

近代経済システムにおける化石燃料燃焼 ー消費拡大に対する資源・環境的制約と社会経済的な制約ー

河 宮 信 郎

目次

1. 経済成長・資源確保・環境保全ー世界経済のトリレンマ
2. 「持続可能な経済システム」の要件
3. 持続不可能な現行システム
4. 大戦後高度成長と流体化石燃料
5. 石炭（固体燃料）の限界
6. 流体燃料のエネルギー利得比
7. 石油の需給と価格変動ー歴史的変遷
8. 化石燃料消費体系としての近代経済社会
9. 高所得地域の産業空洞化と社会的持続可能性
10. 結論：持続可能性ための条件と当面の課題

1. 経済成長・資源確保・環境保全ー世界経済のトリレンマ

経済成長・資源確保・環境保全という世界経済の3要件は、地域ごとに特異な相貌を帯びつつ、鼎立困難なトリレンマをなしている。成り行きまかせでは全部が行き詰まる可能性がある。しかし、この問題を扱うには、価値・価格の視点からの分析では不十分で、《社会的物質代謝》を素材的視点から扱う必要がある。つまり、財貨の価値的フローだけでなく、素材の物量的フロー（および資源・環境ストックの増減）をみる必要がある。

たとえば、いま世界の経済成長をリードしているかにみえる中国は深刻な水不足（量的欠乏と質的劣化）にあえいでいる。世界最大の貿易黒字（06年1700億ドル超）と引き

替えに、重要河川（飲料水源）の化学汚染を含む深刻な環境荒廃が進行している。エネルギー消費も急伸中で、04年にアメリカの7割（石油換算16億トン）を超え、07～08年頃にはアメリカを抜くと考えられる。国内油田は生産限界に達し、新規需要の大半を国内炭の増産でまかなう。枯渇性エネルギー資源の7割強を国内炭でまかなうため大気汚染が深刻になっている。しかし、もし中国がエネルギー需要の増加を石油・ガス輸入でまかなうようになると、年々2億トン規模の新規需要が加わる。同様な人口大国インドの国内資源は一層貧弱である（産炭量1/3以下、産油量1/5以下）。経済成長をひたすら追求すれば、まず環境荒廃、続いて資源希少化という制約が現れ、ついには成長そのものを阻みかねない。

経済学は、経済システムをもっぱら価値・価格の次元でとらえる。そこでは「もの・サービス」を「財貨」として扱い、「素材」の次元で扱うことは考えない。近年ようやく、環境経済学で goods（財、正財）に対して bads（廃物、負財）を扱うことになった。しかしそれは、経済学の特定の分野での試みにとどまり、在来の経済学はそのまま存続している。

社会経済システムの「社会的物質代謝」は経済的な「生産と消費」（フロー）で完結するものではない。その前段に資源の生成と採取（ストックの減少）、後段に廃物の生成と堆積（ストックの増加）がある（図1参照）。

現実の社会は、人口動態、歴史・制度、可採資源ストック、技術発展、廃棄物堆積などの要件を組み込んで動いている。ところが、在来の経済学は、これらの要因の多くを所与として考察のそとに置き、ある特定の分野の「財・サービスの移動や交換」を切り出して取り扱う。これは、社会的物質代謝の一部分（部分システム）を扱うことに相当する。当然ながら、「総体としての社会的物質代謝が存続すること」はもろもろの研究の大前提である。しかし、この大前提が資源枯渇や環境制約のために揺らいでいる。そこでまず、社会の持続可能性に関する要件を確認しておこう。

2. 「持続可能な経済システム」の要件

この「社会的物質代謝」にはさまざまな外生的制約が作用している。まず、この型の物質代謝も、生物的物质代謝と同じように、エネルギー保存則やエントロピー増大則（つまり熱力学の第Ⅰ・第Ⅱ法則）に服している。このことを最初に明示したのはF・ソディ

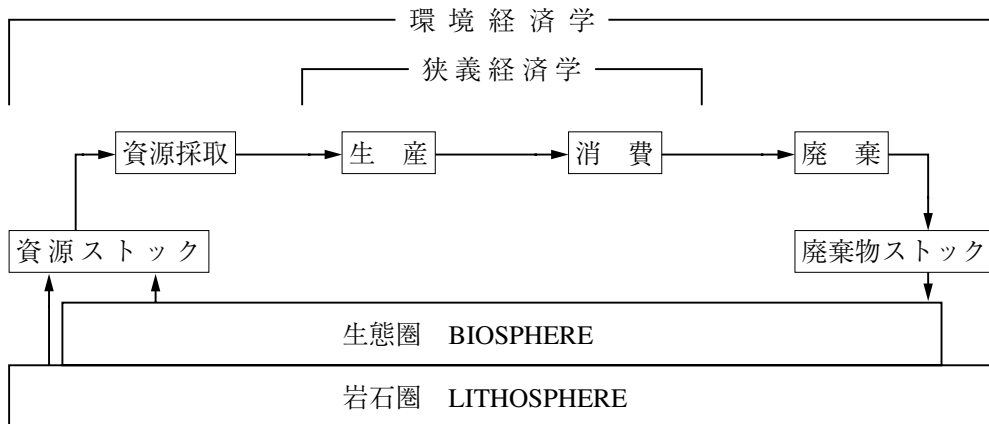


図1 社会的物質代謝の構造

であろう [Soddy 1926]。のちに、N・ジョージ・スクレーゲンは大著『エントロピー法則と経済過程』（高橋正立・神里公訳、みすず書房）を著して、このことを強調した（しかしソディについては触れていない）[Georgescu=Roegen 1971]。

H・デイリーは、ソディやジョージ・スクレーゲンらの考察を踏まえて「持続可能な経済システム」が満たすべき要件を明らかにした [Daly 1996]。それによると、

- ① 土壌・水・森林・魚介類など更新性資源の利用は自然の再生力（Maximum Sustainable Yield：持続可能な最大収量 MSY）の範囲内にとどめる。
- ② 化石燃料・良質鉱石・化石水など枯渇性資源の利用は、前項の更新性資源で代替ないし補填できる範囲内にとどめる。
- ③ 汚染物質の廃棄は自然生態系の浄化能力の範囲内にとどめる。（ただし、前記2項でまかなえる範囲内では人為的な浄化処理も許されるであろう。）

なおこの3条件は、経済システムが生態系を破壊しないための「必要条件」であって、「十分条件」にはなっていない。すなわち、この3条件は、「環境倫理学」でいう①世代間倫理、②種間倫理、③地球有限原理[Kato 1991]、のうち①と③に関わる規定であって、②項すなわち、現存生物種を保全する責任については不十分である。たとえば、『人間の利用に供されない生物種の保全』については触れていない。

デイリーの3条件は「社会と自然生態系の永続」という課題に応えるためには必須かつ正当な条件である。しかし「正当」だからといって、人々がこの制約を承認するとはいえない。なぜなら、これを認めると現に人々が享受している利便性（既得権）を大幅に手離さなければならないからである。

3. 持続不可能な現行システム

現実の経済社会はすでに「持続可能性の限界」を踏み越えていると判定される [Meadows 2004, 3章/6章]。現行システムのもとで進行する生物相の衰退や種の絶滅、熱帯林の消滅、地下資源の消尽、廃棄物の堆積などは現在すでに地域的に深刻な影響をもたらしている。この状況が続くかぎり、将来はより広範囲により深刻な環境荒廃や資源希少化をまねくであろう。したがって、この持続保障条件を実践するためには、現行の社会的物質代謝の規模を縮小する必要がある。

