

研究ノート

環境とエネルギーの社会経済思想についてのノート

西 淳

- I はじめに
- II ルドルフ・クラウジウス … 再生可能エネルギーへの転換
- III ウィルヘルム・オストワルド … 社会学的エネルギー論
- IV ヘンリー・アダムズ … 加速度の法則
- V フレデリック・ソディ … 熱力学の法則と経済の法則
- VI アメリカにおけるテクノクラシー … 技術者による統制
- VII フレッド・コットレル … 剰余エネルギーと文明
- VIII おわりに

I はじめに

経済学においては、これまで価格論以外に価値論が議論されてきた。重農主義は土地価値論、古典派経済学やK.マルクスは労働価値論を展開した。そしてこれらの価値論は経済学史の教科書で説明されているのはよく知られているところである。

だが、現代経済の発展は土地や労働だけで語りうるものではない。大量のエネルギー資源が投入されているのであり、エネルギーの時代ともいわれている。そのような時代背景のなかでエネルギーこそが価値を生むのであり、現代の経済を究極的に制約しているのはエネルギーの利用可能性であるという思想が出てくるのは必然的である。

しかし、自然科学から提起されたこのような価値論は経済学においてはほとんど無視されてきたといってよい。いまだに経済学はこの種の価値論を泡沫のように扱い、敬して遠ざけているのである。

もちろん、すべての経済学が軽視しているわけではない。経済学の中でもとりわけ経済史の分野では、産業革命をエネルギー革命としてとらえ産業革命以降の経済を「鉱物基盤のエネルギー経済」(Wrigly (1988))と位置づける研究が重要視されている。このように現実の歴史を知るものは現代経済におけるエネルギーの重要性について認識してきているのである。

エネルギー問題がわれわれの生活に大きな影響を与えていることは日々肌で感じ得るところでもある。戦後好調だった世界経済が1970年代のオイル・ショックによって大きな打撃を受けたし、近年でも、2022年3月のウクライナ戦争の勃発以来、エネルギー価格の高騰が生活に与える影響をわれわれは痛切に感じているところである。¹⁾

よって、エネルギーについての経済・社会・歴史思想が検討される必要があると思われるが、本稿で取り上げるのはエネルギー価値論である。

この思想は19世紀に生まれ、20世紀に入ると W. オストワルドや F. ソディ、そしてアメリカならば1930年代に社会を席卷したいわゆるテクノクラシー運動の中で H. スコットや G. A. レインといった人々によって主張されてきたことである。テクノクラシーの思想はすぐに廃れたが、その後、1970年代になるとエネルギー・アナリシスが登場することとなる。エネルギー・アナリシスはもちろん現在でも行われているし、またエネルギー資源の消費と廃棄物とは関係があるので、そこから LCA (Life-Cycle Assessment) のような環境負荷についての理論も出てくることとなったこともよく知られていることである。

このようにエネルギーこそが重要であるという思想は20世紀になると優勢になるのであるが、奇妙なことに経済学史研究においてもほとんど取り上げられていない。エネルギー価値論は決して泡沫的なものではないし、経済学の歴史において適切な位置づけがなされるべきであると筆者は考える。

本稿は、Martinez-Alier, J. with Klaus Schüpmann (1987)などを参考にしつつ、19世紀以来展開されてきたエネルギー価値論を、経済学の歴史の中に適切に位置づけるための準備作業を行いたい。ただし、主に20世紀のそれを扱いたいと思う。というのも19世紀については先の書が詳細に議論しているからである。

具体的には以下のように展開される。

第一に、エネルギー価値論は何を主張するものなのかを考える。それは産業革命以降の経済の変化と関係している。通常、産業革命は A. トインビーの説に倣って1770年代から1830年代に起こったこととされてきたのだが、その後の経済史研究が明らかにしたように、現実には16世紀くらいからの緩やかな変化の一環であり、本当に経済の変化が生じたのは19世紀の後半であった。そしてそれは、S. カルノーや L. クラウジウスらの貢献により熱力学やエネルギーについての学が一応のまとまりをもった時代とほぼ同時期である。

第二に、L. クラウジウスを取り上げる。クラウジウスは19世紀熱力学の大家でありエントロピーの造語者でも知られている。彼は人類は石炭を用いることによって豊かさを獲得した。だが、地下のエネルギーストックの量には限りがあり、このままでは近い将来枯渇してしまう。よって、これまで人類が使ってきた再生可能エネルギーを中心とした経済を復活させるべきであると主張したのである。これは同時代人であり、石炭に代わる代替エネルギー源の開発を主張したジェヴォンズ (Jevons (1865)) の主張と踵を接している。

第三に、W. オストワルドについて取り上げる。オストワルドは化学者であり、1909年にはノーベル化学賞を受賞している。彼は自然、社会総体をエネルギーの観点から分析するエネルギー論を展開した。オストワルドを取り上げなければならないのは化学者としてはいうまでもないが、その社会エネルギー論が20世紀初頭の思想界にも大きな影響を与えたからである。²⁾

第四に、アメリカの歴史学者であるヘンリー・アダムズの思想を取り上げる。アダムズは歴史学者であるが、19世紀から20世紀にいたるエネルギー利用の加速度的増加やその変化に着目し、物理学の概念を用いて人類史を記述しなおそうとした。その議論については後に述べるルイス・マンフォードらによって高く評価されている。エネルギーの社会思想を論じるに当たって欠くこ

とのできない人物である。

第五に、イギリスの化学者であるフレデリック・ソディを取り上げる。ソディは、ラザフォードらとの共同研究によって同位体の概念や原子崩壊による放射線の放出などの発見によってノーベル化学賞を授与されているが、それ以降、正統派経済学の批判へと乗り出した。彼は、貨幣制度が資本主義を、20世紀における生産性の飛躍的な増大にもかかわらず貧困や格差が存在し続けていることの元凶であると考えた。そして、100%準備制度や変動相場制、政府による貨幣発行などの斬新なアイデアを提供したのである。

第五に、1930年代にアメリカで生まれたテクノクラシー（Technocracy）の社会思想について、その運動を主導した代表的人物である H. スコット等の思想をとり上げる。テクノクラシーについては Martinez-Alier, J. with Klaus Schüpmann (1987) でも触れられているが、掘り下げて検討されていない。だが、四至本（1933）によると当時アメリカでは非常に話題となった議論であり、またアメリカとの戦争に踏み切るべきか否かが社会的に話題となっていた日本においても大きな問題として言論界で論じられていたようである。また、その思想的指導者たちは先に言及したソディの議論に賛同し、ソディを持ち上げた。

第六に、エネルギーの社会学として知られている F. コットレルの議論を取り上げる。彼は、経済学でいえば「剰余条件」に相当するものをエネルギーについて考え、剰余エネルギーをいかに獲得するかが人間社会を根底において規定している原理だと考えた。マルクスのいう階級闘争とは、剰余エネルギーをめぐる闘争なのである。そしてエネルギーのコンバーター（変換機）の変化をもって歴史の進歩を定義したのであった。

Ⅱ ルドルフ・クラウジウスの問題提起 … 再生可能エネルギーへの転換

ルドルフ・クラウジウスは19世紀のドイツの物理学者でありエントロピーという用語を造語したことで有名であるが、彼は1885年の講演でエネルギーの枯渇の危機に継承を鳴らした³⁾。もちろん、それ以前に『石炭問題』でジェヴォンズがいち早くイギリスにおける石炭の枯渇の可能性とそれによる国力の低下について指摘していたが、高名な物理学者の警告としてたいへん注目されたものである。

その論文「自然界のエネルギー貯蔵とそれを人類の利益のために利用すること」ではおよそ次のようなことが記されている。

19世紀以前まで人類は非生物的自然エネルギーに基本的に負って生きてきた。たとえば水車や風車や船の運航のために流水や風力が用いられ、あるいは高い速度を得るために弾性力を利用してきた。近代になって初めて、このような動力を人工的に、熱によって蒸気力を発生させて機械的な出力として得ることがなされるようになる。

ニューコメン（Thomas Newcomen）やカリー（John Cawley）、そしてワットらによる蒸気機関とその改良によって石炭がエネルギー源の中心となった。それによって生産力は各段に上がり、人々は豊かな生活を送ることができるようになったのである。それだけでなく、最近では電気エネルギーも経済的に重要となってきた。

だが、石炭の量には限りがあるのだから、このような経済はやがて行き詰ってしまうことは明らかである。

「経済学的には、いかなる財も、その時期に再生産されうる分量を超えて消費することは許されないという一般的な法則がある。この法則によれば、われわれが消費できる燃料は森林の成長によって新たに生産される分量だけであるはずだった。しかし実際には、われわれは全く違うやり方をしてきた」(Clausius (1885), 邦訳103ページ)。

先にも述べたように、人類は石炭を使って豊かな生活を手に入れた。だが、石炭はそもそも純生産できず使えば減っていくだけである。よって、今のうちにこの習慣を改め、人類はそれまで依存してきた水力などの自然の再生可能なエネルギーに再転換していかなばならないのである。

「この方式をできるかぎり速やかにかつ大規模に実施することが人類のために望ましいであろう。なぜなら、この方式こそ、これまで無為に失われてきた自然力を有効に利用し、それによって長い間地中に保存されてきた石炭の蓄えを急速な消耗から保護するものだから。これまでの100年を際立たせる特徴は、蒸気機関をはじめとする諸機械の発明・改良により、過去には考えもつかなかった方法で自然のエネルギー源が人類のように共されるようになってことである。他方、これから先数世紀の課題は、自然から与えられたエネルギー源の消費に関してある種の経済学 (eine weise Oekonomie) を導入すること、および特に、古い時代からの遺産として大地にあり何物によっても代替できない諸資源の浪費を防ぐことである。転換の開始が早ければ早いほど、未来により結果が得られるであろう。文明の先端に立つ諸国家は、よく組織された国家が森林の開発を管理しているのと同じやり方で、炭田の開発を管理するために共同の行動をとるべきである。このような対策の実施を成功させるためには、確かに非常に多くの国家の協調が必要とされる。さまざまな国の利害が互に対立していることを考えると、このような対策の実現はとうてい不可能だと思われるかも知れない。しかし、直面している困難の大きさを過大に見積もってはならない。国際的な条約という分野では、最近しかも特にドイツの影響のもとに、すでに多くの条約が成立した。かつては、こういう協調が可能になるとは、考えることもできなかったのである。この点に関しては、万国郵便連合が大々的に結成され、ほとんどの文明国がこぞって加盟したこと、および中立の大コンゴ国の創設とそれに関わる国際法的な取り決めに挙げるだけで十分であろう。これらは、広大な領域における文化的発展に、有益かつ根本的な影響力をもつであろう。それらの場合、あらんかぎりの多様な利害が調停されたのであった。人類の将来の幸福にとってきわめて重要なこの「エネルギー」問題もまた、少なくとも徐々には、統一的な取り扱いがなされるようになるであろう」(Clausius (1885), 邦訳105-106ページ)。

