

第56回日本公衆衛生学会総会特別講演

健康の生態学

鈴木 継美*

I はじめに

今日の話の主題は「健康の生態学」である。生態学は周知のように「生物とその生きている環境との相互作用に関する学問」と定義されるが、人間の場合にも同じように人間の生きている環境とその影響および人間が環境をどう作っているかという二つの関係にかかわった学問である。健康の生態学とは、したがって、人間がどのような環境を作り出し、その環境が人間にどのように影響しているかを、健康（人間、環境、そして人間-環境の総合されたシステムについて）を中心に解析する科学であるといえる。今日の話は、そういった考えにもとづき3つに大きく分ける。第1が地球規模での環境問題。第2が地球環境変化による健康影響。第3が転換の世紀に向かって、と題した将来展望である。

II 地球規模での環境問題

地球規模での環境問題が国際的に取り上げられるようになったのは1970年代からである。その後、1987年国連の組織した環境と開発に関する世界委員会の報告、通称ブルントラントリポートが出て、それが非常に大きなインパクトを世界に与えた。1992年にはリオデジャネイロで環境と開発に関する国連会議があり、現実にもいろいろな問題が起こってきてみんながこの問題に関心を持たざるを得なくなってきたというのが20世紀の終わりに向かってのわれわれのいまの状態である。

ところで、地球環境問題とは、人間活動によって作られる地球規模での環境変化とその影響の総

称で、あくまでも人間活動がポイントになっている。自然それ自体だけを考えても各種の変化が起こっているわけであるが、それに人間活動が絡み合って現在の地球規模での変化が起こっていることが非常に重要なポイントとなる。

1990年代のはじめに地球環境問題としてとりあげられたものは1番目がフロンなどによるオゾン層枯渇の問題、2番目が温室効果ガスの蓄積から地球の温暖化が進むのではないかという問題、3番目が酸性雨、4番目が有害廃棄物、5番目が海洋汚染、6番目が熱帯林減少、7番目が野生生物種の減少、8番目が砂漠化、9番目が途上国の公害であった。通覧するとすぐ分かるように汚染が非常に大きな問題で、オゾン層枯渇の問題も温室効果ガス蓄積の問題も、じつは汚染の問題のバリエーションである。そういった地球規模の汚染だけでなく、地域的な汚染の問題として酸性雨、有害廃棄物、海洋汚染があり、人間活動が進んでいって耕地化が進むと熱帯林減少や生物種の減少、あるいは土地のメンテナンスがうまくいかなければ砂漠化が起こるといのように理解することもできる。

このような問題は同時に進行している訳で、局地的な問題、より広域の地域の問題を覆う形で地球規模の問題が起こっていて、しかも相互に絡み合っている。どれもこれもそれぞれ単一でできているのではないということに地球環境問題の持っている一つの大きな特色がある。

1. 環境影響の一般方程式

ところで、環境に対する人間活動の影響を一元化して理解しようという立場からいろいろな提案がなされている。その一つが1990年に「人口爆発」という本を書いたアーリック夫妻によるものである（Ehrlich and Ehrlich, 1990）⁶⁾。

彼らは「 $I=P \cdot A \cdot T$ 」という式を提出している。Iは環境へのインパクト、たとえば温暖化の

* 前国立環境研究所所長

連絡先：〒153-0061 東京都目黒区中目黒 5-25-8

鈴木継美

程度でもいいし、温室効果ガスの蓄積でもいいわけであるが、そういうものがI。Pは人口、Aはaffluenceという英語が使われているが、仮に日本語では富裕度とでもいうことになるが、たとえば一人当たりの物質消費量、あるいは一人当たりGDPのようなもので表わされる状態で、生産や消費の水準、すなわち暮らし方にかかわる指標を意味する。そういうものがA。3番目がTであって、それは技術であり、単位消費量またはアウトプット当たりの環境へのインパクトとして示される。たとえば、ある生産量のときにどのくらいエネルギーを使うか、そのエネルギーによってどのくらいの炭酸ガスが出るかといったことが、このTによって示される。

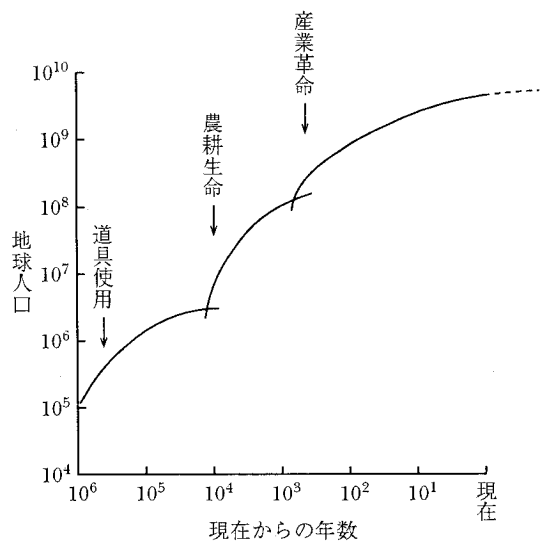
人間による環境変化が、人口増加、多消費型の生活様式、技術によって決定されるということを示したという意味でこのアーリックの「 $I=P \cdot A \cdot T$ 」というものはそれなりに非常に明解で、広く人々に引用された。しかし、同時にこの式では表現できない何か欠けている部分があることも事実である。たとえば、テクノロジーだけではなく、人間がつくり出した社会的な組織形態、人が社会をどのように運営して生きていくかということと呼ぶこともできるが、そういうものによって経済的な効率が変わり、環境へのインパクトも変わってくるというあたりのことが、この式では表現されていない。他にもまだいろいろ問題はあがあるが、その後、この式はいろんな学者がいろいろに変形して使っている。たとえばAを一人当たりGDPにし、Tを一人当たりGDPに対応する環境インパクトとする式を用いたり (Graedel and Allenby, 1995)⁷⁾、さらにTを分解して単位GDP当たりエネルギー消費量 (エネルギー強度) と単位エネルギー消費量当たり炭素排出量 (炭素強度) の積としたりされている (Bongaarts, 1992)¹⁾。

