

HOF 01-060

本田財団レポートNo.60

温室効果による地球環境の変動と対策

中央大学理工学部教授 安藤 淳平

講師略歴

安藤淳平（あんどう じゅんぺい）

大正14年生

昭和18年 第一高等学校理科 卒業

昭和21年 東京大学工学部応用化学 卒業

現職

中央大学理工学部 教授 大学院長

現在の主要な役職

科学技術庁 科学技術政策研究所 アジアのエネルギー消費と環境委員会委員長

通産省 農水省 肥料対策協議会 委員

米国政府 T V A コンサルタント

米国政府 E P A コンサルタント

中国 成都科学技術大学 客員教授

国際環境保護協会（オーストリア）理事

西ドイツ カールスルーエ大学 客員教授

過去の主要な役職

通産省 硝素酸化物対策委員会 委員

国連 W H O コンサルタント

米国 カリホルニア州政府 コンサルタント

米国 ロサンゼルス地区大気局 コンサルタント

米国 国際肥料開発センター 理事

ブラジル 政府 肥料研究所 コンサルタント

賞、叙勲

昭和34年 日本化学会 進歩賞

昭和60年 オーストリア国 獲二等友好功労章

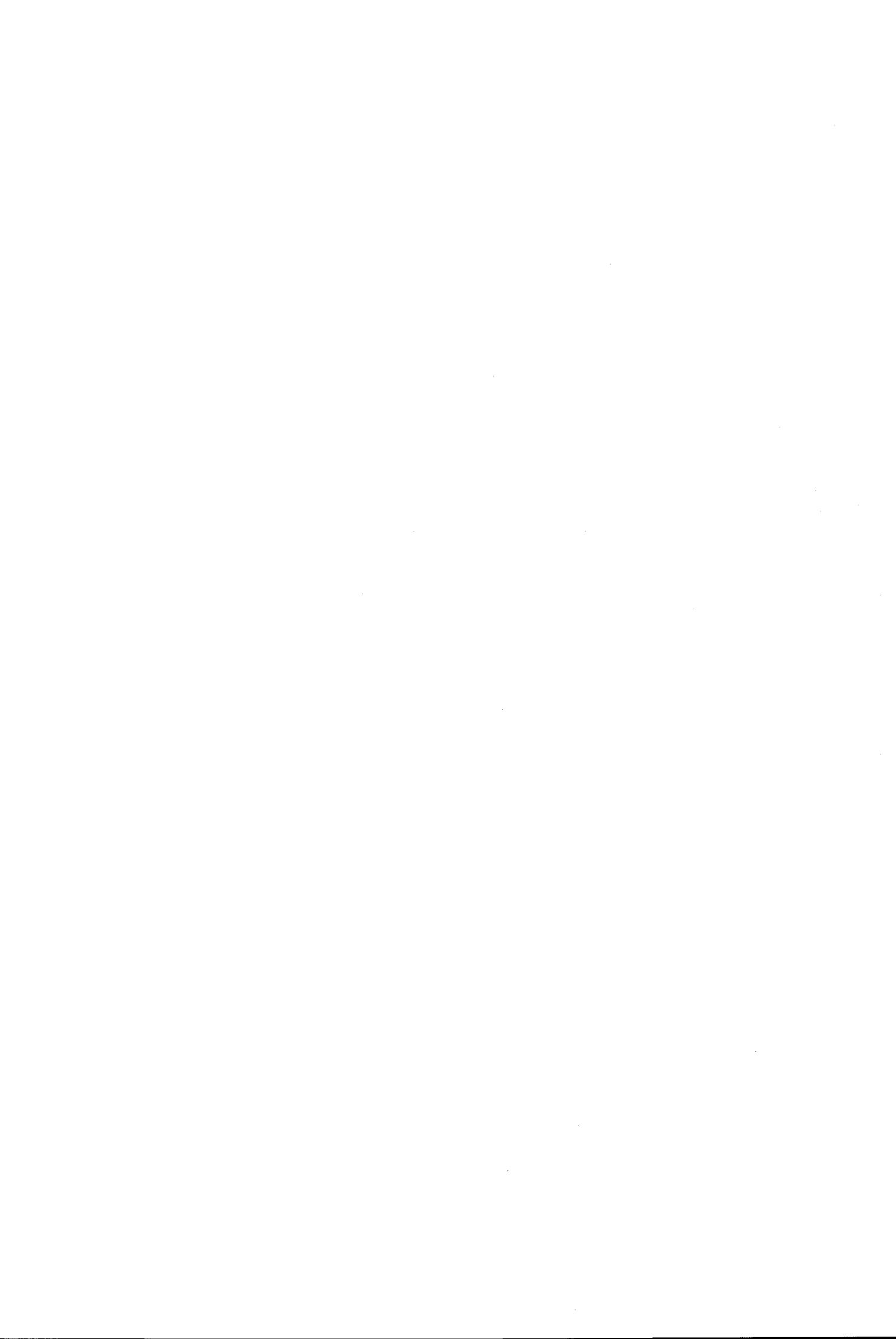
平成元年 IUAPPA（世界各国の大気汚染防止協会の連合組織）より

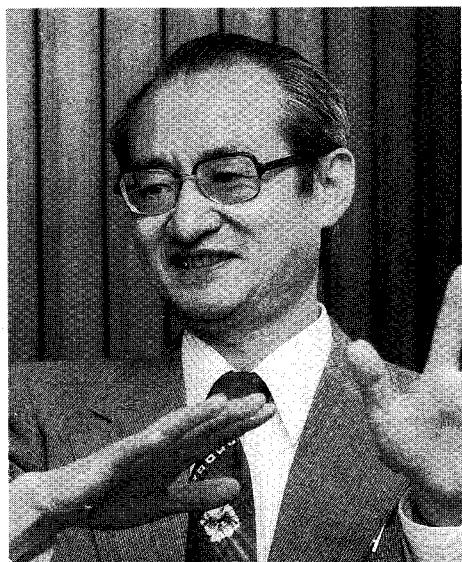
Christopher Bathel賞

このレポートは平成元年3月30日、パレス・ホテルにおいて行
われた第51回本田財団懇談会の講演の要旨をまとめたものです。

目 次

はじめに.....	5
炭酸ガスと温室効果.....	6
世界の燃料使用と炭素の循環.....	7
原子力と太陽エネルギーの問題.....	13
日本の省エネルギーの成果.....	14
炭酸ガス問題への対応と対策.....	19
質疑応答.....	20





はじめに

只今、ご紹介いただきました安藤でございます。私は大学生で卒業研究を始める時期が、丁度終戦の年でして、食糧不足の時代でしたからまず化学肥料を研究し、この関係で中国、ブラジル、インドなどの開発途上国の指導に行っております。その後、日本で大気汚染がひどくなりましたので、20年位前から、大気汚染防止関係の仕事を致しまして、そちらではアメリカのEPA（環境庁）の顧問、TVA、国連、カリフォルニア州政府の各顧問、西ドイツの大学の客員教授など、先進国で仕事をしております。近ごろは炭酸ガス等による地球の温暖化問題が重要になってまいりまして、大問題でございます。最近科学技術庁でもこの問題の委員会ができまして、これは先進国にも開発途上国にも関係しますので、私が委員長をつとめております。何分この問題は、科学技術それ自体で解決できる問題ではございませんで、経済、政治、それから気象学者や、森林の農学者とかあらゆる分野の人を集合して、知恵をしづっていかなければならぬと考えております。