ここでクラウジウスは二つのことを述べている。

一つは、石炭に代わって再生可能エネルギーへの転換が必要であるということである。資源の使用率を再生率以下に抑えて、持続可能なエネルギー利用を目指すべきである。

二つには、それを行うためには国際的な協力関係を結ぶことが不可欠であるということである。資源問題はともかく国際間の紛争のもとになっている。利害を一致させることは困難であるが、協力しなければこの問題は一国単位で対処できるものではない。⁵⁾

これらのことはいずれも現在においても言われていることである。このように19世紀にすでに

このようなことを世界に呼びかけている人物がいたことは驚嘆すべきである。

Ⅲ ウィルヘルム・オストワルド … 社会学的エネルギー論

ウィルヘルム・オストワルドはドイツの化学者である。⁶⁾

オストワルドは、20世紀初頭の社会学者や思想家に多大な影響を与えている。それは彼が、社会や歴史などをエネルギーの観点から解釈しようとしたからであった。

オストワルドは、当時、出現してきていた原子論を否定し、エネルギー一元論の観点から自然、生命、精神、社会をすべてエネルギーの観点から分析した。原子論を否定したためにルードウィッヒ・ボルツマンなどとの間に激しい論争が戦わされたことはよく知られている。もちろん、後にオストワルドは原子論を認めることはなるが、彼のエネルギー一元論哲学を捨てることはなかったのである。

さて、オストワルドのエネルギー論的な観点からみた人類史についてみていこう。だがその前にオストワルドがすべての地上の生命のエネルギーの源をどう考えているかをみる。

すべてのエネルギーの源は太陽エネルギーを植物が捕捉し固定することから始まる。

「吾人は既に自由エネルギーのみが評価の問題に入るを見れば、次には地上に於ける自由エネルギーの変化の形態の如何なる序列が、人類の生活の維持を支配するものなるかを調査せんとす。原始エネルギーとして其活動に、総ての生命が無制限に且、全然従属せるは、『太陽の輻射』是なり」(Ostwald (1913), 邦訳463ページ)。

あるいは、

「周知の如く、我々のエネルギー生活は、専ら緑色植物が太陽光線により集積したエネルギーに依拠するのであるが、その緑色植物も、受容した遊離エネルギーの僅か1、2パーセントを化学的化合物の形に変換し得るに過ぎず、これら化合物は燃焼によって再びそのエネルギーを放出しているのである」(Ostwald (1912), 邦訳235ページ)。

植物が太陽エネルギーを固定することが地球上のすべての自然の営みの根源であることは19世紀から知られていた。もちろん、光合成についての科学的知見はかなり制限されてはいたが、ともかく太陽輻射が根源であることは明らかになっていた。⁷⁾このように地球上におけるエネルギーの本源は地熱などを除くなら太陽エネルギーにあるとオストワルドは考える。

オストワルドはエネルギーの問題を無機的な世界から、有機的な世界へ、つまり生命現象、さらには心理学的な現象へと考察を進めていく。⁸⁾

オストワルドは生命や精神をエネルギー的な観点から明らかにしたうえで、人類における社会学的エネルギー論を展開している。そこで重要となるのは、動物と人間とのエネルギー論的な視点からみた違いである。その違いをオストワルドは人間はみずからの力だけではなく他のそれを利用するということに求める。

「即ち、一般的に動物は、その目的のために、自己の身体のエネルギーのみを用ふるものであるに反し、人間は、その外になほ無数のエネルギーを使用するものであつて、その際、彼が個体として統御し得る額は、団結の作用によつてのみ獲得し得る額に比して、比較にならぬ位小さい

のである」(Ostwald (1912), 邦訳227ページ)。

それでは具体的にどのようなことであろうか。

第一の段階は、人間は動物とは異なり道具を用いて目的を達成するということである。それでは道具とは何であろうか。オストワルドによれば道具とはエネルギー変換のための手段、つまり変換機（コンバーター）である。

「茲に道具といふのは、一定に且つ目的に適ふやうに、エネルギーを変形せしめるところの装置以外の何物でもない」(Ostwald (1912), 邦訳228ページ)。

第二の段階は、他の力を自らの目的のために利用するということである。

「第二の段階は、自己の目的のために他力を適合せしめることである」(Ostwald (1912), 邦訳229ページ)。

人間は農耕社会に入ると畜力を利用するようになりまた他者の人力を奴隷などとして利用するようになる。そして、エネルギーの主人となったものが動物や奴隷に対して権力をもつようになるのである。

「其の如く、エネルギー論的観点は、人類文化発展の要素に関する問題に、系統及び秩序を持ち来たらすものであつて、既往に於いては、かほどに簡単且つ満足すべき説明は不可能であつたのである。同じ観点は、更に、一層錯綜せる事相に対しても指導者たるの実を示すであらう」(Ostwald (1912), 邦訳229ページ)

そして動物と人間のエネルギー支出を比較して次のように述べる。

「茲に於いて、価値の概念に対する一つの本質的な因子が初めて顕はになつたのである」(Ostwald (1912), 邦訳230ページ)。

第三の段階は、無機⁹⁾的エネルギーの利用である。

「最後に、他力的エネルギー占有の第三段階は、無機¹⁰⁾的エネルギーの夫れである」(Ostwald (1912), 邦訳230ページ)。

もちろん、人間は現在においても有機的エネルギーに負うところ大である。だが、それだけではなく無機的なエネルギーをも利用する。たとえば、火の使用がそれである。また現代においては、石炭や石油などが利用される。それらのものから人間は膨大なエネルギーを得ることができるようになったのである。

「我々は現在、なほこの第三の段階（勿論、昔日に比してより進んだものではあるが）に立つものである。五十年以来英国が成し遂げた・農業国家から工業国家への移行は、独逸に於いて今日やうやくその実現を見てゐるが、これは、国民活動のエネルギー的重点が、有機的エネルギーの集積並びに利用から、無機¹⁰⁾的エネルギーの夫れへと移つたことを意味するものである」(Ostwald (1912), 邦訳231ページ)。

もちろん、衣食住の素材は有機的産物を基にするためそれは現代においても必要であることはいふまでもない。だが、現代においては合成繊維や加工食品、プレハブ住宅など非有機的な素材を用いることは普通になっている。まさに、エネルギーも素材も非有機的なものに大きく依存する社会になっているのである。

さて、次にオストワルドはエネルギーと価値、そして歴史の進歩についてどのように考えたかについてみよう。

さらにオストワルドが強調するのは、エネルギーには価値があるがそれは決してその量だけに基づくものではないということである。エネルギーを利用するためにはあるエネルギーを別のエネルギーに変換するということが必要となるが、その際に、必ず仕事に結びつかない部分が生じることになる。

「扱て、一エネルギー種が多種エネルギーに変転する場合には、常に遊離エネルギーの一定の損失が起る、換言すれば、そのエネルギーの一部分した期望するエネルギーの形をとらず、他の或る部分は無用の熱として了ふものであるから、エネルギーの価値の尺度として、先づ第一に、その利用係数が考へられなければならぬ。一エネルギー種の価値は、その変転が完全なれば完全なるほど大なのである」(Ostwald, W (1912), 邦訳232ページ)

よって人類の文化の進化はよりエネルギーを効率的に使うということによって記述される。

「実際、我々は、全文化の一般の問題として、変換すべきエネルギーの変換係数を出来得る限り有利なるものとなすことを、考ふべきであらう」(Ostwald, W (1912), 邦訳234ページ)

さらに、オストワルドはこのエネルギーの効率的利用によって格差や貧困の問題も是正されると主張する。

「これに比して数パーセントだけでも効率の良い変換機が発見されたならば、それは、世界中の慈善事業の全部にも増して、勤労者階級の苦悩解放に役立つであらう」(Ostwald, W (1912), 邦訳235ページ)

このようにオストワルドは、エネルギーの効率的利用の度合いによって人類の進歩を定義したのであった。

だが、オストワルドの思想にはエネルギーの系への効率的な取り入れの問題はあっても、系から排出するエントロピーの問題は希薄である。Armytage (1965) の訳者あとがきにも述べられているように、エネルギー論者は「力で押しまくるのに急であり、力の結果がどうなるかは後回しにされてしまった」(Armytage (1965) 訳者あとがき)ということである。利用可能エネルギーの増大のみを考えた結果が環境破壊やエネルギー不足の問題を生み出したのである。

IV ヘンリー・アダムズ … 加速度の法則

ヘンリー・アダムズ (1838-1918) は、初期のエネルギー論の視点から歴史を考察した学者である。¹¹⁾ 彼は、人類史におけるエネルギー利用の加速度法則を主張した。また、20世紀の初頭という

はよい時期に、環境問題や原子力エネルギーのもつ危険性などを指摘したのであった。アダムズのそれらの貢献については Munford (1970) や岡本 (2019) などで検討されている。特にマンフォードはアダムズのエネルギーの歴史家としての側面を取り上げ、岡本は文学者としてのアダムズとともに、環境問題をいち早く指摘した警世家としての側面を取り上げている。ここではそれらの著作を参照しつつアダムズの議論について紹介する。

アダムズは19世紀に生まれ20世紀の初頭に亡くなっているが、それは時代が大きく変化した時期であった。熱力学の第一・第二法則が確立されエネルギーの概念が議論されるようになったのは19世紀の中頃からであったが、そのようななかでアダムズは歴史家ではあるが、物理学の概念

を用いて歴史の変動過程を明らかにしようとしたのであった。

マンフォードはアダムズについて次のような評価をしている。

「中世以来の工学技術の変化の諸事実と人間の進歩との関連づけだけに限れば、これについて最良の解釈を行なったのはヘンリー・アダムズである。彼は、いずれの分野にも十分な歴史的研究がないころそのような変化の重要性をよく見抜いていた。十三世紀以来エネルギーが着実に増し、これが加速度的に利用されてきたこと、そして、このことが西洋文明を変貌させる主要な要因であったことに彼は半世紀以上も前に気づいていた」(Munford (1970), 邦訳317ページ)。

だが、アダムズの優れたところはそれが無条件の利益ではないということを指摘したところであるとマンフォードはいう。

「ヘンリー・アダムズが少なからず敬服に値する点は、当時の電気の応用からさかのぼって過去を解釈し、また、ラジウムの予期される結果から未来を展望することによって、二十世紀に予想される根本的な変化を理解するにいたったことである」(Munford (1970), 邦訳318ページ)。

しかしマンフォードは、アダムズがカルヴィン主義的な決定論的な歴史解釈をして、12世紀から20世紀にいたるエネルギーの大幅な加速度的増加を助長した修道院や君主国、資本主義的な国家の役割を十分考察することがなかったと述べている、しかし他方、後に見る「アメリカ歴史教師への手紙」ではアダムズは決定論を排し、今すぐ行動を起こすべきだという意見を述べていることも強調している。