いずれにしても、単に人口だけが問題なのではなく、いかなる技術がどんな暮らし方の下で用いられているのかをとりあげていることは共通しており、環境影響に対するP、A、T、それぞれの寄与を評価しようとする試みもなされている。

2. 世界人口

ここで世界の人口の歴史的変化を眺めて頂きたい。図1 (Deevey, 1960)⁵⁾は横軸も縦軸も対数で目盛っており、世界人口は今から100万年ほど前

図1 地球人口 (Deevey E S Jr 1996 による)

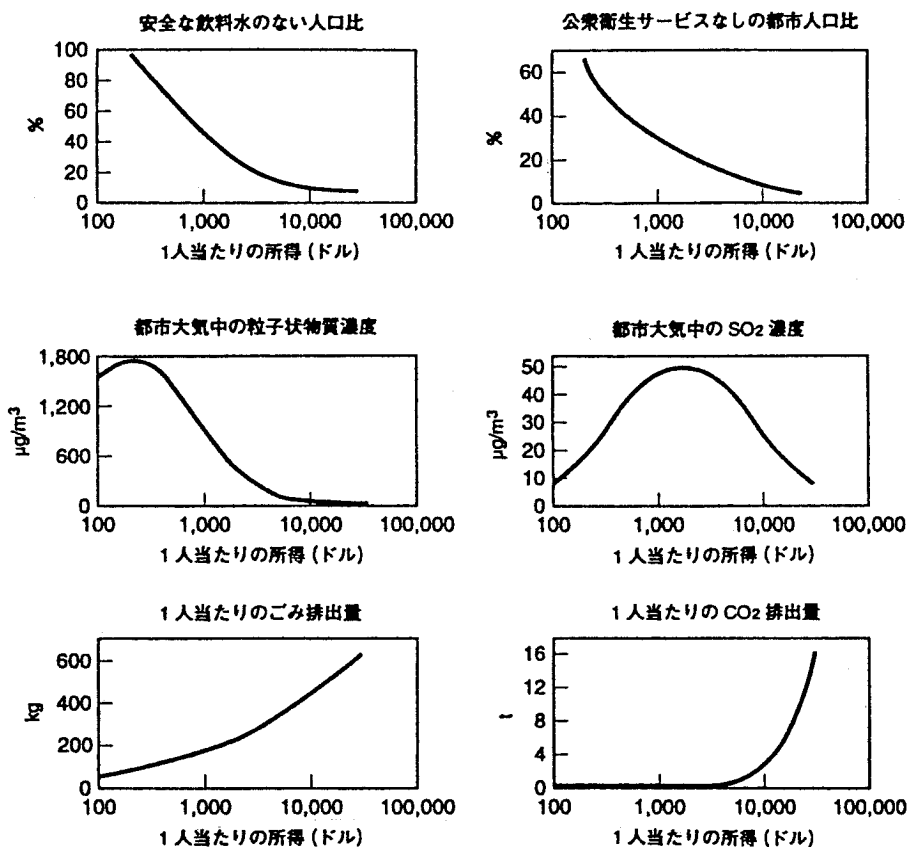


には 10^5 をこえる程度の数と推定されている。この時期はじつは狩猟採集民の時代で道具や火が使われるようになって人口は 10^6 をこえるところまで増加し、横這いの状態に達した。人口圧力がどのように働いたかは確実には分からないが、次に農耕とか牧畜の技術が登場してもういっぺん人口が増えて 10^8 位のところで横這いになる。その次が産業革命以降の時代で、現在まで続き、 10^{10} のあたりで横這いの時期に入るものと予想されている。世界の人口はまだ増え続けているが、この点線で書かれたようになるかどうかは実をいうと予断を許さない。この絵を書いたディービーは生態学的視点からこのような整理をしたのだが、要点はある技術的、社会的体制の下で支えられる人口は上限があるということを示そうとしているのである。別の言い方をすると、人口増加に伴って環境の収容力が拡大する余地がなくなる、あるいは環境抵抗が大きくなってブレーキがかかるということになる。現在はこのブレーキがかかっている状態であり、ブレーキの一つとして地球環境の変化が起こっているとみるべきかもしれない。

3. 経済発展と環境変化

環境抵抗の主角として、食糧不足と共に汚染がある。これに対し人間はいろいろと対応策を講じるのだが、社会的、経済的体制別に問題が変貌してくる。図2は世界銀行²⁰⁾のまとめたもので、横

図2 各国の異なる所得レベルにおける種々の環境指標 (World Bank 1992)²⁰⁾



軸は一人当たりの所得であるが、安全な飲料水が手に入らない人口は高所得国では減少する。都市の公衆衛生サービスも豊かになると普及してくる。それから、都市大気中の粒子状浮遊物質濃度をみると、経済発展の初期には増加するが、より豊かな国ではコントロールがきいてくる。またSO₂の濃度は、ある経済発展のレベルまでは増えていくが、さらに豊かになると抑えられる。ところが、豊かになるに従って増えていく、抑えようがないものが一人当たりのゴミ排出量と一人当たりの炭酸ガス排出量であるということが示されている。われわれ人類は何とか豊かになって健康で長生きして暮らしたいと願って長年努力してきた訳だが、その結果として物質的な豊かさと同時にゴミと炭酸ガスをまき散らしている。

ただ、そうは言っても、経済活動の豊かさと環境汚染とは直線的な関係を示すものではない。一

人当たりGDPと炭素排出量の関係を見ると、国により、その国の社会的な制度により、あるいは技術の体制により随分違う。例えば、日本はエネルギー強度（エネルギー強度とは、単位GDP当たりのエネルギーの使用量）をみると、非常に効果的なテクノロジーとオーガナイゼーションを持っている。しかし、計画経済体制だった国々は非常に不効率であり、あるいはアメリカ合衆国は日本よりは相対的に効率が悪いことが知られている。世界各国が異なる技術と組織の運用のシステムを持ち、それによって環境に対する負荷の強度も違ってきている。

