

第3章 エネルギー環境の構造的変化と国際および国内秩序の変容 ——国際社会理解への地球物理学的・資源工学的アプローチからの示唆

山本 達也

はじめに——国際社会理解への新たな分析視角の模索

中東をめぐる情勢は落ち着く気配がない。域外の各アクターが、それぞれの思惑から関与を強め、情勢を一層複雑化させている。域外のアクターの関与が深まると共に、混乱の影響も地域に留まりきらず、本格的に域外へと広がっているように見受けられる。

2015年には「欧州移民危機 (Europe migrant crisis)」なる言葉も出現するようになり、移民・難民の欧州への流入が問題として国際社会の関心を集めている。2015年11月には、パリにて同時多発的に発生したテロ事件で、130名の死者を出すにいたっている。また、同年12月には、米国のカリフォルニア州において「イスラーム国」に影響を受けたとされる人物による銃乱射事件も発生しており、北米でも直接的な影響が生じ得ることが明らかとなった。テロ事件を受けて報復的な空爆もすでに実施されていることから、引き続き、新たなテロを防ぐための警戒を強める必要もある。

こうした現状は、国際社会全体がこれまでとは異なる「新たな事態」に突入しつつある可能性を示唆するに十分であるが、懸案事項はこれだけに留まらない。国際社会をめぐる近年のニュースには、国家債務危機、金融システムの不安定化、経済成長の世界的鈍化といった金融・経済に関連する問題と共に、スタンフォード大学のダイヤモンド (Larry Diamond) が指摘するような民主主義の後退や世界全体での民主主義度の低下¹など、政治環境をめぐる懸念も盛んに報じられている²。

個々の事例については、各専門領域から固有の説明がなされ得る。それぞれの専門領域において培われてきた研究蓄積と知見には、敬意が表されるべきであると考えるが、「新たな事態」に突入しているように見える国際社会全体を包括する理論や分析枠組みは未だ乏しいように感じられる。

こうした現状において、本章が試みたいのは国際社会理解のための新たな分析視角（これまで国際政治学・国際関係論であまり取りあげられてこなかった視点からの考察）の紹介であり、この視点から現在の国際社会を取り巻く構造的変化を描き出そうとすることにある。より具体的には、現代文明の根幹をなす資源・エネルギー問題を、地球物理学や資源工学的なアプローチから捉えなおし、エネルギー環境変化を理解するための一助としてみたい。

昨今の国際政治をめぐる状況を見ると、中東における不安定さが域外にも影響するという「中東→国際社会」というベクトルが顕在化しているように感じられるが、「国際社会におけるなんら

かの変化→中東」という逆のベクトルも存在し得る。本章では、やや遠回りの感もあるが、後者のベクトルを念頭におきながら、これからの中東を考えるにあたっての示唆を導き出すことにしたい。

筆者はかつて『革命と騒乱のエジプト：ソーシャルメディアとピーク・オイルの政治学』（慶應義塾大学出版会）において、2011年および2013年にエジプトで発生した政治変動を事例として取り扱うことで、エネルギー環境の構造的変化が社会変動をもたらす様を論じたことがあるが³、本章では、その中で提起した分析視角をベースに中東および国際社会の秩序の捉え方について発展的に考えていくことにする。

1. エネルギーの「質」を測る指標としての EROI

エネルギー環境の構造的変化を考察するにあたって地球物理学や資源工学の知見を持ち込むことの最大のメリットは、エネルギーを「量」ではなく「質」から捉えることができるようになる点が挙げられる。そのための指標が、EROI (Energy Return on Investment) ないしは EPR (Energy Profit Ratio)⁴ である。

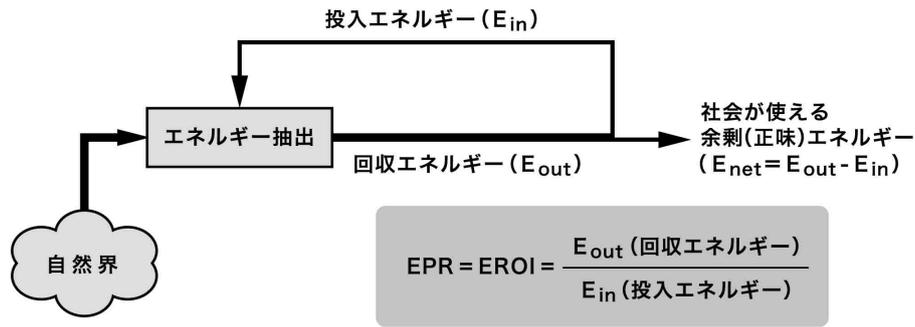
現代社会にとって極めて重要な石油という資源については、これまで R/P 指標ないしは油価という指標が用いられることが多かった。R/P 指標とは、可採埋蔵量 (R) をその年の生産量 (P) で除した値であり、その年と同量の生産を続けていった場合に当該資源が残り何年で枯渇するかを示すものである。

R/P 指標に対する批判は、かねてから多い。技術革新によって可採埋蔵量は常に変化してきたし、当該年度と同量の生産量がその後何十年も続くという仮定自体、あまり意味があるとは思えない。この指標は、ある時点での静的な状況を示す目安という程度に過ぎず、動的な変化を捉えることも、ましてや国際および国内秩序への影響を予測することも難しい。