「というのは、それは彼の決定論的信念と矛盾するものだったからである。つまり、彼が描いた恐ろしい歴史的状況を阻止する一連の適切な行動を喚起するように、思想を意図的に導くことを提案したのであった。一九一〇年、世界を揺り動かさないとしても、大いに人間の心を揺り動かしたにちがいない「歴史の教師たちへの手紙」のなかで、アダムズは、自分の同僚たちに当時進行中の変化にたいして注意を向けるように呼びかけ、そして、活動やまなひ力を本気で理解すべきであること、また、これらの膨大な力を人間の利点になるよう方向転換させるに必要な制度的変革を考え出すため、衆知を集めるべきである、と述べた。それがもし制御されずに放っておかれるならば、「宇宙的激しさの爆弾」が文明そのものを終わらせるかも知れないからだ」(Munford (1970), 邦訳322ページ)。

それではアダムズの仕事についてみていこう。本稿で取り上げるのは、エネルギー論的歴史観、加速度の法則、位相法則、という三つの論点だけである。アダムズの文学やアメリカの政治史についての業績は取り上げることができない。

アダムズは1904年に『モン・サン・ミッシェルとシャルトル』(Adams (1986))を発表し、たいへんな好評を博した。この本の副題は「中世における統一性の研究」であり、主題は中世である。中世はアダムズにとっては、人類史をエネルギー利用の歴史から考察する際のいわば原点である。それについてアダムズはAdams (1918)において回想している。

「一つの力としての人類が一定点からの運動によって測定されなければならないことは、どんな学童でも認め得るであろう。…八年か十年かにわたる研究の結果アダムズは、アミアンの大聖堂とトマス・アクィナスの著作集に表現される一一五〇年-一二五〇年の一世紀が、相対関係をのぞいては真偽を」問題とすることなしに、現在にいたる運動を測定できる単位として利用できるのではないかと考えるようになった。この運動は哲学的にも力学的にも研究することができよ

う。この課題にとりかかった彼は『モン・サン・ミシエルとシャルトル、十三世紀統一の研究』という題名を予定した一卷を書きはじめた。そしてその点から彼は自分のために『ヘンリー・アダムズの教育、二十世紀の多様の研究』と呼び得る位置を定めようとした。この関連する二点を助けとして彼は漠然と前後に線をひき、自分よりも知識ある人の訂正を得たいと望んだのである」(Adams (1918), 邦訳, 458ページ)。

アダムズは中世を統一性の時代として定義している(Adams (1986))。中世までは共同体の慣習や道徳、宗教的な原理によってエネルギーの爆発的解放が妨げられていたとみている。だが、それらの軛がなくなっていくと多様性の時代が到来することとなる。つまり、エネルギーの開放が行なわれるようになるのである。

さて、アダムズは歴史をどのように解釈するのであろうか。Adams (1986), Adams (1918)を参照しながらみていくことにしよう。

人間の活動においてはエネルギーの支出が不可避であるが、古典的な時代においては、機械エネルギーはもっぱら奴隷によるものであった。

「神秘力あるいは呪物神の力をのぞいては、ローマの世界は信じられないほど貧弱であった。その知っている近代の機械に似た唯一の生産エネルギーは奴隷であった。重要な価値のある人為的な力で生産や輸送に応用されたものは一つもなく、社会が政治と社会の線で急速に発展したときも、その奴隷制度と呪物神制度を極限まで拡大する以外には、その経済を同じ水準に支える手段は他になかったのである」(Adams (1918), 邦訳503ページ)。

だが人類は、まだこのエネルギーというものについての理解がなかった。よって、古来、人類はこれまで究極のエネルギーのことを神と呼んでいたとアダムズはいう。

「最高の引力のあるエネルギーに対しては、人間は神聖という名称をあたえ、それを統制するために宗教という科学を発明した」(Adams (1918), 邦訳499ページ)。

さて、やがて中世を迎えるのだが、アダムズによれば11世紀と12世紀の間に断絶があった。11世紀は男性原理が支配的であるが、12世紀は女性原理が支配的となる。ここで男性原理とはエネルギーの開放を妨げようとする制度や道徳、慣習などであり、それに対して女性原理とはエネルギーの開放であり、エネルギーの開放を妨げようとするものを破壊するものである。

いわば宗教がエネルギーの利用を統制していたわけである。だが、アダムズによれば、エネルギーは13世紀くらいから加速度的にその利用が高まっていった。中世が終わり、宗教の支配から科学の支配へと知識の世界が変わっていったからである。エネルギーの利用は指数関数的に増加していくこととなる。

「力学のどんな法則とも同じように決定的で一貫している加速度の法則は、人間の便宜のためにそのエネルギーをゆるめると想像することはできない」(Adams (1918), 邦訳516ページ)。

中世においてもいうまでもなく、保存則からエネルギーの量は現在のそれと同じである。にもかかわらず、それを有効エネルギーに変換させるコンバーターが存在しなかった。もちろん、中世の技術についての研究が明らかにしているように、中世においても技術の改良は存在した。¹²⁾だがそれは、風力や水力に関するものに限定され、生産における原料も有機物に依存する類のものであったので、大量の有効エネルギーの放出がかなわなかったのである。

さて、アダムズは19～20世紀における変化をみずからの人生を振り返りつつ考察しているが、

そこで利用可能なエネルギーの変化のもつ意味を考察している。アダムズが生を受けた頃には木材が熱源の中心であったが、その後、石炭が用いられるようになり利用可能なエネルギー量が飛躍的に増大した。石炭がエネルギー利用と進歩の計測器となったのである。

「ことに十九世紀においては社会は、一致して、その進歩を石炭生産高によって測定することに同意した。石炭力の増加率が動力計として役立つかも知れない」(Adams (1918), 邦訳513ページ)。

また、それとともに支配的な産業にも変化が生じることとなる。

「人は、どこに勢力があるかはだいたい推測することができた。というのは過去十年間は偉大な機械エネルギー—石炭、鉄、蒸気—に、古い産業要素—農業、手工業、熟練—に対する明瞭な支配力をあたえていたからである」(Adams (1918), 邦訳253ページ)。

さてアダムズは、1896年にシカゴで、1900年にパリで開催された万国博覧会を見学したが、そこに展示されていた最先端の科学技術の精華を見て驚愕し、たいへん興味をもった。そこに展示されていたダイムラーモーターや自動車に驚くことになる。また、ダイナモ（発電機）を見学してたいへん興味をもった。

「機械の陳列室にあるダイナモと、外の機関室との間にある連続性の途切れは、歴史家の目的にとって底知れぬ割れ目となった」(Adams (1918), 邦訳401ページ)。

だが、そのような利用可能エネルギーの増加をもたらすのは、認識の向上、つまり科学の発展による。アダムズは19-20世紀における科学者の役割に注目した。教育システムが発達して科学者の数も増加し、彼らが大量のエネルギーを利用可能なものとしていたからである。

「不可能事はもはや行く先になかった。彼の一生は不可能事で肥ってきていた。少年はお六歳にならないうちに、四つの不可能が現実となるのを見た—大洋汽船と鉄道と電信と銅板写真である。この四つのうちのどれが他を急がせたのか、彼にはどうしてもわからなかった。彼は米国の石炭生産高が無から三億ドンかそれ以上になるのを見た。更に重要なことは、力—その引力の真正の測定—の追求に携わっている人の数が一八三八年の数百人から一九〇五年には数千人に増加しているのを見たことで、彼らはみな今まで達したこともないほど鋭利に訓練され、無限の能力と正確さを持つ器具を用意して」(Adams (1918), 邦訳ページ)。

さらにアダムズは、この動きは今後とも加速度的に速度が速くなっていくとみた。いわゆる「加速度の法則」である。¹⁴⁾だが、19世紀の人間はこのような動きがやがて収獲逡減の法則に従って静止する点を迎えると考えたのであった。いわゆる定常状態である。

「五十年前には、加速度はつづくことができないと、科学は考えていた。世間の人々は急速に忘れる。しかし今日でさえ、消費はだいたいいつまでも静止しているという信念に統計の基礎をおく習慣が残っている。ジョン・スチュアート・ミルとともに二つの世代が、やがて新しい力の爆発につづくべきこの静止の期間について語った。四十年代に年配であったものはみな、この信念のうちに死んだ」(Adams (1918), 邦訳ページ)。

ところが社会のエネルギー利用は加速度的に増加し、定常状態にいたるところかさらに発展をつづけたのであった。そしてアダムズによれば、ラジウムによる核エネルギーによって利用可能エネルギーは無尽蔵になるのである。

「紀元三〇〇年以来こんな革命的なことが起ったことはなかった」(Adams (1918), 邦訳517ページ)

ジ)。

さらに位相法則について言えば、アダムズは W. ギップスの「相 (Phase)」の理論を彼の歴史の力学的理論にとりいれた。相 (Phase) とは、物質の状態のことである。水は氷の時には固体だが、熱が加えられていくとやがて液体となり、そして水蒸気 (気体) となる。このように物質としては同じでもそのありようが異なる様子を相という。同じ相にあるうちは殆ど変化は生じないが、相が変化するときには状態が大きく変化する。¹⁵⁾

その例として、アダムズは発電機の出現をあげている。

「発電機は新しく、歴史に新しい位相を与えたので、彼は長いこと発電機のあいだを低回した」(Adams (1918), 邦訳362ページ)。

発電機の出現以前にはほとんど変化のなかったエネルギー利用の状況に対して、それが新たな時代の生み出したとアダムズは解釈する。

また相転移という概念がある。相転移とは一つの相の圧力や温度を変化させたときに相の共存状態を経て別の相になることであるが、アダムズは、もともと人類は本能の相から出発し、思考の相へと進化したと解釈している。¹⁶⁾そして、具体的には1600年以前を宗教の相、1600年から1900年を機械の相とよび、この間、機械エネルギーの利用可能性が飛躍的に増大したと理解した。

このように利用可能エネルギーの増大とともに人類は豊かになっていくのであるが、良いことばかりではない。先にもマンフォードが述べていたようにアダムズは現代社会の問題点も指摘している。

アダムズは「アメリカの歴史教師への手紙」(Adams (1949)) というエッセイで、エントロピー増大の法則とそれに抗う人類について考察した。

次のように述べている。

「人間は、毎年、10億トンの石炭のなかに貯えられている熱を浪費するが、それは自然によって置き換えることのできないものである。しかもその内、10～14パーセントを機械的エネルギーに転換できるにすぎない。彼は石炭や石油、ガスの貯蔵を地球から引き出す。熱としてそれらを消費するためにピートさえも掘り出す。彼は惑星を破壊し、その乾燥化を推し進める。彼は亜鉛やそれ以外の燃やすいかなる鉱物も他の形態のエネルギーに転換するいかなるものもつかみ、空間に放出する。彼の酸素の消費は熱の廃棄と比例するのであり、ケルビンに従えば「燃料がこれほどはやく燃やされ、空気中の酸素が使いつくされていくならば、およそ4～5世紀の間に使いつくされてしまうだろう (Life, 1002)」¹⁷⁾」(Adams (1949), pp. 216-217)。

