

知識・技術と環境制御

小林 潔司

社会開発システム工学科

(1993年8月27日受理)

Knowledge, Technology and Environmental Regulations

by

Kiyoshi KOBAYASHI

Department of Social Systems Engineering

(Received August 27, 1993)

This paper investigates an analytical framework of environmental management, in which major concerns are paid to the construction of meta-control systems of environmental regulations. The meta-control mechanisms appear its features in the discourse of viable control theories. Though a formalization of meta-control systems is still of major interests, a clue to cope with an emerging awareness of uncertainty, unpredictability and unfalsificability of environmental issues can be seen in it. Our regulation approach, suggested by viability theory, may be identified more with abilities to understand how societies, economies and environment can be viable over time. Rather than ensuring that the regulations lead the social, economic and environmental systems to their desirable states, the emphasis will be on how the systems can sustain their adaptability to the unpredicted and uncertain environmental fluctuations.

Key words : Environmental Regulation, Meta-Regulations, Knowledge, Technology

1. はじめに

ゲームのルールを絶えず改善し改めていくという課題に答えるために必要とされるのはある種の知性である。それは、権威に盲目的に従うことなく、証拠を比較しつつ意見を批判的に検討し、自分の知り得ない事柄を率直に認めつつ一步一步事態を改善しようとする知的努力を意味する¹⁾

過去10年間に於いて地球温暖化、自然資源の枯渇、生物的多様性の減少という問題が多く研究者、意志決定者の関心を引くようになってきた。経済=エコロジーの相互関係、さらには持続的発展に関する研究が蓄積された。ロークラブによる成長の限界による警鐘が契機となり、自然資源の希少性や環境汚染をとりあげた研究事例が蓄積された²⁾³⁾。これら初期の頃の研究は、新古典派経済学の枠組みのなかで環境問題を取り扱うことをめざしたものが多く、そこでの関心は、環境財や生産活動による外部経済を市場に内部化することにある。新古典派的分析の枠組みのなかでは、社会的費用を含めた限界費用と人間活動をもたらす限界収益が均等化されることにより希少資源の最適配分が達成される。もし、環境財の適正な価格付けが可能であり、自然環境の市場内部化が達成されれば、持続的な経済発展を達成することが可能となる。

近年、持続的発展(sustainable development)に関する研究が蓄積されている。これらの研究は、経済=エコロジーの相互関係と経済発展の関係をミクロ経済学の範疇において明示的に定式化するとともに、環境問題に対する1つの理論的枠組みを見いだそうとする新しい試みである。現在、持続的発展という概念に対して、多くの研究者がその明確な定義を試みている。持続的発展という言葉は、環境に関わる実に多様で多岐に互る問題を包含しており、そのすべてを網羅できるような包括的な定義を与えることは不可能である。このように持続的発展その定義に関しては、多くの研究者の間で意見の一致をみるまでには至っていないが、ここではそのいくつかを紹介しておこう。

持続的発展とは、将来世代がさらに自分達より将来の世代の基本的要求を満足させる能力を変更することなく自分達の要求を満足させることができるような発展である⁴⁾。

持続的発展とは、再生可能な資本に対する投資と再生不可能な資源の競争価格づけを通じて、各々の世代が一定の消費量を確保できるような発展過程である⁵⁾。

経済発展が環境保全に依存し、環境保全が経済発展に依存する。持続的発展とは、このような相互関係が生命体の回避できない側面であることを認識することである⁶⁾。

残念ながら、以上の定義は必ずしも持続的発展という概念が必要とされてきた問題意識を十分に包括していないが、新古典派経済学の枠組みでは十分に対処し得ない豊富な分析課題を示唆していることも事実である。

持続的発展に関する文献だけが、経済=エコロジーの相互関係を分析しているわけではない。むしろ、それ以前から経済現象とエコロジーの動的な相互関係を明示的に考慮したアプローチの方法が提案されてきた。これらの研究では、経済現象を生産者と消費の間での交換価値の循環過程とみなす考え方を否定し、物質とエネルギー消費に関する(一方向の)エントロピー過程とみなすことが望ましいと提言している⁷⁾⁸⁾⁹⁾。さらに、新古典派経済学に対する批判は、経済とエコロジーの動的な相互関係を扱うエコロジー経済学という学際的な学問分野として発展しつつある¹⁰⁾。Daly はエコロジーシステムに対する最適な経済システムの規模を求める問題を定式化するなど、この分野での分析的研究の可能性を示唆している¹¹⁾。エコロジー=経済現象相互関係を記述するための分析枠組みはすでにくつか提案されている¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾。また、El Sarafy, Ahmad et al は自然資本という概念を経済分析に導入しようと試みている¹⁵⁾¹⁶⁾。このような考え方に立脚する文献は相当量にのぼるが、Martinez-Alier はエコロジー経済学の研究系譜について詳細に論述している¹⁷⁾。

エコロジー経済学が対象とする問題は実に多様であるが、中でも中心的課題は枯渇性天然資源と将来的外部効果という不確実で同一基準では測り得ない経済の要素についての考察であろう¹⁷⁾。枯渇性資源に関する経済理論は Hotelling (1931) に始まる¹⁸⁾。Hotelling は枯渇性資源の最適消耗率は現在と将来の間の純収益の差を現在販売してその収入を投資することで得られる利子と均衡するような水準に決定されるとした。しかし、枯渇性資源の経済学では潜在的購買者のほとんどが市場に参集することができないという問題を持つ。まだ、生まれていない人々が枯渇性資源に関する現在市場に参加することは不可能である。このとき、新古典派の基本的パラダイムである方法論的個人主義の立場は瓦解してしまう。

現在世代が将来に対して一定の割引率をとることは、将来の世代に対して一定の倫理的態度をとることに他ならない。Ramsey は、先の楽しみと比較して後の楽しみを

割り引く根拠はどこにもないと主張した¹⁹⁾。Georgescu-Roegen は正の割引率が持つ倫理的問題点を指摘し、どのような割引率を採用するかは経済の問題よりもむしろ社会制度に関わる問題であると主張する⁷⁾。これに対して、Dasgupta は正の割引率を採用することを擁護している²⁰⁾²¹⁾。経済成長が存在する限り正の割引率を採用することは正当化される。経済成長が持続的に継続するという前提は、科学知識が進歩することにより枯渇性資源の代替物が発見されることを暗黙のうちに想定していることに他ならない。さらに、Samuelson は通時的な資源配分問題に関して世代重複モデルを提案している²²⁾。このモデルでは、枯渇性資源のストック全体が古い世代によって所有され部分的に重なり合うより新しい世代にその世代が稼いだ所得の一部と交換される。しかし、このような新古典派的分析枠組みの中では、合理的主体間の交換のみによって資源配分が決定される構造になっている。したがって、市場は市場に参加しない将来世代の意向を反映することはできず、枯渇性資源の世代配分の問題を取り扱うことはできない。将来需要に現在一定の価値を与えるために、将来世代を価値評価するという倫理問題が生起する。Georgescu-Roegen が指摘したように、社会的割引率を決める問題はまさに倫理的問題であり、本来社会的制度として議論すべき問題である。

以上で言及してきたように、枯渇性天然資源と将来的外部効果という問題は、環境問題を議論する場合の主要な研究テーマであったし、これからも研究が蓄積されていくことが期待される。また、持続的発展に関する議論も、枯渇性資源の世代間配分という古くて新しい問題を現代的な装いの下で再定式化する試みでもある。しかし、冒頭で述べたような地球温暖化、自然資源の枯渇、生物的多様性の減少という問題は、単に枯渇性資源の世代間での公正な配分問題という視座に収まり切れない問題の奥行きと深刻さを持っているのも事実である。換言すれば、現代社会が直面している倫理上の問題を持続的発展論の枠組みの中で議論する事自体が問題を極めて矮小化していると言わざるを得ないだろう。今日の地球環境問題の本質は、人々の将来における人類の存在可能性に関する「不安」と密接に関連している。これまで、倫理学は技術が選択の可能性を拡大するというをほとんど度外視してきた。技術の発展可能性の幅が、倫理学の基本問題を揺るがすほどには変化しなかったからである。技術の発展が、将来における人類の生存可能性を左右するほどの影響力を持つようになって、そこに「不安」が誕生した。エコロジー経済学の