4. 地球の温暖化

いま問題になっている地球環境変化の中で最も重要視されているのが温暖化の問題である。1950年代後半からのハワイのマウナロアでの観測データは、明らかな大気中炭酸ガス濃度の蓄積を記録

している。

また、南極の水床コアに捉えられた空気の分析（ボーリングして、ずっと掘って行ってシリンダー状のサンプルを取ってきて、それを切って調べてやることによって今から何年前に二酸化炭素はどれぐらいあった、メタンはどれぐらいあったかということが分かる。また、その中の酸素の同位体の分析を行うと当時の温度が推定できる）によると、温度の変動とメタン、二酸化炭素の変動とがシンクロナイズしている。この二つが地球温暖化に対する非常に強い科学的なエビデンスとして提出されたものである。

温室効果（地球からの赤外線の放射を遮断する効果）を示すガスは一種類ではない。表1は温室効果ガスの発生源とシンク（それが処理される場所）となるシステム、あるいはプロセスを示している¹⁴⁾。炭酸ガス、メタン、亜酸化窒素、ハロカーボン、水蒸気、エアロゾルがそれに含まれる。それぞれ効果を持っており、それぞれは異なる大気中滞留時間を持つ。この中で最近、注目されているのがハロカーボンで、オゾン層を破壊する作用と同時に温室効果がある化合物、オゾン層には影響しないが温室効果を示す化合物が含まれている。いくつもの物質が示されているが、主役は炭酸ガスであり、温室効果としては炭酸ガス等量に換算して議論がなされる。

この温暖化にかかわって炭酸ガスの動きを問題にする中で、地球全体の炭素の循環がどうなっているかが問題になった。じつは炭素だけでなく、ほかのいろいろな元素（水素、窒素、リン、硫黄等）についても検討が必要なのであるが、地球のいろいろな部分、大気圏、水圏、岩石圏、生物圏等のそれぞれと相互の間での出納勘定がどうなっているかを明らかにしないと理解できないことが多いのである。化石燃料を燃やし、森林を伐ってしまった時、炭素がどう動くか、大気から海へと動く時、温かい海ではどうだ、冷たい海ではどうだ、海の中のほうではどうだ、何がどう沈澱するか、生物・地層からはどれだけのものが出たり入ったりするか等、定量的な検討がなされている。

初期の頃に、炭素の出納勘定の計算の中で帳尻がうまく合わない、すなわち大気中炭酸ガス濃度はもっと高い筈なのにそうはなっていない。ミッシングシンクがどこかにあるぞというような議論

表1 主要な温室効果ガスとエアロゾルの発生源とシンク (McMichael et al. 1996)¹⁴⁾

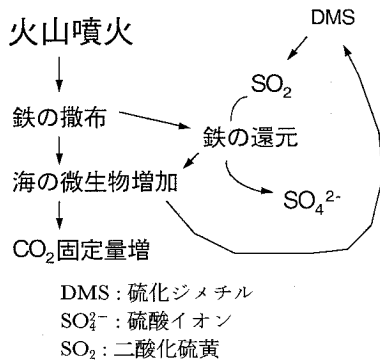
物質	発生源	シンク
炭酸ガス CO ₂	化石燃料、森林減少、バイオマス燃焼、セメント製造	海洋と陸上生物圏
メタン CH ₄	水田、自然の湿地、反芻動物、バイオマス燃焼、化石燃料（石炭、ガスドリリング等）、白蟻、動物・家庭ごみ	大気中のヒドロキシルラジカルとの反応
亜酸化窒素 N ₂ O	土壌・水中の生物、肥料、バイオマス燃焼、工業	成層圏での光分解
ハロカーボン CFCS, halons	各種工業利用	成層圏での光分解
水蒸気 H ₂ O	海洋などからの蒸発、飛行機雲燃焼、冷却塔	雲の水滴雨
エアロゾル	化石燃料、煤、バイオマス燃焼、火山活動、土壌、海塩、植物	雨により洗われる

があった。その後、カーボンサイクルの研究では温帯、寒帯の森林のシンクとしての役割が意外に大きいのではないかと考えられるようになり、現在、世界中の学者がそれを実証すべく研究している。

大気中温室効果ガスの蓄積の予測にまだ多くの不確かさがあること、さらに温度上昇へのはね返りについても不確かさがあることに注意しなければならない。その不確かさに絡んで、1992年にウィグリーたちは3つの要因を取り上げた（IPCC地球温暖化第二次レポート、1996）¹⁰⁾。温暖化の予測の中で彼らがモデルに組み入れたのは、一つは二酸化炭素の肥料効果（炭酸ガス濃度が大気中に増えると植物の育成が良くなる効果）である。バイオマスが増えてきて固定量が増すという問題をどう考えるかが問題になった。陸上植物に関しては肥料効果による若干の炭酸ガスの捕捉があるというのは、この後出た新しい予測の中に入っている。2番目は成層圏オゾンの減少による冷却効果で、これも計算の中に入っている。3番目は硫酸エアロゾルで、これは化石燃料を燃やした時にできてきて、それが冷却効果を持つ。

温暖化の予測モデルはこのようにして若干精密

図3 火山爆発と炭酸ガスについての仮説 (原島, 功刀, 1997)⁹⁾



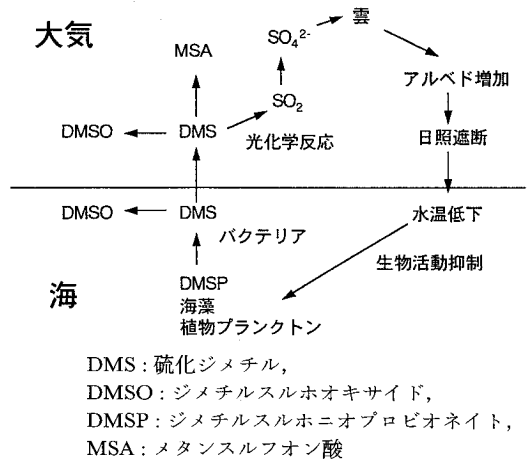
になったが、こういうものを組み込んで計算してもそれぞれの時間的な影響が異なるために、1990年に推計したものに比べて少し低い上昇値になるけれども、結局、それはしばらく時間が経つとキャンセルアウトされてしまって長期的にはやっぱり上がっていくというのが現在の推測である。なお、このCO₂の肥料効果と硫酸エアロゾルの話で海の植物性の微生物への影響は、今のところ評価されていない。

