

## <研究ノート>

# 持続可能な民主主義は可能か

—— 時間の不可逆性とエントロピー法則 ——

藤 堂 史 明\*

### 要旨

時間の不可逆性は通時的な効用最大化や現在世代による民主主義的決定にとっての根本的な制約である。時間の不可逆性はエントロピー法則を保証し、また逆にエントロピー法則により保証される。合理的な個人が将来のリスクを現在の便益ほどには重んじないとすれば、民主主義的な決定プロセスにより持続可能な社会を構築することはできるのだろうか？あるいは市場経済における民主主義的意思決定プロセスにどんなルールを追加する事が必要であろうか？

キーワード：持続可能性 民主主義 不可逆性 エントロピー法則

## 1 持続可能性への配慮の限界

本稿では、時間の逆行不可能性を鍵として、民主主義と持続可能性の両立は可能であるのかを考える。時間の逆行不可能性の問題はエントロピー法則と表裏一体である。この法則はエネルギーと質量の不変な保存関係を表す熱力学第一法則とは異なり、質的な変化は取り返しのつかない変化である事を示している。

一方で、古典力学を做った新古典派経済学においては、合理的な個人が将来まで予測した上で、時間を通じた最適化を行うという考えもよく登場する。この問題を部分的な効用関数への反映や、確率的不確実性を採用した最適化モデルの選択として処理する方法もあるが、本当の問題はもっと根本的なものである。

それは、私たち経済社会の構成員は、実際には時間の流れを見通して将来を見ることはできないし、未来の世代の効用を組み込んで、通時的にこれを最大化するような計画は立てられないという事である。

ただし、通時的な最大化の対象として一般的な効用を用いることはできずとも、生命体としての経済主体の存在条件を満たすように、生態系の存続という効用発生の必要条件を満たす必

---

\* 新潟大学大学院現代社会文化研究科・経済学部 准教授 E-mail: toudou@econ.niigata-u.ac.jp

要だけは、現在の私たちにとっても明確な必要条件である。

私たちが直面する不可逆な汚染の問題と、多数決をはじめとする民主主義の仕組みによりこの問題の解決が困難である事を以下に示してゆく。

## 2 エントロピーの入出力と熱機関の持続可能性

### 2.1 エントロピー法則は変化と不可逆性の法則である

熱力学の第一法則は、既に述べたように質量とエネルギーの保存法則である。そして、同じく第二法則はエントロピー法則である。エントロピーは全ての物理的現象の前後を比べると後の方がその総量が增大している。すなわち温度 (T) における熱の移動 ( $\Delta Q$ ) によるエントロピーの増大 ( $\Delta S$ ) :

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} \quad \dots \quad (1)$$

並びに物質の体積 (V) に比例したエントロピーの定義 :

$$S \propto \log V \quad \dots \quad (2)$$

これらのどちらの場合においても<sup>1</sup>、熱の移動を計測し、また体積の変化 (増大) を計測する観測者にとって、時間は不可逆的に流れている。

すなわち、エントロピー法則の観測者にとって、時間は不可逆的に流れ、その中でのみ、またエントロピーも増大が保証されているのである。では (1)、(2) 式はいかに計測されるのだろうか。

時間計測単位 : t と置き、

$$t_1 < t_2 \quad \dots \quad (3)$$

であるならば、 $t_1$  より  $t_2$  の方が「後」であるとする。

このとき、あるシステムにおける熱及び物質に関するエントロピーの総計 :  $S_t$  について、

$$S_{t_1} < S_{t_2} \quad \dots \quad (4)$$

が成り立つ。これらの式の相互関係は、「(3) 式が成り立つことで、はじめて (4) 式を認識できる」また、「(4) 式が成り立つことで、はじめて (3) 式を認識できる」、という事であり、どちらも他方を前提とする事によって成り立っている循環的な定義である。

つまり、時間の流れとは、結局、時間が流れることを観測できるかという問題に還元されるが、時間そのものは計量可能なものではないため、観測者が代わりの事象を特定して、その事象における変化の記録によって計測する事になる。そして、時間が流れる事自体は、観測者の

意識の中で時間が経過し、それに伴う物理的事象を記録するという前述のプロセスを実施する事で確認しているに過ぎないのである。この関係により、エントロピー法則と時間の不可逆性は互いに互いを規定する関係にあるのである。

