

⇒ 論 説 ⇐

フレデリック・ソディの富の概念、価値及び資本の位置づけと、 環境及び経済システムのエントロピー論的理解におけるその 現在の意義

藤 堂 史 明

1. 序

本稿は、放射性元素のアルファ及びベータ崩壊と同位体の発見などの業績で知られる化学者、フレデリック・ソディ (Frederick Soddy, 1877~1956) が、経済学分野に関して、大胆な批判的視点から書き下ろした著書 *WEALTH, VIRTUAL WEALTH AND DEBT: THE SOLUTION OF THE ECONOMIC PARADOX*, Allen and Unwin Ltd., 1926 (『富、仮想的な富、そして負債：経済学の逆説への解決策』) のうち、とりわけ、彼の富に関する定義、経済学における資本との関連付けなどについて主要な主張を展開している第6章：“THE TWO CATEGORIES OF WEALTH” (「富の二つの類型」) を取り上げ、彼の主張を現在のエントロピー論・物質循環論の立場から評価し、とりわけ、資本の位置づけに着目して、環境保全と経済学の視野に関する今日的課題とも関連付けて論じるものである。ソディの主張は、それが現在より80年前に展開されたことを考えると、経済が直面している問題に対する驚くべき洞察力と先見の明を有しており、筆者はそれらの主張が、今日の資源・環境問題を考える際に必要な経済の物理的基盤に関して必須の知見であると考えている。

以下ではこの第6章の内容について要約するとともに、彼の独特な経済観に基づく主要な論理展開についてまとめる。また、第Ⅱ節においては、翻訳に関する主要な留意点とともに、上記部分を抄訳する。さらに第Ⅲ節においては、F. ソディの富の定義、問題提起を受け、今日的な問題意識に基づいた展望を行うものである。

概要と論理展開：

なお、原著は節番号がないが、ここでは正確さのために小見出しにより節番号をつけている。

6-1. 絶対的な富の性質と定義：

生きることを可能とする物理的必要物が富であると簡略に定義した後、この富の源泉が、自

然の中の利用可能なエネルギーの流れからもたらされていることを述べる。そして、この利用可能エネルギーは、エントロピー(増大)法則に沿うことを述べる。このエントロピー法則のもとで利用可能なエネルギーの存在こそが、ソディの考える富の形成原理の根幹を成している。¹

6-2. 生命の負債は生命により支払われる：

このやや特殊な見出しの節で論じられている「生命の負債」とは、富の生産に投じられた人間の労働時間を指している。ここでは、富の本質を人間が生きるために必要な物理的要件として解説し、これが絶対的富の基準であることを主張する。さらに、この必要条件を満たしたとしても、使用されないものは富ではないことを補足している。ソディは、どれだけ、原材料を費消して作られたとしても、生活の役に立たないもの(資本設備など)は無価値であることを強調する。この論点は後にさらに詳細に展開される。

6-3. 価値か価格か：

貨幣による金銭的価格表示が、通常の経済現象において重要であることを認めつつも、それが富の本質には全く無関係な交換価値として確定されるものに過ぎないことを指摘する。²

6-4. 労働と富：

労働価値説及び労働価値に関して、それが富の形成には寄与しないことを例示を用いて示す。もっとも、労働が富の形成に寄与しないという主張ではなく、その限定された役割を、以下で詳細に検討することになる。

6-5. 生産システムの電氣的なモデル：

ここでは、発電機の例示を用いて、仕事の生産における価値の源泉と、その媒介物の限定された貢献について詳細に論じている。発電機の例示はそれ自体が物理的仕事における利用可能なエネルギーの貢献のメカニズムの解説であるとともに、富の生産における資本や労働の役割について後に検討する際の類似例ともなっている。

6-6. 富の二種の熱力学的類型について：

F. ソディの考える富の概念について、熱力学的に利用可能なエネルギーの生産及び消費における関与の仕方に基づく類型化を行う。

6-7. 腐りやすい[富]、そして永久的な富：

前節を受け、二種の類型の富に関して、その変性のしやすさ(腐りやすさ: perishability)に着目して定義づける。

¹なお、本稿では考察の対象を絞っているために、詳しく論及しないが、ソディの言う「仮想的富」とは富(第一種及び第二種)と異なり、実態的な物質の形態を伴わず、また、物質エネルギーの保存則やエントロピー増大則にも従わない、仮想的“Virtual”な富のことである。貨幣的富は実体的富により裏づけられることがなければ物理的現実より遊離し、負債、貸し金などの仮想的富となるのである。

²富の本質が金銭的価値＝価格と無関係であることは、貨幣システムにおける欠陥の認識と、彼の考えた金融制度改革などの論点へとつながる。その評価は H.E.Daly (1980) や Katsuragi et al. (2006) などが行っているが、本稿ではこの論点については考察外とした。

6-8. 生産の資本的媒介物：

第Ⅱ種の富が、経済学での資本に相当することを指摘し、また、第Ⅰ種の富との明確な対比として、利用可能なエネルギーが残留しないことが、耐久性の点からこの種の富にとって必要であることを示す。また、二種類の富を、利用可能なエネルギーの関与の仕方に着目し、生産及び消費の方程式によって表現する。

6-9. 化学からの実例：

第Ⅰ種の富と第Ⅱ種の富の生産および利用における、利用可能なエネルギーの支出について、化学反応の例示を用いながら解説する。

6-10. 富から与えられる払い戻し：

もし、生産物に使用価値があり、実際に使われるものならば、投入された人間の時間（という負債）は、人間の時間で返済され、生命を維持拡張する物理的可能性はこの返済に依存し、平均的には支出に対し多大な超過返済となること、これが富から与えられる払い戻し、という節見出しの意味である。

経済的にはこれは増加 {increment} だが、物理学的には異なり、エントロピー増大法則の下では、富の生産に支出された利用可能エネルギーは必ず失われる。にもかかわらず、経済学においては、第二種の富の生産により、その生産過程に支出された人間労働の時間に換算して、富の増大が可能となっているかのように捉えられていることが批判される。

また、実体としての物質的富の生産基盤が存在するにもかかわらず、経済的な負債の存在のために生活の窮乏が起こることを、ドイツの第一次大戦戦後賠償の例を用いて示し、仮想的富である負債による経済的搾取について批判する。

6-11. 永久的富としての資本：

第Ⅱ種の富である資本が価値を持ち、富であるためには、実際にそれが使用されることが必要であることを示し、例として工場や農地を挙げる。また、これらの資本が生む永久的な産物が資本の利子の源泉であることを示す。また、領主が土地所有権により他人の生産物を奪い続けることが可能であったことと、同様だが近代的な手法として、資本の所有と利子の払い戻しを描く。ただし、資本が永久的富として評価できるかに関しては、注及びⅢ節で論じるように、物質的な散逸についての観点からの限界も存在する。

6-12. 資本は人間的効率性を増大させる：

第Ⅱ種の富としての資本の貢献が、生産における人間的効率性（投入時間と産出物の比）を上昇させることである点を指摘し、これが資本に対する利子の物理的基礎であることを強調する。そして、領主制による土地支配の場合と異なり、資本としての実体を伴わない負債に対してもこの利子支払いを認めたことが資本主義時代の失敗であると看破する。これは富の実体と、負債という仮想的富の乖離が根本的矛盾であるという指摘である。

6-13. 資本は人間の時間を増加させることはできない：

マルクスの業績の評価とあわせ、資本による生産の増加は人間労働の限界に向けての酷使を

伴ってきたことを指摘する。

6-14. 資本は余暇あるいは富を増大させる：

資本は労働時間の効率性を上昇させるが、余暇を増やすか、あるいは富の生産を増やすかは背反すること、また、資本が永続的な富の形態であるのは、それが消費される富を生産する媒介手段であるからであり、資本そのものの増殖が自己目的化しても、富の増大にはならないことを指摘する。

また、消費される富の産出が実際の消費を超えて増大しても意味がないこと、消費される富と資本の蓄積とのバランスの必要を主張する。この論点が、J. M. ケインズの主張に先行することは注目に値する。³

6-15. 資本の蓄積がその目的を覆す限界について：

労働時間の増加が余暇の減少をもたらすこと、そのことと資本の蓄積による生産性の上昇との関連について論じ、物質的な富の欲求の増大が、資本の蓄積によっても生活が豊かにならないことの要因であることを指摘する。また、資本の蓄積がその産物の増大に伴って、種々の倫理的な分配上の問題を生んでいると述べる。

このように、ソディは、物理的必要物としての富が、利用可能なエネルギー支出という仕事の産物であるという認識を基礎に、これを二つに類型化し、また、経済学で扱われる価値、資本、労働などを順次、位置づけてゆく。ソディは、人間の経済活動を、物理学の視点から客観的に評価することにより、それが自然の利用可能エネルギーの流れに依存したものに過ぎないことを強調する。同時にそのような富の源泉を持ちながらも、人間が仮想的な富を創出したことに伴い、分配における種々の不公正、問題が派生していることを、表現は穏やかながらも徹底して指摘するものである。

II. WEALTH, VIRTUAL WEALTH AND DEBT (『富、仮想的な富、そして負債』) 第6章： “THE TWO CATEGORIES OF WEALTH” (「富の二つの類型」) 抄訳

本節では、翻訳解釈の誤謬を避けるため、以下の方針で臨んだ。

原則的に直訳により、読者による原意の解釈が可能となるよう努めたが、直訳によると理解困難となる多数行にわたる長文は文意を保つ範囲で分割した。また、分割あるいは指示語の欠如・省略により意味が難解となる部分については [] 内に原文にはない訳文を補った。極力、意識を排除したために、一部読みにくい箇所がある点をご容赦願いたい。⁴