アダムズはこのように、先のオストワルドとは異なり、エネルギーの利用可能性の増大を重視しつつ、同時に現代社会において問題となっていることについて20世紀の初頭にすでに指摘していたのである。

V フレデリック・ソディ … 熱力学の法則と経済の法則

次にフレデリック・ソディを取り上げる。ソディは有名な科学者であり、1921年には同位元素の発見等によりノーベル化学賞を授与されている。¹⁸⁾だがその翌年には Soddy (1922) を刊行し、

経済学に物理法則を導入するとともに正統派経済学を批判するようになった。批判された者の中にはケインズも含まれている。

さて、ここでなぜソディを取り上げるのかということであるが、それはエネルギーの観点から経済を考え、地球生態系と経済との調和を考察したからである。

ソディは経済学に熱力学の諸法則を適用すべきであると主張した。これはもちろん、当時としては常識外れと思われた。実際、ソディの経済学について、それによってソディの化学者としての名声に傷がつくと心配する人々が大勢いたのである。

だが、今の時点でソディを読んでも彼が非常に鋭利に正統派経済学を批判していることがわかるし、現在のエコロジー経済学を考えれば異説どころか正当な理論であるといえる。彼は早すぎたのである。ここではSoddy (1922) を参照しつつ彼のエネルギー思想を検討しよう。Soddy (1930) も重要であるが、本稿ではそこまで検討することはできない。

ソディは次のように述べている。

「デカルト派経済学の出発点は、エネルギーの保存と変換というよく知られた法則であり、通常熱力学第一、第二法則と呼ばれているものである」(Soddy (1922), 邦訳 (上) 41ページ)。

だが、これまでの経済学はこれら法則を無視し、経済を環境とのインプットやアウトプットなしに成長し続けることのできる永久機関のようなものだと考え続けてきたのである。だが、経済であろうと生物であろうと外部環境との交換なしに存在し得るものではない。よって、それらの問題を考えなくては真の経済学は樹立できない、ということである。

そこでソディは、人間にエネルギー収入をもたらす根源について検討する。エネルギーの究極的な源はどこであろうか。それは地熱などを除けば太陽エネルギーである。

「それは、継続的なエネルギー収入をもたらし、生命の活動エンジンによって消費される」(Soddy (1922), 邦訳 (上) ページ)

次に、太陽エネルギーはどのような形で人間が利用しうる形になるのであろうか。それはまず植物を介してである。植物が光合成をおこない、酸素と炭水化物を生産し、またその植物を草食動物が食し、その草食動物を肉食動物が食し、肉食動物を人間が食す、という形で食物の連鎖¹⁹⁾が起り、これが人間の経済を支えている。経済の最も根幹にあるのは太陽エネルギーなのである。

そしてソディは、エネルギーの利用形態を二つに分ける。一つは、生命の体内の代謝利用であり、それをソディは「生命利用」と呼び、二つは、外部の仕事あるいは労働をするための利用であり、それを「労働利用」と呼んでいる (Soddy (1922), 邦訳 (上) 47ページ)。

生命利用についてはいうまでもないが、それについては一般にはほとんど知られていない。

「現在においてすら、植物を媒体にしてのみ可能なこのプロセスはあまりに間接的であるため、この条件に基づいて自分たちが生存しているという事実や、利用可能なエネルギーの源と量の極度の重要性を理解している人はほとんどいない」(Soddy (1922), 邦訳 (上) 47ページ)。

しかし、自然エネルギーの労働利用について人間はるか昔から努力と開発を行ってきた。19世紀までは人間はいわゆる再生可能エネルギーの収入に基づいて生きてきた。

「以前に生命によって利用されたエネルギー形態はすべて、潮汐や温泉のエネルギーなどの一、二の重要でない例外を除けば、太陽収入の形をとっている。風力、水力、木の燃料は、穀物やその他動物性食物と同様、太陽光からの年間収入の一部である」(Soddy (1922), 邦訳 (上) 47ペー

ジ)。

だが、蒸気の時代に入ると、

「しかし、石炭が王者になった時、何百万年も前の太陽の光がそれ自体を現在のものに加え、それにより世界がかつて見たことのない文明が築かれた」(Soddy (1922), 邦訳(上) 47ページ)。

つまり労働利用に再生不能な化石燃料を大量に用いるようになって、社会は大きく変化したのである。もちろん、その利用はあくまで労働利用であって生命利用にはほとんど使われていない。だが、このことがソディにとって現代の経済学に理解されていないが、最も重要な事実なのである。イギリスではそれによって飛躍的な発展を遂げたが、

「…、石炭のないアイルランドでは、人口が同じ期間で500万から430万人に減少したとのことである」(Soddy (1922), 邦訳(上) 49ページ)。

このように石炭のおかげで社会は発展し一人当たりの実質所得も増加したが、石炭は過去の太陽エネルギー²⁰⁾によって、植物や木などが堆積してできたものであり、それには限りがある。よってそれに基づく繁栄はいつまでも続くというわけではない。

「石炭は真の資本であり、その消費から資本主義文明が築かれたが、その搾取に伴って膨れ上がった人口の生計手段に関しては、石炭の利用は間接的なものであったし、また終わりが来るものである。これが資本主義の大きなパラドックスである」(Soddy (1922), 邦訳(上) 49ページ)。

そこでソディは次のように社会の富を定義する。

「かくして、物理学は、こうした政治経済学の問題、あるいはマルクス主義著述家の「我々の社会の富、すなわち、社会を構成する個々人の生計と快適さの手段の源泉は何か？」という問い掛けに、私はこれが初めだと思うが、厳密に答える。生計の手段は、農作業により太陽エネルギーの毎日の収入から得られる。生活の付属品、衣服、家、燃料や快適品や贅沢品は、その大部分が過去の地質年代から保存されてきたエネルギーの資本蓄積による収入増加によって得られる。生命は、一瞬一瞬、連続するエネルギーの流れに依存しているので、生存を可能にする必需品としての富はストックよりむしろフローの性質を帯びる」(Soddy (1922), 邦訳(上) 50ページ)。

さらにソディは富の生産要素として、次の三つをあげる。エネルギーと天才、そして労働である(Soddy (1922), 邦訳(下) 39ページ)。有効エネルギーがなければ生産することができない。これは先にみた通りである。さらに人間の創造性である。ソディは知識の同化吸収と創造とは全く異なると述べる。

「しかし、それまでは、世界の富は、精神的なものも物質的なものも、結局非常に少数の精神の働きによるものとみなさねばならない」(Soddy (1922), 邦訳(下) 38ページ)。

「…また最近言われていることだが、文明の未来は、大学の科学者たちが数週間邪魔されずに研究を続けられる機会を与えられる、彼らの夏季休暇にかかっている」(Soddy (1922), 邦訳(下) 39ページ)。

すでに知られていることを模倣することは富を増加させることにはつながらない。天才的な知性の生み出すこれまでは未知であった知識や技能が富を増加させるのである。

だが、それだけでは人類は幸福になることはできない。経済をいかに運営していくかという知恵が必要となる。

「しかしながら、科学的発見による恒常的な収入増加の条件では「経済」のような制度は維持

しえず、またたとえ二〇世紀が一九世紀のように実り多い発見の時代となるにせよ、高利の法則と高利貸しの支配下においては経済体制が破壊から逃れる術はない」(Soddy (1922), 邦訳 (下) 46ページ)

そこでソディは、経済の分析に入る。²¹⁾ソディは経済学者は富と負債を混同しているという。富は熱力学の法則によって支配されているため、永久に増加することはできない。それに対して負債は永続的に複利的に増加していくものと考えられている。だがそれはありえないことである。

人々は富と貨幣や債券を交換しようとする。なぜならばそれは将来の富に対する請求権を得るためである。富は貯蔵することができない。それはエントロピー増大の法則にしたがうのでやがては腐ってしまうからである。そのため将来の富を得るためには貨幣や債券を保有する必要があるのである。

だが、貨幣が交換手段としてのみ振舞っている場合には問題は生じなかったのだが、貨幣が利子うみ資本として機能するようになると問題が生じることになる。金融システムはエントロピーの法則にしたがわず、たえざる増大が目指されるからである。

ソディは中国の皇帝にチェスを教えた男が褒美に何が欲しいかと尋ねられた男の話を紹介し、負債の複利的増加はわずかな時間で爆発的に増加し人間が制御しえないところまでいってしまうのである。

ソディが言っているのは、金融財の価値と実物財の価値の総和とは一致しないということだけでなく、実物財の価値の増加には制約があるが、金融財の価値の増加には制約がないということである。しかも金融財を保有している人々が一斉にそれを実物財と交換しようとしてもそれはできない。つまりそれは合成の誤謬である。

また、利子はそれを受け取れない人と支払わなければならない人が分離する。つまり、全員が利子を受け取るということとはありえない。そのように、共同体全体にとって不合理なことは公平の原則により個人にも認められるべきではないというのがソディの発想である。²²⁾

なぜこのようなことが生じるのかといえ、現代社会においては貨幣が負債として、つまり誰かの借金によって生まれるからである。

「負債の自然増加といった不合理な人間慣習を、富の自然現象という自然法則に永久に対抗させることはできない。これは、それが負債の増加を規制する単利、複利に関係なく言えることである。明らかに、非常に長期間に渡った場合の複利の法則作用は、今のところ完全には示されていない。しかし、重大かつ憂慮すべき事実は、この不合理な法則が、金融業者のトラストや企業合同の支配下に金を集中させることによって、今や日々ますます多大な影響を及ぼすようになってきているということである」(Soddy (1922), 邦訳 (下) 45ページ)。

だが、これまでの経済学は貨幣の本質を誤解していた。それによって、世界は不幸になってきたとソディは考える。

「…私は、自分の注意を負債の最も一般的な形態、貨幣に集中するつもりである。というのはこの約束事についての正しい理解がより広く行き渡り、また貨幣の購買力が度量衡基準のように正確に求められるまでは、社会に平和はありえず、すべての複雑な政治、社会体制は単に退屈で手の込んだ偽りの状態のままだと考えるからである」(Soddy (1922), 邦訳 (上) 53ページ)