すなわち、

「時間的順序の熱力学的分析

出来事Aが出来事Bより以前であるのは、出来事Bが生じたときの宇宙は出来事Aが生じたときの宇宙よりも、エントロピーが高い状態にある場合、その場合に限る。」

(ロビン・ペドウィン (2012)<sup>2</sup>, 265頁)

という関係性が常に成り立つのである。

万一、計測を担当する観測者の主観的な時間を含むシステムの時間が遡行し、観察事象の前まで遡れたとすると、奇妙な現象が起こる。すなわち、熱及び物質に関する上記の二現象のどちらも、エントロピーの減少を起こすことになるが、観測者の主観的な時間も遡行すれば、このような現象は決して時間の逆向きの経過に伴う現象としては観測できないのである<sup>3</sup>。

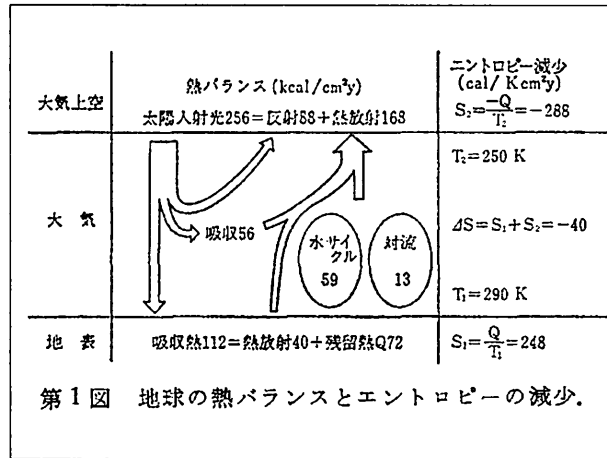
従って、エントロピーの増大法則に意味を与えている事実は、時間は逆行できない、あるいは時間を逆行した観測者はその事実を観測する事ができない、という事である。これが、私たちがエントロピー法則を「変化と不可逆性を支配する法則」として認識する理由であり、物理的現象における不可逆性は、統計力学的な確率によって保証されるのではなく、根本的にはこの「観測者の主観的時間の遡行不可能性」によって保証されているのである。

## 2.2 エントロピー法則と熱機関

閉じたシステム内における活動は、そのシステムにおけるエントロピーを、熱・物質の全体において、必ず増大させる。熱と物質、いずれかのエントロピー増大を引き換えに他方の減少を引き起こす例もあるが(例:光合成)、例外となる現象は存在しない。

従って、仕事を取り出すシステムには、付随して低エントロピーの入力と高エントロピーの出力が必要である。これを繰り返し可能にするシステムを「熱機関」と呼び、細胞単位の生命から動力機関、そして地球の生態系システムまで共通の性質を持っている。それらが入れ子構造になり、全体として太陽から得られる利用可能エネルギーと熱収支を均衡させながら、エントロピーを排出するシステムが地球である(図1参照)。

図 1. 地球の熱バランスとエントロピーの減少



出典：植田 (1976b)<sup>4</sup>, 939 頁, 第 1 図

この地球のエントロピー代謝（低エントロピーの太陽光の取り入れと、高エントロピーの赤外線放射の放出、及びそれらのプロセスの間に存在する水・空気及び生態系を介した熱循環）こそ、地球が生命の星である基盤であり、とりわけ、液体の水を作動物質とする温度・圧力が保たれている事が、他の太陽系内惑星と異なる重要な点である。

地球の環境システムの範囲内に市場経済システムは存在し、その中に個々の人間が存在するが、市場経済システムにおける経済的価値の生産は、環境システムの持続可能性と必ずしも関係しない<sup>5</sup>。

個々の生命体としての存続の為には、環境システムを根本的に破壊する事は必要ではない。しかし、経済主体として組織された個人の集合としての現代社会においては、経済主体の経済価値の追求が時として環境汚染と資源枯渇を取り返しのつかないレベルまで推し進めて行く。これは、持続可能性の必要条件（藤堂（2008）に既出）を、個別主体が観測できないと同時に、他の主体にしわ寄せをする事による自己利益の最大化が可能になっている構造（藤堂（2009a, 2010））に原因がある。

