

エントロピー経済学の創成と環境学の今日的課題

藤 堂 史 明

本稿においては、多様かつ膨大な室田武教授（以下敬称略）の業績のうちから、とりわけエントロピー経済学の創成に関わる研究といくつかの論点にしばり、環境学の今日抱える諸課題にとっての意味について概観したい。

1 は じ め に

1979年に一冊の記念すべき著作が世に出された。室田武による『エネルギーとエントロピーの経済学——石油文明からの飛躍』である。室田がそもそも、エネルギーとエントロピーについての経済学的考究を行った背景は何であったらうか。また、それは今日どのような意義を持っているだらうか。

1970年代後半に理化学研究所の槌田敦（1976a, 1976b）は核融合による環境汚染と本質的な限界についての問題提起を行った。この槌田による開放系エントロピー理論とエントロピー経済学への発展経緯とその特徴については槌田理論35周年を記念したシンポジウムでの発表（槌田, 2012；室田, 2012）及び藤堂（2012）において総括されたが、当時、室田は槌田の研究とは別に高木仁三郎の紹介でP.チャップマンらの研究である、原子力発電によって産出される電力とそのため投入される石油の量との比較検討についての論文（Chapman, 1974）に着目して、エネルギー分析の視点から原子力発電についての批判的検討を開始していた（室田, 1981）。1976年に室田は「原子力のエネルギーコスト」他の論考を発表し、原発のネットエネルギー産出の低さとエネルギー生産量と安全性のトレードオフとについて指摘した（室田, 1976）。

槌田による核融合批判と室田による原子力発電のエネルギーコストの問題

提起は、核エネルギー開発を礼賛していた当時の日本社会において、技術と経済のあり方についての根底からの社会的論争を引き起こすものであった。学術的・社会的論争の影響を受け形成されてきた日本におけるエントロピーとエコロジー・環境問題についての関心層にとって、前述の室田（1979）は経済学の伝統におけるエネルギーやエコロジーにかかわる諸学説の歴史を整理し、エネルギーとエントロピーの経済学として最初に総括した著作であった。環境学の根本に関わり、とりわけ「環境経済学」としてのエントロピー経済学が扱うべき領域を総合的に示していると言え、今日においても重要な意味を持っている。

『エネルギーとエントロピーの経済学』は8章からなり、序章では「本書の動機と目的——スリーマイルアイランド原発事故によせて」と題して刊行年の3月に米国スリーマイルアイランド原発で起こったメルトダウン事故に関して、大型原子炉の最大事故が明日にでも起こりうるという危機感を述べている。「スリーマイルアイランドで起こったこと、あるいはそれをはるかに上回る終末世界は、明日にでも、福島県で、あるいは茨城県で、また静岡県、福井県、島根県、愛媛県で発生しうることである。「ほとんど起こりえない」と専門家が保証していたことが、すでに現実起きてしまったのだから、私たちは、「いつでも起こりうる」という前提に立って、あらためて私たちの生活を考え直す方がよさそうである。」（同書、序章3「本書の目的」より）

言うまでもないが、1986年のチェルノブイリ原発事故と2011年の東電福島第一原発事故という二つの破局的原発事故を経験した現在において、このような危機感を契機として、室田が執筆にあたったことは先見の明というほかはない。続いて一章の「ジェヴォンズからソディヘ」以降においてはエネルギー及びエントロピー概念の経済学への適用と、既存の経済学における価値及び市場の分析との相違点について、また、三章の「原子力発電のエネルギー・コスト」では前述した原発の隠されたエネルギーコストと総括原価方式や、公的補助と責任免除に等しい原子力保険制度について取り上げている。

このような分析は1981年の『原子力の経済学』に引き継がれるが、東電福島第一原発事故を受け、現在大いに着目されているエネルギー投入及びコスト面からの原子力発電の不経済性の検証にとって、基礎となる理論を展開している。また、七章の「入会・催合・結の過去と将来」においては、日本の伝統的な自然資源管理、農業における協働作業の在り方について述べ、今日のコモンズ論につながる市場原理によらない協働の在り方の中に、持続可能な社会の将来を見出そうとしている。