もう一つの指標である油価は、エネルギーの金銭的なコストを示すものである。油価をめぐっては多分に投機的要素にも左右されることになるが、基本的に需要と供給とのバランスによって決定される。油田の性質によって原油の産出コストは異なるし、産油国の国家財政も油価に依存するところが大きいため、この指標を用いることでエネルギー環境の変化や社会的影響をある程度考察することができるが、現状を後付け的に説明するという側面が強く、当該年度の油価をもって将来予測をすることは困難だと言わざるを得ない。

対して EROI は、エネルギーのエネルギー的なコストを示す指標である。その概念図は、図 1 のかたちで示すことができる。人類が手にしている技術は、エネルギーを「取り出す」技術であって、未だエネルギーを「作り出す」技術は手にしていない。エネルギーは、自然界から抽出する必要がある。この時、抽出されたエネルギー（回収エネルギー）が E_{out} である。しかしながら、エネルギーを取り出すにもエネルギーが必要である。これが、投入エネルギー (E_{in}) であり、実際に社会が使うことのできる余剰（正味）エネルギー (E_{net}) は、「回収エネルギー (E_{out})

図1 EROIおよびEPRの概念図



(出所) “eroei.net” <<http://eroei.net>>, accessed on December 25, 2015 および、松島潤「低エネルギー社会におけるエネルギー事情はどうなるのか？」(シンポジウム「低エネルギー社会に向けて」におけるプレゼンテーション資料、2010年2月10日)を参考に一部筆者改変。

「投入エネルギー (E_{in})」で求められる。

EROIは、「回収エネルギー÷投入エネルギー」という単純な割り算で求められ、単位のつかない数字で表される。問題は、EROIが1以下になる時である。1リットルの石油を取り出すのに10リットル分の石油エネルギーが必要な場合 (EROI = 0.1)、ここで抽出された1リットルの石油にもはやエネルギーとしての価値はない (取り出すのに必要となった10リットル分の石油エネルギーをそのまま社会で使った方がよい)。

石油問題、エネルギー問題を考えるにあたって、EPOIというエネルギーの質に関する概念が重要なことは、油田から原油を取り出すプロセスからも確認できる。通常、油田開発はボーリングをして油井を設置する。若い油田であると内部の圧力によって石油が押し出され、勢いよく自噴する。これが1次回収である。

埋蔵量が減ってくると、徐々に内部の圧力が弱まり自噴の勢いも弱まる。圧力を高めるためには、海水などを押し込む必要があり、その圧力で埋蔵されている石油を取り出す。当然、産出される石油にも海水が混じっているため、産出後に海水を取り除くという作業も必要になる。これが2次回収である。

さらに、最近では3次回収として、水蒸気を注入しその圧力で石油を取り出す技術も実用化されているが、水蒸気を生成するためには大量のエネルギー (天然ガスと淡水) が必要となる。

つまり、初期の頃は、ほとんど穴を掘るだけのエネルギーで石油を手に入れることができたのに対して、油田の老朽化に伴い、同量の石油を取り出すために必要なエネルギー量も増えることになる。地中にある原油のうち回収可能なのは現在の水準では全体の35%程度である。地中には60%以上の原油が眠っているのだから、エネルギー供給が死活的に重要なわれわれは常に「深追い」の誘惑に駆られる。

深追いを可能とするためには2つの条件がある。1つが経済的条件であり、もう1つが技術的条件である。深追いをするためには、一般的に金銭面でのコストが高くつくし、技術的にもよ

り高度なものが求められる。原油価格が上昇すれば、ある程度まで深追いが可能であるし、将来的な技術革新によってさらなる深追いができるようになる可能性は否定できない。

しかしながら、どうしても越えられないのが EROI の壁である。深追いするということはそれだけ投入エネルギーが増えるということの意味し、EROI の数値も下がってしまうのである。技術は常に進歩するので、深追いはできるようになるだろう。原油価格が上昇すれば、経済的に利益を生む可能性もある。だからといって、EROI が 1 を切るようなところまで深追いしては意味がない。経済的にペイするというのと、エネルギー的にペイするというとは、まったく別の次元の問題なのである。

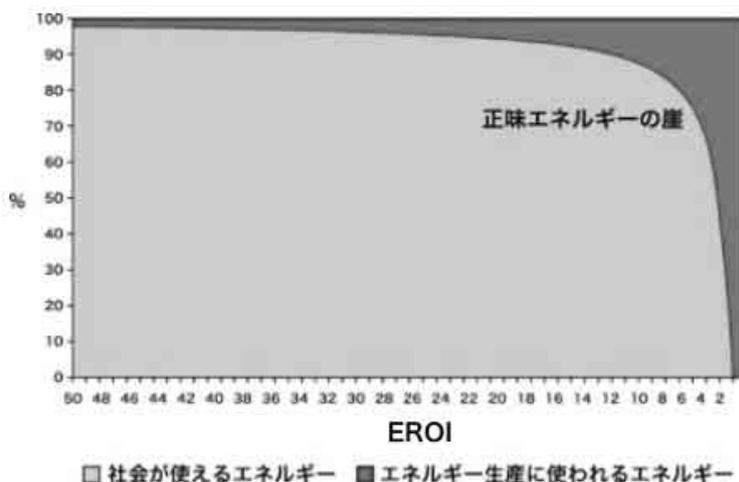
2. EROI 概念の有効性とこの概念を用いた分析例

EROI 概念が示しているのは、社会が必要なエネルギーを自然界から抽出するためにもエネルギーが必要であるというシンプルな事実には過ぎない。そして、この事実が社会科学的な分析をするにあたって重要なのは、この数値が「余剰エネルギー（社会が使用可能な正味エネルギー）」の量に関係するためである。