次に、放射性物質による汚染と持続可能性について考察しよう。

### 3 放射性物質による汚染とは何か

植田敦の資源物理学<sup>8</sup>は、地球環境の物質循環から資源を採取し、廃熱・廃物を物質循環に戻すことによって成立するプロセス以外の工業的活動は、汚染と資源枯渇を引き起こすとした。放射性物質を生産する事によって原子レベルのエネルギーを解放する、それが原子力利用の本質である。そして、その組成、遷移による寿命もまた既定である。

表 1. 使用済み核燃料中の放射性物質とその半減期

表 2.6 • ガラス固化体に含まれる主な放射性核種と放射能<sup>\* 14)</sup>

半減期 (年)	核分裂生成物			難ウラン元素		
	核種	半減期 (年)	放射能 (Bq)	核種	半減期 (年)	放射能 (Bq)
2 ~ 100 年	<sup>90</sup> Sr- <sup>90</sup> Y	29.1	$6.41 \times 10^{15}$	<sup>238</sup> Pu	87.8	$3.39 \times 10^{11}$
	<sup>125</sup> Sb- <sup>125m</sup> Tc	2.8	$1.32 \times 10^{14}$	<sup>241</sup> Pu	14.4	$1.01 \times 10^{13}$
	<sup>134</sup> Cs	2.1	$1.74 \times 10^{15}$	<sup>243</sup> Cm	28.5	$8.95 \times 10^{11}$
	<sup>137</sup> Cs- <sup>137m</sup> Ba	30.0	$9.32 \times 10^{15}$	<sup>244</sup> Cm	18.1	$1.67 \times 10^{14}$
	<sup>147</sup> Pm	2.6	$1.97 \times 10^{15}$			
	<sup>151</sup> Sm	90.0	$1.38 \times 10^{13}$			
	<sup>152</sup> Eu	13.6	$6.85 \times 10^{10}$			
	<sup>154</sup> Eu	8.6	$1.94 \times 10^{14}$			
	<sup>155</sup> Eu	5.0	$8.99 \times 10^{13}$			
100 ~ 1000 年				<sup>241</sup> Am	432	$5.52 \times 10^{13}$
				<sup>242m</sup> Am	152	$2.86 \times 10^{11}$
1000 ~ 1 万年				<sup>240</sup> Pu	6 540	$4.51 \times 10^{10}$
				<sup>243</sup> Am	7 380	$1.26 \times 10^{12}$
				<sup>245</sup> Cm	8 500	$3.13 \times 10^{10}$
				<sup>246</sup> Cm	4 730	$5.81 \times 10^9$
1 万 ~ 1 百万年	<sup>79</sup> Se	$6.50 \times 10^4$	$1.59 \times 10^{10}$	<sup>239</sup> Pu	$2.41 \times 10^4$	$2.78 \times 10^{10}$
	<sup>99</sup> Tc	$2.13 \times 10^5$	$6.59 \times 10^{11}$	<sup>242</sup> Pu	$3.87 \times 10^5$	$2.18 \times 10^8$
	<sup>126</sup> Sn	$1.00 \times 10^5$	$3.22 \times 10^{10}$			
1 百万年 以上	<sup>93</sup> Zr	$1.53 \times 10^6$	$8.95 \times 10^{10}$	<sup>237</sup> Np	$2.14 \times 10^6$	$1.32 \times 10^{10}$
	<sup>107</sup> Pd	$6.50 \times 10^6$	$5.96 \times 10^9$			
	<sup>135</sup> Cs	$2.30 \times 10^6$	$2.22 \times 10^{10}$			
総放射能	$2.28 \times 10^{16}$ Bq					
元素量	38.4 kg			Np 506g, Pu 22.1g, Am 583g, Cm 61.2g		

\* 燃焼度 45 000 MWd/トン、冷却期間 5 年の加圧水型軽水炉使用済み燃料 1 トン当たり、再処理における廃棄物への移行率を U 0.2%、Np 80%、Pu 0.2% とした。使用済み燃料中に含まれる <sup>129</sup>I ( $1.57 \times 10^7$  年、 $3.16 \times 10^7$  Bq) も重要核種であるが、ガラス固化体には含まれない

出典：長岡・中山 (2011)<sup>7)</sup>、26 頁、表 2.6

放射性物質による汚染は、それが化学的反應によって無害化される事のない原子レベルでの汚染物質であるという点に特徴がある。集団被曝線量によるリスクの算出には批判もあるが、今日の放射線防護の考え方の基礎となっている線量等量の考え方と、その前提となっている被曝線量と癌・催奇形性等を含む損失余命のリスクの関係性は線型になっていると考えてよいだろう。このような LNT (Linear Non-Threshold) 説の考え方は藤堂 (2013a)<sup>8)</sup> で論じた。

