

Nicolas Georgecu-Roegen's Economic Process Model and the Sustainability (2)

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/18322

ニコラス・ジョージェスク＝レーゲンの 経済過程モデルと持続可能性（後）

市 原 あかね

後編 3. フロー＝ファンド・モデル

Ⅲ 持続可能性問題のための展開可能性

1. システムの問題としての環境問題
2. 地域の環境構造 — 空間システムとしての環境 —
3. ジョージェスク＝レーゲン・モデルの意義と限界

Ⅳ 終わりに

前編 I はじめに

Ⅱ ジョージェスク＝レーゲンと経済過程モデル

1. ジョージェスク＝レーゲンとエントロピー増大の法則
2. 経済過程記述のための基本的構成要素

（金沢大学経済学部論集 第13巻 第2号 1993年3月掲載）

3. フロー＝ファンド・モデル

こうしてフローとファンドという二大カテゴリーを得たジョージェスク＝レーゲンは、分析の目的にそった部分過程の編成に検討を進める。どのような部分過程にも三つのファンドは共通しているが、フローは編成の仕方によって異なってくる。初期の分析においては、投入として、天然資源、生産物の中に移行した物質、資本設備を完全に保つための投入の三つ、産出としては、生産物、廃棄物の二つが取り上げられた。ここでは、後により細かく改良されたフロー＝ファンド・モデルを取り上げることにしよう⁽¹⁾。

ジョージェスク＝レーゲンは、物質の散逸や資源品位の低下はエネルギー

さえあれば克服できるとする完全リサイクルを想定した資源制約の解決策をエネルギー論のドグマとし批判した。その際、エネルギー論が前提する環境と経済過程の関係を以下の五つの過程から構成される多部門行列として整理する（表-1）⁽²⁾。

表-1 エネルギー論のドグマによる
環境と経済過程の関係

生産物	(P ₁)	(P ₂)	(P ₃)	(P ₄)	(P ₅)
フロー座標					
CE	x_{11}	$-x_{12}$	$-x_{12}$	$-x_{14}$	$-x_{15}$
K	$-x_{21}$	x_{22}	$-x_{23}$	$-x_{24}$	$-x_{25}$
C	*	*	x_{33}	*	$-x_{35}$
RM	*	$-x_{42}$	$-x_{43}$	x_{44}	*
ES	$-e_1$	*	*	*	*
W	w_1	w_2	w_3	$-w_4$	w_5
DE	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5
ファン্ড座標					
資本設備	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
人口	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5
リカード ウの意味 の土地	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5

(出典「経済学の神話」1981, p. 217)

- P₁ 天然のエネルギーESから「制御された」エネルギーCEを生産する。
- P₂ 「資本」財Kを生産する
- P₃ 「消費」財Cを生産する
- P₄ すべての生産課程で発生する物質的廃棄物Wを再生物質RMに完全にリサイクルする。
- P₅ 人口Hを維持する

この経済過程を定常状態あるいはマルクスの単純再生産の状態にあると仮

定することによって、エネルギー論のドグマの最も典型的な特徴を取り出すことができる⁽³⁾。物的な経済活動が縮小したり拡大する場合には、必ず環境との物質のやりとりが発生する。完全リサイクルを主張するエネルギー論にたつ場合にも縮小、拡大する際は開放系となるが、定常状態ならば経済過程はエネルギーのやりとりのみで物質のやりとりのない閉鎖系と想定することが可能であり、この点がジョージesk=レーゲンの批判の対象だからである。こうして、天然のエネルギーREと散逸した（利用不可能な）エネルギーDEだけを環境との間でやりとりするモデルができあがる。