³Katsuragi et al. (2006) もソディの主張とケインズ理論との関連を指摘している。

⁴原文の直訳を重んじる理由は、F. ソディに関しては、その経済学分野における評価と研究が普及していないため、独断による意識解釈が、誤謬であっても気づかれぬ恐れを排除するためである。

また、用語、用法が特殊と考えられる場合、また概念のうち重要なものは原文を { } 内に示した。章・節見出し原文は “ ” 内に示した。そして、原文で斜体は同じく斜体とし太字で強調し、{ } 内に原文を付した。

原文には一切注がない。このため、逐次解説が必要と考えられる箇所に注をつけた。また、原文との対応関係を明確にするため、原文にない番号を x-y-z のようにつけた。最初の数字 x は章番号（ここでは6）、次に見出しに対応した節番号 y、および段落番号 z である。

(6-1) 絶対的な富の性質と定義 “THE NATURE AND DEFINITION OF ABSOLUTE WEALTH”

(6-1-1)

近代的な学問の方法として、富がどのように具体的に量を測られ、どのように価値付けられるのかという問題ではなく、富の真実の性質についての困難で厄介な疑問に光を投げかけることができるか試みてみよう。

肉体の物理的、物質的な必要性は、他のどのような発展的な必要性—性的・知的・美的・精神的であれ、それらについて考えを及ぼす前に満たされなければならない。

富の定義は、人間の生活を可能にし、活性を与える物理的必要物という意味での物理的あるいは物質的富の性質に基づいて決められるべきである。

つまり、そのような [物理的必要] 物により人間は生きる手段を得ることができ、生きることの *事後的な* {after} 結果として、人は愛し、考え、善や美や真実を追求することができるのである。

生きることを可能とする必要物は、この意味で、富の簡略な定義を構成する。富の純粋に物理的な定義は、より専門的な経済的基準についてより前に考察を要するのである。

(6-1-2)

これらの [生活を] 可能にする必要物は、自然の中の利用可能なエネルギーの流れからもたらされ、あるいは生産され、そしてこの流れからの抽出物あるいは差し引き物 {deductions} を意味する。

[この流れの] 中では、すべての形態の富の生産のために、自然の流れから利用可能エネルギーが必要とされ、生産された富の形態となるか、あるいはそれ [富] を生産する際に利用され、つまるところ {that is} 廃熱へと変換されるかのいずれか、なのである。

(6-1-3)

この定義における *利用可能* {available} という用語は、熱力学の第二法則における場合と同じ意味である。この法則は、エネルギーを二つの類型に分割する。つまり役に立ち、利用可能、

または自由 {free} なエネルギーと、役に立たず、利用可能でなく、あるいは束縛された {bound} エネルギーである。この後者はエントロピー {entropy} とも称される。

しかし、ここでのその意味 [利用可能性] は、通常的重要性に比較していくらか正確であるだけで、本質的に異なるものではない。そのような、他の形態に変化しようとする傾向を持つエネルギーのみが利用可能なのである。利用不可能 {unavailable} なエネルギーにおいては、自然な変化の最終形態が到達されており、変化を受ける傾向は消失する。

もちろん逆方向の変化が不可能であると想定されてはならない、とはいえ、それは実際問題としては不可能である。なぜなら、それ [エントロピー減少変化] はその逆方向の変化の過程により得られる量よりもより大きな量の利用可能なエネルギーの支出を必要とするからである。

熱力学的な利用可能性 {availability} の概念は、もちろん生命や人間生活に特に [適用を] 制限されるものではない。

利用可能なエネルギーから抽出された形態、生産物あるいは結果としての富 {Wealth} は人間生活を可能にし、活力を与える特別な形態、生産物あるいは結果から成っているのである。

(6-2) 生命の負債は生命により支払われる “A DEBT OF LIFE REPAYED IN LIFE”

(6-2-1)

利用可能なエネルギーの絶え間ない流れの中に、我々は人間生活の第一義的で絶対的な欲求 {want}、すなわち、それなしでは人間は死に、この欲求をこそ富が充足させるもの、を見出す。絶対的富 {Absolute Wealth} など存在しないという馬鹿げた {preposterous} 考え、すなわち、[何が富である為には] 誰か所有者以外の主体が存在し、それを所有するために何かを手放す用意がなければならない、という商業的な見解⁵は、周囲の田園からの生産物により生活している都市においては便利なものであるが、それを国家全体に適用することはできない。貨殖学 {Chrematistics} は、欲求とそれらがどのように交換されるかについての科学であり、個人がそれを理解することは非常に役に立つ科学であるが、せいぜい経済学の一つの部分にしか過ぎない。

(6-2-2)

ゆえに、空気は最も明白な生命の欲求 {want} であるが、それを所有することは不可能であるがゆえに富ではないと論じられる。しかし、もしあなたがそれを液化して瓶に詰めればそれ

⁵使用価値等の、財自体の内在的価値ではなく、市場における交換により実現される交換価値により財の価値を決定付ける経済学の立場を批判して述べている。

は所有されることができ、ゆえに欲求され、需要される—近代的な大学においては少なくともほとんどの場合そうである—そして、それは富となり、商業における通常の取り扱い品 {regular article} となる。正しい見方としては、空気の気体としての性質と供給の普遍性が、通常は人々がその供給を支出あるいは努力なしに得ることができるようにしているが、それを液体で入手することは、人間的な意味での不断の努力 {diligence} と同様に物理的な意味での仕事もたくさん必要とされるということである。

(6-2-3)

同じことを食糧や燃料についても言う事ができる。それらは空気とまさに同じぐらいの程度で、それなしには生命が死に絶えるであろうエネルギーの欲求物 {wantof} を供給する為、という理由で必要とされる。人々は実際にそれらを欲求し、需要し、それらと引き換えに何かを断念するだろう。しかし、それらを生産する為に、人々は彼らの人生の時間のいくらかを断念しなければならないこともより一層の真実である。物理学は、精神的な科学とは異なり、利用可能なエネルギー、または同じく人類の持つ時間の支出なしには、どのような富であれ生産される望みを提供しない。⁶

もし、新しい発見により、とうもろこしは家畜の餌にすることのみに適していると考えることになるような [より優れた] 食糧や、石炭や石油はすすを作ることにしか役立たないことになるような [より優れた] エネルギーが供給されることになれば、これら [とうもろこし、石炭、石油] の価値は低下し、完全に取って代わられることも可能だろう。しかし、これは生命の必要性 {needs} のために、他の形態の富—それら自身が利用可能エネルギーと人間の時間からの生産物である—が、より良く役に立てられるからに過ぎない。科学は人間の時間の効率性を増幅するかもしれないが、それを生産の為に支出することの必要性を廃止するわけではない。

(6-2-4)

富は役に立つだけでなく、役に立つように用いられなければならないと議論されてきた。これは科学的というより、形而上学的な見解である。正しいのか誤っているのかはともかく、科学的な精神というものは、理解の能力とはまったく別に、物理的現実の保存理論を受け入れることを決断してきた。それは、岩石が以前にあるところに存在したという地理学的記録を指摘することにより、岩石が [別の] あるところに存在するということが、現実性に関するジョンソニアン {Johnsonian} テストを適用すると、それを蹴る足も存在したはずであるということを証明することである。⁷

⁶ソディの絶対的な富の創出に関する立場は、あくまで物理的な利用可能エネルギーの流れを必要条件として要求するものであり、ここに端的に表現されている。

⁷この部分はややジョークを交えて、富が富であるための必要条件の論理について解説している。

とうもろこしの中に蓄えられ、その力により生命を育むエネルギーは、とうもろこしの未来の運命が腐ることになるのか、食べられることになるのかにはまったく関係なく、物理的な現実である。食べられることなく腐るとうもろこしは確かに富ではないだろう、しかし、もしそうであるならば、食べられ腐ることにはならなかったそれ [とうもろこし] も富ではないはずである。⁸

(6-2-5)

明らかに、これらの、現実的な物理的現実としての絶対的富の性質についての概念は、我々を経済学の中へとあまり深く導くことはできない。なぜなら、それらは相対的な計測についての正確な手法へと導かないのに対し、交換価値と貨幣価格はそこへと導くからである。しかし、それら [絶対的富の物理的現実としての性質] は、少なくとも、富の物理的な源泉について、何か人間の意志によって無から {out of nothing} 創造されることができるという主張への、ありのままの否定を我々に提供するのである。

(6-2-6)

我々が異なる種類の富や、それらを構成する異なる部分的要素や材料の相対的な価値を測定しようと試みるとき、明白に最も重要で恣意性を最小にする考察は、その富が過去の人間生活においてその生産の為にどれだけの費用を要したかということである。しかし、このやり方では、ある人の時間の価値は他の人のものとは大きく異なってしまう。ちょうど物質が、それらが可能に生活に必要とされるならば、それらの発見や獲得のために費やされなければならなかった時間に比例して平均的に価値付けられるのと同様に、稀少で特別な技術や能力は、それらが生きるための実務に (現在時制で) 貢献する場合に限って、平均以上に尊重される。

しかし、すでに気づかれているように、知識が進歩し、産業の過程がより経験依存的でなくなり、より科学的になるにつれて、それらを操るために特別な能力は、ますます必要とされなくなっていく。目視により炉の温度を正確に判断できる人間と、ただその産業のために生まれ、育成された労働者によってのみ操作可能な経験則に基づく冶金の過程は、より科学的で特別な技能を必要とせず、不確実性の少ない方法によって取って代わられる傾向にあり、すなわち光学的高温計 {optical pyrometer} に取って代わられるのである。

したがって、投資業 {business} や銀行業において、もし国家的な必要 [金融的ショック] が事前に予見され、金融システムがもともと自動的に働くべくして意図されたものであるとおり働くのであるならば、[現状のように] すべてが不確実で、投機的で、経験的な場合に、高額

