## 本田賞15周年記念エコ・テクノロジー・シンポジウム

# 「21世紀のパラダイム·シフトを考える」 講演録

## 「21世紀のパラダイム・シフトを考える」

日時: 1994年11月18日(金)

会場: 国際連合大学 3階 国際会議場

主催:(財)本田財団

## 第1部 基調講演

#### 「エコ・テクノロジーと持続可能な開発」



**ウンベルト・コロンボ 教授 第5回本田賞受賞者**(ENI-エンリコ・マッテイ財団)
科学委員会委員長

1927年イタリア、リボルノ生まれ。50年バビア大学物理化学博士。65年ジェノア大学教授(産業化学)。79年から93年までENEA(イタリア国立エネルギー研究機関)総裁。93年イタリア政府、大学及び科学技術担当大臣を歴任。94年より現職。その他、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。

#### 「21世紀の科学技術と人間社会の調和」



西澤 潤一 総長第7回本田賞受賞者

(東北大学総長)

48年東北大学工学部卒。62年同大学教授

1926年宮城県生まれ。48年東北大学工学部卒。62年同大学教授。81年科学技術庁、完全結晶プロジェクト総括責任者。90年東北大学名誉教授。同年東北大学総長に就任、現在に至る。89年文化勲章受賞。その他、日本学士院賞、文化功労者顕賞等、多数受賞。著書「私のロマンと科学」、「独創教育が日本を救う」

## 第2部 パネル・ディスカッション

#### ●パネリスト

ウンベルト・コロンボ 教授 西澤 潤一 総長

ブノワ・マンデルプロー 教授 第15回本田賞受賞者 (エール大学・フラクタル学)



1924年ポーランド、ワルシャワ生まれ。47年フランス、エコール・ポリテクニック卒。52年パリ大学数学博士号取得。55年ジュネーブ大学数学科助教授。58年IBM・トーマス・J・ワトソン研究所研究員。74年IBMフェロー。87年エール大学数学科教授に就任、現在に至る。バーナード賞、フンボルト賞、ハービー科学技術賞、ウルフ財団物理学賞等、受賞。

掘越 弘毅 教授 第14回本田賞受賞者 (東洋大学·極限微生物学)



1932年埼玉県生まれ。56年東京大学農学部卒。63年東京大学大学院博士課程修了。66年米国カリフォルニア大学デービス分校助教授。74年理化学研究所主任研究員。88年東京工業大学教授。93年より東洋大学工学部教授。海洋科学技術センターDEEP STARグループリーダー兼任。日本農芸化学会賞、英国国際バイオテクノロジー協会ゴールドメダル等、受賞。

濱田 隆士 教授 (放送大学·地球環境変遷史)



1933年宮崎県生まれ。55年横浜国立大学学芸学部地学科卒。60年東京大学大学院地質学博士課程修了。80年東京大学教養学部教授。93年東京大学名誉教授、放送大学教養学部教授に就任、現在に至る。この他、日本科学協会理事、自然史科学研究所理事などを務める。NHKスペシャル「生命40億年はるかな旅」諮問委員

#### ●コーディネーター

白根 禮吉 教授 (多摩大学·情報工学)



1927年秋田県生まれ。48年東北大学大学院工学部卒。同年、逓信省工務局入局。62年日本電信電話公社技術局調査役。75年側電気通信科学財団理事長。90年多摩大学情報学部教授に就任、現在に至る。この他、側情報通信学会理事、側本田財団理事、日本未来学会常任理事を務める。郵政大臣表彰や電気通信協会賞等、受賞。

本田財団は人間活動を取り巻く環境全体との調和をはかった技術、エコ・テクノロジーを提唱し、国際的に活動を展開して参りました。

このたび、故本田宗一郎氏が設立した当財団の本田賞が1994年に15周年の節目を迎えたことを記念し、昨年11月18日に東京の国連大学に於いて、記念シンポジウムを開催致しました。

このシンポジウムは、21世紀を目前に控え、環境・技術・成長の観点から今後のパラダイム・シフトを探るもので、「エコ・テクノロジー・シンポジウム 21世紀のパラダイム・シフトを考える」のタイトルのもと、活発な討論が繰り広げられました。

本講演録が皆様のご参考になれば幸甚です。

#### 第一部 基調講演

## 「エコ・テクノロジーと 持続可能な開発」



#### ウンベルト・コロンボ教授

国連大学の学長、そして御出席の皆さま、まず何よりも先に、私の心からの感謝の念を本田財団に対して表明したいと思います。今回はご親切にも私をご招待いただき、このシンポジウムで基調講演をさせていただきますことを大変嬉しく思います。また、昨日の本田賞授与式にもお呼びいただきまして、ありがとうございました。昨日は、第15回本田賞受賞者であるマンデルブロー教授に対して、賞が授与されました。このように、国際的にも著名な科学者に対して本田賞が授与されましたことは、私どものように、これまでの全ての本田賞受賞者が、大変に今回の人選を高く評価しているわけであります。また、本田財団に対して心から御礼申し上げます。

私にとりましては、今回この国連大学の本部に、初めておじゃますることが出来ました。私は3年前まで6年間も国連大学の理事を務めておりました。この日本の建築の粋を集めたこの本部におじゃますることができ、大変嬉しく思っております。

今日は、「エコ·テクノロジーと持続可能な開発」というテーマでお話をさせて いただきます。

地域および地球規模で進む環境破壊への懸念が高まり、エコ・テクノロジー(環境技術)が注目されるようになった。エコ・テクノロジーとは、環境と調和する技術であり、既存の技術から得られるものと同じ成果を最小限の環境破壊で達成する技術であり、従って、持続可能な成長(開発)に貢献する技術である。私達の子孫が享有する権利を侵害することなしに、つまり地球環境を保全しながら、経済成長を続け、生活の質を改善するにはどうすれば良いだろうか?

「持続可能な成長」とは、化石燃料などのように再生不能な資源を節約することであり、リサイクルできない廃棄物、特に有害あるいは有毒廃棄物の量を抑え

ることである。環境はそれ自体が部分的にしか再生しない有限な資源である。汚染物質をある程度まで吸収分解し、破壊されてもある程度までは修復できるという意味において、地球環境は一定限度の再生能力を持つが、その限度を超えると、場合によっては再生不能となる。生態系や生物多様性の保全、更には温室効果に対抗し、地球気象を安定化させることについても全く同じことが言える。

エコ・テクノロジーへの傾斜は量から質へと向かう工業化社会の進化に固有の現象であると言っても過言ではない。新しい技術は、在来の技術に比べ、資源(特に希少な資源)の消費が少ない。これについては多くの例を挙げることができる。小型化の傾向は誰の目にも明かである。小型化は、エレクトロニクスや半導体だけにとどまらず、ナノ・テクノロジー(微小工学)の出現により、エンジニアリングやバイオ・エンジニアリングの分野にも浸透しつつある。新素材や設計の改良によって、劇的とも言える軽量化が実現することもある。機関車の重量の動力に対する比は、過去180年間で80分の1に低下した。複合材料をベースとする超軽量「スーパーカー」の出現で、自動車の軽量化(機関車ほど劇的ではないだろうが)もいつか実現するに違いない。コンピュータの軽量化は、ご承知のように、比較的早いペースで進んでいる。

先行き不足する恐れのある資源を全く必要としない画期的な新技術が生まれる 可能性だってある。すなわち、通信において光ファイバーが銅線に取って代わり、 更にはより非物質的な電磁波さえもが選択できるようになるケースである。

新しい技術は在来の技術に比べエネルギーの消費も少ない。直接的には、新しい技術が不必要なロスをなくし、「前処理手順」を改善し、廃熱を回収し、あるいは画期的な製法を採用するからである。また間接的には、新しい技術が(エネルギー投入を必要とするものを製造する際に)在来の技術に比べ、より少ない資源を消費するからである。最小エネルギーの熱力学分析により、所与の操作を行うのに必要な最小エネルギーを算出すると、私達がその理論的な最適条件からどれだけ離れたところにいるかが分かる。但し、その理論的最適条件に近付く方法について、熱力学分析は何も語らない。

資源の代わりに技術を投入し、量を質で補う努力が続けられている。こうした傾向を助長したのは、需要のシフト―資源集約型物質財からサービス、非物質財へ―と「脱物質化」のプロセスである。「脱物質化」のプロセスは、進化した社会―すなわち高度に工業化した社会であり、情報化社会あるいは脱工業化社会と呼ばれる次ぎの段階に移行しつつある社会―に特有のものであると見なされている。

脱物質化は、エネルギー集約あるいは資源集約のGDP(国内総生産)比の低下に換算して表される。だが、この比が低下することと、一人当りあるいは一国当りの総資源消費あるいは総エネルギー消費が減少することとは必ずしも同じではない。一般的に言って、GDPは増加し続ける。エネルギー集約あるいは資源集約の減少とGDP上昇を相殺すると、結果はプラスにもマイナスにもなり得る。工業化してからだいぶ経っている先進国では、資源度とエネルギー度はかなりの期間に亙って低下しているが、一人当りの消費(量)が減少し始めたのはつい最近のことである。しかも減少が観測される地域、資源の種類は限られている。例えば、米国では、GDP一単位当りに使用される鉄鋼の量(インフレ調整後)は、早くも1930年にピークに達し、その後、減少し続けている。だが、一人当りの鉄鋼消費(量)はそれよりもずっと後一1980年頃―にピークに達し、今ようやく減少に転じつつある。他の資源(銅、亜鉛、クロム)、エネルギー消費についても同様の傾向が認められる。

経済は脱物質化を強引に押し進めるが、直接的にではない。ほとんどの資源の価格(実質)は一貫して下がり続けている。資源は有限であり、次第に希少化するので、値上がりしそうなものだが、実はそうではない。数々の節約手段が資源の効率的な使用を促進するからだ。けれども、経済が常に有能で正しいかと言うと、そうではない。市場は近視眼的である。例えば、利益を極大化するには、製品が陳腐化するほうが都合が良い。そして製品の陳腐化と「持続可能な成長」は真っ向から対立する。従って、市場の近視眼を矯正する手だてが必要となる。それは規範で合っても良いし、あるいは生産、消費、廃棄の結果である外部費用を製品価格に吸収し、社会が分担することであっても良い。あるいは、人々を啓蒙し、環境に優しい製品や、環境と調和する技術を使って作られた製品の需要に影響を

与えることであっても良い。

エコ・テクノロジーに向かって更に数歩踏み出すためには、上述の手だてを複数採らなければならない。製品寿命の分析、資源、部品、全体としての製品そのものの組織的な再生利用などもそうした手だてに含まれる。

「持続可能な成長」にはほど遠いが、先進国は、後進国に比べ、まだ希望の持てる状況にある。発展途上国では、第一に、人口が爆発的に増加している。第二に、一人当りGNPが急速に増加している。あるいは先行き増加することが予想される。第三に、これが最も重要なのだが、発展途上国で使用される技術は、資源度、エネルギー度が高いという意味において、先進国で使用される技術に比べ、格段に効率が悪い。

この点についてもう少し詳しく述べたい。後進国で使用される技術の資源度、エネルギー度が高いのは何故だろうか? ある国が工業化するためには、まず工場や道路や鉄道やビルなどのインフラを整備しなければならない。資源やエネルギーを大量に投入するインフラ整備は環境に大きな負担を強いる。次ぎに、国民の耐久需要を満たさなければならない。耐久財もまた資源集約型の財である。インフラが整備され、耐久財需要が満たされて初めて、脱物質化が進み、資源消費のGNP比が低下する。

しかし、今日の発展途上国において、資源度やエネルギー度は過去に類例がないほど高い。イタリアや日本のように比較的遅れて工業化した国でさえも、経験したことのない高さである。これは以下の二つのことを示している。第一に、発展途上国が先進国の最新技術を入手するのは難しいということ。そうした技術は高価であり、特許やノウハウによって保護されているからである。第二に、急速に工業化している後進国や国際(価格)競争を生き抜くだけで手一杯の後進国にとって「持続可能な成長」は最優先項目ではない、ということである。

後進国の中にも例外はある。例えば、中国は、アジェンダ21の勧告と目標に十 分な配慮を示している。環境という点において成長や開発に重大な限界がある、 というよりは、環境破壊という形で既にそうした限界が誰の目にも明らかとなったので、例えば中国は、石炭偏重のエネルギー供給(電力、工業用のみならず一般家庭の暖房、調理用を含む)を改めようとしている。

後進国が効率の良い最新技術を入手できないのは、以下のような事実が原因であることが多い。すなわち、先進国は、最新技術を他の国と共有したがらない。 共有すれば新興工業国と国際市場において競争する羽目になるからだ。残念ながら、先進国が後進国の開発を支援するのはほとんどの場合、あるいは常に、自国の産業に資するためであり、途上国のニーズに応えるためではない。従って、時代遅れの技術あるいは効率の悪い技術、あるいは役に立たなくなった産業から派生した技術が選び出され、途上国に移転されるケースが多い。

真に必要なものはむしろこの逆である。発展途上国が先輩である先進工業国の進化のパターンを踏襲しなければならない理由はどこにもない。事実、比較的遅れて工業化した日本やイタリアはその当時の先端技術を入手し、利用してきた。同じことが現在、工業化の途上にある国でも起こりうるし、また、エコテクノロジーを選択することが途上国のためにもなる。いまや多くの国が「馬跳び」と定義されるこの考え方に注目し始めている。途上国のみならず、先進国も「馬跳び」の恩恵に浴することができるだろう。「馬跳び」が地球全体あいは地域の環境を改善し、地球気象を保全し、先行き予想される資源やエネルギー不足を解消する手段となりうるからである。

先端技術を途上国に移転するには、それなりの努力が必要である。新しい技術は、それを移転しようとする国の実情に合うように種々の方法で調整しなければならない。すなわち、新しい技術は、それを移転しようとする国のニーズに合うものでなければならないし、実際にそれを使う人が理解できるものでなければならない。また新しい技術は、それを移転しようとする国の経済事情、社会事情、文化的背景に合うように調整しなければならない。ある程度のインフラも必要となるだろう。適切なメンテナンスも必要だろう。更には、地理的な条件(気候など)も考慮に入れるべきである。

一見すると、「革新的」技術が以上の用件(途上国のニーズや経済事情など)を 満たすのは難しいように思われる。だが、この点では在来の技術も同じである (在来の技術を移転するのが難しいという点についてはあまり考慮されないが……)。 むしろどちらかと言えば、「革新的」技術のほうが、在来の技術よりもユーザー にとって扱い易く、理解し易い。いくつか例を挙げれば、この点がはっきりする だろう。途上国の若者達は、先進国の若者達と同じようにコンピュータをよく使 いこなしている。もちろん、先進国ほど普及はしていないが……。後進国に第一 世代、あるいは第二世代のコンピュータを移転しようと考える人はいない筈だ。 第一、第二世代のコンピュータは高価であるばかりか、メンテナンスが難しいか らだ。最新の、ユーザーフレンドリーなコンピュータは、故障を自己診断し、交 換すべき部品を特定することができる。従ってメンテナンスが楽である。ユーザー は、カードやチップの中がどうなっているのか、あるいはコンピュータがどのよ うに作動するのかを完全に理解する必要はない。先進国でもそこまで理解してい るユーザーは少ないだろう。航空産業から派生した高性能ガス・タービンを使っ た効率的な発電法も別の例として挙げることができる。このガス・タービンを設 計し、製造するのに必要な技術は、在来のスチーム・タービンのそれに比べれば 高度だが、ガス・タービンそのものは、航空機を操縦したり、整備したりする人 たちには馴染み深いものである。大きな問題が起こった時に、発電所のガス・ター ビンは電源を切って止め、取り外し、数日あるいは数時間で新しいものと交換で きる。スチーム・タービンの修理には、これ以上に多くの手間がかかるので、ター ビンの非稼働時間(ダウンタイム)が増える。ついでに言うと、バイオマス・ガス 化装置をガス・タービンと組み合わせる方法はいま最も注目されている発電法で あり、エコ・テクノロジーの好例である。

技術的なインフラ不足が却って「馬跳び」にはプラスの要素となることもある。インフラに巨額の資本を投下している先進工業国は、そうしたインフラを必要としない新しい技術の採用に消極的になるだろう。一方、電話線もないような人口のまばらな地域では、在来の電話と比べると、固定設備をあまり必要としないセル方式の電話から一在来の電話をすっとばして一スタートするのが理に適っている。送電線の未整備が局地分散型発電(再生可能な電源から、いつでも発電できる)という考え方を刺激することもある。既に送電網が整備されている先進国で

も、全く別の理由から、こうした動きが注目され始めている。

第三世界の経済(特に基幹産業)の拡大も「馬跳び」の機会を提供するだろう。 鉄鋼生産を例に引くと、在来の製法に比べ、より効率的で、よりコスト・パフォーマンスが高く、よりフレキシブルで、環境に優しい新しい製法が開発されている。 例えば、スウェーデンで開発されたプラズマ溶解方式や、イタリアで開発された ISP方式などである。このような新製法は先進国では使われていない。先進国の 鉄鋼需要は低迷しており、生産を拡大するような状況ではないからだ。既存の生産設備が能力以下の操業を続ける限り、新しい工場が建設されることはないだろう。これとは対照的に、鉄鋼需要が急速に拡大している中国や、南アジア、東南アジアでは、新しい工場が建設されている。あるいは建設される予定である。在来のものよりも効率的で、エコロジカルな新製法の導入も阻むものはない。

エコ・テクノロジーが常に先進国で開発されるとは限らない。そのことにも留意すべきである。こうした例は、第三世界で開発された環境に優しい技術の中に見いだされる。このような技術は、他の途上国に水平的に広めることができる。しばしば例に引かれるのが木炭を使った鉄鉱石の還元である。木炭はブラジルに豊富な資源であり、石炭に代わる再生可能な資源である。加えて、木炭は、石炭に含まれる不純物を含まないので、優れた磁気性能を持つ鉄を生産できる。次の例もブラジルである。砂糖きびからエタノールを生産し、石油を原料とする燃料の代わりにしようというプロアルコール計画である。経済性、価格競争力という点において、この製法は他に劣るが、先進国の技術一特に、バガス(砂糖きびの絞り糟)からエネルギーを回収する技術—と組み合わせれば、低迷している現行の石油価格とも十分に太刀打ちできるだろう。

最新のエコ・テクノロジーを採用することによって、大きな利益をうることのできる地域には、この他にも、中央ヨーロッパ、東欧、旧ソ連などがある。ここでもエネルギー集約あるいは資源集約のGNP比は高く、事実、途上国の平均を大幅に上回っている。更に、環境も危機に瀕している。市場メカニズムが存在せず、西洋の先進国から隔離されていたことが、こうした状況を招いた原因である。計画経済が実施されていた頃に使われていた人為的な会計システムは効率性を押