第 2 節で述べたように、人間を含む生命・環境のシステムは重層的に入れ子構造を形成し、

それぞれ外部の環境システムから低エントロピーの資源（利用可能エネルギー及び物質）を取り入れ、活動の結果生じる高エントロピーの廃熱・廃物を排出する事によって成り立っている。つまり、自己という境界線内部での活動の持続こそが生命および経済活動の本質である。

これを利用して短期的に生産性の高いシステムに見えているものが原子力利用であり、自らの外部環境に放射性物質の放出があっては維持できないシステムであるにもかかわらず、これを遮蔽する事によって、環境システムへの影響なしに利用可能エネルギーを取り出すことができるシステムであるかのように扱われてきたのである。だが、利用可能エネルギー取り出しの対価として放射性物質の放出が起こればどうなるかは、2011年3月11日の事故により、日本人は良く知るところとなったのである。

表1に示した使用済み核燃料の（再処理後の）ガラス固化体に含まれる放射性核種及びその半減期の一覧表を見れば、これらの物質が、その元素の性質としての毒性（放射線の生命体への破壊作用）を失うのに、長いもので100万年単位の半減期の繰り返しが必要であるのみならず、短い半減期のものであっても核種の遷移を繰り返して減衰していく。

図2に見るように、遷移を繰り返しながら変化してゆく核燃料及び使用済み核燃料、ガラス固化体の放射線レベルは、元の資源の品質レベルまで低下するのに10万年、個別の元素の化学的な毒性まで考慮すると、100年以上の時間がおおよそその無害化に必要である事が分かる<sup>9</sup>。100万年先の未来の世代に至るまで延々と引き継がれる、原子単位での環境汚染物質を生じさせる事は、果たして現在の民主主義によって阻止できるだろうか？ 私たちの考える正義は、果たしてこのような現象を包括しているのだろうか。

図 2. 核燃料における放射線レベルの推移

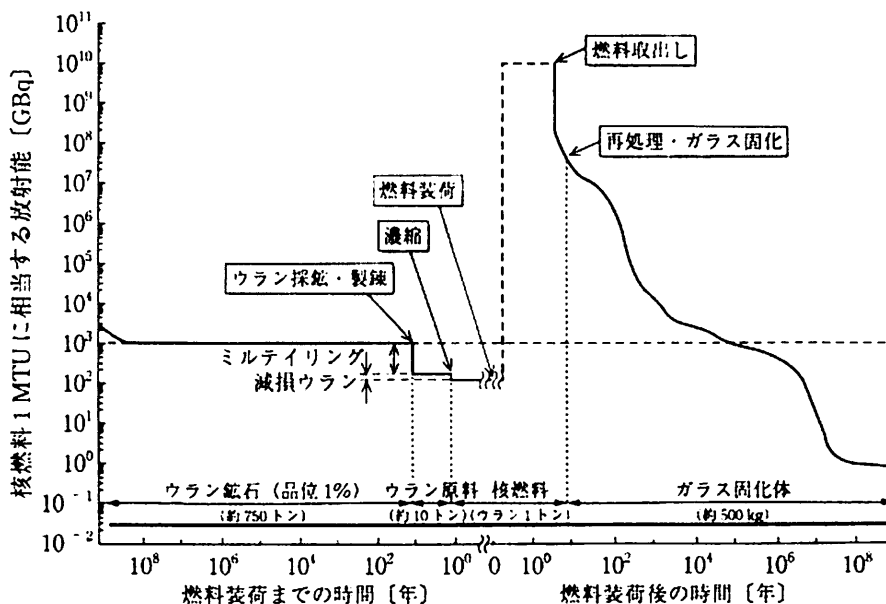


図 2.5 • 核燃料サイクルにおけるウラン 1 トン当りの放射能の変遷 (濃縮度 4.5%の核燃料 1MTU 相当)<sup>15)</sup>

出典：長岡・中山 (2011), 27 頁, 図 2.5

#### 4 持続可能な民主主義の課題

前節に示したように、100万年の未来まで毒性が継続する放射性物質を生成する事と引き換えに、現在の世代が電気を利用するというのが原子力利用の実態である。このような通時的な汚染問題は、どのように考えることができるだろうか。

