

現代経済学と地球環境問題

奥村茂次

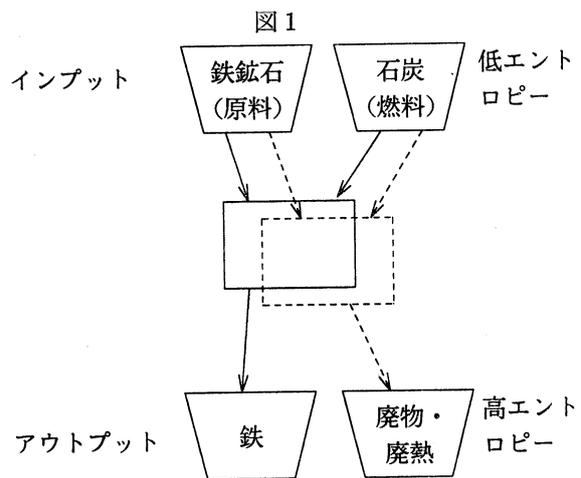
目次

1. 現代経済学が見落してきたもの
2. エコノミーとエコロジー
3. 地球環境問題の特性
4. 地球温暖化問題
5. 地球環境保全のための経済的手段

1. 現代経済学が見落してきたもの

従来の経済学は市場において価格を付され、売買される物財・サービスのみを考察の対象としてきた。かかる物財・サービスの生産・流通・消費の過程とその仕組みを研究し分析してきた。市場において売買されない太陽エネルギー、空気、水等については「自由財」として取扱われ、その市場価値については考察を払われてこなかった。自由財はそれぞれに「使用価値」をもっているが、「使用価値」をもたないものが社会的生産に大きな影響をもつにいたった。廃熱・廃水・廃棄物がそれである。

たとえば、図1に示すように、鉄鉱石と石炭から鉄を生産する製鉄行程は、必ず廃物と廃熱を排出する。玉野井芳郎氏は、これを「ネガの行程」と呼んでいる。⁽¹⁾鉄を生産する「ポジの行程」は必ず廃物と廃熱を排出する「ネガの行程」を伴う。「生産においては、土や空気や水が取り入れられて大麦やパンができ、鉱石や岩石が取り入れられて鋼鉄や機械ができる。繊維が取り入れられて布ができ、布が取り入れられて着物ができる。いずれの場合にも、生産行為は、ある一つの場所にヨリ大きな秩序の度合を押しつける行為なのである。しかしながら、その場合、他の場所には



実線は「ポジの工程」
 点線は「ネガの工程」
 【出所】 玉野井芳郎著作集第2巻、『生命系の経済に向けて』, p. 86。

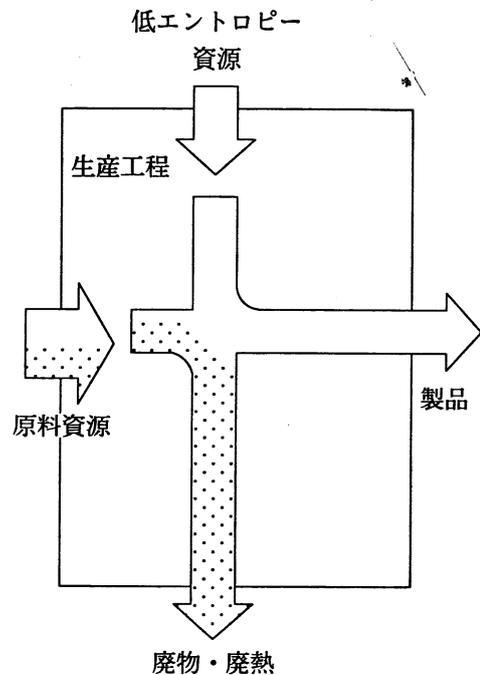
(1) 玉野井芳郎著作集第2巻『生命系の経済に向けて』学陽書房, 1990, p. 86。

ヨリ大きな無秩序が生ずる（鉱山の選鉱屑，原材料の屑，等々）という代償が払われている。したがって生産は，高いエントピーをもつ『屑』を他の場所に生み出すという代償をまぎれもなく払ってエントロピーを分離し，高度な秩序をもつ低いエントロピーの『生産物』(商品)を作りあげるといふ点では，典型的な進化過程なのである」と，K. E. ボールディング⁽²⁾も述べている。生産が行なわれるためには，それに伴って排出される廃物と廃熱を捨てる手段と場所を必要とする。廃物と廃熱を出さないような産業は存在しない。もし廃熱と廃物を排出できないということになれば，あらゆるものは生産不可能ということになる。生産とは，資源を取り入れ，廃熱，廃物の形でエントロピーを捨てることによって，製品をつくることである。このエントロピーの法則を用いて，資源から廃物への過程を研究する学問を「資源物理学」⁽³⁾といっている。

資源物理学者，槌田敦氏の図示にしたがって，生産活動における資源から廃物・廃熱への流れを示すと，図2のようになる。このダイアグラムの横軸は「ポジの生産行程」であり，縦軸は「ネガの消費行程」ということになる。横軸の「ポジの生産行程」だけがこれまで重視されてきて，縦軸の低エントロピー資源（燃料や水など）を投入して廃物・廃熱を排出する過程は無視されてきた。しかし冷却水として廃熱を取り除くほか，廃物を水に溶かして洗い流すことができなければ，鉄工業は成立しない。クリーンなイメージの半導体産業といえども，けっしてその例外ではない。アメリカのシリコン・ヴァレー⁽⁴⁾で大規模な地下水汚染を生んだ「ハイテク汚染」は有名である。

これまでの工業生産統計や国民所得統計は，Goods (商品)のみを集計の対象とし，Bads (廃棄物)は一切無視してきたが，有価物や付加価値のみを対象とするのではなく，廃棄物やマイナスの付加価値を控除する方法が考えられなければならない。消費税も Goods に対して賦課するのではなく，その捕捉の方法に問題はあるにしても，Bads に対して徴集する方法が考えられて然るべきであろう。こうした大胆な発想の転換