このような措置は、ある特定の素材たとえばフロン類 (CFC) に対しては実施された。フロン類の規制では、オゾン層保全のために「特定フロン類の生産禁止」という画期的な措置がとられた。しかし、それには代替物質の HCFC (水素含有の有機塩素) が用意された。HCFC は分解されやすく、オゾン破壊の作用は小さい。しかし、これは強い温室効果を示す。この副作用 (リスク・トレードオフ) を容認しながら代替を進めているのであり、素材利用の正味の削減にはなっていない。

資源消費の「正味の削減」をめざす例として、地球温暖化対策のための京都会議 (1997 年) 議定書について考えてみよう。ただし、これは「地球の温暖化を防ぐ (prevent)」ための規制ではなく (そのためには化石燃料消費を 1/3 に削減する必要がある)、「温暖化のペースを緩和する (abate)」ための規制にすぎない。

この程度の緩い規制に対しても、アメリカ政府 (ブッシュ政権) は、国益に反するとして真っ向から反対し、協約から離脱した。他方、日本政府は京都会議議長国として「議定書順守」の立場に立つ。にもかかわらず、目標値を十数%超過したまま有効な対策を取れないでいる。日本とアメリカほど立場はちがっても、実践上無策という点ではよく似ている。短期的な経済成長を政策目標とし、長期的な環境政策との整合化を図らないのであれば、後回しや形骸化を免れない。

世界経済の現況は、「経済を持続可能にする要件」からはるかに解離し、改善の方向に進む目処は立っていない。とくに化石燃料のような基幹資源の消費を規制することはきわめて困難で、環境保全 (気候変動の防止) 上明らかに不十分なレベルの軽度な制限も難渋する。

化石燃料は枯渇性地下資源の首座を占めるだけでなく、他のあらゆる地下資源を利用 (製錬その他の形態変換) するためにも必須の資源である。とくにある鉱物資源が希少化

すると、より低品位の鉱石により多量のエネルギーを投入して製錬する [Meadows 2004, 3 章]。この意味で化石燃料は汎用資源の性格をもつ。そこでまず現代経済が化石燃料にどのように依存しているかを検討しよう。

4. 大戦後高度成長（1950—1971）と流体化石燃料

産業革命以降の近代経済社会は、《化石燃料・鉄鉱石・石灰岩》という 3 大地下資源を基礎として成り立つ。しかし、鉄鉱石から鉄をつくるのにも石灰岩からセメントをつくるのにも化石燃料が不可欠である。また、金銀銅のような伝統的な素材では、高品位の鉱石が産業革命以前に枯渇し、しだいに低品位の鉱石を利用するようになった。低品位の鉱石を製錬して純粋な金属をえるには、大量のエネルギー投入が必要である。他方、電子・情報産業の主素材である高純度シリコンの製造にも大量のエネルギーが必要であり、化石燃料なしでは製造困難である。太陽光発電装置でさえ化石燃料に依存しており、もし太陽光発電の電力で太陽光パネルをつくるとすればエネルギー収支上割にあわないであろう。使用済み素材のリサイクル（再資源化）にもエネルギー投入が必要で、これにも化石燃料が用いられる。

図 2 に 19 世紀後半以降の世界エネルギー消費を示す。（同時にこの図には、主要な技術開発と科学理論の発見を年代別に示した。）

1950 年以前は石炭が一次エネルギー・シェアをほぼ独占していた。このため、石炭の消費量がそのまま工業活動の規模を示していたと見てよい。これで見ると、第一次大戦、世界恐慌、第二次大戦で工業活動が停滞ないし縮小したことが明瞭にわかる。大戦期には軍需工業がフル活動しているにもかかわらず、エネルギー消費が停滞する。このことは、交戦期には民生部門の活動がはなはだしく抑制され、総体としての工業活動が低下することを意味している。

高度成長期の主導産業を支えた技術がほぼすべて 1950 年以前に発見・発明されたものであることに注意されたい。大戦後のいわゆる「技術革新」は、すでに確立された技術の応用であり、市場化であった。遺伝子構造の解明は 1953 年であったが、バイオ技術部門は、化石燃料技術関連の「主導産業」に比べるとなおマイナーな産業にとどまる。

この図が示すように、大戦後高度成長の出発点は、第二次大戦の余塵が治まった1950年である。また、この高度成長がもっぱら流体化石燃料（石油および天然ガス）によってなわれたことも明白であろう。この点からみて、1950年以降の時代を《後期工業社会》、それ以前の《前期工業社会》と区分することができる。

大戦後高度成長の主導産業は、自動車／航空産業・電機／電子産業・合成化学工業・鉄鋼業・建築業であった。ところで、これらの産業の基幹技術は、トランジスターの発明まで含めてすべて20世紀前半までの《前期工業社会》において用意されていた（図2上段の書込参照）。またこれらの産業は、すべて《エネルギー集約的な工程》で《エネルギー消費的な製品》を生み出すものであった。したがって、これら主導産業の技術的内容は、さまざまな《化石燃料の消費プロセス》であるといってもよい。

流体（液体・気体）化石燃料は一般に自噴性であり、採掘に労働を要しない。これに比して、石炭の採掘や選別・輸送・加工は労働集約的である。この工程自体も機械化がされつつあるが、それにも化石燃料の投入が必要である。したがって産業体系が、石炭ベースから石油・天然ガスベースに転換する場合には、たとえ特段の技術進歩がなくても、労働生産性が大幅に向上する。これに加えて、追加的な改良や補完的発明が1950年以後も続き、産業発展に貢献した。すなわち、《流体エネルギーへの転換の効用》と技術開発とが相乗的に作用した。（ただし、油田が老朽化すると自噴性を失う。老朽油田では水や界面活性剤の注入などエネルギー投入をして、石油を回収する。これを「二次回収」という。この場合には、流体化石燃料の生産といえども、石炭生産なみのエネルギー投入を必要とする。）

5. 石炭（固体燃料）の限界

伝統的な化石燃料である石炭に目を転じると、たしかにこの間石炭消費も増大してきた。しかし、そのトレンドは大戦前の傾向を延長したものにとどまる。もし流体燃料の急伸がなかったとすると、大戦後の成長は石炭ベースで進み、石炭需要も現状より急速に拡大したにちがいない。しかし、この場合には、戦後の経済成長はもっとスローペースにとどまったであろう。実際、大戦後石炭ベースの工業化を進めた東欧や旧ソ連は、重化学工業の開発に一定の成果を上げながらも、はなはだしい環境汚染と非効率性（両