このように室田（1979）は、その後のエントロピー経済学のコアとなる理論とその射程にある問題領域について俯瞰したものとなっている。次に室田氏がエントロピー経済学の創成に果たしてきた役割と、環境学が今日抱えている課題にとっての意義について着目するため、まず、エントロピー経済学に至る論理として、エントロピーとエコロジーという自然科学の用語が、いかに経済学に適用されて来たかについて振り返りつつ確認していこう。

2 エコロジーと経済学

エコロジーという用語は、生物同士及び生物と外界の様々な関係についての科学として、1866年にE. ヘッケルにより命名された。ギリシア語で家を意味する“oikos”と学問を表す“logos”の結合という形式である。ヘッケル自身は海洋生物学を専攻し、ダーウィンの進化論の影響を受けて生態システムに着目したのであるが、このような命名を受けたエコロジーは、環境と一体化した生物群落の動態を研究するいわゆる生態学へと発展した。つまり、原則的に個別の生態系の観察と理論化による動態の理解を目的とする学問である。

一方で、このような誕生当初のエコロジーの概念は、自然生態系の成り立ちや動きを研究対象としているため、人間社会と自然との関係について、今日の「エコロジー」や環境学が対象としているような問題領域を含まないか、あっても人間社会固有の問題についての関心は希薄である。

このような間隙を埋める形で、人間社会と自然との関わりを考える枠組み

として、エコロジー思想もまた発達した。大まかに分ければ社会思想としてのエコロジーは、より原生自然を重視し人間にとっての使用価値から離れて自然のあるがままの姿を保全しようとするエコロジー思想と、人間社会との共存においてその概念を実現しようとする環境保護思想とに分かれる。これを Naess (1973) は前者の立場からそれぞれ *deep ecology*, *shallow ecology* とした。このような区分についてはそれ自体も一種の主観的評価であり、また人間社会の構造との関係について軽視しているという問題がある。一方で社会構造の変革によって環境との共存を図っていくという主張が *radical ecology* の分野であり、C. Merchant (1992) らによる主張がある。いずれにせよ「エコロジー」という用語や科学・思想が経済プロセスそのものについての内在的な批判から発達した概念ではなかったことは確かである。

一方で、エコロジーと同様の語源を持つ経済学（エコノミクス）においては、20世紀に入り近代的な工業生産による環境汚染と資源枯渇が大規模に生じるようになって初めて、環境問題が経済活動に制約を課すものとして、経済学の主要な問題として意識の中に浮上することとなった。そして、その後の対応は応用経済学としてその問題を市場の効率性の分析に取り込むことだった。今日においても経済学において主流をなす「新古典派経済学」において環境汚染及び資源枯渇の問題は「外部性」や人工資本との代替とその効率性についての課題として分析されており、人間の経済が自然の循環に埋め込まれていることから生じるその分析の適用限界は意識されていない。

この間の社会環境についてみると、戦後の工業化と経済規模の高度成長期を経験した日本をはじめとする諸国においては、特定の公害による被害、対策という問題意識から、経済成長をつづける経済そのものが環境汚染の原因として認識されるようになっていった。例えば柴田・松田 (1976) は、自然環境の再生可能資源の生産能力と汚染物質の吸収能力とを「環境容量」と捉え、これを損なう人間の活動が、公害問題として表れていること、この克服には個別の公害問題への対策に追われるだけでなく、人間活動による自然とその

資源や能力への過剰な介入を改め、抑制していく必要から、「公害から環境問題へ」という認識の転換を説いた。ただし、ここにおける環境容量の概念は、植田の開放系エントロピー論に見られるような熱機関としての自然環境の構造的な分析を伴うものではない。

なお、このような公害問題と環境汚染の一般化以前の早期から、主に資源の食いつぶしの問題として経済学を思考していた経済学者はおり、室田（2001）は、1865年に出版されたイギリスのS. ジェヴォンズによる『石炭問題』の指摘と比較しつつ、柴田敬（1970）の「壊禍法則」の例を挙げて紹介している。