図2



〔出所〕 槌田 敦『エントロピーとエコロジー』ダイヤモンド社，1986，p. 30。

(2) K. E. Boulding, "Beyond Economics, Essays on Society, Religion, and Ethics, 1968 (公文俊平訳『経済学を超えて』(改訂版) 学習研究社, 1975, p. 213)。

(3) 槌田 敦『資源物理学入門』NHKブックス。

(4) 吉田文和『ハイテク汚染』岩波新書，1989。

なしには、現代経済学は、地球環境問題への対応は不可能というべきであろう。

第2に、従来の経済学は生産—消費のくり返しである「経済循環」や「再生産」を論じてきた。たしかに市場経済は生産—消費の可逆的な関係の事象から成り立っている。しかし、そのような現象も実は、ネガのアウトプット（廃物・廃熱）とそのインプットとの間の時間的に不可逆な、質的落差を伴った行程が条件となっ**て**はじめて成立するのである。よく例にあげられるのが「生卵と若干の燃料を投入すればオムレツが産出できる。けれどもオムレツをふたたび卵へもどすことは不可能である⁽⁵⁾」という具体例である。従来の経済学が考察してきた「再生産」という事象はそれ自身は可逆的な物理的時間の下で考えられてきたが、それは不可逆なプロセスを条件として成り立つものだけだということが見落されてきた。

熱というものは、温度の高い物体から低い物体へと一方方向に流れ、けっしてその逆には流れない。高温の物体と低温の物体とを接触させておけば、熱エネルギーは高温の物体から低温の物体へと流れ、両者が等しい温度になったとき熱の伝導は停止され、平衡状態に達する。この熱力学の第2法則はエントロピー増大の法則ともいわれ、熱エネルギーは時間の経過とともに不断に利用可能なものから利用不可能なものへ一方方向にのみ推移しているのである。熱力学の第1法則（エネルギー保存の法則）によれば、どのような形態のエネルギーでも仕事に変換することが認められている。しかし実際には、あらゆる種類のエネルギーは次第に熱に変換され、熱は最終的には拡散してしまっ**て**人間にはもはや利用できないものになってしまう。いったん熱に変わった力学エネルギーが完全に元にもどることはない。

こうしたエントロピー増大の法則は、熱エネルギーについてだけではなく、あらゆる物質についてもあてはまる。物質もエネルギーと同様に、時間の経過とともに拡散し、地球の隅々に散逸してゆく。流通する銅貨の銅、走る自動車のタイヤのゴム、黒板に書くチョーク、どれもみな摩滅、摩耗、崩壊を通じて、われわれに利用不可能なものになってゆく。形あるものは必ず崩れる。

エントロピー法則は、このような時間的に不可逆な事象の世界に成り立つ法則である。従来の経済学は、物質やエネルギーの「使用価値」や「効用」について語るとき、こうした不可逆の時間の視点を欠いていた。あらゆる物質とエネルギーは不断に利用可能な状態から利用不可能な状態へと劣化しつつあるのだという事実を見落してはならない。

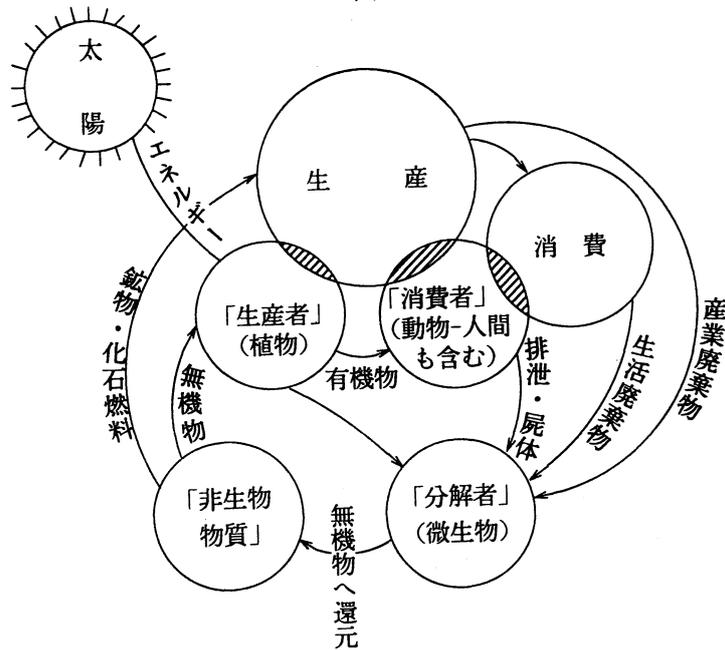
2. エコノミーとエコロジー

今ほど市場経済あるいは再生産を自然の生態系との関係で考察することを要求されていることはない。経済 (economy) は生態系 (ecosystem) と無関係には存立しえない。

玉野井氏の定義によれば「生態系とは、植物 (=生産者)、動物 (=消費者)、微生物 (=分解者) が、土壌、水、大気などより成る自然的環境とのあいだにくり広げる相互作用から構成

(5) 玉野井芳郎、前掲書、p. 148。

図3

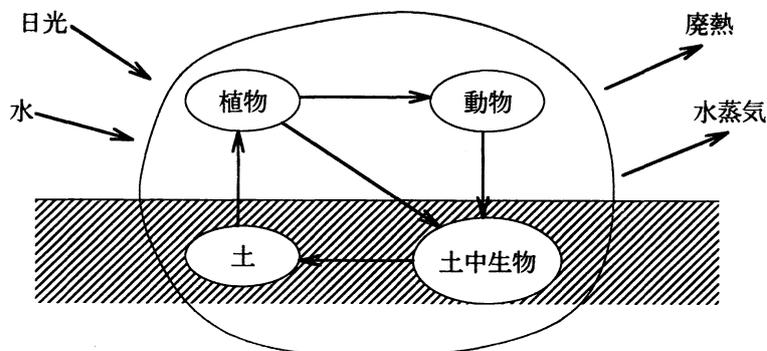


〔出所〕 玉野井芳郎, 前掲書, p. 19.