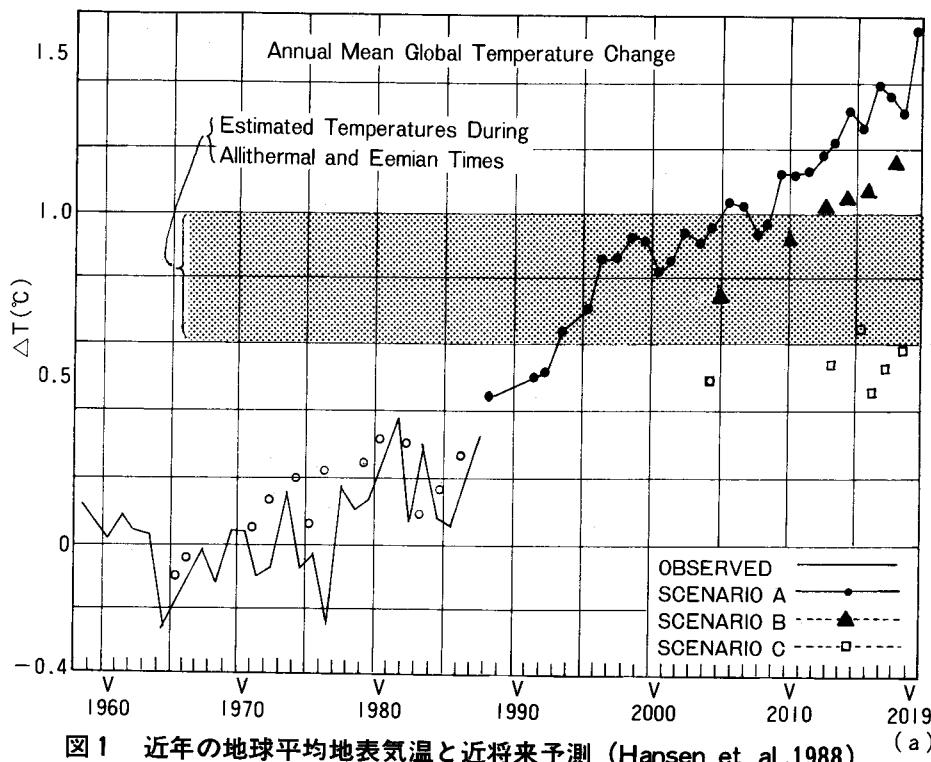
本日は、下田理事長さんをはじめ、日本の各界を代表するご立派な方々においでいただきまして、大変光栄に存じておりますが、皆様方のご意見ご批判を是非いただき、日本のあらゆる知恵をしづって外国と協力してこの問題を片付けていかなければならぬと思っております。

炭酸ガスと温室効果

ご存知のように、炭酸ガスが増える主因は、燃料、石油、石炭その他をたくさん焚くからですが、炭酸ガスが増えると地球が温暖化することは随分以前から分っていたことで、宮沢賢治の童話の中に既に出てまいります。童話ですから仮空の国の物語ですが、夏非常に寒くて作物ができなくて農民が困っている。そこで火山にダイナマイトを仕掛けて、人工爆発させ、炭酸ガスを出して気温を上げて救うんだという童話です。宮沢賢治がこれを書いたのは、60年ぐらい前だと思います。ですから既に当時から、予測する人は将来炭酸ガスが増え過ぎて、地球の気温が上り、南極の氷が全部解けだしたら海の水位が30メートルから40メートル上るので、世界の主要な平野や、大都市は、総て水没するであろうと考えました。最近まで余り関心を引かなかつたのは、本当かどうかという疑問と、地球全体がやや寒冷化の方に向っているという説がありまして、それでカバーされて消えてしまうのではないかという説もあったのです。しかし、現実に気温も上り始め、水位も上り始めているということがほぼ確実になってきましたので、数年前からアメリカで大騒ぎをして、日本では去年ぐらいから騒ぎ始めたということでございます。

1) 近年の地球平均地表気温と近将来予測

図1は1960年から2019年までの各年の地球全体の平均気温ですけれども、1960年ぐらいまでは地球の気温が安定していて、それからだんだん上りかけていることを示しております。真中の黒い帯状で示された部分は、今から6000年前、日本で言えば縄文



時代になりますが、現在より大体平均気温が1度位高かったのです。1度位大したことではないと思われるかと存じますが、この頃は水位が高く関東地方の内陸の方まで海が入り込んでおりまして、具塚が奥地に残っております。温度は1度でも海の水が膨脹しますので、当然あふれてくるわけです。これが2010年以後になりますと、まだ人類が経験したことのない高い高温時代に突入するのであろうと予測されます。図1のSCENARIO Aはこのまま進んだ場合で、Bは小幅、Cは大幅な対策をとった場合です。

2) 各温室効果気体による1980年から2030年までの昇温の予測

図2は縦軸が上昇する地球の平均温度で、2030年までに1.5度位上がるだろうということですが、その上るのについて一番重要な作用をしておりますのが下の方に書いてありますCarbon dioxide 炭酸ガス、二酸化炭素です。それプラスその上にchlorofluorocarbons と書いてありますのは、これはフロンです。オゾン層を破壊するというものですか、これも温室効果を持っておりまして、その他にメタンとか窒素酸化物とかオゾンとかいろいろなものがあります。この中でフロンの方は、規制が始って抑えていくことができると思いますけれども、二酸化炭素の方は、これは燃しあえすれば出てきますので、これを抑えるということは容易ならざることです。

3) 世界の燃料消費と炭素の循環

図3は百何十年前からの世界の主な燃料の動きを書いておりますが、百年以上前の主な燃料は薪炭です。ところが木をどんどん切り過ぎてあちらこちら砂漠化してまいりました。ギリシャなども、今殆どはげ山ですが、ギリシャ文明が栄えた頃は、うつそうたる森林に覆われた、沃野であったわけです。薪炭不足で石炭を掘りだして、石

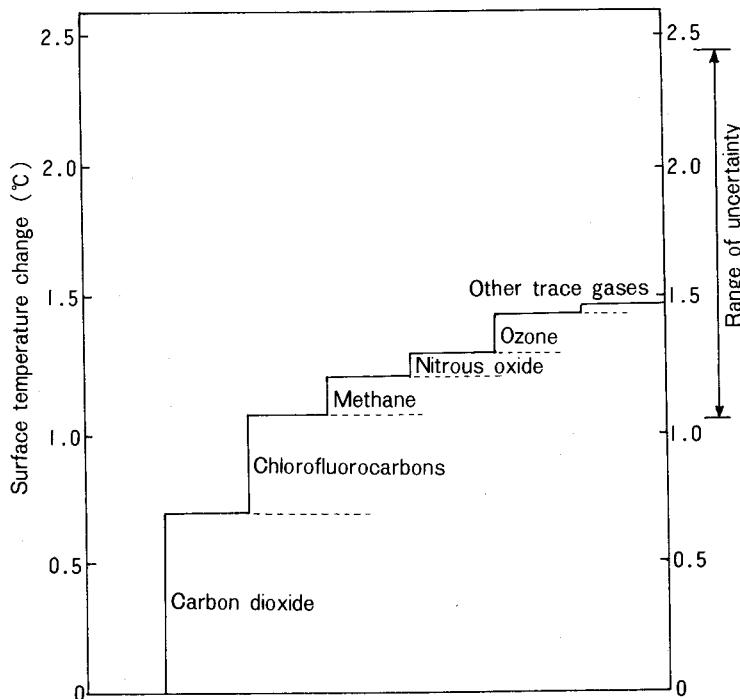


図2 各温室効果気体による1980年から2030年までの昇温の予測

炭の時代というのが数十年前まで続き、石炭による汚染がひどいというので、石油から原子力に切換ってきたという、これが現状でございます。

4) 化石燃料からの炭酸ガス発生量

図4の1985年のところを見ますと、石炭と石油が同じ位で天燃ガスからも出ています。100億トン单位ですからそれらの燃料から年間200億トンの炭酸ガスを世界全体で出しております。これプラス薪や、その他からも出ておりますから、全体としては約300億トンになります。

最近各国で亜硫酸ガスが酸性雨の原因として騒がれておりますが、これは世界中で発生量は1億トンです。世界中で今亜硫酸ガスを除去している量は年間1000万トン以下で、これに対して炭酸ガスの方は、200億トンで3ケタ以上も上にあります。燃焼ガスから除去するということは、まづ考えられない。どうやってこれを減らすかが大問題でございます。