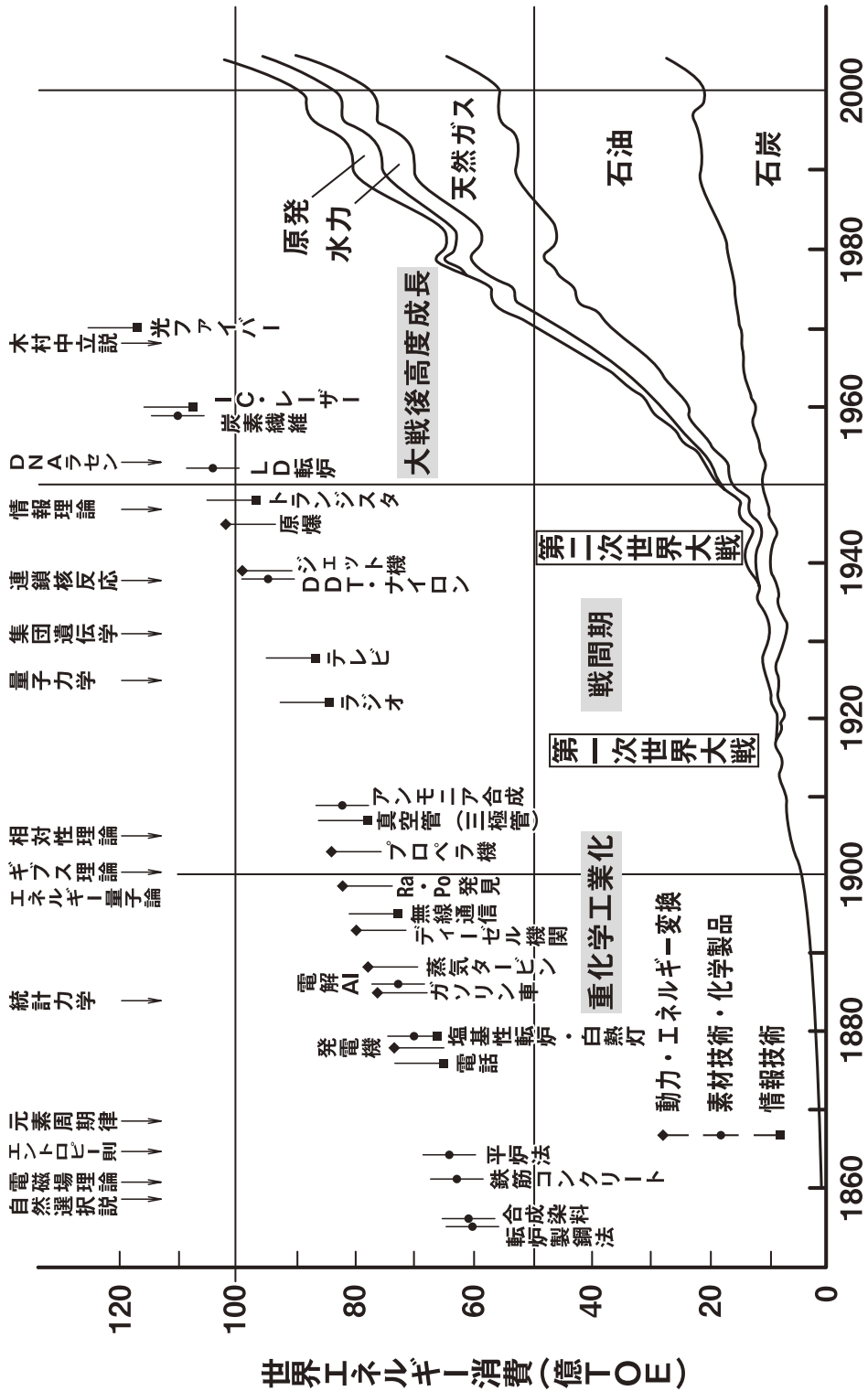


図2 世界エネルギー消費と主要な科学技術的発明・発見の年代

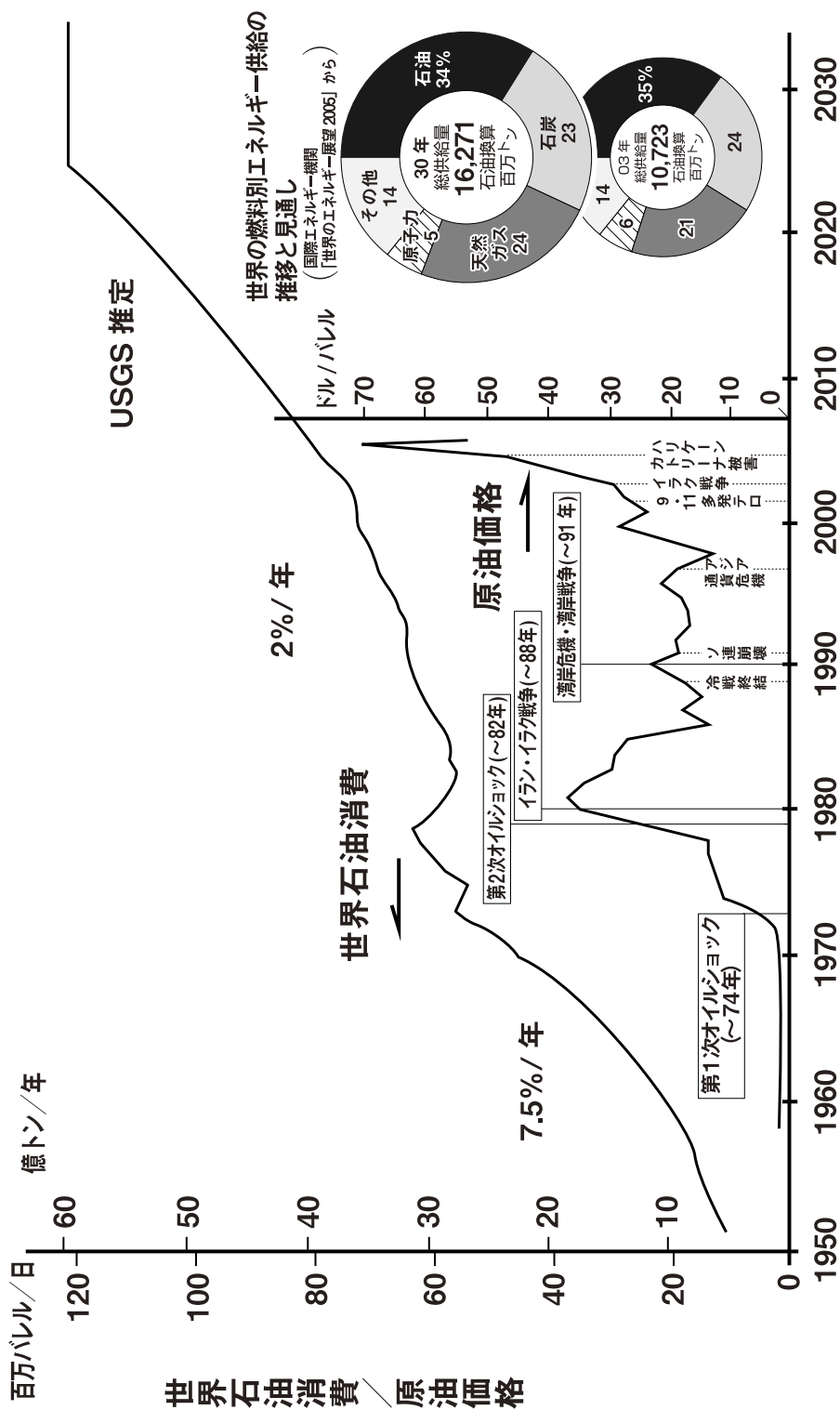


図3 世界石油消費と原油価格の変遷 (B P 社統計資料)

者は相関している)のために挫折した。その原因は、国营工業という制度的制約とならんで《石炭がきわめて労働集約的、環境汚染的なエネルギー資源であったこと》にも求められる。

たとえば、旧ソ連・東欧工業化の筆頭に位置していた旧東ドイツは、一人当たりエネルギー消費(カロリーベース)で西ドイツにひけをとらなかった[資源エネルギー庁編『総合エネルギー統計』平成2年版]。しかし、一人当たりGDPは数分の1にとどまった。旧東独はきわめてエネルギー浪費的な経済であり、いわば「褐炭社会主義の悲劇」であったといえる。

東独にかぎらず、東欧の産業構造はもともとエネルギー浪費的(低効率)であった。国内のエネルギー需要を極力国産炭でまかない、ロシア地域から供給される安価な石油・ガスは西欧に再輸出して差益を稼いでいた。旧ソ連も現ロシアも国内では石炭消費を優先し、流体燃料を極力輸出にまわしている。