ジョージesk=レーゲンは、エネルギーさえ入手することができれば物質の完全リサイクルによって自己を定常的に再生産できるとする議論を、「第三種の永久運動」を主張し「熱力学の第四法則」を否定するものとして否定した⁽⁴⁾。ギブスのパラドクスやマックス・プランクの議論を援用し、摩擦による散逸の非可逆性や品位の低い鉱石から金属を取り出すことの困難あるいは不可能性を、先に紹介したように「熱力学の第四法則」と強調する。そして、不可避的な物質の散逸がある以上、閉鎖系としての規定、完全リサイクルの仮定、エネルギー論のドグマによる定常経済は否定されなければならないと結論づける⁽⁵⁾。

したがって、経済過程の現実的なモデルには、エネルギーの散逸項とともに物質の散逸項が含まれていなければならない。ジョージesk=レーゲンにとって経済と環境との現実的な関係は、エネルギーも物質もやりとりする開放系である。新しい多部門行列は、天然の物質MSを制御された物質CMに変換する過程（ P_0 ）と、すべての過程から発生し環境中に移動していく散逸した物質DMの項が追加されるとともに、廃棄物の項が、利用可能であり再生される物質（garbojunk）Gjと、利用可能なエネルギーと物質から構成されているが現在のところ利用されず環境に返される物質（refuse）Rに分けられ、表-2によって与えられる。この系は、天然のエネルギーESと天然の物質MSを環境から取入れ、散逸したエネルギーDEと散逸した物質DM、そして残り物Rを環境中に出す開放系である⁽⁶⁾。

この物的レベルでの総体的な経済像——とはいえ定常状態という特殊な状態にある像だが——を得たジョージesk=レーゲンは、経済系に対するテ

表-2 経済過程と環境との間の現実の関係

生産物	(P ₀)	(P ₁)	(P ₂)	(P ₃)	(P ₄)	(P ₅)
	フロー座標					
CM	x ₀₀	*	-x ₀₂	-x ₀₃	-x ₀₄	*
CE	-x ₁₀	x ₁₁	-x ₁₂	-x ₁₃	-x ₁₄	-x ₁₅
K	-x ₂₀	-x ₂₁	x ₂₂	-x ₂₃	-x ₂₄	-x ₂₅
C	*	*	*	x ₃₃	*	-x ₃₅
RM	*	*	-x ₄₂	-x ₄₃	x ₄₄	*
ES	*	-c ₁	*	*	*	*
MS	-M ₀	*	*	*	*	*
GJ	W ₀	W ₁	W ₂	W ₃	-W ₄	W ₅
DE	d ₀	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅
DM	s ₀	s ₁	s ₂	s ₃	s ₄	s ₅
R	r ₀	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅

(出典「経済学の神話」1981, p.243)

クノロジー・アセスメントという点から、実行可能性 (feasibility) と自立性 (viability) を区別し自立的かどうかを判断すべきであると主張する。単位技術としては、月に行って採石することも、太陽の低密度エネルギーを濃縮し利用することも実行し得るが、すべての過程が統合された技術体系としてそれが可能であるかという問題がある。これを問うのが先にも紹介した自立性である⁽⁷⁾。

表-2の場合、残り物Rがエネルギーと物質の混合物であるので、項目間の保存関係を別々に記述することはできないが、物質とエネルギーそれぞれの保存関係は成立している。そのことを前提にして定常状態における自立性は、

$$\begin{aligned} \Sigma'x_{0i} &= x_{00}, & \Sigma'x_{1i} &= x_{11}, & \Sigma'x_{2i} &= x_{22}, & x_{35} &= x_{33}, \\ \Sigma'x_{4i} &= x_{44}, & \Sigma'w_i &= w_4 \end{aligned}$$

という関係で表される。ここで、 Σ' は i が後にくるものと等しくはならないことを表している。

以上のように、ジョージesk=レーゲンの経済過程モデルは、物質やエネルギーの散逸という点で閉鎖系とはなり得ず、したがって常に環境から物質資源を抽出する必要がある開放系である。鉱物資源の品位の低下により、採掘には時間の経過につれて物質とエネルギーの投入がますます必要になる。廃棄物リサイクルもリサイクル率を高めようとするとならば必要な物質とエネルギーは増加する。そうした特性をもつシステムが最終的に成立するかどうかは、入手し得る自由エネルギーの正味の速度によるということだ。⁽⁸⁾

