

人類史のエネルギー革命における科学技術と資本の役割

田村八洲夫（文明研究家）

1. 人類史における科学技術の源流
2. 階級社会と資本の創造:生産の三要素
3. 資本主義社会と生産三要素の構造
4. 石油ピークでの生産三要素の変化
5. 石油ピーク後の経済体制の選択（1）強欲的な資本主義”を選択の場合
6. 石油ピーク後の経済体制の選択（2）自然エネルギーを選択の場合
7. 結 言

1. 人類史における科学技術の源流

人類は未開の時代から、自然に働きかけて生活資源を、いかに合理的に、安全に、効率的に得るかという「労働の工夫」に対して知恵が働き、そのための道具や手法を改善してきました。換言すれば、少量の労働エネルギー、あるいは少量の消費エネルギーでもって大量のエネルギー資源を獲得する工夫、すなわち、高いエネルギー収支比（EPR）を追求するのが人類の知恵、科学技術の基本的な動機とすることができます。経済学的には「生産要素は資源と労働」の二要素の関係であり、「労働の工夫」の中に現代にいたる科学技術の源流があると考えます（文末図1参照）。

およそ700万年前に、類人猿から進化したとされる「猿人」は、狩猟・採集に、払い枝(棒)や投石、落とし穴という道具が、合理的で、安全で、効率的であると見出しました。猿人の大脳の容量は500cc程度です。

そして100万年前からの「原人」は、燃え盛る火のかたちのエネルギーを利用し、生活スタイルの改革を図りました。野火で焼けた動物の肉や硬皮果の実がおいしいことは分かっていたにしても、家族で、寒い日に小さな火で温まることや、動物の肉や硬い木の実を焼いて食べることを覚えたのでしょう。猛獣から家族の身を護ることも比較的簡単になったと思います。

20万年前、人類は「新人」に進化しました。我々モンゴロイドも新人の1種です。大脳の容積は1,500ccになり、発達した頭脳のもたらす知恵で道具を技術革新していきます。矢じりやナイフなど、様々な目的の石器を作りました。はじめは粗製でしたが、約10,000年前になると磨製の精巧な石器を作ります。新石器時代の始まりです。縄文遺跡の中に、硬度7のヒスイに、現代技術でも難しいとされる精巧な円筒孔が空いたものもあります。

粘土の化学反応を知って土器を手作りしたのも、約10,000年前とされていますが、「新人」が農業生産で定住生活に移行したのと同時期です。磨製石器によって労働生産性が向上し、余剰の生産物が生み出されました。土器のツボは人々の生活に計り知れない革命を

起こしました。獲物、植物の煮炊き、酒を含む発酵食品ができるようになり、食生活が格段に豊かになり、体格が強靱になりました。余剰農産物、食品の貯えができました。さらに縄文人は宗教観の表現として、土器に模様を施し、土偶をとりいれました。

新石器制作と土器発明の技術革新が、人類史に特筆の農業革命をもたらし、人類社会を未開から文明へ押し上げました。すなわち、自然に対して受身的な未開から、集落社会の意思をもって自然に働きかける文明への飛躍です。人類の知恵による自然への働きかけは失敗の方が多かったでしょうが、失敗に学ぶ数少ない成功が人類を成長させてきました。自然に対する理解を深め、安定的に余剰生産物を獲るに至り、拡大再生産ができるようになりました。そして集落社会は人口が増え、都市構造が整備され、拡充されました。他の集落との通商活動は、扱う品物の種類が増え、広域的に広がりました。

こうして物流が多様化すると、物々交換では間に合わなくなり、交換を仲立ちする通貨が創造されました。美しい貝殻、宝石、そして金属（金・銀・銅）が選ばれていきます。通貨が社会に流通すると、単に交換を仲立ちする道具の域から、物資の流通を支配する地位、さらに経済を動かす資本機能を持つようになっていきます。人類社会が文明へ離陸したことによりもたらされた最大の経済革命といえます。