⁸富には物質的現実としての実体があり、認識論上の富とは別に現実認識としての富には前提となる一貫性、すなわちエネルギーおよび物質における物理的な利用可能性という必要条件が満たされているはずであるとの指摘である。

な報酬を要求するのに相応しいと考えられているそれら〔金融システム〕を取り扱う特別の資格技能も、もはやそうでは〔高額な報酬を要求するのに相応しくは〕なくなるのである。改革と進歩に反対し、現状維持のために励む主要な要素は、怠惰や無知では全くなく、完全によく情報装備した、個人的な自己利益なのである。⁹〔下線は藤堂による〕

(6-2-7)

多くのことが天才の重要性と本質的に創造的な精神のタイプについて語られてきた。そして工業や商業の業界では、新しい方法を作り上げる頭脳に対する、燦然と輝く報償があるだろうと考えられてきたかもしれない。しかし、ここに我々は、富は人間の精神と意志により無から創造されることができるという、古い異端信仰 {heresy} を見ることができる。

音楽的作品を作曲する人は、それをすばらしく歌ったり演奏できたりする人よりもより稀である。しかし、〔歌ったり演奏したりという〕そのような資格技能は、創作することに比べると機械的であるが、彼ら〔演奏者〕はより高く尊ばれ、報酬を与えられる。なぜなら、作曲ではなく演奏こそが生命の必要に奉仕することができるからである。ゆえに、それ〔報いられるのは〕は創意に富む天才 {inventive genius} とは別物の、創造 {inventions} の利用 {exploitation} に対してなのである。¹⁰

(6-3) 価値か価格か “VALUE OR PRICE”

(6-3-1)

金銭的価格あるいは富の交換価値は、次のような随意的考察を引き起こす。それらは、土地や財産の状態に関する法律であったり、課税の問題であったり、競争からの保護であったり、企業合同 {trust} であったり、〔産業〕結合と独占であったり、あるいはある地方の共同体の増殖あるいは減衰の比率についてであったりというようなものであり、ほとんど無限 {ad infinitum} に存在する。金銭的価格は、多くはそれらの問題自身が捉えるにはあまりにも捉えどころがない一連の要素全体を統合するのである。

確かにこのこと〔金銭的価格がすべての要素を統合すること〕は、富に関して自信を持って主張することができる一つの数量的な事実であり、また通常はこれ〔その事実〕を保障することもできる。だが、この〔本における〕論考においては、これを分析しようとするいかなる試

⁹ソディは銀行システムと金融業界を批判してこのように述べているが、国民福祉あるいは世代間公正の向上を今日において阻んでいる要因もこのような情報化し、組織化した個人的利益であることは指摘しておかなければならない。

¹⁰人間の創造性や労働が富の生産に役立つことを認めつつも、その役割についてかなり限定する論理を展開している。

みもなされない、[なぜなら] 際限なく続く計算のために我々は自らを見失うに違いないからである。

国民経済の観点からすると、平均的な金銭的価格による富や価格水準は、最高の重要性を持つものには違いないが、それらがいかにして形成されたか、またそれらが公正なのか不公正なのかには全く関係がないのである。¹¹

(6 - 3 - 2)

しかしながら、まず、物理学的観点からの富の真の性質についてのより深い問題に取り組む方が良いだろう。

(6 - 4) 労働と富 “LABOUR AND WEALTH”

(6 - 4 - 1)

生命それ自身が、物質交代（新陳代謝）{metabolism}において利用可能なエネルギーの流れを継続的に消費している。つまり、それ〔利用可能なエネルギー〕と〔同時に〕この流れを供給している、食物栄養素から構成される必要物としての一つの形態あるいは種類の富を、利用不可能なエネルギーに変換しているのである。

生命はまた、生命のためのエネルギーを保存し、また気候の厳しさから自身を保護する手段を必要としている。衣服、家屋、燃料、機動 {locomotion} のための手段、交通、そして労働の外的形態として道具を作り、工程を作り、装備や他の必要な付属品を、主要な供給を生産するためという目的の付随品として必要とする。これらの種々の必要物の収蔵物〔一覧〕を特色付ける唯一の基準は、それらがすべて自然の利用可能エネルギーの流れを必要とし、そこからの抽出の結果であるということである。

(6 - 4 - 2)

通常は、ただし、一様であったり不可避であったりはしないが、何らかの形態、あるいは種類の富の生産は、人間の時間や努力の支出を要する。しかしながら、とりわけ熱帯においては、太陽の光が豊富であり人間生活のためにすでに十分な自然の利用可能エネルギーが存在し、非常に限られた人口であればそれらの生産になら人間の要素の貢献を必要としない自然状態もある。燃料と衣服はほとんど必要なく、食糧は熱帯性果物の形で手に取るだけで存在し、疎ら

¹¹ここでは当然、国民経済計算論における価格水準および国民総生産などの富の概念を指しているが、相対的な価値の測定においてそれらが意義を持っていても実体としての富と乖離が生じることに批判している。

で野心的でない人々にとっては完全な「*愉しき無為* {*dolce far niente* }」の条件においても永久的に自分たちを養うことができる。

この事実はそれだけで、マルクス主義の教義、既に述べたように、これはマルクス [自身] が述べたわけではないのだが、すなわち、すべての富が人間労働にその源泉を持つ、という論に対する反論である。同様に、ときおり、貴金属のかけらがなんら人間の努力なしに見つけられるかもしれないが、平均的にはそれらを獲得するために大変大きな努力を支払う必要がある。

(6-4-3)

しかし、より多くの人々を自然の状態でも可能であったであろうよりもより高い生活水準と次元に引き上げるために、文明化された形態の共同体においては、集約的な形態の生産が必要とされる。そのような状況においては、人間的要素は富の生産にとって不可欠となり、それは初期時点の発明や発見がそれ以降、継続的に人間の努力により応用されてゆく過程を取る。当初は、そのような努力は自然のエネルギーの流れを補完する労働者の体からの実際の物理的労働として供給されるものによって、そのほとんどが構成されるが、文明が進歩するにつれて、それは非人間的な形態のエネルギーを人間の目的のために誘導しようと勤めること {*diligence*} によってより多く構成されるようになる。

エネルギー的な視点から見れば、人間の貢献は常にエネルギーの創造ではなく交換の性質にあり、それは文明の進歩により直観的な物質交代 (新陳代謝) の過程 {*metabolic process*} への、理性によって到達された過程への置き換えによって、より一層、直接的となってゆく。

(6-5) 生産システムの電氣的なモデル “AN ELECTRICAL MODEL OF THE PRODUCTIVE SYSTEM”

(6-5-1)

役に立つことを示せるかもしれない一つの類似物として、機械的なエネルギーの電氣的エネルギーへの変換機として考えられる発電装置 {*dynamo*}、あるいは発電機 {*dynamo-electric machine*} がある。

この事 [発電] は、電気導体を磁力線—あるいは磁束を横切らせて動かし、この動きに対しそれらが能動的に抵抗を示す事によって達成される。使われたエネルギーは電気導体に沿って、磁力線と動きの方向に対し右方向に電氣的エネルギーの流れとして再出現する。¹²

¹²このことは、フレミングの「右手の法則」として知られている。すなわち、右手の親指・人差し指・中指を互いに直角になるように開き、導体の運動方向に親指、磁束の方向に人差し指を向けると、中指の指先が電氣的に正・根元が負になるように帯電し、その間を導体で繋ぐと電流が流れる。

自然な磁石は、天然磁石 {lodestone} として存在し、そしてそれを用いて永久鋼磁石 {permanent steel magnets} をいくらでも作ることができる。¹³

初期型の磁力電気機械 {magneto-electric machines} においては、自然磁石あるいは永久鋼磁石が磁束を作り出すために用いられており、機械的エネルギーの電気的エネルギーへの変換において磁束の創出と維持のためにはいかなる力も支出されていなかったが、近代的な集約型の発電機 {dynamo electric machine} においては、生産された {produced} 電気の一部は軟鉄鋼の電磁石を磁化するために使われ、それにより同じ大きさの機械から非常に大幅に増大した出力が可能となる。

機械的エネルギーが創出される電気エネルギーの役に立つ部分のみを生産するのではなく、鉄を磁化するのに支出される部分も生産することは重要である。しかし、この後者の部分は最終生産物には現れず、磁石の周りに巻かれた銅の電気伝導体を流れる電流への電気抵抗 {the dead resistance}¹⁴に打ち勝つことにより、役に立たない熱へとすぐに退化するのである。

さらに言えば、理論的にはこの損失は本質的なものではない。もし銅よりも良い伝導体を利用可能であれば、より少ない生産物 [電流] が無用の熱に変わるだけですみ、そして、もし無限に良い伝導体が存在するならば、全く何も失われないことになるであろう。

絶対零度に近い温度でのいくつかの伝導体は、實際上、完璧である。非常に低い温度で銅の輪の中を流れ始めた電流はそのままのエネルギーがすべて熱に変わるまで何時間も循環し続けるのである。

(6-5-2)

それゆえ、我々は、富の生産を、自然の利用可能エネルギーが、実際にはそのごく一部が実際に人間生活のエネルギーに変換される [に過ぎないのだが]、人間生活の目的のためのフローの利用可能物へと転換されること、として描くことができる。自然の状態においては、いかなる人間のエネルギーも必要ではない。集約的な生産においては、それが必要である。しかしながら、そのように使用されるエネルギーは、生産物から差し引かれるのであって、生産物に加算されるのではない。

それ [人間によるエネルギーの支出] は、役立つ成果を間接的に生産するのであって、最終生産物に現れたり、組み入れられることはなく、廃棄物へと変化する。その機能は、自然の利用可能エネルギーの質を生活上の必要に利用可能な形態に変化させることであり、質における利得は量における損失の結果である。どのような過程であっても、それを理解するためには、以下に粗くとも、心の中に具体的な物理的なモデルを描くことは有用である。そして、ここで