されるひとつの自律系のことである。」⁽⁶⁾ 図3に示されるように、太陽エネルギーを受けた植物は同化作用によって酸素と葉緑素を生産し、それは動物（人間をふくむ）によって消費される。動物（および植物）の排泄物や屍体は、土中の微生物によって分解され、無機物に還元される。この間に日光と水と土壌がきわめて重要な役割を果たす。この生物循環を通じて生態系は維持される。

人間自身がこの生態系という自律系の中に生きている生物種の一つにほかならない。人間が環境を利用するのではなく、実は環境の内部に人間が自立的に生活しているのだということが自覚されなければならない。「宇宙船地球号」といわれるが、人間は太陽や大気とともに、緑色植物や微生物を育んでいる土地=土壌環境なしには、宇宙船の中だけでは永続して生存することはできない（図4参照）。

図4



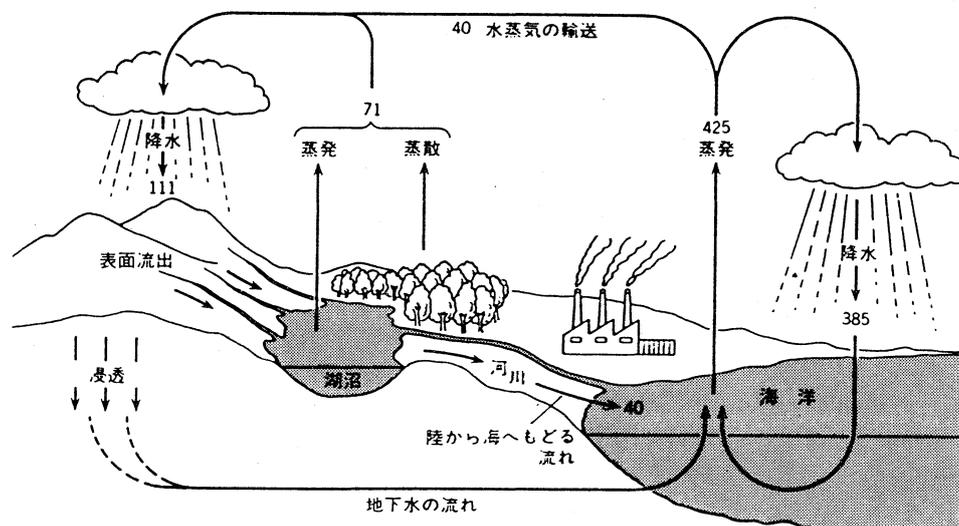
〔出所〕 槌田 敦, 前掲書, p. 75.

(6) 玉野井芳郎, 前掲書, p. 11.

生態系の一部として、図3に掲げた生物循環とならんで、もう一つの重要なものが水循環である。地球上に降った雨は、田畑を潤し、植物を生育させるとともに、人間の生産活動と日常生活に利用される。水なしには人間は生存を維持できないし、生産活動もおこないえない。地球上に降った雨は湖沼に蓄積され、河川となって海へ流れ下る。また地下水となって土壌の下を流れ、泉や湧水として利用される。他方、この過程で水は太陽熱によって蒸散し、水蒸気となって上昇する。地面や湖沼・河川・海面から蒸発した水は上空において氷結し雲となる。雲は風に運ばれ、雨や雪を降らせる(図5参照)。このような水循環の過程を通じて地表面から熱が奪われる。水は人間の生存と生産活動を支えているばかりではなく、地球上の温度調節にもはかり知れない役割を果たしている。

図5 生物圏における水の循環

単位：1000km³/年



〔出所〕 本間慎監修『データガイド地球環境』青木書店，1992，p.13

従来の経済学は、これらの環境における循環を暗黙の前提としてきた。この環境の循環を前提にして、経済学は人間社会の経済循環を議論すればよかった。環境の循環という条件が満たされているかぎり、エントロピーの法則からくる制約を考慮しなくても、経済学は見当違いの議論にならずにすんだのである。

ところが、現代石油文明と戦後の急速な経済成長は、この環境の循環を破壊するにいたった。1970年にはやくもローマ・クラブは『成長の限界』⁽⁷⁾を宣言するにいたったし、大量生産・大量消費に伴う大量廃棄は、環境の許容限度を超えて、各地に公害を発生せしめることとなった。化石燃料の大量使用による二酸化炭素の発生は地球温暖化作用をもたらし、大量の人工肥料と農薬の使用は土壌の正常な循環を破壊し、合成化学製品は自然の生物循環のなかで分解されえない大量の廃棄物として堆積するにいたった。

(7) D. H. & D. L. メドウス, J. ラーンダス, W. W. ベアランズ『成長の限界——ローマ・クラブ「人類の危機」レポート』(大来佐武郎監訳, ダイヤモンド社, 1972)。

人間の生産活動は、第2次産業（とくに工業生産）のみをみれば、一見、自然とのかかわりなしにも存立しうるようにみえる。しかし、その原材料や燃料は第1次産業（農林水産業や鉱業）に依存しており、そこからの原料資源やエネルギーの供給なしには存立しえない。農林水産業は直接自然とのかかわり合いの中で生産活動が営まれ、鉱業も自然資源の採取にかかわっていることはいうまでもない。市場経済の発展は、第1次産業から第2次産業へ、さらに第2次産業から第3次産業へとその活動のウェイトを移しているようにみえる。だが、第1次産業なしには第2次産業の存立はありえないし、第3次産業のみが栄えることは不可能である。たとえ、一国規模においては第1次産業のウェイトが極小化しても、それは貿易のかたちで外国の第1次産業に依存しているにすぎない。第1次産業を切り捨て、第2次産業の隆盛の上に国民経済の成長を計るのは、外国の（発展途上国の）第1次産業の搾取の上に自国の繁栄を築こうとするものであるし、第2次産業の発展をないがしろにして、第3次産業の拡大にのみ走ることは、国民経済の「空洞化」をもたらす以外のなにものでもない。