し下げた。5か年計画の目標値は、どの産業でも、価値ではなく、数量ベースで割り当てられていた。従って、価値や、環境への影響や、需要を二の次にしてでも、できるだけ重いもの、数量の多いものを生産するほうが都合が良かった。但し、科学、技術のレベルは一般に高い。もっとも、優秀な科学者や先端技術(特に旧ソ連)は軍事部門が抱えているのだが…。市場メカニズムの導入と、環境規制の強化、軍需技術の民生利用はエコ・テクノロジーの開発と応用に大いに役立つに違いない。西洋諸国は、科学技術よりもむしろ実用的なノウハウや、経験から得た知識、経営のノウハウを提供することによって、同地域におけるエコ・テクノロジーの開発と応用を促進することができるだろう。

最後に、エコ・テクノロジーの開発と普及は、地球の環境と気象を保全するために、また私達の未来を確保するために、最優先すべき目標である。この目標の達成に対し、特に先進工業国は大きな責任を負っている。先進国は、既に永年にわたり再生不能な資源を消費し、環境を破壊し、異常気象の原因を作ったからであり、持続可能な成長に移行するのに必要な科学的、技術的ノウハウの多くを、更には圧倒的な経済力を持っているからである。このような目的のために途上国に提供される援助は、利他的な行為というよりは、むしろ、人類全体の未来を確保するための努力と言うべきであろう。

#### 第一部 基調講演

## 「21世紀の科学技術と 人間社会の調和」

東北大学総長 西澤潤一



20世紀は、科学技術文明が大変働いた世紀であると考えております。しかし、いま振り返ってみますと、いささか科学技術の方向が正しかったか否か、疑問を感じざるを得ないのであります。しかし、エンゲルスだと聞いておりますが、かつて彼は言っております。当時、マルサスの人口論というのが、発表された時期であると思いますが、「将来、地球上に住む人間が非常に増えてくるだろう」と。しかし彼は、大変大きな期待を科学技術に対してもっていたのであります。「科学技術がそれに負けないほど進歩して、地球上に住む人間がどれだけ増えても、困難が出るようなことにはならないだろう」といってくれているのです。当時、科学技術に対するエンゲルスの期待というのは、大変正しい方向にあったと思いますが、その後、科学技術の行き方にも非常に問題があったせいだと思いますが、科学技術は環境を破壊し、人類を滅亡させるものではないかというような考え方が、ごく近年、特に日本に多く出たということは、私は大変悲しむべき事実であったと考えております。

日本こそ科学技術にその大半を委ねなければならない環境を持っている国でございます。資源が全くありません。食料も50%……最近は、さらに70%を輸入しているといわれているのであります。その対価として日本が何を輸出するかということになりますと、その大半を科学技術によらなければならないということは、申し上げるまでもないことでございます。このように、非常に科学技術に頼らざるを得ない日本が、科学技術に対する非常に大きな誤解を持っていたということは、甚だ残念なことであります。

確かにこの20世紀は科学技術の世紀でございましたけれども、非常に大きな誤りがあったことは確かであります。20世紀初頭にかけまして、よくいわれていることでございますが、蒸気機関が発明されました。これは約1700年のことであります。その後、電気が発明されまして、この電気が、各家庭に電線を繋ぐことに

よって、スイッチーつで使えるという、大変進んだ文明を人間に与えたのであります。それに引き続き、ドイツで発明されておりましたガソリンエンジンを使った自動車が、アメリカで、ヘンリー・フォードの極めてイノベーティブな方法によりまして、非常に安い車を使うことができるようになったのであります。

20世紀の文明の大きなエポックは、まず蒸気機関の発明。それに続きまして、電気を使うという技術の開発。三番目に自動車の普及という三つの事件がありまして、人間社会は大幅に変わったと申し上げてよろしいかと思います。よく蒸気機関だけがいわれますが、私としましては、むしろその後の、電気が家庭で簡単に使われるようになったということ。あるいは、自動車が非常に大量に使われて、人間生活に便利さを与えたということのほうが、むしろ大きいのではないかと考えております。

ちょっと余計なことを申しますと、このような三つの大きな成功は大都会の真ん中で出たものではなくて、イギリスであればスコットランド。また、当時まだ 文明の成熟が十分だといえなかったアメリカで進んだということも、大変記憶す べきことであろうと思います。大きなイノベーションは、大都会の真ん中で出る

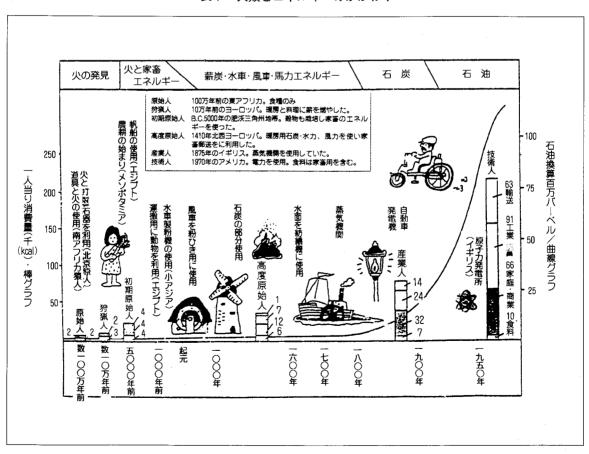


表1 人類とエネルギーのかかわり

〈出所〉NIRA「エネルギーを考える」

ものではなくて、むしろ辺地において現れるものだということを、われわれは心に留めなければならないと考えております。人間は、不便なところにこそ新しいニーズを感ずるわけでありまして、このような大きなイノベーションは、当時まだ、十分な開発が進んでいなかったところで起こったということも、その一つの例でございます。

表1は、ご覧の通り、1900年頃から電気や自動車あるいは蒸気機関が普及いたしまして、人間が一人あたり使うエネルギーがいかに急速に増えたかということを示すダイヤグラムであります。ざっと見ますと、一人の人間が使うエネルギーは、20世紀の間に約100倍近く増えたと申し上げてよろしいかと思います。特にエネルギーの消費量が増加し始めたのは、この表でご覧の通り、1900年ぐらいのところから急速に上昇しているわけであります。ここが1900年であります。非常に急速に上がっているということがお分かりになると思います。

ところが、これによって人間は死亡率を非常に下げることができた。その結果、 人間の人口の増加も、またこの1900年というのが非常にエポックになるような年 になっているわけであります(表 2)。さっきのダイヤグラムと比較してみますと、

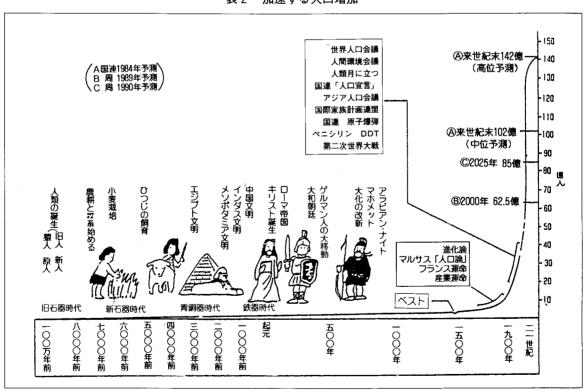


表 2 加速する人口増加

私たちの便利で快適な生活は、昔の人からは考えられないような大量のエネルギーによって支えられている。 世界のエネルギー消費量の増大は、<u>1人当たりの消費量の増加と人口増加の相乗効果</u>によってもたらされたものと言える。

〈出所〉村松稔「人口を考える」、国連1990年発表「世界人口白書」等

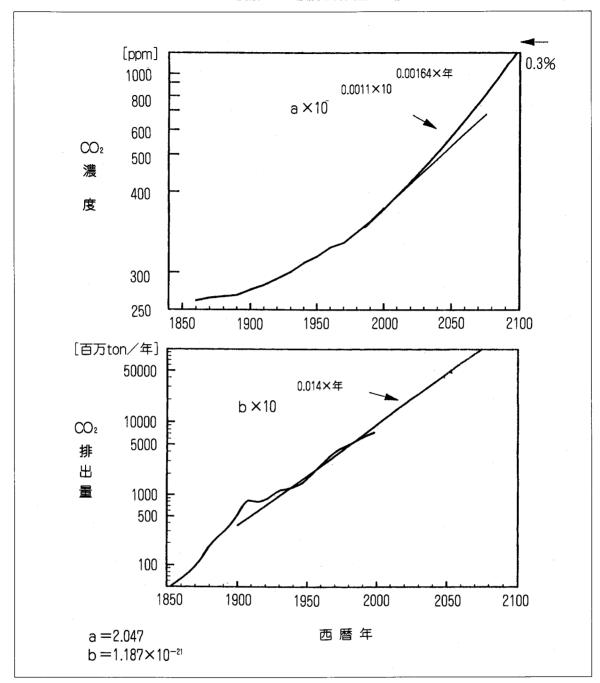
1900年はここであります。ちょうど、非常に早い急速な増加が始まったのが、同じく1900年であるということ。言い換えますと、さっき申しました通り、乳幼児の死亡率が下がったということになるのではないかと思います。で、この20世紀の間に世界の人口は約10倍近くになっております。まだ20世紀は続いておりますが、いろいろなエスティメーションが行われておりますけれども、まあ、10倍をやや下回るぐらいと申し上げるのが、正しい見通しではないかと思います。

10倍近く増えた人間が100倍近く増えたエネルギー消費をもつということは、全体としては、エネルギーの消費量は、1世紀の間に約1000倍近くになったというふうに申し上げなければいけないわけであります。その結果、太陽が地球に向かって何億年かかって送り続けましたエネルギーが、植物によって吸収されまして木材として地球上に貯えられたわけであります。これが化石化いたしまして、地球上で石炭または石油として貯えられたこと。この大変な太陽からの贈り物を、人間はほぼ1世紀の間に、まさに使いきってしまうのではないかと思うほど大量に使ったということになるわけであります。

このような度の過ぎた消費生活というのが、われわれ人間社会を歪めないはず はないのであります。いまにして、ここら辺に対する注意が不十分であったとい うことを、現代に生きる科学技術者として、大変残念に思うところであります。 結局、そのような急速なエネルギーの消費、石油・石炭の消費というものが、大 変な異常を地球上にもたらしたのであります。

表3の下のダイヤグラムは、石炭・石油の消費量をいろいろな文献から調査をいたしまして引いたのが、このソリッドラインであります。で、こちらが普通の表とは違いまして対数目盛りになっております。で、直線だということは、いわゆるイクスポーネンシャル・ファンクション――指数関数型に増加するということになるのでありまして、毎年、1.4%か何かの割合でこれが上昇し続けているということで、大変ラフな近似でありますが、説明ができるということがお分かりいただけると思います。

表3 炭酸ガスの濃度と排出量の推移



出典:日本エネルギー経済研究所

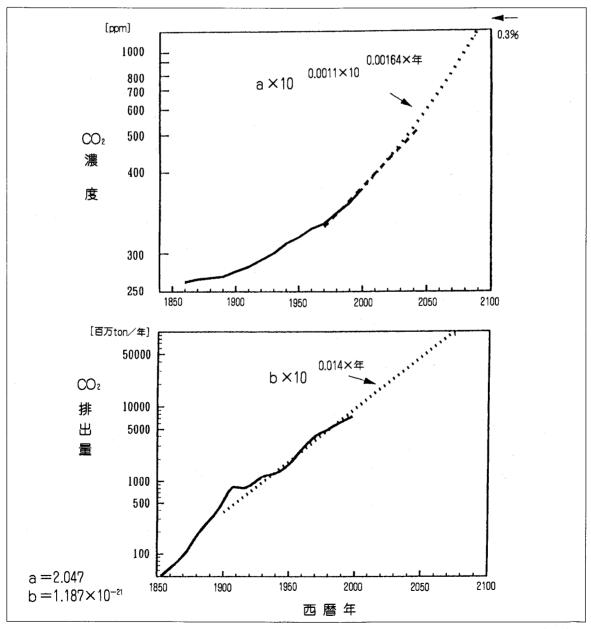
このできました炭酸ガス……現在、いま1年間に100億トンにのぼるのですが、この100億トンにのぼる炭酸ガスの一部が、植物によって酸素に還元されるのであります。それで、残りの部分が大気中に上昇いたしまして、大気の中にだんだんに炭酸ガスとして残っていくのですが、もしも、植物の同化作用と発生する炭酸ガスの量が等しくなったならば、この形は平らになる、一定値になるのですが、この表から見ると、まず植物の同化作用—植物の酸素に変換する量よりも、炭酸

ガスの発生するほうが大幅に多いということを意味するのであります。

もし下のダイヤグラムが直線であれば、簡単な近似からいいますと、上のカーブも直線にならないわけで、ところが上のカーブでは、明らかに直線ではなくて、極めて急速に上昇しつつあるということを示してくれるわけであります。これが非常に緩い傾斜をもっておりますが、しだいに大きな傾斜になっていることがお分かりになると思います。

現在、カーボン・ダイオキサイドの密度は、大体0.034%といわれております。 ところが、このカーブを関数論的に数学的に解析したものが、このドットライン で表現してございます(表 4)。近似式はこのような形になっております。指数関

表 4 炭酸ガスの濃度と排出量の推移



出典:日本エネルギー経済研究所

数でやるということがお分かりいただけるだろうと。その結果、この数学的な延長線を根拠にして予想して見ますとカーボン・ダイオキサイドの密度が、0.3%、すなわち、現在の約10倍になるのは2080年と考えられます。さらに10倍になって3%になるのはどれくらいかということをエスティメートして見ますと、2150年よりも早いという結果になってまいります。

まあ、この近似法は別に特別なことをやったのではなくて、ごくポピュラーなやり方をとったわけでございますので、別に異常があるわけではございませんけれども、3%になりますと、人間は窒息するだろうということがいわれております。すなわち、現在のようなやり方をそのまま続けていくと、地球上の人類は、22世紀の中頃には窒息をしてしまうだろうという予想になるのであります。いろいろな反論をなさる方もいらっしゃいますけれども、私が調べた限りにおいてはまだ、根拠のある、このようなことを否定する議論は聞いたことがないのであります。

言い換えますと、地球はその創世期に向かって遡りつつあります。すなわち、植物が発生する以前の状態に戻りつつある。つまり、植物は地球上に石炭・石油の形で貯えられたのでありますが、これを燃やしてしまうということは、植物が発生以前の地球の状況に戻っているということに対応いたします。で、そのようなことからいいますと、植物が発生する前の地球には、非常に密度の濃い炭酸ガスがあったということは、よく知られていることであります。すなわち、現在、地球はその創世時代に戻りつつあるのだということになるのであります。したがいまして、人類が窒息するということはかなりの根拠がある話でございます。

若干違いますのは、地球の創世期に比べますと、地球の内部の温度が下がっておりますから、地球の内部に入っております炭酸ガスが増えてきただろうということになりまして、そこだけが若干の食い違いをみせるだけであります。

私が「大変な危機がきた」、「そろそろ地球環境に限界が見えてきた」ということを申し上げるのは、以上のような結論に基づいているところでございます。

20世紀は、申し上げるまでもなく、大変物資を浪費する時代になっていたのであります。極めて有名な日本の新聞に、「消費は美徳なり」という言葉はしょっちゅう出ておりました。しかし、最後にその新聞には、「浪費は美徳なり」という言葉まで登場することになったのであります。物をどんどん使うということが工業を活発にし、経済を活性化するということであろうと思います。しかし、そ

れは大変な間違いであったということは、申し上げるまでもないことでございます。

われわれ東洋人は、いろいろな物の中に神を見るのでありまして、神様がいると考えます。日本では山を信仰するという考え方があります。山には全て神がおられると考えたのが、東洋人の精神文化の中にはあります。東洋は八百万の神と申しまして、全ての物の中に神が存在すると考えて、物資まで大変大事に扱ったという慣習がございます。この辺は、西洋文化とは、極めて違った面をもっている。物を神と考えて大事にするということが、われわれ東洋人のもともとの気持ちにはあったのだと、私は考えているところであります。いま改めて、このような文化を再び呼び戻して、価値観を改めなければいけないのではないかと思います。

先年、京都の宗主のお宅を見せていただいたことがございます。1月1日の事始めに、寒い冬の最中に、井戸から自分の手で釣瓶で水を酌み、冷たい水でお茶をたてるという行事があります。この寒さというものを同時に楽しむというのが、日本の精神文化の中にはあります。寒ければ暖房をつければいいだろう、ヒーターをつければいいだろうと考えるのは、古来の日本の精神文化の中にはなかった別な価値観であります。こういうものをもういっぺん見直すということが、実は、少なくとも東洋人の精神的な満足を完全にするためには、絶対に必要な考え方であったのであります。長い間、われわれ日本人を中心といたしまして、東洋の人たちは、古来の自分たちの精神文化を見失っていました。物質礼讃ということになっていきましたのは、大変反省を要するところではないかと思います。

そのような前提ではございますけれども、しかしいま、これだけ増えた人口を、ある程度の物質的な満足を与えながら、地球上に共に生きていくということは容易なことではないわけであります。先ほどお目にかけましたこの表(表3)で考えてみましてもなるべく早く、このカーブを横に寝かすということに成功しなければいけません。これを横に寝かすということは、これを下げるということであります。簡単にいえば、石炭・石油の消費量を非常に下げる方法を考えなければならない。新しいエネルギーソースを、われわれの世界の中に見つけ出さなければならないということになるのであります。

一番大きな炭酸ガスを出している原因は自動車であります。例えば、自動車を 電気自動車化するということは、アメリカの自動車工業界が数年前から決議とし て守っている考え方でありまして、現在、総生産量の3%を電気自動車にするということが取り決められております。日本の自動車工業界も、アメリカに対する輸出をするためには、電気自動車を3%作らなければならなくなっているのであります。これも一つの新しい展望でございます。

しかし、もしもこの電気自動車を動かす電気が石油を燃した発電所で作られていたとしましたら、大した差はないわけであります。その電気エネルギー自体を、 やはり化石燃料以外で見つけ出さなければならないわけであります。

いま地球上には、大変大きな川が無駄に流れているのであります。岸の土砂をくち削る。そういうエネルギーとしてしか使われていないのでありますが、もしも、この水力のエネルギーを使って水力発電をすることにしたらどういうことになるかを、極めて簡単に計算をしてみました。ざっと計算いたしますと、全体の1%を電気に変換できるといたしましたら、現在、全世界の人類が使っております全エネルギーを補って十分に余りがあるということが分かります。つまり、水力発電をより活発に行っていくことに成功したとすれば、エネルギーは十分に天がわれわれに与えてくれているのだということになるのであります。天は太陽光線を送り続けまして、地球上の水蒸気を蒸発させ、高いところに運んでいってくれます。これが雨として地球上に落ちてくる。高い場所に落ちた雨が集まって川となり、これが海に流れていく過程で水力発電をすればいいことになります。