中国は「市場社会主義」路線のもとで「世界の工場」となり、流体化石燃料の輸入を急増させつつある。しかしなお、化石燃料の7割を国内炭でまかなっている[矢野恒太記念会編『世界国勢図会 2006/07』5章]。もし中国が、国内炭16億トン(世界1位)の一部を輸入の流体燃料に転換したら、それだけで国際市場に原油換算数億トンの追加需要が生じる。WTOのような市場原理主義的な国際機関が、旧社会主義圏やインドなどにおける国策的な石炭業保護を禁じたら世界のエネルギー供給に深刻な影響が出るであろう。

石炭ベースの工業化であったなら、たとえ「市場経済」であっても、高成長は望めなかったにちがいない。たとえば石炭資本主義の太宗・イギリスは戦後の技術革新に乗り遅れたが、北海油田の発見／開発で危うくエネルギー革命を乗り切った。しかし、同油田の衰退(始点2004年)とともにふたたびエネルギー資源問題に直面するであろう[Lewis 2004]。

英独日などかつての大産炭国は、1960年代に石炭業を極力保護しようとした。しかし、エネルギーのような基幹部門で一部の産業を政府補助で維持するのには限界がある。その部門のシェアが大きくなると、産業体系全体の効率が低下するからである。手厚い政府保護なしには自立できないエネルギー部門は基幹エネルギーになれない。他の(より有利な)エネルギー産業に寄生して存続するしかない(同じことが原発についてもいえる)。

以上述べたように、大戦後高度成長を可能にしたのはまさしく流体化石燃料の潤沢かつ安価な供給にほかならなかった。しかし「安価な石油」は70年代の石油ショックで終わった。80年代は25～30ドルのレンジで推移するが、これは60年代の十数倍である(ドル

の減価で実質価格は数倍にとどまるが)。それでも、石油ベースに転換した世界経済は原油依存を脱することはできなくなっていた。そして今日、多くの非産油途上国はからアメリカまで石油輸入を借金に頼っている。

他方、旧ソ連は政治的・軍事的支配の代償に東欧に石油・天然ガスを安価に供給していた。しかし国内経済の行き詰まりで、国家収入をもっぱらエネルギー資源輸出に頼るようになり、東欧への安価なエネルギー供給が困難になった。「東欧の解放」は旧ソ連が東欧支配の代償である流体化石燃料の供給を過重な負担になった結果ともいえる。

06年にロシアは、親露政策に徹してきたベラルーシに対しても安価なエネルギー供給をとりやめ、ガス価格の値上げ（200ドル/千立米、市場価格の7割）や石油輸出税の賦課（180ドル/トン、市場価格の半分）を通告した[朝日新聞06.12.29]。これに対抗して、ベラルーシはロシアの中・西欧向けパイプラインを通る石油・天然ガスに通過料を課そうとして紛争になった。結局ベラルーシは通過料を取り下げ、ロシアはガス価格を半減（100ドル/千立米）して、妥協が成立した[朝日新聞07.1.27]。ロシアは、世界貿易機関（WTO）加盟の条件として、ガスの国内価格をも国際価格なみに引き上げなければならない。とすると、ベラルーシやウクライナが安価なエネルギーを享受できるのはあと数年である。これらの地域はチェルノブイリ原発の爆発（1986年）では甚大な被害を受けており、十分な補償を受ける権利がある。しかし、ロシアから石油／天然ガスを国策価格（国際価格の35～45%）で受給するという方法は使えなくなる。

6. 流体燃料のエネルギー利得比

流体化石燃料は、以上述べたように、他のエネルギー資源に替えることのできない固有の役割がある。この特異な効用を技術学的な面から考察してみよう。

物理学的に考えると、「エネルギーの生産」は不可能である。エネルギー保存則の定めによって、エネルギーは「生成する」ことも「消滅する」こともない。唯一可能なのは《形態の変換》である。たとえば水力発電では、水の位置エネルギーが電力に変換される。原発では、核子の結合エネルギー（の一部）が熱－高圧水蒸気－電力に変換される。この形態変換が社会的に「エネルギー生産」と呼ばれるものの実体である。

ところが化石燃料の場合は、基本的に「形態変換」を要しない。地下に埋蔵されていたものを地上に「移動」させるだけである。これをも「エネルギー生産」と呼ぶが、実

際はエネルギーの輸送にすぎない。この点で化石燃料（石炭を含む）は他のエネルギー資源より有利である。

ところで「エネルギー生産 (output)」は、エネルギー変換（移動を含む）であるから、必ずエネルギーの投入 (input) を要する。すなわち、エネルギーの輸送・形態変換にも設備の製造・運用にもエネルギー（熱・仕事・電力・化学エネルギーなど）が必要である。

したがって、エネルギー「生産」ではエネルギーの《産出／投入》比が問題になる。これを《エネルギー利得比》(Energy Return Ratio, ERR) と呼ぶことにしよう。これは、正確には「投入エネルギーに対するエネルギー利得」= Energy Return on Energy Investment (or Input) : EROI を意味する [Cleveland 1999]。

エネルギー利得比 ERR の値を r とすると、エネルギーの純利得は $r - 1$ となる。投入エネルギー（コスト）に相当する分 1 が差し引かれるからである。エネルギー資源としての効用は、 $r - 1$ の大きさで決まる。この $r - 1$ の値は有効エネルギー（＝エクセルギー）収支における「付加価値」を意味する。

r が大きい場合には、一般に「生産」コストは低くなるであろう。自噴する場合には、生産工程でのエネルギー投入がゼロである（探鉱と生産設備のためのエネルギー投入のみ）。これは流体（気体または液体）燃料に固有の特性で、固体燃料（石炭）では実現不可能な性質である。1 バレル 2 ドルの時代に開発された中東油田は最も r の大きい ($r \geq 100$) エネルギー資源である。石油を追って増大してきた天然ガスの生産も通常大きい r をもつ。

油価が高い時期には、 $r = 10$ 程度ないしそれ以下の老朽化した油田（加圧による二次回収に頼る）も採算にのる。しかし、このような油田からの原油が多くなれば、石油産業自体が多量の石油を消費（自家消費）することになり、一般産業への供給能力はそれだけ減退する。もし、中東やロシア・中央アジアの大油田が老朽化し r 値が低くなると、地球全体で石油資源が希少化することになる。

石油の可採年数、つまり《確認埋蔵量 ÷ 現消費量》はながらく 40 年といわれてきた。しかし、これが今後も続く保証はない。というのは、1980 年代以降大油田の発見は途絶え、「確認埋蔵量の増加」は主に中東、ベネズエラなどの巨大油田の埋蔵量を見直してえたものである [Koyama 1997, p. 75]。そしてこれには、OPEC 内で生産枠配分を巡る政治的思惑が絡んでいる。これらの油田が老朽化したときには、世界の原油生産が停滞な

いし衰退に向かうと考えられる。現にイランの古い油田はガス圧入など二次回収の段階に移っているという [朝日07.01.11]。

将来、石油・天然ガスの希少化により、タールサンドやオイルシェールに出番がまわると、地球環境への負荷は一挙に深刻化するであろう。それらは旧東独「褐炭社会主義」を支えていた褐炭よりさらに劣悪な資源である。採掘にも精製にも大量のエネルギーを要し、かつ大量の有害・有毒廃棄物を副産する。「非在来型の資源埋蔵量が膨大であるから石油の枯渇を心配する必要がない」と主張する論者は、この質的な差異を無視している。