みならず、地球環境問題にアプローチする学問は、人々が人類の将来に対して抱く不安を、まさに不安として正面からとらえることが要請される。

本稿では、以上のような問題意識に基づいて、地球環境問題に対する筆者なりの試論を展開したい。すなわち、本稿ではいわゆる「地球環境問題」といわれる問題の一群を人々の「人類の将来における生存可能性に対する漠然とした不安」に動機づけられ、また、「事実、その解決が迫られているような問題」として定式化することとする。不安は人間にとってアブリアリに存在する。Luhmann が指摘したように、不安は事態の不確かさを不安の確実さの中に変換するがゆえに、なんら論理的根拠を必要としない自信にみちた原理である²³⁾。不安の問題はそれを識別するモラルと密接に関連しており、この種のモラルに対して論理的分析は困難な立場に立っている。人類の将来の生存可能性に関する不安に基づいたコミュニケーションは、この種の不安に関するコミュニケーションを可能にし、この意味で自己帰納的に機能している。このように自己帰納的に機能している問題の総体が、「地球環境問題」といわれる問題に他ならない。不安は当然その理論を学問に帰属させることができるが、またその理論が不安に共感を示しているかどうかということを弁別する。このような「不安」に動機づけられた学問(多くの防災論がそうであるように)がいかにして科学あるいは科学的方法論を確立しえるか—それが、本稿をとりまとめる直接の動機である。

2. 経済学における環境の概念

2-1 フローとしての環境

経済を経済財のフロー、あるいは循環構造として把握するという考え方は、経済学の成立と同時に確立している。すでに、18世紀には経済循環表という概念が誕生している。周知の通り、Adam Smith は生産における効率性の概念を確立し²⁴⁾、François Quesnay は経済循環の概念を明らかにした²⁵⁾。しかし、Quesnay は単に経済循環の構造を解明したわけではない。彼が試みた経済現象の分類には、すでに現在のフロー、ストックに対応する概念の萌芽を見いだすことができる。Quesnay の業績は、その時代における百科全書学派の啓蒙運動に影響を受けたものだが、フロー・ストックの概念が経済学に定着するまでにはさらに長い年月を要することになった。Adam Smith の主著が「国富論」であるように、Smith 自身は価値のストックとしての富の形成問題に関心を寄せていた。しかし、彼の経済学は、毎期ごとに繰り返されるフローの再生産過程とそれを

表-1 経済=エコロジー関係 I-O 表

		ECONOMIC SECTORS			ENVIRONMENTAL SECTORS	
		Energy	Non Energy Production	Final Demand	Media	Bio Sectors
ECONOMY	Energy Sectors	Energy Flows I-O Model Interactions Quadrant 1			Emissions and Assimilation of Wastes into media and biota Quadrant 3	
	Non Energy Primary Inputs					
ENVIRONMENT	Air	All Services of Environment to Firms and Consumers Amenity Services Economic Rents from Environmental Services Quadrant 2			Physical Dispersion Models Chemical Reaction Models Biological Systems Models Quadrant 4	
	water					
	Land					
	Bio-Sectors					

通じた収穫に関する議論に終始していた。「再生産過程における収穫の最大化」、「収穫における費用と生産の関係」に関する規則的な関係を経済学者が見いだすまでには、Smith よりもさらに1世紀以上も要している。

「資本論」という名前に凝縮されるように、Karl Marx の関心事も資本の形成過程にあった²⁶⁾。しかし、Marx における資本概念も依然として、Smith、Quesnay らが導入したフローの概念(回転資本)の域を出ていない。周知のように、Marx は Ricardo の経済学を出発点にしているが、Marx の資本論には Ricardo による地代²⁷⁾に関する論議は明らかに欠落している。1870年に刊行された「経済学原理」の中で、すでに Marshall は資本としての環境の性質を論議している。Marshall は土壌の例を持ち出して、土壌の性質は農業生産により破壊されるものではなく、その性質は長期間における人間の経済活動を反映していると述べている²⁸⁾。ここには、明らかにストックとしての環境の位置づけの萌芽がみられる。

経済学において、収穫と富(ストック)の関係が明示的に取り扱われるようになったのは、オーストリア学派、とりわけ、Wicksell²⁹⁾、Böhm-Bawerk³⁰⁾、Fisher³¹⁾らの業績によるところが大きい¹¹⁾³²⁾³³⁾。これらの業績により経済学が動的過程として正しく記述されるようになった。Cassel が始めて均衡成長という概念を提唱して以来³⁴⁾、von Neumann, Leontief, Harrod, Hicks らによって経済成長に関する理論的彫琢が重ねられた³⁵⁾³⁶⁾³⁷⁾³⁸⁾。これらの研究の業績はマクロ経済を持続的経済成長のプロセスとして

描いた点にある。Cassel は経済現象をインプットとアウトプットのフローを生み出す過程として位置づけ、生産のシェアとしての貯蓄率が資本産出率の増加率と等しい場合均衡成長に到達すると考えた。この持続的成長の条件は、Harrod の均衡成長条件と同じ内容を持っている。この意味で、持続的成長の概念は、ある均衡概念を明確にすることによって導かれる。Leontief は線形の多部門成長モデルを対象として同様の条件を導出している³⁶⁾。

Leontief による Input-Output モデルはエコロジーフローを含むように拡張された。例えば、静学分析の枠組みの中で経済=エコロジー関係を記述した研究として Cumberland (1966), Daly (1968), Isard (1969), Victor (1972) があげられる⁹⁾¹²⁾³⁹⁾⁴⁰⁾。Andersson et al. は Leontief の I-O モデルを拡大し、表-1 に示すような経済=エコロジー関連表を提案している⁴¹⁾。この種の拡張された I-O 表はフローの意味での経済=エコロジー関係を扱っており、持続的発展論を議論するための強力な武器を提供する。また、この種のモデルは、経済とエコロジーの関係を適切に記述し、さらには線形近似が局所的に可能であれば持続的な均衡経済成長のための短期的な条件を与えてくれる。しかし、Clark が指摘したようにエコロジーシステムは極めて非線形性の強い動的システムであり、線形システムを用いて経済=エコロジーシステムに対する持続的発展の条件を明らかにすることは不可能であると言わざるを得ない⁴²⁾。

2-2 ストックとしての環境

Hicks は、経済現象を記述する上で国富の概念の重要性

を指摘した。この点に関して、国民所得の重要性を指摘する Keynes およびケンブリッジ学派との間で論争を重ねたことは有名である。ここに、経済発展を記述するうえでフローとストックのいずれに着目すべきかという点に関して鋭い対立が見られる。Hicks は、経済発展を考える際に、国民所得概念よりも国富の発展に焦点をあてるべきだと主張した。すなわち、国家の経済発展を議論する場合には、国民経済の生産性よりも国富の蓄積に注意すべきであると主張する。Hicks の国富概念の中には、将来にわたって財の流れを生産する資本財の蓄積だけでなく、明らかに自然の生産容量も含まれることになる⁴³⁾。フローよりもストックに着目すべきだという Hicks の議論は、特に枯渇性資源の問題を議論する際に問題点が先鋭化して現われる。Martinez-Alier が指摘するように、枯渇性資源の減少に起因して危機費用が生じてもフロー概念で表現される国民所得はいかほどの修正も加えられない¹⁷⁾。国民所得はあくまでも対象期間中に循環する経済フローを対象としており、枯渇性資源が新たに発見され資源ストックが国民経済に賦与されてもその価値が国民所得に加えられることはない。一方、このことは、枯渇性資源の消耗に対する控除を国民勘定に計上する必要もないことを意味する。近年、開発途上国における資源枯渇問題が顕在化してくるとともに、国民所得概念に基づいた経済現象の把握が有する問題点も多く研究者によって指摘されるようになってきた。

ストックの蓄積過程を明示的に扱った経済成長モデルも数多く蓄積されている⁴⁴⁾。すでに、von Neumann は、彼の一連の経済成長理論の中で、比較的早い時期に富の蓄積問題を含めた均衡成長理論を提案していることは特筆すべきである³⁵⁾。von Neumann は、経済とエコロジーの相互関係と資源の変換過程を記述した生産技術を二つの行列で表現するとともに、富の蓄積を生産化したような線形成長モデルを提案している。そこでは、生産代替と結合生産も考慮に入れている。二つの線形行列の内、一つの行列は資源の変換過程を表現し、もう一方の行列はある状態が次の新しい状態に更新されるプロセスを記述している。彼が提案したモデルは純粹蓄積過程モデルである。すなわち、ある期から次の期にいたる変換において、必ずしも正の水準の収穫(利潤)が保証されるとは限らない。ストックは単位期間中に減耗し、経済変換によりストックが期間中に再生産される。均衡成長経路は減耗率と再生産技術によって規定される。