予測とは別に、地表の温度がこの100年ほどの間にどう変化したかがまとめられている。全地球の平均気温の動きをみると、この数十年間で0.5°C地球は暖かくなっている。この変化が温暖化傾向の加速を予告するもう一つの証拠である。ところで、近年の動きをみると、ピノツボ火山の噴火(1991年)があった後にその上昇が若干抑えられたのも事実で、そういった自然の影響を含んで長期変動がみられている。大規模な火山噴火といった出来事が地球規模でダイナミックな影響を与える可能性も論じられている。

5. 生態系としての地球の動態

火山の爆発があると何が起こるのかという議論の中で注目すべきは、鉄と海の微生物である(図3)。火山灰の中に鉄がたっぷり入っていて、その鉄が撒き散らされて海の微生物の増殖を助ける。この微生物が硫化ジメチル(DMS)を生産し、鉄を還元し、それがさらに微生物の増殖を加速する。それによって炭酸ガスの固定量が増えるという、そういうプロセスがありはしないかという仮説が提出されている。また、海の微生物が作るDMSが大気中の硫酸エアロゾルの量を増し、そ

図4 海の微生物と気温の関係についての仮説 (原島, 功刀, 1997)⁹⁾



れによって地球の冷却をひきおこしているという仮説もある(図4)。微生物が増えてDMSを作り、そのDMSが空気中に出てくる。それが酸化されてエアロゾルになって、これが雲を作る原因になる。その雲ができて太陽からの光が遮られて、それで水温が下がってという一種のフィードバック機構が働き、藻類や植物プランクトンの働きが抑制されるというサイクルが回ると考えるのである。今のところ、これらの仮説を裏付ける証拠は得られていないが、地球という規模で大きな動的平衡を保持する機構があるというラブロック流のガイア仮説も無視することなく、生態系としての地球を眺める必要がある(原島, 功刀, 1997)⁹⁾。

いずれにしても、分かっていないことがいろいろあるが、「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」に集まった科学者たちは気候への人間活動の影響はすでに現れており、今後もそれは続き、2100年には中位の予測では約2°Cの平均気温の上昇、約50 cmの海面水位の上昇、極端な高温等の気象変動となるものと予測している。

III 地球環境変化による健康影響

1. オゾン層枯渇と紫外線

地球環境変化のもう一人の主役がオゾン層枯渇である。この問題に対しわれわれが非常に敏感に反応した一つの理由は、地球の進化の問題とかかわっている。40億年前に海の中で生命が発生し、

それが30数億年前に原核生物に進化し、その中に酸素発生型光合成を営むものが生まれた。生物は4.5億年前ぐらいの段階でようやく陸へ上がってきたが、なぜそれが可能になったかという、酸素をつくる光合成を営む生物の働きによっている。シアノバクテリアが主であるが、光合成をすることによって酸素が空気中に飛び出す。その酸素が酸化されてオゾンができる。そのオゾンが紫外線を遮る。紫外線が遮られて、ようやく陸上で生物が生活することができるようになったというのは周知のことであろう(丸山, 磯崎, 1998)¹³⁾。オゾンによる紫外線遮断は、陸上生物の生存を保つ上で非常に大事なプロセスである。

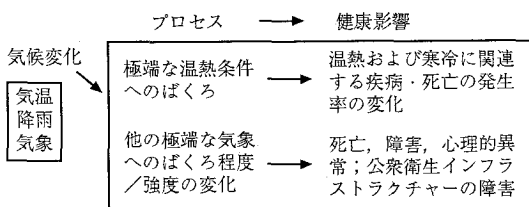
したがって、オゾン層が潰れて有害紫外線が増加してくると、これは実にいろいろなことが起こることになる。人への直接影響として、皮膚癌、白内障、免疫機能抑制等が心配されているが、各種生物の生存にかかわる突然変異の多発の問題が想定される。農耕生態系や海洋の生態系の生物の生産性障害も考えておかなければいけない問題となる。

2. 温暖化の健康に対する影響

次にとりあげるのは温暖化の健康への影響である。表2には直接的影響をとりあげてある。これはマクマイケルら(McMichael et al., 1996)¹⁴⁾がまとめたもので、これが第2次の「気候変動に関する政府間パネル」の報告の基礎となっている。プロセスと健康影響を列挙したが、熱波と呼ばれている極端な温暖条件の頻度が増すことで死亡、疾病の起こり方が変化するものと考えられているが、逆に寒冷が弱まることによる死亡減少などの影響も無視できない。それから、非常に極端な気象、これは嵐だとか高波、洪水、早魃等いろいろなことが想定されている。死亡や傷害や心理的異常、公衆衛生インフラ(上・下水等)の損害等が想定されている影響である。

次の表3は、生態系変化を介しての間接的影響をまとめたものである。気温の変化の予測は100 km メッシュぐらいの非常に大きなメッシュを取り上げてなされるもので、局地的な個々の狭いところの気温なり降水量なりがどう変化するかということはなかなか予測されない。ものすごく不確かなことになってくるわけだが、それでも大略のところは見当がつき、全体としてみれば間接的な

表2 地球の気候変化と直接的健康影響 (McMichael et al. 1996)¹⁴⁾



影響がより重要だろうということになる。直接的な、たとえば熱波や何かの問題も勿論、無視はできないけれども、非常に重要なのは食糧生産に対する影響と各地の伝染病、とりわけ生物によって媒介される伝染病の分布が変化してそれが広がってくることである。例えば、マラリアが復活してきて、日本でももういっぺんマラリアの流行が見られるかもしれないというような問題がある。