文明とは突き詰めれば、余剰エネルギーのことであり、余剰エネルギーがあるからこそ様々な文明的な活動を行うことが可能となる。EROI の大きいエネルギーが優れているのは、ひとえに余剰エネルギーとして社会が使える割合が大きいためであり、逆に EROI の小さいエネルギーは仮に大量の埋蔵量があったとしても、実際に社会で使用可能な余剰エネルギー量は少なくなってしまう。この様子を示したのが、図 2 である。

図 2 は、「正味エネルギーの崖 (net energy cliff)」としても知られている。この図が示すように、グラフの下部分は「社会が使えるエネルギー」を示し、上部分は「エネルギー生産に使わ

図 2 正味エネルギーの崖



(出所) Kurt Cobb “The Net Energy Cliff” < <http://www.energybulletin.net/node/46579>>, accessed on December 25, 2015 をもとに一部筆者改変。

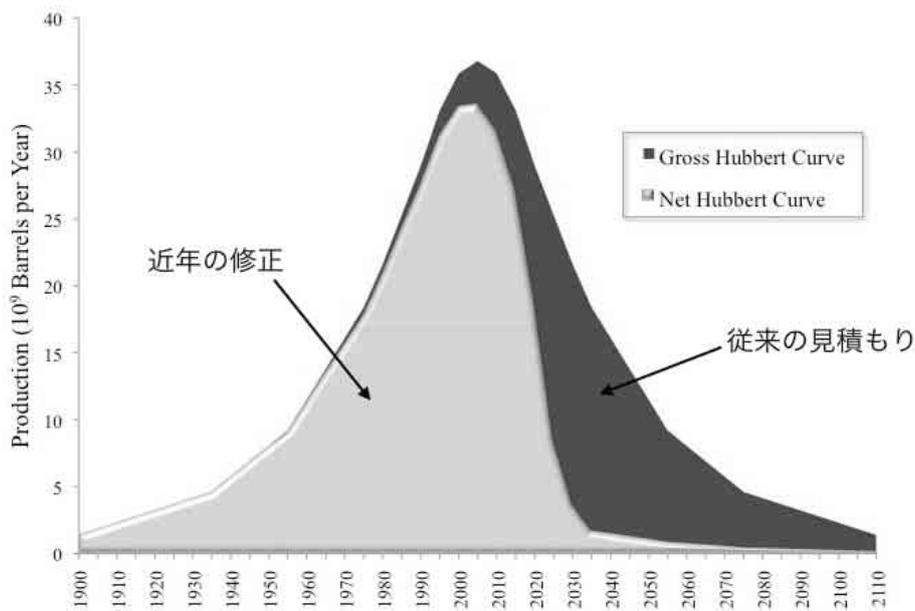
れるエネルギー」を示している。EROIが50ということは、全体の2%をエネルギー採掘に使い、残りの98%を社会が使うということである。エネルギー採掘に必要な割合は、EROI = 40で2.5%、EROI = 30で3.3%、EROI = 20で5%と、EROIの値が大きいうちはEROIの低下のわりには大きな影響を受けない。

しかし、社会が使うことのできる余剰（正味）エネルギーは、EROIが10を切るあたりから、急速に減少していく。エネルギー採掘に必要な割合は、EROI = 10で10%、EROI = 5で20%、EROI = 4で25%、EROI = 3で33%、EROI = 2で50%と、EROIが小さくなるごとにその影響が増幅される。

この概念を用いてコンピュータによるシミュレーションを行ったのが、ニューヨーク州立大学のホール（Charles A. S. Hall）である⁵。ホールらのモデルでは、2005年までに全世界が迎ってきたEROIの値をもとに、2005年時点でEROI = 20、2030年時点でEROI = 10、2050年時点でEROI = 5程度に減少することが想定されており、年を追うごとに国際社会が使用可能な余剰エネルギーが減少していく様子が示されている⁶。近年では、スタンフォード大学でも同様の視点からの研究が盛んになってきており、「正味エネルギー分析（net energy analysis）を政策立案のための標準的なツールとして使用するべきである」という提言もなされている⁷。

地球上のあらゆる枯渇性資源はその物理的特性ゆえに、ベル型の産出カーブ（ある時点で供給のピークを迎え、その後減衰するような曲線）が運命づけられているが、EROI概念への理解の深化は、ピーク後のモデルが驚くほど単純に過ぎたという反省をもたらしている。図3が示

図3 ハバートカーブと正味のハバートカーブ



（出所）David Murphy, “The Net Hubbert Curve: What Does It Mean?,” *The Oil Drum*, June 22, 2009 <<http://netenergy.theoil Drum.com/node/5500>>, accessed on December 25, 2015 をもとに一部筆者改変。