¹³現在では、永久磁石は電流で励磁して作る。

¹⁴ここでは、dead resistance を単に電気抵抗を表すものとして訳出した。

提案された類似 {analogy} は、原始的であれ、近代的であれ、可能 {eventual} な事象としての富の生産過程に似通った本質的特徴を包含すると考えることができる。¹⁵

過程がますます自動的、自律的となるに従っての、大量生産における人間労働の恒常的な置き換え [削減] {displacement} でさえ、より良い鉄の採用による回路の磁氣的抵抗 [の削減] と、より良い伝導体、あるいはより低い温度での伝導体の使用による磁場回路 {field magnet circuit} の電気抵抗の削減に、その類似を見出すことができる。

(6-6) 富の二種の熱力学的類型について “THE TWO THERMODYNAMIC CATEGORIES OF WEALTH”

(6-6-1)

我々は、エネルギーの諸法則の考察に当たり、エネルギー自体の中に何らかの有用性があり、積極的な反発に打ち勝つためのエネルギーの支出と、一方で、過程の最終段階で支出となり、エネルギーそれ自体としては全く役に立たない熱へと変化する、電気抵抗 {dead resistance} に打ち勝つために支出されるエネルギーとを区別することが有用であることを見出した。

この考えを富に拡大することで、我々は、直ちにエネルギーが支出された仕方によって2つの主な富の類型を区別することができるようになる。

最初の類型はそれらの生産において支出されたエネルギーの一部を、その内部貯蔵として保持している商品 {commodities} であり、これらの商品の消費においては、これ [内部貯蔵されたエネルギー] を生活の目的に奉仕するために放出するものである。¹⁶

二つ目の類型においては、エネルギーは、電気抵抗 {dead resistance} に打ち勝ち、作用される素材の形態や性質を変化させ、それらの使用に不可欠なものとしては素材の中に残ることはない。

(6-7) 腐りやすい [富]、そして永久的な富 “PERISHABLE AND PERMANENT WEALTH”

(6-7-1)

商品は一般的に両方の類型に属し、これらの類型は、*相反する* {opposite} 性質—相対的な腐りやすさ {perishability} と永続性 {permanence}、によって区別される。一つ目の類型の商品は

¹⁵利用不可能なエネルギーの利用可能な形態への転換を、磁場+運動(機械的)エネルギー、の電気エネルギーへの転換に類似させることが有効であり、その転換における転換効率の部分に人間労働の富の生産における役割との類似がある、とまとめている。

¹⁶ここでの「商品」は、経済学における定義、すなわち市場において価格がつけられ取引される財のうち有形の物、という限定された意味ではない。

エネルギーの貯蔵形態として価値がある。それらの中では、それらが作られている素材が利用可能なエネルギーの容器として機能するよう作られる。それらは富として機能する際には、富としては完全に消費されるか、破壊され、この腐りやすさがそれらの機能には不可欠である。

エネルギーそれ自体は無価値なものであり、ある物から他の物へ、あるいは、ある場所から他の場所へ、というエネルギーの流れのみが価値あるものである。エネルギーの流れるという傾向に物質的に対となるものは、物質が変化するという傾向である。腐りやすい、朽ち易い、燃え易い、緩慢な質の低下を起こし易い、などの傾向は、それゆえこの種の富の**本質的な** (*essential*) 質であるのである。

これには食品、燃料、爆発物、いくつかの形態の肥料、そして同様の物質を包含し、これらは廃物と廃エネルギーへの完全な変換を被ることによってのみ、富の称号を得るに値する目的を実際に満たすことができるのである。

それに対し二つ目の類型においては、腐りやすさではなく永続性が本質である。これには衣服、家屋、そしてそれらの装備や家具、一般的に「所有物」である道具類、プラント、道路、車両、船、そして富の生産と供給に必須なそのほかの付属的必要物を包含するものである。

(6-8) 生産の資本的媒介物 “CAPITAL AGENTS OF PRODUCTION”

(6-8-1)

最初の類型とは対照的に、使用における破壊は全く避けることはできないものの、それはそれら [富の第二の類型] の機能にとって必須ではなく、不利となる点である。それらはむしろ、消耗し、引き裂かれることに抵抗し、**可能な限り長く** (*as long as possible*)、持続することを必要とされる。そしてこの理由のために、それらは大変、頑健で、抵抗力のある素材で作られ、それゆえそれらを富に変換する際に多くのエネルギーの支出を必要とする。それらに使用されたエネルギーが素材の中に潜在的な形態 (*potential form*) で留まっている限り、それらの富としての耐久性と価値は**逆に** (*adversely*) 影響を受ける。

それゆえ、はっきりと正反対の性質が富の二つの熱力学的な類型を区別するのである。

(6-8-2)

家屋の建物は、それを立てる際に支出されたエネルギーの一部を蓄えることなくしては影響を受けることはありえず (*cannot be effected*)、そしてこの潜在的なエネルギー (*potential energy*) の貯蔵の存在が、家屋を時間の経過とともに再度、崩壊させるのである。

家屋は建っている間に限り富であるにもかかわらず、である。鉄についても同様である。鉄はそれが鉱石から精錬される過程において、燃料の燃焼により解放されたエネルギーの大きな部分をそれ自身として具現化している。そして、その [エネルギーの] 所有こそがそれを錆び

させる、つまり、その初期状態である酸化状態へと退行 {revert} させるのである。しかし、富としての石炭の場合においては、エネルギーの貯蔵は本質的 {essential} であるが、鉄の場合には、それは避けがたい欠陥 {unavoidable defect} なのである。機関車を走らせるためには石炭は消費されなければならないが、鉄の燃焼 [つまり酸化反応] は、損失 {dead loss} なのである。¹⁷

もし、鉄が、金やプラチナと同様に望ましい技術的品质を持ち得る、つまりそれらと同じ耐久性を持つならば、それは富としてより一層に価値のあるものとなり得るであろう。しかし、貴金属や貴石の耐久性を持つとうもろこしや牛肉は全く富ではないだろう。

(6-8-3)

工学においては力 {power} という用語はエネルギー {energy}、仕事 {work} といった用語と対比されて、エネルギーが消費される比率や仕事が行なわれる比率を示しており、力の量はそれに持続する時間を掛けることによりエネルギー量に変換される。物理学的観点からすれば、生命も同様に力の次元を持っており、[これに] 継続時間を掛けることによりエネルギーに関して表現される。それゆえ、我々がすでに見たように、百万カロリー (エネルギー量) が、平均的な人間が一年間に必要とする食糧量を賄うのに十分であることを見てきた。

ところで、すべての富は人間労働の生産物であるという学説¹⁸は誤りであるが、すべての富は利用可能なエネルギーの支出という物理的意味での仕事の生産物であるという主張は、実際の目的のためには完全に真理であり、富について一般的、かつ十分な定義としては、ほとんど唯一構築可能なものである。貨幣、貸付金 {credit}、そして富に対するほかの法的主張 {claims} は富ではなく負債 {debts} である。労働と発明は富ではないが、その生産に不可欠な要素である。富の物理的定義は生命を可能にするか、活力を与えるエネルギーあるいは仕事の形態、あるいは生産物である。¹⁹

(6-8-5)

第二の種類の富としては、例外も見つかるかもしれない、しかし、それらは平均的には、どのような種類の富の所与の量の生産においても、一定量の仕事や時間の支出が必要であるという法則を無効化するものではない。

偶然に見つかった野生の果物は、富の生産には人間労働が必要であるという法則の例外である。それと同様に、偶然に何の特別な探査もなしに発見された金の塊の例が、例外として引用されるかもしれない。しかし、国民経済学においては例外ではなく、平均がその主要な取り扱

¹⁷ “dead loss” は期待を裏切るような大変悪い損失、という意味の慣用語である。

¹⁸ 労働価値説のことを指す。

¹⁹ ここでは、利用可能なエネルギーの流れを特に強調しているが、エントロピーの発生がその過程に不可欠であることも考慮しており、生命系におけるエントロピー排出機構が富の源泉であるとの後世のエントロピー論の論点の、重要な先駆的指摘である。

い範囲であるため、それらは完全に無視して差し支えない。

(6-8-6)

すべての富の生産にとって、エネルギーの支出は必要であるが、生命の必要のために利用可能な形態で支出されたエネルギーの再創出 {regeneration} は、第一の類型の場合においてのみ起こる。

簡潔さのために、二つの類型を富 I {Wealth I}、富 II {Wealth II}として区別することができるであろう。我々は化学式の作法に従って富 I の生産と消費を次のように示すことができる。

[富 I の生産] 原材料+利用可能エネルギー=富 I

[富 I の消費] 富 I =生命エネルギー+廃エネルギーと廃物

富 II に関しては生産は次のように表すことができる。

[富 II の生産] 原材料+利用可能エネルギー=富 II +廃エネルギー

しかし、消費に関しては対応する方程式はない {but there is no corresponding equation for consumption}。エネルギーの劣化はすでに最終段階まで行っており、この意味で富 II はすでに消費されているのである。 {in this sense Wealth II is already "consumed."}

(6-9) 化学からの実例 “AN ILLUSTRATION FROM CHEMISTRY”

純粋科学においてさえも、物質の生産が、なぜエネルギーの支出を必要とするか、の二つの異なる理由の区別は常に非常に的確に行われているわけではない。時には、その後に蓄えたエネルギーの助けを借りて駆け下りる [という目的の] ために山に登らなければならないこともある。ちょうど富 I の場合がこれにあたる。