1%以下で十分であるという計算は、私は電気工学科を卒業いたしましたが、あまり勉強しなかったので自信がございませんでした。で、一応、OPECの総会の後で、このような発表をする機会を与えられました。たまたまオランダから電力技術者が7、8人来ておられたのでありますが、この技術者の方々に確かめましたところが、「自分たちも大分前に計算をしたことがあるが、それで十分間違っていない」ということをギャランティーしてくれました。したがいまして、いま私が申し上げますように、水力発電をより活発に行うということができたといたしますと、この問題は一挙に解決できるということにもなります。

では、何でやらなかったのかといいますと、現在、電気を送るという技術は、 エジソン以来発展した、人類の一つの大きなイノベーティブ・テクノロジーでご ざいますが、残念なことに、現在は交流で電気を送っております。交流で電気を 送りますと、大体安心して送れる距離は、30kmであるといいます。現在、世界 中で電気を送っている距離はもっと長いので、電力技術者に私がその値が正しく ないのではないかと質問したところ、現在のところでは、やはり30kmである、 それ以上運ぼうと思うと大変効率が落ち、また、いろんなインベストメントが必 要になってくるというのが返事でございました。

その証拠として、日本には本州と北海道の間に津軽海峡というのがありますが、この距離がちょうど30kmでございます。この間を電力を送るために海底ケーブルが敷かれておりました。海底ケーブルの場合には、途中でいろいろな操作をすることが難しいのであります。そのために、この30kmのところは直流に変換をいたしまして、直流で送っているんだというのが、その考え方の根拠であるということを、私に言ったのでございます。これはまさにその通りでございまして、最近はトンネルが通りましたのでどうなったか分かりませんけれども、少なくともその前までは直流で、大変大きな損失を出しながら変換をいたしまして、直流で電気を送っていたということは間違いのないところであります。

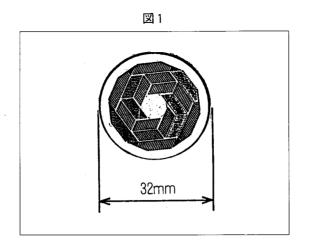
まあ、そのようなことで、私の聞きました電力技術者の返事を信ずることにいたしますと、従来、水力発電所ができたといたしましても、消費地から、つまり工場や都市から30km以上離れたところに水力発電所を造りましても、この電気を運んできて利用するということは、大変難しかったということになります。

ところが、直流で電気を運んだらどうなるか、直流で電気を運びますとどれくらい運べるかということを専門家に聞きますと、1万キロメートル運べると申します。私も大変びっくりいたしました。1万キロメートルというのは、地球の円周の4分の1であります。つまり、東京を中心といたしまして、1万キロの糸で地球の上に円を書いたといたしますと、これはちょうど地球全体の半分を覆うことになります。つまり、東京で電気を使おうと思えば、地球の上の半分のところからは電気を運んでくることができるということになるのであります。

実は、エジソンは電気を配電する時に直流方式を取りました。ところが、彼の会社はつぶれたのであります。これは、直流は変圧器を使うことができないということで失敗をしたわけです。電圧を変えるということは、送電する際に絶対に重要な技術であります。そのために、非常な欠点をもっていたにもかかわらず、ウエスチングハウスがやりました交流送電方式が成功し、エジソンのやりました直流送電方式は失敗したのであります。

ところがたまたま私たちの研究室で、大変かわったデバイスを作るのに成功いたしました。中身は細かくお目にかけるわけにはいきませんが、上から撮った写

真をお目にかけます(図1)。これは一つのスイッチングデバイスでございます。

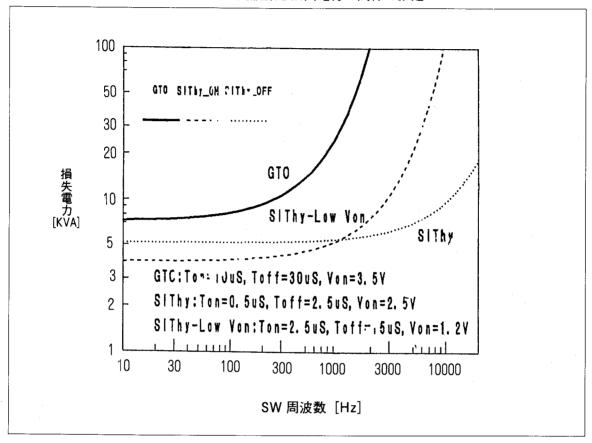


普通のトランジスターは、増幅用のでは、アンプリフィケーションをやるのが目的のデバイスでございますが、このデバイスはスイッチをするわけです。簡単にいえば、よくご覧のナイフスイッチのように、電流を流したり切ったりすることだけしかできないデバイスであります。従来、電流を切るということのできるデバイスはほとんどありませんでした。アメリカのゼネラル・エレクトリックが成功いたしました、GTOというデバイスがございます。われわれのほうでやりましたのは、予想もしていなかったことでありますが、電流を流し始めたり、あるいは電流を切ったりすることができるのはもちろんでありますが、その効率が予想もしなかったほど高かったわけであります。

で、そのようなことが分かりましたんですが、そのときの効率をちょっとお目にかけますが(表5)、そのソリッドラインで書いてあるのが、アメリカのゼネラル・エレクトリックがやりましたGTO(ゲート・ターン・オフ)であります。ゲートによって電流がターン・オフできるというデバイスであります。大体、300ヘルツ.....300サイクルぐらいのところで損失が急に増えてまいります。

これに対しまして、私どものやりましたのは、SIサイリスタースタック・インダクション・サイリスタと申します。これは二つ例がでております。一つは、低い周波数で働くようにデザインしたものでありまして、ご覧のように1000サイクル。つまり、人間の耳に聞こえます音の周波数になるのでありますが、この辺までは非常に損失が少ないですね。この辺になりましてようやく増えてまいります。これが3000サイクル。非常に耳によく聞こえるところであります。そろそろ耳に聞こえなくなってくるわけでありますが、耳に聞こえるような周波数範囲ではこ

表5 直交変換におけるSW素子中の損失 SW周波数と損出電力の関係の推定



れぐらいというのが、ここに一つあります。二つの例が示してあります。この辺では、ご覧のように、アメリカのGTOに比べまして約半分の損失になるわけであります。しかも、高い周波数まで十分に低い損失で動くと。こちらは少し高い周波数、つまり、早いスピードで動くデバイスであります。この辺まで損失がほとんど増えない。これから増えてまいります。非常に早く動くものと、割り合ゆっくりしか動けないものとありますが、それでもこれよりも早いですね。しかも、損失はどちらも低いときております。簡単にいえば、いちばん高い周波数で動くのは1メガヘルツ。つまり、約100万サイクルまで動くというものがあります。100万サイクルというのに対しまして、現在ここにきております電気は50サイクルであります。大変高い周波数まで動くということがお分かりになると思います。そういうものであるにも関わらず、損失が全体としては1%以下であります。ですから、いまこれからわれわれは、電気を50サイクルに限定して使う、60サイクルしか使えないと考えるのは、もうその必要はなくなってきたと申し上げてよろしいかと思います。

非常に高い周波数をエネルギーソースとして考えますと、使います変圧器の大きさは非常に小さくできるわけです。モーターも非常に小さくなります。例えば、レコードを回す、こういう小さなモーターがありますが、あのようなモーターで電車を動かすことができるということも、理論上は可能になります。非常に小さな電気機械が使えるようになってまいります。これは、物質を非常に節約することには大きな貢献があるのであります。このときに、先ほどお目にかけましたような小さなサイリスタ、さっきお目にかけましたのが直径32ミリですね。3センチ2ミリのあのデバイスで流せる電流が300アンペアであります。いかに大きな電流が取り扱えるデバイスであるかお分かりいただけると思いますが、電圧が現在4500ボルトであります。すなわち、あの一つのデバイスで、約1メガワットの電力が取り扱えるということになってまいります。瞬間的には、さらに100倍の電力が取り扱えると、長い時間やっておりますと壊れてしまいますが、短時間でしたら100メガワットぐらいを、この小さなデバイスが取り扱うことができるのです。このようなデバイスができたのでございます。

考えてみますと、人間は道具を使う動物であるといわれます。たくさんの道具を持っております。しかし、その道具の中で効率の高いものはそんなにありません。自動車のエンジンも、理論値に対して約半分しか効率がありません。理論値が約半分でありますので、合計約25%ぐらいの総合効率しかもっていないのです。それでも日本のエンジンは世界最高であります。まだまだ科学技術が進歩して、理論値の約50%という値を実現するまでには大変な努力が必要であります。もしも、現在のエンジンの効率を倍に上げて理論値に近づけることができたといたしますと、ガソリンの消費量はいっきに半分に減ります。そういうような大きなイノベーションが、科学技術の世界で期待されているのだということになろうと思います。

しかしその前に、その電気エネルギーを取り扱えるデバイスができたわけでございますが、このデバイスは効率が99%以上であります。電気の世界には三つ、99%の効率で動くものがあります。他の分野には全くありません。いちばん最初に99%で動くデバイスを発明したのは、イギリスの人はマイケル・ファラデーであると言います。アメリカの人はスタイメッツだと言います。どちらが正しいかは、きょうここで議論するゆとりはありませんが、いずれにしましても、彼らの発明いたしました変圧器が、人間が手にした最初の99%の効率を持った機械であ

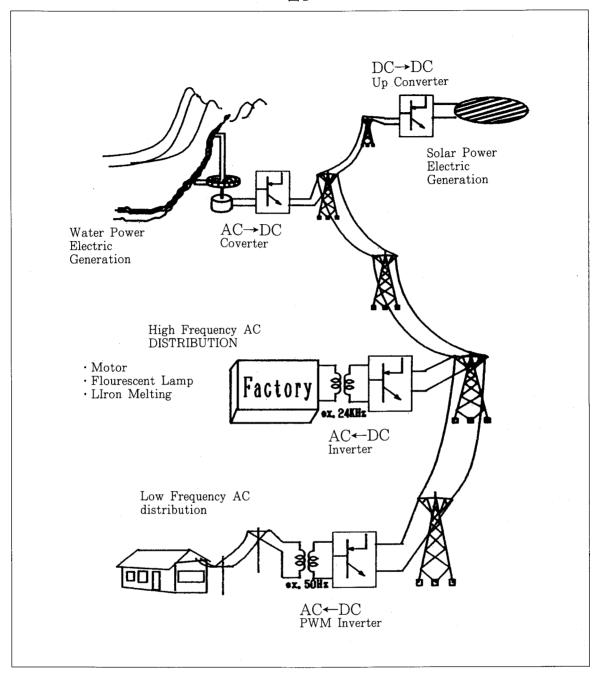
ります。

第二番目が、私が1950年に考え出しましたPINダイオードと言うものでありまして、これは、交流を直流に変換することができるデバイスであります。ちょうど20日ほど遅れて、ゼネラル・エレクトリックにおりますロバート・ホール博士が、同じようなことを発表いたしました。私たちのほうが18日だけ早かったわけであります。

その後、さっき申しましたこのデバイスは、直流を交流に変換することができるデバイスでございます。同じく、総合効率は99%を上回っております。言い換えますと、人間は電気という形のエネルギーを、電圧を変えたり、また直流を交流に直したり、交流を直流に直したりすることができるようになったのであります。エネルギーの変換が大変簡単になりました。その結果、直流で電気を運びましても、町に到着してからこれを交流に直すことができるようなことになりました。その時の損失は1%以下であります。そのあと変圧器を通しまして、各家庭あるいは工場にエネルギーを配ることができるのであります。変圧器の損失は1%でありますから、合計2%の損失しかないのであります。

したがいまして、揚子江の上流で電気を起こす。あまり上手くない絵でありますが、一応、揚子江だと考えていただきます(図2)。ここで発電機を回しまして電気を起こします。高い電圧にしまして直流に直します。直流送電であります。 DCパワートランスミッションであります。この場合には太陽電池をもっております。同じく、これは直流であります。これを高い電圧に直すため交流にして変圧器を通しコンバーションをやります。この結果、これは直流の高電圧になります。ハイボルテージDCになります。これを運びます。これは1万キロメートル連べるわけであります。使うファクトリーについたときに、ここで交流に直すわけであります。変圧器を通しまして、工場で動力として使うわけであります。もちろんこのときには、さっき申しましたように、50サイクルとは限らず、この場合には24キロヘルツ、24000サイクルの電気を作ったと考えております。工場の中の電気機械は大体、数十分の1の大きさに小さくすることができます。小さな非常に材料を大切にする工場になるのであります。こちらでは一応、50サイクルにすると書いてございますが、このときの損失も1%であります。ここでの損失が1%、合計2%の損失で家庭に電気をいれることができるのであります。

いま申し上げたようなことからお分かりの通り、いまやわれわれは、1万キロ



メートル先から電気をもってきて使うということができるようになったと思います。1万キロメートル運んだ時は、電力は85%に低下します。85%というのは、あまりそう大量に減った値とは考えなくていいと思っております。将来、ルームテンパリチャーにおける超伝導、スーパーコンダクターが実際に工業化されたといたしますと、いま申し上げたエネルギーは、100%運ぶことができるようになるはずです。これは将来の技術開発によるところです。現在の技術をもってしても、1万キロメートル運んでいって、85%に減るだけだということになるのであ

ります。このようにすれば、いま世界中のエネルギーは、石油・石炭を全く使う ことなしに、十分に供給することができるということがお分かりいただけると思 います。

いま日本がこのような技術を開発いたしましたり、われわれのやりましたような半導体デバイスを工業化いたしまして、これを世界中に売ったといたしましたら、日本のように資源のない国も、工業で生活を続けていくことができることになりますし、また、世界の人たちは、このように環境を全く傷つけることなしに新しい生活を続けることができるというのが、科学技術から見た将来社会への一つの貢献であると私は考えております。

昨年の11月に、中国の三峡ダムに招待をされまして、これを見てまいりました。いま中国は、かつてのピラミッドの建設を上回るような、歴史に残るような大きな開発に着手をしたのであります。彼らがいいました二つの問題をご紹介したいと思います。一つは、彼らは20年後には、中国の火力発電所および原子力発電所は全部閉鎖する、これから先、20年間、次から次へと揚子江、あるいはそれ以外の川に水力発電所を建設するつもりであるということをいっております。これが一つのトピックスであります。

第二番目のトピックスは、よくいわれることでありますが、ダムを作ると環境を壊すということがいわれております。日本には、私が知っている限りにおいて、大変理想的なダム構成がございます。東京と私が住んでおります仙台の間に只見川という川があります。この川には、たくさんの水力発電所がタンデムに並んでおります。一つの発電所でエネルギーを使った水は、次の発電所に入りまして、ここでまた、そのエネルギーを電気に変えるのであります。さらに第三番目の発電所で使うということでありまして、次から次へと、発電所で使っては下流に水を流していくのであります。このような方式をとりますと、一カ所で全部のエネルギーを電気に変換するよりも、貯水量は非常に少なくて済みます。一つの大きなダムの代わりに、10の小さなダムを作ることになります。全体の貯水量は10分の1どころではなくて、もっと少なくなります。そうすれば、当然水没面積もその割合で小さくなります。ダムの幅は狭く、かつ高さも低くて済みます。ダムの建設費用も、全体として高くなるとは考えられません。多分、安くなると思っております。

このようなことをやりますと、環境をそれ程大きく破壊することなしに、水力

を電気に変えることができるんだということを、私は北京で、三峡ダムへ視察にいく前に講演をしました。かなり反響を受けた人がいましたが、首脳部はそのときに私に説明をしてくれました。三峡ダムに大きなダムを作るのは発電のためではないと。中国やアメリカのように大きな大陸の中で洪水が起こりますと、その水が流れ去るまでに非常に長い時間がかかる。日本のような狭い国における台風の被害と比較にならないほど大きな被害が出る。だから「大きなダムを作るのは、洪水が起こりそうなときに、そこに水を貯めて、下流に洪水を起こさせないということが一番重要な目的である」というのが彼らの説明であります。すなわち、水力発電をしようというと、公害を起こすということを仰る方がよくいらっしゃいますが、実は、そのダムが多目的ダムでありまして、たくさんの水を貯蔵するという必要がある場合に環境破壊が起こるということになります。問題は、洪水による被害と、大きなダムを作った時にその辺の住民やその他に与える被害との比較でございます。これは私たちは専門ではないので、これに対して意見をいうことはできませんでした。

ただ、私がここで申し上げたいのは、水力発電をやると環境破壊が起こるというのは、決して正しくない。どういうことをやっても幾らかは環境破壊が起こります。石油・石炭を使うときの環境破壊よりも、水力発電を使ったときのほうの環境破壊のほうが遥かに小さいのだということだけを今日申し上げておきたいと思います。

以上のようなことが一つの例でございます。いろいろな例を私の話の中でご紹介いたしました。いま科学技術こそ、もっとも活躍することが求められている分野だと私は考えております。このような分野で素晴らしい科学技術の成果を挙げて、環境の破壊をミニマムにして、しかもマキシマムな、その物質的な幸せを地球上の人たちに作ってあげるというのが、われわれ科学技術者の一つの責任であると思います。さらに、この物質文明に精神文化を共生させて、新しい文明を創造していく。いままでのように寒ければヒーターをつければいいというだけの文化は、極めて浅い文化だと思います。寒さを楽しむという他の面をもった精神文化を東洋の人たちが導入いたしまして、精神的にも満足をしながら、物質的にも凍え死ぬということのないような、一つの新しい価値観を創造する必要があると私は考えております。21世紀に向けて大変増加するであろう世界中の人たちを、みな生存を冒す、侵害することなしに、しかも精神的な満足を十分に与えながら

共に進んでいくということを実現することが、これからの21世紀の目標とすべき 文明であると私は信じております。

以上で私の話を終わらせていただきます。

#### 第2部 パネルディスカッション

**白根** 皆さまこんにちは。これから、第2部「21世紀のパラダイム・シフトを考える」のパネル討論を開始したいと思います。

内外の大変なビッグ・ネームの方がパネラーに並んでおられますので、できるだけたくさんのお話をしていただきたいと同時になかなかこういう機会がございませんので、できるだけご質問、あるいはコメントもフロアからいただきたいと思っております。