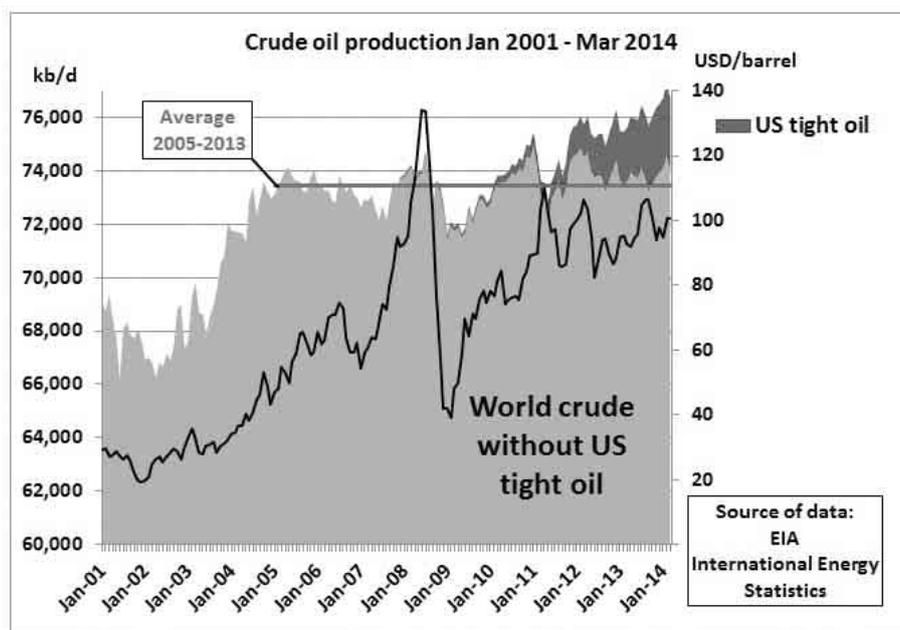
すように、経年と共に EROI の値が低下傾向にあるということは、産出ピーク後の社会が使用することのできる正味エネルギー（≒余剰エネルギー）の減少ペースは、生産の減少ペースよりも大きいだろうという考え方がある。これは、従来型のモデルである「ハバートカーブ（Hubbert Curve）」に対して、「正味のハバートカーブ（Net Hubbert Curve）」とよばれている。

紙幅の関係で、用いられている数式の詳細を解説することはできないが、食料価格および食料供給システムのエネルギー比と油価の関係から単純なモデルを組み、油価と開発可能な油田の EROI の関係を考察した論考もある⁸。試算では、原油価格が 150 ドルで EROI = 10.2 以上のエネルギー開発でもビジネスとして成り立つが、原油価格が 60 ドルになると EROI = 25.6 以上のエネルギー開発でないと経済的に成り立たないことを示している⁹。

油価が高ければ、米国のシェールオイルに代表されるような EROI が相対的に低い非在来型油田の開発もビジネスとして成り立つが、こうした油田からの原油が増えることは、同時に全世界の EROI の平均値が下がることを意味する。世界全体で同量の原油を生産・使用していたとしても、平均した EROI の値が低くなっていくということは（図 4 が示すように、2005 年あたりから在来型油田からの原油生産はほとんど伸びておらず、増加分は米国のシェールオイルだという現状がある）、実際に社会が使うことのできるエネルギー量は経年ごとに減少していくことを意味する。

モノの製造、運搬の際にもエネルギーは必要であるし、発展途上国で経済発展が進めば一人

図 4 原油生産量の推移（2001 年～ 2014 年）



（出所） Matt Mushalik, “IEA report implies US crude production may start to peak 2016,” <<http://www.resilience.org/stories/2014-08-18/iea-report-implies-us-crude-production-may-start-to-peak-2016>>, accessed on December 29, 2015.

あたりのエネルギー消費量は増加する。一般的に実体経済が成長するという事は、それだけエネルギー消費量も増えることになるし、エネルギー消費量を増やすことなく実体経済を成長させることは難しい。

いずれにせよ、自然界からエネルギーを取り出すためにもエネルギーが必要であり、量的に多く残されているエネルギーの EROI が低いという事実は、社会が使うことのできる余剰エネルギーの拡大余地を狭める効果を発揮する。世界はすでに、EROI の高いエネルギー源（在来型の巨大油田）から低いエネルギー源（オイルサンドやシェールオイルなどの非在来型油田）へのシフトが始まっているのであり、ここにエネルギー環境の構造的変化を見てとることができる。イージーオイル時代は終焉を迎えつつあり、これからはポスト・イージーオイル時代を迎えることになる。

3. 「崩壊」に関する研究への注目

社会で使用可能な余剰エネルギーを拡大しにくいというポスト・イージーオイル時代の到来は、世界経済全体にとって成長への足かせとなる。このようなエネルギー環境の構造的変化が、国際社会にどのような影響を与えるのかについて様々なシミュレーションや考察が行われるようになっていく。

たとえば、『成長の限界』を著したローマクラブのメンバーでフィレンツェ大学において物理学の教鞭を執るバルディ (Ugo Bardi) は、『成長の限界』が用いた複雑なモデルを誰しもが直感的に理解できる形で単純化した「セネカの崖モデル」を提示している¹⁰。セネカとは、ローマ時代の哲学者であるセネカ (Lucius Annaeus Seneca) のことである。