われわれの経済活動は、このように原材料やエネルギーの供給の面で自然との関係を断ち切れないばかりでなく、ポジの生産に必然的に伴うネガの工程の諸結果、すなわち廃熱・廃物の処理においても自然に負っているのである。自然の生物循環を通じてわれわれの廃棄物が分解され、無機物に還元されることがなければ、地球上はたちまち廃棄物の山の中に埋没してしまうであろうし、自然の水循環を通じて廃熱が処理されなければ地表の気温は平常に保ちえないであろう。

人間はこのように自然との間の「物質代謝」を通じて余分なエントロピーを処分し、自己の平衡性を維持しえているのである。エコロジーの世界はテクノロジーの世界とは異なる、まさに「生命系の世界」なのである。

ところが、産業革命以来の近代工業の発展は「非生命系の世界」を徒らに肥大化させ、自然資源を濫費し、資源の使用量の幾何級数的な増大は資源の限界を憂慮せしめるにいたった。それと同時に大量の廃棄物は自然の許容量の限界を超え、その上、微生物によって分解されえない大量の合成製品をつくり出した。エコロジーと両立しえないエコノミーは、次第にその存立を許されなくなりつつある。

3. 地球環境問題の特性

地球環境問題にはさまざまなケースがふくまれ、いろいろな区分がおこなわれているが、ここでは寺西俊一氏の分類にしたがって、つぎの5つのタイプをあげておこう。⁽⁸⁾

その第1は、「越境型の広域環境汚染」(Transboundary pollution)であり、硫黄酸化物(SO₂)の放出による酸性雨の国境を越えた森林破壊や、ライン河流域にみられるような国際河川による流域諸国の水質汚染等がある。

(8) 寺西俊一『地球環境問題の政治経済学』東洋経済新報社、1992。

第2には、貿易や対外直接投資に伴っておこる「公害輸出」で、先進国で使用禁止となった有害化学物質が発展途上国で食品添加物として使用されたり、民間企業の対外直接投資や先進国の途上国向け開発援助（ODA）などに伴っておこる受入れ国側での環境破壊など、概して環境規制の厳しい国から緩やかな国への「公害輸出」がおりやすい。

さらに第3には、「公害輸出」には当たらないが、先進国と発展途上国との貿易＝国際分業関係を通じておこる資源の収奪や環境の破壊をあげることができる。わが国の大量の木材輸入に伴う過剰な商業的伐採による熱帯雨林の破壊やエビの輸出のためのエビ養殖池拡大に伴うマングローブ林の減少、アメリカ食品資本の食肉輸入に関連したラテン・アメリカにおける牧場開発のための森林破壊などがそれである。

第4に、寺西氏が「貧困と環境破壊の悪循環的進行」と呼んでいる、発展途上国の「絶対的貧困」と人口過剰に伴う正常な輪作期間を無視した過剰な焼畑耕作、過放牧による土地の収奪、「人災的天災」による表土流失、砂漠化、環境難民などの「生態系崩壊地の悲劇」がある。

そして最後に、しかし最も重要なものとして「地球共有財産（global commons）の汚染と破壊」があげられる。化石燃料の使用によって生ずる「地球温暖化」問題や、フロン・ガスによる成層圏オゾン層の破壊などのように、その影響が地球上の全人類（および全生物）に及ぶ問題である。

以上あげたような諸問題は、そのなかには地域的特性をもつものや、「地球温暖化」問題のように全球的な規模の問題までであるが、近年ますますその形態は多様化し、状況は深刻さを加えてきている。これら地球環境問題への対処を困難にしているのが、この問題のもっている4つの特性、すなわち、(1)不確実性、(2)不可逆性、(3)超長期性、(4)国際性にあるようにおもわれる。

たとえば「地球温暖化」問題のように、その科学的論証にはきわめて広汎かつ複雑な諸問題が関連し、地球的規模での調査研究が必要であり、そのため十分な科学的論証は困難であり、将来予測に関しては多くの不確実性を伴っている。したがって科学者の「警告」が深刻に受け止められず、大衆的な支持と自覚が得がたい。人々は目先の利害にとらわれて、不確実な将来の「危機」に対して十分な対処をしようとはしない。

けれども、問題はひと度現実におこってしまったからでは回復不可能な「不可逆性」をもっている。ここでは「学習」効果は期待しえない。地球環境問題は未然に防止しなければ、人類の「危機」につながる点できわめて重要かつ緊急な問題なのである。

さらに、この問題を複雑にしているのは、現実の被害をこうむるのは将来の世代であるという点にある。汚染者である現代の世代が直ちに被害を受ける問題もあるが、「地球温暖化」や「オゾン層の破壊」のように、2世代、3世代後になってその被害が現実化するものが多い。われわれが将来の世代にまでわたって世代間の公平を十分に配慮し、「かけがえのない地球」を子孫の代にまで安心して住める状態で残してゆくことが、現在の世代の責任であり課題であ

表1 エネルギー部門からの CO₂ 排出量 (1985年・地域別比較)

	CO ₂ 総排出量 (炭素換算10億トン/年)	(%)	1人当り排出量 (炭素換算トン/年)
世界(計)	5.15	(100)	1.06
先進工業地域	3.83	(74)	3.12
北アメリカ	1.34	(26)	5.08
西ヨーロッパ	0.85	(16)	2.14
OECD太平洋地域	0.31	(6)	2.14
ヨーロッパ中央計画経済圏	1.33	(26)	3.19 ¹⁾
開発途上地域	1.33	(26)	0.36
アフリカ	0.17	(3)	0.29
アジア中央計画経済圏	0.54	(10)	0.47
ラテン・アメリカ	0.22	(4)	0.55
中東	0.13	(3)	1.20
南および東アジア	0.27	(5)	0.19