7. 石油の需給と価格変動－歴史的変遷

石油の需給と価格の関係をみておこう。第2次大戦後から第一次石油危機(1973年)までは7大石油会社が価格を支配していた。この間ほぼ1バレル2ドルの価格が続いた。この価格は、これまでの主役・石炭にとっては競合不可能な安値であり、日・英・独など国内炭でエネルギーを自給していた地域が石油依存への転換を余儀なくされた。当時は、通貨レート・貿易・資本移動すべて政府の管理下にあったにも関わらず、各国の石産炭業保護策は相次いで挫折した。この期に石炭業が成長したのは、旧社会主義国とインドなど閉鎖的な経済圏のみであった。1960年に石炭は流体化石燃料と対等なシェアをもっていたが、1970年には石油を主とする流体化石燃料が7割を占めるに至った(図2参照)。

ところが、化石燃料の主体が石炭から流体燃料への転換が完了した1970年代初頭に、突然中東戦争が起こり、これを機に大石油会社の独占体制が崩壊した。独占価格が低位に設定されており、独占崩壊で価格水準が急騰したのである。この時代に価格設定の主動権を握ったのはOPECであり、折から高揚した資源ナショナリズムと相まって価格の大幅な引き上げに成功した。これが、石油危機(第一次)である。

最重要の資源になった石油の需給体制の大転換と同期的に、世界経済におけるアメリカの比重が著しく低下した。これと関連して1970年代につぎのような変化が起こった。

- ① OPEC 諸国が原油の供給の主役になり、価格支配力を握った。このため、価格は73年を通じて4倍になった。それにも関わらず、石油消費はほとんど減退しなかった。さらに原油価格は79年の第二次石油ショックの時点でさらに5倍になり、70年代当初に比して20倍に高騰した。この石油代金をまかなう貿易黒字をもたない

非産油途上国は一斉に債務国に転落し、一方的な債務累積に苦しめられるようになった。

- ② 1971年にアメリカの石油生産が頭打ち（ピークオイル）になり、同国はこれ以後石油輸入国に転じた。また、日欧の復興により、60年代を通じてアメリカは製造業における国際競争力を失った（航空宇宙産業と農業を除く）。両者合わせて、アメリカが貿易収支の赤字国に転落した。なお、「ピークオイル」は、地質学者M・キング・ハバートによつて的確に予測されていた（1949年に「1970年頃」と予測）[Hubbert 1949]。しかし、アメリカの産業界も経済学者もハバートの周到的な検証をこぞって無視した。
- ③ アメリカ政府は1971年8月にブレトン・ウッズ協定を一方的に破棄し、ドルの金兌換を停止した（ニクソン・ショック）。これ以後世界経済は変動相場制に移行し（国際的通貨秩序の崩壊）、米国ドルは長期低落の基調のうえで投機的要因や政府の意図的操作によるドル高・ドル安を繰り返すことになった。こうしてニクソン・ショックと石油危機以降、基軸通貨のドルと基幹資源の原油がともに投機的な変動にさらされる時代—《カジノ資本主義》[Strange 1986]—が始まった。
- ④ これ以降世界経済が、流体化石燃料を主資源とするエネルギー多消費・化学物質多消費の段階に到達し、地球環境の荒廃が深刻な問題になった。基本的なジレンマはつぎの点にある。すなわち地球環境の悪化は、エネルギーと人工物質の多消費に起因するが、その被害を集中的に被るのは途上国なのである（地域社会の自然生態系依存度が高いため）。受益者と負担者が構造的にずれているため、国際的な協力がとりにくい。

第2次石油危機（1979—81）の後、1986年にかけて価格が半値以下に低落した。これには、中東産油国以外での油田開発と原油供給による供給源多様化、OPECのシェア低下が効いている。ところが、この価格低下の局面で、石油消費は増加するどころか停滞ないし減少した。これは石油消費がいったん定常化し、新規の需要が天然ガスや石炭にシフトしたためと考えられる（原発は建設に長期間かかるので短期的な需給変動に即応することはできない）。なお、この油価低落は、かつて油価騰貴で過大な対外債務を負った途上国になんの救いももたらさなかった。逆に、高い油価に依存していたメキシコや旧ソ連などの産油国に財政・金融上の危機をもたらした。

1990年の湾岸戦争以降、石油価格は政治情勢ではげしく変動するようになった。しか

し、短期的な乱高下を均すと、油価は比較的低位(1バレル20ドル近傍)にとどまった。ところが、2003年のイラク戦争以後は実需の漸増と投機資金の跳梁で石油価格はいちじるしく不安定化し、2006年に一時80ドル/バレルの値をつけた。ただし、世界的な暖冬のために07年初にかけて50ドル台に下がった。しかし今日では、これが「安値」と見なされている。

世界の流体化石燃料消費は、原油40億トン(1トン400ドルで取り引きするとみると1.6兆ドル、天然ガスの代金約6000億ドル(1千立米300ドルとして計算)と合わせると2.2兆ドル、世界総生産の7%に当たる。流体燃料が経済構造の維持に不可欠であるために、消費国は価格騰貴に対して消費を減らすという対応策を取れない。したがって、流体燃料価格の高騰や不安定化はただちに石油輸入国の経済を直撃する。また産油国は、高値のときは増産しなくても(しないほうが)増収になる。安値のときは減収を補うために増産しようとする。こうして原油の価格変動は正フィードバック型の不安定性にさらされている。

8. 化石燃料消費体系としての近代経済社会

以上で述べたように、「大戦後高度成長」は実体(素材)的には流体化石燃料の消費拡大プロセスであった。それ以前すなわち18世紀の英産業革命から1950年までの世界経済は、旧ソ連型「社会主義」を含めて、石炭ベースの工業社会(前期工業社会)であった。両者を通して、近代経済社会は素材的には《化石燃料の燃焼過程》であるといっていよい。

近代経済社会の構造的素材は、3大地下資源《化石燃料(約100億トン)・鉄鋼(約11億トン)・コンクリート(セメント量で約18億トン)》に圧倒的に依存している。これらはまさに都市工業文明の基幹素材である。ところが、鉄鉱石や石灰岩を鉄やセメントに変えるものは化石燃料(この場合は石炭)である。つまり、化石燃料は原材料のための原材料でもある。

このように化石燃料は、地下資源の代表かつ一般資源の賦活物質として、近代経済社会の素材的基盤そのものである。つとにこのことを明晰に認識・表現した経済学者がW・S・ジェボンズ(1835-1882)とマックス・ウェーバー(1864-1920)である。

ジェボンズは1865年に『石炭問題』Coal Questions を著し、資本主義経済が石炭や石

油なしには成り立たないことを洞察した（彼によれば、石油は「精製された石炭」である）。工場動力、汽車・汽船はすべて化石燃料に依存する。資本主義がどのような歴史的契機にもとづいて成立したにせよ、化石燃料と蒸気機関なしに「世界経済システム」に発展することはなかったであろう。

ジェボンズは、メンガー、ワルラスとともに経済学に「限界革命」を導入した始祖として知られているが、大学では地質学と植物学を学んだ。彼が一方で主観価値説や限界アプローチを導入し、同時に客観的（物量的）・総量的考察を提唱したことは興味深い（ただし、後者は今日までほとんど無視されてきた）。

ジェボンズ亡きあとに開発された火力発電、自動車、航空機もすべて化石燃料を動力源とする。更新性資源の水力・風力やバイオマスは補助的なエネルギーにとどまり、しかもそれらの装置は化石燃料を用いて生産される。さらに、原発や太陽光発電が実用化された今日でも、ウランの採掘・精製・輸送や太陽光パネルの製造は化石燃料でまかなわれる。近代経済社会は、化石燃料消費という物理的な土台のうえにのみ成り立つシステムであって、決して自立的・自己完結的なシステムではない。

ジェボンズがイギリス経済のエネルギー自給力という観点から『石炭問題』を論じたのに対して、ウェーバーは近代経済体制（die moderne Wirtschaftsordnung）総体が化石燃料の燃焼システムと指摘した。『プロテスタンティズムの倫理と資本主義の「精神」』につきのような一節がある。