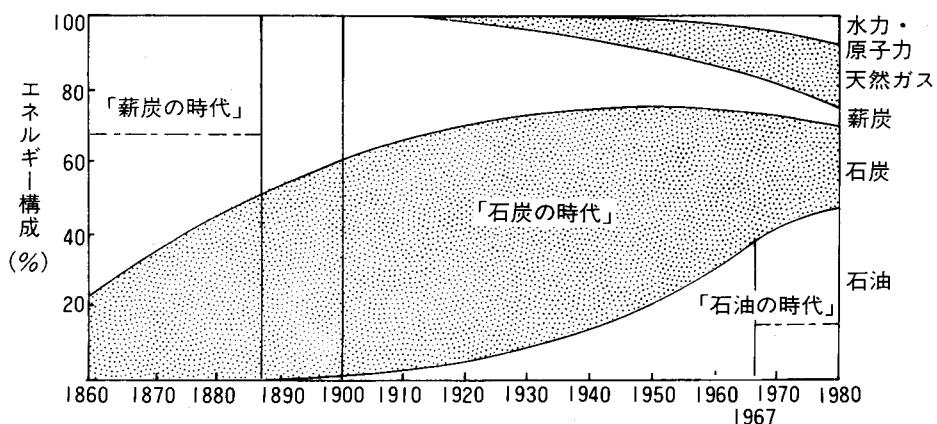


図3 世界のエネルギー構成の推移

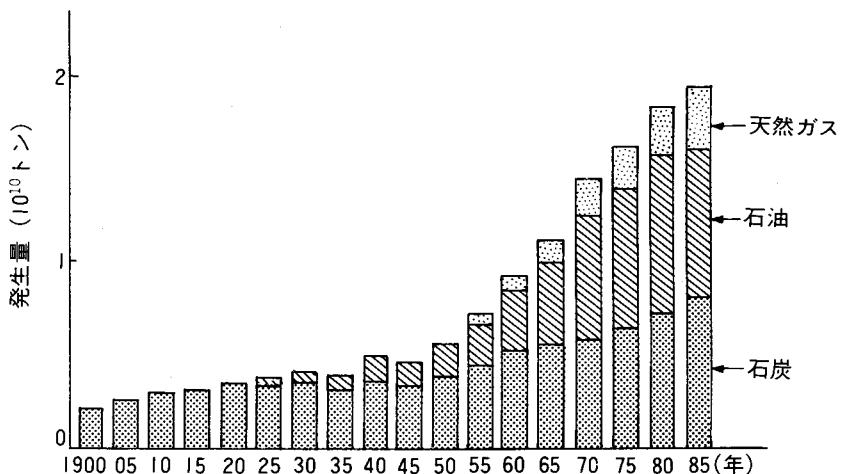


図4 化石燃料からの炭酸ガス発生量

5) 大気中のCO₂の増加

図〔5〕は南極の氷の分析で100年以上前からの空気中の炭酸ガスは、どうなっているかが出ています。縦軸が炭酸ガスのppm単位で、270とか280位のところがずっと続いているのが、燃料消費の増加によって急速に上り始めた。この図5のカーブと図4のカーブとが、一致しているのがお分りになると思います。

6) 地球上の炭素と年間の循環量

図6は、地球上で炭素がどのように動いてどうなっているのかを大雑把に表しています。単位は10億トンで、炭素としての単位ですから、炭酸ガスに直すには大体4倍位になります。大気中に700と書いてありますがこれは、炭酸ガスに直すと大体3兆トンの炭酸ガスが、地球を取巻く大気中に有るということです。そしてそれに対して、地球の地面の中には石油、石炭が炭素として10兆トン眠っていて大気中の炭素は約3兆トンですからこれより大分多いわけです。それ以外に堆積有機物、木の葉が枯れたり、

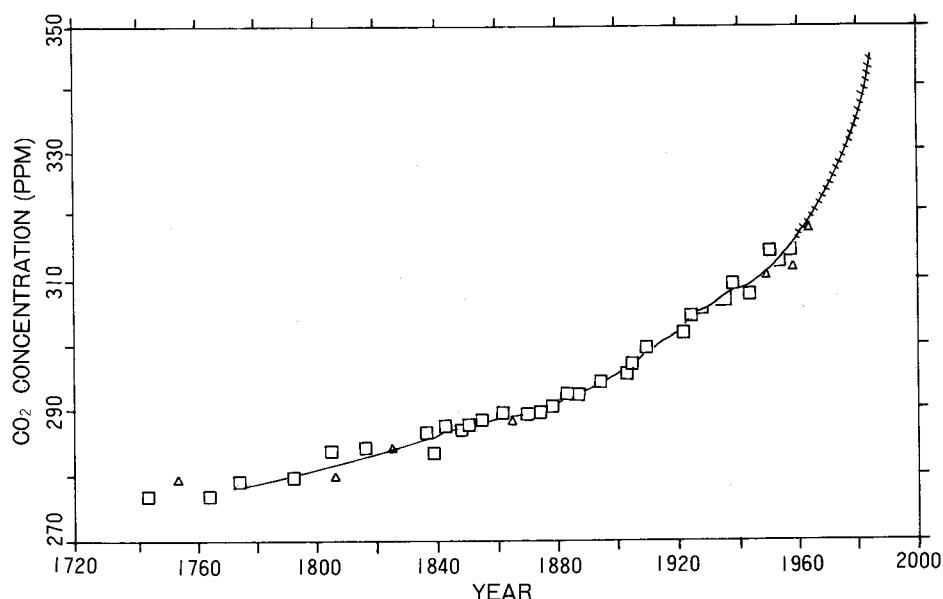


図5 南極サイブル基地での米床コア中の気泡の分析から得られた近200年のCO₂濃度の増加傾向（ベルン大学グループによる。）

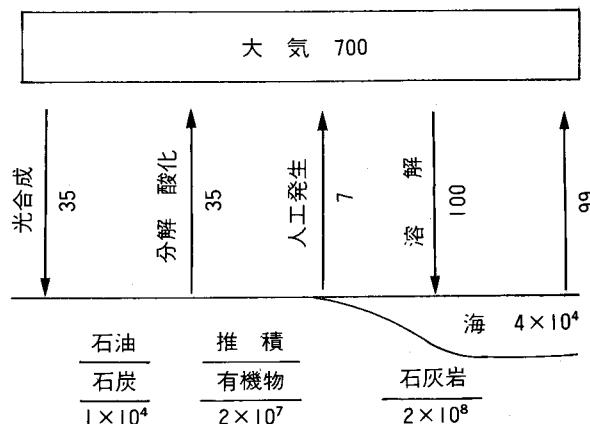


図6 地球上の炭素と年間の循環量概要(10⁹ t)

木材が腐ったり、動植物の遺体、そういう石油、石炭になる前の有機物が2万兆トンと非常に大量にございます。そうしてもっと多いのが、炭酸ガスと海のカルシウムが没収した石灰石が20万兆トンです。一方、海の中に溶けているものは40兆トンあります。これが地球上の炭素のおおまかな存在量です。矢印が上下に向いておりますが、一番左の光合成、これは植物が炭酸ガスを栄養素として摂って成育しますので、それが年間約350億tを植物が取ってくれる。ところが堆積した有機物が自然の酸化で炭酸ガスを出しているものおよび呼吸によるものが分解酸化です。これも約350億tでこれでバランスをとつて何千年か大気中の炭酸ガスが一定であったということです。これに対して人間が人工発生は、70億tで少いように思われますが、これが加わったために、どんどん大年中の炭酸ガスが増え始めたということです。それ以外に海の中に溶け込む分が、海から出てくる分よりやや多く、人工的に放出する炭酸ガスの半分近くが海に吸収されます。

大気中の炭酸ガスの増加は主に、二つのファクターによっておりまして、大体燃料が増えたことによって7割森林が減ったことによって3割、それによって炭酸ガスが増えているという大体の計算がございます。

7) 燃料としての木材伐採の現状(1985)

表[1][2]に示すように、現在でもタンザニア、ナイジェリアというアフリカの国では、多量の森林を伐採して、燃料とします。燃料として使う割合が90%です。日本は薪などは、殆どありませんから、一番下で1%位。開発途上国では石油、石炭を買う金がなく、立木を切って燃やしますから、ますます砂漠化が進むという実態がございます。

表1 木材伐採と燃料としての消費割合(1985)

国名	伐採計(千m ³)	割合(%)
タンザニア	45,540	96.8
ナイジェリア	95,566	91.7
インド	245,029	90.8
インドネシア	149,008	82.0
ブラジル	225,905	74.4
韓国	8,573	72.1
中国(含台湾)	263,373	64.8
フランス	38,999	26.7
米国	448,488	22.7
ソ連	355,700	22.6
西ドイツ	30,650	12.4
スウェーデン	53,339	8.3
カナダ	171,305	3.6
日本	33,465	1.6

表2 木林伐採と燃料としての消費割合(1985)

地域	伐採計(千m ³)	割合(%)
世界	3,165,019	52.5
アフリカ	458,931	88.2
アジア	985,281	75.1
南米	302,161	72.5
オセアニア	36,719	24.0
北米	677,189	22.8
ソ連	355,700	22.6
ヨーロッパ	349,039	16.0

(出所: 総務庁統計局、「国際統計要覧」、大蔵省印刷局、昭和62年10月)