ここに、人間社会は、経済的な生産要素が、次節に示すように、二要素から三要素に進化し、文明を支える基本的な力になりました。

2. 階級社会と資本の創造:生産の三要素

人類が文明へと離陸し、さらに階級社会に至ると、科学技術が発達し、通貨は資本機能を持つようになり、その結果、経済活動の三要素、資源（土地）、労働、資本が成立し、機能するに至りました。

科学技術の源流は労働です。とりわけ、人智による労働方法の工夫にあります。そして科学技術により進歩した労働の質が、余剰生産性と資本を生み出しました。さらに、科学技術と資本は、労働から自律運動する要素に進化しました。しかし、科学技術は、進歩するにつれてコストがかかり、資本に支配されるようになります。資本は資源、労働をも支配していくようになります。こうして人類社会は、資本が労働、資源、科学技術を支配するシステムの社会、大きくみて古代奴隷制社会、中世農奴制社会、そして近代資本主義制社会が続いて現代に至っています（文末図2参照）。

3. 資本主義社会と生産三要素の構造

生産三要素において、資本が資源と労働を支配する「資本主義」は、18世紀に勃興した産業革命によって、多くの国で支配的な経済体制となっていきました。10,000年前の農業革命が、磨製石器の製造と土器の発明という技術革新によって、余剰農産物量が質的拡大したことにありました。そして産業革命は、蒸気機関の発明という技術革新によって、石炭余剰エネルギー量が質的拡大したことにありました。換言すれば、ともにエネルギー収

支比（EPR）の革命的な向上、EPR 革命ということができます。

石炭の EPR 革命は、石炭の拡大再生産と基幹産業（製鉄、船舶、鉄道等）の「石炭化」による高度成長を興しました。そのため資本は幾何級数的に拡大し、国際金融資本に成長していきます。一方、労働は、資本間の拡大競争の下で、低賃金と長時間労働を強制され搾取されていきます。資源は石炭の生産ピーク以前のため、資本の強欲によって減耗・枯渇に至る時代ではなかったですが、19 世紀半ばに、イギリスをはじめ、石炭の過剰利用によって、大規模な環境汚染（水質、大気）をおこしました。資本が成長しても国民福祉へのトリクルダウンはほとんどなく、階級対立が深刻になっていきました。そのため、様々な社会主義運動、とりわけマルクス、エンゲルスによって資本主義における階級闘争の理論と運動が展開されていきました。そして第一次世界大戦中に、ユダヤ人レーニンがロシアに入り、社会主義革命を起こしました。しかし最近、この革命の背後に、国際金融資本があったと語る識者がいます。マルクス理論と全く異にするスターリンの暴政などを思うと、さもありなんとおもいます。余談ですが、日本の幕末の開国運動から日清・日露戦争の背後に、ロスチャイルドの力があったといわれています。

石炭産業がまだ成長期にあった頃、石炭よりはるかに優秀な石油の EPR 革命が、1859 年に、米国ペンシルバニア州ドレークでの機械掘りの成功によって始まりました。そして 20 世紀初頭には、石炭を降板させて石油が文明のエネルギーになっていきました。石油の EPR 革命は、幾何級数的に成長する国際金融資本と彼らが支配する石油メジャーのカルテルの下で、石油の拡大再生産と文明構造の「石油化」が世界的に進められていきました。

このように、資本主義社会における生産三要素の関係は、石炭と石油の EPR 革命の進行の中で、資本が労働と資源を支配する構造が確立し、さらに科学技術と、環境も支配することがクリアになっていきました。

4. 石油ピークでの生産三要素の変化

1940 年代から 60 年代にかけてペルシャ湾岸諸国を中心に、ガワール油田をはじめとする超巨大油田の発見が続きました。どれもエネルギー収支比（EPR）が高く、低コストで生産し、低価格で大量に供給できるため、欧米の資本主義国の第二次大戦後の復興と経済成長に、石炭に替わる石油 EPR 革命を興し、文明の構造を変えてしまいました。