「近代経済体制は、あらゆる人々を圧倒的な力で支配（bestimmen）し続け、化石燃料（fossiles Brennstoff）の最後の 1 Zentner（＝100ポンド）が燃え尽きるまで終わらないであろう」というのである。ウェーバーの洞察によれば「化石燃料の消尽」は「近代経済体制」の圧倒的な力の源泉であり、かつ運命でもある [Weber 1920]。

ジェボンズやウェーバーによるこの洞察を《ジェボンズ・ウェーバー予測》（Jevons-Weber Inference）と呼ぶことにしよう。ウェーバーのいう「近代経済体制」は、第一次大戦期の戦時経済、旧ソ連型の国営経済、ナチ的全体主義経済などもすべての化石燃料燃焼経済を包括する。もちろん、第二次大戦後の流体化石燃料ベースの高度大衆消費社会も含むと考えてよい。

なお、市場資本主義が、上記の諸形態より分権的でより民主主義であるとはかぎらない。巨大な多国籍企業は、一般の中・小国の政府より強大な資力・権限をもっている。IMF や世界銀行のような国際官僚機構は、国家主権に優越する権力を行使している。彼

らの《超国家的権力》は、後発の国々が「近代経済体制」に組み込まれるなかで負わされた対外債務の対価である。また、巨大企業は「私企業官僚制」（ウェーバー）と呼ぶにふさわしい権力機構であり、法令順守（compliance）の意志・能力も疑わしい（企業活動の公正さを保つためには社会的な監査が必要である）。

資源制約と環境荒廃の問題が今日のように顕在化してくると、《ジェボンズ・ウェーバー予測》に照らして諸経済理論の前提—資源供給と環境的定常性を所与とする—を再検討する必要が生じる。

地球大気中の酸素賦存量は1000兆トンである。これで石油の究極埋蔵量3兆バレル（4000億トン）を「燃やし尽くす」ことは可能かもしれない（途中で採掘困難になることもある）。しかし、石炭など固体化石燃料の究極的な推定埋蔵量10兆トンを（世紀単位の期間で）燃やし尽くすことが許されるか。この燃焼は、二酸化炭素約40兆トンと兆トン規模の硫黄酸化物を生み出す。これは少なくとも世紀単位の時間では許されない。

ジェボンズもウェーバーも「化石燃料の焼尽不可能」という型の限界には思い到らなかったと考えられる。しかし、われわれはいま《流体化石燃料の有限性（希少性）と固体化石燃料の過剰性》というコンテクストのなかで《化石燃料問題》を再考することを迫られている。市場資本主義の特性が「最も能率的に化石燃料消費を拡大する」ところにあるとすると、将来的にはこのことが反対に深刻な欠陥になりかねない。

将来、流体化石燃料の希少化によって、または温暖化や水圏の酸性化によって、あるいは両者相まって、化石燃料の燃焼に規制がかかるであろう。このときに、化石燃料の燃焼様式としての「近代経済体制」（ウェーバーのいう *Die moderne Wirtschaftsordnung*）はどうなるであろうか。

《近代経済体制を維持したまま成長志向だけを封印する》のか（これは市場競争原理と矛盾する）、なんらかの《「ポスト近代経済体制」を志向する》のか、いずれにしても現体制の変革・変質が避けられない。

近代経済社会が化石燃料燃焼システムそのものであることを踏まえると、それが化石燃料資源の希少化やその燃焼による環境汚染などの歴史的状況を対象化・対自化してそれに適切に対処しようと想定することは不条理であろう。このなかに置かれた経済主体が「システム適合的に活動する」ことが環境を荒廃させ、資源希少化を進める。持続可

能性という基準に照らしたとき、現行の世界市場システムはシステミック・リスクそのものである。

9. 高所得地域の産業空洞化と社会的持続可能性

これまでの考察では、技術学的小および環境学的な側面から大戦後の高度成長の動因と限界を追究した。要約すると、

- ① 流体化石燃料は石炭（固体化石燃料）よりいっそう高いエネルギー利得比をもつ。
- ② これが産業全体に高い労働生産性・資本生産性を可能にした。
- ③ このため、自動車・家電・建築などエネルギー多消費的な耐久消費財産業が発展した。（流体化石燃料のおかげで家計部門でも大量の一次エネルギー消費が可能になった。）
- ④ しかし、大量のエネルギー消費が地球の大気・水圏・土壌を汚染し、自然環境の存続を困難にするに至った。
- ⑤ 現行システムは資源制約・環境荒廃の両面から長期的には継続不能である。

ところがこの状況変化と同期して、OECD 諸国では経済成長の飽和・停滞をもたらす社会経済的な要因が強まっている。まず①産業空洞化と②人口減少の相乗作用がある。さらに③日本、アメリカなど経済大国が公的債務を巨額に累積していることも脅威である。両国では、経済成長が2～3%であるのに、債務の増加がGDIの6～7%に及ぶという異常な状況が続いている。債務積み増しによる追加収入（消費）の額の半分しか「成長」していないのである。これでは、国民経済の規模が正味で拡大しているのか縮小しているのかわからない。とくにアメリカは、基軸通貨国の特権を利用して対外債務を年8000億ドルものペース（05年度）で膨らませている。以下簡単に各項を検討しよう。

9-1 OECD 諸国の産業空洞化

「貿易と資本移動の自由化」のもとでは、国際競争における勝敗は「低賃金による絶対優位」で決まる。生産コスト上絶対優位の産業をもつ地域で資本・労働・技術を任意に追加投入できるのであれば、相対優位（絶対劣位）の産業に出番は来ない。とくに、「社会主義」圏の解体により、16億人の人口が国際的労働市場に加わった。さらに、情報

技術の発達により、いわゆる「高付加価値部門」も容易に移転できるようになった。

リカード自身「国境を越える資本移動がない」ことを条件に「比較優位部門への資本移動」を説いていた。つまり、資本は本性上つねに「絶対優位部門」に移動する。国境を越える移動が禁止されている場合には、やむなく（次善策として）国内の絶対優位部門（国外と比較すれば優位でない）に移動するにすぎない。資本移動が自由であれば、「比較生産費」説は最初から成り立たない[Dayly 1996, 6章]。「比較優位部門への特化で交易国がともに繁栄する」という「互恵的自由貿易論」はリカード本来の立論に照らして誤りである。資本の移動が可能なら、「互恵性」のためには十分な関税自主権が認められねばならない。

国際的な資本移動により、日米欧で1億人の雇用が失われ、中国で1億人の雇用が生まれたとしよう。前者で失われる所得は3兆ドル程度、後者で発生する所得は1000億ドルの桁であろう。この資本移動に伴って、数千億ドルの所得が移転し、2兆数千億ドルの所得が失われる。この所得損失は、中国製品への潜在的購買力の喪失でもある（相互窮乏化）。「資本の自由移動」のもとでの「比較生産費説・自由貿易互恵論」は理論的錯誤ないし意図的欺瞞である。それは現実の資本の挙動に反している。事実と反する理論で正当化された「自由貿易・自由資本移動」制度のもとで、OECD（経済開発協力機構）諸国のような高賃金地域が一斉に社会的・経済的困難に陥った。

歴史的には、まず1970年代にアメリカの産業空洞化が始まり、ついで日欧の空洞化が進行した。90年代には韓国・台湾など後発のOECD諸国でも空洞化が加速されている。こうして、いまや従来の高所得国では青年層の3～5割が正規雇用につけない。たとえ運良く正社員になれても低賃金と過重労働が常態になっている。たとえば、日本ではこの国内所得の減少が始まりや「郵政改革」を機に家計貯蓄の取り崩しが加速している。

