギー成長 2030年の予想と西ヨーロッパの見通し」

ルはマンチェスターでした。ですから、この地を訪れた旅行者は無数に立ち並ぶ煙突から吐き出される黒い煙を見まして、非常に強い畏怖の念に打たれるのです。そして、賞賛と羨望の念を抱いて自國に帰りますと、自分の町に、自分の国に——たとえばフランス、ベルギー、ドイツ、米国、ロシアそして日本——第二のマンチェスターを築こうという決意を抱いたのです。

工場という形態が出現したことは、都市化を意味していました。都市化という変化が起った為に、労働者階級は生活の質の面でも環境の質の面でも、また個人の安全を守る為にも、非常に高いコストを必要とする様になったのです。また、19世紀の産業革命を契機に、教育や保健、所得配分等の面でも進歩が見られ、これが原因となって人口爆発と人口の大量移動が進行した事を忘れてはなりません。都市化によって産業デモクラシーも発展をみたのです。産業デモクラシーと言いますのは、この様に複雑な社会のコントロールと、個人の自由の保護とを、同時に可能にしてくれる唯一の政治制度です。

石炭から石油への移行が、その後90年経っておこった訳ですけれども、石油時代へ移行したのは、石炭が枯渇したからという訳ではありません。今日でも石炭の埋蔵量は石油よりはるかに豊かですし、世界的に分布もしています。それにもかかわらず石油が使われるようになったのは、多くの関連技術が開発されてみると、石油には、全体費用、採掘と輸送の簡便さ、流通や応用範囲、高いフレキシビリティ等に、石炭に比べてさまざまな利便性があるという事がわかったからです。石油は石炭とは違い、生産地で重点的に使用され、油田の周辺に新しい町や産業を誕生させるということはありません。それとは逆に、エネルギーが石油に移行した事は、文化的には工業化への準備ができていてもその土地にエネルギー資源をもたない地域に工業化へのステップを歩み出すチャンスを与えたのです。勿論、日本やイタリアはこのケースに入ります。

石油は、特に自動車の発展につながって行き、それは、都市構造や、私達の生活様式に非常に大きな影響を与えたのです。今まで汽車で時々旅行するだけだった人々も、路上交通の発達によって、新たに様々な場所に行けるようになった訳です。石炭だけでこの様な事が可能だったでしょうか？石油は、エネルギーとしての用途に限っただけでも——鉄・鉄鋼業にとってすら——、また、化学産業の主要な原

材料としても、石炭に徐々に入れ代わって今日に至っています。

石炭から石油への切り替えは、先回のエネルギー移行が、その新しいエネルギー源の利用を支持する、新しい、より有利な状況がつくり出される中で、いかに自然に行われたかを実証するものであります。この様な訳で、私は、この傾向を“下降型”移行と名付けたいと思います。つまり主要なエネルギー源として、それまでのエネルギー資源に代わる、もっと使いやすく、もっと柔軟性に富む、しかも単一の資源への移行なのです。

## 2. 1 エネルギー移行と技術

今日の状況は過去と全く異なっています。もはや、古い在来型エネルギー源の埋蔵地を新しく発見するとか、たとえば石油のような枯渇しかかっている古い資源に代わる新しいエネルギーを発見するとかの問題ではなくなっているのです。石炭、ウラニウム、ガス、石油さえ、事実上、供給量は十分ですし、また高速増殖炉技術とか、太陽光線或いは核融合制御による新しい、非常に重要なエネルギー資源もすでに登場しています。けれども今後予測されております世界人口の変化を考えますと、エネルギーの総消費量は過去に例を見ない程高くなる事、また私達は供給の安全性に関するさまざまな要因についても考慮しておかなくてはならないという事を忘れてはならないと思うのです。中でも、経済的に実行可能であり、人間にとっても環境にとっても安全であり、かつまた世論にも受け入れられるような調査、開発の技術は是非とも獲得しなければなりません。それには複合的なシステム分析と巨額な投資をもって何十年にも渡る研究、開発、実証、工業化の努力が必要となりますし、そのいずれにも一貫性のある長期的な政策的戦略が必要となります。

エネルギー資源の開発に技術や技術革新が役割を果すのは決して今に始まった事ではなく、人間の歴史と同じ長さの歴史を持っているのです。今世紀の半ばまでは、技術や技術革新がすでに天然に存在するエネルギー資源の開発に使われる事が多かったのですが、今日の新しいエネルギー、たとえば核分裂によるエネルギーは、非常に総合的な科学技術の成果により得られているものです。

ウラニウムがエネルギー源として使えるようになったのは、人間が物質と素粒子の本質について理解

できるようになって以来の事で、もっと特定致しますと、エンリコ・フェルミが率いるシカゴ・グループが1942年に制御連鎖核分裂作用の実行可能性を立証してから後の事です。さまざまな開発が行われた中でも非常に興味深いのは高速増殖炉に関する分野として、高速増殖炉には元のウラニウムから出るエネルギー量を50倍ないし60倍にする力があります。エネルギーの元になった材料の役割が量の面でもコスト (value) の面でもごく小さくなっているのとは対象的に、ここでは、技術がはるかに重要な役割を担うようになっています。増殖炉が出現したお蔭で、核は、今後数十年どころか今後何世紀にもわたって重要なエネルギー源の一つになるでしょう。

太陽電池が開発された背景には、固体物理学で、固体中の電子と不純物の動き、物質と光との相互作用が明らかにされたということがあります。これによって、高度純粹化、ドーピング、大型結晶の成長、薄いフィルム等の技術の助けをかりながら、私達は半導体を発明し、太陽電池を作る事ができるようになりました。ここでもまたエネルギーが技術によって作り出されているという事実を繰り返し申し上げておきたいと存じます。と言いますのは、太陽はタダの資源であるからです。地球の静止軌道上に宇宙発電所を作つて、そこの光電池で太陽エネルギーを捕え、そのマイクロウェーブをリレーするという姿が、太陽エネルギーの未来像といえるでしょう。

大変野心的な試みなのですが、核融合の技術を利用してエネルギーを生産するという目標もあります。つまり、温度と物質密度が太陽表面と同じ条件を大型プラントに再現しまして、光原子の核融合を行い、巨大な量のエネルギーを発生させようという構想です。この様な環境を作り出す事自体、非常に困難な作業ではありますけれども、この核融合反応を制御し続け、そして作り出された熱を蒸気そして電気へと転換する作業はなお一層困難な作業です。この場合原料の占める位置と言いますのは、本質的に小さいのですが、原料としましては水素とリチウムとがあります。水素は水から得られます。水素とリチウムをエネルギーに転換する事も、先端的なさまざまな科学概念を基盤とする総合的な技術の成果があつてはじめて可能となります。

科学技術の役割はどんどん広がつておりますし、現在では人間生活のあらゆる面に行き渡るようになっただけではなく、石油、ガス、石炭、地熱、オイ

ルシェール、瀝青砂岩、バイオマスなど在来型のエネルギー源の利用にも影響を及ぼしています。最も豊かな石油資源の枯渇を考え、またエネルギー供給の安全を保証する為にも、私達は今、これまで以上に困難でしかも費用のかかる条件のもとで地域の開発に取り掛からなければならぬのです。つまり、益々少なく、乏しくなつて行く埋蔵資源であるとか、さらに水中深い所或いははるかな沖合にある埋蔵資源とか（図4参照）、アラスカやほどなく南極もそうなると思いますが、地球上の辺りであまり人の住まないような所などでの開発をしているのであります。その為にはさまざまな非常に複雑な専門技術、たとえば海上プラットホーム、パイプライン、第二次或いは第三次の再生処理、耐低温処理の技術の開発もますます必要になって参ります。エネルギー危機が始まった時から現在まで、すでに把握されている石油資源自体減っている訳ではありませんけれども、開発がますます困難になっている事は事実だからなのです。