1970 年に米国が国産石油の生産ピークに至るとほぼ軌を一にして、メジャーによる石油支配とブレトンウッズ体制が崩れ、産油国のみで構成する OPEC が石油価格を支配するに至りました。OPEC による石油価格の高騰が 2 度にわたって起こり、1990 年代に向かつて、米国の経済不況と国際的地位の低落が進んでいきます。

1980 年代中葉から毎年の世界の増大する石油消費量が、石油発見量を上回り、遠くない将来に石油の必要量を使えなくなることの不安が資本主義諸国に広がりました。この期に石油開発の技術革新（三次元探査、水平掘削、四次元モニタリング、油層シミュレーション等）が飛躍的に進みましたが、意に反して超巨大油田の発見は極端に少なくなりました。

た。地球にある石油資源が有限であることが痛感されたわけです。

幾何学的成長が前提の世界的な資本主義体制(共産主義経済も資本主義経済の一翼)は、エネルギー戦略として、省エネルギー、二酸化炭素排出削減、原子力発電等の新エネルギー転換を導入しました。そして、過去のデータの恣意的扱いと2100年までのコンピュータシミュレーションが正しいとする「地球温暖化」論が「低炭素・原子力発電是認」の形で、そして「地球温暖化」論を批判するものを「懐疑派」としてバッシングする形で、「宗教」のように広がりました。そして、2005年に、世界の石油生産がピークに至ったと、国際エネルギー機関が声明しました。

1990年代より、2005年の石油ピークを挟んで今日に至るまでの間、世界的な資本主義体制は、生産三要素の構造と関係を大きく変えてきています。

第一に、「資源」は、自然の恵みである一次エネルギーとして採取するものという前提を無視して、科学技術の力で石油代替エネルギーを工業的に製造しようとするのです。

第二に、資本が金融工学のシステムを開発利用してマネーがマネーを生むカラクリを構築し、実体経済の成長抜きで、資本の幾何学的成長を企てるのです。

第三に、ロボット工学とIoT技術による労働の創造的発揮の縮小、人間の疎外化です。

すなわち、科学技術を動員し、資本の傘下に、しばしば国家資本主義的に組み込んで、社会構造の格差化と、人間の機械への従属をいっそう進めてまで、大資本の利潤を強欲的に維持しようとする三要素への変化と思います。

5. 石油ピーク後の経済体制の選択（1）強欲的な資本主義”を選択の場合

石油が減耗していく。替わって、資本の幾何学的成長に必要な石油代替エネルギーを科学技術の力で開発できないだろうか。加えて工業的に作れないだろうか。日本では産学官が三位一体で進めているポスト石油文明のエネルギー戦略は、①原発再稼働、②非在来型石油/ガス、③水素社会化があり、さらに④日本近海に賦存のメタンハイドレートから海底下で工業的に生産されるメタンガス、⑤特定の藻類の人工培養から生産する人工石油、⑥宇宙に打ち上げた人工衛星で太陽光発電した電力を電磁波に変換して地上に送り、地上で電力に再変換して利用する電力です。

これらすべてのエネルギーに共通することは、(a) エネルギー収支比が低いこと、(b) 工業的なエネルギー生産によって生じるエントロピー（廃棄物）が膨大であることです。この2点は、地球の環境収容力を縮減し、実体経済を弱体化することになります。国際金融資本も各国の資本も、現代の文明構造を維持発展させて、資本の幾何級数的成長を維持する上で、根本的な阻害要因だと考えていると思います。

水素ガスは2度エネルギー変換して得られる迂回生産の二次エネルギーであって、エネルギー収支比は1以下です。宇宙太陽光発電も2度エネルギー変換し、その変換効率が悪い。その上人工衛星を製造し打ち上げるエネルギーコストが非常に大きいので、これもエネルギー収支比は1以下です。メタンハイドレートから製造するメタンガスのエネルギー収支