こうして、散逸を扱いながら汚染の問題ではなく、自立性というシステムの存立可能性を検討している。その検討も経済系内部の物的構造を整理することとどまり、環境－経済系の多様な関係を問題とするに至らなかった。このことは、フロー・コンプレックスを批判しているにも関わらず、モデルでの分析が、フローに関する問題に終始しファンドへの注目には十分に展開されなかったことと深く関わっていると思われる⁽⁹⁾。

(1) 以下の議論は、主として前掲『経済学の神話』第5章エネルギー分析（Energy Analysis and Economic Valuation, *Southern Economic Journal*, April 1979）によっている。

(2) 同上, p. 217。

(3) 同上。

(4) 同上, p. 220。

(5) 同上, p. 239, 240など。

(6) 同上, p. 243。

(7) II-1の注10とともに同上, p. 219～220, 260。また同書, p. 202にも同様の記述がある。

(8) 物質の速度に関する検討は工業と農業の差異として言及されている。彼は経済発展の二つの源泉として太陽エネルギーと鉱床を指摘し、農業が太陽エネルギーのフローと季節変化に制約されるのに対して工業はストック依存であるために速度制約がないとした。このため主たる問題はエネルギーとなったと思われる（op. cit., *Entropy Law and Economic Process Model*, p. 250～253, 294, 296）。

(9) 労働価値説との比較などは行っているが、物的レベルでの検討ではファンドの意味は議論されていない（ibid, Chapter IX）。

Ⅲ 持続可能性問題のための展開

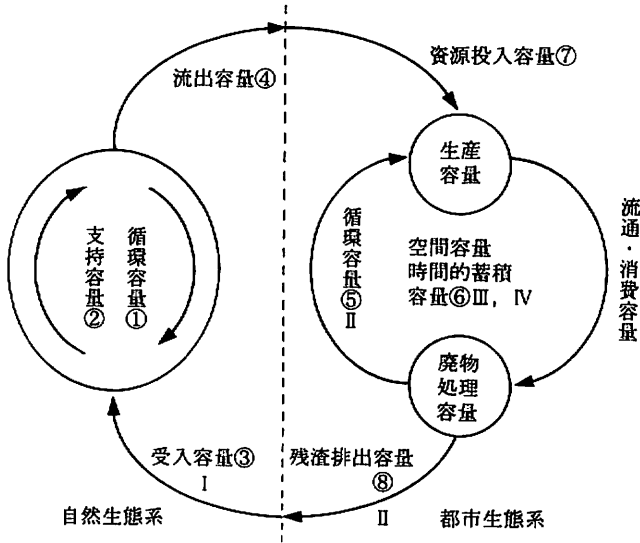
1. システムの問題としての環境問題

環境問題や持続可能性はいくつもの側面からなる。ここでは環境を、アメニティ、町並み、景観などの美的、意味論的なレベル、生物学的多様性のレベル、物質-エネルギー系のレベルからなる階層構造をもつものとしよう。その環境の構成要素・要因は大別すると、無機的、生物的、人為的なものに分けられる。これらは相互に関連し規定しあうが、人間の活動が直接作用するのはその内の人為的要素・要因であり、環境問題の制御はこの要素・要因を通してのみ行うことができる。

人為的要素・要因とは、まず選択された技術の物的な特性とそれからなる技術体系である。例えば、生産、流通、消費をどうして経済系が環境から抽出したり環境へ排出する物質の種類と速度、経済系のエネルギー代謝の速度と空間的な分布状況、建設工事に使用される素材や植栽、建造物の大きさ、地表改変の広がりや質などである。人為的要素・要因とは第二に、宮本憲一氏が中間システムとして整理した諸論点である。氏は環境経済学の基本的な方法論として政治経済構造論を提唱し、資本形成の構造、産業構造、地域構造、交通体系、生活様式、国家の公共的介入の様態というさまざまなレベルの経済的・政治的システムを環境を規定する中間階段として指摘した⁽¹⁾。ここでは、これらの要素・要因の再整理は行なわない。