そこで植林が大切で、国連なども熱心に費用をかけ、日本の方もいろいろと援助が出ていると思いますが、植林をいたしますけれどもこれがうまくいきません。インドなどもそうですが、貧しくて燃料がありませんので、植えたての苗木を全部引抜いて燃してしまう、そうしないと炊事の燃料が無い、こういう状態でございます。このような地帯では植林がなかなかうまくいきません。うまくいっている国がありますがこれは、兵隊が鉄砲を持って護っていまして、木を抜きにくる奴は撃ち殺していいというそういう所だけは森林が育っていますが、そうでない限り非常に難しい問題になっています。これは技術で片付くようなものではなく、政治経済あらゆる面から考えていかなければなりません。

それからもう一つ大きな要素は、焼畑農業と言いまして、ブラジルの熱帯林など、農地にするために森林に火を付けて焼いてしまいます。その灰が、肥料になりますし、そこで3年か4年は、肥料をやらなくても作物が取れますし、また土地が駄目になると次の所を焼き払って、農地にする。これは実は人類が昔からやってきたことなのですから、この方法を禁止するわけにもいかないとは思いますし、これはやはり困ることです。こういう所では化学肥料をやって森林は燃さないように私も化学肥料を製造する指導のためにブラジルには、10年間毎年指導に行っております。

もう一つは、欧米では大気汚染によって森林が弱ってきましたからこれも防がなくてはならない、という問題がございます。

表3 国別CO₂発生量(1983年)[炭素換算量]

国	放出量	比 率
	(100万トン)	(%)
アメリカ	1,138	23
ソ連	911	18
中國	440	9
日本	224	4
西ドイツ	179	4
イギリス	141	3
ポーランド	113	2
フランス	103	2
イタリヤ	91	2
東ドイツ	82	2
その 他	1,591	32
世 界 計	5,013	100

(電力中央研究所の試算値)

8) 国別CO₂発生量

炭酸ガスを国別でどの位出しているかを、表3に炭素の量で出しておきます。一番多いのがアメリカで1138と言いますのは、11億何千万トンということになりますが、これを炭酸ガスに直しますと40億トンで、大体アメリカが世界の炭酸ガスの5分の1を出していて、その次がソ連で、それから中国、日本であるということでございます。アメリカが人口から見て、日本の2倍ですが、炭酸ガス量は6倍も出してありますので、こういう所でなんとか節約してもらわないと、日本がゼロにしても、話になりません。

9) 主要国のエネルギー消費（1985年）

表4は1985年に世界がエネルギーをどんな形で使っているかを表します。アメリカの消費量が一番多く、石油、石炭同じ位に使って、天然ガスも使っている。西ドイツも割合同じ位です。日本は石油が一番多く、中国、インドは石炭が圧倒的なシェアを占めていますが、この石炭というのは、石油、天燃ガスにくらべて同じカロリー当たり炭酸ガスを出す量が多く、天然ガスの1.7倍位、石油の1.3倍位です。中国、インドは炭酸ガスをたくさん出しているということになります。

表4 主要国のエネルギー消費
(1985年 石油百万kcal換算)

	米 国	西 独	日 本	中 国	印 度
石 油(A)	687	106	236	73	35
石 炭(B)	429	81	75	411	91
ガ ス	420	46	37	12	4
原 子 力(C)	78	21	43	—	—
水 力 な ど	78	4	24	8	5
合 計(D)	1,692	258	415	504	135
A/D (%)	40.6	41.0	56.9	14.4	25.9
B/D (%)	25.3	31.4	18.1	81.5	67.4
C/D (%)	4.6	8.1	10.3	—	—
人 口 (百万)	234	61	119	1,020	732
消費 (kcal/人)	7.2	4.2	3.5	0.49	0.18

原子力と太陽エネルギーの問題

炭酸ガスを減らすために化石燃料の使用を止めるとなにが残るか。

太陽エネルギーでやればいいということが言われますが、これははっきり言って駄目でございます。太陽エネルギーは非常に量は多いのですが分散しておりますから、集中しないと使えません。工業用とか輸送用には使えず、家庭には使えますが、例えば、ソーラハウスにして、屋根に太陽電池とか、温水機を付けますと、大体家庭の電力の6割は間に合うと言われております。6割できたら結構じゃないかと言われますが、実は日本の家庭で使っているエネルギーは、日本全体のエネルギーの20%以下ですから、日本中の全部の家がやったとして全エネルギーの10%位。実際にはせいぜい3%~5%が関の山ではないかと思っております。

そうするとあとは原子力ということになりますが、この方も、まだ十分安全ではないということ。それから廃棄物の処理がまだついていない。それらの問題が片付いたとしても、現在のような使い方をしていくと、ウラニウムが5、60年で無くなってしまいます。これでは仕方がない。ではどうすればいいのか。いま実験開発中の増殖炉を造れば、ウラニウムがもっと効率よく現在の何十倍かに使えるということですが、増殖炉の方はまだ実用化には至っておりません。

その先には核融合がありますが、核融合の専門家に聞きましたが、これはまだまだ当分見込みがない。

そこでいまの増殖炉の技術などを進めながら、原子力はあまり急がずゆっくり安全を確保しながら進めていく方がいいと思います。これに関しましてはやはり大きな議論がございまして、オーストリアなどは原子力中止です。原子炉を造りましてから国民投票にかけて、動かすのを当分止めるということでしたが、チエルノブイリの事件が起ってから、世論がもっと厳しくなりまして折角造って動かさない原子炉を、今度は解体してしまうことに決りました。3年前私もオーストリアに呼ばれまして、このエネルギー問題の議論がございました。その時に日本からもう一人呼ばれましたのは、高木仁三郎さんという方です。この方は現在の原子力反対国民会議の議長として活躍しておられる方で、高木さんとオーストリアで議論しました。高木さんは原子力は使わず太陽エネルギーをやればいいと言います。これは無限にあって無公害だからというわけです。私は、それは駄目だし日本の原子力は安全で、チエルノブイリのようなことは起らない。炉の構造が違うし、高木さんが頑張っているからだと言いました。高木さんが常にこういうところが危いと指摘し、日本の電力会社は一生懸命やりますから安全で、高木さんがいる限り日本の原子力は進みますよと言ったら、苦笑いしておられました。ソ連で何故チエルノブイリのようなめちゃくちゃなことが起つたか、原子力反対などは一切許されない国ですから、政府も原子炉担当者も想像もつかないようなでたらめなことをやったということです。

それにしても、やはり原子力を手離しで進めていいわけではありません。廃棄物の問題とか、それから私が心配しておりますのは日本の作業員等、世界一勤勉で責任をもってやっておりますが、これがいつまで続くであろうかということです。

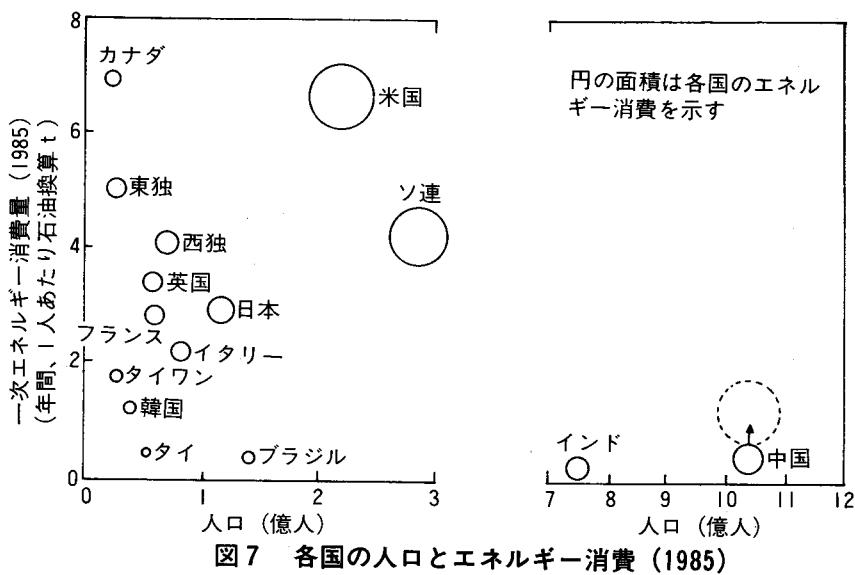


図7 各国の人口とエネルギー消費（1985）

今の学生を見ておりますと、30年前のアメリカの学生のように、非常にみんな明朗快活でいいのですが、間違いばかりして、注意するとすぐ「すみません」と言って直しますけれども、また同じ間違いをする。30年経つと日本の原子炉も危くなるのではないかと思っております。