ストックの蓄積を生産化した von Neumann モデルの均

衡条件は、形式的には Leontief の動的 I-O モデルにおける均衡条件と同一である。均衡において、経済成長率は利子率と一致する。非負の状態変数をもたらす変換過程の均衡解とそれを実現する非負の価格体系の存在が保証される。von Neumann モデルに基づいて、多くの数理計画的な経済成長モデルが提案された。また、von Neumann モデルはストックの形成・減耗を明示的にモデル化しており、経済=エコロジー関係を内生化したような持続的経済成長モデルの一つのプロトタイプモデルとなっている。このように von Neumann モデルは、経済成長過程におけるストックの役割の重要性へと視点をシフトさせる契機となった。その後、ストックの役割を明示的に考慮した経済成長モデルが数多く提案されたにも関わらず、残念ながらフローを対象とした経済成長モデル以上にストックを考慮した経済成長モデルが新しい重要な知見を加えたという状況には至っていない。この種のアプローチでは、均衡成長のための条件を導出するためには生産過程とそれを支える双対的価格体系が存在することが必要となる。環境財に対して価格体系を賦与することは困難である。逆に、価格体系を確立できれば、環境財は通常の財と何等かわらずもはや環境としての意味を損なってしまう。したがって、この種のアプローチが、経済=エコロジー関係の持続的発展に関する意味ある成果をもたらすことを期待するのは難しいと考える。

2-3 インフラストラクチャとしての環境

第2次大戦後、社会的共通資本 (overhead capital) あるいはインフラストラクチャという概念が重要になってきた。Youngson は外部経済に関する経済理論を展開し、その中でインフラストラクチャの特性について詳細にかつ適正に分析した⁴⁵⁾。インフラストラクチャの特性は、その公共性、耐久性、および社会的規範(ゲームのルール)としての役割にある。インフラストラクチャは経済学という公共財としての特性を持つ。しかし、ここでいう公共財の概念は、通常の公共財のように生産におけるインプットとアウトプットの変換に影響を及ぼす財という狭い意味で用いているわけではない。インフラストラクチャは私的資本と比較してより耐久性があり、物的資本、人的資本、自然的資本を用いて形成される所得の流れを生産するための「文脈」、「条件」、「場」を提供する安定的な資本として機能している。工学的(技術的)インフラストラクチャは、例えば公共施設に代表されるように、公共の利用に供せられる耐久性のある資本である。この種のインフラストラクチャは生産・生活を問わずあらゆる人間活動に影響を及ぼす。また、経済的制度に代表されるような経済的インフラスト

表-2 タイムスケールと経済=エコロジー関係

E C O L O G Y				
E C O N O M Y	Ecology	Flows (fast)	Stocks (medium)	Infra- structure (slow)
	Economy			
	Flows (fast)	Example: Fishery	Example: Forest Harvesting	Example: Extinction of species
	Stocks (medium)	Example: Bud worm attacks on forest	Example: Forest Manage- ment	Example: Long term forest plantation strategy
	Infra- structure (slow)	Example: Energy in- frastructure Dams etc.	Example: Irrigation network for general im- provement of biological conditions	Example: Biotechnology for increas- ing bio- diversity

ラクチャはある技術水準のもとで利用可能な経済機会に影響を及ぼすことになる。インフラストラクチャは他の要素に比べて非常にゆっくりと変化する。しかし、その変化は社会・経済・自然システムに対して極めて重大な影響をもたらすことになる。

生態システムを経済的プロセスとして記述することは不可能である。むしろ、生態システムは、多かれ少なかれ公共的な性格を持ち、早く変化する部分とゆっくりと変化する部分により構成される。生態システムの中にはダイナミックゲームとして記述できるような比較的早く変化する部分がある。しかし、多くの地質的、生態学的要素は、その変化が実に緩慢であり、その上で早く変化する生態システムに対して生態的インフラストラクチャとして機能している。生態システムは生態システム自身を再生産するための自己準拠的インフラストラクチャとして機能している。現在、種の価値を将来における種の潜在的利用可能性を通じて評価しようとする試みがなされているが、このことは本来経済プロセスに還元できない生態システムを経済的プロセスの言葉で評価しようとする過ちを犯している。

種の多様性が有する本来的な価値は、まさに生物学的なフローが再生産されるインフラストラクチャとして評価すべきであろう。経済と対比されるエコロジーを、通常のインフラストラクチャの場合と同様に、遺伝情報の表現の場、生命態を支配する地質的、気候的な条件、生命プロセスを通じた情報の相互作用の場として捉える必要がある。

生態的インフラストラクチャは、工学的インフラストラクチャ、経済的インフラストラクチャとは異なる性格を有している。工学的・経済的インフラストラクチャは、人間が人間社会のために人為的に設計した場であるのに対して、生態的インフラストラクチャは生態システムのために機能する。いずれもそれぞれのシステムに対して自己準拠的に機能しているにも関わらず、生態インフラストラクチャは3. で述べるように社会・経済システムに対して「環境」として機能する。すなわち、社会・経済システムの現象が内省という手続きを通じて理解されるのに対して、生態システムは内省手続きが及び得ない地平において総体として存在するという意味において「環境」なのである。生態システムが有するこの種の特殊性が、1. で述べたような

「不安」の源泉になっている。この点については、改めて3. で議論することとする。

2-4 長期的・短期的視点からみた環境

経済=エコロジーシステムの動学的過程を対象とする時、時間次元を適切に定義することが不可欠である。経済学では通常1年間という時間単位に焦点を置く場合が極めて多い。特に、古典派経済学では農業の生産過程に代表される再生産過程を対象としていたという事情もあり、1年間という単位時間を自然に導入していた。このような経済学の伝統の上に、暗黙の内に単位時間に関する合意が形成されていたといっても過言ではない。このことは、von Neumannの動学モデルにおいても該当する。経済学における単位期間の問題の重要性を明示的に指摘したのはHicksである³⁸⁾⁴⁶⁾。彼は、現代社会における生産の意志決定は、通常1年という期間よりもさらに短い単位期間を対象として行使されると主張した。多くの財は日々、月別、四半期単位で交換され価格は更新される。一方、経済成長論が対象とする単位期間はもっと長期である。さらに、地質的・生態的な現象が生起するタイムスケールはさらに長期である。対象とする問題に適したタイムスケールが選択されなければならない。

ここでは、タイムスケールの違いを表現する方法としてadiabatic approximationに着目しよう。すなわち、異なるタイムスケールで運動している二つの動的プロセスが相互作用する場合、遅いシステムは早く変化するシステムに対して制約と機能するとみなすことができる⁴⁷⁾。長期的には、早い微分方程式で記述されるゲームは、ゆっくりと変化するパラメータにより制約された動的過程とみなすことができる。逆に、遅い現象を記述する微分方程式上では、早いシステムは均衡(定常)点に達していると考えることができる。この場合、遅いパラメータの変化により早いシステムが突然の変化をうけるような分岐現象が生じる可能性もある。ここでは、タイムスケールをフロー、ストック、インフラストラクチャのそれぞれに対応させて区別しよう。このとき、経済=エコロジーに関わる問題は、表-2に示すような立体的な構造を有している。表-2における各次元を越えて経済=エコロジー関係を包括的にモデル化することは極めて困難であると言わざるを得ない。むしろ、それぞれの次元に応じて適切なアプローチの方法を採用することが正攻法であろう。

3. システムと環境

3-1 環境の複雑性

環境の複雑性を理解するために、「量」と「質」という言葉の間にある双対性について考えてみよう。「量」と「質」の間にある双対関係は、単に一方が他方の背反事象であるというような簡単なものではない。通常、科学的命題は形式化され(あるいは、数学的に表現され)、数学的表現の中にそのひな型をくみとることができる。形式というsyntacticsとそれが有するsemanticsの間には「量」と「質」の間にある双対関係と同様の関係が存在する。数学的世界は認識の中に組み込まれてその意味を持つのと同時に、認識とは独立にアプリアリに存在している。すなわち、数学的世界における論理性は経験とは独立に構成されており、時間、空間という認識カテゴリーとは独立に存在する。

「形式」と「意味」の間にある双対性に関しては、すでに古代ギリシア時代において観念論(idealism)と唯物論(materialism)という枠組みの中で論争されている。ここに、観念論とは、数学的世界の真実を認識的世界にも拡張する試みであり、唯物論は数学的真実を認識論の中に組み入れようとする試みである。現象世界には因果的連関が存在する。数学的世界にも推論的連関が存在する。ここに、「数学的連関はどのように因果的連関と整合性をとりうるか」という難問が存在する。この難問に対して、Hilbertは「形式化(formalization)」という概念を用いて1つの解を見いだそうとした。Hilbert学派は、数学的世界における命題は、現実社会において対応する意味をもち得る(数学世界以外における参照点をもち得る)と主張した。この議論によれば、数学的世界における数学的命題から別の数学的命題への連関関係は、現実世界における因果関係と同型対応を持つことになる。Hilbertは前者をsyntactic truth、後者をsemantic truthと呼んだ。さらに、Hilbertはsemantic truthは、数学の世界におけるsyntactic truthに換言できることを主張した。Hilbert学派は、Hilbertの考え方をさらに強化し、「現実世界におけるsemantic truthは常にさらにより効率的なsyntactic ruleによって置き換えられる」と主張した。ここで、syntactic ruleとは1)一連の有限個の記号、2)記号を結びつけある数学的言明を導出する有限個のルール、3)与えられた数学的言明ををむすびつけて新しい数学的言明を誘導する導出ルールの集合により構成される。このようなsyntacticシステム内部では論理的整合性は保証される。このような形式主義は、数学的真実は記号操作に還元され、世界の記述はある一連のルールと記号により構成される論理体系以外の何物でもない」と主張する。形式主義がもたらした成果は、数学とは外界世界の何物かであるという考えを捨て去った点にあ