すでにお二方の基調講演の中で、エコ・テクノロジーという問題領域について 大体の枠組みが出てきたような気がいたします。

この後のスケジュールといいますか、どういうふうに進めるかということなんですが、まず、きょうはNHK方式で、教授とか総裁とか総長といった肩書をつけるのはやめます。全部"さん"でいきたいと思います。濱田さんが第1バッターでございまして、2番目に掘越さんからお話をいただきます。3番目がマンデルブローさん。そして、お3人のご発表があったあとに、先ほど基調講演をしていただきましたコロンボさんと西澤さんから追加コメントをいただきます。3人のご発表は10分ぐらいを予定しております。10分ぐらいっていうことは15分ということになるかと思いますけども(笑)、大体そんな検討でいきたいと思っております。できるだけ最後に質問の時間を残したいと考えておりますけれども、ぜひご協力いただきたいと思います。

したがって、私のきょうの役割は、コーディネーターとかモデレーターとかい ろいろな名前がついておりますけれども、どうもタイムキーパーの役割しかない んじゃないかという気もいたします。

冒頭、吉村理事からエコ・テクノロジーという問題を本田がどう取り上げてやってきたか。財団が発足する前に国際交通安全学会という場でもこういう問題がすでに取り上げられておりまして、大体20年近いキャリアを本田財団は背負っているんじゃないかと思うんです。そしてこの間に、まさしくいろんな分野で大きくパラダイムが転換したような気がいたします。

日本という視点で考えた場合でも、この20世紀の最後に近い今日、いろんな問題がすでに起こっているわけですね。私、おこがましくも未来予測というのが専

門の一つになっているんですけれども、大きな変革には必ず予兆という現象があるわけです。あとで考えてみますと、「そういえば、このときこんなことがあった」ということがあるわけでございます。しかも21世紀へ向かって、この20世紀の最後の10年の90年代に起こっていることは、大変不思議なことなんですけれども、1985年という年に予兆が集中しております。まず第一に、ゴルバチョフ政権が1985年に成立した。そして、グラスノスチとかペレストロイカといったことを言い出しまして、これが、予兆となって実はその後の、80年代の後半から90年代の初めにかけてのあたかも雪崩現象のような社会主義国家の崩壊が音をたてる勢いで一斉に起こった。

また、きょうここにアメリカの方がおられるとすると、こんなことをいってまことに申し訳ないんですが、この85年についにアメリカは、それまでの債権国から債務国に転落してしまいました。"転落"という言葉をあえて使わせていただきますけれども、なぜそういう言葉を使うかといいますと、確か1914年頃から、アメリカは終始外にお金を出して援助をしてきました。"パックスアメリカーナ"という言葉もありますように、長い間世界のリーダー的な役割を占めてきたわけです。そういう意味でいけば、明らかに1985年というのは大きな転換が起こった年で、債務国に転落したという形になっておるわけです。私の調べたところでは、1914年あたりから70年余もの間債権国として世界の援助に取り組んできたのですが、とりわけ、第二次大戦後のマーシャルプラン、ヨーロッパ諸国に対する援助というのは、大変に大きなものだったと思います。

さらに日本でいえば、この1985年に、ニューヨークのプラザホテルで、各国の蔵相と中央銀行の総裁が集まりまして、G5のプラザ合意というのがありました。これをきっかけとして、いまも円高が大変問題になっておりますが、1985年時点で1ドル260円が、短期間に1ドルが120円という急激な値上がりで、2倍以上の倍率になっているわけですね。そこで慌ててといいますか、低金利政策をとったのですが、間もなく景気が回復基調に戻ったのに、それを長く続けすぎたと言われております。これは不景気をおそれる余りということですが金融当局の観測が誤りだったと思うんです。すでに景気が回復していたにも拘らず低金利政策を続けすぎたことが、その後のバブル現象の一番の原因になったわけです。そして、バブルの崩壊、さらに長期の不況が日本を襲ったということになると思うんです。次にきょうのテーマにも直接関わると思いますのは、同じ1985年にようやく環

境問題、とりわけオゾンホールの問題、これを何とかしなきゃいかんということで、各国が集まった席でいろんな議論が初めて表に出てきたわけです。とりわけUNEP、すなわちユナイテッド・ネーションズ・エンバイロメント・プログラム(国連環境計画)が初めて公式にこの問題を取り上げたのが1985年でございます。

実は、オゾンホールの問題というのは、カリフォニア大学教授のフランク・シャーウッド・ローランド博士(1989年度日本賞受賞)が1974年になぜそういうふうになったかという解析を含めて論文を発表されておりますから、1985年にようやく国連の環境計画が取り上げるまでに11年という歳月を経ているわけです。それまでは、公式にはあまり問題にしてくれなかったと言っていいと思うんです。つまり、この種の問題は、当面の経済的な活動にあまり直接関係がございませんので、なかなか国際機関で取り上げることにならない。これが経済問題とか貿易問題という各国の直接的利害にかかわることは熱心に取り上げてくれるんですが、なかなかこういう環境破壊の問題、そういうものは取り上げられないということでございます。

そういうことを考えますと、やはり、その時代々々の常識のようにされていること、あるいは、それぞれの専門で一つの枠組みが出来ているものというのは、なかなか変えがたい。1962年にトーマス・クーンという科学史専攻の方だと思うんですけれども、その人が言い出したパラダイムという言葉が、その後大いに流行りました。もうすでに手垢がついた言葉ですけれども、今また、さらに大きくこのパラダイムという問題が、シフト、あるいは転換という意味を含めて20世紀末に取り上げられてきたと思うんです。今まで常識とされてきたことであればあるほど冷静・客観的にもういっぺん評価をし直してみて、場合によってはその転換を計らなければならないということです。

きょうの議論は、こういった問題意識を底辺に据えて、これからいろんなお話 をしていただければと思っているわけです。

ちょっと前置きに時間を取りましたけれども、それではさっそく濱田さんから ご発表いただきたいと思います。よろしくお願い致します。

**濱田** いまご紹介いただきました濱田でございます。

入口の受付でお手元に届けられていると思いますが、私の話しの主な部分は小さなプリントにしてお配りしてございます。それには表が二つほどついておりま

すが、それについては後ほど触れたいと思います。

すでにコロンボ博士、西澤先生の、非常に的確で、しかも鋭いパラダイム・シフトへ向けての前提のお話しがありました。私は、私の専門の地球環境変遷史という立場から多少観点を変えまして、まあ、人間側からの発想というよりは、どちらかというと地球にシンパシーをもった発言として、コンセプチュアルな話をちょっとさせていただきたいと思っております。 いう立場から多少観点を変えまして、まあ、人間側からの発想というよりは、どちらかというと地球にシンパシーをもった発言として、コンセプチュアルな話をちょっとさせていただきたいと思っております。

人類が近代科学技術時代に突入して、本質的に視点の変換を迫られたっていうのが、やはり、最近では特にですね、宇宙空間へ人間が飛び出したというところにあるのではないかと私は感じております。つまり、地球を外から眺めてみるというのは、理屈とか映像では普通の人でもありますけれども、やはり生身の人間が地球を外から見るという、そして微小重力と……、無重力という言葉は多分間違っていると思いますが、微小重力という世界で、非日常的な空間で、非常にもの珍しい現象をいろいろ体験した。それだけじゃなくて、本来ですね、人間というものは、そういうところへ行ってみてやっと気がついたというか思い直したんでしょうが、人間っていうのは、地球という特定の質量をもった星の上で、1Gという――グラビティー、重力に支配されている生物だということを痛感させられたということである、と私は思うわけです。昔から科学史が能弁に語っておりますように、望遠鏡が発明されたり、顕微鏡が見つかったり、まさに視野の拡大が行われたときに、人間の考え方の変換というのが起こってきております。その意味においても、人が宇宙から地球を眺めることができるようになったというのは、大きな視野の転換期にあたるといって差し支えないと思うわけです。

そうした事態をもたらす科学や科学技術の発達があったということは、これは どなたもご存知、ご理解いただけるかと思いますけれども、この事態に至りまし て、先ほどもご指摘がありましたように、我が地球環境に対して、われわれの文 明活動がいかに大きなインパクトを与えてきたかという点を、いろんな立場、あ るいは切り口というんでしょうか、ものの見方というんでしょうか。すなわち、 発想・認識・価値観といった、パラダイムに関わる、評価に関わるソフトの変換 が、いま必然的に求められていると思います。それらの結果が集まり、重なって、 おそらく、大きな社会的な、あるいは科学技術上のパラダイム・シフトというも のが完成されると思うわけです。

例えばこれ、簡単なことというんでしょうか、身近なことかもしれませんけれども、私たちが大学で習いました"非常に巨大な地球"というものを"小さな星"と表現できるようになったのは、ごく最近のことであります。動かざること大地の如しといわれた確固たる基盤と思われた地球が、なんとまあ、無節操にというんでしょうか、地球表層は不断に動き回っているということも分かってまいりました。それから情報の世界では、世界中の出来事がリアルタイムですぐに伝わってくるなど、日常生活においても、実にこの科学技術の進展は、われわれに新しい視点を開いてくれる要素を提供しているわけであります。

科学技術や科学に対して全幅の信頼をおきまして、文明の発達、人類のアメニティを求める方向で動いてきたこれまでの我々の生活、人類社会というのは、考えてみると、その科学技術を最大限に活用してきたライフスタイルであったわけですけれども、先ほども西澤先生から大きなご指摘がありましたように、いま反省を迫られているということになると思います。科学が真理・原理を求めること、これはもちろん誰もが否定しないことだとは思います。しかし、一旦それが技術という土俵に上って、人にサービスをするという、そういう方策に転化された段階で、人間というのは、これは進化の法則として知的進化の最先端におりますから、あくなく自分のアメニティを求める。これには不可逆の要素がございまして、一度要求水準が上がりますと、それを下げることができないという、これはもう、本当に否定しがたい生活の進化という中で動いてきておりますので、そのために、人を除く他の地球型生物に対して非常に大きな影響を与えました。

というのも、われわれは、考えてみますと、人間以外の生物というのと、例えば、食物連鎖のような生態系を考えましても、全然違ったシステムなわけですね。逆に、地球生物のあらゆるものと違った生態系をわれわれは作ってしまった。つまり、自分の食べるものを自分で獲得していかなければ生きていけないというルールから外れてしまっているわけです。これは、経済という、文明を得てしまったからだと思います。

そして、なお加えて、先ほどもご指摘がありました人口増という重大な事件が ございます。これは、あらゆる生物は、自分の人口は環境に応じて、そのリアク ション・システムの中でコントロールできると、コントロールされているという んでしょうか。自然と調和しているというところに、全ての生物の存在意義があるわけですが、人間だけがそれを越えてしまったという、非常に大きな矛盾を作り出したわけです。

言い換えますと、私たち人間というのは科学を信奉して大いに頑張ってきたわけですけれども、ふと気がついてみますと、それはある意味で無知な点があったということになります。つまり、予測不能であった部分とか、あるいは、科学が行ってきた発見・発明・進歩のかなりの部分以外に、まだまだ未知の部分もあったと。われわれが知らないことも随分あったということに対する、大きな反省を迫られることになるのではないかと思うわけです。

とはいいながら、われわれはやはり、先ほども言いました様に生物学的な進化の先端にいまして、どうしても要求を下げることができないということでありまして、いろんな科学技術の批判とか、いろんな反省がありましても、ついつい人側のエゴイズムに立って自然を見てしまう。例えば「無駄がある」とか、そういう言葉などは、自然に無駄というものはないわけですね。しかしそれを、人間の社会の無駄ということを自然にアプライしてしまう。そういう非常にアロガントな姿勢がみえてきてしまったということでありますので、この際は、その人間というものを一度客観的に振り返ってみて、クールな目で人間を外から眺めてみるという、そういう視点が求められているのではないかと、そして、それがパラダイム・シフトにつながるものではないかと思うわけであります。

1950年にイギリスのランスロット・ロー・ホワイト(Lancelot Law Whyte)という方がこういうことを言っております。彼は形態学者でありますが、自然科学が形態の把握に失敗しているということは、自然がわれわれが知っているよりより複雑だということを示す、というのです。これはまあ、よく知られていることで、全ての形態っていうのは表現されていません。まあ、こういうデザインされたものはいいのですが、例えば、「蛸ってどんな格好をしている?」って言われたときに、これ、表現のしようがないわけですね。数理的にも定量的にも表現できないんですが、そうして、どうしても形態がそのように捉えられないというのはですね、単に科学がすでに精通している問題よりも、形態のほうが遥かに、実は一般的に複雑なものなんだということなんですね。そういうふうに看破しておられます。つまり科学というものは、われわれあるいは一般社会が信じているほど十分に自然を知っているのではないと。まだまだ知らないことがあり、たくさ

んの不明の点があるということを言っておられるわけで、この謙虚な姿勢こそですね、これからの21世紀に向けて、われわれの生活、そして地球上でのサスティナブルな生活を模索する、大きな世界政策の中に生かされていくべきではないかと思うわけです。

われわれの文明生活は、生産一方に加担したというとちょっと大袈裟かもしれませんけれども、それによって科学技術がどんどん進んできた生活の中で、そこからの廃棄物・排出物についての配慮が足りなかった。その行方に責任をとる発想が非常に薄かった。つまり、目前のアメニティを求めて生活の水準を上げてきたということでありますが、思わぬ欠陥やマイナスの波及効果が含まれているということを見つけ出しまして、いまは非常に慙愧の念に堪えないというのが大方の認識であろうかと思います。

そこで私が、多少抽象的でありますが、ここに書きましたようにSDP――これをスロー・ダウン・ポリシーというふうに呼ばせていただきますと、それに向けて動き出す必要があると。つまり、私どもはもう経済生活で一応の基盤を作ってしまいましたから、これを「原始生活に帰れ」「お前は死ね」ということにはなりません。したがって、経済生活を維持しながら、つまり生産というものに対する見返りと同じようにですね、何かの収入の道、生きる道を探りながら、なおかつ安定でなければならないということでありまして、お手元のダイヤグラムで、『地球物質循環に於ける人為のインパクトとSDPーACTシステムズの位置付け』という図をつけておりますが、それを提案しております。

このスロー・ダウン・ポリシーというのは、ともかく経済成長を必要なだけ……この必要なだけというのが、人間側の倫理ではなくて、地球側から見た地球倫理に基づくスロー・ダウン・ポリシーで、決して、完全にゼロレベルに戻し、あるいは下げていくということはできませんから、できれば進歩の程度を緩めていくということでありますが、それをやるということでありますし、そのテクニックとして、回収とか解体とか再生、あるいは循環をターゲットにしたACT――アフター・ケア・テクノロジー、これは日本語で"後始末工学"という言葉を使っていいのではないかと思っておりますが、ご存知の通り、アフター・ケアーというのは本来、病理学のほうで療後を見るという意味でありますから、地球が病んでいる以上、その後を見てあげるという意味でもいいんではないかと思っておりますが、そういうものを採択してサスティナブルな地球環境を目指す必要があろ

うと思います。

この図は簡単です。ご覧のようにですね、地球環境の中には地球自然システムというのがあるわけですけど、それをわれわれは過剰収奪をし、資源を枯渇させ、そして大量生産から大量消費へつながってグルッと回って、ともかく気がついたら悪いことがいっぱいあると。いいことは人間にとってよかったのでありますが、他のところに対していいことはなかったと極言できるぐらいのことが起こってしまったということでありまして、ついには地球環境問題という、オゾンホールの問題も含めて、地球自然に対して大きなインパクトを与えたということです。

そこで私が、これはドイツでも先日提唱しましたんですが、割合いろんな方が 賛成をしてくださいましたけど、このSDPシステムとACTシステムで生産、消 費を軽減するバイパスを作り、解体とか回収とか浄化とか、ともかく現在の資源 エネルギーの消費を極力少なくし、いままでの被害を解消していくようなそうい うバイパスを、ここに書きましたシステムのような短絡するシステムに戻してい く。これは大変、まあ、理想的にいけばよろしいのですが、まだなかなか難しい ことを含んでおります。それはなぜかというと、先ほどから度々指摘をしており ますように、人間というのは一方的に成長を望む知的進化の途上にあるわけで、 なかなかこれは不可逆的にはなりにくいのです。ですから、これからのわれわれ の世界というのは、そういう進化に逆らってまでですね、地球に対してよく考え を巡らせなきゃならないという事態に追い込まれたと言わざるをえません。

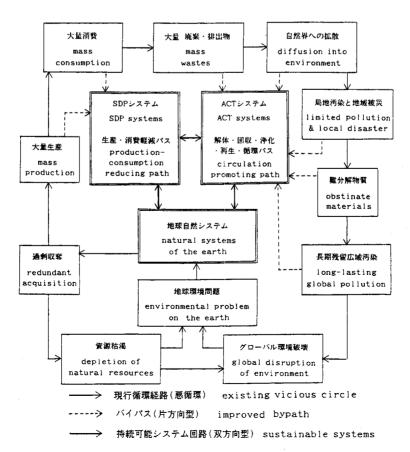
そこで、これは大変幼稚な表ではありますけれども、お配りしたもう一つの表で、人と自然の付き合いの歴史的な変遷をご覧いただければお分りのようにですね、これはもう誰もがいいつくしていることではありますけれども、非常に人口が少なかったときには、そのこと一つで原始的といって決して馬鹿にできない生き方、つまり地球型生物の普通の在り方として、われわれは地球で生きてきたわけです。ところが、人口増大期、つまり急成長を遂げた私どもが経験した時代では、いろんな点で自然を苛めてきた。結果として苛めてきた。収奪するというところであります。まあ、先ほどダムの話が出ましたけれども、ダムが幾つでも作ることができる。まあ、これはダムの定義がいろいろございますし、またその評価もございますので、あとで議論にもなると思いますが、人口過密期で、これからの場合には、やはり資源は有限であるとか、かけがえのない自然であるとか、あるいは強制的な浄化が必要であるとか、そして、自然・人為共存型のライフス

#### 人と自然の付き合い方の歴史的変貌

人口赛少期	人口增大期	人口過密期
採集型資源獲得	収奪型資源獲得	抑制型資源獲得
自然に在る物を利用	人が利用する為の自然	自然の恩恵を受けながら活用
豊かで母なる自然	自然には無駄がある	かけがえのない自然
探し歩いて手に入れる	人が使うくらいでは尽きまい	資源は有限で、自然サイクル でしかリカバーできない
生きる為に食べる	食べるものを稼ぐ為に生きる	共生の中で生きる
自然浄化力が卓越	自然界への垂れ流し	強制的浄化
河川の被害を避けながら利用 (ダムは無い)	河川はコントロール可能 (ダムは幾つでも造れる)	河川本来の自然要素の見直し (ダムは河川をだめにする)
自然順応型ライフスタイル	自然加工型ライフスタイル	自然・人為共存型ライフスタイル
受動的 自然畏敬	能動的 自然私物化	均衡的 自然再認識
自然優先の発想	ヒト優先の発想	ヒト批判の発想
( 原始の考え方 )	(最近までの考え方)	(これからの考え方)