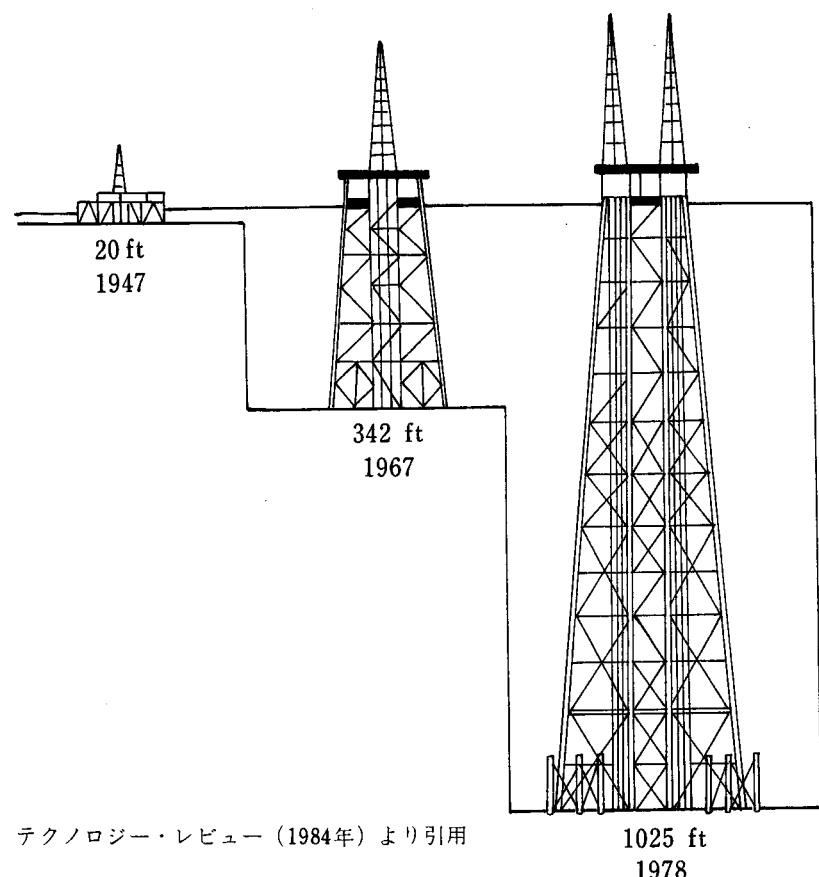
では次に石油の代替資源に話を進めたいと存じます。天然ガスは、現在では主に産出国が自国で使っています。天然ガスの利用拡大は、1973年の石油危機以後ストップしたままですが（図5参照）、それをより広く、世界で使っていくためには、大規模な輸送機関、例えばガス・パイplineや LNGスーパータンカーとかいう手段が必要になって参ります。この様な輸送手段は非常に費用が高くつきます。石炭の普及とか、石炭の国際貿易の拡大を妨げたのは、ここ数年の困難な経済状勢だけではなく、金融、経済環境、技術など多様な分野の問題がそれに関わっている訳です。そうして、その問題の評価がそれまでは過小評価されていたということもあります。

一番古くからある形として地熱があります。つまり、蒸気や温泉が圧力を受けて、地表の亀裂から噴出しているのですが、これはエネルギー源といたしましてはどちらかというと大きなものではありません。深い所にある、乾燥した高温の岩石を利用することは可能性としては大切な一つの方法ではありますけれども、これには又、新しい技術の開発が必要になるのです。

瀝青砂岩とシェール油の利用という事には、これまで利用されていない新しい資源から合成燃料——つまり石油と石油の副産物に代わることのできる液体燃料の事ですが——、その合成燃料（synfuels）を得る、という非常に幅の広い問題が関係しています。

メキシコ湾の油田掘削装置

(図4)

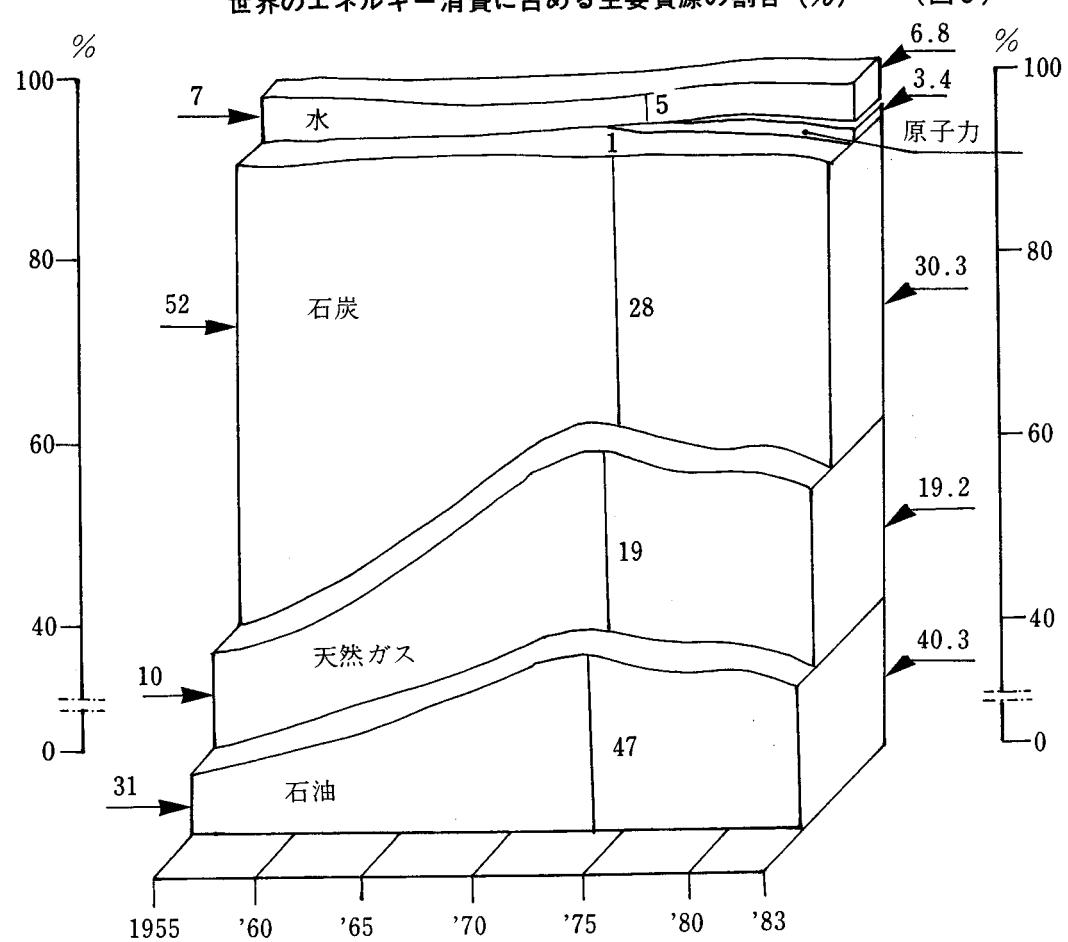


テクノロジー・レビュー（1984年）より引用

1025 ft  
1978

世界のエネルギー消費に占める主要資源の割合 (%)

(図5)



先に天然ガスと地熱についてお話し致しましたが、その他に合成ガス、高重量の原油、セルロース性のバイオマスを考えることができましょう。これには、化学、物理化学、エンジニアリング、生化学、生物学などの非常に高度なノウハウを必要とする総合的な技術の開発が必要となります。

この様にざっと見ましただけでも、たとえば風、波、潮流、海洋の熱勾配などのもつ貴重な資源としての可能性を別にしても、非常に広範囲にわたって多くの選択の道がある事がお分かりいただけるものと思います。そして又これはすでに利用されているものもありますし、又近いうちに利用される様になるものも入っています。それと同時に今申し上げました様な色々な方法を実行するには、非常に新しい技術の開発が先行しなければならないという事、巨額の投資と長期間にわたる非常な努力が必要であるという事もはっきり致しました。これまでには必要とされる技術は新しいエネルギー源の利用の広まりと共に徐々に完成されてきたのですけれども、今後の代替エネルギーとして選ばれ、今新しく登場しつつあるエネルギー源は、その出現を可能にした技術に依存するものです。私達が受け継いできた資源はもはやそれに対する技術的制約ということと無縁たり得ず、状況は困難さを増しているのです。つまり、新しい埋蔵石油があってもその規模は小さく採掘にもなお一層の困難が伴なうということです。ガスや石炭も長い距離を運ばなければなりません。気候やその他の厳しい自然条件とも戦わなければなりません。生態学的、環境的な要因も優先的に考慮しなければならない要因となっています。

さらには又戦略的な意志決定も国際関係の不安定さによって影響を受けますが、まずこの不安定性というものが石油価格の変動から生じる可能性があるという事は疑いのない所です。石炭の消費国が石炭の輸入と利用に巨額の投資をする時の戦略的意志決定を例にとってみましょう。必要とされるインフラストラクチャーの費用は誰が負担するのでしょうか。生産国での鉱山の開発とか輸送システム、或いは海上輸送、或いはポーランドと他の西ヨーロッパ諸国との間に予定されている石炭を運ぶパイプラインの場合の様な陸上輸送、或いはコールチェーンの建設等々に伴なう投資やリスクは一体生産者が負担するのでしょうか。或いは消費者が負担するのでしょうか（図6、図7参照）。