時間を通じた個人・家計の効用最大化を、次のような形式で考えよう。ある時点における世代を  $i$ 、とする。 $i$  の内訳を考えない場合が代表的個人を仮定するケースである。 $i$  にとっての時間の流れを  $t_i$ 、ある時点での効用を  $u_{it}$ 、時間に関する割引率を  $r$ 、世代  $i$  にとっての人生の開始時間を  $0_i$ 、終了時間を  $T_i$  と置いて、離散時間的に時点  $t_i$  における通時的な効用の総量  $U_{it}$  を現在割引価値として定義すると、次式である。

$$U_{it} = \sum_{t_i=0_i}^{T_i} u_{it}(1+r)^{-t_i} \quad \dots \quad (5)$$

このとき、割引率が大きくなればなるほど、また、代表的個人  $i$  にとっての未来の時間が経過すればするほど、全体の効用に対する個別時点の効用の貢献は少なくなってゆく。なお、生

命の価値を満足度・効用に置き換え、またリスクの発生を費用に置き換えることは、複数の次元を持つ要素を1次元に投影するという根本的問題（拙著、藤堂（2010b）<sup>10</sup>や、循環的再生産を前提とした交換プロセスによって不可逆的な現象を表現するという二つの問題があるが、ここでは民主主義的プロセスの分析のため、これらの論点は棚上げしている。

また、一方で同様にリスクの発生を費用  $c_{ii}$  と置き換え、 $i$  にとっての通時的な総費用  $C_{ii}$  を同様に現在割引価値で表現すると、

$$C_{ii} = \sum_{t_i=t_i}^{T_i} c_{iit} (1+r)^{-t_i} \quad \dots \quad (6)$$

となる。世代  $i$  は (5) 式と (6) 式のどちらも金銭的に評価された便益（及びマイナスの便益）であると考えられるから、これらの差分、純便益（New Welfare）： $NW_i = U_i - C_i$  を最大化するように行動する。すなわち、

$$\text{Max}NW_{ii} = \sum_{t_i=t_i}^{T_i} u_{iit} (1+r)^{-t_i} - \sum_{t_i=t_i}^{T_i} c_{iit} (1+r)^{-t_i} \quad \dots \quad (7)$$

となるように行動するのである。これは  $i$  が、一生の範囲  $([0_i, T_i])$  の中で、時点  $t_i$  から将来  $T_i$  にわたる全期間を見通し、その行為の実施による純便益を最大化するという事である。従って、現在に利益（効用）をもたらす、将来にリスク（費用）をもたらす行動はプラスに評価される。これが、将来的に損害をもたらす環境汚染に配慮がされない基本的な論理である。

一方、民主主義は社会を構成する多数の個人の多数決によって、利害関係を含む社会的決定を行う仕組みである。ある時点の社会を構成する世代を代表的個人で代表させるのではなく、その内訳を考える。各世代を構成する個人の純便益を PNW (Personal Net Welfare) とすると、個別の個人にとって利害が分かれる決定であっても、社会総体として利益があれば採択される<sup>11</sup>。すなわち、時点毎に  $N$  人からなる世代が存在すると仮定すると<sup>12</sup>、世代  $i$  の内訳である各個人  $j$  は 1 から  $L$  までの範囲を取り得るため、時点  $t_i$  における世代  $i$  における 1 番目から  $L$  番目の個人までの世代の社会的純便益は、次式で定義される。

$$NW_{it_i} = \sum_{j=1}^{L_i} PNW_{jit_i} \quad \dots \quad (8)$$

この時、(8) 式の右辺は次のように展開して考えることができる。

$$\sum_{j=0}^{L_i} NW_{jit_i} = NW_{0it_i} + NW_{1it_i} + \dots + NW_{Lit_i} \quad \dots \quad (9)$$

この時、(9) 式の右辺各項が必ずしも全て正である必要はなく、多数決原理を採用した民主主義による決定であるならば、ある個人  $j$  の純便益  $NW_j$  が正である場合に  $nm_j = 1$ 、負であ



る場合に  $nm_j = 0$  である変数  $nm_j$  を定義すれば、

$$\sum_{j=1}^N nm_j > \frac{N}{2} \quad \dots \quad (10)$$

の条件を満たせば、(より大きな値を与える別の行為が存在しない限り) 多数決による採択が可能である。またもし、社会的決定が仮に社会的計画者によって行われるのであれば、(8) 式ができる限り大きい値をとるように決定される。どちらの場合も社会的に倫理的に許容可能な分配である必要がある。極端に小さい値の  $NW_j$  が存在する事は、社会不安の元凶になるからである。