10) 二次エネルギー消費量（1985）

図7は横軸が人口です。日本は1億ちょっと、中国は10億以上、インドは7億。縦軸は一人当たりどの位エネルギーを使っているか、石油換算でキロリットルですから、日本は1億人ちょっとで3キロリットル（約3トン）一人で使っている。丸の面積は、消費量を表わしています。アメリカは一人当たり7キロリットル位。アメリカが一番大きな丸です。それに次いでソ連で、その次に大きいのが中国、中国と一人当たりの使用量は、いま日本の15%位ですが、これを中国は何倍にもしょうと張切っております。中国が一人あたりで韓国程度になったとしますと、アメリカと同程度のエネルギー使用国となり、石炭が主要燃料ですから炭酸ガスの量から言いますと世界一出すということになります。しかしこれをやめてくれというわけにはいかない。インドにしても非常に貧しくて、エネルギー使用量が当然増えてきますけれども、これを抑えてくれということは、先進国のエゴイズムになります。やはり先進国自身がなんとか抑えていかなければならない。アメリカにもやってもらい、日本も努力していくには如何にすべきかという問題になってまいります。

日本の省エネルギーの成果

11) 各国の第一次エネルギー消費（1985）

図8の横軸は一人当たりの年間のG N Pが書いてございます。縦軸が一人当たりの燃料消費量、石油換算です。日本は右の方の下にありますて、一人当たりのG N Pが14000ドル位ですけれども、石油使用量は3トン位、これはエネルギー的に言いますと、最も世界一効率がいい。アメリカはG N Pが大体同じ位でも、日本の2倍以上使っている。

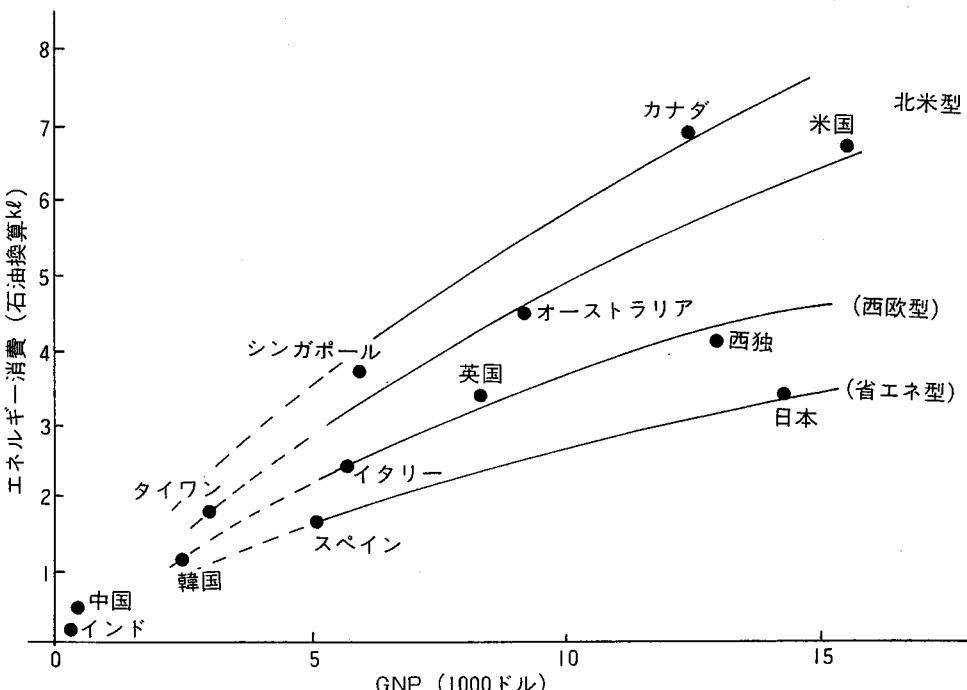


図8 各国の年間1人あたりのGNPとエネルギー消費（1986）

カナダは寒い国で土地も広いせいもありますが、もっと使っています。日本のこの省エネ技術というのは大変なものであります。日本では通勤は満員電車で、能率よく通っているということもあるかも知れませんが、基本的に言いますと車もガソリン消費が最も少ない。本田さんのご努力も大いにあるわけです。私はアメリカに何回も行っていますが、ホンダの車が本当に評判がいいのをよく存じております。

それでもう一つには、十何年前の石油ショックの時に、一番大きな影響を受けるはずであった日本が、実は一番の努力をいたしましてこれを切抜け、最も省エネをやったということです。例えば、鉄やセメントを造るときのエネルギー消費もアメリカの7割程度です。家庭でも節約をしているということでございます。この技術を世界中に普及させていく必要があります。ただ、私が心配しておりますのは、最近の若者の高級車指向です。一台250万とか300万とかの車を買うそうですが、これはまた、たくさんガソリンも食うでしょうし、アメリカが、3、40年前にやってきた道を、また日本の若者たちがやりますと、日本がアメリカのようになっていくことを憂慮しています。

12) 発電と排ガス浄化による二酸化炭素の発生量（1989）

表5は天然ガス、油、石炭これを燃やした場合の同じ発電1キロワットアワー当たりに炭酸ガスがどれ位い出てくるか比率で示します。天然ガスで普通に発電して、100としますと、最近実用化しておりますCCSなわちコンバイトサイクル、複合サイクルというのですが、これだと燃料が一割位減って89。ただこれをやりますと高温燃焼で、窒素酸化物がたくさん出ますので、排煙脱硝をして、これを入れて90になる。もっと能率を上げれば84位までできると、こういう方向は当然とっていく必要があると思います。油では、もう少しだたくさん出てきます。石炭では、そのまま燃して163。これに脱硫がいりますので170位です。天然ガスが一番いいので、石炭をやめて天然ガ

表5 発電と排ガス浄化による二酸化炭素の発生量（安藤 1988）

燃 料	発電方法	効率(%) (a)	ガス浄化	二酸化炭素発生 Kg/KWh	比率
天 然 ガ ス	ボイラー	39	な し	0.46	100
	CC(b)	44	な し	0.41	89
	CC	44	脱 硝	0.414	90
	CC	47(c)	脱 硝	0.386	84
重油、高硫黄	ボイラー	40	な し	0.66	143
	ボイラー	40	脱硫(d)	0.68	148
	ボイラー	40	脱硫脱硝	0.684	149
重油、低硫黄	CC	44	な し	0.60	130
	CC	44	脱 硝	0.61	132
石 炭	ボイラー	40	な し	0.75	163
	ボイラー	40	脱 硫	0.776	169
	ボイラー	40	脱硫脱硝	0.78	170

(a)総発熱量ベース (b)複合サイクル発電 (c)将来の可能性

(d)石灰石石膏法

スにすれば、半分位になるという議論がありますが、そうはいかないと思います。日本は天然ガスを買占めることができますけれども、中国やインドは、やはり石炭を使わざるを得ないわけです。ただ最近、天然ガスにいわゆる深層天然ガスとの試掘が始まっています、石油や石炭というのは、みな生物の遺骸からできたものだということになっておりましたが、そうではなくて地球の内部に炭素があって、そういうものと内部の水分との反応で、地球の内部でも、天然ガスができているんだという説があります。そこで、何千メートルも、深く掘っていくと、無限に炭酸ガスが出てくるとい説もあります。ソ連などで1万メートル近く掘っていますが、まだ成功しないようです。

13) 欧州における森林の被害状況 (1985)

図9は大気汚染による森林被害です。西ドイツでも、半分位の木が葉の一部が落ちたりするダメージを受けています。ヨーロッパ、アメリカもそうです。これは、酸性雨のためではないかと3~4年前まで言われておきました、朝日新聞などにも、酸性雨で日本も木が枯れると書いてあります。私、朝日新聞の科学部の記者に来てもらいました、注意いたしましたが、実はこの森林被害は酸性雨ではございませんで、オキシダント、オゾン、光化学スモッグというものでございます。これに対しては、車にも責任があり、排気ガス対策を十分とっていかなければならぬと、ということでヨーロッパでもようやく車の排気ガス対策を始めております。

14) ガソリンエンジン車の排気ガス規制 (自動車工業会による)

ガソリンエンジン車の排気ガス規制は、図10に見るように、既に1978年に日本が世界一厳しい規制を貫徹いたしました。ホンダさんのエンジンは以前からよかったですから、きびしい規制でも十分耐えられるという自信をもっておられたんだろうと思いますが、トヨタ、日産はこういう規制は不可能であると言つて猛反対をしたわけです。