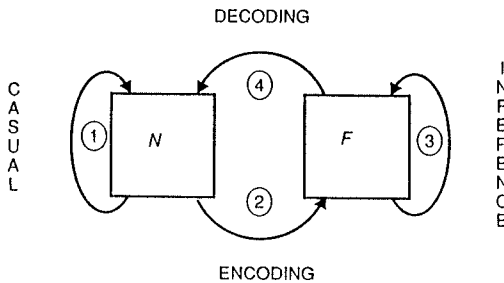


図-1 モデルにおける Encoding と Decoding

る。数学的命題は人々の認識や現実世界とは無関係に存在する。換言すれば、数学的命題を我々の好きなように解釈できるという考え方を明かにした点にある。

Gödel は形式主義のプログラムを打ち砕いた。彼はその不可能性定理の中で、数学の一部分（おそらく数学の中心的課題の一つである数論）を公理化しようとしても、公理化によって達成された syntactic truth が数に関する真実の集合と一致しないことを明らかにした⁴⁸⁾。数論は数に対する理論であるにも関わらず、数に関する純粋数学的事実を数学的命題では完全には表現できないというパラドクスが存在する。Gödel の不可能性定理は、公理化は数学の一部であるけれども、数学のすべてではないことを主張している。数学は、すべての言語と同様に、すべての参照物から自由ではなく、数学にとどまるのである。このことを敷衍すればすべての認識をある有限個の認識で公理化することは不可能であることを示している。このことは現実世界を形式言語で表現しようとしても、しきれない何かが必要であることを意味する。Gödel が、数論はそれのいかなる公理化よりもさらに複雑であることを示したように、現実世界はそれを形式言語でいかに表現しようともそれよりも格段に複雑なのである。

科学的営為は、現実世界に参照点を絶えず求めながら、現実世界をまさにそれを記述しようとする方法で形式システム内部にはめ込もうとする行為である。図-1 は形式言語と現実世界に対する認識の間の関係を示している⁴⁹⁾⁵⁰⁾。図中の(2)は周辺世界の現象を形式システムの命題に翻訳するシステムである。(3)は、形式言語で表現された命題を仮説として提示しながら、一連の仮説から形式システム内部の推論ルールを用いてある一般的な科学的理論を導出する過程である。このような推論を経て得られた定理は現象世界の上へ decode される。この意味で、定理

は現象システムに対する何がしかの予測を意味している。モデルの過程は現象世界の因果関係を形式システムの推論関係で予測するシステムである。以上は実証科学におけるモデル論を表現しているが、規範科学では矢印は逆の方向をとるようになる。いずれにせよ、実証科学、規範科学というモード選択の問題は、科学としてのモデルの外部にある。また、科学的営為において、図中のすべての矢印が常に必要となる訳ではないし（例えば、隠喩では encoding の過程が省略される）、ある現実世界の現象に対応する形式システムが1つだけ存在するわけではない。

3-2 科学における双対性

科学は双対性の上に成立している。以上で述べてきたように双対性は複雑性 (complexity) の源泉である。もっとも本質的な双対性は、自分自身と他者を区別する双対性である。Descartes は「*Cogito, ergo sum*」と述べた。Descartes には絶対的自我が存在し、「*Cogito*」は、自我の心的活動のすべてを意味している。Descartes にとって、自我が観測することは、すべて彼の内部世界にあった。物理学者は外的事実の観測者である。しかし、観測者が獲得するのは彼の内界世界に属することである。すべてのものは外側にある。このように基本的な双対性が自己とその周辺世界に存在する。しかし、科学の営みはこのような双対性が存在するということを認める地平にとどまっていなければならない。科学的営為は、外的・客観的な現象を認識するとともに、行動し・理解する自己の内的・主観的世界の双方を同時に対象としなければならない。科学は周辺世界の現象を内部化する方法である。内的・主観的世界における「真なるもの」、「善なるもの」、「美なるもの」への憧憬が、人間をして科学的営為へと契機づける。環境科学は、まさに「内なる不安」を契機として外的世界を主観的世界に関連づけようとする営為である。

自己と他者の区別は一人一人によって異なるが、その区別は絶対である。科学的営為にとって第2に重要な双対性は、我々の周辺世界 (ambience) の分割に関わるものである。これは、外界世界に対する理解、認識を管理する方法に関連している。換言すれば、このことは周辺世界に対する我々のコンセンサスの可能性、周辺世界の直接的な認知可能性に関して、すなわち、システムと環境との間の双対性である。周辺世界における「システム」とは、われわれの「認識そのもの」であり、その集合を規定している。システム概念は、周辺世界に対するわれわれの認識やコミュニケーションの一般性の水準を規定すると同時に、我々が周辺世界を管理する役割や行動の精度水準を表現し

ている。システム概念はあくまでも、それを規定しようとする自己、あるいは観測者の主観的認識水準によって規定されている。システムはある状態とその関連関係により定義されるが、このような状態は観測により決定され、環境とはそのシステムへ影響を与えるがためにシステムの環境として定義される。

社会システムにおいては、それを構成する構成員の間でコミュニケーションされるできごとのみが正確な意味で社会的現実となり、それがまた社会システムを構成している。社会システムが成立するためには、その中で行われるすべての作動やコミュニケーションに対して自己準拠的な指示体系が閉じられる必要がある。したがって、システムとして帰責しうるすべての事柄に自己準拠がともなわなければならない。閉じたシステムは開いたシステムとしてのみ可能であり、自己準拠は他者準拠と組合わさった形でのみ表される。開放性は閉鎖性にもとづいており、自己指示の確実性が環境への進出の前提条件になっている。社会システムは自らを構成する要素を自ら作りだし、かつ再生産しなければならない autopoietic⁵¹⁾なシステムである。

3-3 システムの双対性

3.1で述べたような複雑性の概念は、システムと周囲世界との差異に関して1つの重大なパラドクスを提起している。システムと環境の双対性で示したように、周囲世界はいつもシステムそのものよりも複雑である。システムの境界をいかに拡大しようとも、システムと周囲世界の関係は無限に遡行する。それゆえ、いかなるシステムもその周囲世界のあらゆる要素とあらゆる関係に自己自身の性能を付属させることはできない。

システムは現象の複雑性を認識世界において縮減した結果である。縮減はシステムにおいてのみ行なわれるのであり、さらにその周囲世界に関連して遂行される。システムの内部は詳細に記述され、周囲世界は依然ブラックボックスのままである。周囲世界がシステムに及ぼす影響は記述されても、システムが周囲世界に及ぼす影響を記述することはない。その影響が記述されれば、その影響が及んだ周囲世界はもはや周囲世界ではなくシステムの内部になる。このように、システムと周囲世界の間は一方向の関係のみを許容した形で切断されている(差異が設けられている)。このようなシステムと周囲世界との差異は複雑性の縮減に対する不可欠な前提となっている。

内省的批判を通して認識される社会システムに対して環境はあくまでも周囲世界として存在する。社会システムの周囲世界(環境)には、社会に対してコミュニケーション

を生起させる能力がない。環境はあくまでも社会システムにとって周辺世界として存在している。Varelaが指摘したように何等インプットによる連結があるのではなく、むしろただ閉鎖による連結があるにすぎない⁵¹⁾。したがって、社会システムが環境に生じた構造変化を認知するためには、絶えず周囲世界の変化についてのコミュニケーションを生起しなければならない。コミュニケーションがなければ、周辺世界における構造変化は何らの社会的反映を生まない。社会は一つの確かに周囲世界に敏感な、しかし操作的に閉じたシステムであり、周辺世界における変化はただコミュニケーションを通してのみ認識される。社会は有意味なものだけをコミュニケーションする。また、コミュニケーションをコミュニケーションによって規制する。このように社会システムはコミュニケーションの再生産に準拠しているがゆえに、コミュニケーションが社会システム自体を危機に陥れる危険性がある。

このような社会システムの自己準拠的特徴を Luhmann は以下のように表現する²³⁾。

周囲世界はシステムにとり他者準拠的情報処理の全体地平である。周囲世界はシステムにとり自己自身の操作の内的前提であり、システムが自己準拠と他者準拠を自己の操作の秩序という擬制として使用する場合のみ、システムの中に構成される。