それだけではなく、水由来および食物由来の間接性因子にかかわる局地的生態系の変化も問題になる。例えば、コレラ汚染地域の船が他の土地に行ってそこでタンクを洗う。タンクの水はビブリオで汚染されていて、海域が汚れる。この海域の生態系の中の藻類が温暖化によって繁殖し、それがビブリオの繁殖を助け、結果としてコレラが広がる、といった出来事が増える危険性がある。

温暖化は、実は生態系全体を変化させる効果がある。生物媒介性伝染病の例はその良い例であるが、それ以外の疾病も変化する可能性がある。人の側の変化、あるいは媒介生物側の変化、病原体側の変化、それに加えて生態学的諸条件の変化を注意深く監視することが求められる¹⁶⁾。

もう一つ重要な問題がある。それは食糧生産が温暖化に伴ってどうなるかという問題である。今のところ、たとえば穀物種によって、あるいは予測をするときの気候のシナリオをどうするかによって予測結果は違うが、押しなべて熱帯、亜熱帯の生産にとってはかなりマイナスだろうとされている。それによって飢饉のリスクが増加するだろうと言われている。

農耕作物の栽培適地がかなりシフトすることは間違いないが、水の問題、土壌の劣化の問題等々を考えていくと、これからの食糧生産はやはり容易ではなさそうである。予測はいろいろなところ

表3 地球の気候変化と間接的健康影響・1
(McMichael et al. 1996)¹⁴⁾

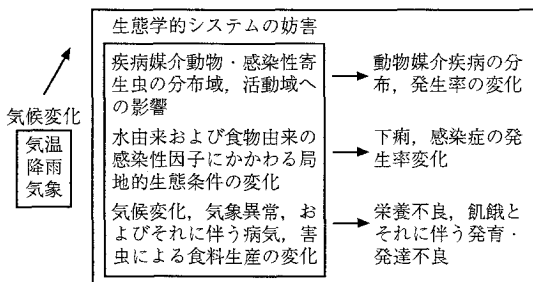
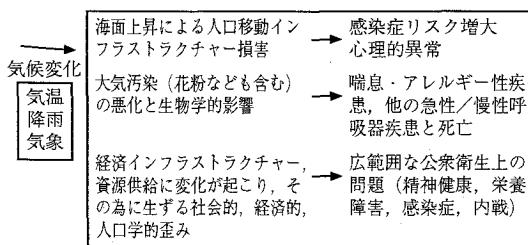


表4 地球の気候変化と間接的健康影響・2
(McMichael et al. 1996)¹⁴⁾



でやられている。例えば、春小麦がどうだ、米はどうだ、何はどうだというように検討されているが、予測のモデルによって非常に大きな違いがあって一概にはなかなか言い切れていない。ただ、やはりいま現実に国内のインフラが悪くて食糧の分布が十分に行かないようなところでは、飢饉のリスクは依然として続くし大きくなるのではなかろうかと考えられている。食糧が国際的な取引の道具として使われている状況の中ではどうやっても場所によって、あるいは社会的な構造の中のある部分にとって具合の悪い状況が増幅される可能性は大きい¹⁷⁾。

間接的な影響はさらに大きな広がりを持っている（表4）。海面上昇による人口移動、各種インフラが潰れることによる感染症のリスク増大、心理的不安定などがその例である。さらに、気温上昇により大気汚染が悪化することも懸念されている。また、経済的な混乱、社会的インフラストラクチャーの変化により社会的、経済的、人口学的な歪みが起こるのではないかとことも予測されている。大規模に発生するかもしれない環境難民の問題をどうするか、例えば南太平洋の島の国々から人々がみんなどこかに動かなければならなくなるというようなことが現実の問題として想定されている。気候変化の影響は、このようにみると、地球のあちこちで、どことは特定し難いものの、大混乱が起こってそれが他地域に波及するような様式に進むのかもしれない。ヒトと文化と自然からなる個別のシステムがうまく動くかという問題でもある。ところで、気候変化とは別に、有害化学物質による汚染とその生物影響について深刻に検討すべき課題が表面化してきた。

3. 内分泌攪乱化学物質

内分泌攪乱化学物質（Endocrine disrupting chemicals, EDCs）問題が取り上げられるようになったのは比較的新しいが¹²⁾、その発端ともいべき DDT、あるいは PCB などによる問題はすでに解決済みの古典的な問題のように思われていた。そうではなく現実の問題であること、しかも広範囲にわたる問題であることが明らかになったのは、ダイオキシン類のリスク評価の進行とも絡んでいる¹¹⁾。ダイオキシン類のリスク評価に当たって、曝露と毒性の両者が評価されたが、都市ゴミの燃焼による大気汚染が発端となり、毒性面では発癌性だけに注目するのでは不十分で、内分泌系に対する影響を見なければいけなくて、しかもその影響は非常に低い濃度で起こり得る問題であること、野生生物に対する影響だけではなく、人にも影響を与えている可能性があること等の問題が提起された。

環境汚染物質による内分泌毒性の問題は、人と各種の野生生物の出生力にかかわって影響を与えるから、人類の将来がどうなるか、あるいは生物の将来がどうなるかを考える上で非常に深刻な問題となる。

DDT, PCB, ダイオキシン, その他の塩素化合物の他にも、内分泌攪乱作用を示す物質が環境中から検出されている。これらの内分泌攪乱物質の中には天然の植物性のエストロジェン、医薬品、農薬、殺菌剤、除草剤、殺虫剤等の産業化学物質、あるいは合成化学物質、あるいは非意図的に生成する化学物質、あるいは金属というふうなものが含まれる。われわれはこれらのものをモニターしてそれによる影響を一刻も早く確実な情報にしたがって判断できるように研究を進めなければ

ならないというところに来ている（この問題については、最近、Colborn et al., “Our Stolen Future”, 1996の邦訳が刊行された。細部はそれを参照されたい⁴⁾）。

また、化学物質を追求すると同時に人と野生生物の生殖能力についても研究が必要である。何しろ非常に微量の物質の影響を見つけ出すためには大がかりな観測が必要となる。例えば、人の精子の生産能力が低下したのではないかとするレポートがある反面、いやそんなことはない、まったく変わってないというレポートもある。この論争に決着をつけるには、人の男性の生殖能を示す、精子の数と質のモニタリングをどのようにやればよいかを詰めなければならない。その方法についての国際的な合意を作り、それを用いて長期的な観察を始めなければならない。この問題については検討すべき点が多いが、ここでは問題の重要性を指摘するに止めて先に進む。