バルディが注目したのは、セネカによる「もしもあらゆるものが出来上がるのと同じくらいゆっくりと滅びるのであれば、それは私たちの弱さと私たちの住む世界にとって何らかの慰めとなったことだろう。だが、現実には成長の速度は遅く、破滅に至る時はすみやかだ」という『ルキリウスへの手紙』の一節であった。実際に、『成長の限界』で示されているモデルも、成長は緩やかであるがピーク後の落ち方が急激である。バルディの問いは、何がこうした振る舞いの原因となっているのかというものであった。

結論としてバルディは、水質汚染や大気汚染、または福島第1原子力発電所の事故によって生じるような汚染などを含めた広い意味での「汚染」こそが、セネカの崖を生じさせるパラメータだと断じる。その上で、オイルサンド、シェールオイル、深海油田など、現在主流になりつつある油田の「汚染源」として振る舞う可能性の高さを指摘し、それにもかかわらず「セネカの崖」を生じさせやすくするこうした原油生産方法に頼り、増長せざるを得ないようなエネルギー環境の現状を深く憂慮している。

こうした論考は、「崩壊」に関する研究として位置付けられるものであるが、同様の研究は他にもある。中でも有名なのが、バルディも論考の中で言及している、考古学者ティンター

(Joseph A. Tainter) による、過去に崩壊した 24 の文明の崩壊メカニズムに関する研究である¹¹。

テインターによると、「文化的複雑性の歴史は、人類の問題解決の歴史」であり、「歴史を通して、人類が直面したストレスと挑戦は往々にしてより複雑化するという戦略によって解決されてきた」という。そして、「社会という問題解決のためのシステムは、長期間、複雑性とコストを増しながら発展し、やがてシステムは補助的なエネルギーの増加を必要とするようになるか、あるいは崩壊する」という。

「複雑性は利益を生むが、損失も与える。その破壊的な潜在能力は、社会経済の複雑性への出費の増大が利益を減じて、ついにはマイナスの見返りになった歴史的事例を顧みれば明らかである」という説明に表れているように、過去の経験に照らし合わせる限り、「より複雑化させることで問題解決を求めようとするアプローチ」は限界にぶつかる可能性が高い。特に、投入する補助エネルギーが制約される世界では複雑化は問題解決から遠のく可能性が高いと言える。

こうしたやや抽象的な「崩壊論」に留まらず、より具体的に「金融の崩壊」とその後について論じた論考もある。たとえば、アイルランドのシンクタンクに勤めるコロウィッツ (David Korowicz) による『代償 (Trade-Off)』である¹²。

コロウィッツは、この著作において、金融システムにおける「カスケード型の失敗」が、経済や政治の崩壊を招く帰路を説明している。動的なシステムは、システムのパラメータがある範囲に収まっているときには、恒常性を維持して衝撃からも回復するが、範囲外のことが起こると、回復不能に陥るという点が指摘される。

また、こうした一連の論考から刺激を受けたオルロフ (Dmitry Orlov) は、祖国であるソ連邦崩壊から得られる教訓をもとに現代アメリカ社会を考察した『再来する崩壊 (Reinventing Collapse)』に続き¹³、2013 年には「崩壊」に関する包括的な論考を『崩壊 5 段階説 (The Five Stages of Collapse)』として発表している¹⁴。

5 段階とは、①金融の崩壊、②商業の崩壊、③政治の崩壊、④社会の崩壊、⑤文化の崩壊を指しており、エネルギー環境の構造的変化が国際社会に与える影響の第 1 段階は国際金融システムへの影響として現れると論じる。オルロフによれば、これはもうすでに一部で起きはじめているという¹⁵。いわゆる「金融緩和策」は崩壊を防ぐために必要な措置であるが、問題を先送りしているに過ぎず、地球を取り巻く物理法則に鑑みても持続可能ではないと断じる。

連鎖的に生じうる 5 つの異なるレベルでの崩壊過程の詳細と、こうした結論を導き出すにいたる論旨を詳述する紙幅はないので、詳しくはオルロフの著作に譲る他ないが、金融および商業 (経済) への影響はほとんど不可避であるが、問題は第 3 段階以降の崩壊をいかに食い止めるかがポイントだとする彼の議論は興味深い。

4. 「民主主義の不況」論の再検討

随分と遠回りをしてしまったが、国際社会におけるエネルギー環境の構造的変化がもたらす帰結として何よりもまず懸念しなくてはならないのは、国際的な金融システムの機能不全であり、この影響は「政治の崩壊」につながりかねないというのが、地球物理学的・資源工学的のアプローチからの分析が示唆するポイントである。「 r (資本収益率)」が「 g (経済成長率)」を上回り続けてきたのが歴史的にみた経済の姿であり、格差拡大の源泉になっていると論じたのはピケティ (Thomas Piketty) であったが¹⁶、オルロフらは数式を用いることで「 $r > g$ 」の帰結は金融システムの機能不全として表れると主張する。

「政治の崩壊」は、「政府があなたの面倒を見てくれる」という信頼が失われ、生活必需品へのアクセスという点で公的措置が奏功しなくなるにつれて為政者の正統性や存在意義が失われることでもたされるという¹⁷。また、こうした事態が起きはじめると、「恐怖支配の風潮を醸し出すことになり、言論の自由を弾圧すること」へと導かれ、専制政治が起りやすくなると論じる¹⁸。