私は、当時の環境庁の大気保全局長の橋本さんに、「これはできるはずだからやりなさい」と言って勧めました。環境庁は踏み切って、やはりできたということです。

図10の2つの図の窒素酸化物と炭化水素、この2つの排出物が紫外線を受けて、光化学スモッグ、オキシダントになって、森林を枯らすというものです。これらについて日本が世界一の対策に成功しています。しかも、日産やトヨタの車はこれを減らすために、触媒を使っておりますが、確かにホンダの車と三菱の車は触媒を使わずエンジンの改良、燃焼法の改良で成功していると聞いておりますがこれは大変立派なことだと思います。米国でも欧州でも、規制を日本なみにきびしくすることには、触媒を必要とするからという理由で反対です。ですから、こういう車を世界に普及させて光化学スモッグを減らすことが大切です。

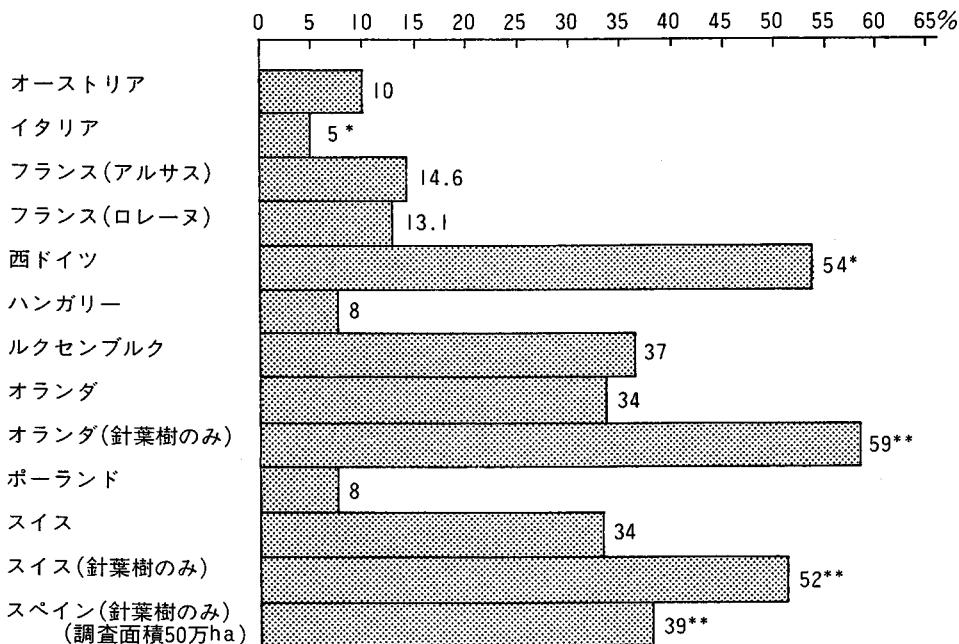


図9 欧州における森林の被害状況(1985年)

(備考) UNECE資料等により作成。*は1984年、**は1986年。

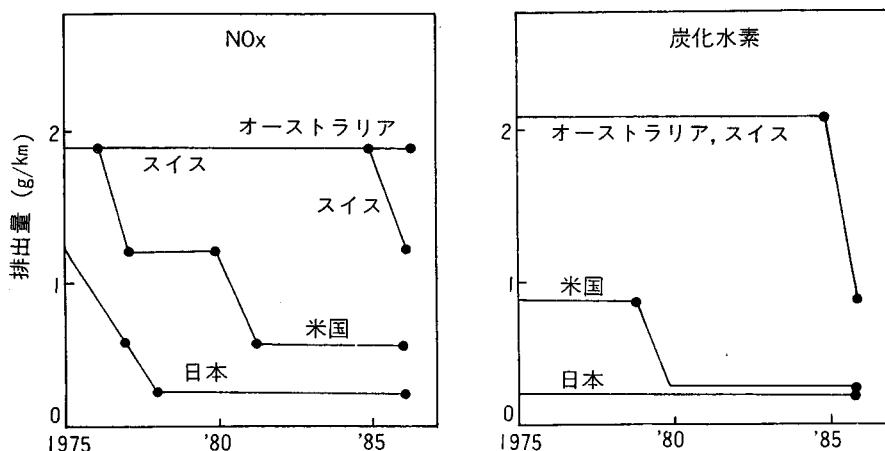


図10 ガソリンエンジン車の排気ガス規制（自動車工業会による）

15) 硫黄酸化物と窒素酸化物の排出と濃度

図11は、亜硫酸ガスの年間の排出量で、これも日本が世界一減らしています。日本では、火山から出ている亜硫酸ガスが約200万トンで人工的に出す方が少なくなっています。年間で70万トンで、アメリカの40分の1の排出量にとどまっています。これには表7に示すように、多数の排煙脱硫設備が役立っています。これを真似て、世界でも脱硫が始まっています。図12と表7のように窒素酸化物も同じように日本が世界一の対策をとっています。そういうことで図の13の(a)を見ていただきますと、亜硫酸ガス濃度は、東京、大阪などが大都市の中で世界一低い。窒素酸化物はまだ多過ぎる、と言われますが、図の13の(b)のように窒素酸化物の濃度もニューヨーク、ロサンジェルス、シカゴの半分以下でして、世界の大都市の中では一番きれいです。これはやはり車の窒素酸化物の排出量が少いためです。

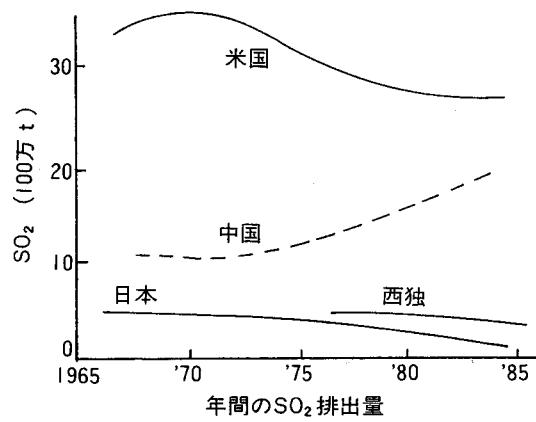


図11 年間のSO₂排出量

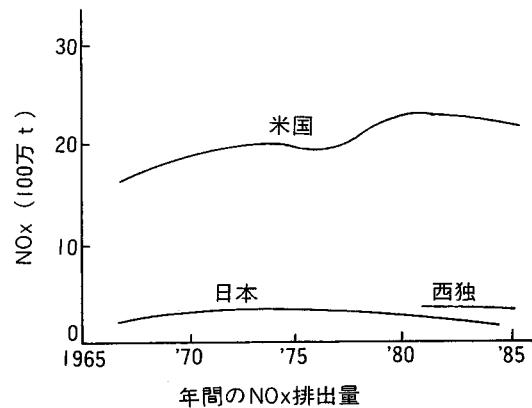


図12 年間のNOx排出量

表7 排ガス処理設備概数 (1988)

	日本	米国	西独	その他 合計
排煙脱硫	1,600	300	100	100
排煙脱硝*	250	30	50	20

* アンモニア触媒法

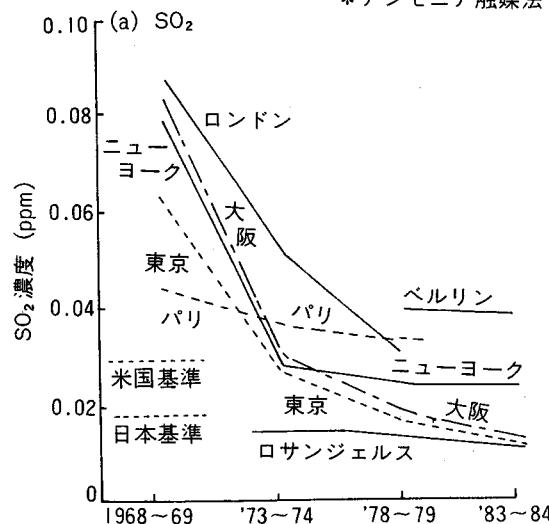


図13 世界の大都市の環境濃度の変化概況 (年平均ppm)

炭酸ガス問題への対応と対策

16) 炭酸ガスの森林による吸収

炭酸ガスを減らすことはずっと困難な問題です。炭酸ガスは、もともと植物の必要成物ですから、森林が被害を受けることがない場合には、炭酸ガスが多い方が、植物の成育には都合がいいわけです。いわゆるビニールハウスと言って、温室の中で冬場重油などを燃やしますけれども、これは暖めるばかりではなく、炭酸ガスが増えてそれが植物の成育を促すからなのです。炭酸ガスが多いということをうまく使いますと植物をもっとどんどん育てることができます。