OECD諸国で戦後成長を担ったベビーブーム世代が引退しつつあるときに、孫の世代は半失業の状態で安定収入をえられず、社会保障費の負担もできず、結婚して家庭を維持するめども立たなくなっている。この結果、家計所得も貯蓄も世代を下るごとに一途減少をたどっている。アメリカも例外ではないが、世界中から借金（年1兆ドルの規模）をして内需にあて、その需要も海外からの輸入でまかなうという綱渡りの（基軸通貨国でのみ可能な）経済運営を続けている。

9-2 日欧露など主要経済地域における人口減少

日本の場合、2050年の人口は3900万人減の約8800万人になり、そのうち23歳から60歳までの人口は約3200万人程度になるという。出生数も現在の100万人台から60万人台になり、ベビーブーム世代の1/4になる。75歳以上の「後期高齢者」だけで2200万人、全人口の1/4になる（国立社会保障・人口問題研究所推計）[ipss 2006]。

このような生産人口減少が、前項の①産業空洞化による個人所得水準の低下と相乗的に作用すると、日本の国民所得は現在の数分の1になる公算が高い。日本の青年層はいまや自分が生きるのに手一杯で、家族をもち次世代を生み育むことが経済的・社会的に困難になった。

多くのOECD諸国においても事情は似ている。「国際競争力の強化策」の核心が賃金所得の圧縮であり、その矛先が新規労働力—青年層に向けられているからである。要するに、国際的コスト削減競争が「リストラ旋風・賃金抑制」から「次世代削減」にまで波及したのである。独伊・東欧・ロシアでも人口減が定着している。韓国も日本なみかそれ以上の出生減少期に入った。中国は強力な人口抑制政策で最近十数年間で出生数を半減させた。フランスなど一部の国は、手厚い育児手当や移民の制度化、などの意図的な人口保全策を取り、人口維持にこぎ着けた。なお、アメリカは出生率の高い民族を含み、移民も労働者の流入だけで年50万人を超えるため、人口増加を続けている。しかし、この国は「双子の赤字」累積を動力として「成長」している国であって、世界経済に巨大なひずみをもたらしている。同国が日本・EUよりもいっそうエネルギー多消費的でしかも環境政策に否定的な国家体質も問題である。

なお、アフリカ諸国は一般に高い出生率と高い死亡率を示し、差し引きの人口増加率も高い（2%超）という悲しむべき状態にある。また南米・インド・イスラム圏も人口増加が続いている。ただし、これらの地域の人々の一人あたり環境負荷（エコロジカル・フットプリント）はOECD諸国の住民のそれよりはるかに低い。[前掲『世界国勢図会 2006/07』2章]

9-3 国家債務の累積

日本の国家債務は2006年度末の見込みで827兆円に達する。しかも、これは政府系企業の負債や年金支払いの債務を含んでいない。これを加えると優にGDPの2倍を超えるであろう。この債務が新発債と利子を吸って膨張しつつ、これから年100万人の割で減少する日本の生産人口にのしかかる。

長期にわたる巨額の財政投融资は、質的な面でも日本経済の土台を腐食している。かつて東海道新幹線（総延長515km）は3800億円（ドル換算10.6億ドル）でつくられた。ところ2005年の愛知万博では、愛知高速交通・東部丘陵線（リニアモーター路線10km）建設に1200億円（10億ドル）かけた。長良川河口堰（1500億円）、徳山ダム（3353億円）、ハツ場ダム（予定4800億円～40億ドル）など採算性のない大規模建設を続けてきた。国の建設債の累積額300兆円（06年度末）はこの種の不採算事業を1000個の規模で造ったことを意味する。日本は、第二次大戦敗戦で国家破産をしたのち、半世紀で再び国家破産の瀬戸際に立った。

アメリカは貿易収支赤字7636億ドル（2006年）、政府赤字約3000億ドル規模などの資金不足を日本・中国・中東産油国などからの借り入れでまかなっている。なお末政府赤字は、年金・メディア両会計を加えると、2倍以上に膨らむ〔Cauchon 2006〕アメリカの「双子の赤字」はGDP約12兆ドルの1割に達している。これで「成長率3.5%（約4200億ドル）」（05年度実績）というのでは借金の増加に及ばない。アメリカが倒れないでいるのは、もっぱらドル札を印刷する権限のおかげである。

EUでも独仏伊など主要国で「財政赤字3%以下」の協定を守れず、年金会計・研究開発費・統合関連経費などを赤字計算から外す取り決めを行った（05年3月のEU首脳会議）。GDPの成長率はどこも3%に達していない。ユーロの信任を維持するための「安定・成長のためのEU協定」（1997年）は維持困難に陥っている。人口約5億人・域内所得約13兆ドルのEUでも成長政策と財政安定は両立困難になっている。EU諸国の財政は、日米の財政事情に比してはるかに良好に見える。しかし、EU諸国では、年金預託金（政府の国民に対する債務）を「国家歳入」に勘定している。したがって、人口減や高齢化による年金会計の収支悪化がそのまま財政負担にまわる。この点を割り引くと、EUの政府財政も見かけより悪いと考えられる。

ともかく「自由な貿易と資本移動」のもとでは低賃金（製品）の輸出が決定的な武器（生産コストにおける絶対優位）になる。したがって、市場競争の主戦場は「賃金切り下げ」になる。ところが、北米3億人強、日韓台2億人、EU諸国5億人の賃金水準を少々切り下げても、旧共産圏（16億人）、東南アジア・中南米・アフリカ（36億人）などの地域との賃金格差は埋まらず、国際競争力の回復・空洞化防止には至らない。日米欧のどこにも、「高付加価値部門への特化」で首尾よく高成長軌道に復帰した国はない。しかもこれら高所得地域で家計所得の低下が続くと、人口減や高齢化・少子化と相まってこの地域の購買力が失われ、世界経済全体に収縮圧力を及ぼすであろう。そして、中国以下

の途上国が輸出主導の成長を続ける余地は狭まり、「内生的発展」への転換が必要となる。

結局日本を含む OECD 諸国は、低賃金雇用を制度化し、社会保障水準を切り下げ、企業減税を競争的に進め、他方では旧態依然たる「ケインズ政策」に頼る。この結果、政府財政の劣化・崩壊、青年層の雇用不安定化、人口の高齢化・少子化、家計所得と貯蓄の衰退などを通して、結局社会経済の縮小が起こり、「経済成長」どころか自己維持・定常化もおぼつかない。とくに日本では「小泉改革」の5年間は、これらの条件を日本経済に構造的に組み込んだ。その結果、人口維持を含む「社会的な再生産」の基盤が脆弱化した。日本は今後、勤労者所得の低下傾向と生産人口の急速な減少のために、国民所得の減少期に入るであろう。他方で、国家債務は自己増殖を続け、多額の対外債権を擁したまま国家破産を迎えるという奇妙な事態にいたる公算が高い。

本節では、産業的成長で飽和点に達し、経済規模の点では停滞ないし縮小に向かう経済システムについて考察した。これらの地域の経済は、成長軌道からはずれたとはいえ、なおエネルギー・物質の多消費を続け、環境負荷（エコロジカル・フットプリント）の大きい状態にある。したがって、この地域では「成長」によらないで、社会的持続可能性（財政的累積債務の解決を含む）を構築し、環境負荷を減減してゆくことが求められる。この課題は、経済の「量的な拡大」ではなく、「質的な向上」が課題であることを意味する。この型の社会は積極的な意義をもつ。長期的な視点では、ワールドモデル [Meadows 2004, 7 章] に適う普遍的な社会モデルになっているからである。