注1) OECD 以外のヨーロッパ。

〔出所〕『IPCC 地球温暖化レポート』, 表4-2, p. 172。

ることを認識しなければならない。

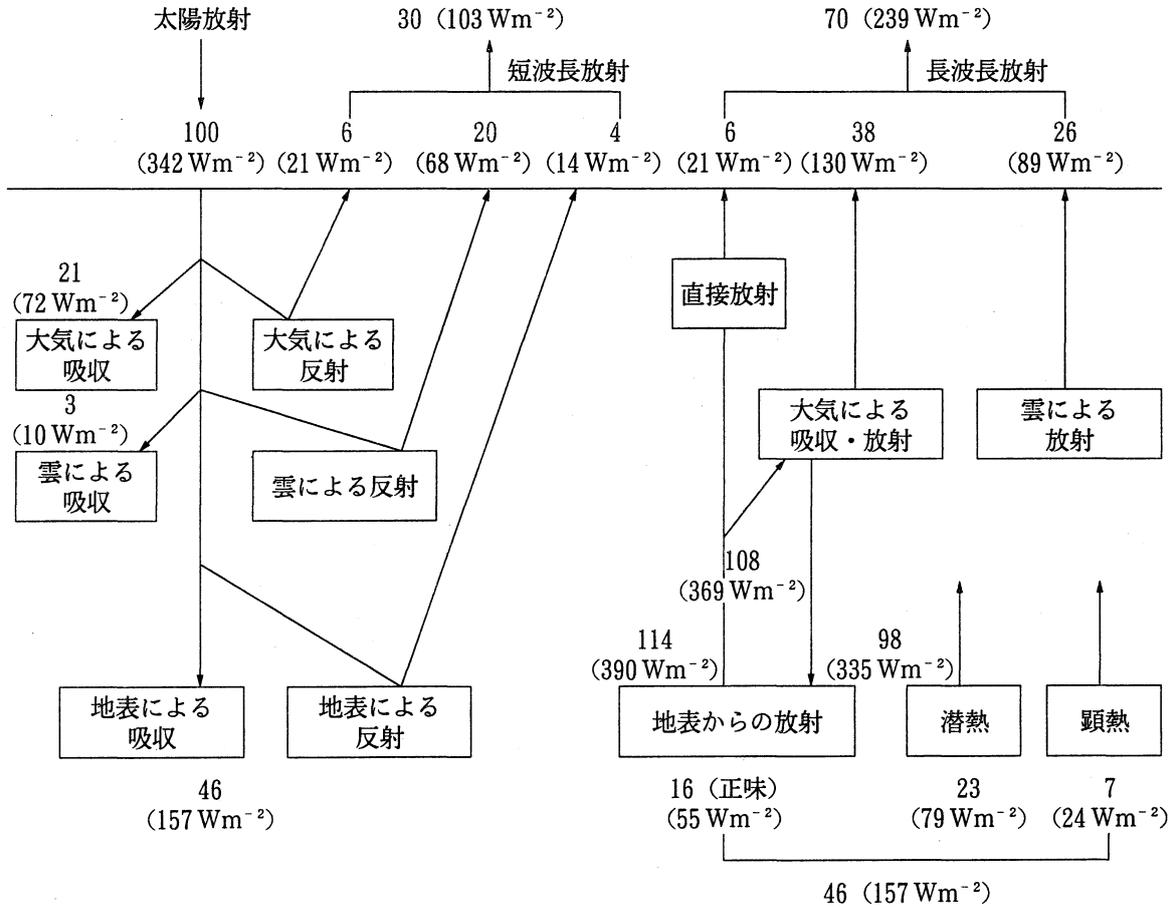
地球環境問題は、一国内での公害問題とは異なって、文字通り地球規模での問題であり、したがって異なった国家間の利害の相剋に直面する。先進国と発展途上国、成長志向の国と環境重視の国、資源国と無資源国とのあいだでは、それぞれの国家的利害が異なる。とりわけ、先進工業国と発展途上国とのあいだの南北対立は鋭いものがある。もっとも重要な「温室効果ガス」である二酸化炭素 (CO₂) の排出量をみると、IPCC の推計では、表1のように、先進工業国が総量の4分の3を占め、1人当り排出量では先進国は発展途上国の8.7倍にものぼり、とくにアメリカの排出量は14倍にもたっている。そのため、発展途上国側は CO₂ 削減の責任はもっぱら先進国側が負うべきであり、経済開発優先の立場から化石燃料の使用削減には反対している。先進工業国のあいだでも北欧諸国やオランダ、カナダは CO₂ 削減のための取組みにもっとも熱心である (スウェーデン、ノルウェー、フィンランド、オランダはすでに炭素税を導入している) のにたいして、アメリカはもっとも消極的な立場で CO₂ 削減のための国際協定にも反対している。フランス、ドイツは積極派への歩み寄りを示しているが、日本はアメリカの立場に追随している。

「地球温暖化」問題のように、その被害が全球的規模で問題となる場合、環境破壊によって蒙る被害の費用を国際的に負担させる仕組みが必要であるが、そのさい、たんに経済的厚生 of 最適化を求める効率性の観点のみならず、国際的な所得の不平等の現状を配慮した公平性の視点が重視されなければならない。

