

第2章 イージーオイル時代の終焉が産油国および中東域内秩序に与える影響

山本 達也

はじめに——イージーオイル時代の終焉

安い石油に大量にアクセスできた時代は、過去のものになってしまった。振り返ってみると、20世紀は「石油の世紀」であった。特に、第2次世界大戦を境として、世界の石油消費量は爆発的に増大していった。この時期には、大油田も次々と発見されていった。1938年には、クウェートの大ブルガン油田が発見され、1948年には世界最大であるサウジアラビアのガワール油田が発見された。その後も中東やアメリカを中心に大油田が相次いで発見されるようになるが、こういった時代は長くは続かなかった。結局、油田発見のピークは1965年頃であった。

原油供給量はその後も急速に伸びていくが、油田の発見については翳りが見え始める。1970年代には、北海油田を含むいくつかの大油田が発見されたが、それ以降は皆無である。この時発見された北海油田にしても、1990年代の後半に生産ピークを迎えている。1980年代に入ると、その年の油田発見量よりも、原油消費量が上回るようになる。この時から、人類は、過去に発見された油田のストックを切り崩しながら原油生産を続けている¹。

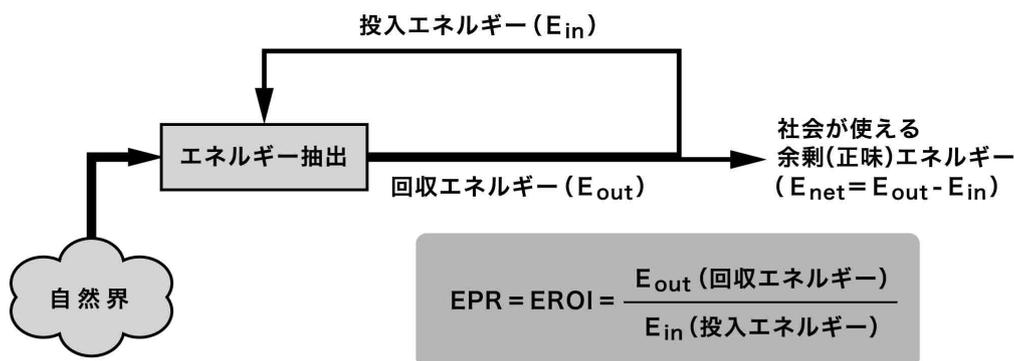
最近では、シェールオイルに代表されるような非在来型資源の実用化を可能とする技術が登場し、実際に生産、供給が始まっている。新たな技術の誕生は喜ばしいことのように見えるが、見方を変えれば、人類は、かつてであれば「バカらしくて」無視していたような深海油田、オイルサンド、シェールオイル、極地の油田などにスポットライトを当てなくてはならないような状況に置かれるようになってしまったということでもある。

人類は、割のよいもの、簡単に採掘できる資源から利用する。あとに残るのは、採掘が技術的に困難であったり、コストが余計にかかったりする資源である。ここで言うコストとは、採掘に必要な金銭的なコストとともに、エネルギー的なコストも同時に指している。

エネルギー的なコストを測るための指標が、EROI (Energy Return on Investment) ないしはEPR (Energy Profit Ratio)²である。その概念図は、図1のかたちで示すことができる。自然界から抽出されたエネルギー(回収エネルギー)がEoutであるが、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(Ein)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(Enet)は、「回収エネルギー(Eout) - 投入エネルギー(Ein)」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。社会が使うことのできるエネルギーを考える上で問題となるのは、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リットルの石油エネルギーが必

図1 EROI および EPR の概念図



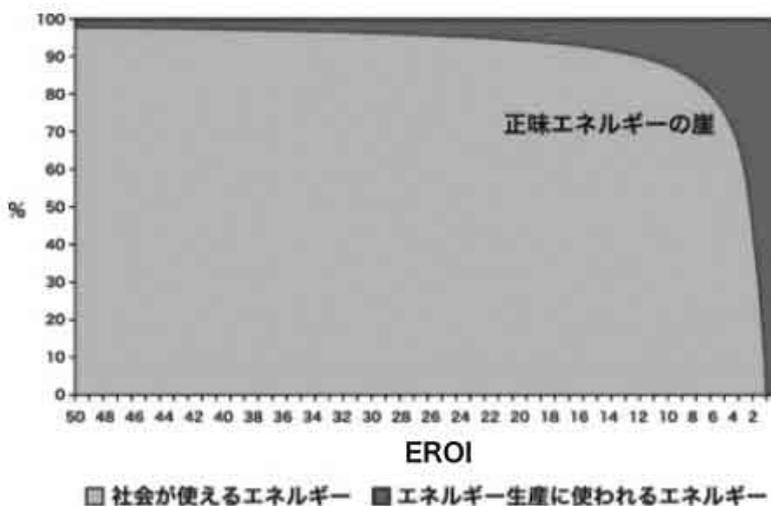
(出所) “eroei.net” および、松島潤を参考に一部筆者改変³。

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。つまり、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。