石炭の場合はその利用方法が在来型と新しい型と

の間に複雑な関係があるため、様相はもっと複雑になります。つまり、在来型の固形石炭技術に多額の投資を行う事は既にあまり支持を受けられなくなっていますが、それがなお今後は価格競争力のある新しい技術の出現によって、つまり今の場合には鉱山現場での石炭の液化或いは気化の技術の出現によって、一層脅かされる日が来るのではないかと思われるのです。それは在来型の技術に巨額の投資が控えられるという事を意味しています。さらにもし在来型の技術に巨額の投資が行われる事がありますと、そういう技術が存在する事自体、又それによって生まれた既得権が新しい技術の商業的開発の障害となる事態も生ずる訳です。暗礁に乗り上げる事もあるかもしれません。新しい技術を使って飛躍を遂げようとする事は費用がかかり過ぎるため不可能とも見えますが、石炭の液化或いは気化ではなく、たとえば在来型の固形石炭の様な在来型のエネルギー源を手直しするための大型投資計画などというのも、やはり同じ様に問題になるのではないでしょうか。

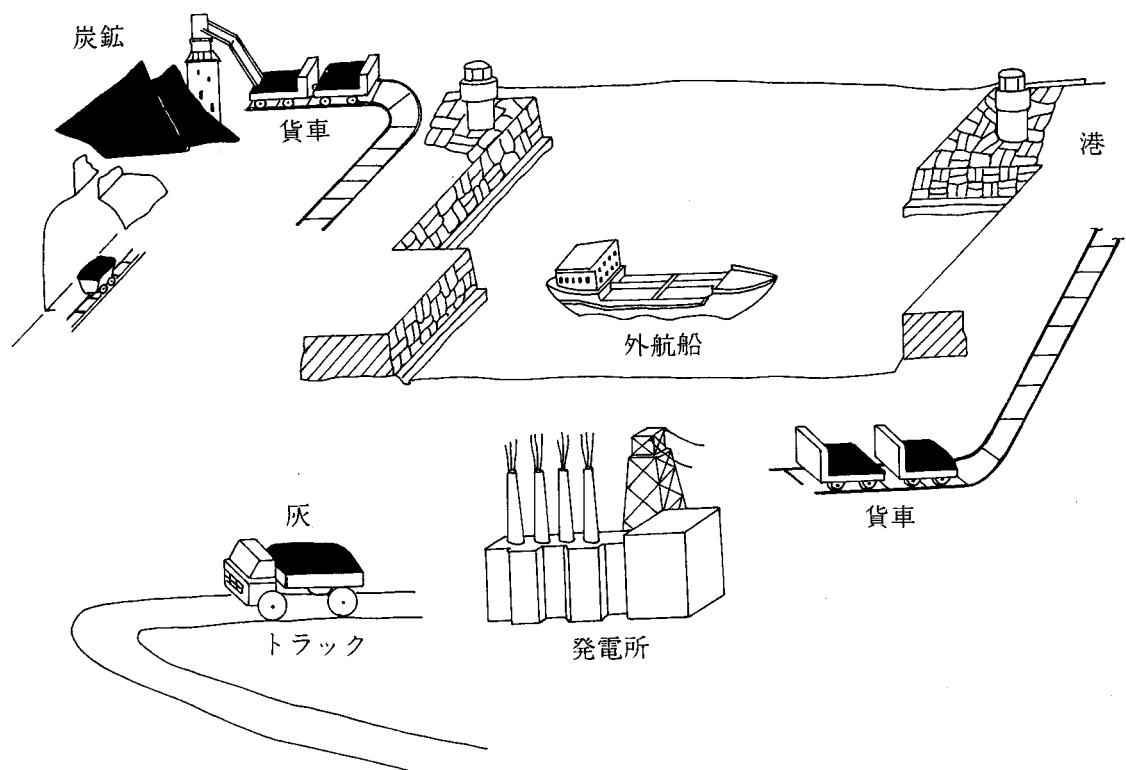
## 2. 2 環境に対する配慮の影響

現在は安全性と環境への配慮が非常に強く求められるようになりました為に、エネルギー源の新旧を問わず、その使用をめぐる問題はますます困難さを加えています。環境にマイナスの影響がありますと、それはその地域だけに限られません。私達は、たとえば汚染の現象が国境を越えて地球全体に広がるという事実も既に目撲しています。一般の人々にはさまざまな選択の道がある事が知らされなければなりません。その中には何もしないという道もあるのですが、もちろんその結果生活の質は落ち、長期的貧窮に陥る危険も増えるわけです。ですからこそ私達は活動の全ての面にエコテクノロジーを急速導入する必要がありますし、又特にエネルギーは、環境に与える影響が多大ですから、エネルギーの分野には特にその必要があると言えるのです。

石炭のもつ副作用を例にとってみたいと存じます。石炭の副作用は非常に大きいものがあります。採炭から燃焼まで石炭は一つの汚染物質であって、その影響は局地的なものではありません。たとえば灰とか酸の沈積などという影響は今もありまして、これはある程度費用をかけますとコントロールできます。大気中の二酸化炭素量は増加のスピードはゆっくり

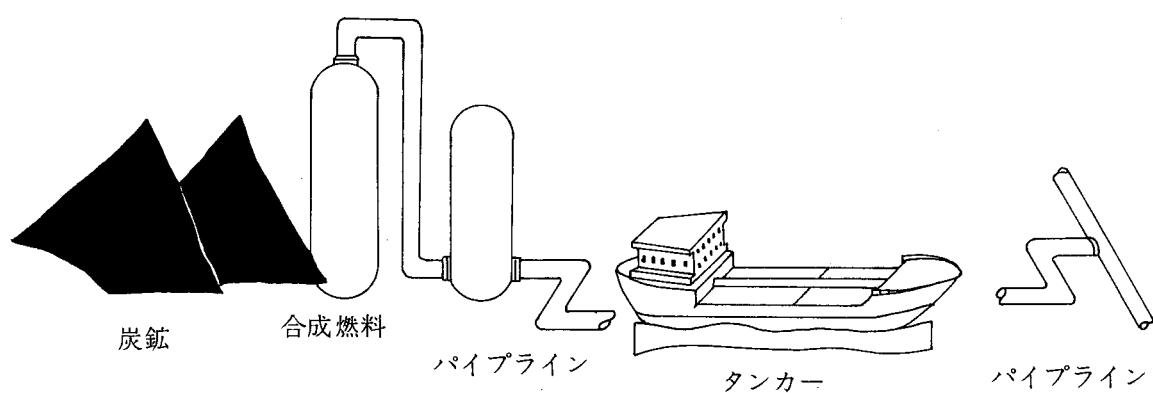
石炭の流れ

(図6)



液化石炭の流れ

(図7)



なのですが、現在はこの現象が十分究明されているとは申せません。大気中の二酸化炭素の蓄積という影響は、ほっておくと取り返しのつかないものであると考えますと、私達は国際レベルでの生態——気象学(eco-climatic)的調査を通じてこの事象に対する理解を深める事が重要となります。この調査を通じて、二酸化炭素が蓄積する事によって環境に望ましくない影響が与えられる事が判明しますと、これは続けて石炭を燃やし続ける事への重大な危険信号という事になります。

石油はやはり二酸化炭素も蓄積させますし、酸の堆積にも一役買いますが、地球的規模での環境に対する悪い影響という点では、石炭よりは若干許せる所があります。けれども、タンカーから捨てられる廃棄物、油田のプローアウト等による海洋汚染、又もちろん直接の影響のある自動車の排気ガスなどがあり、前者の場合は、大量汚染、後者の場合は世界中到る所で見られる汚染現象です。

ガスのパイプラインとか液化ガスの輸送で今の所大きい事故は起こっていません。しかし、LNGスーパータンカーは少なくとも理論上は1メガトン級のトリニトロトルエン程のものすごい爆発力を持っているのです。またこれには荷積み、荷下しの施設の建設や、注意深い管理も必要となります。

核エネルギーの欠点は非常によく知られていますので、ここで改めてご説明するまでもないと存じます。核エネルギー開発では多くの国がさまざまな問題にぶつかっておりますが、これは厳密な技術段階のものというよりもむしろ、他の沢山の要因に起因している所が大きいのです。要因は沢山ありますけれども、そのうちでも最も大きいのが核エネルギー源に対する国民の抵抗です。国民の抵抗は、核エネルギーに伴うリスクとその影響が長期間残溜するという事への不安に根ざしていますし、また核エネルギーの管理がそのプラントだけに限らず、システム全体の管理、すなわち土地管理とか事故の管理、燃料サイクルから廃棄物再処理までのシステム全体の管理が極めて複雑という事に根ざしてもいます。又、これとは別ではありますが深い関係のある、核兵器の拡散という問題もあります。原子力発電は非常に中央集中化されるものもあり、資本集約型のものでもあり、またそのリスクは特有のものがあります。その為に原子力発電の技術を社会機構の中央集中化のモデルとみなす急進分子によりまして非常に反対を受けています。