しかし、富 II の場合がそうであるように、しばしば登攀は迂回する水平な道がないために必要である。それゆえ、大気中の窒素の固定として知られているプロセス、それは、大気中の窒素と酸素が空気放電 {arc} する電気の非常に高温にさらされることにより、酸化窒素へと結合するようになるものだが、これは非常に大きなエネルギーを必要とするのである。これが、実際のところ、ひとつの結果としてスイスの溪谷が氷河として形成されたこと²⁰と、もう一つの結果として、98%の窒素酸化物の説明 {description} の源泉である。

しかしながら、窒素酸化物の場合においては、消費されたエネルギーは体化されることはなく、富 II の生産の場合と同じく熱として廃棄される。

²⁰山岳への積雪による大きな位置エネルギーが流れ下る氷河の運動エネルギーとして開放されたことを指すと考えられる。

このプロセスは、間に高い山を挟むがほとんど同じ高さのある場所から他の場所への旅行に例えることができ、迂回する道が見つからない限り、結果的には仕事がなされたことを示す廃熱のほかには何も伴わないものの、多大な仕事の支出を必要とする。

(6-9-2)

この場合には、窒素を固定した{fixed}だけでなく、より以上のものを解決した{fixed}、迂回路が見つかった、つまり、それは [第一次世界] 大戦の継続期間を決定した {fixed} のである。²¹

ドイツは、大きな自然の力の源を持たず、ペルーの海岸から海運により輸送されており、すべての爆発物の製造の原材料であった窒素源から [英仏の] 優勢な海軍により切り離されていたため、[この方法がなければ]、三ヶ月と戦争を続けることができなかつたであろう。その結果というのは [窒素固定に関する] ハーバー法であり、最初に触媒の助けにより高圧だがそこそこの温度で窒素を水素と結合させてアンモニアを作り、それから別の触媒の助けにより、空気と水の作用でアンモニアが酸化されて窒素酸化物となる。このプロセスはなんら多大な力の支出を必要としない。

(6-9-3)

従って、一般的に富Ⅱ（すべての耐久所有物を含むだけでなく、すべての生産手段を含む）にとっては、新しいプロセスが、妨げる山々をより平坦に迂回する道を継続的に見つけてゆくことになるが、富Ⅰにとっては、この改善の可能性は存在しない。

これらの新しいプロセスは古い方法によって支出されたすべての資本の価値を減価させ、それを時代遅れにしてゆくことにより、富としては破壊させる傾向がある。

(6-10) 富から与えられる払い戻し “REPAYMENTS GIVEN BY WEALTH”

(6-10-1)

[二つの] どちらの種類の富も、それらの生産のされ方については似通っているものの、それらの物理的性質と、それらがそれぞれ生命に活力を与え、[活動を] 可能にする仕方は完全に異なっており、それゆえ、富の定義は必然的にそれらが実際に何であり、そして何を産出するかではなく、その生産において何が消費あるいは使い尽くされるかに依拠している。

物理的な観点からは [富の] その生産においては非常に沢山の生きた {live} エネルギーと非常に沢山の人間の時間が支出され、自然あるいは人間が負う費用、あるいは負債のつけ {charge}

²¹固定する、解決する、決定するの意味で fix を使った三重含意（つまり駄洒落）である。また、この著書は第二次世界大戦前のものであるため、Great War は第一次世界大戦を指す。

となる。

自然に関しては、エネルギーが贈り物であると考えた人間性の立場からすると、借り方につけるのは太陽であり、貸付を受けるのは地球である。

自然の条件の下では、すべての利用可能なエネルギーの収入は、使用されようがされまいが、廃棄物へと変化し、富は人間が救い上げた {salving} その一部なのである。

我々が視点を物理学から経済学に狭める最終的な {ultimate} 分析時には、[利用可能な] エネルギーを救い上げるのに支出された人間の時間は、唯一の真の負債請求 {debt-charge} である。²²

もし、生産物に使用価値があり、[実際にも] 使われるものならば、人間の時間 {man-hours} における負債は、人間の時間で返済され、生命を維持し、拡張する物理的可能性はこの返済に依存し、平均的には [人間がそのために支払った時間という] 支出に対し多大な超過 [返済] となる。

経済的にはこれは増加 {increment} であるが、物理学的にはそうではなく、[下線は藤堂による] これはすでに発電機の例で見たとおりである。²³

生命活動にエネルギーを与える実際の活力の源泉について言えば、[プロセスを進行させるための人間時間の投入などの] 支出は抵抗を乗り越えるために廃棄物となり、[産出される] 増加分は自然の流れから救い出された生きたエネルギー {live energy} からもたらされるのである。

(6-10-2)

第一の種類の富に関しては、使用は完全な消費を意味し、返済は量において確定的であり、エネルギーと生命時間 {living-hours} の合計総額という性質を持っている。

しかし、破壊が使用の本質ではない、第二の種類に関しては、支払いはエネルギーでも生きる時間 {living-hours} でもなく (ただし、それがなければ費消されたであろう生きる時間を除く)、きわめて不確定な期間にわたる収入の性質を持つ。それは、考察される富の相対的な耐久性のみでなく、その富が実際に使用されるか否かを定める、純粋に独立な要素群に依存する。²⁴そしてこの事は、将来の進歩と発明、そして共同体の共有認識 {common sense} も包含するのである。

(6-10-3)

このような視点は、製品にどのようなことが起こるとしても当初は時間およびエネルギーが費消される必要があること、そして、実体のある物量としては、富はそれが製造された時点で

²²人間の労働時間が、非常に限定的ながらも富の生産に貢献したと呼べる範囲を示している。

²³利用可能なエネルギーの取り出し、あるいは製品の生産において、必ずエントロピーが増大し、系全体では、利用可能エネルギーの損失あるいは、著者はあまり強調していないが、物質の散逸が起こることを指している。

²⁴例えば、公共支出によって作られた道路や橋が実際に使われるか否か、またそのことのもたらす総体的な影響により富としての価値は変わってくるだろう。

支払われていることを示している。5年間に渡って津波のような量の軍需品を送り出す能力は、国民の富 {nation's wealth} の証拠である。²⁵

それらの生産の間 *during* は、国民 {nation} はどうしても他の必要品の欠乏にいたるだろう、しかし、それらが生産された後 *after* でも、なぜそう [必要品の欠乏に] ならなければならないのかについて、なんら物理的な理由はない。あまりに多くのものが吹き飛ばされ、破棄されてしまったために、皆でベルトを締め、貧困の時期に耐えなければならないなどということが [理由として] 信じられてしまっていることに関してもそうである。

[そのような窮乏した状況においてさえ、] 国民的な負債は、他の人々が消費できるように、いくらかは支払われるであろう。ただし、その国の債権者の人々は、むしろ返済がなされず [遅延し]、小額の年次返済 [がされ続けること] を好むであろう。²⁶

[次のような] 一般的考え、すなわち、ある国が、過去の世代において生産したために、次の世代においてはそうすることができない、なぜなら、神と高利貸しがあまりにも多くを過去の世代に供給し、それ以上は供給しないから、そして、我々が、ある年に多量に消費するならば、未来にはより少なく消費することによりそれらを埋め合わせしなければならない、というのは真実とは逆なのである。

富は実体のある物量であって、自律的な創造や増殖をすることはできないという言明がもっともらしく、辛うじて真実であるのは、それを個人に当てはめた場合である。国民的視点から見れば、前年が暑く、皆が沢山飲みすぎた、と言って川の水を飲むのを控えたり、過去の異常に高い負荷を取り戻すまで発電所を停止したりするの等しく誤った推論である。²⁷

(6-11) 永久的富の形態としての資本 “CAPITAL AS A FORM OF PERMANENT WEALTH”

(6-11-1)

この事は、とりわけすべての生産手段を含む、富の第二の類型に適合し、これらは通常、資本と呼ばれている。それゆえ、富が使用により消費されるという漠然とした考えは、すでに我々が見たように、第一の [富の] 類型にとっては本質的であるが、第二の類型にとっては付随的であり、欠陥でもある。

人々は富の生産を石炭や石油や食糧と同じく機会の消費も伴うものとして思い描いているが、事実について言えばこのような使用による *by use* 消費は、しばしばあまり深刻ではなく、常に、可能であれば補充され、そうでなくとも可能性としては補充され得るものである。

²⁵第一次大戦中のドイツの工業生産力を指している。

²⁶第一次大戦後の敗戦国ドイツに対する、戦勝国による過酷な戦後賠償の取立てを指している。

²⁷富の源泉はあくまで自然界の利用可能なエネルギーおよび物質の流れにあり、それは国民経済のレベルではほぼ一定しているのであるから、経済社会の中での貸借関係などの仮想的富のやり取りによって実質生活に影響がでることは本来、客観的条件からは遊離したものであることを指摘している。

自動車エンジンを製造する巨大な機械にも、おそらく工具の刃のように、一時間のうちに、ほどでなくとも一日の間には何度も更新されるような実際に消耗する部品があるだろう。回転軸の軸受け {journal} やベアリングも同様に更新されるものである。

生産の資本的媒介物 {capital agents of production}, 例えば工場や耕地, の劣化にとってのずっと重大な結末は、それらが使用されない {not} ことによって無視されること、すなわち前者にとっては新しい発明がそれら [旧式の工場] に取って代わることである。他の損失は多くの場合、より少ない重要性しか持たない。それら [生産の資本的媒介物] の生産においては、生きたエネルギー {live energy} の劣化に関して、消費可能な富の生産の場合よりも一段階先んじて、劣化の過程が進行しており、この意味では、それらはすでに {already} 完全に消費されているのである。それらは使用されることによってのみ、生産的なものなのであり、使用されないのであれば単なる未払い負債 {unrepaid debt} と化するのである。²⁸

(6-11-2)