実際には、社会は余剰エネルギーを必要としているために、EROI = 1 では、文明が成り立たない。EROI をめぐっては、「10」あたりが現代文明を成り立たせる上での境目であると認識されている。図 2 は、「正味エネルギーの崖 (net energy cliff)」として知られているグラフである。このグラフが示すように、EROI は 10 を切るあたりから、エネルギー生産に使われるエネルギーの割合が増え、割りの悪い (質の悪い) エネルギーになってしまう。

かつての中東の大油田は、地下から原油が勢いよく自噴しており、EROI は 100 を越えたと見積もられている。ところが、年数が経つにつれ、自噴することをやめてしまい、今では、海水を

図 2 正味エネルギーの崖



(出所) Kurt Cobb を基に一部筆者改変⁴。

注入することで中の原油を取り出す2次回収や、水蒸気を注入する3次回収が行われるようになってきている。また、非在来型油田は、概してEROIの値が低く、一桁台という資源も珍しくない。

世界のイージーオイルは、ほぼすべて発見されてしまった。現在の国際社会は、かつて発見されたイージーオイルの残りと、新たに供給されるようになった非在来型油田からの原油に頼るようになってきている。今後どのような技術が生み出されようと、再びイージーオイル時代に戻ることはないだろう。イージーオイル時代はすでに終焉を迎えたことを受け入れ、これからの国際社会の秩序は、ポスト・イージーオイル時代だということを前提に組み立てられなければならない。

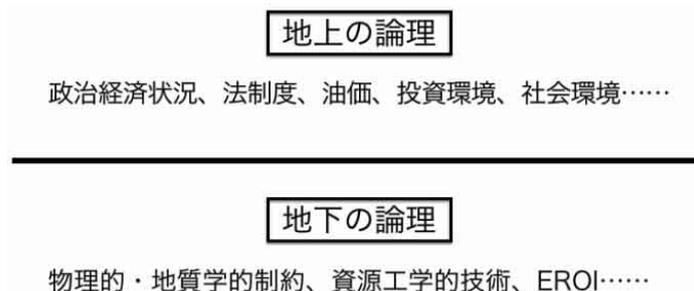
本稿では、このような認識に基づき、イージーオイル時代の終焉は、国際社会にとってどのような意味を与えるのかという点について考察していく。特に、エネルギー環境の構造的変化が、産油国および国際秩序に与える影響について考える。そのことで、ポスト・イージーオイル時代におけるエネルギー安全保障の課題についての示唆を導き出したい。

1. 在来型油田と非在来型油田をめぐる評価

図3は、人類が原油を利用するための条件を図式化したものである。人類が原油にアクセスするためには、「地下の論理」と「地上の論理」の両方が合致する必要がある。地下の論理とは、地球物理学的・地質学的な制約や利用可能な技術、1以上のEROIなどを指す。石油地質学や資源工学など、これまで自然科学が主に扱ってきた領域である。地上の論理とは、治安状況を含めた当該国の政治経済状況や、法的な規制の状況、油価、投資環境などを指す。こちらは、社会科学が扱ってきた領域である。

イージーオイル時代には、アクセスする地下の原油はどれも「イージー」なものだけであったので、「地下の論理」にそれほど注意を払わなくてもよかったが、ポスト・イージーオイル時代には、この両者の合致が重要になる。金銭的なコストさえ釣り合えば、いくらでも原油にアクセスできるという時代ではないのである（地下の論理的に割に合うか合わないかという資源の「本当のコスト」を見誤り、地上の論理である「市場の動向」だけで投資判断を行うと、手痛いしっぺ返しを食う可能性がある⁵⁾）。このような視点から、在来型油田と非在来型油田をどのように理解