上述のようにいくつかの先駆的な研究を除けば、このような人間社会の自然の環境容量への過剰な干渉・利用による汚染と資源枯渇という問題が一般化して「環境問題」と捉えられるようになる。社会的な意識変化を経てはじめて、エコロジーの理論・思想を踏まえ、環境問題に対応するための学問として「エコロジー経済学」が志向されたのである。エコロジー経済学はJ. Martinez-Alier (1987) が主張するように、その学術的な起源は1970年代ではなく古く100年以上も遡る。とはいえ、Martinez-Alier自身が記述するように、これはいわばエコロジー経済学者が後付け的に学説を年代史にし、自らの出自を明らかにしたものであって、環境汚染の拡大と人間社会の自然への過干渉の危機感が広まった1970年代の社会意識が直接的なエコロジー経済学誕生の契機であった。環境理解のための理論科学としてのエコロジー経済学は、鷲田（1994）が示しているように、生態系の挙動とその余剰生産物の形成から出発して人間社会にとっての条件について論じることを共通の基盤とする。室田（1979）が指摘するように、この一部には1955年に発表されたF. Cottrellの剰余エネルギー論がある（Cottrell, 1955）。

室田は環境と共存する文明の在り方の鍵となる要素として、利用可能エネルギーそのものよりも、むしろ発生するエントロピーを洗い流す水の重要性を認識した。副題にある「石油文明からの飛躍」という表現に見られるように、日本には豊富な低エントロピー資源である降水があることを指摘して、「日本

は資源のない島国」というよく言われる資源小国論を喝破した。エントロピー経済学で重視されるのは、利用可能エネルギーそのものというよりも、それを継続して利用可能とさせる低エントロピー資源、かつ発生するエントロピーの捨て場となる水の流れ（一部には大気の流れ）であり、この流れが循環しているからこそ、持続可能な生態系とそこでの人間の生活が可能となるのである。エネルギーのみに注目することは、エコロジー的視点からの世界観においても、生産を可能とする資源という見方においても、いずれにせよ誤った着眼点なのである。エントロピーを外部に捨てる循環には開放系の概念が必要であり、それは生態系、人間社会の物質循環の構造についての関心へと向かう。次節で述べるエントロピー経済学の流れは、エントロピーの増大則と開放系を軸とする概念として、経済価値の形成と分配という持続可能性の社会経済的要因へと接近してゆく。

3 室田武とエントロピー経済学の先駆者たち

「はじめに」に述べたように室田武は、環境と人間社会の関わり、とりわけエネルギー利用と経済成長との関係において、エネルギー分析についての知見を元にしてきわめて早期に、すなわち冒頭で述べた1979年の著作の段階で、エコロジー経済学とりわけ実質的にエントロピー経済学としての主要な問題領域を包含する分析を展開した。このエントロピーという用語には単に物理学の用語というだけでなく、他の概念とは異なる特異な意味が備わっていた。

もともとエントロピーという用語はエコロジーやエコノミーと同じく造語で、「中に」という意味の接頭語 en に「変化」を表す tropie を結合させた形式で、1865年にR. クラウジウスにより命名された。この言葉は形式的にエネルギーという用語に似ているだけでない。いわば、兄弟としての意味を持っている。エネルギーはアリストテレスによる用語に由来し、働いている状態、仕事や働きを示し、原則的に不変の一定量を保つ（エネルギー保存則）。一方でエントロピーは物質やエネルギーの拡散の程度を示し、あらゆる現象を通じて常に

増大していく。われわれが通常使っている、利用可能なという意味を含むエネルギーの「利用可能性」そのものはむしろエントロピーによって決定づけられていると言ってよい。

エントロピーという概念の特異な性質とは、それが質や有用性といった人間にとっての自然の価値を測るという目的からそもそも着眼された概念であるという事である。エントロピーはもともと、熱機関の熱効率の上限をめぐるS.カルノーの研究ノートからクラウジウスが着想を得て考案したものであり、資源からどれだけ仕事を引き出せるかという、きわめて実利的な価値の創造に関わる自然法則であった。