なお、もっとも簡単な多数決のケースを (10) 式で示したが、公共選択理論が示すように、投票行動や政治的行動には多数のバリエーションがあり、前述した小選挙区制+多数意見の分断のケースのように、必ずしも「多くのものの利益が社会の利益」という功利主義的な基準が社会的判断となるとは限らない。

持続可能性は、それが維持されれば将来の世代の効用が向上し、失われれば減少(あるいは消滅)するものであるが、(10) 式の個人  $j$  には将来の世代はカウントされない。従って、何らかの通時的な配慮を世代が行うという「経済人」<sup>13)</sup>に反する仮定、場合によっては、それは遺伝子の自己愛や親子の愛情を導入しなければ、将来の世代(世代  $f$  と置こう)の効用  $u_f$  は最低限にすら守られず、市民的権利が失われる。はっきり述べれば、未来の社会が破局的な結末を迎える選択であっても採択される可能性が高い。ここに挙げた追加条件にせよ、子供を残さず利己的に振る舞う個人にとっては意味がなく、利己心のバリエーションによる解決は難しい。

例えば、時点  $t$  から  $t+m$  までの世代には正の  $NW=a$  を与え、それ以降の世代には負の  $NW=c$  を与え続けるプロジェクト A と、 $a$  よりも小さいが常に正の  $NW=b$  を与え続けるプロジェクト B を考えよう。(7) 式よりプロジェクト A の  $i$  世代にとっての純便益の現在割引価値は

$$NW^A_{it} = \begin{cases} a & (t_i \leq i \leq t_i + m) \\ c & (t_i + m < i \leq T_i) \end{cases} \quad \dots \quad (11)$$

また、プロジェクト B については同じく、

$$NW^B_{it} = b \quad (t_i \leq i \leq T_i) \quad \dots \quad (12)$$

となる。この時プロジェクト A と B のいずれかを決するタイミングは、 $t=t_i$  であるから、第  $t_i$  世代からカウントして第  $m$  世代までの、どの世代  $i$  にとっても A が魅力的であり、社会的に選択される。

実態はしかし、プロジェクトの影響の範囲が将来にわたって長期化すればするほど、A の人類史を通じた平均便益は小さくなり、やがて  $c$  の値に収束する。そして、 $c < 0 < b$  であるか

ら、その累積的な損害は絶大である。

$$\lim_{T_i \rightarrow \infty} \frac{\sum_{t_i=t_i}^{T_i} NW^A_{it_i}}{T_i - t_i + 1} = c \quad \dots \quad (13)$$

発電用原子炉の耐用年数がせいぜい数十年であり、核燃料単位では数年である。その利用の対価として10万～100万年単位のリスクの発生は、人類に長期的な損害をもたらすだろう。しかし、世代単位の合理性の重大な欠陥として、判断を行う世代  $i$  にとって、世代の時間的視野の限界である  $T_i$  が、 $T_i < m$  であれば、このような認識は生じようもない。つまり、自ら生きている間に損害が表面化しなければ、長期的に損害が生じることが分かっているにもかかわらず、そのような人類史的なプロジェクト評価は、時間的な開始点をどこにとったとしても、各世代  $i$  とも行いようがないのである。そのうち技術が解決する、等の夢想的な言辞で問題を先送りしようとするだけであろう。実際には、技術は科学の法則を書き換えるものではない。

実際のプロジェクトAの決定にあたっては世代毎の純便益ですら確保する必要がない。(10)式の多数決原理で過半数を押さえるか、小選挙区制と反対意見の分断を組み合わせた相対多数かつ絶対少数にしか純便益を与えない場合でも、採択が可能である。

このように、利己的な個人を合理性の基準とする市場社会と、多数決制の民主主義が法制度、社会的決定は、持続可能性を考慮する原理を内包しておらず、未来の世代の権利を保証する仕組みを、倫理あるいは慣習によって導入する事なくして存続していくことはできないだろう。これは、多数決制の民主主義や、その相似系である貨幣的価値の投票による市場原理主義（市場で経済価値を獲得した主体に権利や決定権が与えられる）の根本的矛盾である。