このような問題意識から、ソディは貨幣制度の改革へと向かっていくのである。²³⁾

Ⅶ アメリカにおけるテクノクラシー … 技術者による統制

先にも述べたように、1930年代のアメリカで大変なブームになったのが「テクノクラシー」という社会思想であった。つまり、社会を考えるのに一番重要となるのはエネルギーの効率的な利用であり、またエネルギー資源をどれだけ有するかが国際的な覇権を決定するという思想である。

このような社会学的エネルギー論はもちろん、それ以前にもあった。Ⅲ節で説明した W. オストワルドのそれである。彼は、社会をエネルギーで一元的に説明しようとした。つまり、すべての現象はエネルギー単位に換算して理解されるべきであるし、人類史とはエネルギー効率を高める過程であると主張したのであった。

だが、これもすでに知られているようにオストワルドはすべての事象をエネルギーによって一元的に解釈しようとしたあまり、心的エネルギーというように人間の精神をエネルギーによって解釈し、それが万物のなかで最も優れたエネルギーであるというところにまで彼の議論を進めたのであった。

彼の社会エネルギー論はそのような極論をしたため、自然科学者からも批判されたし、また哲学者や経済学者からも批判されることとなった。だが、ジョージ・ジェスク＝レーゲンが彼を擁護したように、その主張の中には合理的なものも含まれていた。そして、その思想を技術者による社会の管理や価格メカニズムの否定といった経済的思想に結びつけたのがテクノクラシーという思想、運動だったといえよう。²⁴⁾

また、彼らはソディの経済学を理論的支柱にしようと考え、ソディの著書を大量に購入した。それが機縁となって Soddy, F (1926) のアメリカ版が出版されることになったことは Martinez-Alier, J. Klaus Schüpmmn (1987) にも記されているが、有名なことである。

さて、テクノクラシーについて述べるが、ここではレイング著『テクノクラシーとは何か』(Laing (1933))、四至本八郎 (1933) などを参考に²⁵⁾する。

テクノクラシーがはやったのにはいくつかの事情があった。²⁶⁾

テクノクラシーという用語は1919年にウィリアム・H・スミスという技師発明家によって作られたものである。だが、その思想の内容を作り出したのは S. ヴェブレンであった。ヴェブレンが「ザ・ダイアル」誌に発表したいくつかの論文を集めた『技術者と価格制度』(Veblen (1921))²⁷⁾がテクノクラシーの思想的淵源となったのである。

そこでヴェブレンは、産業革命の頃には、企業経営者が自ら生産技術の開発などを行い、生産が技術者の専門的知識によって行われていたが、株式会社が発達すると経営者と技術者が分離し、技術者は基本的には経営者の被用者となったことを指摘した。そして生産は利潤のためになされるのであり、技術者の知識はそれに従属するものとなる。その結果、生産能力があるにも関わらず経営者はそれをフルに活用せず、価格を吊り上げるために生産制限などを行ない、モノ不足を生み出すことになる。また、分配も富める者をより豊かにし、貧しきものをより貧しくしている。そのため資本主義は自らが有する生産能力を十分に活用することができない状況に陥っていることを指摘したのである。

よってそのためより良い代替的な社会制度が必要なのであるが、それは現代の技術に詳しい技術者が参謀本部を組織してソヴィエト（労働者自主管理団体）を作り、やがて労働者を率いて生産手段を資本家から奪取し、私有財産制度、価格制度を廃止すべきであると主張したのである。いわばテクノクラートによる社会の統制を主張したのであり、思想的にはサン・シモン主義を継承するものであった。

そのような共産主義的な思想が、アメリカでは主流にならなかったのはいうまでもない。ヴェブレンがそのような思想を主張した時期は1920年代であり、アメリカが好景気に沸いていた時であった。そのためヴェブレンは学界から冷遇され、不遇の晩年を過ごさざるをえなかったことはよく知られていることである。

だが、その思想が見直される時が来る。ヴェブレンは1929年8月3日にこの世を去るのだが、その直後に世界恐慌が勃発し、資本主義が壊滅的な打撃を受けたのである。株価の暴落に端を発する恐慌によって経済が落ち込み債務は累積して、町では失業者が餓死するという事態も起っていた。そのような中で、資本主義、私有財産制度や価格制度が問題視されるようになった。

そこで活況を呈するようになったのがテクノクラシー運動であった。この思想の中心人物はハワード・スコットであるが、彼は共産主義者であったジェネラル・エレクトリック社の技術者であったチャールズ・スタイメイツらと共に1920年代の初期に「技術者同盟」という団体を設立したのだが、ヴェブレンもそのメンバーだったのである。

スコットは、コロンビア大学の「北米エネルギー調査所」の主任として社会のエネルギー事情を実証的に分析し、その成果からいくつかの結果を導き出したのである。

テクノクラシーの誕生にはいくつかの問題意識がある。

一つは、アメリカは貧困を克服したはずであったのになぜ貧困な状態に戻ってしまったのかということである。周知のように、アメリカは1920年代、狂乱の20年代（ローリング・トゥエンティー）の状態では好景気に沸いていた。また生産能力は高まり、生産や生活の機械化が進みそれまでより少ない労働で多くの財を生産できるようになっていた。つまり供給能力は各段に発展したにも関わらず、社会は貧困な状態に戻ってしまったのである。

二つには、そのような状況を生み出したのは価格や利潤原理であるということである。つまり、生産能力は十分あるのだからこのようなことは生じ得ないにも関わらず、経済活動が利潤を目的として行なわれる結果、このような事態が生じたのだというわけである。そこから、社会主義にまではいかないもののなんらかの社会的統制が必要であるという思想が生まれていた。

さらに、価格によって社会を制御するということについての限界が認識されるようになっていた。企業は生産費用を最少にするように生産を行なうが、それがエネルギー効率を最大にする保証はない。薪や石炭から石油へとエネルギー資源は代替されていくこととなったが、それは高くなったものから安いものへ資源を転換することである。だが、資源そのものの生産効率を高めるものではない。

さらには工業化が進展し、すべてのものが機械によって生産されるようになっていた。その中で、エネルギーの重要性が認識されるようになっていたのである。特に電気エネルギーが工場だけでなく社会全般で用いられるようになり、エネルギーの発生元とそれを消費する場所が分離されるようになった。そのために中小の企業も収益を上げることができるようになり、また各家庭

も豊かさを享受できるようになったのである。

だが、世界恐慌が起ることになる。しかも、そのような恐慌に対して経済学者も政治家もマルキストもなんら有効な手立てを考えることができなかったのであった。

「それは即ち僅々、数年前迄想像されてゐた真理即ち富と云ふものは、労働とか、物資とか、或は金銭とかに直して測るのでなくして、エネルギーに直して測るものだと言ふ真理の証人となつた。銀行家、産業経営者、マルキスト、ファシスト、経済学者、軍人や政治家などは、最早や過去の人となつてしまつたのである」（四至本（1933）、28ページ）。

それではどのようにすれば、そのような社会の病理を克服できるのであろうか。

第一は、エネルギーを社会価値の基準とすることである。これまでの貨幣による価値づけをあらためエネルギーをもってすべきだということである。

「たとへば、小麦の生産能力にしても貨幣価値を標準とするから、其の貨幣たとへば金自らの上り下りによつて小麦の値段が動くから、本当の生産能力がハッキリと判らぬ。それがエネルギーを単位とすれば、之は上り下りが無いから真の生産能力が判ると云のである。之がテクノクラシーの本系を為してゐるものである」（四至本（1933）、213ページ²⁸⁾）。

第二は、生産能力を技術者が統制することである。機械化によって生産能力は激増してきた。「彼れ等の説明によると機械化の進展の爲過去卅年間に入力労働能力が八百萬倍になつてゐる。例へばアメリカの靴工場に於いて機械力のフルスピードによつて約十萬足の靴が出来る。之を人間に割當ると一人九足になる。一年に九足、はきつくさねばならぬ訳であつて、之が何等の統制もなくして生産されてゐるのだから靴の生産過剰は當然のことである。よつて一ヶ年も働けば三四年間休場せねば立ち行かぬことになり、そこに夥しい失業者が生ずる。故に此の生産能力を好都合に統制して行けば、人間がそんなに朝から汗水たらして働かずとも結構、安楽に生活して行ける道理である」（四至本（1933）、214ページ）。

第三は、生産経営を経済学者や政治家や企業家の手によつてではなく、エネルギーに明るい自然科学者に委ねるべきだという主張である。

「従来は生産経営は、経済学者や政治家や金融家達の手によつてやられて来た。之れでは到底機械力の発展した今日及び将来、完全に生産を統制し、一般大衆の生活の安定を計ることはむづかしい。刻下の大問題たる不景気と之れに伴ふ失業者に対して政治家や経済学者などの議論は、付焼刃の膏葉貼り議論ばかりで根本問題に触れてゐない—だから須らく今後は、生産経営は自然科学者の手に委ねて貰ひたいのである。自然科学者は、生産経営をやると物質自身の研究に入つて来るから物の見かたが違つて来ると云ふのである」（四至本（1933）、215ページ²⁹⁾）。

その後、テクノクラシー運動は急速に大衆の支持を失っていくことになるのだが、さて、このようなテクノクラシーの思想をどう理解すべきであらうか。確かに、その社会計画の考え方は観念論的なものがあるし、またエネルギー効率だけで経済を考えるということにも問題があるだろう。またテクノクラシーには環境問題に対する認識はまったくないということも現在の価値観からすれば問題であらう。また、専門家による技術の統制という思想も、民主主義的な意思決定と対立する点も出てくるであらう。

しかし、エネルギーの問題でいうなら、利潤が上がるかどうかよりもむしろその効率を考える³⁰⁾ほうが重要であるという思想は正しいものと思われる。

Ⅶ フレッド・コットレル … 剰余エネルギーと文明

次にフレッド・コットレルをとり上げる。コットレルは社会学におけるエネルギー論に多大な影響を与えた Cottrel (1955) で知られている。この書は、1955年に出版されたものだが、その後、コットレルの死後の2008年に息子であるロバートがコットレル自身による Cottrel (1955) の改訂草稿をもとにして Cottrel (2009) として改訂出版した。ここではこの版を用いることとする。

コットレルは人類史を、剰余エネルギーを獲得するために人類がいかにエネルギーを得てきたかを、大別すると Low-Energy Society と High-Energy Society に分けて説明している。

まずコットレルは、この書で再検討したい命題について次のように述べている。

「利用可能なエネルギーが、人類が何をなしうるかを制限し、何をなしたいかに影響を与える」(Cottrel (2009), p.1)。

人類の社会は、利用可能なエネルギーの量によって制約されるというこの命題は、オストワルド以来、エネルギー論においては知られていることであったが、とにかくコットレルはこのようにみずからの課題を明らかにする。

それではそのエネルギーはいかにして獲得することができるのか。それにはエネルギーを別のエネルギーに変換するコンバーター（変換器）が必要であるが、その変化が人類の進化と関係しているとコットレルは主張する。