今西洋の先進諸国では合意の取り付けという事がほとんど共通の特徴になっています。しかし、それほど人の健康の害になる訳ではなくとも、評価を落とす様な事故がありますとこの合意を維持する事が難しくなります。1979年にアメリカで起こりましたスリーマイル島の事故、又イギリスのセラフィールドで続けて起こっております問題などの為に、緊急事態の予測やその管理に難しさがあるという印象を与えていた事は誠に残念な事です。国民の側に不安がある事と、景気後退によって電気需要量の伸びに衰えが見えた事とが相まってさまざまな計画が縮小されるに至りました。原子力発電所建設の注文がキャンセルされたり、或いは建設期間が長引きましたために、核資源の持つ最も有利な点、すなわち石炭、さらには燃料油に比べましても電気生産コストに非常に競争力があるという最も有利な点が活かされなくなっています。信頼性のある大規模な核開発計画があれば、核の経済的優位性は変わることはありませんので、プラント安全システム、改良点の研究開発等に大型の投資をしても十分正当化され得るものです。

核エネルギーは事実上国内資源でありまして、原料すなわちウラニウムの輸入は全体コストの内ごく小部分を占めるにすぎません。この場合電気を生産するという事は、つまりは関連技術ですので、原子力発電の技術開発を行う国はエネルギー源を持つという事になります。高速増殖炉技術にはプラントと燃料という別の問題も生じてきます。プルトニウムは毒性がありますし、核兵器の製造に使う事も出来ます。然し、核分裂サイクルから放射済み燃料の再処理によって生産されるプルトニウムを利用し、増殖炉技術によってウラニウムの持つエネルギー量を倍増させることができますし、現在は危険な廃棄物と見られているものの平和利用も可能になって参ります。

核融合については色々な疑問ももたれておりまして、中性子の照射済み燃料の作用については不安は特に強くなっています。と申しますのも、この問題は現在の我々の知識を越えるため、解決等は言うに及ばず、その問題が一体何であるのかさえ、明らかにされていないのが現状です。

太陽エネルギーが広く利用されているのを妨げている主な問題は、地球に届く照射エネルギー量が少ないという事、そのため発電所を作るのに非常に広い土地面積が必要になるという事です。この問題は

人口密度が高く経済的に進んだ地域で特に深刻な問題となつておる、他の土地需要と競い合いを演じてゐるものであります。また環境への影響と致しまして、局地的気象に対する影響もあります。

## 2. 3 上昇型移行

以上の諸点に照らして、現在の私達の状況は一つの“上昇型”移行と呼べるであります。私達はあるエネルギー源から、もっと安く、便利で扱い易いものはほとんど自動的に切り替えるという姿勢、木から石炭へ、石炭から石油へという様に唯一の代替策を求める、言ひなれば下降型の道を進む安易な姿勢に別れを告げなければなりません。現在進行中の上昇型移行は、意識的選択、そして政策的、経済的意志の適用にかかっています。

私達は、私達が今持つてゐるニーズを分析し、必ず、すぐに成功するという保証は何もありませんが、科学と技術を活用して、これと取り組む必要があります。恐らく長く厳しい道であります。私達が今抱えている問題は過去の誤ちやさまざまな習慣が複合した形で表出して來たものです。長い間私達は、安い石油を使った一つのエネルギー・システムに代表される下降型の選択の道が正しく、今後もずっと役に立ってくれるであろうという考えをもって参りました。私達の生産システム、流通システム、流通経路、インフラストラクチャーは、すべてこの考え方方に立つて出来上っています。従つて、私達は今、もっと非常に多様性に富むエネルギー情勢と情報に基盤を置く脱工業化社会の柔軟なニーズに合わせる事を求められる一つの単純なシステムを手にして、将来に立ち向つてゐると言ふ事ができるのです。

他の形であつても下降型の道を選択する事は望めないのでしょうか。私の答はノーであります。第三世界の都市化の問題が、たとえばメキシコシティに住んでゐる人々を田舎に帰すだけでは解決できないように、また世界の飢餓の問題が善意と食料援助の増大だけでは解決できない様に、私達は現在の、そして今後のエネルギー問題に唯一の解決策で立ち向うことはもはやできないであります。

政治家も経済学者も、又町を歩いている人々も、誰もエネルギーが否みようもなく、上昇傾向をたどつて移行しているという事実の意味を完全に理解している方はいらっしゃいません。1973年のエネルギー危機以後供給が続いている事、現在はあり余る程

ではなくてもだぶつき気味ではないかと思われる時期である事、また原油の実質価格が安定していくむしろ値下り傾向も見えている事などの事情があります為に、主要エネルギー源としての石油の代替エネルギーを考える必要はなくなるのではないかと期待している方も沢山おられます。けれども、エネルギー問題に対する効果的な解決策を追求する努力の腰を折つたり、これを先に延ばしたりする様なことは、何であれ危険であるという事を、私達は思い出さなくてはならないであります。これに関連しまして、OPECが危機に見舞われ、その結果原油価格が下がりました事は、巨額の投資と長期の困難な研究調査を要するエネルギー開発を行う決意を思い止まらせる働きをしている事になります。

しかしながら、私達のエネルギーをベースとする経済が21世紀には急速に変化せざるを得ないという事実に変わりはありません。現在主流を占めている石油、天然ガス、石炭などのエネルギー源には限界があります。その中では石炭がかなり長く、つまり今後数世紀にわたつて供給が可能であろうとされていますが、石油とガスは1世紀も続かないだろうと考えられています。そして1世紀を経るよりずっと早く非常に高価なものとなりましよう。更に、石油の地理的分布は偏つておりますが、しかも、主な油田は社会的、政治的に不安定な中東にあり、国際平和が引き続き脅かされる原因の一つになつてゐます。天然ガスには西ヨーロッパへの——多分日本もそうであると思いますが——主要輸出国がソ連であるという戦略上の限界がありまして、それによつて政治的には、とても得策とは言えない一つのエネルギー依存の形をつくり出てしまつてゐるのです。

この様に現在利用できるエネルギー源には何らかのハンディキャップがあるのですが、又新しいエネルギーにも、その典型的なものが核融合ですけれども、これにも、非常に長い時間、非常に高いコストが伴ない、また場合によつては非常な困難を伴なうものもあります。

従いまして、私達には何か保障が必要なのですから、エネルギー源を時期尚早の内に捨てますと、誤ちを犯すことになるのではないでありますか。そのためには、多くの選択の方法をできる限りオープンにしておいて、選択を限定するものはただ自分の自由なる財源、技術力だけであるという状態にしておかなければならぬであります。選択の道を多様化しておくという原則は、エネルギー源の多様性という点

でも、地理的にどこで生産されるものであるかという点においても有益な指標となると考えられます。日本もイタリアも唯一の輸出国或いは唯一の輸出地域に頼りすぎたために苦い経験をなめた事を痛感しております。これからは唯一のエネルギー源、唯一の輸出国が絶対に頼りになるとか安全であるとかみなされる事はできなくなるでしょう。私達はエネルギーの分野にも厳しい時代がやってくる可能性は当然ある、そして、それに準備しておかなければならぬという事を忘れてはならないと存じます。

私達はこれ迄、エネルギーの解決方法が複雑化するだろうと思っても、これ程になるとは予想しませんでした。その為に未だに環境に悪い影響を与えて、自分達の自由に使えるエネルギーというものを発見していないのです。勿論、解決策は多数ありますけれども妥協を必要とするものばかりです。経済学者の格言に“ただのランチはない”という言葉がありますが、これは今私達が異存を唱える事のできない数少ない真実の一つではないでしょうか。主に社会的、政治的に妥協をとりつける必要があるだけではありません。もし何か打開策が見つかってこれを提示する時には、慎重にする必要もあるのです。解決しなければならないことをほっておくと、後になつて苦しむという経験をすることが少なくありません。

### 3. エネルギー源と消費

私はこれまでエネルギー問題を供給の面から捉えてお話しして来ましたが、需要についても、その質と量の両方から検討を加える必要があります。各種のエネルギー源と各種の担体（訳注、エネルギーを持っている物質）は、事実上同じではありませんし、又相互に交換する事もできないものです。

#### 3. 1 先進工業国諸国

先進工業諸国では、G N P に占めるエネルギーの割合は確実に下降傾向を辿っておりまして、アメリカでの下降傾向はすでに50年を上回るものがあります。又、エネルギーを大量に消費する工業処理も多くのが先進工業国から離れて、新しい工業国（N I C と呼ばれる新興産業国）や第三世界へ移りつつあります。この現象は鉄・非鉄金属ばかりでなく石油化学その他のエネルギー集約型製品についても