他方、短期的な効用最大化を行動原理とするのではなく、繰り返しゲームによる協調戦略の採用や、生物進化における進化的に安定な戦略 (Evolutionarily Stable Strategy: ESS)<sup>14</sup>の進化についての理論も存在する。これらの理論は、単純な効用最大化のモデルと異なり、一定の集団的規範や個別の利益に基づかない生物行動の遺伝的進化の経路を説明できる。しかし、いずれも一定の行動とその報酬が繰り返される状況を前提としており、一度限りの歴史において、生息環境を根底から破壊しかねない人類の行動進化を保証するプロセスとしては、いかにも不十分な原理である。

合理的な経済人の仮定そのものに問題があるとすれば、この市場原理主義を支える世界観は、市場社会の分析ツールであると同時に、市場社会の成り立ちを正当化する合理化のツールでもあり、その研究と普及啓発が同時に神学化し、イデオロギーとして政策を支配し、社会を変容させていく一面も持っているからである<sup>15</sup>。

エントロピー経済学の観点から見れば、効用最大化する個人と多数決制民主主義（一人一票あるいは一円一票のいずれの場合でも）が持続可能性を保証しない問題は、生物としての人間とその生存環境である環境システムの存続を必要条件とせずに、合理的な個人による効用の最

大化を人間の行動原理として採用したためである。世界から孤立して効用を最大化する個人など存在しない。効用の根源は個人の内にはなく、生物として存続する人間と、それを包含する環境システムとの関係性から発しているからである。そして、なにが個人の満足度・効用につながるか分からない一方で、生存の客観的な必要条件は効用とは別に求めざるを得ない。

筆者は生存の為の必要条件と、主観的な価値の創出の間には境界線があると考え。従って、将来の世代の生存を脅かす科学技術の開発と実用は、その安全性を原理的に証明する義務を課されるべきである。このような現代の単純な多数決制の民主主義の改善は、公開の客観的・論理的な議論を、職務上の利益相反を排した中立な一般市民の主導で展開してゆく事で実現できる可能性がある。

## 5 科学的進歩と予知の限界

第4節で検討したように、純粋に効用最大化を追い求める個人を前提とすれば、多数決制の民主主義、あるいは何らかのバリエーションによって、現在の世代の社会的決定が社会的な持続可能性を満たす可能性は低い。さきに第3節で検討した、非常に長期にわたる半減期を持ち、総体として100万年単位での遮蔽が必要となる毒物である放射性廃棄物を発生させる原子力利用は、このような民主主義社会の課題を浮かび上がらせる事象である。

この問題について、もう一つ根本的な問題を提起する。それは、社会的な持続可能性を求める心が個別の個人に存在したとして、将来的な問題解決を楽観的に期待するような科学技術に私たちは頼って良いのかという事である。どのような最適化への不確実性の反映方法を考案したとしても、将来の効用（満足度）そのものが、いかなる内容により成立するのかを事前に定義できない以上、取り返しのつかない生態系の改変は行ってはならない事なのではないか。

原子力の利用は取り返しのつかない生態系の改変である。それは、時間の経過によってでしか無害化できない人工放射性物質を、10万-100万年先まで残す形で利用可能エネルギーを取り出す技術である。対して、核種変換等の無害化の技術開発が計画されているが、システムから利用可能エネルギーを取り出し、かつ、元の状態に戻すことは、熱力学第一法則に反する第一種永久機関を実現すると言っているに等しく、基本的には夢想的な技術である。

現代の科学技術開発と、環境保全の政策体系は、基本的にそのような夢想的な技術開発を掲げつつ、時系列的に将来に発生する環境汚染問題を先送りにする傾向にあり、著者が取り上げてきたように、地球温暖化問題のように原子力開発の促進要因に使える将来の汚染問題を、恣意的に取り上げて政治問題化するなど非論理的に特定の問題意識が形成される問題が生じている。

本稿では、不可逆性を司るエントロピー法則の性質と、未来に起こるリスクを伴う事象を現在よりも優先度を下げて考慮する市民社会の決定原理、多数決制の民主主義について、その根本的矛盾を考察した。原子力開発のような将来の世代にもつぱらリスクを生じさせる技術が、

一定の倫理感覚を備えた現在の世代の多数派にすら受け入れられてきた要因の一つに、地域経済開発や一極集中といった経済的問題, すなわち現在世代内の利益分配の問題があると考え。この問題についてはまた稿を改めて論じる事としたい。

---

Research Note:

Possibility of Sustainable Democracy – Irreversibility of time  
and the Entropy Law

Fumiaki Toudou

Abstract

Irreversibility of time, it is the fundamental restriction for the inter-temporal utility maximization, and democratic decision making among current generation. The irreversibility of time ensures, and ensured by the Law of Entropy. If it is impossible to expect rational individuals to consider future risks as important as present benefits, it is impossible to construct sustainable society upon democracy. Or what rule is necessary to add to current democratic decision making process within market economy?