Ⅳ 転換の世紀に向かって

転換の世紀という言葉を取りあげたが、その転換の主役は、ヒト、文化、自然からなるシステムである。ヒトと自然の間に、文化がはさまった状態でわれわれは生きている。文化とは環境認識を土台に、技術と組織の複合したものであるが、いずれにしても手つかずの自然ではなく、文化によって修飾された自然がヒトの第一次環境となる。ヒト・文化・自然は一つのシステムになって動いていて、このシステム全体を取り上げないと話が進まない。人類生態学の講義はここから始めるわけである。

1. 人口構造の転換

20世紀に端を発し、21世紀に大いに進みそうな転換がいくつも目につく。例えば、世界の人口構造をみると、第一次産業就業人口（すなわち農業人口）が減り、その減少分は第2次（工業人口）を通りこして、第3次産業に向かっている。農業人口が工業人口に移ったのではなくて、さらにそれを通り過ぎて第3次産業へと人口の移動が起きている。人口構造からみると、20世紀の後半に世界全体として、人間は農耕あるいは牧畜という一次産業から脱却した。そして、産業革命を特徴づける工業ではなく、違った構造の生業に頼る比重が大きくなっている。これは確かに新しい転換

である。

それで、この脱農業、脱工業化した社会はどうやって生存の条件を満たそうとするのかが問題となる。その内容は何であれ、目につくのは都市である。都市部の人口が増える。なお、上述の動きと同時に、高齢人口が増えるというのは将来予測の中では歴然としている。こうしてみると、転換の世紀に向けての人口構造の転換は、脱工業化、都市化、高齢化を特色としている。

2. 人口転換：多産多死から少産少死へ

次に、すでに始まっている転換としては、人口転換（demographic transition）がある。人口転換とは多産多死から少産少死への転換であるが、それは二つの内容、すなわち健康転換と出生力転換に分けられる。健康転換と呼ばれている出来事は、要するに伝染病、栄養失調、事故等から成人病への転換を意味している。そういう健康の転換にしたがって、死ぬ量が減ってくる、その次に産む量が減ってくるというように転換が起こってくる。この転換がいつどう進むかによって、地球上の人口が変わる。先ほど述べた人口構造の転換とこの健康転換とは同時に進行する場合が少なくないと思われる。生まれず、死なず、年寄りが増える都市によって担われる文明というのはあまりゾッとしないイメージであるが、これは現実に行進中の話である。

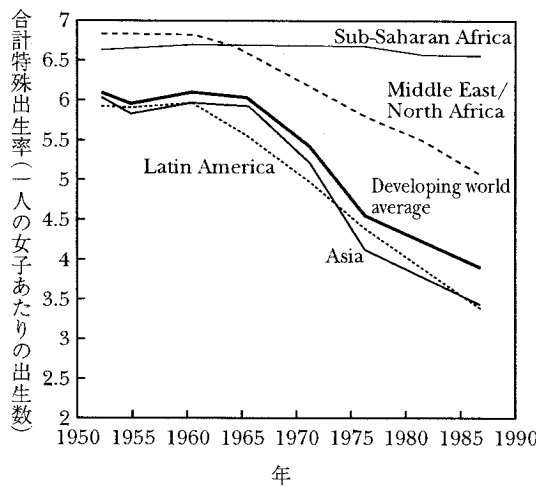
3. 環境認識の転換

次の転換、これまでの文脈でいうと3番目の転換は環境認識の変化である。環境というものが無限の、いくら汚しても平気で、たとえばここから物をいくらでも取り出してきることができるし、物をいくらでも捨てることのできるというような環境に対する認識。それは必ず回復するんだという考え方ではなくて、環境は有限であって、壊れやすく、面倒を見てやらないとダメになるという認識に変わりつつあり、その変化に従い、いかなる対策を講ずるかが変わってくる。環境問題の内容も、その問題に対するアプローチも認識によって変化してくる。

4. 健康転換と出生力転換

先ほど健康転換が進んでいると述べたが、世界各国の0歳平均余命（1990年）をみると、健康転換が進んで70歳をこえた国々は世界全体でまだ半分にも及んでいない。高いエネルギーと高い物質

図5 発展途上地域の出生力の推移1950-55から1985-90



の消費を可能にしている高所得の国々の人口というのは世界人口総体の中で4分の1にも達していない。中国とインドという非常に大きな人口のマスがあり、そこはまだ転換が完了していない。アフリカでは未だに0歳平均余命が50歳に達していない国々が多いというような状況が残っている。世界の健康転換はまだ半分も進んでいない。

ところが、健康転換がまだ中途であるにもかかわらず出生力はすでに落ち始めた。図5は途上国だけについてボンガードら(1996)²⁾がまとめたものである。いわゆる先進諸国はこの図にはないが、すでに低値である。出生力は一人の婦人が何人子供を産むかという合計特殊出生率と呼ばれている指標で示してあるが、サハラ以南の国々を別にすれば、世界のすべてが1970年代には出生力を落とし始めた。転換し始めた。世界人口総体をとってみても、出生力の低下の傾向が始まったのは1970年よりもっと早い。世界の半分ぐらいがだいたい出生力転換を始めたのが1970年代ということになる。死亡が減るプロセスと出生が減るプロセスが異なった仕組みで動かされているためであろう。この変化に先ほどとりあげたEDCsのような化学物質の人の生殖能力にかかわる影響が加わってくると、出生力減少の内容を注意深く監視することの重要性はますます大きくなる。

5. 環境転換

過去に人口転換の成立条件が論じられた時、人口転換は社会的なシステムの変換を土台にした出

図6 環境転換 (UNEP 1997)