それだけに、経済学においてなぜ、エントロピー法則という自然現象における変化と質にかかわる唯一の法則ではなく、力学の基本原則である物質・エネルギーの保存則に基づいた体系の方が模倣されてきたかということ、それは単に新古典派経済学の原型の成立時期において、ニュートン力学による自然の屈服と工業的な発展とが期待を集めていたからに他ならない。

熱機関の効率性の追求から発生したエントロピーの概念を経済学に最初に適用したのはF.ソディである。ソディはエントロピーの増大と引き換えの利用可能なエネルギーのフローが、太陽光からのその供給を駆動力として植物の光合成、そして動物や人間の活動を支えている事を主張した（Soddy, 1926）。

一方で1970年代までの環境と経済学についての議論においては、一般的にはエントロピー法則の経済学への適用を行ったのはN.ジョージエスクレーゲンであると考えられてきた。これは、1971年に著されたジョージエスクレーゲン自身の大著『エントロピー法則と経済過程』において、歴史上の自然科学・人文社会科学の広範囲にわたる膨大な研究史が総括されているのにもかかわらず、ソディの先行する業績についての言及がないことが一つの理由であった。

ジョージエスクレーゲンは、ボールディング（Boulding, 1968）の「宇宙船地球号」の概念を引用しつつも、エントロピー法則の作用の結果、彼が「熱

力学の第四法則」と称したように物質の拡散は止まらず、エネルギーの投入によって閉じた循環を維持するという持続可能性について、悲観的な見通しを示した。室田(1979)は、冒頭で述べたように一章「ジェヴォンズからソディへ」で経済過程のプロセス分析の理論としてエントロピー法則を適用をした Georgescu-Roegen (1971) を引用しつつ、同書が指摘している S. ジェヴォンズの『石炭問題』における資源の希少性による経済成長の制約の論点に加えて、ソディが利用可能なエネルギーのフローを経済価値の物理的な根源として主張した事を指摘している。すなわちソディは「この「有用なエネルギー」の流れが生み出す事物は、それが人間社会における交換対象であるかどうかという問題設定以前に存在する富であり、「絶対的富」というにふさわしい富である」(同書第1章「ソディの問題提起」)と指摘したのである。

同じく、ソディがエントロピー法則の経済過程への適用において先駆者であるという指摘を H. E. Daly (1980) や Martinez-Alier (1987) も行っているが、室田はこれらに先んじて指摘していたと言える。なお、ジェヴォンズに関してはその問題意識が R. クラウジウスによるエントロピー法則の定式化と同時、という先見性と『石炭問題』執筆後に彼が限界効用利用の端緒となる研究の一つを成し遂げ、新古典派経済学の理論基礎として、市場経済システムの研究に没入していくことの対照、そして資源の枯渇に関する彼の先見の明が後に J. M. ケインズにより揶揄される対象であった事が描かれている。なお、室田(2006)においては、ジェヴォンズの洞察から派生して資源消費の効率性が徐々に落ちていく法則性としてこれを「ジェヴォンズの法則」として提唱している。

さらに室田のエントロピー経済学と Daly の理論との相違点について述べよう。Daly はエントロピー法則の重要性を大前提に、利用可能エネルギーの流れを作り出す自然環境の環境容量を問題とし、狭い意味での環境経済学が「量」の問題を解決できないとする。そのため地球の環境容量に合わせて資源使用や汚染に関する量的な判断をする必要があり、これを持続可能性の条件とし

て提示している。Daly は Environmental Macroeconomics すなわち「環境マクロ経済学」を提唱するが、その内容は新古典派経済学の分析が適合する市場経済が、利用可能な資源・エネルギーのスループットを提供する環境の中にすっぽりと包含された体系として経済全体を構想するものである。これは、槌田（2007）が市場経済システムの範囲内に物質循環が収まる限りは、市場すなわち商業の働きにより経済活動を運営すればよい、と見ていることと似通っている。