もともと、オルロフの指摘を待つまでもなく、一般的に経済的に苦しく、社会不安が増大している国家において「専制」の特徴が色濃く表れることは、昨今の国際社会を見ていると観察される事象である。エジプトでは、ムバーラク体制が終わった後で民主的な手続きで大統領が選出されたものの、現在ではクーデターを経て軍出身のスィーサー (Abdel Fattah el-Sisi) による強権的な政治が行われている。同様に、タイにおいてもタクシン元首相 (Thaksin Shinawatra) の恩赦法案をきっかけに激しさを増したデモを伴った政治的混乱に対して、軍部が乗り出し、民主主義は停止状態にある。国民を統合する上で重要な役割を担っている国王も高齢であり、病氣入院中だということから、軍部の予定通りに選挙が行われるのかについても不透明な状況が続いている。

EU 加盟国であっても不安はある。国家債務問題に悩むギリシャは、追加融資を受けることで破綻を避けざるを得ないような状況に陥っており、反緊縮を掲げ選挙で当選した首相であっても緊縮財政をせざるを得ない状況にある。果たして民主主義を維持しつつ、現在以上の緊縮財政を将来にわたって続けていくことができるのか (できなければ、財政破綻へと結びついてしまう) という、難しい挑戦にさらされている。

同じく危機が喧伝されるスペインにおいても、2015年12月に行われた総選挙において新興の左派政党ポデモス (Podemos) が大幅に躍進し、2大政党の状況が終焉するなど、これまでとは異なる政治状況が生まれつつある。このような環境下で、国際金融システムが機能不全を起こすような事態が起きれば、さらなる政治的混乱は避けられないだろう。

ダイヤモンドによれば、世界各国での民主主義度の低下という「民主主義の不況 (democratic recession)」は、統計上も確認される事象である¹⁹。フリーダムハウス (Freedom House) の指標を用いた計測では、1974年からのいわゆる「民主化の第3の波」以降、民主主義度の指標は、

1974年の平均値4.38から2005年の3.22へと改善されている。ところがピークは2005年であり、2006年以降選挙（の手續きの）民主主義国の数は横ばいであり、民主主義度の指標も悪くなっている。

原因としてダイヤモンドは、以下のような考察を行っている²⁰。第1に、ポスト冷戦期の腐敗を行いにくかった環境がすでになくなっていること。特にアフリカでは、非民主主義国である中国が大きな対外援助プレーヤーになっている点が挙げられる。第2に、「対テロ戦争」の優先度の上昇により、自由や民主主義の優先度が相対的に下がった点を指摘する。第3に、メディア空間を検閲するための技術および市民社会を制限し、彼らへの国際的支援を禁止する法制度を發展させ、同様の国の間でノウハウをシェアしている点に着目している。

とりわけ、第3の視点は興味深い。インターネットが非民主主義国に普及しはじめた頃、インターネットの普及が民主化にプラスの影響を与えるだろうという楽観的な見通しが示されることもあった²¹、2010年の暮れから2011年にかけて発生したいわゆる「アラブの春」においても、独裁的な政権を倒すツールとしてインターネット（ソーシャルメディア）が利用されていた。

他方、スノーデン（Edward Snowden）事件が明らかにしたように、先進民主主義国であっても日常的に通信傍受を行っているばかりか、大手の情報通信関連企業が協力する形で通信傍受システムが組まれている。「対テロ戦争」という名目において、各国ともインターネットの統制を志向しつつあり、最近でも2015年12月27日に中国が「反テロ法案」を可決し、通信事業者やプロバイダに暗号解読のための技術の提供を義務づけたようである²²。

結局のところ、インターネットは民衆の側をエンパワーするのか、それとも政府の側のコントロールを容易にするのだろうか。この問いについて、統計的な手法を用いた研究成果によると、インターネットは「抑圧としての道具」という見方をやや支持する結果が示されている²³。少なくとも、インターネットが一般的になってからののはじめの20年間において、民主主義に向けた地球規模でのシフトに貢献している様子はないという。

エネルギー環境の構造的変化が本当に金融の崩壊をもたらし、一般庶民の日常生活に必要な物資へのアクセスが不十分な状況が生まれるのだとしたら、当該国が国としての一体性を維持しようとするために民主主義度を低下させ、専制的な色彩を強める可能性は常にある。今のままそのような事態が生じるとするのであれば、情報通信技術は政府によるコントロールを強めるための道具として使用される可能性が高い。

こうした事態が生じるようになると、ハッカー集団としての側面もある「アノニマス(anonymous)」らは、当該国に対してサイバー攻撃を仕掛けてくることになるだろう²⁴。中東情勢においても、「イスラーム国」によるパリでのテロ事件への報復として、すでに「アノニマス」は関与しはじめている。こうした情報通信技術をめぐる最新の状況が、今後の中東情勢に与える影響については、筆者の宿題として稿を改めて論じたい。

おわりに——暫定的な結論と若干の懸念

本章では、エネルギーの質（エネルギーのエネルギー的コスト）を表す EROI という概念を用いた分析が、国際社会の動向についていかなる示唆を与え得るのかという点について検討を行ってきた。