言える事なのです。さらに、大量にエネルギーを消費する基幹産業も大衆消費財を生産する産業も、先進工業国では既に飽和状態に達しており、市場はシェアの拡大より交換需要（replacement demand）が大勢を支配する状況に立至っています。同時に、新しいエネルギー集約性の低い技術が、製造業部門でもサービス部門でも地歩を築きつつあります。現在、生産は、原料或いはその他の材料を使用する形よりも技術とソフトウェアのインプットに高く依存する“非物质化”へと方向転換を遂げつつあります。先進工業国で、現在成長しつつある分野や今後有望と思われる分野、つまり次のコンドラチエフの上昇サイクルと予想される媒介体には、たとえば情報部門、ロボット、バイオテクノロジー、新素材などがありますが、いずれもエネルギー集約性が低く、原料集約性も低いものばかりです。これらのものは私達の経済システムをいずれ完全に変えてしまうでしょう。

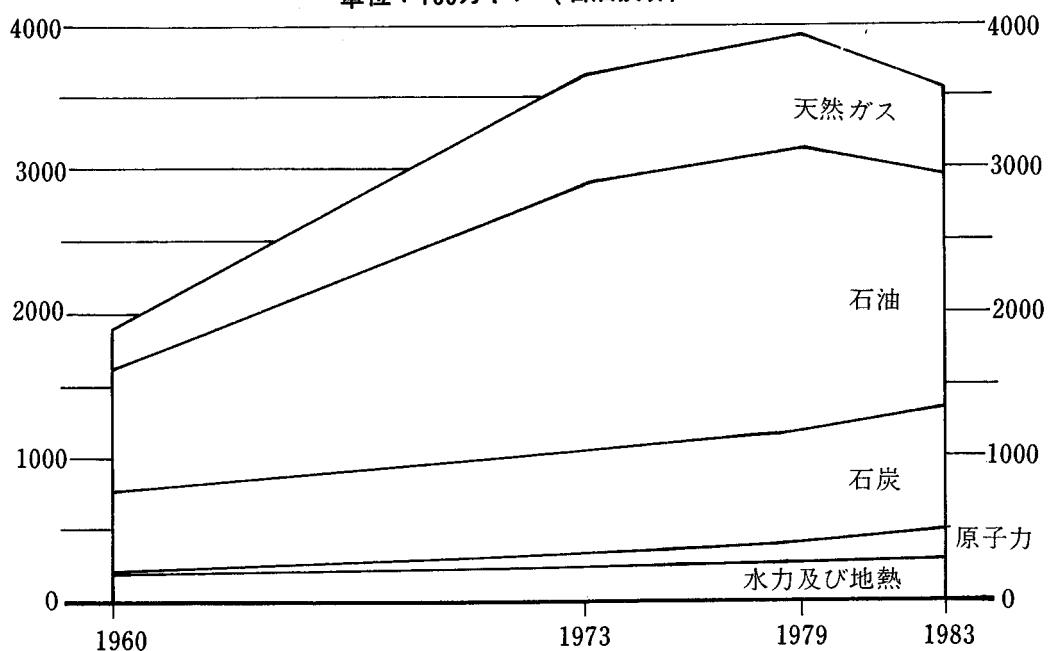
以上の事実からG N P のレベルは変わらず維持しながら、必要な原料とエネルギー資源の量を減らし人間が環境に与える影響を抑制して行く上で、非常に大きな余地はある事が理解できましょう。富める社会では、製品の量を増やすより質を高める傾向がある。つまり、技術の性能、美しさ、機能性、各人のニーズに合った品物の生産等の点で向上をはかる傾向がある事、また非物质的な類いの、例えば、教育、文化、健康、レジャーなどと関係のある商品やサービスの供給を志向する傾向があるという事を、心に留めて置かなければなりません。

この様な事がある為に、エネルギー保存政策とは全く別の問題として、1973年のエネルギー危機以降の10年間は、西側先進工業国におきましては、エネルギー消費量が横這いを辿るか或いは多少減っている所も出る程でありました（図8参照）。1973年以降に消費量傾向に起こりました変化は、非常に根の深い経済的、構造的、社会的な変化にも原因する所がありますので、エネルギー危機一つに理由を求めてはなりません。現在は、私達を徐々にエネルギー利用量の少ない方向へ導いて行っている構造的変化が社会活動の中に現われて来ております。その為私は、西洋では近い将来、ごく僅かなものは別に致しましても、エネルギー消費が増加傾向を辿る事はないと考えています。エコテクノロジーが世界経済システムに組み込まれて行く様子が理解できるでしょう。この様な傾向をみると、エコテクノロジーの基本目標はこれまでの技術をもっと広く利用される様に

西欧工業国に於けるエネルギー消費推移（1960～1983年）

単位：100万トン（石油換算）

(図8)



西欧工業国に於けるエネルギー消費推移

単位：100万トン（石油換算）

	1960	1973	1979	1982	1983	各期間の年平均成長率 60-73	73-79	79-83
石油	764	1955	1985	1625	1592	+7.5%	+ 0.3%	- 5.4%
石炭	663	681	739	783	786	+0.2%	+ 1.5%	+ 1.5%
天然ガス	318	753	784	722	701	+6.8%	+ 0.7%	- 2.7%
水力・地熱	158	236	271	282	291	+3.1%	+ 2.3%	+ 1.8%
原子力	1	44	133	184	200	—	+20.2%	+10.7%
総計	1904	3669	3912	3596	3570	+5.2%	+ 1.1%	- 2.3%
実質国内総生産の年間平均成長率						+5.1%	+ 2.7%	+ 1.0%

\*ソ連と東ヨーロッパを除く

出典：BP(British Petroleum) 統計に基く ENEA(イタリア国立エネルギー研究機関) 数値

OECD(経済協力開発機構) エネルギー・バランス、その他

するという所にあります。つまり汚染を払拭するだけでなく、効率的で安全、秩序ある環境を今日の私達人類の為にも未来の世代の為にも創造するという所にあるのです。

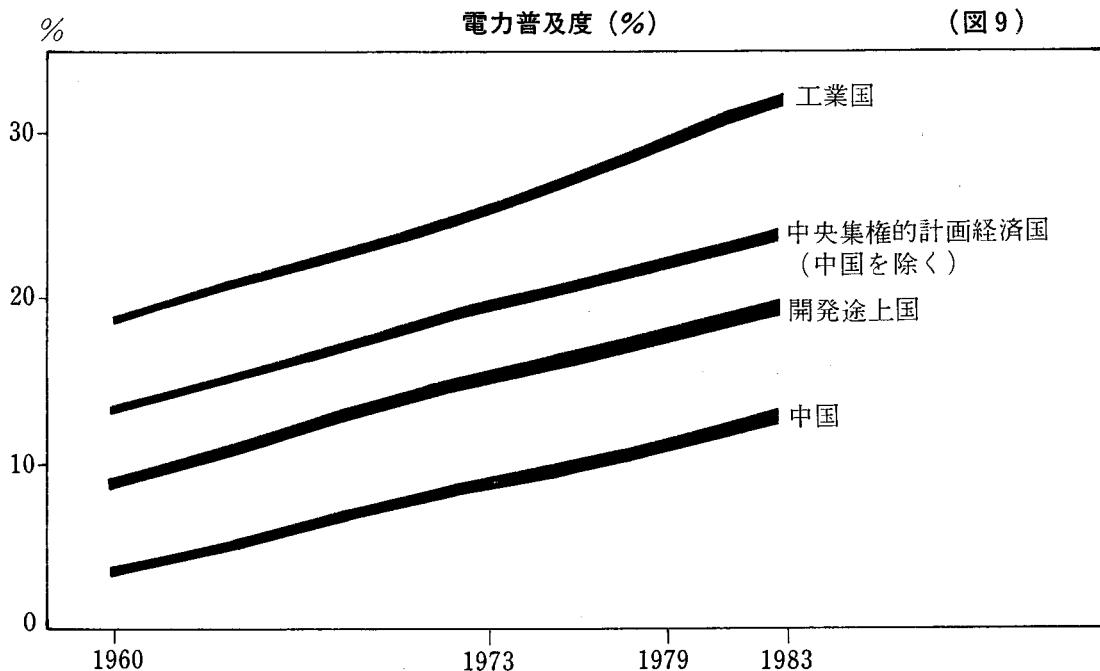
エネルギー需要については、電気の需要は成長し続けているという事実もお伝えしなくてはなりません(図9参照)。電気がGDPに占める割合は一世紀前に電化が始まって以来、どの国でも共通に増加を続けて今日に至っています。これは工業開発が総体的に進んでいる事、その結果豊かさも増した事、電気や輸送などの公共サービスと家庭のサービスに対