# 地球物質循環に於ける人為のインパクトとSDP-ACTシステムズの位置付け

Human Impact to the Global Circulation of Materials and Definition of SDP-ACT Systems



タイルが必要であるという、均衡型の自然再認識ということが必須であります。 したがって、自然と人間との立場でいいますと、自然優先の原始的な発想から人 優先の発想になった増大期を過ぎまして、いまは人批判というクールな見方が望 まれる。もちろん人を否定はしません。人の従来の在り方を批判し、新しい方法 を模索するというところにパラダイム・シフトが生まれてくるのではないかと、 まあ、そう考えております。

また、のちほど議論の中でいろいろと話しをさせていただければと思っております。ありがとうございました。

# 白根 どうもありがとうございました。

濱田さんのおっしゃった中で、自然の形態がなかなかつかみきれないという話がありました。これにつきましては、またあとでマンデルブローさんからご意見があるんじゃないかと思います。

それでは、続きまして掘越さんからご発表いただきたいと思います。よろしく お願い致します。

# 掘越 掘越でございます。

最初にちょっとオーバーヘッドをつけてもらえますか。よもや、このオーバーヘッドと同じことを西澤先生が言われると思いませんでした。(笑)、本当は飛ばすつもりだったんですが、出だしのところなのでどうにもなりません。同じような話しになってしまうんですが、いかに日本人が昔からフレキシブルであったかということであります。

したがいまして、ちょっと最初予定していたのと話が違うのですが、昨今"バイオ・ダイバーシティー"という言葉がいっぱい出てきております。生物の多様性といいますか。多様性というのは、私たち日本人にとっては極めて当たり前なことのように思いますが、なかなか外国の生物学者には理解できているようで理解できておりません。で、これはなぜかと考えてみますと、このオーバーヘッドの下のほうに、これは私の作った言葉で、ゴッド・ダイバーシティー。八百万の神がいて、先ほどのお話しじゃございませんが、人間まで最終的には神様になってしまう。人間だけならまだよろしいんですが、きつねまでお稲荷さんとして崇められる。さらに、恐い人を……まあ、特に男性の場合に恐い、妻を称して"山

の神"という、とんでもない言葉まで出てくる。そういうふうに、いろんな神様が出てまいります。

で、こういう神様、うっかりお願いを間違いますと、江ノ島の弁天様に恋のお願いをするなどということになりますととんでもないことになります。言い換えますと、ライト・パースン、ライト・ゴッドに物事を頼むということが正しい物の頼み方であるということであります。喧嘩するだけが能ではありません。昔、聖徳太子が「和をもって貴しとなす」ということを言っておられました。この考えが、私ども微生物学者にずっと伝わっておりまして、日本酒作りにまで影響しています。日本酒作りは日本固有の作り方であります。麹黴と酵母と乳酸菌がそれぞれの役割をもって正しい時期に正しい期間作用して酒を作り出します。これをいちいち分けて混ぜるということをやってはおりません。お互いに共存しあい、ときにはお互いを制御しあう。人間が手をかけて殺すという操作を一切しておりません。こういうお酒の作り方というのは比較的少ないし、誠に芸術的なところがあります。まあ、これは学問であるかということは、別な次元であります。

ところが、明治になりまして、皆さまご承知の通り、ヨーロッパの文明を取り入れようとした時に、私たち微生物の分野にもお抱え教師がドイツからやって参りました。当時の日本の不潔極まる生活様式や酒の作り方を見て、こんな汚いところで酒は出来ないということで、ドイツ流の清潔なお酒の作り方を教えた時代があります。当然のことでありますが、日本酒はできませんでした。そこで、日本の酒屋にまいりまして酒を作っているところをこまかく見ましたところ、麹黴を使うということはドイツ人も分かったわけです。ところが、その麹黴が酒を作っている間に、いつの間にか酵母に変わっていたと。そこで彼は、日本という国は不思議な国で、麹黴が千切れて酵母になると真面目な報告を書きまして、非常に不思議な発想法を彼らが持ち出しまして、麹黴は黴ですから、こう糸のように長いわけです。それがチョン切れて酵母のようになってしまうという報告を、本国の学術誌に出した。まあ、そういう非常にわからないような時代を経まして、日本では近代微生物学というのが発達してきたわけでございます。

ところが、ある時期に、特に約20年ぐらい前から微生物学というのは行き詰まってまいりました。この際もう一度考え直さないと新たな発展はないと。なぜ行き詰まったかといいますと、これは皆様ご承知の抗生物質、あるいはいろいろな人間に有用な物質を作るために、世界中の方々が一生懸命いろいろな微生物を探し

てまいりました。その結果として、もう微生物もこの世の中にはこんなくらいしかいないだろうというような、これも人間を中心にした非常に傲慢な考えになってきておりました。

ところが、私たちよくよく考えてみますと、一体どのぐらい微生物のことを知っているかということであります。このスライドに書かれていますが、一体私たちの周りにどのぐらい微生物がいるか。いちばん分り易く申し上げますと、皆さまの庭先、そこら辺の畑の中にどのぐらい微生物が住んでいるかというわけであります。そして、それを何匹、私たちが生き物として回収できるかと。これは、いうなれば科学の進歩のひとつのマーカーとはなると思うんですが、ここにありますように、大体10の9乗ぐらいは1グラムの中におります。ところが、その中から生き物として私たちが知ることのできるのは、大体それから1桁、2桁ぐらい少ない量であります。全くこういう学問というのは、先ほど西澤先生が、電気のトランスの場合に99パーセント、全く羨ましいと思うんです。その逆でありまして、99パーセント、私たちは回収できない。

それから今度は、地球の3分2以上を占めている海の中にどのぐらい微生物がいるか。海水の中にどのぐらいいるか。これも、ここに書いてありますように、大体10の3乗ぐらいいるんですが、これもやはり同じ程度にしか分離できない。非常に私どもは分からないことが多すぎます。それで行き詰まったとか何とかいうのは、非常にずうずうしいという感じがします。

それから、皆様がよくご存知の、遺伝子工学などに使われております大腸菌でありますが、この大腸菌のDNA、全ての核酸の配列は現在分かっております。 大腸菌のDNAの長さが約2ミリぐらいありますが、これがどのくらい私たちに分かっているかといいますと、全部の配列が分かっているにも関わらず、その中の遺伝子については50パーセントぐらいしか分かっていない。あとは未知です。この分からない部分に、実を申しますと、35億年の長い歴史の間に獲得した、あるいは刻みこまれたというべきでしょうか、情報がまだ残されておるようであります。

さらに私たち生き物を考えるときに、どうしても人間を中心にして考えがちであります。これは、微生物学発展の歴史を紐解きますとすぐ分かるんですが、そもそも1868年にパストゥールが微生物学を確立し、さらにコッホ、その他の多くの方々によって進歩したのですが、全てが人間中心の考えから始まっております。

人間の体温と同じ37度で微生物を生育させるとか、私たちが食べやすいような食べ物を中心にして微生物の培地を考えています。言い換えますと、座標軸の中心に人間というものがあって、そこから離れたものは全て特別な条件であると。これは非常に傲慢な考え方であります。生き物には生き物の特性があります。彼らのところに、やはり座標軸の中心をもってきて、物事を考えなければならないわけです。

このような考え方は、なかなか最初は認められませんで、先ほどちょっとご紹介いただきました極限微生物――エクストリーム・ファイルという言葉が最近は認められるようになったんですが、このエクストリーム・コンディション――極限環境という言葉自体が、すでに人間が中心になっております。しかしまあ、これはサイエンティフィックに、エクストリーム・ファイルという言葉が認められている以上、私も……これはどうやら私が作った言葉らしいんですが、使っております。それで、こういう非常に変わった環境下で生育する微生物。これは一体、この世の中にどのぐらいいるのかということなんですが、先ほどの90パーセント以上が分からない、未知であるということから考えますと、私たちが普段使っているのは、実は極めてマイナーな部分であるということであります。

さて、こういう非常に分からない部分を一体どのようにして私たちは考え、あるいはどのようにして発展させていったらよろしいかということであります。先ほど最初のセクションでちょっとお話が出ました、科学技術庁の新技術事業団の創造科学推進事業――エラトー(ERATO)といいますが、その中で私どもがやっておりましたスーパーバグズ・プロジェクト、普通の微生物ではない微生物の全てを研究しようというプロジェクトで1985年から90年にかけて研究をいたしました。そして、非常に多くの微生物がこの世の中に存在すると。そして、そのうちの幾つかは、実際に私たちの生活に非常に密接に関連し、また、実際に私たちの生活を豊かにするということが分かってまいりました。微生物の力で、非常に分解しにくい化合物を分解する。例えば、除草剤24,Dのをよく分解するとか、あるいはビフェニールのような非常に分解しにくいものを分解する。こういった、自然界に実際に起こっていることが、どんどん見つかってまいりました。さらに、この考え方がヨーロッパに飛び火して、今年の6月からヨーロピアンユニオン―EUでEU版スーパーバグズ・プロジェクトというのがスタートいたしました。私たちの考え方がそのままヨーロッパにいって根づいてしまったということです。

それで、もう少し私たちは、目を広く向けてみようということで、1990年から 海洋科学技術センターに、深海環境下での微生物の研究という新しいプロジェク トが始まりました。これは、海が生命の起源といわれているので、当然のことな がら古い生命の子孫が残っているのではないかという、非常にロマンティックな 考え方からスタートしました。そして、このプロジェクトにディープ・スター・ プロジェクトという名前をつけました。その代表者を私がやっているのですが実 際、海の底は非常な高い水圧がかかっているということは、皆さまご想像できる かと思います。ここにありますスライドは、"しんかい6500"という、6500メー トルまで潜れる、これは世界最深に潜れる潜水艇であります。この中は1気圧に 保っておりますので、極めて快適に潜ることができます。海の底から泥や水をもっ てきます。そして、地球上では非常に研究しにくい高い圧力下で、どのように生 命というのは生きているのかを研究します。これはとても人間を中心にしては考 えることはできません。いまここに写っておりますのも海の底にいる貝ですが、 こういう貝も海の底にいっぱいおります。数百気圧の圧力に耐えるのではありま せん。数百気圧が好きなのです。彼らは、人間を中心にしたら何か非常におかし なところにいるんですが、今度は彼らを中心にしますと、人間というのはほとん ど真空に近い、1気圧なんて不思議なところに住んでるんだということになるか と思います。先ほど無重力が出てまいりましたが、これも全く同じなんでして、 無重力の中でずっと生活をしている微生物がいるとしますと、彼らは地球上に持っ てきたらどうなるんだろうと。こういういろいろな極限環境が考えられておりま す。

こういう非常に変わった環境をなぜ研究するのかということでありますが、これは従来の人間を中心にして考えておりましたサイエンスから座標軸をずらすと、これが予想に反して私たちの知識が狭いということが分かってきた以上、やはり、その部分も調べねばならない。この様な生物と私たちは共存して生きているわけですから、彼らの生き方、こういうものを大切にしなければならないのではなかろうかと思います。

私の好きな言葉にニュートンの言葉があります。『人間というのは海辺で遊んでいる子供のようなもので、実は目の前に真理という大きな海があるにも関わらず、目の前の貝殻だけを探してニコニコしている』と。どうやら、我々もまだそれに近いのではなかろうかと思っておる次第であります。

ご静聴ありがとうございます。

## 白根 どうもありがとうございました。

それでは、3番目にマンデルブローさんのお話をいただくわけですが、マンデルブローさんの日本で最初に翻訳された本は、ご存知のように『フラクタル幾何学』という本でございます。それを翻訳されたのが、数学者の広中平祐さんです。たまたま私、広中さんを存知あげておりまして、何かのときに「フラクタル理論というのは一体、数学から見てどういうふうに位置づけたらいいんでしょうか」という質問をいたしましたところ、さすがに広中さん、大変いいコメントをしていただきました。シーイング・イズ・ビリービィング(Seeing is believing)という言葉があるけれども、シーイング・イズ・プルービィング(Seeing is proving)というふうに表現してくれました。つまり、見ることは信じることだという言葉に対して、見るっていうことが、やっぱり新しい発見にどんどんつながる。数学に新しい世界を開いていったという意味で、大変偉大な業績を上げられた方だと。私も日本コンピュータ・グラフィック協会の副会長をやっておりまして、もう10数年になるんですけれども、私からみても、マンデルブローさんというのは大変大きな存在だし、その意味で、きょうお出での皆さんも楽しみにしておられたと思います。

15分ぐらいの時間ですけれども、マンデルブローさんにお話をいただきたいと思います。よろしくお願い致します。

#### マンデルブロー どうもありがとうございます。

この前のスピーカーがおっしゃったことを繰り返して申し上げることはいたしたくないと思います。

パラダイム・シフトというのは科学の中で行われるということであります。また、シフトという言葉は複数にするべきですね。と申しますのは、どの分野を調べているかによってシフトはそれぞれ違いますから、パラダイム・シフツと言ってください。

さて、パラダイム・シフトは大変重要であります。誰が科学者であるかによってもパラダイム・シフトは変わってきます。科学は人間によって成されるということを忘れてはなりません。そして、人間は不可侵なものではなくて、環境に依

存しているのです。そして、昔から環境によって飼い慣らされてきた動物である ということを忘れてはいけません。

昔といっても百年ぐらい前ですけれども、絵はなかなか書きにくかったわけです。写真が導入されるまでには、非常にお金をかけながら、相当時間をかけながら絵を書かなければなりませんでした。字を書くほうがずっとたやすかったわけです。ですから学識研究者は、もっぱら文章のみにたよって勉強してまいりました。

ところが、科学というのは書いた文章によって、例えば、日本語とか英語ではなくて、また公式によっても表されました。また、共通の言語も使いました。そしてまた、数学のいろいろな公式とかシンボルを使いました。しかし、これはある程度まで、まあ、私が判断を下すことではないんですけれども、全てが研究が行われる環境によって支配されてまいりました。絵を書くのは難しかった。金がかかる。そうすると、なかなか手に入れることはできない。そして、絵はなかなか扱いにくいということでありました。

ところが、百年後の今はどうでしょうか。全ての人が、子供たちがあんまりテレビを見過ぎると、文句ばっかり言ってませんか。また、子供がコンピュータで遊び過ぎると、コンピュータに頼り過ぎると言うんじゃないでしょうか。なぜこんなことに文句を言わなければいけないのでしょうか。やり過ぎはいけないということかもしれません。しかしコンピュータで遊ぶということは、ニュートンが言ったことを表していると思います。学ぶという本質は遊ぶことにあると。ですから、コンピュータで遊ぶことによって、人間は昔とは全く違ってきているんです。私や私の父の頃とは全く違ってまいりました。現在、写真、例えばコンピュータ、テレビ、その他が我々に対してビジュアルな経験を与えてくれております。そして、これがまた、われわれがこれからやる科学を変えていくんではないでしょうか。

21世紀において科学は変わってくると思います。科学に対するアプローチも変わってくると思います。もちろん、やり方が違うということで、必ずしもいいことになるかどうかは分かりません。ですから、シフトは不可避であると思います。好むと好まざるとに関わらず、科学は昔と同じではない。21世紀と20世紀の科学は違っているんです。科学のやり方が変わるからであります。子供が現在の環境において、テレビとかコンピュータ、写真、その他のビジュアルなものから全く

孤立した形で育つということは考えられないわけです。では、どの科学が新しい 科学となるのでしょうか。新しい科学者が扱う科学はなんでしょうか。もっと要 求の強い科学をやるでしょう。それは我々にとり嬉しい偶然となるでしょう。つ まり先程お話のあった環境エコロジーの観点で望ましい性質の科学となるでしょ う。

例えば技術関連の不幸にして起こったいろいろな欠陥があります。そのなかに 公害の程度問題がありますが、そもそも公害の程度とは何を意味するのでしょう か。例えば港を見てください。港にある敵対的な微生物、それから銅などの危険 で重いアイテムなどの平均を皆さんが求めたと仮定してみて下さい。この平均は 役に立つのでしょうか。どんな意味があるのでしょうか。平均ということに皆、 心をとらわれることはないと思います。我々は多くの理由から平均にとらわれて しまっています。平均だから大事ということもあるでしょう。また、昔は見るこ とができるのは平均しかなかったからであります。百年前、統計学者たちは対数 表と原始的な手動タイプライターぐらいしかもってなかったので、平均を出すと ころだけで相当な時間がかかったわけです。相当な努力をしてようやく平均を出 した。「この港は汚い」と。「この水は汚くない」と。微生物の平均値や何々然々 の金属の平均値を他と比較して出すことに、相当のエネルギーが費やされてまい りました。しかし、汚染は平均だけで片づけられるものではありません。もしか したら、一部にすごく汚染が集中しているかもしれない。平均は低いかもしれな いけれども、一ケ所に汚染がまとまっているかもしれないわけです。そしてその ようなことが、汚染が集中しているようなところが危険なのです。

ちょっとテーマを変えますけれども、ちょっとわずか外れるだけです。10年、15年前に私どもは核戦争の心配をしてました。核の冬というようなことがいわれました。核の冬というのは、たくさんの原子爆弾が落とされると、この原子の塵が太陽を覆ってしまうであろうということでありました。そして、簡単な計算をしただけでも恐ろしい結果が現れてきたわけです。しかし、こんな計算は全く意味がありません。例えば、誰だって原子爆弾の使用、核戦争は嫌ですけれども、しかし、こんなことを計算しても意味がないんです。この核爆発が出します原子の塵が全てを覆うなんてことはあり得ないわけです。ユニフォームに均一的にということはあり得ないわけです。例えば、大きな雲のような原子の雲ができるかもしれない。しかも、それがユニフォームに、平均的に地球を覆うのと原子の雲

が一ケ所に集まるのとでは、全く影響が違ってくるわけです。

また、戦争の危険は少なくなったとはいいましても、戦争の危険といいましても、雲のシミュレーション……私のいたしました雲のシミュレーションを一部の科学者が使っておりまして、なんとかしてリアリスティックな核戦争の結果を知ろうとしております。それがより科学に根ざしており現実的だからです。科学というのは、どうしても平均に行きやすかった。これがやはり問題だと思います。

又、確かにこのダストがあることによって光が反射で遮られる、太陽が遮られることは確かでしょうか。計算からいいますと必ずしもそうではないわけです。 このダストというのは必ずしも恐れることはない。このダストのパーティクルがフラクタルなのであって、非常に複雑な形態をしているわけです。そういうわけで、このダストが集中するか、それとも分散するかによって、随分違ってくるわけです。全てがフラクタルだといっているわけではありません。そのところ、誤解のないようにお願いいたしたいと思います。