人為的要素の質的变化や空間的拡張、速度の増大が他の環境要素の縮小や劣化を引き起こし、無機的、有機的自然の総体あるいはその一部の存在様式を変化させる。その変化が人間を含む生物の生息条件としての環境の無機的、有機的機能を大きく損ねたり新たな機能を付加するとき、大気汚染や水質汚濁による人間の健康被害、あるいは生物学的多様性の減少などが発生する。また変化が人間の生活環境の審美的な側面を侵害し、社会的な成熟がそれを社会問題とする場合アメニティ問題が成立する。

ところで持続可能性とは、環境-経済系が長期にわたって安定した構造を維持し続けることができるかどうかである。ここでは古典的な論議で環境問題とされてきた問題群だけでなく、災害と言われるさまざまな現象や資源問



注：①～⑧はさまざまな環境容量を示している。4階段環境容量理論はその内の4つをとりあげたものだ。この図には他にターミナルとしての生産量・廃物処理容量も示されている。

（出典「環境計画論」1993，p.134）

図－1 環境の容量

題をも検討対象とすることで、環境－経済系のより総体的な調整、経済活動の物的なあり方のより総合的な制御が課題となる。この議論では環境は、文化的意味づけの対象としてよりも、生物再生産、物質循環、エネルギー代謝などの機能をもつ装置としてとらえられる。また経済活動を、生物生息条件へのインパクト要因であるとともに、経済自身の存立条件へのインパクト要因としてもとらえる必要がでてくる。

つまり持続可能性に関する経済活動の制御課題は、大別すると次の2点である。一つは、大気、水、土壌、そして植生が一定の条件を満たした質を有し、多様な生物種の再生が実際に行われ、また長期的にも保たれうるかどうか。もう一つは、現在の環境－経済系の特有の物質環境や物質代謝、エネルギー代謝が、自身を不安定化させたり短期間で崩壊してしまったりすることはないか、である⁽²⁾。

持続可能性の導入は、こうして生物圏における環境－経済系の総合的な計

画論を要求することになる。その内容は第一には非空間的に整理することができよう。エコシステムとしての環境－経済系の非空間的な構造と機能の問題である。

この問題を扱う理論の一つに環境容量理論があるが、これは、生態系構成物質や重金属などの汚染のコントロールや資源利用システム、水利用システム、熱管理などフローとして扱うことができる物質－エネルギー・レベルの現象を対象とする。人間の活動が関与することによって環境－経済系の構造は変化し、代謝する物質の種類やその循環速度、代謝速度も変わってくる。4段階環境容量理論では、この関係を理解し制御するために環境－経済系の物質の動きの内4つの場面に注目し、それぞれの容量を、Ⅰ：純自然の還元、同化能力、Ⅱ：環境装置ゾーン、還元装置ゾーン入口において受容可能な指標物質の量、Ⅲ：生活圏全体での許容活動量（Ⅱの空間的積分値）、Ⅳ：Ⅲの時間的積分値の収束値とする。残渣排出容量としてのⅡ（⑧）は環境施設、環境制御装置などと言われる下水道や排水処理施設、排煙処理施設、廃棄物処分場などにより規定され、環境（自然生態系ゾーン）と経済（都市ゾーン）の境界制御容量として重要な役割をもつ。循環容量としてのⅡ（⑤）とその空間的・時間的積分値であるⅢやⅣの容量は、経済内部の収容容量であり、リサイクル・システムなど経済内システムに左右される。純自然の受入容量であるⅠに対して、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳは人間活動によるので操作性をもち環境計画の技術的変数である。（図－1）⁽³⁾。

(1) 宮本憲一（1989）、『環境経済学』、岩波書店。

(2) ピアースとターナーは持続可能性を自然資本ストック一定ないし増大と定義している。Pearce, D. W. and Turner, R. K. (1990), *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester Wheatsheaf, Hertfordshire, p. 47.