比も現場技術者の間で1以下だと周知されています。藻類人工石油のエネルギー収支比も同じです。

エネルギー収支比の悪い石油代替エネルギーを文明のエネルギーとして使おうとすると、そして資本の幾何級数的成長を維持しようとするならば、高価でも使える富裕層と使えない貧民層とに、社会を「二階級分解」せざるを得ない。貴族・市民と奴隷層からなる古代社会を連想します。

日本の強欲資本主義の本心は、原発再稼働に依存していると思います。そうでなければリアカーは稼働できない。そして「オール電化」の再興でしょう。しかし、最近の原子力規制委員会の考えによると、「原発の最終廃棄物の無害化には10万年の年数が必要だが、電力会社は400年しか管理責任持たない。あとは国家が管理する」ことになっています。しかし2020年代には原料のウランも減耗し始めます。原発稼働年数が50年としても、21世紀後半はポスト原発です。そして石炭の質も劣化しており、石油文明の機能の一部しか、事実上代替できません。発電と製鉄でしょう。石炭化学への回帰はあるでしょうか。よって、文明を支えるエネルギー収支比が10程度のエネルギーは、否が応でも性能向上途上にある再生可能エネルギーの組み合わせ利用に限られてきましょう。よって広域電力会社は、今の規模で400年も存続できまい。日本国の10万年存続もあり得ない。このまま人口減少が続くと、数世紀後には日本国の人口はゼロになる計算です。10万年近くの間には1000年に一度の巨大地震、爆裂の大噴火が何度もあり、さらに新たな氷河期の到来もあるでしょう。しかし、直近のこととして、文明末の現在の国際政治情勢がさらに悪化して、北朝鮮から日本の原発にミサイルがもし命中したら、放射能に汚染された日本は、それでお終いです。

生産三要素のうち、「資源」を科学技術で、現代資本の要求どおりに石油代替で、かつ高いエネルギー収支比（EPR）で永続的に得ることは不可能です。「資本」の金融工学による自己増殖も1%の強欲者だけのモノです。「労働」において人智の創造的な発揮を蔑ろにしてロボットやIoTへの依存が進み、待遇格差がいつそうひどくなると、日本民族の能力と人間性がさらに劣化します。尤も、ロボットやIoTを生活や生業の補助手段と使うことはやぶさかでない。

生産三要素のすべてが劣化し、日本は人口推計通りに、強欲資本の意にも反して彼ら自身の子孫を含めて、数世紀後に消滅に至るでしょう。

6. 石油ピーク後の経済体制の選択（2） 自然エネルギーを選択の場合

ポスト石油のエネルギーとして、自然エネルギーへの移行と転換を選択した場合はどうでしょうか。

自然エネルギーの分布は地域分散的で、国土のいたるところにあります。自然エネルギーの利用は、生態を含む自然の循環を有効利用する「自然との共生」への回帰が前提です。エントロピー（廃棄物）を自然の循環の中で処理できます。エントロピーが循環の外に蓄積すれば、より強力な「洗剤」（エネルギー）が必要になります。自然エネルギーを有

効利用するには、石油文明の下で大都市集中、地方過疎になった国土利用の構造を、「地方分散」と「地域主権」によって根本的に改造することが前提です。

では、大都市はどうか。地方への人口移動と並行して、大都市の過密緩和を、都市農業のある田園都市化と、脱自動車化で進めていくことだと考えます。

では、生産の三要素は、自然エネルギー化によってどのように変化するかの私見です。

第一に、【資源の特徴】自然エネルギー資源の種類は多彩です。電力利用には太陽光・風力・小水力・地熱・バイオマスなどがあり、熱の直接利用として太陽熱・地中熱・地下水熱・温泉熱・バイオマス熱などがあります。これらは地域各地に特徴ある形で分散しており、どこでも複数の自然エネルギーを組み合わせることで利用できます。自然エネルギーは時間的に、季節的に変化しますが、長期的には持続的なエネルギーです。短期的にも、組み合わせ利用、蓄電・蓄熱技術によって安定性を得ることができましょう。自然エネルギーは基本的に地産地消型のエネルギーであり、利用する対象施設と直接的にリンクして開発することになります。