私はフラクタルはあらゆるところにあると確信しております。何かの分野を見るとフラクタルな局面があります。全ての局面でフラクタルが重要というわけではありません。重要であるときもありますし重要でないときもあります。しかし、大事なことは、どのような科学を私たちが必要としているか。そして、エコロジーの問題とか、それから環境汚染の構造を知るために、どのような科学が必要なのかということであります。大事なことは汚染を減少させることでありましょう。そしてまた、合理的な形で評価をするために、このように重要な問題を評価するための科学が必要であります。すなわち、この現象に適応するような、ディスオーダーの科学が必要であるというとになりましょう。

平均というのは必ずしも真実を語るものではないと思います。平均は大変誤解を生むものであります。物理は随分長い間大変に重要なものでありました。そして、平均が生み出す現象、例えば標準偏差などが、物理学においては大変重要なものだったわけです。物理学は成功して、そして、物理学を真似ようとするようなものが出てまいりました。意識的……無意識かどうか分かりませんけれども、何もよいものがなかったので、数学・統計、そしてまたランダムに関する本を見ても、全て物理学でありました。したがいしまして、現象に適応することで全ての物事を理解しようとして、物理学を真似するようなことが蔓延していたわけです。

しかし、これらのツールだけでは十分ではありません。よりよい理解をし、よ

りよく世界をコントロールし記述するために、また、技術が世界に与える影響を 知るためには、もっときちんとした高級なツールが必要だと思います。例えば、 微生物がこの港にどれだけあるかとか、そういうことを調べることは重要ですけ れども、これだけでは十分ではないわけです。例えば、それはプランクトンなの か。しかも、それが集中しているのか、拡散しているのか、分散しているのか。 銅がどの程度集中しているか、分散しているかということが重要です。

例えば、ハドソン川を綺麗にしようという努力がニューヨークで行われております。この川はニューヨークでいき止まりとなるのですが、昔はPCBで汚染されていました。そしてそのときに、このPCBを除去するかどうか。それとも、除去により状況が悪くなるだろうかと。すなわち、PCBを除去しようとして川をかきまぜた場合、かえっていろんな点で危険になるというようなことがいわれたわけです。もう少しきちんとした記述、ディスクリプションが必要だったのだと思います。

もう少し話しを進めまして、ダムについて話をしたいと思います。私はダムの 有効性について非常に興味をもっておりました。とはいっても、降雨量が予測で きる雨の多い地域のダムは余り強い興味の対象ではありませんが、しかし、半乾 燥地域のダムには興味をそそられてまいりました。

あまり小さくていつも満水のダムは機能を果たしているとはいえません。あまり大きすぎますといつも水がからからのダムも同様です。従ってダムのサイズはきちんと考えていかなければならないということです。ハーストという大変に有名なイギリスの方がいらしたんですけれども、まあ、科学的にはオックスフォード出ですけれども、一等で卒業したような人ではなく、まあ、中等出の人だったわけですけれども、ナイル川の複雑さを認識しておりました。そして、カイロ駐在のイギリスの行政事務官として一生を送り、ナイル川についての研究を行ないました。そして、アスワンハイダムの援助にも関わりました。ナイル川は通常おこっている変化の幅以上に更に量的に複雑であるだけではなく、質的にも複雑だということを彼は発見したわけです。あえて強調する為、簡単な言葉を使わせていただきますが、ランダムネス……これは、水利学者が使う考えですけれども、ダムを設計するときランダムネスの観点からマイルドなものにしたわけです。ところがナイルはランダムネスから見ると、「非常にワイルドであった」というふうに彼は発表しております。

非常に興味深い例として、ワイルド・ランダムネスと遭遇があり、これが数年 前に政策として出されました。数年前といっても15年前ぐらいだったと思います ね。カリフォルニア州が、アリゾナ州、メキシコ……メキシコは国のほうですけ れども、コロラド川を分水しようと、分けようということを考えたわけです。で、 コロラド川っていうのは、ロッキー山脈を通り、カリフォルニア、メキシコの間 の湾に注いでいるわけですけれども、この水を分けようということを考えたわけ です。すなわち、そのときの知識に基づいて川を分けようとしたわけですけれど も、そのときの基本的な知識はまだ十分ではありませんでした。1年辺りの水量 はこれこれしかじかであると、過去10年間はコロラドはこれだけの水を運んだと いうことで、そして、カリフォルニアが何立方メートル、アリゾナが何立方メー トル、メキシコが何立方メートルというような計画を立てたわけです。ところが 破滅的な結果が出ました。それから30年間にわたり、コロラド川は水が予想より も少なかったわけですね。で、どうやって分けたらいいんでしょうか。それぞれ が自分の分け前を欲しいというけれども、分け前だけの水はなかったという状態 でありました。まあ、政治の世界において、滅多にないことではありますけれど も、外交官とか弁護士たちがエンジニアを導入することになりました。このエン ジニアは大変有能な人だったわけですけれども、このエンジニアが、「こんなこ とはとても駄目だ。実際に存在しないものを分けたんだから駄目だ。川を流れる 水というのはほんのわずかな量ではないのだから量的に計画通りになんていかな いものだ」と言ったわけです。そして、エンジニアが政治家たちに対して聖書を 引用したそうです。中国の神学にもあると思いますけれども、さっきのエジプト にもあります。ファラオの夢にも、そして、ヨセフとかヤコブ、アイザックの話 にも出てくるわけですけれども、エジプト王の夢はエジプトはこれから7年間非 常に繁栄するだろうがその後、7年間は乾伐になるというものでした。そこでこ の7年間のために、ファラオは必ず7年間分の食料を備蓄することを命令したと いうわけです。

ナイル川の歴史を皆さんご存知だと思います。ナイル川についてだけではなくても、例えば、川を流れる水の量を考えてみますと、例えば木とか、それから水量ということがあるわけです。6000年もの間アリゾナには木が生えていたわけです。あまり美しいものではないけれども、灌木のような木でありまして、どのような気候でも生き残れる木でありました。乾燥地帯でも死なない木が生えていた

わけです。ですから、ファラオの歴史を見ても、やはりアリゾナの歴史を見ましても、非常に天候というのは激しく変動するということが分かりました。で、ダムを設立するにあたりまして、ダムを建てるということは水量を計算するだけでは駄目だということが分かったわけです。この水の10年間から次の20年間での水量の変化を知らなきゃならないわけです。例えば、エジプトの間には、非常に王朝として栄えたときと栄えない王朝がありました。それは、水があったときと、水がなかったときの王朝なんです。ですから、水があった王朝は栄えピラミッドも作れたというのがエジプトでありました。そういうわけで、非常に複雑なんですね。

技術を持ちたいという夢をもつ。また、環境と技術を合わせようということを考えていますけれども、これを満たすためにはいろいろなことを考えなければならないと思います。二つのパラダイム・シフトが起こるのではないかと、これは重要であるというふうに考えております。そのうちの一つは、科学が使うツールが変わっているということであります。ここにいらっしゃる方たちは固定観念にとらわれた数学者とか物理学者ではございませんので、目の重要性を否定する人はいないと思います。目の重要さを教えることがなかなか難しいことは皆さんご存知だと思います。目から得るものはたくさんあるということであります。例えば、学生たちはこれから違ってくるだろうと。彼らは目を使っている。ビジュアルを使っているわけです。それは、あまりにも強力であるということです。他のコミュニケーションよりビジュアルのコミュニケーションが最も強いと。まあ、唯一つのコミュニケーションではありませんが、ビジュアル・コミュニケーションは大変に強いということであります。

また、同じ科学者が、私の世代、私の父の世代が全く知らなかったものを持っています。例えば、若い人で物理学のキャリアをもっている人が、平均について全く気にしないでいい人が出てきているわけです。平均だけでは駄目です。環境を見る場合に、そして環境を理解しようとするときに、そして、環境に対して技術を環境に合わせるためには技術を変えなければいけないわけですけれども、しかし、環境に対して有害でない技術を導入するためには、その有害さをきちんと測定し、アセスメントしなければならないわけです。どの程度危険かということを調べなければならないわけです。そういうことから考えますと、30年後の科学はいまとは全く違うと思います。質的・量的に、全く30年後の科学は今とは変わっ

てきているだろうと思います。

科学が非常に繁栄してまいりました。私の世代では科学が繁栄いたしましたけれども、期待していない成果も出てまいりました。科学者があまりにも多かった。私の世代ではあまりにも科学者がたくさんいて、60年、百年かけて問題を非常に早く解決してまいりました。しかし、私の世代の、また私の友人にもいえることですけど、その共通点は、科学に対する貢献があまりにも早く吸収され、既知のものとみられ、そして、新しいアイデアがいかに新しく出てきたかということであります。そして、それが完全に理解されたということであります。まあ、そのような能力があったということは、この分野におけます進歩が、これからも同じような速度で続くとは期待できないと。いままでのようなレベルで続くとは考えられない。

もう一つは、社会は、少なくとも科学者がしていることを知る権利があると。 科学者に対して「あなたは何をしているのか?」ということを聞く権利があると 思います。そして環境を理解するための技術についても知る権利が出てくると思 います。

そして、このパネルの方たちがいろいろな考え方を示されましたけれども、もう一度繰り返して申し上げますが、科学が違ってくるだろうと。考え方も違ってくるでしょう。目を中心とした科学になるだろうと。そして、科学の予測に対して、もっとディマンディングになってくるだろうということを考えることが重要だと思います。

また、そのことから、科学者に対する分離がなくなってくるだろうと思います。 私の世代では科学は分かれていました。例えば、薬学者、自然科学者、物理学者、 全部違った分野の人達だったわけです。しかし、自然科学……私の隣にいらっしゃ る方もそうですけれども、目が必要でないとはいわないでしょう。観察のために 目が必要です。生物を見るためには目が必要です。一時代前迄は物理学者の場合 は目をあまり使っていませんでした。しかしこれからは、物理学者は目を使うよ うになるでしょう。ですから、いろいろな科学の分野で統一が生まれてくるだろ うと思います。そして、この統一が生まれても、これは具体的な形で出てくるだ ろうと思います。

ありがとうございました。

白根 どうもありがとうございました。

3人のパネリストの方にご発表をいただきました。これを受けて、先ほど基調講演されたコロンボさんと西澤さんから、コメントがあれば出していただきたいと思います。それぞれ10分以内ということでございますが、お願いしたいと思います。

それでは、コロンボさんどうぞ。

# コロンボ どうも白根さんありがとうございました。

これまでの話しは、パラダイム・シフトの必要性について中心的に話されたと思います。科学のパラダイムのシフトの必要性につきましても、只今マンデルブロー先生がお話しになった通りであります。そして、技術のパラダイム・シフトが経済・社会においても必要だという話が中心になってきたと思います。

何点か私のほうから強調させて申し上げたい点があります。それは、私もパラ ダイム・シフトが絶対的に望ましいと考えていることを申し上げたいと思います。

まず最初に言えることは、長期に持続可能な開発というものは、過去の私どもの動向の延長線上の考え方では実現できないと思います。人口が少なくとも倍増するということが考えられます。そして、初めて来世紀の末ぐらいに安定すると思います。現在では57億人の人口を地球が抱えているわけですけれども、もっとも正確といわれる予想によりますと人口の増加は、理由はいろいろありますけれども、大体、125億人のところで留まるであろうということが考えられております。

それから1人あたりの所得は、発展途上国におきましては、これもやはり伸びなければなりません。現在では、富る国、富ざる国との間に大きな差があります。第三世界では約8億人が非常に低い所得でほぼ飢餓状態で生存しておりますけれども、これはどうしても変えていかなければならないと状況であります。クオリティー・オブ・ライフを向上させるということは、こういった発展途上国におきまして、1人あたりの所得が増加しなければならないということであります。そうなりませんと悲劇を招来することになります。

現時点では、先進諸国ではエネルギーの消費量は発展途上国の10倍となっております。年間、先進国では石油換算で一人当り5トン。途上国では0.5トンであります。極端な例を比較いたしますと、1対50ぐらいの差があるわけであります。

これはとても容認できるような格差ではありません。

それから、全人口の約23%が先進国に住んでいるということも指摘しておきたいと思います。この23%の世界の人口が、二酸化炭素の排出、また温室効果ガスを排出の主犯なのですが実に残りの77%の発展途上国の人達に比べて、3倍以上もの二酸化炭素、温室効果ガスをを排出しているわけであります。明らかに容認しがたい実態であります。

エネルギーのストックは、主といたしまして再生不可能な化石燃料に依存しているわけであります。これは、先ほどのスピーカーの中からもご指摘があった通りです。これは長い間、歴史の中で蓄積されて化石燃料となったわけですけれども、原則的には再生不可能なわけであります。ところが、市場としては短期的なシグナルしか発しませんので、非常に悪いアドバイザーだといえます。で、この市場の指標によりますと、石油の埋蔵量は、現在の消費量で続ければ43年分、ガスは60年分の備蓄があると予想されているわけであります。平均では、化石燃料は現在の消費のレベルが続けば106年続くということであります。しかも、価格は低いレベルが予想されております。そのために消費が増えて、廃棄物が増えて、そして危険が高まって、そして地球の将来が危険になってまいります。

こんなことを長続きさせることはできません。それがゆえに、私はパラダイム・シフトが必要だと考えております。北の国々、すなわち先進工業国、すなわち OECD加盟諸国が、より効率のよいエネルギー利用の技術を有しております。また、材料利用も効率の高い知識をもっております。で、私の話でも申し上げましたように、脱物質化を発展させる鍵は先進諸国の肩にかかっております。1977年 に合田教授の示唆に従い、故本田宗一郎氏が提唱した環境に真に優しいエコ・テクノロジーを開発、普及させねばなりません。

先進国では、現在では広く知られ、普及している技術でさえも発展途上国は、 吸収できるようなレベルには達しておりません。発展途上国はこういった技術を 利用してはおりません。なぜ使っていないかというと、一つは先進諸国から技術 移転していないということです。そして第二は、多くの場合には第三諸国にはもっ と優先的な課題があるからです。もし急成長をとげているのであるならば、そし て都市化が進んでいるとするならば、長期的な将来にかまっていられません。む しろ、いま何ができるか。人口が急成長している、それにどう対応するか。都市 集中化問題にはどう対応するかということのほうが、逼迫した問題として抱えて いるわけであります。

そこで私どもが必要とするのは、広大な協力体制であります。地球を巻き込んで、その中で先進国が中心となって、発展途上国に対しましてベストな技術を移転するということ。つまり、発展途上国にとって開発にベストなテクノロジーを移転することであります。もし発展途上国に持続可能な生活様式をしてもらいたいならば、発展途上国に対しまして、私ども先進国が歴史的に辿ってきたような発展の過程を辿ってはいけないということを説得しなければならないわけです。私たち先進国の人達が持続可能な生活様式を実現していかなければ、私どもが発展途上国に「こうしなさい」ということはいえないと思います。もう一度申し上げますが、まず私どもが生活様式を変えていって率先するというようにしないと、何も発展途上国に対しては発言できないと思います。ですから私どもは、私どもの生産環境の大々的な変更が必要であります。

最後になりますけれども、一つ付け加えておきたいと思うんです。国連大学がきょうこのシンポジウムをホストしてくださっておりますけれども、学長顧問のGunta Pauli 氏がゼロ廃棄物プログラムというコンセプトを打ち出されております。私は、これを非常に高く評価いたしております。では、これが何かといいますと、排出をゼロに近くするという大変野心的なものであります。それは、産業化のモデルを変えていくことによって達成しようというものであります。すなわち、トータルのスループットを変えようというものです。産業でトータルインプット=トータルアウトプット——出したものと入れたものの収支を同一にしようというものであります。完全な収支の同一化はできないかもしれませんが、分散化した形で産業をグループ分けすることによってかなり近い水準まで達成することができます。したがって、一つの産業での廃棄物を、適切な技術を使って他の産業での材料にするわけであります。それは廃棄物の回収、リサイクルによってクローズドシステムに近い形で可能だという考えであります。もちろんこれは、熱力学の考えからは、矛盾するものではありますけれども、しかし、我が地球は決してクローズドシステムではないのです。

私どもが変えなければいけないのは、再生不可能なエネルギー源に頼って生きるのではなくて、毎年地表の上に太陽によって生成されるエネルギーに依存するべきだと思います。太陽は地球に対して、地球が消費するエネルギーの千倍ものエネルギーを与えてくれております。ですから、この千倍の太陽エネルギーを活

用して、それをエネルギー源とすることによりまして、地球のエントロピーを台無しにすることは助けることができます。何故なら我々の星のエントロピーはいってみれば、太陽からのエネルギー量を吸収することによって生まれるマイナスのエントロピーでやっていけるからであります。西澤先生が先ほど水力発電について触れまして、水力発電がもしかしたら理想的ではないかということをおっしゃいました。水資源を十分に活用すれば必要なエネルギーが全部賄えるというようなお話しでございました。まあ、そこまで私は申し上げませんけれども、しかし、私も同じようなアイデアをもっております。水力発電は、いってみれば太陽のエネルギーの産物であります。太陽のエネルギーから水が出て、そして蒸発して、そして雨が降って、そしてその雨を使い電力生産に使えるというものであります。それから、光起電のバイオマスのエネルギーもありますし、風力もあります。こういったものをエネルギー源として、直接・間接的に太陽からの恵として使うことができます。それから、太陽エネルギーを作るという可能性も考えられます。長期的には太陽の融合エネルギー(核融合)を使えば、実質的に無限のエネルギーを使えるということになるわけであります。

したがって、私どもはパラダイム・シフトは必要である。そうすることによって、持続可能な開発は発展途上国の問題だけではありません。発展途上国そして先進国、両方の問題でもあるわけです。私ども先進国側が率先・垂範していい模範を示して、そして持続可能な開発のモデルを北側で示さない限り、発展途上国は持続可能な開発へ動くということは考えられません。そうでないと我が地球の破滅へつながります。ですから、私どもも賢くなって、そして、共に協力してパラダイム・シフトをしていく必要があると思います。科学者・工学技術者、世界のこういった人たちの協力が必要であります。

**白根** 西澤さん、どうぞお願いいたします。

**西澤** 大体、諸先生方が私の言いたいことは言ってくださいましたので、割に短時間で済むと思います。

非常に別な座標軸の上から少しお話をしたいと思います。例えば、いま目の前に病気で死にそうな、あるいは飢えて死にそうな子供がいたら、皆さまはどうなさいますか? 多分、何か自分の持っている食糧を与えて、その子の命を助けてやろうとお思いになるだろうと。しかし、そのときは生かすことができても、10