4. 地球温暖化問題

多岐にわたる地球環境問題のうち、ここでは「地球温暖化」問題を取りあげてみたい。

図6 地球の放射エネルギー収支（地球への太陽放射総量を100とした）



〔出所〕 大来佐武郎監修，講座「地球環境」第1巻『地球規模の環境問題Ⅰ』第3章第2節，p. 106。

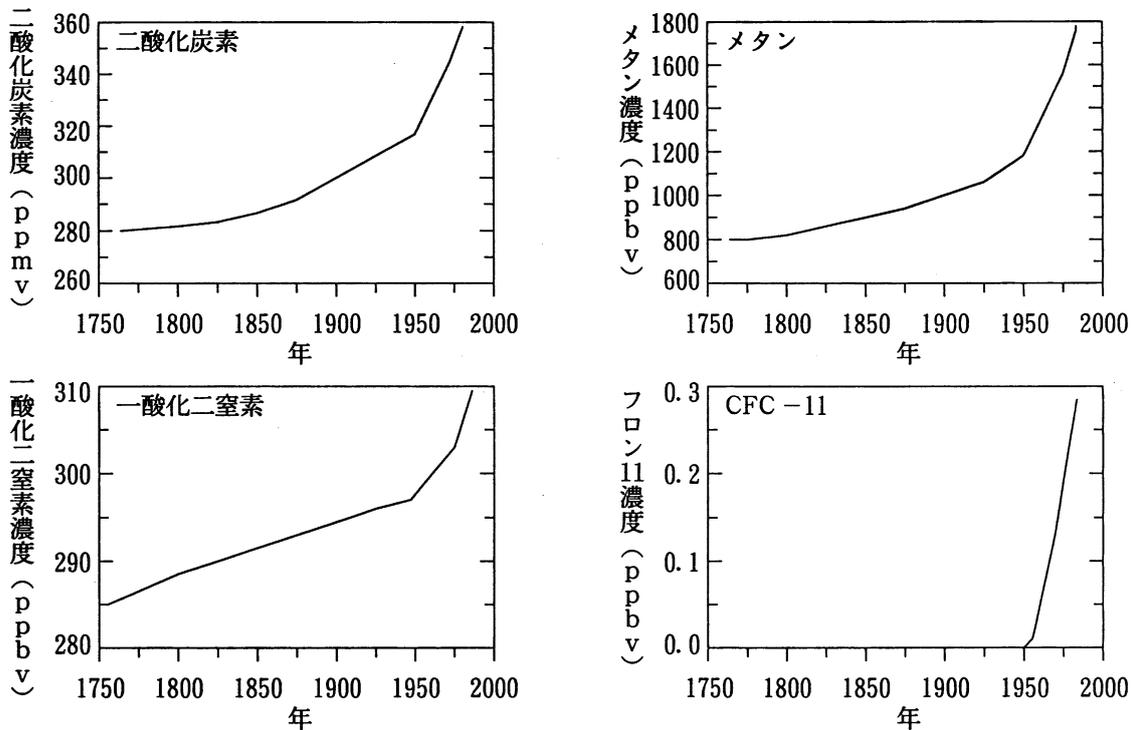
「地球温暖化」とは、二酸化炭素やメタン，フロンなど（大気中微量成分という）の赤外線をよく吸収する気体が大気中に増加することによって，地球表面の平均気温が上昇する現象をいう。⁽⁹⁾

太陽の表面温度は $6,000^\circ\text{C}$ で，そこからはX線や紫外線のような高エネルギーの光から，赤外線のような低エネルギーの光まで，広い分布の光が放射されている。その中でエネルギーの高い（短波長の）光は地球の周りの空気に吸収されてしまい，地表に届く光は主として可視光線（ $300\text{nm} \sim 1\mu\text{m}$ の波長）を中心とした光である。途中，雲などによって吸収されたり反射されたりするものを除けば，約半分が地表に到達している。

これだけなら地表温度は理論的には 255K (-18°C) になるはずである。ところが，地表から宇宙空間に向けて放射されるエネルギー（主に赤外線）の一部が水蒸気などに吸収されて地球の大気を温めている。大気中の微量成分によって吸収された赤外線の一部は地表に向けて再放射される。地表の赤外線放射のうち約40%が大気中にトラップされている。この「温室効果

(9) 以下の説明は主として，鷲田伸明「温室効果の機構」——大来佐武郎監修，講座「地球環境」第1巻，『地球規模の環境問題Ⅰ』，中央法規出版，1990，第3章，地球温暖化，第2節，による。

図7 温室効果ガスの大気中濃度



〔出所〕『IPCC 地球温暖化レポート』, p. 46.

気体」によって温められた結果、地表の表面温度は平均 288K (15°C) に保たれている。

地球に入射する太陽エネルギーは、途中雲などによって吸収されたり、反射されたりすることがなければ、1平方メートル当り 342 ワットになる。そのうち約24%は大気中の水蒸気、オゾン、エアロゾル、雲などによって吸収され、約30%は空気分子、雲、地表によって宇宙空間に反射され、残り46%が地表に到達する(図6参照)。これにたいして、地表からの赤外放射は 390 ワット、太陽エネルギーの 114%に当たり、そのうち宇宙に直接放射されるのは 6 (21 ワット) だけで、残りは大気に吸収されたのち、大気からの放射38にふくまれる。これに雲からの放射26を加えた 70 (239 ワット) が、赤外線として宇宙に放射される。結局、地球全体のエネルギー収支としては、地表からの長波長放射70と、太陽光の直接反射(短波長放射) 30とを合わせた100が宇宙に逃げてゆき、入射エネルギー100と釣り合っている。

もし、大気中の微量成分が増加して地表からの赤外線を今まで以上に吸収すれば、地表温度は 288K よりも高くなる。それが地球環境問題としての「地球温暖化」である。

国連環境計画 (UNEP) と世界気象機関 (WMO) が共同で1988年11月に設立した「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC) が世界中から約1,000人にのぼる科学者、専門家の参加を得て2年がかりで作成した報告書⁽¹⁰⁾によれば、地球全体の地上平均気温は、過去100年間に 0.3~0.6° 上昇した。海面水位は過去 100年間に10~20 cm 上昇した。人間活動に起因する排出によ

(10) 霞が関地球温暖化問題研究会編訳『IPCC 地球温暖化レポート——気候変動に関する政府間パネル報告書サマリー』中央法規出版, 1991。

って二酸化炭素 (CO₂), メタン (CH₄), 一酸化二窒素 (N₂O), クロロフルオロカーボン (いわゆるフロン CFCs) といった温室効果ガスの大気中濃度は, 第2次大戦後著しく増大している。産業革命以前の1,000年間は, 温室効果ガスの総量は比較的一定であったが, 産業革命以来, 産業化の進展に伴って, 図7にみられるように急速に増大しはじめ, とりわけ1950年代以降のその激増ぶりは目を見張るものがある。フロンは1930年代に発明されるまでは大気中に存在しなかったが, 50年代以降急増している。