換言すれば、システムはそれが見ることができないものを見ることはできない。システムはそれが見ることができないものを見ることはできないということも、また見ることはできない。社会システムの環境に対する観察能力は、社会システムの観察能力以上のものではない。環境問題を必要とされる正確さでもって分析しようとするれば、さしあたり社会システムにとって未知の特性が満ちている客観的に与えられた実在性を一層よく認識できるように学問を強化することが必要である。しかし、そのことで社会システムと環境の間の固有の関係を十分に把握できるものではない。また、社会システムの内部にですら観測者が観測できない他の多くのシステムがあるということも十分に理解しなければならない。すなわち、学問でさえも、その学問が何を知ることができようと、その認識は多くのシステムの周囲世界において何等実在を持つものではない。別のシステムにとって、それは一つの学問的学説であるにすぎない。したがって、社会システムと環境との関係の分析方法は唯一つではない。その分析方法は、観測者の観測能力に決定的に依存している。異なる観測システムの間でコミ

コミュニケーションするためには、観測方法を観測するメタ方法論の開発が不可欠となる。しかし、メタ方法論による観測もまたその理論的装置を含めてただ構造化された自己生産の実行としてのみ可能であり、客観的によりよい知識を交付するのではなく、ただその観察者がいっそうよい知識であると思う別の知識を提供するにすぎない。

環境問題の本質は、周辺世界の構造変化に対して社会システムの情報処理能力（そのメタ情報処理能力も含めて）がどのように構造化されるのか（すべばいいのか）という点にある。社会システム自体が複雑になれば、周辺世界の構造変化に対して社会システム全体が即座に反応することはもはや不可能である。周辺世界の変化に対してもっとも敏感に反応する部分システム（学術システム）が、特殊なしかもただそのシステムにとって有利な方法で調整される。社会システムは、周辺世界の構造変化に対して、それを常に観察しうる能力を持たなければならない。さらに、周辺世界の構造変化についてコミュニケーションする装置と社会システムの再生産過程を自己制御する機構を持たなければならない。システムの自己制御の立場を代表する経済学は、モデル理論的考慮を基礎とし自己制御が価格だけで決定され、周辺世界に関する情報の配分を実現可能にする。しかし、社会はそこで引き起こされる環境問題に対して経済を通じては情報を与えられないし、またそれに代えて経済の自己描写である統計も参考にできない。自己描写できないのは、描写がシステムと環境の差異につながっていないという点にある。さらに、経済学はシステム内部の事象のシステム内理論であり、その理論は価格に関して表現されることとなる。経済システムの決定の総体は、決して全体システムに対して決定されるのではなく、経済システムの内部の市場で方向が定められる。経済システムそれ自身は閉ざされた自己生産のシステムとして機能するため、そのシステムには何等目的がない。したがって、システムの自己制御を可能にするためには、経済システム外部からシステムの自己制御のための手段を投入するしか方法はないだろう。

本稿では社会システムの自己制御の手段として、情報、技術、知識に着目する。情報とは経済システムのフローに影響を及ぼすすべての要素を意味する。情報は常に差異に基づいて発生される。環境規制に関わる社会的制度は、経済システムの再生産過程に情報を与え自己生産過程を自己制御するための経済インフラストラクチャである。技術は社会システムにより生産される。技術は社会システムにより選択され、社会システムの発展をもたらす。技術の

進歩は環境に影響を及ぼし、そこから社会システムに対する副次的な結果をもたらす。したがって、技術選択においては、1) 選択能力は選択効能に対して十分であるかどうか、その能力が我々に十分な自由を与えるかどうか、2) 社会的コミュニケーションの能力が選択を操作的に遂行するために十分であるかどうか、によって判定されなければならない。最後に、知識は技術選択の幅を規定するとともに、人々の価値観に影響を及ぼす。環境問題に対する社会システムの自己制御において知識の果たす役割は極めて大きい、この問題に関しては次章で改めてとりあげることにする。

4. 環境制御とその課題

4-1 制御システムとメタ制御システム

制御とはシステムの区別を別の区別によって指し示される差異の極小化のために設けるような動作である。環境規制とは社会システムが環境に及ぼす影響を制御するために、社会システムの行動を制御しようとする行為である。制御を制御行為としてみた場合、制御する主体、客体そして制御目標を指定する必要がある。制御目標は制御者にとっては外生的である。しかし、環境規制は社会システムがまさに社会システム自体を自己制御しようとするものであり、制御目標は社会システムにとって内生的である。また、制御客体は社会システムにとって周辺世界である環境である。そこには、制御者は絶えず彼が環境を観察する理論にとって予想外のものとして生じる制御の限界が現れる可能性がある。したがって、環境規制システムにおいては、制御が対象とする（制御客体である環境も含めた）システムとその周辺世界の区別を絶えず認識し、当該制御の限界の問題を絶えず環境規制システム内部に組み込むメカニズムが必要となる。すなわち、環境規制システムは環境を観察し社会システムを自己制御する制御システムと当の制御システム自体を観察し制御方法を制御するメタ制御システムにより構成されなければならない。

メタ制御システムにとって問題になるのは現象世界に関する客観理論ではなく、社会システムと周辺世界との関連に関する世界理論である。可能な制御システムは多々あるが、メタ制御システムにとって存在可能なものはそれが観察するシステムかあるいはそれにとっての環境のいずれかである。環境のメタ制御において問題になるのは、環境制御システムがもたらす1) 副次的効果、2) 実行上の欠陥、あるいは、3) 社会システム自体が有する自己破壊の予言である。あらゆる制御は作動を通じて再生産されるシステ

ムにおいて、他の多くの作動とならんでつねに一つの作動であり、しかもこれは当該の制御がシステム自体にかかわるものか環境にかかわるものかという問題とは無関係に成立する。システム・環境のいずれにかかわる場合であれ制御作動と同時に別のものも起こりうる。したがって、制御という動作を制御作動の観察という作動から区別しなければならない。成功や失敗の評価は行為としての制御とは別の視点からなされる。観察されるという事実が観察される。ここには外部からの助言は存在しないものの、システムに一次的・外来的な助言システムを組み入れることができる。メタ制御システムの役割は、まさに環境制御システムによる副次的結果と実行上の欠陥を、制御システムの構造や作動の方式を通じて変更する点にある。

自己準拠的に閉じた環境制御システムの理論は、構造の決定された環境制御システム、自分自身の構造を自己の作動を通じてのみ変更し得るようなメタ制御システムによって構成される。このような環境制御システムは、自己準拠的に閉じたシステム理論とそれによって呼び起こされた2次サイバネティクス理論を用いて実現される。オートポイエシスの構造決定条件としてシステムの境界を越えるインプットやアウトプットは存在せず、存在するのはせいぜい「当のシステムに合った独自の区別を用いて他のシステムを相応のやり方で観察するが、その際、自らはインプット、アウトプットに依存しておらず、ほかならずこの自ら構成した区別にもっぱら依存している」ような観察者である。制御プロセスでインプットと認知されるものは、システム自体で構成された情報に過ぎず、この情報構成は当のシステムがその差異の極小化に努める区別を作り上げている一成分にしかならない。外界にはインプットもアウトプットもなく、情報も情報選択の可能領域もない。外界はそのままでは動きがなく、可能性を欠いており、しかも未知である。筆者はこのような自己準拠的な環境制御システム理論を構築しつつあるが、そこではカテゴリ理論が強力な数学的武器を与えてくれる（付録1参照）。

現代社会では機能システムに自己制御の可能性が与えられている。したがって、システム全体レベルでの全体社会の自己制御は存在しない。それにもかかわらず、全体社会は自己を主張する。制御を観察するやり方に任意性を認めない。相互観察によるコミュニケーションが機能する。一方で、観察者を観察すること、つまりは観察の再帰的ネットワーク化と他方では作動の基礎として受け入れようとする積極的態度が必要となる。あらゆる観察、あらゆる描写、あらゆる制御は作動として差異をマークし、ひいては

システム形成的に作用する。この問題を現代社会の自己描写に取り込むことは学問的分析と社会的啓蒙に課せられた責務である。

4-2 技術と環境制御システム

技術進歩が環境を変革し、そこから社会に対する副次的な結果が生じるにつれて、人々はいっそう多くの干渉能力を展開しなければならない。つまり、すでに言及したように、1) 技術的選択能力は選択効能に対して十分であるかどうか、その能力が我々に十分な自由を与えるかどうか、2) 社会的コミュニケーションの能力が選択を操作的に遂行するために十分であるかどうかが重要になってくる。この場合、環境制御の基本的課題は社会システムの内部で生じた差異をいかに情報化し、それをいかにコミュニケーションするかという点に凝縮される。