年経ったあとで、その子が食料が得られなくて飢え死にしたとしたら、一体そのときに黙って死ぬのを見ているのと、そのとき助けて、10年後に死ぬことが分かっているのに飢え死にさせてしまうのと、どちらが残酷でしょう。これは大変難しい問題でございます。むしろ、意識がついていない子供のときに死ぬほうが幸せといえるかもしれません。私はですから、そのときに本当は両方助けたいんです。どちらも助けたいと思いますけれども、やはり、いまわれわれが要求されていることは、ちゃんとバランスのとれた、あるいは、ちゃんと結果を十分に責任のもてる援助の仕方をしなければいけないのではないかと考えております。これは、先進国が自分がいまやるべき援助を怠けるということの理屈にされかねない、極めて危険な事例になりますけれども、やはり、ぜひそういう事も、われわれが考えておかなければいけないのではないてしょうか。

お隣の中国ではいま、子供は一人しか産んではいけないといわれております。これは一つの見方からすれば、大変な人道に対する反逆であろうと思います。しかし逆にいえば、中国の子供たちがたくさん生まれて育ったときに、この子供たちが食べることのできる食料が保証されていないということに基づいて、中国はこのような政策を決定したのだと思います。より大きな人道への批判を避けるために、一つの人道上への批判をしたのだと私は考えております。

そのような緊迫した状態が、すでに隣の国にすら、存在する。私たち日本人は、豊かな先進国の一つとして、このような問題をのんびり考えているわけにはいかないと私は思います。いま人類は、科学のより大きな進歩を期待しているのだと思います。それが一つのパラダイムの変換だと思います。やはり、地球上のすべての人たちが、人間のことを考えて、自分たちの仕事に毎日励むということが人間としての第一歩であるというふうに私は考えているわけであります。

具体的にいえば、いま私は、日本のある団体の中でグローバルな条件についての研究会をもっております。それはどういうのかといいますと、個々の分野については大変な専門家がおりますけれども、そのときに、お互いの関連がよく分かっていない。どなたに伺いましても、ご自分の専門としていらっしゃることは「これは最も重要だ」とおっしゃいます。しかし場合によれば、後になってから「どうもそうではなかったな」と思うようなこともあるわけであります。全てのときに、どの分野が他の分野とどういう相互関係があるかということをよく調べながら展開をしていく必要があると思います。まあ、こういう言葉は、システム・サ

イエンスとでもいうべきだろうと思いますが、エネルギーの消費ということが出してまいります炭酸ガス。それが人間にどういう影響を与えるかということ。あるいは、それが経済活動にどんな影響があたえられるかと。

最初に申しましたように、日本はインダストリーがなくなれば全員飢えて死ななければならない環境に育っているわけです。少なくも半分は飢えて死ななければいけないわけであります。当然、炭酸ガスをいまの状態でしたら出さなければならない。特に日本には、もう水力資源はないといってもいいわけであります。そういう条件を考えれば、われわれ日本人がいま何をなすべきかということは、もう少しはっきり考えられることになるわけであります。そのような全体を見たグローバルなデザインをやっていく。

少なくとも、いま、例えば森林が必要だと私は思っております。木を伐ってはいけないという考え方もありますけれども、私はむしろ、大抵の森林は木が十分に発育した後では、これを伐採して人間生活の中に保存いたしまして、なるべく長期間利用する。また同時に木をどんどん植えて、いままで以上に森林を増やしていくということと、二つやらなければいけないわけであります。現存する森林を守るだけではすでに足りないということは、先ほど私がお目にかけた通りでございます。

そのように、いろんな学問分野が、お互いに相互関係をよく考えながら展開を していくということが、われわれ科学者あるいは科学技術者に与えられた、最も 重要なテーマであろうというふうに考えているわけでおります。

以上です。

## 質疑応答

白根ありがとうございました。

これで一通り皆さんのご発言をいただいたんですが、ちょうど時間が5時3分ということでございます。大体、5時45分から50分ぐらいまでの時間がまだあるわけでございまして、ここでフロアから質問なりコメントなりをいただきたいと思います。どなたに質問されるかということもはっきりさせていただいて、それからご自分のお名前を仰っていただいて、ご質問なりご意見をいただきたいと思います。

一 私、東海大学の内田と申します。パネリストの先生方、実は全員にちょっと質問したい件でございますけれども、いわゆる科学技術のもっている普遍性。これは、どこの国の宗教にも関わらず、かなり広く受け入れられている点でございます。しかしもう一方では、きょうあまりこのお話しの中で出てきていないんですが、情報通信がかなり、いまから将来にかけて大きな役割を果たしてくると思うんですが、実際すでに、この情報通信が地球規模で広がったおかげで、例えば、地球の環境の劣化も、われわれは人工衛星を通して見ることができますし、一方では、東西の壁が崩壊したのも、この情報通信のかなり大きな役割があったと思われます。

その中で、いまわれわれが直面してきているのは、非常にたくさんの文化、あるいは価値感というものがこの地球上にあって、こういうものがですね、実は将来、例えば掘越先生がご指摘になりましたけれども、DNAのそういう制御の実験等を行うときに、どこまでどういうふうにやるのかと。こういうことも各文化によって価値判断が違ってくると思うんですね。あるいは、いま西澤先生ご指摘の通り、例えば中国の人口制御の方法も、やはりそういう文化的背景というものが、かなり大きな役割を果たすようになると思うんです。こういった問題を考えますと、将来、科学技術と文化の多様性というんでしょうか、こういったものの整合性が、相当われわれの身近なところに明確に出てくると思うんですが、何か具体的な手立てというものがもし考えられるのであれば、ぜひご意見としてお伺いしたいと思います。

**白根** それでは、五人の先生のどなたでもということですから、いまのご質問に

どなたかお答えになりますか。

**西澤** あの、私が……まあ、光通信なるものを始めたという意味で責任を感じて おりますので、若干私の考えていることをお話ししたいと思います。

人間はやはり自分の思想というものを曲げることはできないんじゃないかと。例えば、ユダヤ民族は2000年かけて自分たちの祖国に戻ろうとしたわけです。そのためには、場合によれば周辺の民族には相当大きな被害を与えていることも省みない。いまボスニア・ヘルツェゴビナで大変な紛争が行われておりますが、われわれから見ると、大変言い方は悪いですが、クレージーとすら思えるようなことが現実に行われている。これは宗教感覚だという話があるわけです。そういうときにですね、先ほどお話しになったベルリンの壁がやぶけるという、当然、第三次世界大戦が起こってもおかしくないような事態が、戦乱に巻き込まれることが回避されて、ほんの僅かな犠牲者だけであれだけの大政治変革が行われたということは、人類の歴史には最初のことだと思います。

で、やはりその基調になっているのは、お互いを知るということではないんでしょうか。物流から言いましても、例えば、ある会社が大阪の倉庫に在庫を持っている。片方の会社が東京に在庫をもっている。それがチグハグに、東京に在庫を持っている会社が大阪で注文を受けますと、東京からその在庫を大阪に輸送して、これを納品するわけであります。ところがそのときに、同時に反対側の会社は、大阪から同じ在庫を東京に向けて輸送していたら、これは全体としてみたら大変な無駄でございます。やがては光通信というものが、そういうときにお互いに在庫を紹介しあって、お互いにこれを交換しあうということができれば、エネルギーが大変に有効に使えるというふうなこともございますけれども、それ以上に、やはりメンタルな問題は複雑で、かつ影響が大きいわけでございますから、相手を知るということが、まず最後の結論を出すときに最も有効である。

いまわれわれが、まあ、それは一部ちょっと問題になるところがありますが、 国連もいいことをしておりますが、いま国連軍がやっていることが本当に正しい かということに対しては、いろいろなご批判もあるわけです。場合によれば、軍 事力をあまりにも早く使い過ぎるという声もあるわけであります。やはり、その 前に私は、お互いをよく知らせるという努力をすべきではないかと。そのときに、 独りでに結論が出てくることがまだ相当あるのではないかと私は考えております。 そういう意味で、メンタルな面につきましても、通信情報という技術はますます世界の進歩のために大きな貢献があるのではないかと。相手をよく知ることによってメンタルな進歩が非常に進むということは、今後も大いにあり得ることではないかと考えております。

# 白根 どうぞ濱田さん。

**濱田** いまのご質問に対しての西澤先生の非常に適確なお答えがあったと思いますが、私自身もほとんど同じ線ではありますが、ちょっと話を大きなことにさせていただきますと、文化っていうものがそもそも多様性をもっている。これは歴史的な理由で、厳然とした否定できないことではありますけれども、ただこれは、文化というのはローカリズムからできたものです。それを人間の視点で捉えて、その間に差ができているわけです。これは歴史的な事実です。

それが、コミュニケーションというものがグローバルになったときに、ここに確かに新しいパラダイム・シフトがなければ、その間に摩擦を起こすだけになります。しかし、その摩擦を起こす原因というのが、文化の問題というよりはヒト、あるいはヒトを取り巻く地球の生存、地球生物の生存、地球環境の問題となったときに、これは明らかにローカリズムから発生した文化とは違った視点があるはずであります。これが判断基準として、パラダイムとして、グローバルな世界、21世紀に起こる一つの大きな課題であって、これは解決するかどうかは別として、そこに大きなコミュニケーションの役割があると思いますので、これ"地球教"とは決して申しません。が、私は、人間の倫理ではなく地球側から見た倫理。地球に生きる生物としての倫理というものは、これから模索されるべきではないか。それには、コミュニケーションという非常に重要な手段があるのではないかと、そう考えております。

マンデルブロー ちょっと申し添えますと、生物の多様性を守ろうとわれわれはしているわけですが、これは、もちろんこの世界においても大変重要な一つの特徴ではありますが、同時にできるだけ文化の多様性も守るよう努力すべきです。世界にはありとあらゆる、それぞれ豊かな素晴らしい文化があって、それぞれが人類の進歩のために全体として貢献できるわけです。

ともすればわれわれは、いわゆるマルチメディア、デジタル化社会を闇雲に広げようとしますが、そうするとこれは、例えば、アメリカの文化を他の文化に対して押しつけてしまうということになりかねないわけです。私として、必ずしもアメリカ人と同じように住みたいとは思わないし、日本人だってそうでしょう。アメリカ人だって多分、日本流あるいは全くヨーロッパと同じような生活の仕方はしたくないと思うでしょう。しかし、こうした先進国・発展途上国、両方合わせて見ますと、それぞれ文化が違い、それぞれの価値体系が違いますが、その中で重要なのは、基本的に人類の進歩のために不可欠な価値を共有することにあるのではないかと思います。できうる限り手段を尽くして、いわゆる情報化社会がたとえ普及したとしても、文化の多様性が失われてしまう、のっぺらぼうなつまらない世界中一つの同じ文化にならないようにしなければいけません。つまり、文化の多様性というのは生物種の多様性と同じぐらい重要です。こうした人類のバイオゲノムというものを守るべく努力しなければいけません。

白根 御質問の内田さん、よろしいでしょうか。

— ありがとうございました。

**白根** それでは他にご質問、ご意見はございませんか。どうぞ、ご遠慮なく。

一つは、濱田先生でしょうか、ちょっと食糧の問題ですけれども、先ほどコロンボさんも言われましたように、世界の人口というのは21世紀の半ばには百億に達するといわれておりますが、で、おそらくその場合にいろんな問題がありますが、エネルギーとそれから食糧というのが大きな問題だろうと思います。例えば、エネルギーにつきましては、先ほど西澤先生は水力発電と、それから送電線の効率化というのを一つの例として上げられましたけれども、食糧につきましては、例えば、百億の人間を抱えるだけの食糧というのは、現在の環境問題の一つが食糧生産で使用する大量の肥料とか、殺虫剤とか、化学薬品、そういうものによって食糧が賄われ、それが一方において環境問題を引き起こしているともいわれていると思いますけれども、そういう百億の人口を抱えるだけの食糧というのをこれから環境と調和させていくためには、どういうような食糧政策というのが考えられるのかというようなことにつきまして、一つお伺いしたいと思います。

それから、もしちょっとお時間がありましたら、これは他の先生になるかもし れませんけれども、現在の環境問題といいますか環境汚染というのが、大量生産 それから大量消費という、そういう一つのパターンといいますか、生産のシステ ムの中から出ていると思いますけれども、先ほどSDPですか、スロー・ダウン・ ポリシーというお話がございまして、これはまあ、一口でいうと、そういう物質 とかエネルギーの削減というか、効率をよくして削減をするという、そういう考 えというかシステムとしましたときに、例えば、私は環境問題というのは、南北 格差とか非常に所得の低い人の場合に特に問題になるという。そういう国におい て、あるいはそういう人たちの間で特に環境を悪化させているような幾つかの要 因があるわけですけれども、その百億の人口を賄うためには、やはり所得の低い 人に対して職業を与えるということが非常に重要であると思います。その職業を 与えるというか、ある程度一定の所得を確保することと、それから、そのSDPと の関係といいますか、SDPというのを維持しながらどういう形で、そういう低所 得層の人たちに対して所得を確保して、それによって環境を維持することがどう いうふうにすれば可能なのかということにつきまして、もしお考えがあれば、こ れも濱田先生なんでしょうか、教えていただければと思いますけれども。

濱田 それでは、いまのご質問、第一点・第二点、おそらく非常に大きな密接な関係がございますので、まとめてお答えさせていただきたいと思いますが、私が提案というか指摘しておりますSDPという中には、決定的な方策というものはもちろんまだ見えておりません。つまり、いまここで議論されていることは全てそうですが、どうしたら必ず人間が救える、地球が救えるということは分かりませんで、模索をしている段階であります。

そして、その中で私が言っておりますことは、人口過剰が起こってきて、どこが本当のサスティナブルなところになるか、ポイントになるか。つまり、カーブが十分にバランスがとれるところになるかっていうのは、これは試算はできますが、実際上は、おそらくその途中の幾つかのパラメータが変わっていくことによって随分動くと思います。ですから、そのことをあまり定量的に考えるよりは、いまはむしろ質的なものとして例えば食糧の問題を考えますと、いまの傾向というのは、先ほど水あるいはエネルギーでも指摘されましたように、実は有効に使っていないという部分が非常に大きいわけです。この点、食糧は、例えば日本の場

合にはマグロとか、まあ具体的にいうと差し障りがあるかもしれませんけど、大変たくさんの食糧をいま食べて生きていくためではないストッケイジ。しかもそれが、食べるためというよりは経済流通のためにストックされているという、そういう事情が非常にたくさんございます。

このことは決して、世界中にイーブンに食糧が行き渡るというのはそんな簡単なことではございませんけれども、近代科学技術は輸送技術――トランスポーテーションに大変に大きな貢献をしておりますし、そのこと自体が、例えば日本ですと造船事業のようなことに大きく現れたわけですけれども、同じことがですね、資源というのはそもそも偏在するものであります。文化とかカルチャーとか、そういうような宗教とかと同じように偏在しています。ですから、その偏在をユニフォームにするという、これはエントロピーの増大からいうと決していいことではありませんけれども、基本的に地球財産の配分……生きている物が生きていく権利をもつというためには、先進国がもっている力をいまの途上国に配分するという意味で、もっともっと現実的な移送を行う。物質の移転を行うと。技術だけではなくて物質も移転を行う。但しそのときに、例えば、農薬のような一方的な土地の事情に合わないエコロジカルなことに反する政策は止める。そこに大きな意味で、精神的あるいは文化的にというんでしょうか、その土地々々……これも多様性ですけど、そこにあったエコロジーを大切にした技術移転と物質移送が大切であろうと。

これが一つのSDPとしてスローダウンですから、決して完全な解決になりませんが、より延長して地球の持続可能性を高めるという、そういう方向に役立つと考えておりまして、結局、低所得の方々というのは、どこまで人間の満足、つまり進化の中における欲望を満足、アメニティ達成度に対する満足というのをどこまで分かっていただけるかということは、先進国がまず範を示し、そして、これからさらに文化・文明を高めてくださるという、そういう目的で、一生懸命生きていらっしゃる方々に轍を踏ませない、そういう配慮をしていく。そこに本当の意味での知的財産の配分があり得るのではないかと、そういうふうに考えております。

白根 西澤さん、どうぞ。

西澤 具体的に申し上げた方が分かり易いと思うんですが、例えば、ハマチを食べておりますが、ハマチを食べるのを止めまして、ハマチに食わしている、何といいますか、食糧の魚をわれわれが食べると、随分これはたくさんの魚になります。少し差し障りがありますが、牛肉を食べるのを止めて、牛に食わしている餌を人間が食べますと、これも随分たくさんの割合で食えることになると思います。そういうようなことがたくさんございまして、もうちょっと直接的なことを言えば、焼畑農業を止めさせて、定着農業を課するということも、同じように効果があると私は考えております。

そういうようなことがたくさんございますけれども、そこの濱田先生のお言葉を借りますと、なんと言いますか、悪気のないエゴというのがいろいろございまして、学者が研究費が欲しいという悪気のないエゴ。企業の方々がお金を儲けたいという悪気のないエゴ。こういうものが本当の姿をなかなかわれわれに見せてくれないというところもたくさんあると考えております。

白根 よろしゅうございますか?