して需要もあり、又開発も行われた事を示すものです。電気が普及する様になる初期の状態は、今ですと後発開発途上国に、又少し前であれば現在工業国家と言われている国々の様子に、窺う事ができます。その土地の特別の事情によるごく僅かの例外はありますが、この初期の頃ですら、電気消費量の伸びはエネルギー消費量全体の伸びに比較して著しく大巾です。この事は経済成長の初期段階においては一般的にエネルギー消費の全体傾向はGDPを遥かに追い越すスピードで増加するということはありますが、それでもその増加量は、相当大きいと言えます。

この様に、エネルギー全体に比べて、電気は非常にユニークな位置を占めていますが、これは1970年代のエネルギー危機について起きました。様々な発展によって、更に強められる結果を招きました。エネルギーの価格が上昇していた時も、電気消費量はほとんどの国でGDPの成長速度より速い速度で伸び続けました。一方エネルギーの全体消費量は横ばいか或いは下降線を辿っています。先進工業国—米国、日本、ドイツ連邦共和国、フランス、英国、イタリアーでは、GDPの成長とエネルギーの総消費量とは実質的に平行していませんが、GDPと電気消費量の方はぴったり平行した傾向を示しています。

将来につきましては、私は殆どの国で電気量が実質的に下降傾向を辿るため、先に申し上げました傾向が一層強まると確信しています。電気にはこの他にも独特の長所があります、例えば、用途に非常に多面性がある事、コントロールがしやすい性質のものである事、末端利用者にとっても比較的安全なものである事、いくつかの特定の基本的条件は、電気だけでも満たせる事、等の強みがあります。

電気を供給する側にとりましても、電気を作り出す原料には、水力、核分裂、化石燃料、地熱、蒸気があり、又今後は太陽エネルギーや核融合などの利用も考えられますので、非常に魅力的なものです。又こ



主要エネルギー換算：1 KWh = 0.22kg（石油換算）とする。

世界発電量推移（1960～1983年）

単位：10億KWh

	1960	1973	1979	1983	各期間の年平均成長率		
					60-73	73-79	79-83
工業国	西ヨーロッパ	432	1396	1726	+ 9.4%	+ 3.6%	+ 1.0%
	アメリカ	892	2000	2360	+ 6.4%	+ 2.8%	+ 0.8%
	日本	116	470	590	+11.3%	+ 3.9%	+ 0.7%
	その他	144	350	431	+ 7.1%	+ 3.5%	+ 5.5%
	総計	1584	4212	5107	+ 7.8%	+ 3.3%	+ 1.2%
中央集権的 計画経済国	ソ連	292	915	1240	+ 9.2%	+ 5.2%	+ 2.3%
	東ヨーロッパ	114	301	404	+ 7.8%	+ 5.0%	+ 1.6%
	中国	40	150	282	+ 7.0%	+11.1%	+ 3.5%
	総計	446	1336	1924	+ 9.0%	+ 5.9%	+ 2.4%
開発途上国	OPEC諸国	—	50	93	+13.6%*	+10.9%	+10.2%
	その他	—	419	686	+ 9.6%*	+ 8.6%	+ 6.7%
	総計	—	469	779	+10.0%*	+ 8.8%	+ 7.5%
全世界	—	6017	7810	8500	—	+ 4.4%	+ 2.1%

\* 1970～1973年のデータ

出典：OECDエネルギー・バランスのデータに基く ENEA数値、国連エネルギー統計その他。

の事はエネルギー供給を地政学的に多様化し、一次エネルギー源を実質的に必要としない技術の使用を可能にすることにも役立ちますので、戦略的な意味でも重要なものがあります。中央集中化をしない新しい技術、たとえば都市部や農村部の廃棄物、バイオマス、風、光電池による太陽エネルギーなど、こういう新しい技術を使ってさえも電気を便利に作り出す事ができますし、もし希望すれば高度な配電ネットワークに接続する事もできます。発電と給電にはこの様に様々な技術が使えますが、共通な部分もありますので、これは非常な魅力です。また、給電ネットワークを統一する事によって高度の単純化を図る事もできます。然し、電気の普及度を決定する最も重要な要因は、おそらく生産者から消費者へ配給されるのに電気が非常に便利だという事でしょう。消費者がどのエネルギーを使うかを決める時には、使用できる量や質はどういうものか、使いやすいかどうか、自分が直接使うようになるエネルギー形態がもたらしてくれる高い利益、そしてこれにしばしば見落とされるのですけれども、価格の違いに話を限ってもそれがどういう意味をもつか、などを考えるものです。

以上の点からみて、今後も電気の普及は続くと考えられます。先程、新しい技術と関連して登場しつつある部門と、先進工業国の中経済社会構造全体が今変貌を遂げつつあるという事をお話し致しましたが、現代社会は、非常に高度の信頼性、制御されかつ又柔軟性のある生産工程、生産と意志決定の中央集中化排除、を要求しております。電気はこの様な条件を最も満たすエネルギー部門なのです。

### 3. 2 後発開発途上国

開発途上国の場合、エネルギー危機の後にもエネルギー消費量は増加を続けたのですが、エネルギー需要のパターンは全体的にまちまちです(図10参照)。開発途上国には開発、工業化、生産増大、インフラストラクチャー（道路、鉄道、港、都市、通信システム、教育、保健その他の基本的サービス）の創造などの必要があり、これはいずれも人口の急増という現象を伴っていますので、予見可能な未来については、このままエネルギー消費量の増加が続く事が予想されるのです。

第三世界は、すでに私達社会が歩んでしまった道にあまり近付かず、生産の中央集中化を過度に、ま

たコントロールする事なしに行わざ、大きい事はいいことだとする考え方をとらず、巨大都市をつくることはできるだけ避けて、開発と工業化の道を歩んでゆく事が望ましいと思います。第三世界の人々が現在一次的なものとされている商品やサービスを自分の意のままに持とうとするならば、もっと生産を増やし、現在不足しているインフラストラクチャーを建設しなければなりません。規模の小ささを生かせる情報技術や柔軟性のある生産制度、その他のものが、或いは中央集中化をしない技術が、現在台頭しつつあります。これらの事は“より柔らかい”タイプの開発を促進する事でしょう。

そうは言いましても、第三世界には既に工業化を果した国からの援助が必要ですし、また、この援助はお互いの国の為になる事でもあります。北は南の持つ原料とか、南側で生産される半製品、或いは完全な工業製品に期待を強めており、南は北の工業製品の市場として成長を続けています(図11参照)。第三世界は先進工業国の輸出の27%を現在占めています。

今日の世界では、開発政策への援助はもはやゼロサム・ゲームではありません。誰しも勝つ事ができますし、誰しも利益を得る事ができるのです。日本の戦略は相互依存性を高め、なお且つ一方で新しい植民地主義を排するというものですので、私には真に適切な戦略と思われます。この事は、第三世界の天然資源の利用と変化を生みしめる新しい道をも、また、日本の様に人口密度の高い、富める国ではもはや経済的に生存力を失った産業の移行や、開発のための実質的技術援助をも意味しているからです。

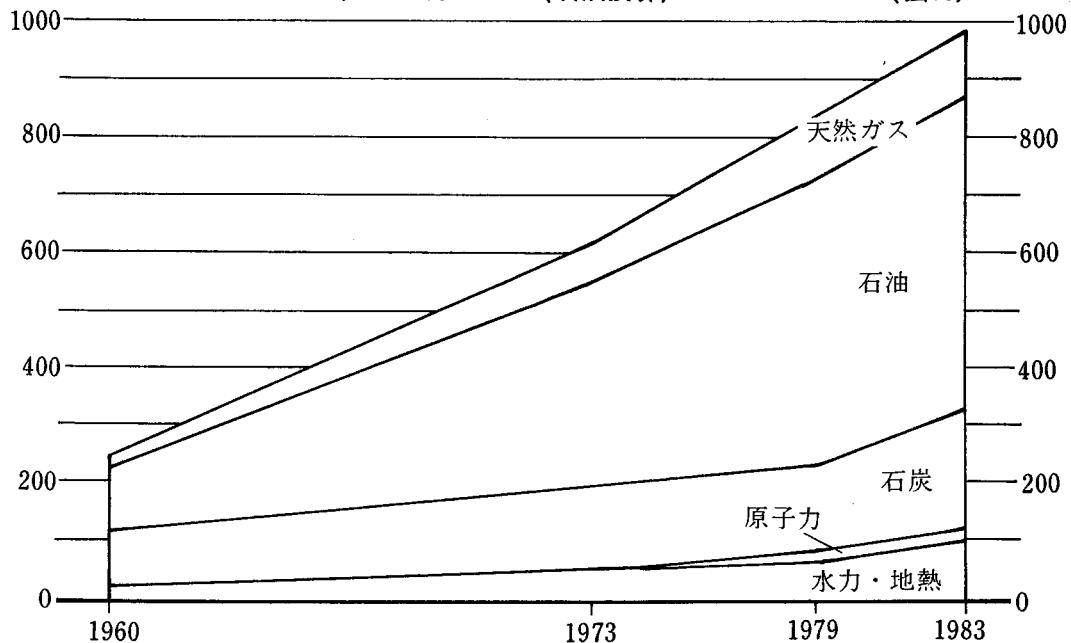
イタリアも最近、開発途上国への援助を大幅に増やしています。1979年から1983年の間にイタリア政府が政府開発援助として割いた予算は、GDPの0.08%から0.34%に増えており、日本のこの数値に匹敵する増加を示しています。1981年から1984年にかけての資金は約50億ドルで、農業、保健、エネルギー、訓練、産業などが対象にされています。