室田も玉野井（1978, 1979）ら日本のエントロピー経済学派と同じく経済が環境に埋め込まれたものであることは前提とするが、そのための量的な条件や分析だけでなく、環境に対する意識の在り方や、管理のための社会的な連帯、協働の在り方の重要性を強く意識し、具体的な事例研究から学ぼうとする方向性を明確に持ってきたと考えられる。「競争的市場」に包含されない相互依存関係の一般的な重要性をより強く認識していると言える。

室田（1979）は、冒頭で述べたように例えば七章の「入会・催合・結の過去と将来」においては村落や共同体といった制度的な構造が持続可能性に強い関係性を持つことに着目していた。そしてその後の研究においてこれをコモンズ論と統合して、多くの実証研究に裏付けられた自然資源管理のための知見として完成させていった。室田・三俣（2004）、三俣・森元・室田編（2008）、室田（2009）等である。

このようなコモンズ論の研究を通じて室田は、槌田敦の江戸文明論や玉野井芳郎の「生命系の経済学」、そして地域主義とも呼応する形でエントロピー経済学によって持続可能性の条件を抽出していったわけである。なお、室田がその室田（1979）の執筆にあたって意見交換を行っていた大崎（1981）によるエントロピー経済学派（大崎の用語で「熱力学派」）の批判がある。そのうち、エネルギー分析とエネルギー価値説についての批判は日本のエントロピーを巡る議論に反映され、エネルギーとエントロピーが経済価値と直接の関係で結びつけられないことは周知となっていった。それに比して解答が難しいの

が「経済価値の体制的性格について無自覚である」との指摘に代表される、経済システムの持続のための物理的条件と、現実の市場経済システムにおける種々の経済的な格差や構造化にエントロピー学派の理論は説明力を持つのか?という問いである。

室田によるコモンズ論の研究は、このような経済的な構造の考察に関する一つの方向性を示したものとも言えるだろう。開放系とは、外部と内部、すなわちソトとウチの構造化によって発生したエントロピーの排出と低エントロピー資源の導入による物質循環の存在する定常状態を可能にするものである。また、地球そのものに関してはエネルギーに関してのみの開放系である。この時に、村落や地域共同体をウチ、外部の集団をソトとみなせば、この構造はウチで協力しあいルール違反には厳しく対処する協力ゲームによって分析される集团的資源管理とみなすことが出来る。そのような適用事例は先に示した文献の他、E. Ostrom (1990)による研究が示すように、日本や世界の各国において無数に観察されてきたのである。

4 原子力発電の限界及び危険性についての指摘と 温暖化問題への視点

室田は、環境に対する原子力利用の本質的な脅威の問題についても経済学者として極めて早期から取り組んできた。本稿で取り上げてきた室田 (1979) においてそれは三章「原子力発電のエネルギーコスト」で分析された。室田の主張の要点はすでに 1976 年の論文において示されており、それは原発のネットエネルギー産出の低さとエネルギー生産量と安全性のトレードオフ、すなわち「(前略) 原発をめぐる問題の本質は、ネットエネルギーの損失を少なくしようとすれば外界に放出される放射エネルギーを多くせざるを得ず、後者を少なく抑えようとすればネットエネルギーの損失は莫大な量に上る、ということなのである」との指摘である (室田, 1976)。

また、室田は 1981 年には『原子力の経済学』、1986 年にはチェルノブイリ

原発事故を受けて『新版 原子力の経済学』を上梓し、上述のトレードオフ、そして総括原価方式に支えられて核燃料の買い付けと使用済み核燃料を資産に計上することで電気料金から多大な利潤を得る仕組み、そしてさらに大幅な国費が開発・誘致・事業にあたり支出されている実態を指摘し、原子力が優れたエネルギー源などではなく、コストも非常に高いこと、これらの制度的枠組みによって原子力発電の立地と稼働が推進されていることを明らかにした。2011年3月11日の東京電力福島第一原発事故以降、このような国策民営の経営体制と、それに連動した産業界・行政・政治家・金融・マスコミ・研究者のもたれあい（相互依存と癒着）構造に注目が集まった。そして事故が生じた際には民間の損害保険（「原子力損害賠償責任保険契約」）は支払を免責され、予想損害を遥かに下回る1,200億円の政府の「原子力損害賠償補償契約」による補償は支払われたが、残る10兆円以上とも言われる損害が電気料金や税金、そして直接的な被曝の形で痛みを被る当事者である国民の負担とされる構造が、一般国民の目に明らかになったのである。