— はい。ありがとうございました。

白根あっ、コロンボさんどうぞ。

**コロンボ** また一言申し上げたいと思います。まず何よりも経済成長率を考えるとき、物理的なエネルギーや物質の消費の伸びと、それから私が先ほど申し上げたような経済成長率と混同してはなりません。つまり、私が先ほど申し上げた経済成長率というのは、人類の発展のために不可欠なものであります。これは、非物質的な商品やサービスから基本的に構成される経済成長のことです。

従いまして経済成長は継続できます。又、工業からポスト工業へと雇用のシフトが行われるでしょう。われわれは将来的に、大変なエネルギー消費や物質の伸びということを予想する必要はないわけです。ただ、人口が倍増するという事態に備えるために、もしも地球と同じ人口の宇宙人が地球に侵入してくるとなるとどうでしょうか。そうすると、衣食住とか、あるいは交通手段とか、そういったものを現在の地球人に与えられているのと食糧、住まい、輸送、衣服等、同じ量のものを与えなければならないのと同じことです。ですから、現在の人口が倍増

するとすれば、われわれはもっと効率化を計らなければなりません。エネルギーや物質の利用に関して効率化を計るべきです。いま、ちょうどパネラーの方も言われましたが、パラダイム・シフトがここでも必要なのです。つまり、食糧資源の利用に関してもパラダイム・シフトを計らなければなりません。

例えば、1日当たり2000カロリー以上を摂取するというのは人類にとってあまりいいことではありません。神が自然の中に作りたもうたのは、1日あたりのカロリー摂取量はある程度は必要であるけれども、それを越えた場合には自分の健康にはむしろよくないように、神の摂理として作られたわけです。これが大変重要な考えです。われわれはどうも飽食の傾向にあります。しかも、たくさんのカロリーをつかって、動物性蛋白質や脂肪をせっせと作り、また取り込んでいるわけですが、これは健康にも実はいいことではありません。ですから、ライフスタイルをもう一度手直しして、適正な量のカロリーや蛋白量、そしてもっと植物性蛋白質をとるようにし、動物性蛋白や脂肪を減らすように心掛ける。そうすれば、われわれはもっと大勢の人口を養うこともできるようになるでしょう。

ですから、われわれは決して、人口が倍増になるからといっても恐れる必要はありません。まあ、もちろん、その何倍までならという限界はあります。もしネズミ算的に増えてしまえば、もうそれは手に負えない、われわれは生きていけなくなるでしょうが、しかし倍増までであれば、われわれとしては決して経済の深刻な危機に陥ることなく、つまり、物質量の消費を減らす経済成長方式にシフトすることで生き延びることができるはずです。そしてその場合、経済成長というのは、今まで我々が経験してきた経済成長から訣別し、主としてエネルギー消費も物質消費も現在よりもずっと小さくなる方式での成長であります。

掘越 いまのいろいろなご意見があったわけですが、私どもが扱っております生物におきましても、苦しめられ、あるいは非常に大変な危険な状態になりますと、生き物は生きていこうという知恵が出てまいります。これを馴化という言葉で表現する人もおりますし、進化という言葉でいう方もおります。人間はもっと私どもが扱っている微生物よりも優秀ですので、大変にオプティミスティックな言い方かもしれませんが、私はあまり悲観はしておりません。

ただ、先ほど食べ物の話が出ましたけれど、これは先ほどの遺伝子組み換えと同じことなんですが、人間は非常に保守的であります。特に食べ物につきまして

は、これ以上保守的なものはないと思うくらいに保守的でありまして、同時にこれは、その人種あるいはそのコミュニティーの文化でもあります。ですからこれを変えるのには、私は非常に長い時間がかかると思うんですが、やはり、いろいろな考え方が少しずつ変わってきておりますので、私はあまり現在の段階に悲観はしておりませんし、悲観したくないと。あるいはこれは希望的観測だと言われるかもしれませんが。

現在エイズが出てきたのも人間の傲慢からくるところであるから、やがて人類は滅亡するということを言われる人もおりますが、これは私、あんまり悲観しておりませんで、現実にエイズ耐性の人間もできつつあるんではなかろうかと。これは先日、本当か嘘か私もよくわからないんですが、疫学的に調べてみると、ある地方の売春婦のエイズの感染率が非常に低い、そして免疫力が非常に高いという結果が出ておりますので、生き物というのはいろいろ苛められると、多分、知恵を出して生き残るようになるんだろうと。これはきょうの話題じゃあないんで、それで苛められると私は困るんですけれども(笑)、そんなふうに思っております。

# 白根 どうもありがとうございました。

昨日パーティーもありまして、コロンボさんはイタリアの方ですから、一般にはたくさん食べるんじゃないかと。ところが私、横におりましてみておりますと、私よりも食べない(笑)。奥様はお蕎麦を召し上がってました。それで、フワグラを見たらカーッと顔をしかめられましたから、これだけは証人として、いま仰った言葉は決して人のことではなくて、自分も含めてですね、そういうお考えだということがよく分かったんです。

質問の手が上がっておりますので、どうぞ。

#### --- 国立大阪病院の古川です。

先ほどのコロンボ先生のお話しに異論を差し挟みます。われわれは3000キロカロリー食べれば生きていけますがつまり、2000キロカロリーでペーサルメタモリズムを満たして、1000キロカロリーで頭で考えたり僅かな仕事をすることができますが、しかし、トランスポテーションとか、エアコンディショニングとか、そういったもので大体数万キロカロリー使っております。

で、その問題で訂正を申し入れまして、一つ申し上げたいことがございます、

それは、核拡散防止条約というのは核保有国のエゴで決めた条約でありますが、それと同じような奇妙な提案がこの頃ございます。炭素税というものです。それは、いわゆる市場メカニズムを信ずる人たちによって、炭素税……まあ、市場メカニズムというのは、私の個人的な見解では、どうもマルサスの人口論を市場に普遍したものであろうと思いますが、それを信じる人たちによって考え出されたものでありますが、それは、長年かかってやっとわれわれが克服した社会主義の亡霊を呼び起こすことにならないでしょうか。炭素税をもって、市場メカニズムを働かせるためには、実に巨大な社会主義的世界機構を作らないことには成功しないんではないかと思います。

そうですね、西澤先生にでも、もしご意見がありましたら伺いたい。

白根 では西澤さん……コロンボさんどうぞ。

**コロンボ** まず第一に私がカロリーのことで申し上げた話は食糧問題のことで言ったわけでありますから、生活の為のカロリー全般のことを言っているわけではありません。食べ物だけのカロリーで言っているわけです。

エネルギーのことですけれども、私は先ほども申し上げましたように、将来は 私たちは絶対的に化石燃料を使わないようにしなければいけないと思います。現 在、商業的なエネルギーは化石燃料により90%賄われています。もし非商業的な 第三世界で使われているようなものを含めたとしても81パーセントが化石燃料に 依存しています。ですから、化石燃料じゃない再生可能なエネルギーに行かなけ ればならないと思います。

できれば将来は、やはり融合エネルギーだと思います。と申しますのも、例えば、核融合につきものの増殖問題や大事故の危険性、放射性廃棄物の問題は解決できると確信しております。危険な事故をも防ぐことができる。ですから、核融合が将来的にいいのではないかと思います。

従いまして十分なエネルギー供給もでき、かつ再生可能なエネルギー源、もしくは核融合のような再生可能に近いエネルギーを使わなければならないと思います。

先ほどの食糧でございますけれども、食糧に対しては勿論限界はあると思います。水はこれから、そうですね、あと 2、30年後には大きな問題となるかもしれ

ません。世界で適切な量の水、必要な水、又、アメニティを維持する水を確保するということはなかなか大変だと思います。もしかしたら、いちばん大きな問題としてわれわれが将来、2、30年後に直面するのは水の確保だと思います。しかし、これに対抗するだけの方法はたくさんあると思います。というのは、科学と技術をどのように働かせるかによって問題は解決することができると思います。

しかし、いちばん大きな問題は科学技術の問題ではありません。管理できる領域における政治的な問題だと思います。本当に持続可能な世界統治法、世界社会に全てのこれらの力を向けていく方法を残念乍ら我々はまだみいだしておりません。ですから政治的な問題に、詰まるところ行き着くのではないでしょうか。科学技術の問題ではなかろうと思います。科学者は、自分たちが正しい質問を求められたとしてもこの点では貢献することはできたいのではないかと危惧しております。

西澤 いまのご質問はコロンボさんのお話しで尽きていると思いますけれども、 私は幸いにして科学技術者でございますから、例えば、私たちがエネルギーを半 分で済ますとか、あるいは、先ほど来お話ししておりますように、水力発電で当 分エネルギーに不足は生じさせないというようになったとすれば、これはもう大 変な、どんな観点からしても、大体プラスの方向にもっていけるということにな りますので、ある意味からいえば、大変恵まれた存在であると思います。

しかし、いまでも、そういう相互関係をよく調べなければいけないと。植林を どんどんしなければいけないとか、これから木材利用の生活形態というものを強 くしていかなければいかんと思いますが、そういうことの何が重点であるか、何 がボトルネックであるかということを絶えず思考しながらやらなければいけない 時代が来ているんじゃないかと考えております。そういう意味で、先ほど申しま したシステム・サイエンス的な研究を続けないと、ボトルネックがよく分からな いということを痛感しているというだけでございます。

# 白根 よろしいですか。

次に他にご質問こざいませんか。川崎さんどうぞ。

―― 先生のお話を伺っていて、共通して私自身がいま一つ分からない点でご質

問させていただきたいのは、シフトしなければいけないパラダイムだということ については十分理解はできるわけですが、その方向性という点で、幾つかのオプ ションがあるような感じがいたします。

特に、掘越先生が仰ったお話しと、コロンボ先生の仰ったバイオ・ダイバーシティー、いわゆる、全地球あるいは汎地球との共存というんでしょうか、あるいは共生という、シナジェティックスとでもいうのか、そういうところがひとつのゴールとしてセッティングされるのかどうか。そのときの現在の不安は、いま古川さんのほうからご指摘があった、いま動こうというシステムのほとんどは市場経済メカニズムが優先しているシステムになっているわけで、科学技術的なアチーブメントはすでにあるけれども、普及する段階において、市場経済とのフリクションで普及がなかなか進行しないという面もあったりするわけで、全地球的な共生という、そのパラダイム・シフトの方向になったときに、そのゴールに不具合なもの、不必要なもの、そしてそのシステムを生かすものというような、先ほど西澤先生の仰ったようなシステム・アプローチといいましょうか、そういうことをどこから手をつけたらいいのかという辺りについて、もしヒントがあればお教えいただきたいと思います。

コロンボ パラダイム・シフトそのものの目的ですけれども、それは持続可能な 開発を確保するということ。すなわち、開発をするにあたって、それが全ての現在の世代のニーズを満たす。しかも、後世の人のニーズをも奪わないようにして いくことです。すなわち、現在の世代のニーズは満たしながら、次世代のニーズ も満たしながらというのが持続可能な開発でありまして、これはブランタランド 委員会が、持続可能な開発に対して出した定義であります。1987年の著名な報告 書の中で、その定義が出されております。

さて、これがパラダイムの目的だとすれば、私たちはそのパラダイム・シフトに向けて働かなければならないわけですが、問題は市場経済、市場メカニズムでとなりますが、その市場経済メカニズムはソ連邦の崩壊にみられるように、共産国、中央集権経済よりはるかに優れたものでございます。市場経済だって欠点はあるわけです。市場経済としては、どうしても短期の利益を追求いたします。例えば、経済ジャーナル、ビジネスウィークだとか、フォーチュンだとか、ウォール・ストリート・ジャーナルだとか、いろいろな経済雑誌があるわけですけれど

も、全ての企業の判断の基礎となるのは、この3ヶ月の四半期……昨年ではないですよ、この3ヶ月の四半期の業績と今後3ヶ月の見通しなんです。

で、市場というのは大変賢いものでありますから、すぐに評価の材料を提供するわけです。しかし、市場は賢くもないということは、将来の需要、問題を予測してはくれないわけです。市場というのはあくまでも短期的な道具でしかあり得ないと。これが市場経済のジレンマだと思います。

我々は共産主義を敗北させました。共産主義というのはもともと、幸せを世界に与える約束をしていたわけです。そしてまた、将来の面倒も見ようという約束をしておりました。計画を5ヶ年毎にするというような形でやっていたわけですが、将来の計画どころか、現在さえも幸福をもたらすことができなかったのが中央計画経済であります。

というわけで、いまや不完全な欠陥ある道具しか残っていないということでありますが、市場のメカニズムをいかに是正し有効な道具にしていくかであります。それに加えて、長期的な見通しをすることができるような道具を市場経済に足してやるということが必要だと思います。これは幅の広い形で地球全体を考えなければならないわけです。どうしても自己中心になってしまう。他の国のことを忘れてしまいますと、結局例えば移民の問題だとか、それから多くの不安状態、それから紛争があるようなことがテレビでリアルタイムで放送される現実がまっております。そうすると、とても世界が暗いというような気持ちをもってしまうわけですね。

**西澤** ボトルネックを早く見つけなければならない。それから着手すべきである と私は思っております。

ただ、先ほどお話しの出ました例で、ちょっと日本の話をここでするのはあまりいい気持ちがしないんですが、『フロンガスの入ったスプレーが家にあるが、これはどうしたらいいんだ?』という新聞の投書に対しまして、通産省のお役人が、『まだ規制が始まっていないからどんどん使いなさい』という返事が載って問題になりました。

仙台の近郊の方で、大変私は尊敬することになったわけでありますが、廃車からクーラーに入っておりますフロンガスを集めて……これを回収してみんな開けて外へ出しますけど、それを貯めてメーカーに引き取らせようとした方がいます。

企業から引き取りを拒否されまして大変困ったという話を聞きました。最近になってから、ようやく日本の企業はフロンガスの回収を始めたわけであります。そういうことは規制されてないからいいんだということで、やっていないこともたくさんあるわけでございまして、その原因が何かということについてはいろいろあるだろうとは思いますが、やはり、やったほうがいいということが分かっていてもやらないことがある。

それはやはり、いままでのいろんな方々の既得権といいますか、既得権よりもうちょっと広いものだろうと思うんですが、そういうものを侵害しないでやろうという考え方がどうしてもございます。企業側が率先して、そういう長期ビジョンに従って何かをおやりになったとしますと、やらなかった会社に負けるんですね。そういうところがたくさんございまして、これを強制することは、なかなかいまの社会構造では難しい。

やっぱり、何がボトルネックでどのぐらい危険かということをまず洗い出すということが、私ができるいちばん大事な仕事ではないかと。官庁もそれを見ればしかるべき手を打つことになるだろうと。そういう根拠を出すということはやっぱり、サイエンティストあるいは科学技術者の責任ではないかというふうに考えております。

# 白根 どうもありがとうございました。

時間がなくなってきました、先ほどお一人手を上げておられたので、これが最 後の質問になるかと思うんですけれども、どうぞ。

― コロンボ先生かマンデルブロー先生かどちらかにお願いしたいんですけれ ども……

## 白根できればマンデルブローさんに。

一 先ほどから、西澤先生ならびに濱田先生が、人間の欲望っていうのは限りがない、どんどん…どんどんいろんなものを使っていくというのに対して、西澤 先生の方からですね、精神的なものというのでその部分をコントロールするというようなことを発言されてたわけなんですが、これは、われわれ日本人にとって は非常に理解しやすいというか、耳触りがいいことなんですけども、例えばヨーロッパの人々にとっては、こういうことはどのように受け取られるのかということをちょっとお聞きしたいんです。

白根 じゃあ、マンデルブローさん。何かコメントありますか?

マンデルブロー 質問のほうがよく分からなかったんですけど、日本人と欧米人の違いというか、ヨーロッパ人の違いということなのかもしれないんですけれども、廃棄物は日本にとってもヨーロッパにとっても考えていなかったものだと思います。私の文化でも廃棄物というものは考えていなかったと思うんですね。妻もそんなことを考えてはいなかったと思うんです。日本の方はゴミを出すようですけれども、私たちはゴミなんてもともとないんです。家内なんて何にも捨てませんから。

そういうことで、日本と欧州の違いは第二次世界大戦後のアメリカ人の派手な消費と他国の貧困のコントラストに影響されてのことでしょうが、これはいけないことだと思います。しかし、アメリカでもいまやゴミが少なくなってきています。まあ、時間が経つにつれてどんどんゴミは少なくなっていくでしょう。

まあ、文化的な違いというのは必ずあるわけです。人が違うということを忘れてはいけないと、文化の差異を忘れてはいけないと思いますが、その一方で、取りも直さず文化の多様性を維持していくということが大変重要なことだと思います。

しかし、違いというのは、皆さんが思うほど大きなものではないと思います。 フランス人はゴミを出すけれども、ドイツ人は捨てないとどなたかが仰ったと思いますけども、フランス人もそんなに簡単に物を捨てたりしません。それほど大きな違いはないわけです。これはその時代の政策や、また価格の付け方、また租税のかけ方、広報、パブリシティによってある世代に現れた事象です。非常に最近のまた浅薄な進みぐあいにすぎません。

まあ、持続可能な開発、持続可能性ということはそれほど、一見するほど難しいことではないだろうと思います。アメリカ人はゴミを出すということを言いますけれども、それは一定の時期で、いまはそれが少なくなってきていると思います。

**西澤** そういった文化の違いというものは否定できないと思います。やはり、理解してもらうと。しかし、西洋文化にもあるわけで、カソリックの生活なんかには随分あるんじゃないでしょうか。また、西洋の方で、東洋の文化に日本人以上に心酔した方もいらっしゃいますので、言い方は必ずしもよくはなかったと思いますが、西も東も、共に人間としての理解は深いところまで一致するものだと私は信じております。

**白根** 議論は実はまだまだ尽きないと思うんですけれども、大体の時間がきております。

これだけすばらしいパネリストがそろっていて、まだまだ意を尽くした議論にはなっておりません。しかし、時間が制約されていますので、まとめというのをやらなければいけないわけですけれども、これはほとんど不可能なことと思います。

そこで、最後に司会者の短い感想を述べてしめくくりにしたいと存じます。

一つは、われわれ、世代的に1920年代と30年代生れが壇上に並んでいるわけでございまして、新しい世代が一体どんなパラダイム・シフトという捉え方で、どんなふうに変わっていくのかという視点は、これは非常に重要な問題だと思うんです。マンデルブローさんがおっしゃいましたように、これからどんどんコミニュケーションのモードがビジュアルな形に移行してまいります。絵というものがより多くリテラシーに入ってきた場合に一体どうなっていくんだろうといった問題は、さまざまのパラダイムに大きな変化をもたらすことにもちろんなってくるわけです。

そういう視点からの世代論というものもありますし、それから、いまアジアが 非常に元気ですけれども、これから発展途上国といままでいわれていた国々と、 一緒になって先進国との関係論における新しいパラダイムを考えなきゃいけない ということですね。これも大変重要なことになるわけです。

例えば、いまマルチメディアという言葉が大変な話題になっていますけれども、これを先進国マターとしてのみ考えますと、実は誤ってしまうこともあるんではないかと思います。発展途上国を視野に入れて考えますと、文字のリテラシーを、先ほどのコロンボさんの言葉でいえば馬跳びですね。馬跳びして、絵とそれから言葉でエデュケーション、つまり教育でも何でもできるわけですし、そういう意

味でいきますと、文字のリタラシーでは50年、100年かかることが、マルチメディアで教育や社会サービスそして仕事ができるとすれば、もっと馬跳びができるということも出てくるわけです。

そんなことで、いまわれわれを取り巻く世界が大きくシフトしつつある。いままで常識とされていたこと、あるいはそれぞれの分野で、これはもう当然のことだとされていたことが大きく変わってしまうということもあって、ハッと気がついたときには、すでにシフトしまっているといったようなことが今日の問題だと思うんです。その意味でもそれぞれ違った分野の先生方にお集まりいただいての味の深い議論でございました。

そしてまた、フロアからの活発なご質問をいただきまして、司会者もリラックスできて、本当に時間キープだけで私の仕事は終わったような気がいたします。 それでは、これで本日のパネル討論を終えさせていただきたいと思います。 どうもありがとうございました。

発行者
 宮原弘光
 財団法人本田財団
 〒104 東京都中央区八重洲2-6-20
 TEL.東京03 (3274) 5 | 2 5