第三世界の発展の中でエネルギーは最も重要な地位を占めています。現地資源の開発及び処理、開発途上国エネルギーを消費する基幹産業の再配置の促進、現地市場向け又第三世界の国々の諸都市向けの工業生産等に、第三世界の開発途上国には非常に大規模なエネルギー構造が必要です。この大規模なエネルギー構造には中央集中化されないエネルギー・システムが必要なのですが、このエネルギー・シ

開発途上国に於けるエネルギー消費推移（1960～1983年）

単位：100万トン（石油換算）

(図10)



\*中国を除く

開発途上国に於けるエネルギー消費推移

単位：100万トン(石油換算)

	1960	1973	1979	1982	1983	各期間の年平均成長率 60-73	73-79	79-83
石油	130	375	503	549	549	+ 8.5%	+ 5.0%	+ 2.2%
石炭	80	117	173	200	213	+ 3.0%	+ 6.7%	+ 5.3%
天然ガス	15	66	109	135	138	+12.1%	+ 8.7%	+ 6.1%
水力・地熱	20	48	72	86	91	+ 7.0%	+ 7.0%	+ 6.0%
原子力	—	1	3	6	7	—	—	+23.6%
総計	245	607	860	976	998	+ 7.2%	+ 6.0%	+ 3.8%
実質国内総生産の年間平均成長率						+ 6.5%	+ 5.2%	+ 4.0%

\*中国を除く。

出典：B P統計に基く E N E A数値

輸出統計——西側工業化諸国

(図11)

	1974	1979	1983
工業化諸国の総輸出 **	368.4	1052.8	1139.9
低開発諸国への輸出 **	133.7	272.8	303.2
工業化諸国のG N P ***	3568.5	6727.3	7728.5
G N Pに占める総輸出の割合	10.3	15.6	14.7
G N Pに占める低開発諸国への輸出割合	3.7	4.1	3.9
総輸出に占める低開発諸国への輸出割合	36	26	27

\*O E C D加盟国（ギリシャ、トルコ、ポルトガルを除く）

\*\* 単位：10億U S \$

ステムは、十分な生活水準を支えるものであると同時に、混沌として抑制のない都市化への動きが阻止される様に、農村地域の拡大に適するものである必要があります。

工業化に取りかかった国が多くにとっては、先進工業国に普通に見られるエネルギー構造、特に電気のネットワークと発電所の開発が、必ず必要とされる事でしょう。可能な場合には水力発電をこれに利用することができましょう。発電の為の燃料石油は、先進工業国では、コストの面でも戦略的な面でも歓迎されないものとなっていますし、開発途上国の場合も、富める産油国を除いては、重要な役割を持つものとは言えなくなっています。石炭は輸送と環境問題という点で問題があるものの、石油より重要性は高いでしょう。原子力発電は、システムの技術と管理が複雑な事と、商業的な規模の原子力発電所は相対的に規模が大きくて 600MW を超え、現在は一般に 900MW から 1,000MW 或いは 1,200MW になっている事もあり、小国或いは開発途上国にとっては問題の多いエネルギー源と申せましょう。性能が 200MW 前後のかなり小型でモジュールになっている核増殖炉が現在研究段階にあります。原子力発電の技術的ノウハウを持てる様になる第三世界は今後数を増すものと予想されます。

これまで非商業的な伝統的なエネルギー源に依存してきた農村地域にとって、在来型であっても再生可能なものであっても、各種のエネルギー源を利用する中央集中化されない方法で現場でエネルギー入手できるようにする事が、最大の問題です。最後の再生可能なエネルギー源は特に有望でして、これには、バイオガス発生装置、超小型の水力システム、風、それに太陽があります。エネルギーをその最も柔軟性に富んだ形、すなわち電気で入手できる手段を見つける事ができれば照明、水の汲み上げ、冷蔵工場の機械に使うエネルギー、地方の産業、通信などに非常な利益をもたらす事となりましょう。

財政的にも技術的にも、また実際の面でも色々問題がありますので、ネットワークを通じて電気を配給する事がまだ遠い目標かもしれません、例えばメンテナンスの必要が余りない光電池を使う様にすれば、地方の村落などにも電力を供給することができるでしょう。然し、この様な中央集中化されない装置は、操作、メンテナンス、最終的には生産の技術移転が非常に進まなければその最大効果は發揮されません。ある種の技術移転が失敗に終った例の一

つとしてディーゼル発電機の例がありますが、これは、最も良い技術とは、その土地の文化が容易に吸収することのできる技術であるということを証明するものです。だからと言って、その技術が一番古い型のものであるとか平凡なものでなければならないという必要はありません。事実、第三世界では光電池こそ最も多方面に、かつ永続的に取り入れることのできる方法と私は考えています。もし私達が健全な経済成長への回帰を望むならば、第三世界の発展に刺激剤として、伝統的技術と新しい技術とのブレンドが極めて有効であることを私は確信致しています。農村の電化はこのブレンドの最も良い例と申せましょう。

#### 4. 21世紀への展望

1985年という年は、人間が月に初めて足跡を印した時からの年月よりも21世紀に近い位置に入る年です。21世紀のエネルギーのシナリオは現在私達が住んでいる世界のシナリオとは随分異なったものとなることでしょう。エネルギー・システムの世界的な変化の歩みは本質的に遅いものではありますが、そのプロセスは既に進行を始め、しかも明瞭に判別することのできる様になって目標に向って歩を運んでいるのです。

今私達は主に量的な変化について話しているのですが、エネルギー消費量分布には今後地理的に大きな変化が起きることが予想されます。1973年には、O E C D 諸国が世界消費量に占める割合が52%、開発途上国は中国も含めて24%そこそこのでした。今世紀の末までには、この数字は、O E C D 諸国が40～45%前後、開発途上国が35%弱となると予想されています。更に、50年後までにはこの両者の関係が逆転致しまして、古い方の工業国は、おそらくエネルギー消費量の30%弱、現在開発過程にある国々が約50%を占めると考えられます。

この様な結果が主に開発途上国の消費量の伸びによって達成されるとしましても、将来の地球の住人の一人当たりのエネルギーは、今の私達よりずっと少ないかもしれません。従ってエネルギー需要の様相も大きく異なっているでしょうし、また、エネルギー問題に対する対応姿勢も変わざるを得ないでしょう。情報技術はエネルギー投資をそれ程必要と致しませんが、経済活動の効率という点には非常に影響しますので、エネルギーの消費量も、エネルギーの

無駄も減ることだと思います。この様に、エネルギーと情報との間には厳密な関係があります。

質的な面の変化には一層著しいものがあるでしょう。電気エネルギーの普及は相変わらず進み、私は第一次エネルギー消費量の50%を超えると考えています。エネルギー・サービスも、非常に複雑になり豊かにもなり、高度に自動化され乍らも柔軟性（フレキシビリティ）も適応性も失われていない脱工業化社会のさまざまなニーズを満たすために、先進工業国を中心に著しい進歩を遂げているでしょう。

フレキシビリティを保つには、様々な要因を混合することが必要になります。どの様なものかと言いますと、利用できる多種類のエネルギー源、各種の技術、中央集中化されたシステムと中央集中化されないシステムの間のバランス、また、最終的に得られる非常に多様かつ効率的なエネルギーの利用、妥当なサービス手段を講ずること等です。然し21世紀のエネルギー・システムで一番興味深いと思われるのはエネルギーの多元化が進む現象でしょう。つまり利用できるエネルギー源が、古いもの、新しいもの、と非常に巾が広がるだけでなく、その一つ一つに同じ様な利用特性(utilization characteristics)を持つものが出て来るのであります。