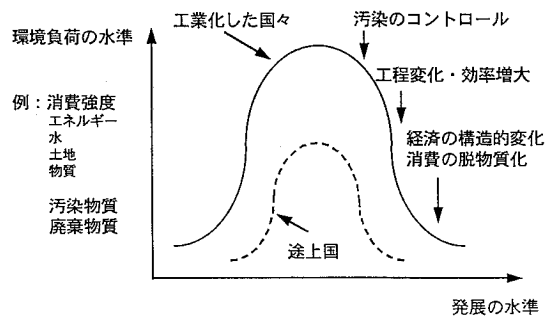
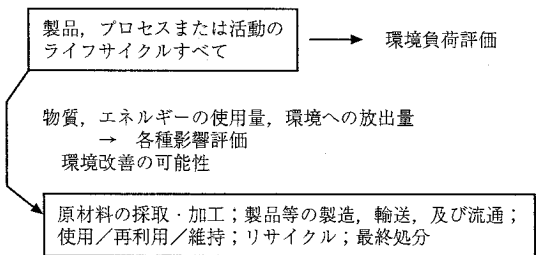


表5 ライフサイクルアセスメント (Life Cycle Assessment, LCA)



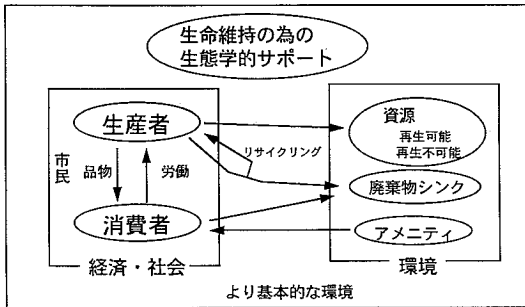
(SETAC 1991)¹⁵⁾

来事であると理解しなければいけないとされた。UNEPのいう環境転換もまた、社会システムの変化を中心とした概念である¹⁹⁾。図6の縦軸は環境負荷で、横軸は経済的発展の水準である。発展水準が一旦上がると、環境負荷が悪化し、さらに進むとようやく改善される。改善されるためには汚染のコントロール、工程変換や効率の増大、経済の構造的な変化が必要だ。それから、消費の脱物質化が伴わなければならないとされている。この発展と環境のジレンマからの急速な脱却を可能にしなければ、環境負荷を減少することができない。途上国が工業化したいわゆる先進諸国よりもっと上手にこの環境転換を遂げてくれることを期待してこの図は描かれている。

6. ライフサイクルアセスメント

ものの考え方だけでなく、技術、組織を変えなければいけないということに関連して、ここでライフサイクルアセスメントに触れておきたい。表5は、セタック (SETAC, Society for Environmental Toxicology and Chemistry) と呼ばれている学会がまとめたものである¹⁵⁾。製品プロセス、また

図7 経済学領域における問題認識の広がり (Hamilton C. 1997)⁸⁾



は活動のライフサイクルすべてにわたって環境負荷を評価すべきことを求めている。すなわち、原材料、加工、製造、輸送から最終処分、廃棄に至るところまで全部の環境に対する影響を評価して環境改善を進めなければならないとの考え方が取り入れられている。技術の分野での認識の転換の実例である。

7. 経済学の変化

ものの考え方が変わりつつある。ライフサイクルアセスメントはその一例であるが、環境認識が違ってきたのはごく限られた領域だけではない。たとえば、経済学におけるものの考え方が変わったということ、オーストラリアの学者でハミルトンという人が纏めている (図7)⁸⁾。昔からの経済学は市場を中心に生産と消費を中心に眺めていたが、環境経済学は資源、廃棄物、アメニティへと関心を広げ、さらに生態経済学ということになるとこの図に示した全部のシステムをまとめて考えるようになったとされている。

このような経済学の変化の基底にこれまでと同様な物の考え方の変化があることはいうまでもない。人間中心から生態中心へ、価値が人間の福祉だけではなくて自然の内在的価値をも認める方向に変わり、自然への態度が変わってくる。人の福祉の問題が変わってくる。物的消費だけではなく、他者との関係や心理的な態度等まで含めて考えようと、また人は生産者でかつ消費者であると同時に市民として扱わなければならないというように、物の考え方の変化がすべてに及んでくることによって社会が変わり、それが最終的にはヒト・文化・自然からなるシステム全体の変化を導くものとなる筈である。

表6 環境政策の諸手法の変化 (UNEP 1997)¹⁹⁾

	農業依存経済	工業化経済	富裕な社会
法制度の整備 セクターごとの政策	適用	適用	適用
戦略的行動計画 “コマンドとコントロール”	部分的	適用	適用
市場に立脚した動機づけ民間の任意活動広範囲な公衆の参加	未	部分的	適用

8. 環境政策の変化

経済学的だけではなくて、社会あるいは組織の営みとしての環境政策にも変化は及んでくる。表6はUNEP¹⁹⁾がまとめたものであるが、農業依存型の経済、工業化経済、富裕な社会というふうに社会・経済体制が異なるにしたがって政策手法が変わってきている。ここで市場に立脚した動機づけにまかせる、さらに民間の任意活動を大事にする、広範囲な公衆の参加をもとめるといった手法は富裕な社会でようやく全面的に適用されるようになって、それが世界全体に広がりつつあるところである。いわゆるNGOの活動を大事にしようという動きもこの流れの中から生じている。

わが国は環境基本計画を1994年に出したが、その中に循環、共生、参加、国際的取組の4本の柱が立てられている。この参加のところは全セクターの参加を求めると書かれている。環境基本計画にも参加が入ってくる時代になって、日本でもcommunity participation、あるいはparticipatory technologyと言われるアプローチ、人々の自主性を尊重する形でものを考えていこうというアプローチが現実のものになりつつあると感じる。しかし、世界はこの問題についてもう少し前に出ている。例えば、comparative risk analysisと呼ばれている手法がアメリカのEPAによって開発されている。これは環境リスクを人の健康と自然の生態系と人の生活の質の3つについて取り上げて、それをどこから順番に手を付けてやっていくかを考える手法である。この中で行政の立場から一般の人々の参加を求めるといった手法が重視されている。しかし、どうもそれだけではなくて、むしろローカルな人々の側から問題を提起して、それに行政や外部の専門家が協力するという構造に切り換えなければ問題解決に至らないのではな