(3) 末石富太郎＋環境計画研究会（1993）、『環境計画論』、森北出版株式会社、p. 133～135。

2. 地域の環境構造 —— 空間システムとしての環境 ——

現実の環境は空間的な特性を有しており、人間の活動もまた空間的な展開ぬきにはありえない。環境のもつ空間的特性については、大気の流れや水の流れがうみだす相対的に他と区別される領域の存在が汚染の議論に際して指摘

されてきた⁽¹⁾。汚染物質の拡散は、到達した気圏特有の風の運搬作用や、排出された地域特有の海水の移動や表層、地下の水の移動に規定されて現象する。この汚染領域は排出量と運搬作用や拡散現象の時間的進行との関わりで、酸性雨問題のように局地的（local）、地域的（regional）、地球的（global）と変化する。また、オゾン層破壊の影響が高緯度地域に特に激しい影響を与えている点も、地球的な大きさの中での空間的特性の問題である。

これらよりも複雑な環境の地球的な単位は、現在湿地（wetland）の保護との関わりで注目されている流域である⁽²⁾。水のもつ溶解力、比熱、河川の水の運搬作用などの働きが、その地域の地質や地形、気象条件、植生、動物の生活圏、生物の生活活動と重なりあいながら、それらを統合し一つの相対的に区別された地域へと形作る。ある土地片は流域の中での物質循環やエネルギー代謝、生物の生存に関わる一定の機能を果たし、また流域を前提にした物質・エネルギー変換パターンをもつといえる。したがって抽出・排出活動や土地利用は一般的に流域という単位でコントロールする必要があるのであって、湿地に特有の制約条件ではない。しかし、湿地は流域形成の主因である水によって強く特徴づけられ、また流域を構成する単位生態系としても重要性が高い。

今日湿地に注目が集まっているのは、経済的な動機や誘導策によって湿地が工業用地や農業用地に転換され減少するとともに、集約的な農業的土地利用や、工業排水や排ガス、農業排水による汚染によって質的にも劣化しているからである。湿地は地形的特徴や塩分濃度、植生によってさまざまなタイプに分けられるが、それらは共通のあるいは異なるさまざまな機能を有している。その機能とは、栄養塩類の循環と貯蔵や水質浄化、貯水機能や地下水涵養機能、洪水調節や防風、防波作用、エロージョンに対する緩衝作用、局地的な微気象の改善や生物圏的安定化作用（炭素の固定など）、食物網維持、商品生産、リクレーションの場、その他（野生生物の生息地、独特の景観の提供など）といった多面的なものである。これらの機能はその地域の面的な広がりの中で現実的な意味を持ち、湿地管理のためには、周辺の汚染原制御を含めて、流域を単位としてデータを統合し土地利用計画等をたてる必要がある⁽³⁾。もっとも渡り鳥の生息地の保護を目的とするラムサール条約の場合は、

こうした鳥類の生活圏の広域的な分散と連関が注目され国際的な条約とする必要が理解された。が、保護対象とされた個々の湿地の管理のためには、それぞれの流域や空間単位のコントロールが必要であることにかわりない。

面的な広がりの中でさまざまな要因が関連しあう自然科学的な地域概念は、自然地理学者トロールやレーザーの生み出した景観生態学によって構造的に整理されている⁽⁴⁾。

景観生態学の景観 (landscape, landshaft) は景色ではなく、ビオトープ (Biotop, 空間の生態学的な単位) とゲオトープ (Geotop, 空間の無機的な単位), そして空間の人為的な単位の三者を統合したエコトープ (Ecotop) のことであり、系域とも訳される。ビオトープは、等質の植生による空間単位フィトトープ (Phytotop) と動物の生活圏ツオオトープ (Zootop) から構成される。一方ゲオトープは、地形ユニット, 土壌ユニット, 水文ユニット, 気候ユニットから構成される。このようにとらえられた空間単位は他の空間単位との間に機能的な連関をもち、空間的な広がりをもったシステムを形成する。複数のビオトープがつくりだす構造がビオシステム, ゲオトープ間の構造 (地形システムや土壌システム, 水分システム, 気候システムの統合によって構成される) がゲオシステム, 両者とともに人為的システムも参加して作り出されるのが, エコシステムである。