もう一つ基本的局面として予想されるのは、資源を発明する技術が果たす役割です。資源を発明する技術が出現すれば、自分の国にある資源について、コストについて、エネルギーの供給の安全を保障するため必要なものについて、また国際的相互依存について、各国が一番妥当な選択を行えるようになるでしょう。天然資源に恵まれない国は、外国への物資供給依存度を大巾に減らす事も、リスクを減らす事もできるようになります。この様な技術は、今後もその役割が益々大きくなるでしょう。

世界のエネルギー・システムは、今後サービス供給の効率と安全性の向上を目指すでしょうが、それに限らず、エネルギーのエコテクノロジーの開発を通して人の健康と環境への関心を一層強める方向をとると考えられます。この様な傾向は、技術の選択に、コスト分析に、エネルギー・システムの構造そのものの決定に、無視し難い影響力を及ぼすでしょう。エネルギー生産の際の環境への悪影響を減らさなければなりませんから、そのために燃焼すると大気中にCO<sub>2</sub>を放出するエネルギー源の使用を制限することも、長期的にみて賢明な策となると言えましょう。

新しいエネルギー源が登場しましたので、石炭、ガス、石油等の化石燃料は、世界的なエネルギーというシナリオでは、相対的重要性が今後後退すると考えられます。然し、日本とイタリアはこの種のエネルギー源がないために大きなハンディキャップを背負っておりますから、これは朗報です。この事は例えば核技術が引き続き利用されるという事を意味しています。核は、電気の重要性が並はずれたものであることを考えますと、石油やガスの現在と同じ位置に止まることも当然考えられますが、おそらくこれよりは高くなるでしょう。21世紀には、太陽エネルギーを中心とする再生可能のエネルギー源、シェールや瀝青砂岩等の非在来型天然資源、核融合等の事実上の離陸を見る事ができるでしょう。

## 5. 結 論

私達の前には、資源のアベイラビリティの拡大、資源のより公平な配分、という展望がひらけています。20世紀の開発には、材料面でも人的な面でも資源の無駄があるという特徴が見られますが、この様なことはもう許されなくなるでしょう。技術的進歩、即ち、私達を今の袋小路から救い出してくれつつあるエコテクノロジーは、世界の統合を助け、私達先進工業国が戦後当然の報酬とみなす様になっている繁栄に開発途上国を近付けることを助けてくれるものと思います。

人類は、その歴史を通じて今日に至るまで、困難と闘い、その生存そのものために闘って来なければなりませんでした。基本的ニーズを満たすために多大の努力が必要でした。産業革命は私達普通の人間に食べ物や住まい、自分を守るとかのごく身近なことだけに大部分の時間を費やすのではなく、むじろ耐久消費材を増やすとか、最近では適当なレジャーで労働に酬いるとかの時代を迎えることを許してくれました。今、私達はさまざまな技術進歩を目の当たりにしておりますが、これもまた大きな転換点を記すものとなるに違いありません。単に物が増えているということでは私達はもう満足できなくなっているからです。

必需品であれども、所有に根を置く社会は、そのニーズの存在しない社会へと道を譲りつつあります。未来の世代に対する私達の責任は、一人一人の人間、一つ一つの家庭、一つ一つの国、のよりよい生活、よりよい環境を創り出すために進歩

した科学や技術を活用することによって、一人一人が独自に、生まれながらに持っている可能性を伸ばすことのできる、より自由な、またより創造性に富む社会へと今のこの道を繋げて行くことがあります。自然と人間との調和には豊かな資源が必要です。また、人間が人間社会の調和を保てば、世界は、物質的に太らなくても繁栄する未来を、また、平和、安全、個人の表現、子供を慈しみ育てるここと、各国文化の相互発展等の人としての真の欲求を満たしてくれる未来を、確信をもって待ち望むことができるであります。

## 本田財団レポート

No.1 「ディスカバリー国際シンポジウム ローマ1977」の報告 電気通信大学教授 合田周平	昭53.5	No.26 人々のニーズに効果的に応える技術 GE研究開発センターコンサルタント ハロルド・チェスナット	昭57.1
No.2 異文化間のコミュニケーションの問題をめぐって 東京大学教授 公文俊平	昭53.6	No.27 ライフサイエンス ㈱三菱化成生命科学研究所人間自然研究部長 中村桂子	昭57.3
No.3 生産の時代から交流の時代へ 東京大学教授 木村尚一郎	昭53.8	No.28 「鍊金術 昔と今」 理化学研究所地球化学研究室 島 誠	昭57.4
No.4 語り言葉としての日本語 劇団四季主宰 浅利慶太	昭53.10	No.29 「産業用ロボットに対する意見」 東京工業大学教授 森 政弘	昭57.7
No.5 コミュニケーション技術の未来 電気通信科学財団理事長 白根禪吉	昭54.3	No.30 「腕に技能をもった人材育成」 労働省職業訓練局海外技術協力室長 木全ミツ	昭57.7
No.6 「ディスカバリー国際シンポジウム パリ1978」の報告 電気通信大学教授 合田周平	昭54.4	No.31 「日本の研究開発」 総合研究開発機構(NIRA)理事長 下河辺 淳	昭57.10
No.7 科学は進歩するのか変化するのか 東京大学助教授 村上陽一郎	昭54.4	No.32 「自由経済下での技術者の役割」 ケンブリッジ大学名誉教授 ジョン・F・コールズ	昭57.12
No.8 ヨーロッパから見た日本 N H K 解説委員室主幹 山室英男	昭54.5	No.33 「日本人と西洋人」 東京大学文学部教授 高階秀爾	昭58.1
No.9 最近の国際政治における問題について 京都大学教授 高坂正堯	昭54.6	No.34 「ディスカバリー国際シンポジウム コロンバスオハイオ1982」報告 電気通信大学教授 合田周平	昭58.2
No.10 分散型システムについて 東京大学教授 石井威望	昭54.9	No.35 「エネルギーと環境」 横浜国立大学環境科学研究中心教授 田川博章	昭58.4
No.11 「ディスカバリー国際シンポジウム ストックホルム1979」の報告 電気通信大学教授 合田周平	昭54.11	No.36 「第3世代の建築」 ㈱菊竹清訓建築設計事務所主宰 菊竹清訓	昭58.7
No.12 公共政策形成の問題点 埼玉大学教授 吉村 融	昭55.1	No.37 「日本における技術教育の実態と計画」 東京工業大学名誉教授 斎藤進六	昭58.8
No.13 医学と工学の対話 東京大学教授 澤美和彦	昭55.1	No.38 「大規模時代の終り—産業社会の地殻変動」 専修大学経済学部教授 中村秀一郎	昭58.8
No.14 心の問題と工学 東京工業大学教授 寺野寿郎	昭55.2	No.39 「ディスカバリー国際シンポジウム ロンドン1983」の報告 電気通信大学教授 合田周平	昭58.9
No.15 最近の国際情勢から N H K 解説委員室主幹 山室英男	昭55.4	No.40 日本人と木の文化 千葉大学名誉教授・千葉工业大学教授 小原二郎	昭58.10
No.16 コミュニケーション技術とその技術の進歩 M I T 教授 イシエル・デ・ソラ・ブル	昭55.5	No.41 「人間と自然との新しい対話」 プラッセル自由大学教授 イリヤ・プリゴシン	昭59.2
No.17 寿命 東京大学教授 古川俊之	昭55.5	No.42 「変化する日本社会」 大阪大学教授 山崎正和	昭59.3
No.18 日本に対する肯定と否定 東京大学教授 辻村 明	昭55.7	No.43 ベルギー「フランドル行政府産業使節団」講演会	昭59.7
No.19 自動車事故回避のノウハウ 成蹊大学教授 江守一郎	昭55.10*	No.44 「新しい情報秩序を求めて」 電気通信大学助教授 小菅敏夫	昭59.7
No.20 '80年代—国際経済の課題 日本短波放送専務取締役 小島章伸	昭55.11	No.45 「アラブの行動原理」 国立民族学博物館教授 片倉もとこ	昭59.10
No.21 技術と文化 I V A 事務総長 グナー・ハンベリュース	昭55.12	No.46 「21世紀のエネルギーを考える」 イタリア国立エネルギー研究機関総裁 ウンベルト・コロンボ	昭60.1
No.22 明治におけるエコ・テクノロジー 山本書店主 山本七平	昭56.5		
No.23 西ドイツから見た日本 電気通信大学教授 西尾幹一	昭56.6		
No.24 中国の現状と将来 東京外國語大学教授 中嶋龍雄	昭56.9		
No.25 アメリカ人から見た日本及び日本式ビジネス オハイオ州立大学教授 ブラッドレイ・リチャードソン	昭56.10		