さてそこで人類にとっていかなるエネルギーが重要であるかだが、それは剰余エネルギーである³¹⁾。そして、人類が剰余エネルギーを獲得するためにエネルギーのコンバーター（変換器）をいかに変化させてきたかを明らかにしてゆく。

それでは剰余エネルギーとはいかなるものであろうか。コットレルは次のように定義している。

「これ (surplus energy) はより多くのエネルギーを作り出すために支出されるエネルギーを超えた部分であり、それが人間にとって利用可能なものである」(Cottrel (2009), p.26)。

剰余エネルギーとは生み出されたエネルギーから、それを生み出すために投入されたエネルギーを差し引いた部分であり、人類が自由に用いることのできるエネルギーである。いうまでもないが、栽培者が収穫物からそれを獲得するためにまいた種を回収できなければ彼が最初にもっていたよりも少ないエネルギーしか使えないことになってしまう。逆に、収穫が撒いた種を補填するのに必要なものよりも多ければ彼が利用できるエネルギーは多くなる。つまり彼は剰余エネルギーを獲得したのである。

このように剰余エネルギーとは、経済学では剰余に当たるものであり、消費投資に用いられるし、また分配の対象となる。だが、分配の対象になるということは、当然のことながら人間間の支配-被支配の関係が入り込むわけで、本稿では取り上げないがそのことも分析の対象とされている。

さてこのようにコットレルは述べ、剰余エネルギーの概念が社会システム理解の中心概念であると主張する (Cottrel (2009), p.28)。そしてそれを得るためにはいくつかの方法あるとされる。人類はそれを得るためにエネルギー資源を発見しなければならないし、そのポテンシャルを人間

が使用することのできる形のエネルギーに変えるコンバーター（変換器）を作る必要がある。

またそのような剰余エネルギーをいかに制御し、またいかに分配するかという問題も社会の変化を考えるうえで重要な問題である。

近年の経済思想の知的営為は利用可能な剰余エネルギーをいかに合理化し、また適当にコントロールするかを解明することについてなされている。

最初にコットレルは有機的エネルギー organic energy と低エネルギー社会 Low-Energy Society をとり上げる。植物は太陽エネルギーと水から酸素と炭水化物を作り出すコンバーターである。その植物を生物が食べることによってエネルギーが生物へといくらかのロスを伴って移転される。さらにその生物を食べる生物にまたいくらかのロスを伴うがエネルギーが移転される。このような食物連鎖によって、太陽エネルギーによって生み出された化学エネルギーは移動を繰り返し、人間にたどり着く。

具体的に歴史をたどってみると、旧石器時代（狩猟採集社会）における人類は、まだ農耕を知らず自然の植物や動物を消費することによって生活していた。またこの時代には剰余エネルギーはなく、必要エネルギーしかなかった。

たとえば、低エネルギー社会において重要となるのは、有機的エネルギーであり、それと植物や動物といったコンバーターである。植物は太陽エネルギーから炭水化物と酸素を作り出し、それによって生物が生きることができる。

また動物が、人間が消化することのできない植物を消化することができる場合があるが、その動物を人間が食べることによってその植物からの化学エネルギーを間接的な形で獲得することができるようになる。また植物だけだとでんぷん質ばかりになってしまうが、動物がタンパク質を提供することによって栄養状態をよくすることができる。

また火は熱を発生させる。それによって猛獣から身を守ることができるようになり、生活圏が拡大する。火によって暖をとることができ、また、堅い植物や動物の肉などを柔らかくし人類が食することができるようにする。

さらに新石器時代になると農耕が起り剰余エネルギーが生じることになる。先に剰余エネルギーはそれを今消費してしまうこともできれば、将来のために使うこともできる（消費・投資）と述べたが、例としては農耕における播種である。今、消費するエネルギーを断念することによって、将来消費できるエネルギーを増やすことができる。³²⁾

農耕文化が発生すると、動物は家畜化され畜力として機械エネルギーを生み出し、また動物に畑を耕したりさせるための道具（ひずめ、鞍、鋤を体に結わえ付ける道具、など）が工夫されるようになる。つまり技術革新が起る。ただし、それらを作るためには熱源が必要となるが、だが、その際、熱を発生させるものは木材であった。木材によって得られる熱は石炭や石油と比べれば圧倒的に小さい。つまり、有機的エネルギーに生産活動が大きく依存している場合には生産力は小さいのである。

ただし、先にも述べた動物の利用、家畜化は人類に進歩をもたらす。動物の糞は植物の生長に必要な化学エネルギーに転換される。また、動物自体を人間が食することによって化学エネルギーやたんぱく質が提供されることとなり、栄養状態が向上する。³³⁾さらには家の番をしてくれることにもなる。

だが、時代が進むにつれて、非有機エネルギーが経済活動に取り込まれることになる。次に取り上げられるコンバーターは非有機的エネルギーである風や水であり、またそのコンバーターである風車や帆船、水車や川である。このコンバーターの変化が社会を大きく転換することとなる。³⁴⁾

風という非有機エネルギーによって風車が回転して機械エネルギーが発生する。また、帆船がヒトやモノを大量に輸送することができるようになる。また水は、水車を回すことによって穀物を粉にしたりして食生活をより多様なものとする。また川は船でものを運搬する機械エネルギーを生み出す。それによって貨物輸送がより容易となり、商業や貿易が発達した。これらの要因が、低エネルギー社会を高エネルギー社会への進化させたのである。

だが、それらの非有機的エネルギーには限界がある。風は常に同じ方向に同じ強さで吹くとは限らない。水力もそれが生み出せる仕事の量には限界がある。³⁵⁾さらに熱源としての木材は伐採が進み、枯渇するようになった。実際、イギリスでは森林の伐採が進み熱源が枯渇してしまったため、生産活動に支障をきたすようになった。

そこで鉱物資源である石炭が熱源として使われるようになる。石炭は800年くらい前から使われていたようだが、使用量が多くなったのはいうまでもなくジェームズ・ワットが蒸気機関を発明してからである。つまり人類は、地下のエネルギーストックを用いるようになって利用可能エネルギーが各段に増加した。また電気エネルギーが用いられるようになり、さらには核エネルギーが用いられようとしている。

また生産物も19世紀までは、材料は有機物が多かったが、材料に鉱物資源が大量に用いられるようになる。それによって生産物の耐久性が高まる。また農業は工業化され、トラクターやコンバインといったコンバーターが投入されるようになり、生産性が飛躍的に上昇した。

このように人類史は、エネルギー利用とそれを仕事に変換するためのコンバーターの開発史として記述することができる。このようにコットレルは考えたのである。

ただし、このような体系にも問題はある。それはエネルギー利用の可能性が高い地域と低い地域とで格差が生まれるということである。自然エネルギーの利用がもっぱらだった時代にはそのようなことは起きなかったが、エネルギーストックが利用され、また原子力などの核エネルギーが用いられるようになるとそれにアクセスが容易か否かによって経済的豊かさに違いがでてくるからである。

そのような問題をどう考え、解決していけばよいのかについてコットレルは答えを出していない。³⁶⁾

VIII おわりに

本稿では、L. クラウジウス、W. オストワルド、H. アダムズ、F. ソディ、テクノクラシー思想、F. コットレルら、エネルギーやエントロピーといった熱力学的概念を用いて自然、経済、社会を議論しようとした人たちの思想をみてきた。

クラウジウスは、地下のエネルギーストックに依存する経済の持続可能性について論じ、その

ような流れを転換していくべきだと論じた。オストワルドは、社会の進化は人類の利用可能エネルギーの増加によって測られるという思想を論じた。またアダムズ、ソディはそのような問題意識を受け継ぎ、科学者の役割の重要性を強調した。またテクノクラシー運動は、社会そのものをテクノクラートによる支配にゆだねるべきだと考えたのである。

また、アダムズは環境破壊に警鐘を鳴らし、ソディは物理学の法則と経済計算の法則との矛盾から貨幣制度の改革に向かっていった。

コットレルは、エネルギー利用と社会の関係について考察した。

もちろん、これらの人々だけでなくさらにマルクス主義者の議論なども取り上げなくてはならない。それを行うのが次の課題である。

注

- 1) また本稿を起稿するのは、筆者の柴田敬研究の流れにあるものであり決して思い付きではない。柴田が柴田（1970）などでエネルギー問題を取り上げ論じているのであり、その問題を探究していくためには19-20世紀のエネルギーに関する思想を考察しなければならないと考えるにいたったからである。
- 2) それは政治的立場とは関係がなかった。たとえばマルクス主義者であるアレクサンドル・ボグダーノフはオストワルドのエネルギー元論哲学に傾倒し、オストワルドを唯物論哲学の観点から批判したV・レーニンを批判した。なおボグダーノフの社会エネルギー論については別の機会に議論する。
- 3) クラウジウスはまた熱と仕事は両方に変換可能だとするプレスコット・ジュールの考えを受け入れつつ（熱力学第一法則）、カルノーの考えも考慮して仕事はすべて熱に変換できるが、熱はすべて仕事に変換することはできないという熱力学第二法則を定式化し、それをエントロピーの法則と命名した。
- 4) 石炭も1トンの石炭で2トンの石炭が掘り出されるのならば純生産が行なわれているのではないか、と思われるかもしれないが、いうまでもなくそれはあくまであるものを取っているだけであり生産しているわけではない。石油にしても天然ガスにしてもそうである。
- 5) このような見方は、柴田敬のそれとよく似ている。柴田がクラウジウス論文を読んだとは思われないが、柴田は蓄電池開発のために自然科学を勉強していたのであるから、このクラウジウスの議論をどこかで読んだとしても決して不思議ではない。

もちろん、まったく同じというわけではない。クラウジウスは産業革命以降、地下のエネルギーストックに人類が手を出すようになり、それは再生可能ではないためやがては枯渇せざるをえないことが重要だと考えた。それに対して、柴田は資源枯渇が生産費を上昇させ利潤率を低下させるという法則を壊滅法則と呼び、それが問題だと考えたのである。柴田の議論はあくまで利潤率に関連づけてなされているという違いはある。

次にクラウジウスが資源保護のための国際的な協力関係を築くことが喫緊の課題だとしていることである。柴田も柴田（1952）において、国際協調の枠組みを逸早く作り上げることがこの問題に対しては重要であると述べている。

以上のように、クラウジウスと柴田の見解は相似的であり、その意味では柴田がこの頃に述べていたことは経済学者としては先駆的であったが、学問全体で考えるならばそれほど独創的であったとはいえないであろう。

- 6) オストワルドの生涯についてはオストワルド（1977）の訳者解説を参照。オストワルドの業績については硝酸の製法であるオストワルド法の開発などでも知られている。なお、オストワルドには教育者としても優れた業績がある。それはOstwald（1903）である。
- 7) Martinez-Alier and Klaus Schüppmann（1987）によると、例えば19世紀においても農業経済学者の