ブラジルに行きますと、向うのセカンドハウスなどに招かれますけれど、一抱え以上もある大きな木が生えていまして、私「これは何百年経った木ですか」と聞きますと、15年だということです。ユーカリなどは、速く成育します。成育の速い木の植林をどんどんやります。それだけでは解決できませんけれども世界的に省エネルギーをやり、原子力の方も十分安全を確保しながら使っていく。それにしても将来は、文化、文明のあり方という問題にまで、踏み込まないと解決はできないと思っております。

17) 炭酸ガス問題に対する各国の対応と対策

ここでいまの炭酸ガス問題に、世界がどんな反応をしているかと言いますと、アメリカはもともと大変熱心であります。気温が上れば、シベリアの方は今まで凍っていた土地に農作物ができるようになりますから、好都合ですが、アメリカは北部の農産地帯が温度が上りますと、とうもろこし、小麦は駄目になって、大変なことになる、そういう面があると思います。

先般オーストリアに参りました時に、オーストリアがどう思っているかと聞きましたと、全く心配していません。何故かと言いますと、寒い国ですから気温が上っても一向差支えありません。しかも、ニューヨークだのロンドン、パリ、東京だのが海の底になればオーストリアハンガリー帝国の夢よもう一度ということに…これは冗談ですが、そういうことになります。それからオランダは大変心配しています。現在でも海より水位の低いところがたくさんあります。

実は先週、東南アジアの20名ほどの人たちに大気汚染の問題を話しましたが、東南アジアの人たちは、この炭酸ガス問題は知りません。そんな問題があるんですかという反応でした。彼等は、まだ経済を発展させて豊かにすることが第一使命で、まだまだ関心を持っていない状態です。このような情況で炭酸ガス問題にどうやって対処していくのか。いろいろな案がございまして、例えば燃料に対して、国連が税をかける。石炭を何トン使い、石油何トン使うかは、世界中ある程度分っていますから、その取立てた金で、植林をするとかしたらどうかといった提案もありますが、これも非常に難しい面がございます。民衆は炊事のために石炭を使っていますから、税を取るわけにいきませんし、そうすればアメリカのようにぜいたくをやっているところは、たくさん取れという意見が出てきます。一方ブラジルでは、世界一の森林をもっていて炭酸ガスを減らしているから、むしろ金をよこせ、というようなことにもなると思います。

本当にむずかしい問題で、今までアメリカが一生懸命この問題をやってきていました。日本は大体国内の問題が主で、あまり世界的な問題はやっていなかったのですが、今後は日本も世界に対し、一流国としての責任をもつことが必要になります。それから日本の対外援助資金も、遂にアメリカを抜いて世界一になりましたので、こういうものを使って、ほんとうに世界のために役に立つような仕事をしていかなければなりません。

若干時間がございますけれど、皆さんのご意見ご質問等いただきたいと思いますのでどうもご静聴ありがとうございました。

質 疑 応 答

「どうもありがとうございます。皆様方ご質問ございますでしょうか。いかがでござりますでしょうか？」

——先生、今のお話ですが、日本の場合既に対策は始まっているのですか、

「対策が始まっているというよりは、石油ショックの時から省エネルギーに大変力を入れて、世界一の省エネルギー国になりました。対策があるというよりも、殆ど済んでしまったといっていい位ですね。これ以上省エネルギーをやる余地がない位までになっております。

日本は1人あたり、アメリカと同じ生産量をあげていながら、使っているエネルギーはアメリカの半分以下ですから、日本のこの技術は大いに外国に使ってもらうことはいいのです。しかし、日本にもっとやれといわれても随分苦しいことになると思います。

——私、専門外で分りませんけれど、フロンガスの問題ですが、半導体などで日本でもいまかなり使っておりますね。これは相当なシェアで日本も責任があるんだという説があるのですが、これはいかがでございますか。

「そのとおりでございます。フロンは例えば電子材料部品を洗ったり、洗濯にも使ったりしておりますので、オゾン層破壊だけでなく温室効果に関係がありますし、これは減らさなくてはいけません。そして減らすことは十分できます。他のものに置き換えることもできますので、フロンについては心配しておりません。世界的に協調して、フロンについては無くしていくことはできます。

——その点はこの前の会議では、世界的に評価されているわけでございますが、日本の場合。

「そうでございます。アメリカはフロンの問題は10年位前からとりあげておりまして、やっと世界もその重大性を認識し、そして協調したということです。世界をリードできるアメリカという国はすばらしい国だと思っております。日本はやっと3年前から、本当に必要だということで、同調いたしまして、丁度3年前に、ウィーンでのフロンの問題で会議がありまして、一応合意ができたということです。

——燃焼ガスから炭酸ガスを除く方法はないのでしょうか。この点を聞かせて下さい。

「フロンは何十万トンという問題ですけれども、炭酸ガスは何億トンという問題ですから、たいへんです。燃焼ガスの中の炭酸ガスを減らすには石灰で吸収らというある大学の先生の説が、新聞に出ました。しかし、石灰はどうやって作るかと申しますと、石灰石を焼いてつくる。石灰石は炭酸石灰ですから焼く過程で、炭酸ガスがたくさん出て燃料の方からも出て、この方法では、炭酸ガスは減るのではなくて反対に5割位増えます。このような非常識な記事を乗せる新聞は困ります。燃焼ガス中の炭酸ガスをアミンの溶液で吸収して分離し、炭酸ガスを液化して深海に注入するという案もあります。この方法について調べてみましたが、実用性は全くないことがわかりました。

炭酸ガスを減らすには、排ガスから除くことは困難で、発生量を減らすことと、大気中に出たものは植物によって吸収させることが大切です。しかし、植物による吸収も限界があります。炭酸ガス問題の解決には政治も経済も化学者も生物学者も集まって連絡をとらないといけないと私は思います。

現在は科学と芸術などは丸きり相反する分野になっておりますが、昔は例えれば、レオナルド・ダビンチなどは、世界一の芸術家で世界一の自然学者でありました。その後に学問が、分化に分化を重ねてきたことは、科学の進歩に寄与したとは思いますが、むしろ人間の社会生活を脅かすようなことにもなっております。

今度はもう一度、こういう問題を契機として、あらゆる文化を総合するような方向に持っていかないといけないのではないかと考えております。

他にもどうぞ、ご質問ございましたら。」

——細かい質問なんですか……。

ヨーロッパにおける森林の被害状況が図9にパーセントで出ておりますが、この場合被害というのは、どういうところで決めているんですか。

「これはですね、葉先が少し枯れていて、全く健康とは言えない状態まで含んでおります。枯れてしまったというのではありません。西ドイツで被害の大きいのはシュワルツバルト（黒い森）で、新聞には枯木の一ぱい立っている写真など出ていますが、私がシュワルツバルトを何回も案内してもらって、観察しましたが見ても分らない程度ですね。専門家が見るとやっぱりやられている。その程度なのに、日本では枯木がポツポツ立っているような写真を出してこれが酸性雨のせいだと宣伝しています。

——これは原因としては、酸性雨と考えていいんですか。

「いいえ、先程も申しあげましたが、オゾン、オキシダントです。

車だけではなくて、工場からも炭化水素や窒素酸化物が出ます。それに光が当っていわゆる光化学スモッグ（オゾン）となります。日本でも、埼玉県辺りの杉の葉先が枯れているような状態のものがありますがこれはやはりオゾンの影響があるのではないかと思います。アメリカのレーガン政権は対策をとるよりも、まず原因の究明をやって、はっきり原因が分れば対策を、という姿勢でこの森林被害にも取り組みました。数億ドルもかけて調査だけでなく、実際に合成酸性雨を使ったり、合成オゾンを植物に当たり、大々的な試験をやった結果、酸性雨の方は植物に影響がなく、オゾンは影響があると結論しました。アメリカは車がよくありませんから、高速道路の近くの農地では作物が既にオゾンの被害を受けています。酸性雨は日本では空騒ぎですね。

酸性雨の害のはっきりしていますのは、北欧やカナダで湖が酸性になって魚が死に、これは何万も酸性になって魚がいなくなった湖があります。これは酸性雨ですね。日本にはそんなところは一ヶ所もありません。日本の魚は全部ピンピンしております。関東地方などで20年前と今とをくらべますと雨の酸性の程度はほとんど同じです。20年前は亜硫酸ガスを500万トンも出し、今は70万トンで7分の1ですが酸性の程度があまり変わっていない。オキシゲントは増えました。最近になって酸性雨だなどというのはおかしいことです。私がこういうことを言いますので、環境庁に煙ったがられているようですけれども、環境庁も認めざるを得ないと思います。」