<注>

- 1 勝木渥『物理学に基づく環境の基礎理論 - 冷却・循環・エントロピー』海鳴社, 1999年。
- 2 ロビン・ペドウィン著, 植村恒一郎, 島田協子訳『時間と空間をめぐる12の謎』岩波書店, 2012年。
- 3 SF作品に登場する, いわゆる「タイムトラベル」においても, 観測者自身の時間は遡行していない。遡行した観測者はその事実を観測できないからである。観測意識のみの遡行を指す「タイムリープ」の概念においても同様の事が言える。
- 4 植田敦「核融合発電と資源物理学」『日本物理学会誌』第31巻第12号, 1976年。
- 5 詳細は拙稿,  
藤堂史明, 「エントロピー経済学入門 - 第1回 価値の本質とは何か-」, エントロピー学会誌『えんころびい』, 第64号, 2008年11月, 38-47頁。  
藤堂史明, 「エントロピー経済学入門 - 第2回 市場と生命における価値の生産-」, エントロピー学会誌『えんころびい』, 第66号, 2009年7月, 89-102頁。  
藤堂史明, 「エントロピー経済学入門 - 第3回 物理的な富と非物理的な富-」, エントロピー学会誌『えんころびい』, 第67号, 2009年11月, 42-52頁。  
藤堂史明, 「エントロピー経済学入門 - 第4回 市場メカニズムと「社会エンジン」の制御-」, エントロピー学会誌『えんころびい』, 第69号, 2010年8月, 48-59頁。  
の一連の論述により検討した。
- 6 植田敦『エネルギー - 未来への透視図』日本書籍, 1980年。
- 7 長岡晋也・中山真一共編『放射性廃棄物の工学』オーム社, 2011年。  
なお, 原典は, 表1が原子力研究バックエンド推進センター「核種分離・核変換を中心とする放射性廃棄物の資源利用と環境負荷低減技術に関する調査」2006年。図2が, 核燃料サイクル開発機構「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分技術的信頼性 - 地層処分研究開発第2次取りまとめ - 総論レポート」JNC TN1400 99-020, 1999年, である。
- 8 藤堂史明「原発事故による放射線リスクの経済分析」『新潟大学経済論集』2013年3月。
- 9 1MTUは1メトリック・トンのウランを指す。
- 10 藤堂史明, 「<研究ノート>環境・資源管理問題におけるいくつかの基本的命題の考察」新潟大学大学院現代社会文化研究科『経済開発と環境保全の新視点』第1号, 2010年3月, 42-53頁。
- 11 ただし, 単純な多数決ではなく, 少数による決定が可能となる仕組み(例: 小選挙区制と多数意見の分断の組み合わせ)があれば, 全体の利益を増大させる決定が行われる保証はない。
- 12 世代毎に若年期と老年期があり, それらが重複する事で, 子の世代の効用の投影が行われるとするのが, Overlapping Generations model (OLG model) の特徴である。これは, 時間の不可逆性を部分的に導入する試みと筆者は捉えている。ここでは単純化して時点毎に世代があるとする。
- 13 自らの得る満足度・効用の最大化のみを追い求めるという合理的な個人。ただし, 広義には他人の効用を自らの満足に感じる個人という定義により, ここで論じるような利他的な配慮を合理的行動に含めて定義する事ができる。しかし, そのように定義する事には, 内在的な論理的根拠がない。
- 14 J.メイナード・スミス, 寺本英, 梯正之訳『進化とゲーム理論 - 闘争の論理 -』産業図書, 1985年。
- 15 近著では佐野(2013)が, 新自由主義的な経済観が, 社会の持続可能性と生態系な持続可能性の双方を侵食するものである事を, 分析している。佐野誠『99%のための経済学 - 理論編 -』新評論, 2013年。を参照。