表7 世界についての環境認識 (UNEP 1997)¹⁹⁾

1. 世界中で起こっている社会的、制度的、経済的システムの質的变化
2. 貧困
3. 国家内部、国家間の格差の増大
4. 急速な Globalization—情報、運輸、貿易
5. 環境対策責任の脱中央化と諸国間での協調 (政府間での協力合意)
6. この合意にもかかわらず具体的かつ効果的行動に移れていない。

いかとする意見が提示され、それが primary environmental care と呼ばれている (Borrini, 1991)³⁾。国家が何かを考えて中央集権的な構造で各種施策を進め、各地方、ローカルな集団、あるいは社会のいろいろなセクターを引っ張っていかうというのではなく、ローカルな集団、個別のセクターのイニシアティブを出発点として対策を進めようというので、これは非常に大きな転換へ繋がる契機を含んでいる¹⁸⁾。

国際的な諸機関、いくつかの国の連合した広域のまとめり、それぞれの国、地方自治体、専門家集団、市民、といった各種のレベルがどのように連携して対策を進めるべきかについて、新しい運営の方式を作り出すべき時期が来ている。

それに関連して、国連環境計画 (United Nations Environmental Program, UNEP) は、世界の環境問題について何が起こっているのかを表7のようにまとめている。これは UNEP 流の環境認識といってもよいだろう。世界中で社会的な、制度的な、経済的なシステムが質的に変化している、貧困が依然としてかなりの部分に残っている、国家内部、国家間の格差は増大している、グローバル化が起って情報、運輸、貿易が非常に活発になっている、環境対策責任の脱中央化と諸国間での協調の問題が提起されて、みんなが賛成している、それにもかかわらず具体的かつ効果的行動は国際的にも国内的にも取られていないというのがその内容である。ここにも転換の世紀としての21世紀に向かっての胎動が感じられるが、結局、何をどうするのかというときに、たとえばライフスタイルを変えようとか、テクノロジーに問題があるとかいろいろ言われてはいるものの、そういった部分的な問題把握ではなく、も

っと抜本的なところに課題がある、すなわちヒトと自然と文化からなるシステムの組み方を変えなければならないことを皆が気づき始めているといえる。

V おわりに

以上、いろいろと取り上げたが、私が今日、話したかった事は20世紀の後半に入って地球規模での環境の変化が観測され、かつ予測されるようになった、いろいろな不確かさはあるけれども質的な方向性としては変化を否定できない。今のままで行くと予測される変化による悪影響は目前の問題であるが、それに対する対策をたてようとする努力がなされ、それを変える方向の動きはあちらこちらにみられる。その具体的な部分をそれぞれの国が、あるいは地方が、あるいはローカルなコミュニティがどのようにして取り上げてどう展開していくかというところに将来がかかっている。転換が間に合うかどうかの瀬戸際とでもいうべき時代に生きているということである。最後に、今回の特別講演の場を与えられた曾田学会長をはじめとする学会運営委員の方々、ご静聴いただいた皆様に厚く御礼申し上げます。

(受付 '98. 2.24)
採用 '98. 4.13)

文 献

- 1) Bongaarts J. Population Growth, Global Warming, Pop. Develop. Rev., 1992; 18, 299-319.
- 2) Bongaarts J. Watkins S. C. Social Interactions and Contemporary Fertility Transition, Pop. Develop. Rev., 1996; 22, 639-682.
- 3) Borrini G. Lesson Learned in Community-based Environmental Management, International Course for Primary Health Care Managers at District Level in Developing Countries, Rome. 1991.
- 4) Colborn T., Dumanoski D. Myers J. P. Our Stolen Future, Dutton, 1996. (邦訳:長尾 力, 奪われし未来, 翔泳社, 東京, 1997).
- 5) Deevey Jr. E. S. The Human Population, Sci. Amer., 1960; 203, 194-206.
- 6) Ehrlich P. Ehrlich A. The Population Explosion, Hutchinson. 1990.
- 7) Graedel T. E. Allenby B. R. Industrial Ecology, Prentice Hall 1995. (邦訳:後藤典弘, 産業エコロジー, トッパン, 東京, 1996).
- 8) Hamilton C. Foundations of Ecological Economics,

- in Diesendorf, M. and Hamilton, C. (eds), "Human Ecology, Human Economy", Allen and Unwin, 1997; 35-63.
- 9) 原島 省, 功刀正行. 海の働きと海洋汚染, 東京: 裳華房, 1997.
 - 10) IPCC「気候変動に関する政府間パネル」(編)(環境庁地球環境部監修) IPCC 地球温暖化第二次レポート, 東京: 中央法規, 1996.
 - 11) 環境庁ダイオキシンリスク評価研究会. ダイオキシンのリスク評価, 東京: 中央法規, 1997.
 - 12) 環境庁リスク対策検討会. 環境ホルモン, 外因性内分泌攪乱物質問題に関する研究班中間報告書, 東京: 環境新聞社, 1997.
 - 13) 丸山茂徳, 磯崎行雄. 生命と地球の歴史, 東京: 岩波書店, 1998.
 - 14) McMichael A. J., Haines A., Slooff, R. Kovats, S. (eds) Climate Change and Human Health, Geneva: WHO, 1996.
 - 15) Society of Environmental Toxicology and Chemistry. A Technical Framework for Life-cycle Assessment, Washington D. C., SETAC: 1991
 - 16) 鈴木継美, 安藤 満, 編. 地球の気候変化と健康リスク, 東京: 合同出版, 1992.
 - 17) 鈴木継美. 地球環境と健康—世界の栄養に注目して—, 日衛誌 1993; 48, 893-903.
 - 18) Suzuki T. Global Environmental Changes and Primary Environmental Care, Environ. Sci., 1996; 4, S015-S024.
 - 19) United Nations Environmental Program. Global Environmental Outlook, Oxford Univ. Press. 1997.
 - 20) World Bank World Development Report 1992: Development and Environment, Oxford Univ. Press. 1992.
-