——つまらないことを伺って恐縮ですが、窒素酸化物というのは、窒素固定で植物の肥料になるというふうに、私共は昔から聞いておりますが、ところがいまの高熱でガソリンを燃して窒素酸化物ができるということが問題だというのは、どういうことでございましょうか。

「それは、もともと窒素酸化物は無いと植物が育たない大切な要素ですね。昔からどうやってできていたかというと、雷が鳴ってその電気エネルギーで窒素酸化物ができ、これから硝酸ができてこれを植物が吸って育っています。例えば箱根の山の上など何千年的間誰も肥料をやらなくても、どんどん木々が育っているというのは、それを吸っているからなのです。濃度が高過ぎると害になりますが少しはなくてはいけない。亜硫酸ガスも同じく、あり過ぎると害になります。オゾンもそうで、私は子供の頃体が弱かったので、海岸に行くとオゾンがあって丈夫になるといわれて海水浴にやらされました。今はオゾンが多くなり過ぎて害になる。」

「ブラジルなどは亜硫酸ガスがもっと大気中にあった方がいいのです。硫黄欠乏土壌がたくさんあります。日本は火山から200万トンも出ていますが、いま人工的には70万トンです。ですから70万トンで酸性雨になるなどということはない。しかし、ブラジルはむしろ火力発電所の煙突から亜硫酸ガスを出してやった方が、農地にとってもいいわけです。ところが、やはりブラジルで酸性雨騒ぎがあり、去年の正月ですが、私に脱硫の指導をしに来てくれと言ってきましたので、私はブラジルは亜硫酸ガスがあった方がいいのであって、ただ、低い煙突だと近くに高濃度で落ちるから、高い煙突にして十分薄めて出しなさい。高価な脱硫対策はやるべきでない。本当に必要なら行って指導してあげます、と手紙を出したら、それ以後なんとも言ってこなくなりました。」

——もう一つ、先程のお話で分ったのですけれども、新聞に上海とか中国での偏西風で、日本に飛んできて日本が大変だと、これも本当なんですか。

「これも誤りです。実はこのことは私は10年くらい前に、雑誌に書いたことがあります。間違ったことを書いたと、今になって反省しておりますが、最近になってそういうことを皆が言い出しているわけですね。イギリスの亜硫酸ガスによる酸性雨はスカンジナビアに落ちます。これはイギリスの小さな国で、400万トンも亜硫酸ガスを出して、しかも煙突は300メートルという高い煙突で、偏西風に乗って、丁度降るのが700キロ位先のスカンジナビアですね。ところが、中国の上海辺りから九州まで1100キロ位ありますし、中国の煙突は、せいぜい40メートル位の高さで、遠くまではいきません。ほとんど途中で落ちます。中国で亜硫酸ガスを一番出しているのは重慶

地区ですけれども、これも煙突は20メートル位、そこから、多量に出していますから、周辺が酸性化しておりますが、重慶から日本までは3000キロもありますから、届くものではなくて中国の中に落ちております。現在あるのは実は、韓国からの影響で、韓国からは200キロ位で、韓国の煙突は50メートル位です。3年ほど前に共同通信松江支局から、私のところに電話がありまして、11月ですが、ペーハー4の酸性雨が降ったということでした。尋ねると西北の風だということです。韓国では従来対策をせずに亜硫酸ガスを出していました。その後は、韓国からの依頼を受けて、指導に行きました初めて脱硫装置をウルサン地区に着けることになりました。だんだん韓国も対策をやっていくと思います。こういうことで、現在韓国の影響は出ていると思いますが、ペーハー4位のものが一時的に降っても被害は出ないと思います。

中国の影響が無いとはいえませんけれど、それによって日本が被害を受けることはないと思います。今、実は日本で海外援助資金がたくさんありますから、これを使って排煙脱硫設備を中国で一ぱい造れということが論議されていますが、これは無駄なことです。何故かと申しますと、排煙脱硫設備というのは、運転に金がかかるのです。これは大変な金がかかりますから、ただで貰っても実際にはなかなか使わないと思います。と言いますのは、新聞によれば、日本の長野かどこかの都市が中国の姉妹都市になった市へ医療機械を積んで巡回するバスを贈ったことがありましたが、これを一回も使わないので、転売されてしまったのですね。もっと豊かにならないと高級な排煙脱硫設備などは有効ではないと思います。」

——あの、自動車の場合ですね、我々炭酸ガスを非常に出しているわけですが、これなども、やはり、燃料の少ない車にしなきやいかんわけですか。燃料を少なくすればいいのでしょうか。

「そうですねえ。ガソリンはそれほどたくさんの炭酸ガスではありませんがやはり出しておりますし、日本の燃料の全体の2割近くが、車とか汽車や飛行機に使われております。やはり、燃費のいい車ということですね。炭酸ガス問題が大きくなるに従って、燃費のいい車ということに主流が移っていくと思います。

そういう意味からも、ホンダの車に頑張っていただきたいと思います。」（笑い）

「どうもありがとうございました」

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.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.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.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.3 生産の時代から交流の時代へ 東京大学教授 木村尚三郎	昭53.8	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.4 話し言葉としての日本語 劇団四季主宰 浅利慶太	昭53.10	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.5 コミュニケーション技術の未来 電気通信科学財团理事長 白根禮吉	昭54.3	No.35 「エネルギーと環境」 横浜国立大学環境科学研究センター教授 田川博章	昭58.4
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.36 「第3世代の建築」 株式会社清訓建築設計事務所主宰 菊竹清訓	昭58.7
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.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.8 ヨーロッパから見た日本 NHK解説委員室主任 山室英男	昭54.5	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.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.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.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.40 「日本人と木の文化」 千葉大学名誉教授・千葉工業大学教授 小原二郎	昭58.10
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.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・ブリゴジン	昭59.2
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.42 「変化する日本社会」 大阪大学教授 山崎正和	昭59.3
No.13 医学と工学の対話 東京大学教授 渥美和彦	昭55.1	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.14 心の問題と工学 東京工業大学教授 寺野寿郎	昭55.2	No.44 「新しい情報秩序を求めて」 電気通信大学教授 小菅敏夫	昭59.7
No.15 最近の国際情勢から NHK解説委員室主任 山室英男	昭55.4	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.16 コミュニケーション技術とその技術の進歩 MIT教授 イシェル デ ソラ ブール	昭55.5	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.17 寿命 東京大学教授 古川俊之	昭55.5	No.47 「光のデザイン」 石井デザイン事務所 石井幹子	昭60.7
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.48 「21世紀技術社会の展望」 第43回日経ハイテクセミナー	昭61.1
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.49 「星をつぶす法」 文部省宇宙科学研究所所長 小田 稔	昭61.5
No.20 '80年代一国際経済の課題 日本短波放送専務取締役 小島章伸	昭55.11	No.50 「ひまわりVA太陽光は人間の生活にどう役立つか」 慶應義塾大学教授 森 敏	昭61.5
No.21 技術と文化 IVA事務総長 グナー・ハンベリュース	昭55.12	No.51 「エコ・テクノロジーの宇宙的観察」 コーネル大学天文学および宇宙科学の教授 カール・セーガン	昭62.2
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.52 「人間はどこまで機械か」 東京大学教授 古川俊之	昭62.2
No.23 西ドイツから見た日本 電気通信大学教授 西尾幹二	昭56.6	No.53 「中国人とどのようにおつきあいすべきか」 東京外国语大学教授 中嶋豊雄	昭62.5
No.24 中国の現状と将来 東京外国语大学教授 中嶋豊雄	昭56.9	No.54 「舞台の奥のヨーロッパと日本」 演出家 寺崎裕則	昭62.5
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	No.55 「日米関係の現状と展望」 経団連特別顧問 大河原良雄	昭62.5
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 ハロイド・チエスナット	昭57.1	No.56 「私の半導体研究」 東北大學教授 西澤潤一	昭63.1
No.27 ライフサイエンス ㈱三恵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.57 「生物学者の科学的責任」 コレージュ・ド・フランス名誉教授 ジャン・ドーセ	昭63.4
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.58 「最近の宇宙論をめぐって」 上智大学教授 柳瀬勝男	昭63.3
No.29 「産業用ロボットに対する意見」 東京工业大学教授 森 政弘	昭57.7	No.59 「科学・技術研究の国際的規模：その展望と考察」 ローマ大学教授 パオロ・マリア・ファゼラ	平1.7
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.60 「温室効果による地球環境の変動と対策」 中央大学理工学部教授 安藤淳平	平1.9