10. 結論：持続可能性ための条件と当面の課題

20世紀後半、日米欧など OECD 諸国の経済は、自動車・電気電子・建築・合成化学のようなエネルギー多消費的な産業を主導部門として高度成長を遂げた。これには、この間ほぼ潤沢な流体化石燃料の供給に恵まれたことが幸いしている。しかし、化石燃料の大量消費を基盤とする経済成長は、大気・水圏の汚染や自然生態系の荒廃など地球的な環境荒廃を代償とし、地球システムの持続可能性を大きく減殺した。

基幹的な資源である化石燃料についてみると、その消費増大が地球温暖化・水圏の酸性化という環境負荷をもたらししており、今後拡大を続けられないだけでなくむしろ縮小を迫られている。また、石油・天然ガスのような流体化石燃料は、資源的限界に達して

生産が頭打ちになる公算が高い。非在来型の炭化水素－オイルサンドやメタンハイドレートなどの埋蔵量は大きいことが知られているが、それらを利用する場合の環境汚染負荷は現状より格段に重くなる。すなわち、この型のエネルギー資源代替は環境的に危険である。

社会的物質代謝の素材的／物量的な記述に関しては『成長の限界』以来のワールドモデル(1972, 1992, 2004)が包括的に取り扱っている。システムパラメータをどのように想定しても、「成長し続ける」という解はえられない。ただし、「限界」は弾力的なものであり、短期間の行き過ぎを許す。しかし、いったん行き過ぎたあとはカタストロフィックな崩壊を来す[Meadows 2004, 1章/4章]。こういう世界システムの特性に留意してこの考察を理解する必要がある。

経済システムの位相でみると、大戦後高度成長によって所得水準が高まった OECD 諸国が貿易と資本移動の自由化によって構造的な産業空洞化に直面している。資本移動が自由であれば、資本は容易に国境を越えて生産コスト上「絶対優位」の地域に移動する。こうなると、「比較優位部門への特化による交易国の互惠」というリカード的な国際分業論は原理的に成り立たない。実際、中国や東欧などが低賃金を武器とする絶対優位の工業立地として登場して以降、工場新設はこの地域に集中した。日米欧や韓国・台湾などをみると、「相対優位部門への特化」で高成長に復帰しえた地域はない。むしろ、高所得地域では青年層を主に失業率が高止まりし、人口減少－社会維持不能－が広がりつつある。

この地域では、社会経済システムの停滞ないし縮小傾向が定着するであろう。それにも関わらず、エネルギー多消費的・環境汚染的な特性は続いている。したがって、縮小する経済システムのなかで社会的・環境的な費用をまかない、環境を保全しつつ資源需要・環境負荷を減らしてゆくにはどうすればよいかが問題である。したがって、これからの経済学には、成長の条件を探ったり、最適成長過程を求めたりするかわりに、むしろ成長を制約する条件を見定め、経済規模の停滞や縮小を所与として制度的な適応や環境負荷の低減法を考察することが求められる。

中国など生産コスト上「絶対優位」の地域では、生産の拡大とともに大気・水・土壌などの急激な汚染が顕在化している。つまり、このような高成長地域で環境汚染や社会的格差の拡大が放置されている。中国のエネルギー消費はまもなくアメリカを抜いて世界1位になる。この趨勢からも明らかなように、途上国の環境経費モラトリアム(免責)も今後は許されなくなる。おそらく、中国では今後環境保護・社会格差是正・資源保全

のための政策努力を格段に強化しなければならないであろう。

またアフリカや中近東、南米などでは、民族・宗派間の抗争や経済的な混乱・不安定のために、「人間の安全保障－生命・健康や生業の保障」が失われている地域が多い。これらの地域では、政治経済的な安定の確保と適正な公共政策や累積債務の減殺などが必要である。

いずれの地域においても社会経済的および環境的持続のために必要な施策は、単なる市場競争では達成できない。世界経済システム再構築の要件は、社会的・環境的費用の支払いを確保するに足る実効的な規制や税制の導入であろう。化石燃料は最も担税力の大きい資源（＝自然資本）であり、これに対する重点的な課税が必要となる。それも、「税制中立的な環境税」－他の税の削減と相殺する課税－にとどまらず、社会的費用を負担するための積極的な増税が必要となる。また、通貨取り引きに対するトービン税、地域的な生態系に適合した生産と雇用を維持するための貿易関税（緑の関税防壁）も必要となるであろう。

謝辞 本研究に関して「中京大学経済研究所」から研究費の助成を受けたことに謝意を表します。

補 注意すべきこととして、これらの社会経済的および環境的持続性をめざす政策枠組みは市場原理主義的な現行の経済制度と食いちがっている。それは当然である。新自由主義的な市場原理（に立つ国際機関）が現に推進している施策は、国際的な企業に最大限に自由な活動を保障することである。競争原理に立つ企業の短期的・局所的な利益追求が、希少資源の枯渇や環境汚染を招き、社会と環境の持続可能性を損なっているのである[Meadows 2004, 3章]。逆にいうと、「社会と環境の持続のための経費を支払わない」ことがコスト競争上有利になる状況（現状）は制度的な欠陥－システムック・リスクであり、是正を要する。このような制度のもとでは、企業は社会的・環境的費用の公正な負担を負うことができないからである。

文献

[Cauchon 2006] Dennis Cauchon: “The real U.S. deficit: Depends on who’s counting”, USA TODAY

2007.8.3.

[Cleveland 1999] Cutler J.Cleveland: Energy Quality, Net Energy, and the Coming Energy Transition:[<http://www.eroei.com/pdf/Cleveland.pdf>]

[Daly 1996] Herman E. Daly : BEYOND GROWTH The Economics of Sustainable Development. Beacon Press, Boston, Mass. 1996. H・E・デイリー『持続可能な発展の経済学』新田功・蔵本忍・大森正之訳、みすず書房、2006.

[Georgescu=Roegen 1971] N.Georgescu=Roegen: The Entropy Law and the Economic Process. Cambridge Mass. Harvard University Press, 1971. N・ジョージesk＝レーゲン『エントロピー法則と経済過程』高橋正立・神里公他訳、みすず書房 1993.

[Hubbert 1949] M. King Hubbert, Energy from Fossil Fuels, Science, Vol. 109, 103-109 (Feb. 4 1949). via [<http://www.hubbertpeak.com/hubbert/>]

[ipss 2006] [<http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/Mainmenu.asp>]

[Kato 1991]加藤尚武『環境倫理学のすすめ』、丸善書店、1991.

[Koyama 1997] 小山茂樹『石油はいつなくなるか』時事通信社、1998.

[Lewis 2004] B. Lewis: North Sea Production Wilts, Houston Chronicle 7 Oct 2004.

via [<http://www.factbites.com/topics/North-Sea-oil>]

[Meadows 2004] D.H.Meadows, D.L.Meadows, and J.Landers: LIMITS TO GROWTH The Thirty Years Update (Earthscan, London, UK, 2004).

D・H・メドウズ他『成長の限界・人類の選択』枝廣淳子訳、ダイヤモンド社、2005.

[Soddy 1926] Frederick Soddy: Wealth, Virtual Weakth, and Debt, London, 1926. Reprinted by Omni Publications, Hawthornem, CA, 1961.

[Strange 1986] S.Strange: Casino Capitalism, Basil Blackwell, Oxford, UK, 1986.

S・ストレンジ『カジノ資本主義』小林稷治訳、岩波書店、1988.

[Weber 1920] Max Weber: Die protestantische Ethik und der“Geist” des Kapitalismus II. p.203, in Gesammelte Aufsätze zur Religionssoziologie, J.C.B.Mohr (Paul Siebeck) Tuebingen 1920.