第1のポイントは、人類は採掘しやすい資源（こうした資源の EROI は高い）から使用しているため、世界全体の EROI の平均値は経年ごとに減少傾向にあるという点にある。EROI が下がると社会が使用できる正味エネルギー（net energy）の割合が少なくなるため、さらなる経済成長を実現するためには、これまで以上に原油の生産・消費を行う必要がある。

ところが、国際エネルギー機関（IEA）の年次報告書にもあるように、在来型油田からの原油生産量はピークを過ぎていると見積もられており²⁵、増産はシェールオイルやオイルサンドなどの非在来型油田の状況に左右される。こうした EROI の低い油田からの原油生産は一般的に経済的コストが高く、一定水準以上の油価でないと持続的に開発・生産を進めることができない。

第2のポイントは、金融システムへのダメージとそのことによる連鎖的な影響である。油価が安いことは、一時的に経済的にプラスであるように見受けられるが、その場合には EROI の低い油田の開発・生産にまで手を回すことが難しくなり、世界全体の原油生産量を増やすことができない。経済成長と原油消費量との間には相関関係があると考えられており、原油消費量を伸ばすことなく経済成長を行うことは困難である。

利子という制度をシステムに組み込んでいる限り、成長し続けなくては金融システムそのものが不調をきたしてしまう。金融システムがダメージを受ければ、2008年の金融危機で世界が経験したように、経済そのものにも深刻なダメージを与えかねない。基盤の弱い国家では、政治的不安定さへと発展してしまう可能性もある。

第3のポイントは、民主主義的な価値や制度へのダメージである。一般的に政治的な不安定さの増大は、専制政治を招きやすい。最近でも、エジプト、トルコ、タイなどで同様の現象は観察される。

エネルギー環境の構造的変化は、世界経済の継続的・持続的な成長をますます困難にする可能性が高く、影響が国家レベルで現れるようになると当該国家の政治的不安定さも増大してしまう。情報通信技術の発達と普及によって「アラブの春」型の動員は容易になっており、政治的不満がこれまでよりも簡単に群衆デモに発展してしまう環境が整っている。

政府は対抗策として、インターネットを「抑圧の道具」として用いるようになるかもしれないが、「インターネット上の自由」に価値をおくハッカー集団はサイバー攻撃で対抗しようとしている。社会や政治への不満は、新たな「テロ」事件を生み出す原因ともなる。このように、エネルギー環境の構造的変化は、国際レベルでも国内レベルでも、秩序維持への大きなマイナス要因となりかねない。

本章では、エネルギーについてこれまで国際関係論でほとんど用いられることのなかった

EROI 指標から考察を行ったが、エネルギー問題で一般的に用いられている油価という指標だけでも中東の域内秩序への不安は大きい。

「アラブの春」は、中東における多くの非産油国の政治を不安定にさせたが、油価をめぐる状況は湾岸の産油国の政治を不安定なものにさせかねない。一般的に湾岸産油国は、原油輸出収入に頼る形での国家運営が行われており、油価が下がると国家財政上の問題が生じる。国民に対する「分け前」が十分でない、為政者に対する不満へとつながりかねない。

本稿執筆中に、サウジアラビアとイランとの国交断絶に関する報道があった。ここ数年、サウジアラビアの政治的安定性は損なわれはじめているように見えるが、問題の本質としてサウジアラビア自体の油田における資源工学上の変化が占める割合は大きいと思われる。サウジアラビアにある世界最大の油田（ガワール油田）の生産は 1950 年代から始まっており、60 年以上操業が続けられている。初期のガワール油田は、自噴による 1 次回収で原油生産が行われていたが、現在は海水を押し込みその圧力で取り出すという 2 次回収が行われている。EROI の値は大幅に下がっており、いかに世界最大の油田であっても枯渇性資源には変わりないため、いつか生産ピークが訪れることになる。

このように資源工学的な知見を交えた上でサウジアラビアの行く末を案じた著作にシモンズ (Matthew R. Simmons) による『砂漠の黄昏：来たるべきサウジのオイルショックと世界経済 (Twilight In the Desert: The Coming Saudi Oil Shock and the World Economy)』があるが、この著作の出版年は 2005 年である²⁶。資源工学的知見を交えるならば、将来的にサウジアラビアが抱えることになる困難は、10 年以上前の時点ですでに予見可能であったということである。このように、地球物理的・資源工学的なアプローチを用いることのメリットは、将来的に社会で起こり得る変化をある程度予測できる点にある。

人口が増加し、一人あたりのエネルギー消費量も増え、(大量のエネルギーを使って) 海水を淡水化することで水道水を確保しなくてはならないサウジアラビアでは、エネルギーの国内消費は今後も増大していくことになるであろう。油価の低迷と共に、近い将来サウジアラビアの原油生産量にピークが訪れることになると、サウジアラビアという国家を今と同じ形で存続させることが難しくなる。エネルギー環境の構造的変化は、熱力学の法則など地球の物理的特性に起因しているため、人間の力で影響を及ぼすことはほぼ不可能である。そして、こうしたエネルギー環境の構造的変化は、そのまま社会的な問題として表出することになる。