セルゲイ・ボドリンスキー、物理学者のエドアルド・ザッヒャー、バード・アトランティックス、レオポルド・フォンドラーらが、光合成と経済との関係について議論していたとされる。なお、過去には光合成の化学反応式が $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ と書かれたこともあったようであるが、勝木（1999）によると、左辺の水は液体（低エントロピー）であり右辺は気体（高エントロピー）であるから左辺と右辺の水は化学反応式としては残しておかなければならないようである。

- 8) このあたりは、この世の現象をシステムの観点からとらえるシステム理論と観点は相似しているといえる。たとえば Laszlo（1972）を参照せよ。なお精神のエネルギーという表現は Bergson（1919）にもみられる。オストワルドはベルグソンにも影響を与えたということであろう。
- 9) このような見方は現代の経済史研究にも影響を与えている。たとえば、Wrigly（1988）を参照。
- 10) 無機的エネルギーについては Ostwald（1913）、邦訳470-474ページを参照。
- 11) アダムズの家系は、二人の大統領を排出している政治の名門であった。彼自身も政治家になることを嘱望されたが、上院議員の秘書生活をするなかでそれに不向きであることを悟り、学問の道に入ることとなった。本稿で述べるもの以外にも、彼の功績としてエントロピー増大の法則とそれに抗って生きる人類という図式を示したことがあげられる。これはフランスの地質学者ベルナル・ブリュンヌの議論からアダムズが学んだものであるが、それについては本稿ではとりあげない。なおベルナルの著書は邦訳されていない（筆者はフランス語が読めない）が、彼の兄であるジャンがその著書（Brunhes（1920））の中で多く引用しているので、ベルナルの議論がどのようなものであるかは推測することはできる。なお、ベルナルは地磁気逆転についての「松山－ブリュンヌ境界」の概念で知られている。それについては菅沼（2020）を参照。なお、アダムズは明治の日本を訪れ、日本についての手紙をいくつか認めている。それについてはアダムズ（1960）を参照。
- 12) 例えば、White（1962）を参照せよ。
- 13) アダムズは、マルクスはこのような世界のエネルギーの拡大による変化を理解できなかったと考えているようである。「彼はカール・マルクスと歴史に関する彼の学説をふかい興味をもって研究したが、パリではそれを適用できなかった」（Adams（1918）、邦訳399ページ）。
- 14) アダムズはこのような加速度的なエネルギー利用の増加を直感的にはあるが、グラフにして示している。Adams（1949）、p. 292 を参照。ちなみにこの加速度の法則をアダムズは弟のブルック・アダムズから得ている。ブルックスはマルクス主義者で、物質とエネルギー利用の観点から唯物論的歴史観を打ち立てようとしていた。彼は『文明と衰退の法則』という書物の草稿をアダムズに見せたが、それがアダムズに大きな影響を与えたようである。この詳細については刈田（1957）、73ページを参照。
- 15) 相とは宮島監修（1994）では、「一般に物体の性質が科学的にも物理的にも同じであるとき1つの相にあるという。ある相とこれとは異なる相とが接しているときは、その境界は不連続な面である。相はそれが液体・気体・個体の状態にあるのに応じて気相・液相・固相とよばれる。液体や固体の内部で成分の比や原子配列などが不連続に変わる部分があるときは、別々の相である。重力などの影響で性質が連続的に変わっているようなときは一つの相であるという」（宮島監修（1994）、186ページ）と記されている。
- 16) 相転移とは「温度あるいは圧力などの変化により、物質がある相から別の相に移ること」（宮島監修（1994）、189ページ）である。
- 17) これはアダムズの未来予想であるが、このことを岡本（2019）では次のように要約されている。
 - (1)人間は、他の生命体と異なり、エネルギーを浪費する。人間は、地球に保存されたエネルギー源（石炭、石油、ガスなど）を使いつくそうとしている。
 - (2)人間は、地球上の森林を伐採し、地上の乾燥化を速めている。
 - (3)人間は、燃料資源をあまりにも急速なスピードで燃やしつくすため、酸素を使いつくしてしまう（岡本（2019）、217ページ）。
- 18) 同位体（isotope）とは陽子の数が同じ（つまり原子番号が同じ）で質量数が異なる（ということ

は中性子の数が異なる）原子のことである。たとえば水素には水素¹H（中性子の数が1）、重水素²H（中性子の数が2）、三重水素³H（中性子の数が3）があり、化学的な特性や性質は同じだが放出する放射線の特徴に違いがある（ちなみに三重水素のみが放射性同位体であり、他は安定同位体である）。なおこのことについては桜井監修（2024）、42-44ページを参照した。

- 19) このことは経済の拡大を自然との関係で考えようとしたジェイン・ジェイコブズによっても次のように述べられている。「…究極の地球エネルギー投入の源泉は太陽だ。生態系にあっては、植物細胞に共生的に住んでいる葉緑体がなまの太陽光をとらえる。それ以後生物が受け取るエネルギーは太陽エネルギーが変換したものなのだ」（Jacobs（2000）、邦訳81ページ）。なお、光合成についての研究史については園池（2008）を参照。
- 20) また当時は、腐敗した植物や木（デトックス）などを分解する微生物が地球に存在しなかったため、それが堆積し石炭ができたのである。
- 21) ソディの経済分析については河宮編著（2010）を参照。そこではSoddy, F（1926）、XV章が訳されている（河宮編著（2010）、188-198ページ）が、それを読めばソディの貨幣制度改革がいかなるものかが理解されよう。
- 22) この点についてはDaly（1996）、邦訳249ページを参照。
- 23) Soddy（1926）で検討されることとなるが、ソディはまた貨幣制度の問題にも業績を残している。1940年代に入って、アーヴィング・フィッシャーは100%準備制度を主張し、それがいわゆる「シカゴプラン」の原型となったことはよく知られている。だが、その先駆はソディだった。それはDaly（1996）に所収されている「フレデリック・ソディの経済思想」でも触れられているし、また山口（2015）、173-175ページによると、Zarlenga, S（2002）においてもそのことに言及されているのであり、Martin（2013）でもしかりである（Martin（2013）、邦訳注57ページ）。寡聞にして筆者は100%準備の考えを最初に述べたのが誰かはわかりかねるが、そのかなり初期の人物にソディがいることは明らかであろう。なお、山口（2015）において提示されている公共貨幣についてのわかりやすい解説については下田（2022）を参照。
- 24) もちろん、テクノクラシーを提唱、信奉した人々がオストワルドとの関係について述べたわけではない。だが、エネルギーの観点から社会を理解しようとするオストワルドの思想に影響を受けたことは否定できないであろう。
- 25) まずグラハム・アラン・レーングについて述べておくと、訳者序によると彼はカリフォルニア大学やカリフォルニア高等工芸学校で経済学を講じる学者であり、彼の『経済学概論』というテキストはかなり有名だったようである。また巻末にアレン・レイモンドの「テクノクラシーの全貌」という論文が訳され所収されている。また四至本八郎は桑港前『日米新聞』編集局長である。ちなみに、手許にある四至本（1933）の奥付をみると、第1刷が2月1日であるのに対して2月13日には第28刷が出ている。1刷がどれだけの部数かはわからないが、非常に反響が大きかったことがわかる。先にも述べたように、1931年に満州事変が起り日米の関係が悪化していたなかでアメリカという国について理解したいという社会の需要があったのであり、そのような中で出版されたのであろう。ちなみに、この書の最後に出てくる新光社の書籍案内についてみると、次のような書籍が当時出版されておりいずれも版を重ねていたようである。四至本八郎『是でも米国か』（この書は徳富蘇峰による序がついているのが売りであった）。権威十一『満州事変の経過』、権威十三『上海事変の経過』、権威十四『日米戦ふべきか』、権威十四『満州国の解剖』、デヴィス『日本恐るべし』小沢覺輔訳（ちなみにデヴィスとは米軍陸軍大佐であり、日米駐在武官を務めた日本通の人物であったようである）、等である。
- 26) 以下の議論の理解を助けるため、Laing（1933）のチャールス・ユー・ピアードによる序でジョージ・ソウルという人物が書いたテクノクラシー思想の要約を記しておこう。

「一、機会と人間以外の力の増進によつて、一定の品物を製造するに必要な労働力が次第に減少しつつある。二、現今の産業の基礎的事実は、自然資源にエネルギーを応用することである。三、合衆国におけるエネルギー調査の結果、品物の製造能率も非常に高め得る方法も判り、それによつて全国

民の一般的な繁栄をもたらす可能性をも明らかにした。四、労力を節約する機械が急激に応用せられ、忽ち人間労働と取り換えられたから機械的失業者（機械の発達の結果として生じ来る失業者）が次第に増加しつつある。五、現在の価格制度（若しくは賃銀制度）の下においては、経済的に社会を維持するに必要な生産高と購買力との適切な均衡は得られない。六、現在の傾向に従へば、この価格制度は吾々を暗黒の中に導き、結局、価格制度の崩壊を必然にしている。七、この間近にある惨状から脱する道としては、現在の産業機構を理解し、その単位—エネルギーの単位—を富の生産に使用する方法に通ずる技師、一名テクノクラットの支配下に置くことである」(Laing (1933), 邦訳1-2ページ)。