増大した温室効果の半分以上の寄与は二酸化炭素によって占められてきており, これは将来も変わらないであろうといわれる。二酸化炭素の大気中の濃度は, 産業革命以前には 275~280 ppm⁽¹¹⁾ の水準であったが, 現在では 355 ppm を超えるレベルまで上昇している。メタンは温暖化の約15%を占める要因となっており, 大気中の濃度は産業革命当時の水準の約2倍となっている。一酸化二窒素は温暖化の約6%の要因となっており, 大気中の濃度は産業革命前の 288 ppb⁽¹¹⁾ から現在では 310 ppb に上昇している。CFC-11 や CFC-12 の大気中の濃度は, それぞれ 280 ppt⁽¹¹⁾, 484 ppt と他の温室効果ガスに比べてきわめて微量だが, その温暖化効果は二酸化炭素の数千倍といわれる。これらの温室効果ガスのうち, メタンを除いてはいずれも大気中における寿命が長く, そのため大気中の濃度は排出量の変化にたいしてゆっくりとしか反応しない。したがって現在のまま排出がつづけられると, 数世紀先まで濃度の上昇が生ずることになる。

IPCC は温室効果ガスの排出をほとんどあるいは全く抑制する措置をとらなかった場合 (シナリオ A, ビジネス・アズ・ユージュアル・シナリオ) から, 抑制の水準を段階的に高めたシナリオ B, C, D の4つの仮定⁽¹²⁾をおいて, 将来予測をしている。それによると, シナリオ Aを

(11) ppm=parts per million (100万分の1)

ppb=parts per billion (10億分の1)

ppt=parts per trillion (1兆分の1)

(12) IPCC の予測では, 人口は来世紀後半には105億人に近づくと仮定され, 経済成長率は, OECD 諸国では今後10年間に年2~3%, 東欧と発展途上国では年3~5%と仮定し, それ以後経済成長レベルは低下すると仮定された。

シナリオAでは, エネルギーの供給は石炭が中心で, 需要側にだけ多少の効率向上が達成される。一酸化炭素の制御は顕著でなく, 森林伐採は熱帯雨林が枯渇するまでつづけられる。メタンと一酸化二窒素の農業からの排出は制御されず, フロンはモントリオール議定書がほんの一部の国で実施される。

シナリオBでは, エネルギー供給は石炭よりは炭素の少ない燃料, とりわけ天然ガスに移行し, 大きな効率向上が図られる。一酸化炭素の制御は厳しく, 森林伐採は逆に森林再生へと転換され, モントリオール議定書はすべての国が参加して履行される。

シナリオCでは, 来世紀後半にエネルギーは再生可能なものや核エネルギーに移り変わる。フロンは全廃され, 農業からの排出も制限される。

シナリオDでは, 来世紀前半にエネルギーは再生可能なものや核エネルギーに移り変わって, 先進国での厳重な排出規制と開発途上国でのある程度の排出の上昇とが相まって大気中のCO₂濃度を安定化できる。CO₂の排出は来世紀中頃までに1985年レベルの50%にまで削減される。(IPCC 地球温暖化レポート, pp. 84~86。)

仮定すると、来世紀中の全球平均気温の上昇率は10年間で約 0.3° （不確定性による幅を考慮すれば10年間で $0.2\sim 0.5^{\circ}$ ）であり、2025年までに現在より約 1° （産業革命前より 2° ）の全球平均温度の上昇があり得るし、来世紀末までには 3° （産業革命以前より 4° ）の上昇を予測している。⁽¹³⁾（シナリオBでは10年間に約 0.2° 、シナリオCでは10年間に約 0.1° 強、シナリオDでは10年間に約 0.1° と予測している。）この温度上昇は、地域によって異なった分布になり、主として熱帯地方では地球平均の半分、極地方では地球平均の2倍の上昇となろう。

また、シナリオAでは、主に海洋の熱膨張と陸氷の融解によって全球の平均海面は、来世紀を通して平均すると10年間に約6cm（不確定性による幅を考えると10年間に $3\sim 10$ cm）上昇する。平均海面の上昇は、2030年までに約20cm、来世紀末までに約65cmと予測される。他の予測は、海面の上昇は2050年までに $30\sim 50$ cm、2100年までに1mとも予測している。

こうした気温上昇やそれに伴う海面上昇は地球の生態系に大きな影響を及ぼさずにはおかない。IPCCの予測によれば、農業および畜産業では、生産の減少をふくめて深刻な影響の出る地域として、ブラジル、ペルー、アフリカのサヘル地域、東南アジア、ソ連のアジア地域、中国があげられている。陸上生態系では、温度や降水量の変化によって、来る50年間に気候帯は数百キロメートル極地方へ移動し、植物相や動物相はこうした気候の移動からは大きく立ち遅れ、従来とは異質な気候の中に取り残され、枯死、絶滅など大きな打撃をうけるおそれがある。温度上昇に伴う降水量の変化は、ソ連西部や米国西部のように管理された水資源システムを持つ地域では比較的影響は少ないが、東南アジアのように管理されていない河川系に依存する地域では、水文気象の変化に特に影響を受けやすい。人間居住環境への影響では、もっとも影響を受けやすいのは開発途上国であり、低所得層であり、沿岸の低地や島嶼の住民であり、半乾燥地帯の草地にいる住民であり、貧しい不法居住者集落やスラムや仮小屋街のうち、とりわけ巨大都市の住民である。2050年までに予想される $30\sim 50$ cmの海面上昇は、低い島嶼や沿岸地帯を脅威にさらし、2100年までの1mの海面上昇は、いくつかの島嶼国家を居住不可能なものにしてしまい、何千万の人々に移住をよぎなくさせ、都市の低地や氾濫原の住民を脅かし、淡水を汚染させ、海岸線を変更させる。氷に依存する海棲哺乳類や海鳥に重大な影響を与え、多くの重要な漁業資源を脅かす。さらに北半球の土地の $20\sim 25\%$ に存在する永久凍土は、今後 $40\sim 50$ 年間に著しく減少し、現在永久凍土を持つ地域では地形の不安定化、侵食、地滑りといった問題を引き起こす可能性がある。

5. 地球環境保全のための経済的手段

地球環境汚染を防止するための抑制策あるいは規制策は、できるだけ経済的に効率的でコスト効果の高いものでなければならない。そのための経済的手段としては、(1)直接規制、(2)排出

(13) 最後の氷河期が終ってから現在までの約1万年の間における地球の平均気温の変化は $1\sim 2^{\circ}$ 程度のオーダーであることを考えると、この予測される温度変化がいかに急激なものが想像されよう。