湾岸諸国は、今現在のところ「アラブの春」で見られたような政治変動に見舞われていないが、資源工学的な視点からこの地域および世界のエネルギー環境を考えると、近い将来深刻な事態に直面する可能性が高いと言えそうである。そうすると、混乱はもはや中東域内で収まるものではなく、国際社会の秩序形成にも影響を与えることになるだろう。中東情勢をめぐる混乱は、「次の段階」に進んでしまう可能性がある。

— 注 —

- 1 Larry Diamond, “Facing Up to the Democratic Recession,” *Journal of Democracy*, Vol.26, No.1, 2015, pp.141–155.
- 2 Thomas Friedman, “Democracy Is in Recession,” *New York Times*, February 15, 2015 <<http://www.nytimes.com/2015/02/18/opinion/thomas-friedman-democracy-is-in-recession.html>>, accessed on December 25, 2015.
- 3 山本達也『革命と騒乱のエジプト：ソーシャルメディアとピーク・オイルの政治学』（慶應義塾大学出版会、2014年）。
- 4 日本では、EPR (Energy Profit Ratio) という呼称が使われることが多かったが、世界的には EROI が一般的であることから、本章では EROI を使用する。なお、EPR も EROI も同一の概念であり、両者の間に本質的な差異はない。
- 5 Charles A. S. Hall, et.al., “Peak Oil, EROI, Investments and the Economy in an Uncertain Future,” in David Pimentel, ed., *Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems: Benefits and Risks* (Dordrecht: Springer, 2008), pp.109–132.
- 6 *Ibid.*, pp.125–126.
- 7 Mark Shwartz, “Net energy analysis should become a standard policy tool, Stanford scientists say,” *Stanford Report*, June 25, 2014 <<http://news.stanford.edu/news/2014/june/net-energy-analysis-062414.html>>, accessed on December 25, 2015.
- 8 大谷正幸「ひと夏の経験：EPR と経済の関係が示唆する現代文明の翳り」『もったいない学会 WEB 学会誌』第2巻、2008年、49–52頁。
- 9 同論考、50–51頁。
- 10 Ugo Bardi, “The Seneca Effect: Why Decline is Faster Than Growth,” <<http://cassandraleadership.blogspot.com/2011/08/seneca-effect-origins-of-collapse.html>>, accessed on December 29, 2015.
- 11 Joseph A. Tainter, “Sustainability of Complex Societies,” *Futures*, Vol. 27, No. 4, 1995, pp.397–407. なお、詳細については、以下の文献もあわせて参照されたい。Joseph A. Tainter, *The Collapse of Complex Societies*, (New York: Cambridge University Press, 1988).
- 12 David Korowicz, *Trade-Off: Financial System Supply-Chain Cross-Contagion: A Study in Global Systemic Collapse*, revised version, (London: Metis Risk Consulting & Feasta, 2012).
- 13 Dmitry Orlov, *Reinventing Collapse: The Soviet Example and American Prospects*, (Gabriola Island: Now Society Publishers, 2008).
- 14 Dmitry Orlov, *The Five Stages of Collapse: A Survivor's Toolkit*, (Gabriola Island: Now Society Publishers, 2013). なお、この著作は最近になって邦語訳が出版されているが、訳註が豊富であるため、このテーマに必ずしも詳しくない読者にとっては訳書の方が内容理解に適していると思われる。ドミートリー・オルロフ『崩壊5段階説：生き残る者の知恵』大谷正幸訳（新評論、2015年）。
- 15 同書の特に第1章を参照されたい。
- 16 トマ・ピケティ『21世紀の資本』山形浩生他訳（みすず書房、2014年）。
- 17 ドミートリー・オルロフ『崩壊5段階説』、257頁。
- 18 同書、259–260頁。
- 19 Larry Diamond, “Facing Up to the Democratic Recession,” pp.141–143.
- 20 *Ibid.*, pp.151–152
- 21 たとえば、以下の論考を参照されたい。Leslie D. Simon, “Democracy and the Net: a Virtuous Circle?,” in Leslie D. Simon, Javier Corrales and Donald R. Wolfensberger, *Democracy and the Internet: Allies or Adversaries?*, (Washington D.C.: Woodrow Wilson Center Press, 2002), pp.1–29.
- 22 Chris Buckley, “China Passes Antiterrorism Law That Critics Fear May Overreach,” *New York Times*, December 27, 2015. <<http://www.nytimes.com/2015/12/28/world/asia/china-passes-antiterrorism-law-that-critics-fear-may-overreach.html>>, accessed on December 29, 2015.
- 23 Espen Geelmuyden Rod and Nils B Weidmann, “Empowering Activists or Autocrats?: The Internet in Authoritarian Regimes,” *Journal of Peace Research*, 2015, pp.1–14.
- 24 文化人類学の視点からアノニマスの思考と行動原理追いつつ、アノニマスの実態に迫った著作としては、以下を参照されたい。Gabriella Coleman, *Hacker, Hoaxer, Whistleblower, Spy: The Many Faces of*

Anonymous, (New York: Verso, 2014).

- ²⁵ IEA は、2010 年度版の年次報告書『World Energy Outlook 2010』において、原油生産のピークが 2006 年であったという見解を示している。International Energy Agency, *World Energy Outlook 2010*, (Paris: International Energy Agency, 2010), p.48.
- ²⁶ Matthew R. Simmons, *Twilight In the Desert: The Coming Saudi Oil Shock and the World Economy* (Hoboken: John Wiley & Sons, 2005).