第二に、【労働の特徴】自然エネルギーは地産地消型なので、地域の消費者（地場企業、農家、市民など）が生産の主体となります。電力メーカーの協力を得て、エネルギーの開発と利用を一体的に設計し、利用ニーズの変化にも対応してエネルギー管理することになります。地域の生活者、生業者が労働者であり、主人公です。

第三に、【資本の特徴】資本は、集中投資でなく、地域分散の小規模投資になります。メガソーラー、メガウインドといった大規模な設備投資は、大水力発電と同様に、自然環境を破壊するので、自然と共生の自然エネルギー利用ではありません。

第四に、【科学技術】科学技術の役割は、自然エネルギーに対して、EPR 革命がスピーディに起こせるかどうかのカギだと思います。太陽光発電は、パネルの厚さが新聞紙より薄いモノが作れるようになりました。発電効率、コストも改善されるでしょう。技術革新によって、少なくとも近未来に、太陽光発電のエネルギー収支比 EPR が 10 以上（現在のモノの倍以上）の太陽光発電ができることを期待します。小水力発電、風力発電は一般的に、EPR が 10 以上ですが、他の自然エネルギーの利用時 EPR も 10 以上になるように科学技術の進歩に期待したいものです（文末図 3 参照）。

ポスト石油文明社会における文明の基本構造は、生態を含む自然の循環の中にあるエネルギーと資源の循環利用と、人々の協同を基礎にした構造だと考えます。そのコンセプトとして、藻谷浩介氏の提案した「里山資本主義」が良いと考えます。

里山資本主義は、地方の中山間のいたるところに様々なタイプで賦存する自然のエネルギーと素材を資源としての価値を見出し、資本を投入して、地域住民や U&I ターンの人々の労働をもって、収益事業として経済価値のある製品を生産し販売することです。石油文明時代にはほとんど軽視されていた取り組みですが、最近になっていわれている「六次産業」の振興に近いものと思います。

都会から田舎へ移住して何をするのか。その回答のひとつが、塩見直紀氏が提唱の「半農

半 X」だと思えます。「田舎に移住して農業を習い食料の一部を自給しながら、自分の得意な仕事で社会に貢献する」という生き方であって、塩見氏は京都府綾部市で、自ら実践しています。

里山資本主義の主な特徴を、以下に列記します。

- ① 利用できるエネルギーと資源は、生態を含む自然の循環の中にあるモノです。前述のような小水力、バイオマス、太陽光、風力、太陽熱、地下水熱、地中熱など自然エネルギーを組み合わせ利用する技術革新によって、石油代替エネルギーより十分に高いエネルギー収支比のエネルギーを、里山の生活と産業に供することができると思えます。
- ② 里山資本主義の普及によって、国土利用が「山から海への流域単位」への復元が逐次進むと思えます。地元の人々と「半農半 X」で移住した人々の共同によって、流域の地域風土に合った農林業、加工業が、新たなアイデアと技術で復活すると期待されます。「山から海への流域」は、川の流れの方向であり、風の流れの方向であり、鳥の移動方向であり、栄養循環の方向です。生態を含む自然循環のユニットであります。
- ③ 内閣府調査によると、大都市から地方に移住を希望する人々が、20代、50代に半数近くいるようです。過密な大都会で身も心もすり減らした人々でしょうが、時代の変化の仕方と政策によって、都会から田舎への移住が加速されるでしょう。よって、ヒトとモノの長距離輸送が次第に減少し、石油文明を象徴するモータリゼーションとフードマイレージが縮減され、エネルギー消費が大幅に減少すると思えます。地方の各地には、地方自治と地域文化が再興されましょう。