- 27) Elsner (1967) は、利用可能エネルギー量が社会の生産を根本的に規定しているというテクノクラシーの思想はヴェブレンからきたものだとしている。また周知のようにヴェブレンは、優れた未来予想でも知られている。このままいけば、やがてドイツと日本を中心とした国々が世界戦争を引き起こすであろうこと、またその戦争に両国とも負けるであろうが、どちらも優れた国であるから戦後の復興は速く進むであろうこと、などを1920年代にすでに予想していた。
- 28) このような思想は1970年代に盛んになったエネルギー・アナリシスにおいて復活することとなる。周知のようにエネルギー・アナリシスはP.チャップマンやH.オダム、D.ピメンテルらが生態系や経済におけるエネルギー利用の問題を考えるために発展させてきたものである。彼らはエネルギーを貨幣単位に切り替えるべきだと考えた。ただし、テクノクラシーにみられるようなエネルギー通貨の考えは否定した。エネルギーが財の相対価格を決定するエネルギー価値論は否定し、それが成り立つのは労働や資本に余剰がある場合だけとした。ちなみに、ソディはこのようなエネルギーを価値単位とする試みは否定した。
- 29) また彼らの思想には「社会変化は、社会が利用できる人間以外のエネルギーの量によって決定ないし制約される」という観点があった。Martinez-Alier (1987), 邦訳243ページを参照。
- 30) ジョージ・エスク＝レーゲン (1981) で述べられているように、「…長期的な観点からみて入手可能性の概念の確立に当たって重要なのは、エネルギーでみた効率だけであるという点を強調しておくだけで十分である」(ジョージ・エスク＝レーゲン (1981), 78ページ)。
- 31) コットレルは式を使って説明しているわけではないので、ここでは室田 (1979) の説明を参照する。室田はエネルギーの剰余生産率 D と呼んでいるが、それは次のようなものである。剰余生産率 D を天然が提供するエネルギーを別にして、人間の仕事をも含めた人工的なエネルギー投入量に対する、個々の人間なり社会なりが有用と評価するエネルギーの正味の産出量の比として定義すると、 $D = \frac{(\text{有用なエネルギーの産出量}) - (\text{人工的なエネルギーの投入量})}{\text{人工的なエネルギーの投入量}}$ となる。この式を使って室田は現代の水稲農業がエネルギー的には赤字を出しながら大量の米を生産し続けているのは石油の剰余生産率が高いからであると指摘している。
- 32) もちろん、これによってエネルギー自体が増えるわけではない。エネルギー保存則により、投入エネルギーと産出エネルギーは必ず等しくなる。室田 (1979) では次のように述べられている。「さて、熱力学第一法則が主張するように、ある系の内部ではエネルギーの総量は一定に保たれるのであるから、年率100という米の純増殖率はエネルギーを米のみに限定した場合の値であり、範囲を広げれば、100カロリーの米の収入のためには1カロリーの種の他に、太陽エネルギー、人間の農作業を含むエネルギー、化学肥料や農業の生産に投下されたエネルギー、など種々のエネルギーが支出されている。他方、収入の側においても、単に米だけでなく稲ワラの保有エネルギーも考慮しなければならない。このように米作全体を一つの系と考えれば、そこでのエネルギーは会計学的な意味で収支均等する。しかし、太陽エネルギーのような天然の貢献を除いて、先述のコットレルの意味での剰余エネルギーを考えると、漫然としたエネルギー問題が整理しやすくなる。そこでの剰余はプラス、マイナスいずれの値をも取りうるのであって、これは、最終的には収支均等している会計簿にも利潤や損失があるのと似たような意味においてである」(室田 (1979), 114-115ページ)。

- 33) ただし、コットレルが書いているわけではないが、歴史的には農耕が起ることによって炭水化物の過剰摂取による糖尿病などの疾病が生じることにもなった。
- 34) 先に取り上げたソディは、この水力を利用するという知識が過去にはなかったため人類は水力エネルギーを長きにわたって無駄にしていたと述べている。また石炭の利用方法を知らなかったため、石炭が埋まっている土地の上で凍え死ぬことにもなったと述べている。
- 35) ただし、電気エネルギーが用いられるようになると、水力発電という形で水力が効率的に利用されるようになった。だが、それは電気エネルギーの研究が進む19世紀を待たなければならなかった。
- 36) さらに Sahlin and Service (1960) ではコットレルの社会進化についての考え方として、「特定環境のエネルギー資源をより効率的に開発する文化体系は、それほど効果的でない体系を犠牲にしてその環境に普及する傾向をもつ」(Sahlin and Service (1960), 邦訳109ページ) という命題について述べている。

参考文献

- Adams, H (1918) *The Education of Henry Adams: An Autobiography*, ed, Henry Cabot Lodge, Houghton Mifflin Co. (刈田元司訳『ヘンリー・アダムズの教育』(アメリカの文学13), 八潮出版社, 1971年)。
- Adams, H (1949) *The Degradation of Democratic Dogma*, Peter Smith.
- Adams, H (1986) *Mont Saint Michel and Chartres*, Penguin Books (野島秀勝訳『モン・サン・ミッシェルとシャルトル』法政大学出版社, 2004年)。
- Armytage, W, H, G. 1965. *The Rise of Technocrats A Social History*, Routledge & Kegan Paul (赤木昭夫訳『テクノクラートの勃興』筑摩書房, 1972)。
- Bergson, H (1919) *L'énergie spirituelle*, P. U. F (渡辺秀訳『精神のエネルギー』(『ベルグソン全集5』), 白水社, 1965年)。
- Brunhes, J (1920) *Human Geography*, repr, Rand McNally Co (松尾俊郎訳『人文地理学』古今書院, 1929年)。
- Carnot, S (1824) *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance* (広重徹訳『カルノー・熱機関の研究』みすず書房, 1973年)。
- Clausius, R (1885) *Ueber die Energievorräthe der Natur und ihre Verwendung zum Nutzen der Menschheit*, Max Cohen & Sohn (河宮信郎訳「自然界のエネルギー貯蔵とそれを人類の利益のために利用すること—クラウジウス論文の訳と解説—」小野・槌田・室田・八木編 (1990)『熱力学第二法則の展開』96-111)。
- Cottrel, F (1955) *Energy and Society*, McGraw-Hill.
- Cottrel, F (2009) *Energy and Society Revised Edition*, Auther House.
- Daly, H, E (1996), *Beyond Growth, The Economics of Sustainable Development*, Beacon Press (新田功・藏本忍・大森正之訳『持続可能な発展の経済学』みすず書房, 2005年)。
- Daly, H. E and Farley, J (2011), *Ecological Economics: Principles and Applications*, Island Press (佐藤正弘訳『エコロジー経済学 原理と応用』NTT 出版, 2014年)。
- Elsner, H, Jr (1967) *The Technocrats Prophets of Automation*, Syracuse University Press.
- Gould, M (1966) *The Technical Elite*, Augustus. M. Kelly Publisher (吉開勝義訳『技術エリート 未来社会を推進するもの』ダイヤモンド社, 1969年)。
- Georgescu-Roegen, Nicholas (1971) *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press (高橋正立・神里公訳『エントロピー法則と経済過程』みすず書房, 1993年)。
- Georgescu-Roegen, Nicholas (1975) "Energy and Economic Myths", *Southern Economic Journal*, 41 (3): 347-381 (ジョージエスク＝レーゲン [1981], 第2章)。
- Georgescu-Roegen, Nicholas [1979], "Analysis and Economic Valuation", *Southern Economic Journal*,

- 45(4): 1023-1058 (ジョージエスク＝レーゲン, ニコラス (1981), 第5章).
- Hobson, J, A (1936) *Veblen*, Chapman & Hall (佐々木専三郎訳『ヴェブレン』文眞堂, 1980年).
- Jacobs, J (2000) *The nature of economies*, Random House (香西泰・植木直子訳『経済の本質—自然から学ぶ』日経ビジネス人文庫, 2013).
- Jevons, W, S (1865) *The Coal Question; An Inquiry concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal-mines*, Macmillan (The Online Library of Liberty).
- Laing, G, A (1933) *Toward Technocracy*, Angelus Press (ポール・ケート, 高津正道共訳『何がテクノロジークラシーか』平凡社, 1933年).
- Laszlo, E (1972) *The System View of The World, The Natural Philosophy of the New Developments in the Sciences*, George Braziller INC (伊藤重行訳『システム哲学入門』紀伊国屋書店, 1980年).
- Martin, F (2013) *Money The Unauthorized Biography*, Failu Ltd. (遠藤真美訳『21世紀の貨幣論』東洋経済新報社, 2014年).
- Martinez-Alier, J. with Klaus Schüpmnn. 1987. *Ecological Economics-Energy Eivronment and Society*, Blackwell Publishers. 工藤秀明訳『〔増補改訂新版〕エコロジー経済学 もうひとつの経済学の歴史』新評論, 1999.
- Munford, L (1970) *The Pentagon of Power The Myth of Machine II*,. 生田勉・木原武一訳『権力のペンタゴン 機械の神話Ⅱ』河出書房新社.
- Ostwald, W (1903) *Die Schule der Chemie, Eine Einführung in der Chemie für Jedermann* (都築洋次郎訳『化学の学校』上・中・下, 岩波文庫, 上/1952年, 中/1958年, 下/1959年).
- Ostwald, W (1912) *Die Energie*, Verlag von Johann Ambrosius Barth (山縣春治訳『エネルギー』, 科学図書館).
- Ostwald, W (1913) *Die Philosophie der Werte*, Leipzig: A. Kröner (『価値の哲学』大日本文明協会, 第二期第41編).
- Sahlins, M and Service, E (1960) *Evolution and Culture*, University of Michigan Press (山田隆治訳『進化と文化』新泉社, 1976年).
- Soddy, F (1922), *Cartesian Economics: the Bearing of Physical Science upon State Stewardship*, Henderson.
- Soddy, F (1926), *Wealth, Virtual Wealth and Debt: The Solution of the Economic Paradox*, Allen and Unwin Ltd.
- Veblen, T (1921) *The Engineers and the Price System*, Huebsch (小原敬士訳『技術者と価格体制』未来社, 1962年).
- White, Lynn (1962) *Medival Technology and Social Change*, Oxford University Press (内田星美訳『中世の技術と社会変動』思索社, 1985年).
- Wrigly, E, A (1969) *Population and History*, George Weidenfeld and Nicolson Ltd. 速水融訳『人口と歴史』筑摩叢書.
- Wrigly, E, A (1988) *Continuity, Chance and Change; The Character of the Industrial Revolution in England*, Cambridge University Press. 近藤正臣訳『エネルギーと産業革命—連続性・偶然・変化』同文館出版, 1991.
- Zarlenga, S (2002) *The Lost Science of Money: The Mythology of Money-the Study of Power*, American Monetary Institute.
- アダムズ・H (1960) *Letters from Japan*, Kenkyusha (原島善衛訳『ヘンリー・アダムズの手紙』研究社小英文叢書).
- 岡本正明 (2019)『【新装版】横断する知性 アメリカ最大の思想家・歴史家 ヘンリー・アダムズ』英宝社.
- 小野周・槌田敦・室田武・八木江里編 (1990)『熱力学第二法則の展開』朝倉書店.

- 刈田元司（1962）『アメリカ文学の周辺』研究社。
- 勝木渥（1999）『環境の基礎理論』海鳴社。
- 河宮信郎（2010）『成長経済から定常経済へ—持続可能性を失った成長主義を超えて—』勁草書房。
- 倉橋重史（1986）「エネルギーの社会学的考察」『社会学部論叢』20：51-64。
- 桜井弘監修（2024）『最強に面白い化学 ニュートン超図解新書』ニュートンプレス。
- 柴田敬（1970）「エネルギーと経済」『青山経済論集』22(2)：23-58。
- 下田直能（2022）『お金は銀行が創っているの？』同時代社。
- ジョージ・スク＝レーゲン、ニコラス（1981）『経済学の神話』東洋経済新報社。
- 菅沼悠介（2020）『地磁気逆転と「チバニアン」』講談社ブルーバックス。
- 宮島龍興監修（1994）『物理学小辞典』三省堂。
- 四至本八郎（1933）『テクノクラシー』新光社。
- 山口薫（2015）『公共通貨』東洋経済新報社。