心理学的には、個人の経済的な目的は、これまでずっとそうであり、これからもおそらくそうであるだろうが、更なる努力とは無関係に永久的な収入を確保し、偶然的状況や時間の経過に対する拠りどころ {proof} として、老年期の自分自身 {himself} と家族を永久的に支えるようにすることであろう。そのようにするために彼は自分の若い盛りにある時期に、できるだけ沢山の所有物を蓄積し、彼と彼の相続人が後で永続的に利子により生活できるように努力する。

経済、そして社会の歴史は、このような人間の切望と、永久運動 {perpetuum mobile} を不可能にし、そして [永久的な収入を確保したいというこの] 問題を、単にある個人が他の個人や共同体を彼の負債 {debt} の中に組み込み、返済を妨げ、その個人や共同体が彼らの努力による生産物を彼らの債権者 {creditor} に分与せざるを得ないようにすることに還元する、物理学の法則との相克の歴史である。²⁹ [下線は藤堂による]

我々は、土地の所有権によって生計を立てる伝統的な方法におけるこの過程については検討してきたが、今では資本の利子によって生計を立てる近代的な方法について考察しなければならないのである。

(6-11-3)

第二の種類の富は、富を楽しんだり、消費するために必要な個人的所有物と、それらの創造のために必要な生産器官 {organs of production} とに自然と分類される。後者は、本質的に永久

²⁸ここではソディは生産の資本的媒介物の特質を強調して、それらの物質的な劣化(物質としての散逸)は軽視しているかに見える。これに対し、後世のジョージエスクレーゲンが物質の散逸を重視し、熱力学第四法則とまで述べたことは対照的である。

²⁹永久運動を妨げる物理学法則に反して永久的に収入を得る方法は、歴史的には、資産と権力を持った人々が、他の個人や共同体に負債を負わせ、彼らの生産物を搾取し続ける制度により実現されてきた、ということである。

的であり、使用によっては消費されないが、しかし実際には使用によって生産的となるものである。これらは一見、人類に物理学の法則と〔自然の利用可能エネルギーの流れに対する〕経済的依存から抜け出す方法を与えるかに見える。なぜなら、それらはそれらの生産の際に負った時間の負債を、それらの使用によって節約される時間の収入により永久的に返済するかに見えるからである。

(6-12) 資本は人間的効率性を増大させる “CAPITAL MULTIPLIES HUMAN EFFICIENCY”

(6-12-1)

第一の種類の富は、その富が消費されるときに全体として産出される、その生産に当たって発生した負債を相殺し、生命にとって利用可能な、確かに正の量のエネルギーを包含する。第二の種類の富は、その使用によって、もしその富の存在がなければ費やされたであろう、節約された時間により、その生産に当たり生じた時間の負債を支払う。

しかしながら、生産器官 {organs of production} [としての第二の種類の富] に関して言えば、支払いはその富が生産を可能とするために使用される限り継続する不確定な期間の間、節約された時間の収入としての性質を持つ。それゆえ、もし使用が腐りやすい {perishable} 富の生産の場合のように連続的 {continuous} であるなら、その獲得のために費やされた時間は何度も何度も繰り返して節約されるのである。

限定された時間支出の見返りとしての、明らかに終わりのないこの支払いは、当然ながら利子の源泉の物理的基礎であり、生産における生産器官使用の使用料支払い {hire payment} として定義される。

(6-12-2)

事実としては、どのような種類の富も完全に永久的であり、消耗や破れに対して耐久力があるものではなく、この耐久性は衣服のように比較的短命な所有物からダイヤモンドまで種々に異なっている。実際上では、第一の種類の消費可能な富の供給に加え、ひとつの共同体であれば生産のための所有物や器官の修繕に備えて〔補充物としての一定の富を〕維持しなければならない。しかし、このことは問題の性質には影響せず、実際上は通例次のように言うことができる。すなわち、資本の使用により節約された時間の一部がその永久的な維持補修のために費やされるとしても、まだ永久的な純利子を残すであろう、と。³⁰

³⁰前出の表現とも関連して、ソディは第二種の富の磨耗については本質ではないと主張しながらも、その磨耗が実際上不可避であること、いわば生産の資本的媒介物(第二の種類の富)を構成する物質のエントロピー増大を認めている。

(6-12-3)

政治的権力を所有する支配階級が、ちょうど同様の政治的状況の下で土地所有権によって生活することになんら物理的不可能性がないことと同じく、資本使用の使用料支払い {hire-payment} として富の真の生産者よりある一定の**限られた** (*limited*) 納付金を取り立てられるような仕組みを作ることを阻むものは何も無い、と一旦は言えるであろう。土地所有者にとっては、破廉恥にも自然の法則に反した存在になることは不可能だった。³¹

資本主義時代の失敗とは、利子と「資本」{"capital"}の性質が誤解されたことであり、そして、永続する利子の概念が腐りやすい {perishable} 富の生産における生産器官の使用に対する支払いから、いかなる種類の負債に対するものでも、返済しないこと {non-repayment} [それ自体] への支払いにまで拡張されたことである。³²

ある共同体から取り立てることができる利子には、資本を増加させることによってを超えることができない確かに定まった上限が存在する。³³

(6-13) 資本は人間の時間を増加させることはできない "CAPITAL CANNOT MULTIPLY HUMAN TIME"

(6-13-1)

なぜなら、資本は人間の時間支出の効率を増加させるが、人間の時間を増加させるわけではないからである。資本は常に人間の忍耐の限界までと、それを超えたところまで雇用時間を延長することにより、そうしようと試みるが。

このように言うことは、歴史的にはこの国で工場法が成立する以前の歴史をほんの僅か知るだけでも正当化される。この過程は東洋においては、今日も我々の目の前で進行している。香港立法府は、最近子供が7日のうちの6日、24時間のうち9時間以上に渡り働くことを禁止する立法を可決した。中国は依然として産業労働時間を立法により規制する段階に到達しておらず、この国 [イギリス] において工場法が成立する以前のものと大変似通った、恐ろしい [労働] 条件が報告されている。³⁴

³¹いかなる暴虐的政治権力を持ってしても、実際の土地の生産性を超える取立てを行うことは実際上無理であったことを指す。

³²生産的媒介物による投入時間の節約効果等の正の見返りを持たない場合でも、一旦、構築された負債が利子と負債元本を増大させ続けることの欠陥を指摘している。

³³土地生産性の限界、あるいは一般的には、経済学における、生産規模による収穫逓減 diminishing returns to scale を指すと思われる。これが、現実には生産的資本に投資された元本としての資本への利子払いの限界を決める。

³⁴この国、すなわちイギリスにおいて、劣悪な労働条件から工場労働者を保護するための立法である工場法は1802年に最初に成立し、その後、1833年、1847年に青少年および女性の労働を制限するものへと整備が進んだ。

(6-13-2)

マルクスの経済学についてなんと考えられているとしても、著者にとっては、より正統派のものとしてされている〔生産〕システムと比べ、彼の考え〔るところの生産システム〕は、いささかとも形而上学的ではないとか、生産システムについての基礎的物理学的知识から逸脱してはいない、などと見えませんが、*資本論*〔Capital〕の読者は誰もがその著書に含蓄される社会学的博識、その大部分は多量の脚注に含まれるものだが、に感銘を受けずにはいられないであろう。

資本論は*自由放任主義*〔Laissez-faire〕の政府の政策により、この国における資本の大規模な蓄積の初期の歴史に付随する、ほとんど信じがたいほどで、歴史的〔に類を見ない〕記録を形成する労働者の苦役と搾取が放置されていた時代に書かれたのである。

今日においては、革命的な世論と、職業別労働組合〔trade unions〕の増大する経済的影響力が、いくらか均衡を正しているが、東方や他の国々においては、いまだ資本主義体制が制御されておらず、労働時間を延長し、女性や児童を最も安い種類の労働力として用いる傾向が、この国においてマルクスが「労働者階級の聖書〔“Bible of the working classes”〕」を書いた時点と同じ状況で現出している。

(6-14) 資本は余暇あるいは富を増大させる "CAPITAL INCREASES EITHER LEISURE OR WEALTH"

(6-14-1)

資本の使用は時間を節約するか、*または*〔or〕、富の産出を増加させるかのどちらかである。そして一つの形態でより多くの成果が得られる程、もう一方〔の形態の成果〕は少なくなる。³⁵しかしながら、富の生産の限界は、科学および技術的知識の状況、そして商業的組織〔business organization〕、そして一日に可能な労働時間数によって決定されている。一旦、技術的発展の状態により決定された生産方法に労働者を雇用することを可能にするのに必要な資本が蓄積されれば、それ以上の蓄積はまったくの無駄である。

それ〔必要以上に蓄積された資本〕は労働時間を延長することによってのみ使用され得るものであり、それは人間の忍耐の限界まで〔可能である〕に過ぎないのである。

資本的な富〔capital wealth〕の明らかに永続的な生産性と、この点についての消費的な富〔consumable wealth〕に対する優位性は、常に節約〔thrift〕としての資本の生産への熱い称賛と、浪費〔extravagance〕としての消費的な富の生産〔とみなす立場〕へと導く。

しかし、永続的利子の物理的基盤は資本の生産物にあるのではなく、第一の種類の消費可能な富の生産におけるその使用の中にのみあるのである。

³⁵ここでは資本蓄積において、投入要素（時間）の節約と産出の増大に、代替関係（トレードオフ）があることを述べている。

腐りやすい富の生産におけるその使用は永続的であるが、永続的な富の生産におけるその使用はつかの間の幻影 {ephemeral} に過ぎないのである。³⁶

(6-14-2)

所有物は、資本と同じく蓄積する。³⁷

一旦、共同体が消費の比率によって定まった生活規模と調和した富を消費することを可能にするのに十分な所有物を蓄積すると、それ以上の所有物は、例えばより多くの資本は、使い途の無い [のに発生する] 経費、あるいは重荷となって所有者たちを圧迫することになる。