課徴金制度、(3)補助金制度、(4)排出権売買制度などが考えられる。以下、それぞれの制度の特徴と利害得失について考えてみよう。

(1) 直接規制

汚染物質の排出主体に直接的規制を加えるやり方で、規制の方法としては、a) 生産過程で汚染物質が排出されるような財の生産量を規制する方法、b) 汚染物質の原因となるような生産要素の投入量を規制する方法、c) 汚染物質そのものの排出量を直接規制する方法がある。たとえば硫黄酸化物(SO_x)を排出する電力業についていえば、a) 発電量を規制する、b) 重油の量を規制する。c) SO_x の排出量を規制する方法がそれに当たる。a) 発電量の規制によって SO_x の排出量は規制されるが、この方法では低公害技術開発のインセンティブは全く働かない。b) 使用する重油の量の規制は、割当てられた重油の量で発電量を増やすための省エネ技術は促進されるが、汚染物質を減らす努力は促されない。c) SO_x の排出量の規制はヨリ効率的な生産を促す点でもっとも望ましいが、排出量の割当てに問題が生じる。

直接規制の方法としては「濃度規制」(当該工場から排出される空気や水の中にふくまれる汚染物質の濃度を規制する)がおこなわれているが、この方法では排出する空気や水の量を増やして、濃度を稀釈するという方法がとられる「抜け道」があり、そのため「総量規制」(一定の地域内で許容される水準に汚染物質の総排出量を規制する)がおこなわれる必要がある。「総量規制」を実施するためには、地域内の工場ごとに排出量を割当てての必要があり、排出量の割当てに当たっては、同一排出量でヨリ多くの財を生産する工場に割当てを多くし、ヨリ少ない工場には割当てを少なくすればよいが、そのためには当局者がすべての工場の生産構造を知る必要がある、それはきわめて困難か、できても莫大な調査費用がかかる。

したがって「直接規制」の方法が望ましいのは、(i)汚染源が特定され、緊急に汚染物質を削減する必要のある場合か、(ii)排出量にたいする生産性の低い企業がスムーズに産業から退出するために要する調整期間、に限られるべきである、とされている。

(2) 排出課徴金制度

汚染物質の排出による環境破壊のコスト(外部費用)に相当する額を「課徴金」として徴収するもので、大気汚染物質の排出量や水質汚濁物質の負荷量に応じて「排出課徴金」を課する。それによって、企業は外部費用をふくんだ生産コストを最小化するために、汚染物質の排出量の削減に努力する。さらに、将来の費用負担削減のために、汚染防止技術の開発に取り組む。課徴金の賦課によって企業の短期限界コストが上昇するため、短期的には産業全体の生産量は減少し、汚染物質の排出量も減少する。さらに企業の平均費用も上昇するので、長期的には正常利潤を上げられない企業はその産業から退出する。その結果、汚染物質排出企業は減る。そればかりでなく、当該産業に残って生産をつづける企業は排出量の比較的少ない企業となるので、産業全体としての排出量も減少する。

(3) 補助金制度

汚染物質の排出量の削減による外部費用の減少分に相当する額を補助金として企業に支給するもので、企業は補助金の受取額を大きくするために排出量の削減に努める。また将来における補助金受取りのため、汚染防止技術を開発する。このように短期的には補助金制度は排出課徴金制度と同一の効果をもつが、長期的にみれば、補助金が企業の利潤を増やし、新規参入を促す結果、汚染物質の排出を伴う財を生産する企業を増加させ、政策的意図とは逆に、産業全体での汚染物質の排出量を増加させるおそれがある。

したがって、環境保全の立場からは、排出課徴金制度の方がベターだといえるが、課徴金の水準の決定にはむずかしい問題が伴う。一律課税が効率的なのか、地域や産業によって格差を設けるべきか、など最適金額の推定がむずかしく、またそれを決定するための膨大な情報蒐集コストがかかり、徴税コストもかかる。さらに需要の変動に応じて課徴金の金額を伸縮させる必要があり、さもないと需要拡大期には過大な汚染物質が排出される危険がある。このような点から、価格を市場メカニズムによって決定させる方法として、つぎの「排出権市場制度」が考えられる。

(4) 排出権市場（売買）制度

「地球温暖化」問題のように、環境汚染に伴う外部費用の推定が不可能な場合、上に述べた排出課徴金や補助金の適用は困難である。そのために考案された制度で、たとえば SO_x の最適排出量を定め、それに対応して排出権（切符）を発行する。企業は一定期間の生産活動維持のため、その間に発生する SO_x の総量に相当する排出権を保有していないと排出は許されない。そこで排出権を売買する市場を創設して、企業は一定期間内に汚染物質を排出する権利を購入する。この権利は市場で転売できるようにする。そうすれば、汚染防止のための優れた技術をもつ企業は SO_x の排出量が少ないため、増産に必要な排出権の量は少なく、費用も小さいが、他方、かかる技術や設備をもたない企業は多くの SO_x を排出するため、増産するためには追加的に必要な排出権の量は多く、多額の費用を要する。したがって優れた技術をもつ企業が排出権をより多く需要して生産を拡大するが、そうでない企業は生産を拡大することがむずかしい。その結果、排出権は優れた生産技術をもつ企業により多く配分され、排出量の総量を一定に保ちつつ、財の生産においては効率的な生産がおこなわれる。

この制度は一国規模でもおこなえるが、国際的規模での適用も考えられる。すなわち、国際機関が地球全体として排出してもよい「温室効果ガス」の総量を決定し（人間の制御しえない排出源や吸収源については除外する）、有効期限付きの排出権（エコライト）を創設して人口比に応じて各国に配分する。各国の保有する森林などの CO_2 吸収源の大きさに応じて追加的にエコライトを配分することも考えられる。各国の企業その他の経済主体は、世界のどこからでもエコライトを購入できるように国際市場を創設する。差し当たりは国内的にエコライト市場を開設し、国家間でのみエコライトの売買を認める。このような形で、国際的な汚染物質排出制度の効率的な運用をはかることが考えられる。