環境制御とは、社会システムがその周辺世界に及ぼす影響を緩和ないし変更するために、社会システム自らの行動に対して自己規制する行動である。経済システム内部には市場が存在する。市場は社会システムに属する各個人が価格という高度に集約化された情報を用いて自己の行動が他者に及ぼす影響を知り、その上で自らの行動を自己規制するために機能するという非常に優れた擬制である。ここでは、高度の匿名性が保持され市場における自己再生産過程は記憶のないプロセスである。しかし、環境はそれ自身の状況を情報として表現し、社会システムとコミュニケーションする能力をもち得ない。社会システムは、環境に生じた差異を社会システム内部の言葉で情報化し、他の構成員とコミュニケーションを行う。このコミュニケーションは、自己の行動に対する他者による直接的な関与として現れる。そこには、個人の自由と干渉する領域が存在する。

環境制御とは、個人の自由と社会の生存というコンフリクトに対して、匿名性を保持しつつ互いの行動を相互規制するような一定のルールを規定する行為に他ならない。一般に、ルールとは不確実性に対処するために人々が発達させる一連の倫理的判断であると考えられることができる。社会にはある不確実性が存在して、それが匿名性・普遍的な規範を必要とさせる。規範的であることの個人主義的な解釈は、それが全体としてかけるに値する籤であり、自分の意図にはそぐわない結果も含めて事前には同意を与えていることを意味する。賭けをすることは賭けのルールを承認することであり、その結果を承認するものではない。社会契約においてはルールに自発的に従うという契機が存在する。社会契約はゲームのルールを定めるというメタゲームである。社会過程とは不断の契約である。一方で制度に

従いつつ他方で新たな態度表明をしつつ制度を変化させていく。社会契約においては、自分がどのような地位を占めることになるかがわからないという契約の不確実性が存在するために愛他的にならざるを得ない。社会契約においては愛他的であることが合理的である⁵²⁾。

人間は社会の中でさまざまなゲームに参加し、互いに競争しながら協力しゲームの目的やルールに従って物や意見を交換する。それと同時に人間は自覚的ない意志の表明や他者への働きかけによってあるいは無自覚的にゲームの中で個々の競争や協力的行動を通じて従来のルールの修正や新しいルールの形成に関与している。人々は何か特定の模範となる良き生を一致して追求するのではなく、さまざまな良き生をそれにふさわしい仕方でも個別に追求する。我々は、社会の中で様々なゲームを、しかも複数のゲームを同時に演じている。そこに必然的にゲーム間の摩擦や衝突が生じる。我々は、一方のゲームにコミットしながら、他方のゲームを犠牲にする。ここに、ゲーム間の取捨選択の価値判断の問題、すなわち論争的關係が生じる。

社会システムは複数の自由が混在し混乱と自由の侵害の危険が生じている場であると同時に、人々がそれを自生的に解決することによって、より広い見方・社会的枠組みのもとで人々が自由を享受できる貴重な機会を提供する場でもある。この場合、ルールは我々の日常生活を制限する方向に働くのではない。むしろ、われわれはルールを用いることにより多種多様な自由を実現することができるのである。ルール遵守は我々の多様な生の共存を可能にする。Popperは「開かれた社会とその敵」の中で外に対して開いているがゆえに不完全な社会として自由社会を擁護した。彼は知識と無知の根源について考察し、「われわれの知識が人間の知識であると言うことを、同時にそれらが必ずしも個人の気まぐれや恣意ではないことを認めるということがいかに可能であるか」という問題提起を行った⁵³⁾。彼の問題を翻訳すれば、個人の気まぐれや恣意を許容し、そこから生じる意見の相違や論争、部分的混乱や試行錯誤を許容しつつ同時にそうした個人の意図を越えたところに全体として最小限の秩序として成立する規範的枠組みが存在することができるかという問いでもある。

4-3 知識とメタ環境制御

超長期的な視点からは、価値観・知識の発展に伴う不確実性が存在する。この両者の間には密接な関連があるとともに、われわれは将来の価値観・知識の状態を予測することはできないという基本的な不確実性に直面する⁵⁴⁾。一方、技術は一度選択すると社会・経済・環境の構造を不可

逆的に変化させる。この意味で、環境制御は、長期的には予測不可能性(unpredictability)と不可逆性(irreversibility)という2つのアポリアに直面する。この2つの問題は、メタ環境制御システムが対象とする根本問題である。

メタ環境制御システムは、常に予測不可能性と不可逆性の問題に直面するが故に、そこでは時間の向きは逆方向に流れる。すなわち、未来が現在を、現在が過去を規定する。現在における社会システムの状態は、過去における社会システムの状態や過去における環境制御や計画行為に拘束される。このことは、知識の有限性、観測速度の有限性に起因して生じる。環境の変化が社会システムにとって意味ある情報としてコミュニケーションされなければ、当の社会システムにとって「環境の変化」なるものは存在しない。メタ環境制御システムにおいては、現時点での環境の状態と過去の情報の蓄積を用いて環境の変化過程を遡及的に分析する。環境世界において実在する現象の変化過程を唯一のものであるにも関わらず、各時点で遡及的に求められた過去の環境の姿は不連続であるのが常である。すなわち、環境の変化が社会システムにとって危機情報として感知された時点では、環境の変化はすでに非可逆的に進展しているのが常である。

予測不可能性と不可逆性という2つのアポリアに対処するためには、環境の変化を察知するとそれをいち早く情報化し、当面の対応策を講じるという以外にないだろう。この意味で、precautional原則はメタ環境制御における基本政策として位置づけられる。筆者は、現在メタ環境制御システムをviability制御過程⁵⁵⁾として定式化しつつある(付録2参照)が、precautional原則はこの制御過程における危機回避の最適政策として位置づけることができる。それと同時に、環境科学における知のフロンティアの拡大が要求される。知のフロンティアの拡大は閉鎖システムであることにより開放システムたりえている社会システムが、自らの自由の拡大と技術の進歩を求めることの代償でもある。社会システムの周辺世界である環境は、知の拡大を通じても一向に環境であることをやめないが、知の拡大は自己生産しながら発展を遂げる社会システムのviability制御のための基本的要件でもある。

4-4 教育と環境制御

価値観は時間とともに変化する。社会システムは長期的には世代交代という自己生産を行う。環境が環境の自己生産のためのインフラストラクチャとして機能するように、社会システム自体が社会システムの自己生産のためのインフラストラクチャとして機能する。この種のインフラ

トラクチャの中でも教育システムの果たす役割は特に重要である。教育はある目的をめざす行為である。それは古い世代が彼らが望ましいと考える価値観を、新しい世代に伝達する行為である。価値観の変化に教育システムの果たす役割は大きい、ここにパターナリズムの危険性が存在する。パターナリズムは方法論的に個人の自由を剝奪する。

教育ヒューマニストの立場は、教育者の行為に対しては因果性の存在を否定し、外部的影響にのみ因果性を認める。この因果理解は教育者に「自分は常に善意であり、悪い結果に責任は常に外部にある」という判断体系をもたらす。教育哲学は強制か自由化という問題に触れないように教育の定義を試みてきた。たとえば、ランゲフェルトは「ひとが自己自身の中から成熟した人格としての人間をつくり出していくのを助成するため是非ともなさねばならぬ援助」と定義している。教育は援助であるという定義は教育の目的がどのように規定されるかという肝心の問題を回避している。教育は古い世代が定めた目標を新しい世代に強制することである。教育論の課題は「強制によって自由を育てる」というアポリアに答えを見出すことである。加藤は、先行する自由のレディネスが存在することが教育の条件であると主張している。教育は指示であるが、指示を受けとめる側に自由の因果性が存在しなければならない。学習過程には必ず先行する自由がある⁵⁶⁾。

安全・快適・健康その他あらゆる文化的価値を含めて、価値の増大は自由の侵害を正当化しない。自由が真に守られるためには、自由が価値から独立しているが価値と両立する方法を模索しなければならない。自由と価値を両立させる具体的な方法がまさに教育である。合理性と自発性の一致という意味での教育である。自発的な意志が価値的に高いものに向かうのでない限り、価値と自由は両立しない。学習には選択の余地があり、それが自由の増大につながる。市場は様々なもの、知識・技術を生み出すことにより選択の自由を広げるだけでなく、表現の自由によって人々にさまざまな学び方を許容する。人間は社会に対して様々なことを学び、行動選択の自由を広げてきた。それと同時に人間は学んだことに従いながらそれを鵜呑みにするのではなく、解釈の幅を広げてきた。カントが彼の道徳哲学の中で主張したように、歴史における人間の課題は「啓蒙的理性の完成」でなければならない⁵⁷⁾。

5. おわりに

本稿では、地球温暖化問題に代表されるような近年の環境問題に対する関心の高まりを背景として、これからの環

境制御のあり方に関する筆者なりの試論を展開したものである。筆者は、いわゆる「地球環境問題」といわれる問題の一群を人々の「人類の将来における生存可能性に対する漠然とした不安」に動機づけられ、また、「事実、その解決が迫られているような問題」として定式化した。「地球環境問題」と呼ばれる問題は、人類の将来の生存可能性に関する不安に基づいた自己回帰的なコミュニケーションの問題として位置づけた。さらに、ありうべき環境制御の方法は、環境制御の方法を内部に包括するようなメタ制御システムとして定式化できることを指摘した。もとより、本稿は筆者の地球環境問題に対する関心事項についてスケッチすることを目的としており、この中に含まれる多くの課題に対して今後の研究の蓄積が待たれることは言うまでもない。