景観生態学は、生物生息地ビオトープの再生や保全計画にドイツのバイエルン州の農村計画などで実際に活かされている。「地域生態系の保全からみて必然性のある空間・システム構成」となるよう、土地利用をコントロールしビオトープを再生することの重要性が示されるからである⁽⁵⁾。土地利用にともなう地表の改変は、先の環境容量の用語を用いれば、境界としての環境施設 (不適切な) 設計と同等の意味をもつ。農林業の農地, 林地は、生産手段であるとともに空間的な広がりをもった経済と環境との接点である。治水や利水のためにさまざまに手を入れられた河川も、生産の一般的条件であるとともに境界にあって環境-経済系の規定要因となっている。土地的施設や装置をエコシステムとの関わりでとらえることは、物質代謝制御の面からもビオトープ計画としても、地域のアメニティ改善としても重要である⁽⁶⁾。

- (1) 福岡義隆 (1977), 『環境と地学』, 森北出版株式会社。
- (2) 流域は、異なる種類の地形が機能的に結びついている地域として理解されている。地理学においてとらえられてきた機能的な連関は、支流の流域が樹枝状に発達した流域全体との間に形成する階層構造や、河川の堆積物運搬作用が媒介する流域内の地形形成とそこに生じる地形間構造として把握されてきた（中村和郎, 手塚章, 石井英也 (1991), 『地理学講座 4 地域と景観』, 古今書院)。生物生息地の保護の議論が導入されると、生態系としての側面を含めて流域をとらえる必要が生じる。
- (3) OECD (1992), *Market and Government Failures in Environmental Management Wetlands and Forests*, OECD, Paris p. 13.
- (4) Troll, C. (1968), *Landschaftsökologie*, Tuxen, R.h.g. : *Pflanzensoziologie und Landschaftsökologie*, Dr. Junk Verlag, Denn Haag.
Leser, H. (1976), *Landschaftsökologie*, UTB 521, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
景観生態学を紹介したものとしては、注2の『地理学講座 4 地域と景観』, 『農技研シリーズ 農村環境とビオトープ』(農林水産省農業環境技術研究所編 (1993), 養賢堂) などがある。
- (5) 前掲『農技研シリーズ 農村環境とビオトープ』, p. 8.
- (6) 資源管理という点では、個々の生物種を再生可能な要素フローとし、農地や林地、河川、海洋などの能力を容量とする見方をとることもできる。また、環境容量を空間的に把握する議論としてはマクハーグの土地利用適正評価などがある。
McHarg, B. W., *Design with Nature*, Natural History Press.

3. ジョージesk=レーゲン・モデルの意義と限界

これまでみてきた環境-経済系ないし空間的環境構造との関わりで先のジョージesk=レーゲンの議論を吟味しておきたい。この章ではシステムとしての環境を取り扱う議論をみてきたのだが、その際持続可能性が古典的な環境問題を越える視点を提供すると整理してきた。まずその点からみていこう。

彼の議論は物質の散逸を扱ってはいるが、これは汚染の問題の議論のためではない。散逸がもたらす環境中でのインパクトは不明である。同じように、エネルギーの散逸も環境へ与える影響は検討対象とされていない。経済過程モデルは経済系の物的な記述であって、環境-経済系の記述ではない。環境は資源のフローを提供する限りで、鉱床の品位低下傾向、太陽エネルギーの速度という条件を与えられている。これは経済系からのアウトプットによって起こる環境問題ではなく、正味の自由エネルギーとシステムの存続可能性の関わりという狭い意味での持続可能性問題を検討したことになる。こうし