30年前の室田の指摘が行政や事業者、メディアや科学者、一般市民に真摯に受け止められ、エネルギー政策の転換と防災対策の見直しが行われていれば、今日われわれが直面している収束程遠い原発事故と広域にわたる放射能汚染の事態は避けられたであろう。

なお、福島事故後、このような各業界が連携してのもたれあい構造を指して「原子力ムラ」と呼称することが一般的となった。原子力発電に関わる隠されたコストの隠蔽と利権の実態を30年前に明らかにしながら、むしろ「ムラ」社会の持つ助けあい、共的世界と呼びうる姿に持続可能な社会のモデルを捉えようとしてきた室田にとっては、ムラと呼称が前時代的な癒着構造として批判されることは嘆かわしい事態であったに違いない。だが、このように共同体で管理する経営資源（電気利用者・一般国民）から利益を吸い上げ、料金負担や被曝を正当化することで管理しようとする利害関係者の組織もまた、人間の組織体としては互酬の原理による共的な構造を持っていることは確か

である。このような構造をどう変革してゆくかも、社会経済的な視点からのエコロジーや、持続可能性の追求を行っていくこれからの環境科学（その一つとしてのエントロピー経済学）には必要となっていくだろう。

ところで、室田には原子力と地球温暖化問題の関連についても特筆すべき着眼点がある。それは、地球温暖化問題への環境問題のアジェンダの集約・一本化が、原子力発電の組織的推進に関連して行われた事情を具体的に明らかにしていることである（室田、2010）。それは米国エネルギー開発庁（ERDA）において原子力開発を推進していた Alvin M. Weinberg が、二酸化炭素濃度増加の研究の初期段階より、原子力開発の危険よりも二酸化炭素濃度の上昇の方が大きいとの論理を展開する目的を隠さずに研究グループを組織したことが、キーリングの自伝（Keeling, 1998, p. 56）に記述してある、という指摘である。

地球温暖化への環境問題の一元化、二酸化炭素濃度問題への単純化については、とりわけ福島原発事故以降に問題が意識されてきている。環境負荷をフットプリント（代償としての踏みつけ面積）で表すとすれば二酸化炭素の排出量で環境負荷を評価しようとすることはいわば「カーボンフットプリント」であり、本来の総合的な環境負荷である「エコロジカル・フットプリント」（Wackernagel and Rees, 1996）のごく一部を切り取ったに過ぎないのである。

室田はさらにこれらの点に加えて地球温暖化のメカニズムそのものに疑問がある可能性をも指摘し、気候変動メカニズムにおける 1976 年の Eddy 論文（Eddy, 1976）について言及している。室田（2012）の示すように、Maunder Minimum（「マウンダー極小期」）についての Eddy 論文の示した方向性ももし正しいとすれば、大気圏下層にできる雲の多寡が地球の気候変動に深くかかわっており、それがむしろ主因となって気温の変動により大気中二酸化炭素濃度が変動する、という温暖化に関する代替的な仮説が支持されることになる。

仮にもし温暖化のメカニズムがこれまでの学説通りであったとしても、環境学に属する諸科学者・行政官等、いわば社会の思考を担う人々が、放射能汚染をはじめとする種々の環境問題に対する一般国民の関心を薄れさせ、温

暖化の危険性のみに関心を集中させてきたことの責任は重い。地球温暖化問題への一元的な関心の集中によって大いに社会的支持（資金・ポスト）を得てきた環境学は、その内部における研究の在り方についても含め、自ら考え直す時ではないかと考える。

5 お わ り に

本稿では室田武の『エネルギーとエントロピーの経済学』を端緒とする、一連のエネルギー・エコロジー・エントロピー、そしてエコノミーに関する研究を簡単に振り返り、氏がその優れた先見の明により持続可能な経済社会の条件と、原子力や温暖化問題についての卓越した洞察力によって理論を展開してきた経緯について、とりわけエントロピー経済学の関連領域について概観してきた。