端的に言う、永続的富の両方の形態はどちらも異なる理由からではあるが、腐りやすい富の消費の率と均衡が取れる水準までしか蓄積しないのである。³⁸

(6-14-3)

物理的な類似は、水の供給における貯水池であろう。最初、貯水池が空であるときは、貯水池内で一定の水面の高さや水圧が蓄積されるまでは、水は流れ出るよりも早く流れ込む。[この水準、すなわち] 水が貯水池に流れ込むのと同じだけの速さで流れ出すようにするのに十分な水準] まで達した後は、貯水池の水は一定に保たれる。

同様に、科学的発見による富の流れ {flow} の増大は、最初は富の一部が新しい所有物や資本として蓄積されるが、唯一可能な永続的条件は、それが流れ込む {inflow} 率が流れ出し {outflow} [率] に等しくなるとき、言い換えれば、消費の率が生産の率に等しくなるときである。

(6-14-4)

将来的には共同体内のどのような階級であっても、利子によって生きようと欲するならば、彼らは消費財の生産を抑制するのではなく、推奨し、腐りやすい富を生産するのに必要とされる以外の資本の生産を抑制しなければならない。

この点に関して禁欲 {Abstinence} することは、生活の方法を、土地所有権の場合と同じく、不定の [長い] 期間にわたって、物理的可能性との衝突なしに保持するであろう。³⁹

³⁶資本は永続的であるといえども生産の媒介物に過ぎず、資本の生産によって永続的富を得ようとするのは幻影との主張である。

³⁷ここにおける possessions は、資本とは一旦、区別されているが、腐りやすい富 perishable ではなく、一定程度は蓄積可能で、permanent な第二種の富、耐久消費財、貯蔵の利く財であり、資本とほぼ同様の性質を持つ財を指すと考えられる。

³⁸このあたりの論理は異時点間の消費・貯蓄配分のミクロモデルとほぼ同様の展開となっている。

³⁹ここでは、均衡が保たれる以上の資本を蓄積しようとしないうことを、禁欲と指していることに注意が必要である。このソディの主張は、表現および、経済成長に関する観点は異なるが、J.M.ケインズが『雇用・利子・貨幣に関する一般理論』(1936)で展開した、個人の合理性による超過貯蓄が「合成の誤謬」により消費の低迷と経済の停滞につながるのと論点をすでにこの時点で言い当てていると言って良いだろう。

(6-14-5)

実際には、ここまでに行った簡単な考察は、外国へ永続的富 [機械等の資本] を輸出し、交換に消費可能な富を入手することが可能である範囲において無効化される。

しかし、長期的、全世界的には、それら [の考察] は真実である。

この事は、伝統的に機械的力の使用における指導的な国々の一つであり、過去において相当な量の永続性 [の富] を腐りやすい富と交換に輸出することに成功してきたこの国 [イギリス] にとって重要な考察である。

しかし、これ [イギリスにとっての貿易体制] は、幾分不安定に達成できている状況であるに過ぎない。

なぜなら、[残りの] 世界が [永続的富で] 一杯になるにつれて、新しい国々がますます多くの、彼ら自身の機械を作るようになるだけでなく、彼らはますます多くの、彼らが生産する食糧を消費するようになるからである。我々が再度、力の使用における技術的発明において指導的立場を得るように工夫しない限り、この国の将来における究極の政策は、消費的富の自国内生産、すなわち [現在は] 無視されている農業を再生させる必要がある、ということになるであろう。

(6-15) 資本の蓄積がその目的を達成できなくなる限界について

"THE LIMIT AT WHICH THE ACCUMULATION OF CAPITAL DEFEATS ITS OBJECT"

(6-15-1)

ここまでの結論のいくつかは、それらを一般的な代数的表記で表したほうが、優れた議論ができるかもしれない。

初期量として大きな時間の支出、例えば T に等しいだけの共同体全体の労働年数が支出されたことにより、一定の技術的進歩が操業可能となるのに必要な資本が蓄積されたとしよう、そして、それは労働時間の効率性を X だけの因子で永続的に増大させる。

もし、それ以後も共同体が以前と同じ率で富を生産するのであれば、 $1/X$ だけの時間でそうするであろう。そして、 $[1 - 1/X]$ だけの [量の] 以前の労働時間を節約する、すなわちそれだけの量の余暇を入手するのである。

(6-15-2)

もし共同体が以前と同じだけの時間、労働するのであれば、しかしながら、それは以前より X 倍だけの富を生産し、その富における獲得利得は $(X-1)$ の範囲になるであろう。

もし、最初の事例において、以前と同じ富を生産するために必要な資本を供給するのに T だけの労働年数が支出される必要があるとすれば、二つ目の事例のように以前の富の X 倍を

生産するためには、 X 倍大きな消費からの禁欲か、あるいは XT 年だけの労働時間を必要とする。⁴⁰

(6-15-3)

もし共同体が何らかの中間的なコースを採用し、以前の富より Y 倍だけ生産することができるように、ここで Y は 1 から X までの間のどんな因子でもよいのだが、 YT 年の分だけ禁欲 {abstain} することを決めたとする。すると、彼らは以前の労働時間より Y/X 倍だけ働くことになり、 $[1 - Y/X]$ だけ [の時間] を余暇として節約し、 $(Y-1)$ だけ、以前の富と比較した利得を得ることになる。

もし第二のケースで考察したように、 Y が X に等しくなるならば、次のことが明らかである。共同体はかつて持っていたよりも X 倍だけの富を持つことになるが、楽しむための余暇の追加は一切持たないことになる。

したがって、 XT 年に相当する、消費からの禁欲はその労働時間を減少させず、またはその平均的な [生活の質としての] 上品さを向上させる結果にもならない。この点において更なる生産のための資本への労働時間の支出が行われるならば、毎日の仕事 {task} はさらに増大し、また共同体全体は、依然として、資本を蓄積するために、まず余暇を禁欲するという目的 [達成] からは遠いということになる。

(6-15-4)

余暇における利得は $[1 - Y/X]$ であり、それは $Y=X$ とすることにより簡単にゼロになるが、決して 1 になることはなく、 Y が 1 になり、共同体が以前と同じ富に満足するとき最大に到達する。このことは、政治的な論争 {political polemics} が阻害しなければ、もっとも明白な常識を代数的に表現する方法である。

しかしながら、個人の多くは、自分自身のものであれ、他の人々のものであれ過去の労働時間の支出によって蓄積された、生産の媒介物を所有することによって工夫し、現在の労働時間をさらに捧げることなく生きることができるともかもしれない。ただし、彼がその一員であるところの共同体にとってはそうすることはできず、彼が自分自身の禁欲によってそれを供給した場合においてさえ、彼が所有する資本を操業するための労働時間を供給しなければならぬ。

(6-15-5)

富の生産に必要な二つの要素のうち、彼が供給するのは一つのみである。それゆえ、原則は共同体全体の平均的な状態を考察する際にまったくもって明白であり、ある人々の集団が資本

⁴⁰もし、生産性が変わらなければ、という仮定の議論である。禁欲により X 倍の生産物が得られるというのは、感覚、あるいは効用上の意味と考えられる。

を所有し、他の人々の集団がそれを操業する際に発生する、解決不能ではなくとも極めて難解な社会的問題を発生させる。

それは、過去に支出された、資本の供給のための労働の総合計時間と、現在のそれ [資本] を生産的であらしめるために必要な現在の労働時間の継続的支出とを均等させる理論的方法、あるいは、倫理的には [資本の増大に伴う富] 増大を公正に分配する方法理論的方法が存在しないことである。[抄訳終わり]

Ⅲ. エントロピー論・物質循環論の視点からのソディの富の定義の今日的意義の評価

本節では、Ⅱ節に紹介した F.ソディの原文における、富の定義、資本及び労働の役割、そのほか付随する問題点についての見解について、再度、まとめるとともに、環境・経済システムのエントロピー論的（物質循環論的）理解における現在の意義について考察する。

既に冒頭でも述べたように、F.ソディは化学者として、すべての現象における利用可能なエネルギーの費消とエントロピーの増大法則に基づき、富、価値に関する通俗的経済学の考え方を批判するとともに、明確な物理学的基準からの富の必要条件について明らかにしている。既に、原文中に明確に述べられたように、富は「生きることを可能にする物理的必要物」であり、自然の中の利用可能なエネルギーの流れから、多くの場合、人間労働の働きかけにより、救い出され、抽出される。このようにして形成される富には、二種類の類型があり、それぞれ第Ⅰ種の富、第Ⅱ種の富と呼ばれる。

第Ⅰ種の富は、利用可能なエネルギーが、消費の際に取り出し可能な形態で物質中に貯蔵されたものであり、燃料や食料がその代表的例である。これに対し第Ⅱ種の富は、利用可能なエネルギーの支出により生産された、耐久性のある財、生産の資本的媒介物などを指し、変化する性向は出来る限り持たないことが望ましいものである。

この第Ⅱ種の富の代表例は、経済学において「資本」として扱われている生産の媒介物であり、ソディはこの「資本」の生産における役割と富としての十分条件、他の生産要素としての労働との関係について論じる。

ここで興味深い論点は、ソディは資本を「永久的富の形態」として表現しており、第Ⅱ種の富としての資本にとっては、永久性が本質であり、第Ⅰ種の富にあっては不可欠な性質“perishability”（腐りやすさ、変性しやすさ）は、第Ⅱ種の富にとっては逆に欠陥であることを強調していることである。さらに大規模な生産用途の機械においても、磨耗部分を補充することにより、永久的使用が可能と述べている。

これは、利用可能なエネルギーの支出あるいはその支出により形成された補充品により、物質的な持続可能性が文字通り保障される、とソディが考えているとも取れる主張である。

後世、ニコラス・ジョージスケレーゲンは物質が不可逆的に散逸し、このようなエネルギーの支出による物質的な永久性の保障は不可能であることを「熱力学第四法則」として定式