7. 結 言

人類の起こすエネルギー革命は **EPR** 革命です。ポスト石油文明社会において、原発再稼働と石油代替エネルギーでは **EPR** 革命にならず、強欲資本主義による経済成長を、継続することはできません。少数の富裕層と大多数の貧困層に分解した社会になり、大多数の国民には個人所有欲によるライフスタイルが無理になります。

里山資本主義がベースの文明では、生産の三要素の構造関係が決定的に変化します。資本の地位が後退し、労働の地位が回復します。自然エネルギーの開発と利用は、労働と資本の共同作業です。人類史において、これまでに「農業革命」、「産業革命」がありました。その駆動力は、科学技術による **EPR** 革命でした。

ポスト石油文明は、自然エネルギー文明への回帰です。石油文明時代の科学技術を活用し、さらに生態を含む自然の循環、エントロピー法則を基礎にした新しい科学技術の発展と利用に依拠した、自然と共生の文明です。**EPR** が 10 以上の **EPR** 革命の実現は十分にありません。人類第三の革命は「**知性革命**」と名付けられないでしょうか。

以上

2016年10月18日

【略図】 人類史における科学技術と資本の形成と役割

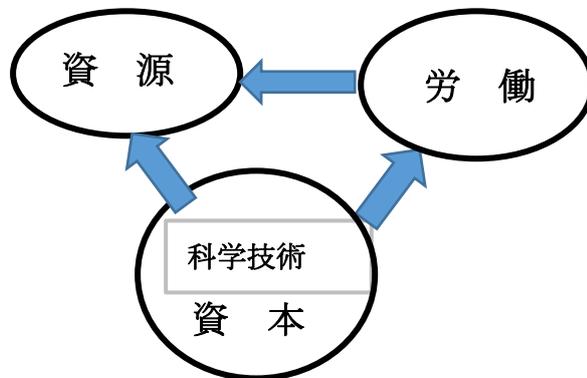
図1 未開の時代



「生産の二要素」の時代

人間は、知恵を働かせて、できるだけ、合理的に、安全に、効率的に、獲物を得ていました。

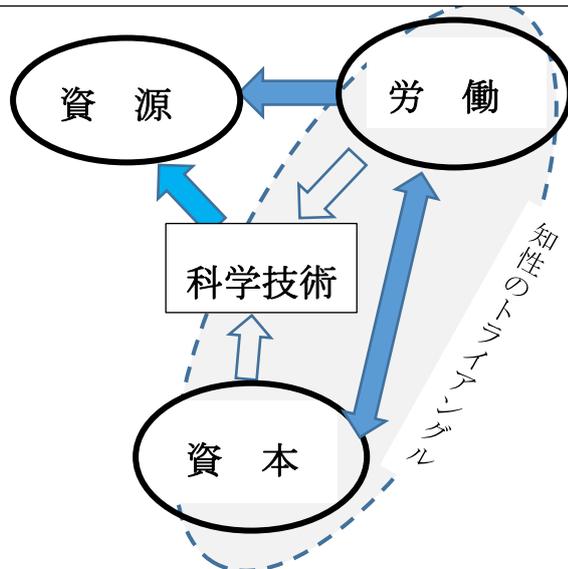
図2 文明の時代：石油文明まで



「生産の三要素」で資本が強欲的に支配の時代

人間の知恵は科学技術として進歩した。資本は、科学技術をマネーの力で支配し、労働強化によって、資源を収奪しました。

図3 文明の時代；ポスト石油文明（人類史後期）



科学技術含め

「生産の四要素」

資本の強欲では文明が成り立たず、自然との共生による循環型社会となる。資本と労働の協同によって、科学技術発展させて、自然エネルギーのEPR改善され、知性が生かされる社会を發展させる。

【付記】 近年、脳神経科学の進歩が著しく、人間行動の脳内回路がわかってきました。それによると、人には、自分の利得と快感を求める「報酬回路」と、他人に信頼を求める「信頼回路」があります。利己と利他のバランスが「知性革命」の基礎にあるように思います。