科学者コミュニティにおいては、社会的関心に基づいて研究を行う研究者は理論面においては成果を出すことが難しい場合がある。室田は環境の危機に対する明確な問題意識に基づき、とりわけ研究データの未整備な早期において、原子力、コモンズ等の研究の重要性に気づき、実証的に裏付けられ、かつ理論的にも卓越した研究を行ってきた。その一つがエネルギーコストの分析から原子力発電の不経済性、総括原価方式の容認や種々の補助政策等による推進もたらす環境と安全への脅威という問題提起である。また、統合的な環境理論面での発展型が、熱力学の理論を開放系のエントロピー論へと発展させ、植田理論に呼応する形で形成されたエントロピー経済学であり、とりわけコモンズ論の分野における種々の実証的研究もそれを補完するものであった。

筆者の準備不足で小論においては室田理論の全体像を概観するにははるかに及ばなかったが、エントロピー及びエコロジーの領域における氏の業績と、絶えず追求してこられた科学的な精緻さと、現実に苦しむ人々への暖かな視線について、後学の研究者は大いに学ぶことがあるのではないかと考える。

最後に筆者も図書館通いをしていた中学生時代より氏の著作に触れて環境問題とエントロピー理論を適用した新しい経済学への関心を呼び覚まされてきたことを書き添えておく。

【参考文献】

- 大崎正治 (1981) 『鎖国の経済学』宝島社.
- サザ・カルノー著, 広重徹訳 (1973) 『カルノー・熱機関の研究』みすず書房.
- 柴田敬 (1970) 「エネルギーと経済: 公害と壊壊法則」『青山経済論集』第22巻, 第2号, pp. 23-58.
- 柴田徳衛・松田雄孝 (1976) 『公害から環境問題へ——自然と人間の回復——』東海大学出版会.
- 玉野井芳郎 (1978) 『エコノミーとエコロジー』みすず書房.
- 玉野井芳郎 (1979) 「生産とは何か」早坂忠・伊東光晴・竹内啓編『経済学の知性史的考察』東洋経済新報社.
- 植田敦 (1976a) 「核融合発電の限界」『日本物理学会誌』第31巻, 第8号, pp. 598-602.
- 植田敦 (1976b) 「核融合発電と資源物理学」『日本物理学会誌』第31巻, 第12号, pp. 938-941.
- 植田敦 (2007) 『弱者のための「エントロピー経済学」入門』ほたる出版.
- 植田敦 (2012) 「開放系エントロピー論・35年——資源物理学からエントロピー経済学へ——」エントロピー学会誌『えんとろびい』第72号, pp. 37-40.
- 藤堂史明 (2012) 「植田敦のエントロピー理論, その貢献と未来への展開」エントロピー学会誌『えんとろびい』第72号, pp. 47-52.
- マターニュ, パトリック著, 門脇仁訳 (2006) 『エコロジーの歴史』緑風出版.
- 三俣学・森元早苗・室田武編 (2008) 『コモンズ研究のフロンティア——山野海川の共有的世界——』東京大学出版会.
- 室田武 (1976) 「原子力のエネルギーコスト」『技術と人間』11月臨時増刊号.
- 室田武 (1979) 『エネルギーとエントロピーの経済学』東洋経済新報社.
- 室田武 (1981) 『原子力の経済学』日本評論社. (新版, 日本評論社, 1986年.)