た関心は、廃棄物のリサイクルが叫ばれ循環型経済が目指されようとしている今日においてますます意義深いことは事実である。リサイクルには投入が必要であり、その点を無視して循環型経済をつくることはできない。有効なリユースやリサイクルのためにはそうしたシステムのエネルギー分析が必要となる⁽¹⁾。

しかし、彼の経済過程分析ではファンドの検討が忘れられている。現代の経済学をフロー・コンプレックスと批判したにもかかわらず、技術的な検討においてはファンドの意義を見いだすことができていない。

ジョージesk=レーゲンのモデルの資本設備は、部分過程の編成を通して環境から資源を抽出するファンドとリサイクルするファンドは明確にされているが、個々の過程内で排出処理に向けられるファンドは区別されていない。したがって環境容量Ⅱのうちの排出容量（排水処理、排ガス処理など）にあたるファンドは不明で、循環容量（経済系内収容力）にあたるリサイクル・ファンドのみが取り上げられているのだ⁽²⁾。

また彼は「リカードの意味での土地」をファンドとして重視した。この土地はただの面的な広がりではなく、太陽エネルギーや降雨をとらえる「網」あるいは「緑の土地（green acres）」として、つまり装置としてとらえられている⁽³⁾。この点は、先にみたように土地化された手段としての農地や林地、河川と関わる重要な論点であるといえよう。しかし、この捕捉装置の能力は分級化されていないので差額地代論的な議論は行われなし、モデル全体が、経済系内の議論に収束せざるを得ない構造になっているため、環境—経済モデルへの展開の可能性を閉ざしてしまった。

経済系の物的な文節を整理することによって、投入や算出の速度を決定する系内の構造を明らかにすることができる。そうした構造分析は制御方法を見いだすために必要なことである。ジョージesk=レーゲンが具体的な制御課題を念頭においていれば、分析はその段階に進められたことだろう。

そうした関心から制御方法を論ずる場合には、生産力構造の分析とは異なる技術の把握が必要となる。個々の施設や部分過程が環境—経済系の各階層で果たす役割を分析しなければならず、商品生産の構造分析のように一意的なものでは終わらすことはできない。環境問題とはそうした多層性の発見だけ

らである。

例えば環境－経済系の関連を物質－エネルギー系としてとらえ、物質代謝、水収支、エネルギー代謝や熱生成などの環境や系全体への影響を緩和したり系の性質や状態変数の改善を試みるとしよう。環境容量論を踏まえた対策としては、①個々の工場や過程での効率性の改善や技術の変更、②環境制御装置の設置や能力の向上、③部分システムの変更(リサイクルやノーブル・ユースのためのシステム形成、エネルギーのカスケード利用のシステム形成、交通輸送システムの変更など)、④燃料や原料、素材などの変更とそれにとりまなう技術体系の変更などさまざまなレベルのものをあげることができる。

ジョージェスク＝レーゲンの土地ファンドへの注目も制御方法の検討へ展開することができたはずである。ファンドとしての土地は生物学的性質、物理学的性質、地質学的性質、地形的あるいは経済地理学的位置を異にする。その結果それぞれの土地片は環境装置として、アメニティや風景の提供、生物生息地としての機能、物質循環やエネルギー代謝の一過程、水収支における役割など多様な機能を有している。そしてこれらの機能は環境－経済系に規定されながら一定の能力を発揮する。どのような土地がどのように用いられるかによって地下水涵養速度が増加したり、食料生産速度が減少したりするのである。こうした速度を分析できなければ、経済系がその必要なエネルギーや物質を環境中から入手し得るかどうかを問う自立性も抽象的なものに終わり、現実的な制約条件の明示とはならない。速度を規定するファンドと速度としてのフローの区別、ファンドとしての土地への注目を強調 していただけに、ジョージェスク＝レーゲンの議論の未展開は残念である。

- (1) こうした分析は日本では環境庁や生協連が始めている。海外では I I A S A (International Institute for Applied System Analysis) の研究報告などがある。
- (2) III, IV など II の空間的・時間的容量は単純化されたモデルとして当初から捨象されている。
- (3) *op. cit.*, *Entropy Law and Economic Process Model*, p. 232.