APPENDIX

(付録1) メタ=環境制御システムの定式化

環境システムの複雑性を理解するために、カテゴリー理論を用いて環境制御システムを定式化する。ある環境制御ルールの下における環境=社会システムの自己変換システムを同システムの状態空間 Ω 上で定義される写像 f_u

$$f_u: \Omega \rightarrow \Omega' \quad (1)$$

で表わそう。写像 f_u は状態空間 Ω から Ω' 上への写像であるが、不必要な混同を避けるために像空間を Ω' により表わし、 Ω と区別する。任意の状態 $\omega \in \Omega$ に対して

$$\omega \mapsto f_u(\omega) \in \Omega' \quad (2)$$

が定義される。一般的には、写像は微分方程式

$$\dot{\omega}(t) = f_u(\omega(t)) = f(t, \omega(t), u(t)). \quad (3)$$

により記述される。写像 f_u の集合 $\text{Hom}(\Omega, \Omega')$ を考えよう。 Ω を任意の集合と考えれば、 Ω から Ω' 上への写像の全体 $\text{Hom}(\Omega, \Omega')$ もまた集合と考えることができる。任意の $f_u \in \text{Hom}(\Omega, \Omega')$ が変換群の基本的公理を満足する仮定しよう。この時、 $\text{Hom}(\Omega, \Omega')$ は変換群による自己同型写像を構成する。

制御ルール自身を環境の変化と対応させて変更するメタ制御機構を導入しよう。メタ制御機構とはシステムの出力情報に基づいて制御システム自体を修復・更新するような自己再帰適システムである。ここで、 $\text{Hom}(\Omega, \Omega')$ を制御ルールとし、メタ制御ルールを写像 ϕ_f

$$\phi_f: \Omega' \rightarrow \text{Hom}(\Omega, \Omega'), \quad (4)$$

により表現する。ここで、メタ制御ルール ϕ_f が制御ルール f により導出されていることに留意しよう。すなわち、 ϕ_f

は、任意の $\omega' \in \Omega'$ を $\text{Hom}(\Omega, \Omega')$ 上の像 $\phi_f(\omega')$ に写像する。任意の $\omega'' \in \Omega''$ に対して写像 $\phi(\omega'')$ は新しい状態

$$(\phi(\omega''))(\omega) \in \Omega'. \quad (5)$$

へと写像する。この時、写像 ϕ とその像 $\phi(\omega'')$ の関係を

$$\begin{array}{c} \Omega'' \xrightarrow{\phi} \text{Hom}(\Omega, \Omega') \\ \downarrow \\ \Omega \xrightarrow{\phi(\omega'')} \Omega' \end{array} \quad (6)$$

と構造化することができる。ここで、下向きの矢印は Ω 上で定義される写像 $\phi(\omega'')$ がそれ自身写像 ϕ の出力であることを示している。より正確に表現すれば、 Ω から Ω' 上への写像 $\phi(\omega'')$ を指定するような Ω'' 上の状態 ω'' が存在することを意味する。系(6)の特殊例として $\Omega' = \Omega''$ である場合を考えよう。この時、式(6)を次式に変換できる。

$$\Omega \xrightarrow{\phi(\omega')} \Omega' \xrightarrow{\phi} \text{Hom}(\Omega, \Omega'). \quad (7)$$

すでに述べたように、 f_u はある制御ルールの下における環境システムの自己変換系を表わしており、 ϕ_f は制御ルールを制御するメタ制御ルールを表わしている。

メタ制御システムに関する記述を完結するために制御ルールを制御するメタ制御システムの行動様式を明示的に記述しよう。この種の議論は、「メタ制御ルールを制御するルール」、またそれを制御するルール」といった形式で無限遡行する危険性がある。そこで、記述を完結するためにメタ制御ルールを逐次生成していくメカニズムを明示的に導入しよう。任意の $f \in \text{Hom}(\Omega, \Omega')$ に対して写像

$$\psi: \text{Hom}(\Omega, \Omega') \rightarrow \Omega' \quad (8)$$

を定義する。この時、定義より次式が成立する。

$$\psi(f) = f(\omega) \in \Omega' \quad (9)$$

すなわち、状態空間 Ω をカテゴリ $C(\text{Hom}(\Omega, \Omega'), \Omega')$ の内部にはめ込むことができる。写像 ψ に左からの逆写像 ψ^{-1} が存在し

$$\psi^{-1}: \Omega' \rightarrow \text{Hom}(\Omega, \Omega'). \quad (10)$$

が成立すると仮定する。この時、メタ制御ルールは $\text{Hom}(\Omega, \Omega')$ の任意の要素から $C(\Omega', \text{Hom}(\Omega, \Omega'))$ の要素を指定する写像

$$\beta_\Omega: \text{Hom}(\Omega, \Omega') \rightarrow C(\Omega', \text{Hom}(\Omega, \Omega')), \quad (11)$$

として表現できる。逆写像 β_Ω を定義できれば、常にメタ制御ルールを再生産することができる。この時、メタ環境制御システムは

$$\Omega \xrightarrow{\phi(\omega')} \Omega' \xrightarrow{\phi} \text{Hom}(\Omega, \Omega') \xrightarrow{\beta} C(\Omega', \text{Hom}(\Omega, \Omega')). \quad (12)$$

によって完全に記述することができる。

(付録2) 環境の viability 制御

付録1で定型化したメタ環境制御システムの枠組みの

中で、環境システムの viability 制御問題を定式化しよう。環境=社会システムの自己変換システムを微分方程式

$$\dot{\omega}(t) = f(t, \omega(t), u(t)), \quad \omega(0) = \omega_0 \quad (13)$$

によって記述しよう。 $u(t)$ は環境制御ルールであり、制御変数である。環境制御ルールとしては多様な種類が考えられる。意志決定者が異なる制御ルールを選択することにより、異なった環境=社会システムの自己変換が実現する。いま、利用可能な環境制御ルールの集合を $U(t)$ で表そう。この時、制御ルールの集合に対する集合値写像を

$$F(t, \omega(t)) = \{f(t, \omega, u)\}_{u \in U(t)}. \quad (14)$$

と定義することができる。集合値写像 $F(t, \omega(t))$ は付録1の議論における $\text{Hom}(\Omega, \Omega')$ に対応している、この時、式(13)は differential inclusion

$$\dot{\omega}(t) \in F(t, \omega(t)), \quad \omega(0) = \omega_0. \quad (15)$$

の解と考えることができる。ここで、例えば、環境=社会システムの自己変換動学を微分方程式

$$\dot{\omega}(t) = A(\omega(t)) \frac{d}{dt}(B(\omega(t))) + C(\omega(t)), \quad (16)$$

で表現しよう。この時、グラジエント $\dot{\omega}(t)$ は、明示的に状態変数 $\omega(t)$ とその変化を観察するシステム $B(\omega(t))$ に依存する。このようなシステムの一般形を次式で表そう。

$$f(t, \omega(t), \dot{\omega}(t)) = 0, \quad (17)$$

この解は differential inclusions で表現できる。

$$\dot{\omega}(t) \in \{\dot{\omega}(t) | f(t, \omega(t), \dot{\omega}(t)) = 0\}. \quad (18)$$

いま、任意の t に対して解の軌跡 $\omega(t)$ が

$$\forall t \quad \omega(t) \in V(t), \quad (19)$$

を満足するとき当該軌跡は viable であると定義する。 $V(t)$ は時刻 t において定義された viable 集合であり、その内容は環境に対する知識水準に依存する。

メタ環境制御問題の目的関数を定義しよう。まず、環境制御の目的を「将来世代の効用水準が現在世代の水準より低くなってはいけぬ」という狭義の持続的発展論における倫理基盤に立脚し、メタ環境制御問題の目的関数を定式化しよう。制御問題はある選好関係 \succeq に関して「単調な」軌跡を求める問題に帰着される。単調な軌跡とは

$$\forall t \geq s, \quad \omega(t) \succeq \omega(s) \quad (20)$$

を満足する $\omega(t)$ を意味する。メタ環境制御問題において別の目的関数を考えることもできる。ある状態 ω に対してフィードバック制御空間 $F(\omega)$ を次式により定義する。

$$F(\omega(t)) = \{u(t) \in U(t) | f(t, \omega(t), u(t)) \in V_\omega(t)\}. \quad (21)$$

ここに、 $V_\omega(t)$ は環境=社会システムが viable となるようなグラジエント・ベクトル $\dot{\omega}(t)$ の集合である。 $F(\omega(t))$ が空集合でない限り、環境=社会システムは生き延びること