- 室田武（1982）『水土の経済学——エコロジカル・ライフの思想——』紀伊國屋書店。
- 室田武（2001）『物質循環のエコロジー』晃洋書房。
- 室田武・三俣学（2004）『入会林野とコモンズ』日本評論社。
- 室田武（2006）「ジェヴォンズの法則」『環境経済・政策学の基礎知識』有斐閣ブックス。
- 室田武（2009）『グローバル時代のローカル・コモンズ』ミネルヴァ書房。
- 室田武（2010）「低炭素社会という名の高ウラン社会を問う」エントロピー学会第28回シンポジウム基調講演予稿集。
- 室田武（2012）「植田敦「開放系エントロピー論・35年——資源物理学からエントロピー経済学へ——」へのコメント」エントロピー学会誌『えんとろびい』第72号，pp. 42-46.
- 鷺田豊明（1994）『エコロジーの経済理論』日本評論社。
- Boulding, Kenneth E. (1968) “The Economics of the Coming Spaceship Earth,” *Beyond Economics*, Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Chapman, P. (1974) “Energy Costs: A Review of Methods,” *Energy Policy*, Vol. 2, pp. 91-103.
- Clausius, R. (1865) “Ueber verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie,” *Annalen der Physik und Chemie*, Vol. 125, No. 7, pp. 353-400.
- Clausius, R. (1865) *The Mechanical Theory of Heat: with its Applications to the Steam-Engine and to Physical Properties of Bodies*, London: John van Voorst.
- Cottrell, F. (1955) *Energy and Society*, New York: McGraw-Hill.
- Daly, H. E., (1980) “The Economic Thought of Frederick Soddy,” *History of Political Economy*, Vol. 12, No. 4, pp. 469-488.
- Daly, H. E., (1996) *Beyond Growth, : The Economics of Sustainable Development*, Boston: Beacon Press, (デイリー, H. E. 著. 新田功・蔵本忍・大森正之訳 (2005) 『持続可能な発展の経済学』みすず書房.)
- Eddy, John. A. (1976) “The Maunder Minimum,” *Science*, New Series, Vol. 192, No. 4245, pp. 1189-1202.
- Jevons, J. S. (1865) *The Coal Question*, London: Macmillan and Co.
- Georgescu-Roegen, N. (1971) *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge, MA:

- Harvard University Press. (ジョージesk =レーゲン, N. 著, 高橋正立・神里公
訳 (1993) 『エントロピー法則と経済過程』みすず書房.)
- Keeling, C. D. (1998) "Rewards and Penalties of Monitoring the Earth," *Annual Review of
Energy and Environment*, Vol. 23, pp. 25-82.
- Martinez-Alier, J. (1987) *Ecological Economics: Energy, Environment and Society*, Oxford,
England: Basil Blackwell. (マルチネス = アリエ, J. 著, 工藤秀明訳 (1999) 『エコロジー
経済学』増補改訂版, 新評論)
- Merchant, C. (1992) *Radical Ecology: The Search for a Livable World*, New York: Routledge.
- Næss, Arne (1973) "The Shallow and the Deep, Long-Range Ecology Movement," *Inquiry*,
Vol. 16, pp. 95-100.
- Soddy, F. (1926) *Wealth, Virtual Wealth, and Debt: the Solution of the Economic Paradox*,
London: Allen and Unwin Ltd.
- Ostrom, E. (1990) *Governing the Commons*, Cambridge, England: Cambridge University
Press.
- Wackernagel, M. and W. Rees (1996) *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the
Earth*, Gabriola Island, B. C. : New Society Publishers. (ワケナゲル, M., and W. リース,
著, 和田喜彦監訳 (2004) 『エコロジカル・フットプリント——地球環境持続のため
の実践プランニング・ツール』合同出版.)
- (とうとう ふみあき・新潟大学経済学部 大学院現代社会文化研究科准教授)

The Doshisha University Economic Review Vol. 65 No. 3

Abstract

Fumiaki TOUDOU, *The Creation of the Economics of Entropy, and Recent Problems in Environmental Studies*

Takeshi Murota analyzed energy and entropy-related economic processes, immediately following the Three Mile Island accident in 1979. Murota cast fundamental doubt on the relationship between ecology and economy, and defined entropy law as the primary principle behind economic value creation. Murota also analyzed the theories of F. Soddy, N. Georgescu-Roegen, K. Boulding, A. Tsuchida, and Y. Tamanoi, and organized them into the substantial foundations of economics of entropy; other studies were later published that deal with the same subject matter. Thereafter, Murota also criticized nuclear power plants as being incompatible with the earth's materials cycle, and developed prominent theory, including that pertaining to cost and the global warming problem related to nuclear power generation.