ジョージェスク＝レーゲンは土地という要素を経済分析に導入したとしてリカードを高く評価し、その一方でマルクスの分析には土地ファンドが欠落しているとするが、この批判はマルクスの地代論をみれば不適切であることがわかる (*ibid.*, p. 289) 。

IV 終わりに

ジョージesk=レーゲンの経済過程モデルの検討を軸に、簡単にはあるが環境-経済系、環境空間構造の議論を整理してきた。ジョージesk=レーゲンは、汚染や生物の減少などの環境問題よりもシステムの存続に関わる持続可能性に関心をもち、枯渇性資源の劣化、太陽エネルギーの流入速度制限を経済系の基本条件と規定し、自立性と言う経済過程の再生可能性条件に注意を払うよう促した。また、彼は経済モデルをフローとファンドから記述することを強く主張し、特に土地ファンドのもつ境界としての役割を捕捉装置として注目した。こうした議論を環境の階層性、経済と環境の関わりの多重性を念頭において吟味すると、ジョージesk=レーゲンが見ようとしたのは制御論のための系外との代謝構造ではなく、単純化された物的経済像であったと言えるだろう。

こうした限界は、先駆的な業績であるがゆえに環境問題の十分な分節化を行うことができなかつた結果であると思われる。現在では紹介してきたように環境容量や空間構造の議論も深められており、それらを土台にして彼の注目すべき論点を展開することが可能になっている。そこで、まず環境の空間的制御に関わる議論の整理と検討を今後の第一課題としたい。農地、林地、河川、湖沼、海洋、そして都市などのさまざまな生態系とその統合としての水系の制御論を吟味し空間構造の把握枠組みや制御の方法論を検討することで、土地ファンドの意味を明確にしたいからである。

第二の課題としては、経済学がこれまでに提示したさまざまな環境-経済系モデルを比較検討することである。クネーゼやネイキャンプの物質代謝モデル、レオンチェフの公害防止部門を導入した産業連関分析、ピアースのサーキュラー・エコノミー・モデル、生物経済学の資源制御モデルなど多様な議論が行われてきた⁽¹⁾。これらがどのような環境問題を対象とし、どのような経済と環境の関わりを取り出し、どのような制御を想定したのかを整理することで、経済学の到達と課題を明らかにするためである。

また、今回の検討では環境-経済系の物的な把握を中心にすえたので、ジョージesk=レーゲンが行った価値レベルと物的なレベルの関わりに関する検

討はふれることができなかつた⁽²⁾。彼の議論は力学的経済観や数量還元義への批判など経済学の方法論の吟味にも及ぶ大変幅広いものであるが、こうした点にもふれることができなかつた。先にあげた他の環境－経済モデルの検討の際には、これらの議論を取り上げたいと思う。

本論文では「モデル」という言葉を必ずしも数学的なモデルの意味で使用していない。概念的な要素間関係の記述をモデルと言っているのであり、数学的に取扱い可能な記述を得ようとしているわけではない。

(1) Nijkamp, P. (1977) , *Theory and Application of Environmental Economics*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam. [藤岡他監訳(1985),『環境経済学の理論と応用』, 勁草書房]。

op. cit., *Economics and the Environment*.

Leontief, W. (1977) ,Environmental Repercussions and the Economic Structure : An Input. Output Approach, in : *A Challenge To Social Scientist*.
op. cit., *Economics of Natural Resources and Environment*.

Clark, C. W. (1976) , *Mathematical Bioeconomics*, John Wiley and Sons.

(2) op. cit., *Entropy Law and Economic Process Model*, Chapter IX .

追記

この後編は本論集第14巻第1号に発表する予定だったが、筆者のミスにより本号となった。