化した。ジョージ・スクレーゲンは、ゴムタイヤが路面で磨耗する事例を用いて簡明にこのことを提示したが、今日、物質リサイクルが促進されているものの、物質リサイクルの推進によって持続可能性を追求する政策が、実際上の資源の無限の循環を夢想していること、そして現実的にはリサイクル資源の質の劣化により、全ての資源において限界に直面していることからしても、慎重な考察が必要である。⁴¹

恐らくこの問題は、自然の利用可能なエネルギーの流れ、物質循環に合致した資源循環は可能であり、その範囲では、資本は文字通り永久的富として機能し得るが、それに合致しない場合は、熱力学第四法則の罠に陥るとしてまとめることが出来るだろう。このような論理の前提となる、自然の物質循環とエントロピー排出機構の重要性、資源・環境問題の定式化としては、やはり植田敦の「資源物理学」による学術的貢献を忘れることは出来ない。

また、ソディは、資本は第Ⅱ種の富、すなわち利用可能なエネルギーと原材料の支出により形成された永久的な富の形態であるが、それが富であり続けるためには、十分条件として実際の使用による有用性が継続していなければならない、と指摘している。

たとえ利用可能なエネルギーと原材料の支出によって形成されたとしても、第Ⅱ種の富、資本が富である為には、それが実際に使用され、消費可能な富の生産に貢献しなければならない。そして、この事を無視して資本のみを増殖させても、それは社会の豊かさの向上にはつながらないのである。⁴²

今日、国栄えて山河滅ぶ、と言われるほどの、自動車用道路をはじめとする土木的な社会資本の過剰蓄積と国土の荒廃を考えると、この論点は常に心に留めておく価値を持っていると考える。さらに言えば、私たちが生き、様々な価値観に基づく生活を保障されるための物質的基盤そのものを、長期的に破壊してゆくような人為的資本の蓄積と、それを誘発する貨幣的な富（仮想的富）の増殖は、長い時間と広い視野を見通した政策判断により転換してゆく必要がある。

このような事例は枚挙に尽きないが、消費的富の生産に用いられるに過ぎない資本の増殖そのものが、富の拡大をもたらすとすの幻影に基づいた、単純な構想に基づく政策としては、（電気という消費可能な富のフローを生産するに過ぎない原子力発電用の）核燃料という資本の増殖を意図した核燃料サイクルの発想に見ることができる。この資本の増殖は、取り出し可能な利用可能なエネルギー、電気としては従来の発電となんら変わらないにもかかわらず、未来の世代に長期に渡り、絶大な影響を及ぼす核廃棄物を、発電により比例的に、また再処理により増大した形で生み出すことによって実行されている。ソディが危惧した、自然資本から（仮想を含む）人為的資本への、他人の労働や生産物の搾取手段の移行は、現代においては、未来の世

⁴¹例えば、紙のリサイクルにおいては、不純物の混入によりより多くのエネルギー及び資源の投入が必要となる。アルミやその他の金属、プラスチック、ガラスにおいても、再生時の質の混在による製品用途の限定は広く見られる限界である。白鳥(2006)においても、この法則について言及されている。

⁴²この点をソディは、消費的富の生産とのバランス、労働増加に伴う余暇の喪失の両面から指摘している。

代から選択の権利と生命の安全を奪うことによって達成されているのである。人は自分のことを第一に考え、他人を犠牲にすることを省みない生き物であるが、種としての存続すら脅かすこの事態に、膨張した個人的利己心が麻痺し、社会的選択の誤りを繰り返していることに深い憂慮を感じざるを得ない。それとも、これもソディが指摘した「完全によく情報装備した、個人的な自己利益」によるものなのであろうか。

話を戻して、今日の環境・経済システムのエントロピー論的理解におけるソディの位置づけについて見ておこう。

H. E. Daly は1980年の論文“The economic thought of Frederick Soddy”（邦訳「フレデリック・ソディの経済思想」）において、ソディのエコロジカルな経済学にとっての先駆的立場をいわば「発掘」した。それほど、ソディの経済学における貢献は無視され続けてきたのである。日本においては、すでに室田（1979）において、ソディのエントロピー論における貢献が評価されている。また、ホワン・マルチネス・アリエ（原著1987）においてもエコロジー経済学の先駆者としてのその立場は評価されている。また、ソディの業績をその貨幣制度改革論まで含めて総合的に評価した論評として Katsuragi et al. (2006)がある。⁴³

先に述べた植田敦による資源物理学の貢献であるが、彼の構想は「開放定常系」として熱に関しては開いた系である地球環境システムが、空気・水そして生態系の物質循環により、エントロピーを排出する機構として機能していること、そして、持続可能なシステムとしての地球環境が、化石燃料の大量消費を特徴とする、物質循環の人為的かく乱と破壊によって、資源・環境問題に直面していることを描き出す。

ソディの着目した富の物理的定義は、これらの構造を描き出すところには達していないが、富Ⅰ及び富Ⅱの生産（及び消費）に関する方程式に見られるように、利用可能なエネルギーの使用が、劣化したエネルギーすなわちエントロピーの増大として結果することについて考察している。これは、実質的にエントロピーの増大が富の生産にとって必要であることを主張していることにあたり、エントロピー排出を重視している今日のエントロピー論の論点を最初に提起したものとと言える。

エントロピー論に基づく経済学の構想としては、玉野井芳郎による「広義の経済学」の提唱が挙げられるが、最近、関根（2006）は、「資本弁証法」をはじめとするマルクスの経済学の評価と、狭義の経済学に対する代替的な体系として広義の経済学にどのような議論が可能かについての展望を行った。関根は経済表を用いて地域主義に基づく独自の経済論を展開しているが、

⁴³ソディの評価には、彼の主張した貨幣制度改革についての論評も必要であるが、本稿においては、これを行わなかった。前述の先行研究を参照されたい。また、ソディが指摘した貨幣的な仮想的富、負債の持つ現実世界への影響の考察に関しては、地域通貨の研究者も（泉（2004））考察している。筆者は、ソディの憂慮した社会的問題の根源としての仮想的富と現実の富の乖離を埋める手段として地域通貨が有用かについては未だ専門的意見を持たないが、石田衣良の小説にあるように、貨幣に地域性を持たせるだけでは、貨幣の持つ、無が有を生み、相対的な価値が実体から遊離して一人歩きする性質は覆せないと考えている。

広義の経済学が（狭義の経済学に代替し得る）独自の説明体系を持つことについては慎重である。

筆者は、広義の経済学が基礎をおく富の物質的基盤に関するソディの定義は非常に有用と考えており、富としての必要条件と十分条件を詳しく分析し、これを狭義の経済学の側からの環境問題へのアプローチと整合的に組み合わせることにより、新しい経済学の体系は、少なくとも展開が可能だと考えている。この点に関してはまた稿を改めて論じることとしたい。

謝辞

* 本稿の翻訳部分において、電磁気学の分野の記述に関しては、白鳥紀一先生にご教示いただいた。また、一部の表現について藤堂麻理子氏の助言を受けた。また、新潟大学大学院現代社会文化研究科において、草稿について院生の佐藤隆男、内田健二両氏に議論に加わっていただいた。また、草稿を教材の一部として用いた新潟大学経済学部夜間主コース「経済学方法論入門」の受講生諸君の活きた反応により筆者は、抽象的になりがちな富の本質に関する議論に、現実感を持って接することができた。これらの人々に心から感謝する。

無論、残る誤り等についての責はすべて筆者に属する。

** 本稿は、平成16～18年度科学研究費補助金（若手B）「環境政策実施原則の効率性と有効性についての研究」の成果の一部である。

参考文献

- Frederick Soddy, *WEALTH, VIRTUAL WEALTH AND DEBT : THE SOLUTION OF THE ECONOMIC PARADOX*, Allen and Unwin Ltd., 1926.
- H. E. Daly, "The Economic Thought of Frederick Soddy", *History of Political Economy* 12:4, 1980. 「フレデリック・ソディの経済思想」『持続可能な発展の経済学』新田功・蔵本忍・大森正之共訳，第12章所収，みすず書房 2005年.
- Kenji Katsuragi, Rieko Nakamura and Hiroo Kumagai, "Frederick Soddy, Chemist, Economist, and Ecologist: His Concern about the Sustainable Development and Monetary Reform", 富山大学経済学部富大経済論集 第51号第3号，2006年3月.
- Nicholas Georgescu-Roegen, *Entropy Law and the Economic Process*, Harvard Univ. Press 1971.
- Nicholas Georgescu-Roegen, 邦訳『経済学の神話: エネルギー，資源，環境に関する真実』小出厚之介／室田武／鹿島信吾編訳，東洋経済新報社，1981年.
- 石田衣良『骨音一池袋ウエストゲートパーク III』文芸春秋，所収「キミドロの神様」，2002年.
- 泉留維「フレデリック・ソディの貨幣論に関する考察」『自由経済研究』第29号2004年6月.
- 白鳥紀一「資源環境と現代科学技術」『応用物理』（応用物理学会誌），第75巻 第8号，2006年8月.
- 関根友彦「エントロピーと経済学の接点」エントロピー学会誌『えんころびい』57号，2006年.
- ホワン・マルチネス・アリエ『エコロジー経済学: もうひとつの経済学の歴史』HBJ出版，1991年(原著，*Ecological Economics : Energy, Environment and Society*, Juan, Martinez-Alier, Blackwell, 1987).
- 榎田敦『資源物理学入門』NHKブックス，1982年.

藤堂史明「エントロピー法則と経済学」『環境経済・政策学の基礎知識』環境経済・政策学会編，東洋経済新報社，2006年。

室田武『エネルギーとエントロピーの経済学』東洋経済新報社，1979年。