ができる。制御ルール $u(t)$ に対して解軌跡 $\omega(t)$ が viable であるためには

$$\forall t \geq 0, u(t) \in F(\omega(t)). \quad (22)$$

が成立しなければならない。集合 $F(\omega(t))$ の濃度は環境=社会システムの生き残りやすさを表す尺度であり、システムの適応性を示している。 $F(\omega(t))$ が空集合になればシステムは死滅する。以上は非常に単純な形ではあるが、メタ環境制御の本質的な構造を記述している。環境科学の使命は、システムの適応性 $F(\omega(t))$ を常に維持していく点にある。意志決定者は、知識が不十分なために誤った環境制御を実施する危険性がある。メタ環境制御の課題は、制御システムを監視するとともに、たとえ誤った意志決定を行ったとしてもシステムが回復可能となる体制を維持しておくことにある。環境=社会システムが危険な状態に到達しないようあらかじめ許容可能な状態空間 (viable 集合) を確定するということも極めて重要な課題である。

参考文献

- 1) Night, F.H.: The Role of Principles in Economics and Politics, *The American Economic Review* 41:1-29.
- 2) Meadows, D.H. et al.: *The Limit to Governments*, Universe Books, New York, 1972.
- 3) Cole, H.S.D. et al.: *Models of Doom: A Critique of the Limits to Growth*, Universe Books, New York, 1973.
- 4) WCED(World Commission on Environment and Development): *Our Common Future*, Oxford University Press, New York, 1987.
- 5) Solow, R.M.: On the intergenerational allocation of natural resources, *Scandinavian Journal of Economics*, 88(1):141-149, 1986.
- 6) Allen, R.: *How to Save the World*, Barres and Noble, Totowa, New Jersey, 1980.
- 7) Georgescu Roegen, N.: *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press, 1971.
- 8) Boulding, K.: The Economics of the Coming Spaceship Earth, in Jarret, H. (ed.) *Environmental Quality in a Growing Economy*, John Hopkins Press, Baltimore, 1966.
- 9) Daly, H.E.: On Economics as a Life Science, *Journal of Political Economy*, 76:392-406, 1968.
- 10) Constanza, R. (ed.): *Ecological Economics; The Science and management of Sustainability*, Columbia University Press, New York, 1991.
- 11) Daly, H.E.: Elements of Environmental Macroeconomics, in Constanza, R. (ed.) *Ecological Economics; The Science and management of Sustainability*, pp. 32-46, Columbia University Press, New York, 1991.
- 12) Isard, W.: *Ecological-Economic Analysis for Regional Development*, The Free Press, New York, 1972.
- 13) Constanza, R. and Hannon, B.: Dealing with 'Mixed Units' problem in Ecosystem Network Analysis in Wulff, F., Field, J. G., and Mann, K. M. (eds) *Network Analysis of Marine Ecosystems, Methods and Applications*, pp. 90-115, Springer-Verlag, Heidelberg, 1989.
- 14) Braat, L.C. and van Lierop, W.F.J. (eds.): *Economic-Ecological modeling*, Amsterdam: North-Holland, 1987.
- 15) El Serafy, S. and Lutz, E.: Environmental and resource Accounting; An Overview, in Ahmad, J. and Yusuf, J. et al. (eds.) *Environmental Accounting for Sustainable Development*, pp.1-7, World Bank, Washington DC, 1989.
- 16) Ahmad, Y.J., El Serafy and Lutz E (eds.): *Environmental Accounting for Sustainable Development*, World Bank, Washington, DC, 1989.
- 17) Martinez-Alier, J.: *Ecological Economics: Energy, Environment and Society*, Basil Blackwell, 1987.
- 18) Hotelling, H.: The economics of exhaustible resources, *Journal of Political Economy*, 39, 1931.
- 19) Ramsey, F.P.: A mathematical theory of saving, *Economic Journal*, XXXVIII, 1928.
- 20) Dasgupta, P.S.: *The Control of Resources*, Basil Blackwell, Oxford, 1982.
- 21) Dasgupta, P.S. and Heal, G. M.: *Economic Theory and Exhaustible Resources*, Cambridge University Press, Cambridge, 1979.
- 22) Samuelson, P.A.: An exact consumption-loan model of interest with or without the social contrivance of money, *Journal of Political Economy*, 66: 467-482, 1958.
- 23) Luhmann, N.: *Ökologische Kommunikation, Kann die Moderne Gesellschaft sich auf ökologische Gefährdungen einstellen?*, Westdeutscher Verlag, 1986.
- 24) Smith, A.: *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, 1920, 竹内謙二訳, 国富論、千種書房、1981.

- 25) Quesnay, F. 経済表、岩波文庫、1961。
- 26) マルクス：資本論、大月書店、1982。
- 27) Ricardo, D.: *On the Principles of Political Economy and Taxation*, 1817, John Murray, 竹内謙二訳、経済学および課税の原理、千種書房、1981。
- 28) Marshall, A.: *Principles of Economics*. MacMillan, London, 1876.
- 29) Wicksell, K.: *Föreläsningar i nationalekonomi*, Almqvist & Wiksell, Stockholm, 1926.
- 30) Böhm-Bawerk: *Capital and Interest, the History and Critique of Interest Theories*, 1884.
- 31) Fisher, I.: *The Rate of Interest*, MacMillan, London, 1930.
- 32) Faber, M. and Proops, L.R.: National Accounting, Time and The Environment: An Austrian Approach in Ecological Economics, in Constanza, R. (ed.) *Ecological Economics; The Science and management of Sustainability*, Columbia University Press, New York, 1991.
- 33) Peskin, H.M.: A Proposed Environmental Accounts Framework, in Ahmad, Y. J., El Serafy, S. and Lutz, E. (eds.) *Environmental Accounting for Sustainable Development*, World Bank, Washington, DC, 1989.
- 34) Cassel, G.: *Theoretische Sozialökonomie*, Leipzig, Erste Auflage, 1917.
- 35) von Neumann, J.: A model of general economic equilibrium, (English translation from the German original) *Review of Economic Studies*, 33:1-9, 1936.
- 36) Leontief, W.: *The Structure of the American Economy 1919-1939*, Oxford University Press, Oxford, 1941.
- 37) Harrod, R.F.: *Toward a Dynamic Economics* MacMillan, London, 1948.
- 38) Hicks, J.R.: *Capital and Growth* Oxford University Press, London, 1965.
- 39) Cumberland, J. H.: A Model for Economic- Environmental Relationships, in Conner J. R. and Loehman, E. (eds.) *Economics and Decision Making for Environmental Quality*, The University Press of Florida, Gainesville.
- 40) Victor, P.A.: *Pollution: Economics and Environment*, Allen & Unwin, London, 1972.
- 41) Andersson, Å.E. and Lakshmanan, T.L.: A framework for ecological economics: Flows, stocks and infrastructure, Paper presented at the International Conference of Ecological Economics, Sweden, 1992.
- 42) Clark, W.C.: *Mathematical Bioeconomics: The Optimal Management of Renewable Resources*, John Wiley & Sons, 1990.
- 43) Hicks, J.R.: *The Social Framework: An Introduction to Economics*, Oxford Clarendon, 1942.
- 44) Zhang, W.B.: *Synergetic Economics*, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991.
- 45) Youngson, A.-J.: *Overseas Capital*, Edinburgh University Press, Edinburgh, 1967.
- 46) Hicks, J.R.: *Value and Capital*, 2nd Edn., Oxford University press, Oxford, 1946.
- 47) Haken, H.: *Advanced Synergetics*, Springer-Verlag, 1983.
- 48) Gödel, K.: Die Vollständigkeit der Axiome des logischen Funktionenkalküls, *Monatshefte für Mathematik und Physik* 37, pp. 349-360, 1930.
- 49) Rosen, R.: *Anticipatory Systems*, Pergaon Press, New York, 1985.
- 50) Rosen, R.: *Life Itself: A Comprehensive Inquiry into the Nature, Origin, and Fabrication of Life*, Columbia University Press, 1991.
- 51) Varela, F.J.: *Principles of Biological Autonomy*, North Holland, Amsterdam, 1979.
- 52) Lawls, J.: *A Theory of Justice*, Harvard University Press, 1971, 矢島訳、正義論、紀伊國屋書店、1979.
- 53) Popper, K.R.: *The Open Society and its Enemies*, Princeton University Press, 1950.
- 54) Popper, K.R.: *The Poverty of Historicism*. Routledge & Kegan Paul, London, 1957.
- 55) Aubin, J.P. and Cellina, A.: *Differential Inclusion*, Springer-Verlag, 1984.
- 56) 加藤尚武：二一世紀への知的戦略、筑摩書房、1987。
- 57) カント：純粹理性批判、岩波文庫。