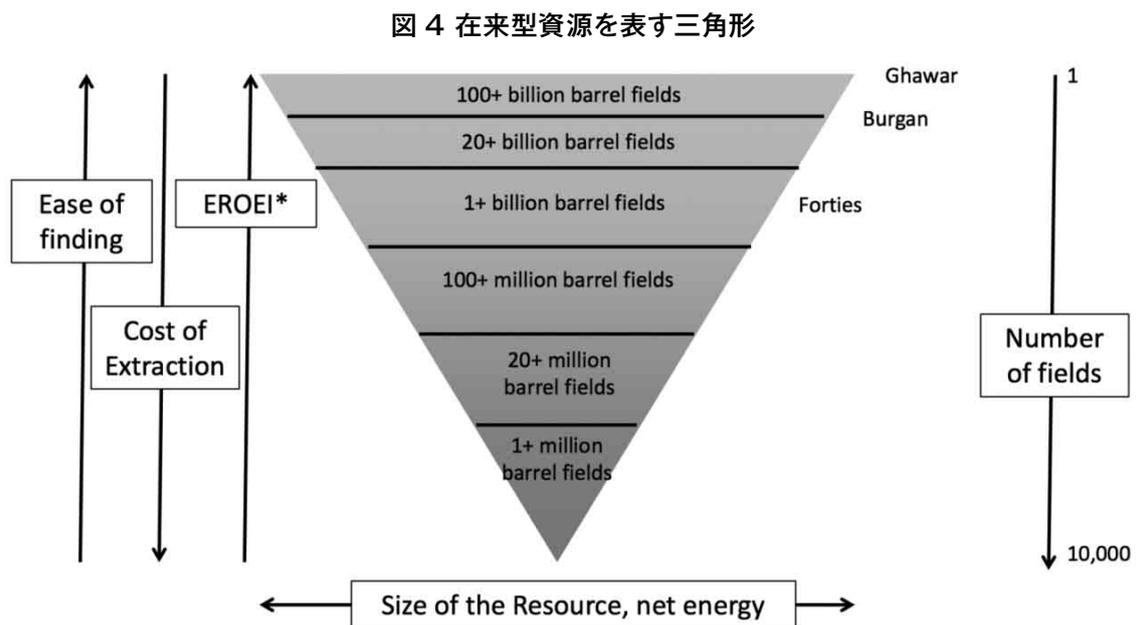
図3 原油利用のための条件



(出所) 筆者作成。

したらよいのかを説明したのが、図4および図5である。

図4は、在来型資源の特徴を示している。ガワール油田やブルガン油田のような巨大油田は利用できる正味エネルギー量も多いが、油田の数は極めて少ない。EROI（図中ではEROEIとなっているが、同じ概念である）の値も高く、採掘コストも安い。最近発見されているような規模の小さな油田は、数は多いが、使える正味エネルギー量は少ない。EROIの値も低く、採掘コストも高い。これらの油田をどれだけかき集めたとしても、中東の大油田とは、その価値において比較にならない。



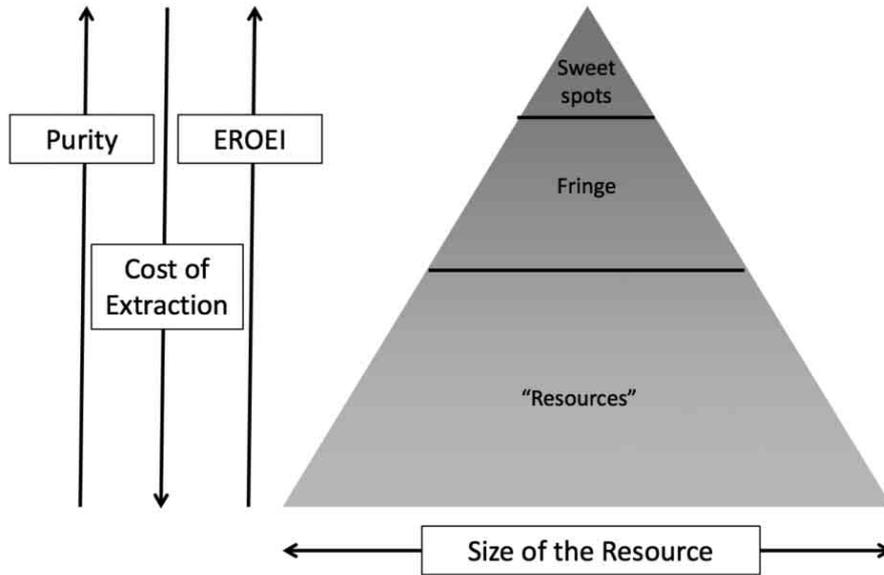
(出所) Gareth Roberts を基に一部筆者改変⁶。

図5は、非在来型資源の特徴を表している。EROIの値が高く、採掘コストも安く、かつ純度も高い「スイートスポット」は限られている。その他、EROIの値が低く、採掘コストも高く、純度も低い原油であれば地下に大量にあるが、そのような原油は、在来型油田の減衰を代替できるような代物ではない。

採掘コストが高いということは、油価が一定以上の水準でないと、ビジネスとして成り立たない。投資をする立場から言えば、当然ながら、質の高い「スイートスポット」の原油を目指すことになるが、こうした原油の量は限られている。残っていくのはより質の悪い原油であり、埋蔵量に比例するかのように投資リスクは大きくなっていく。投資家が二の足を踏むようでは、非在来型油田のビジネスは回っていかない。アメリカのシェールオイルについても、2020年頃が転換点となるのではないかという見方を示す専門家は多い⁸。

油価が高くなれば、EROIの低い非在来型油田の開発・生産が促進されるようになる。これらの原油は、開発費用の転嫁が保障されるような時だけ市場に運ばれる原油である。逆に油価

図5 非在来型資源を表す三角形

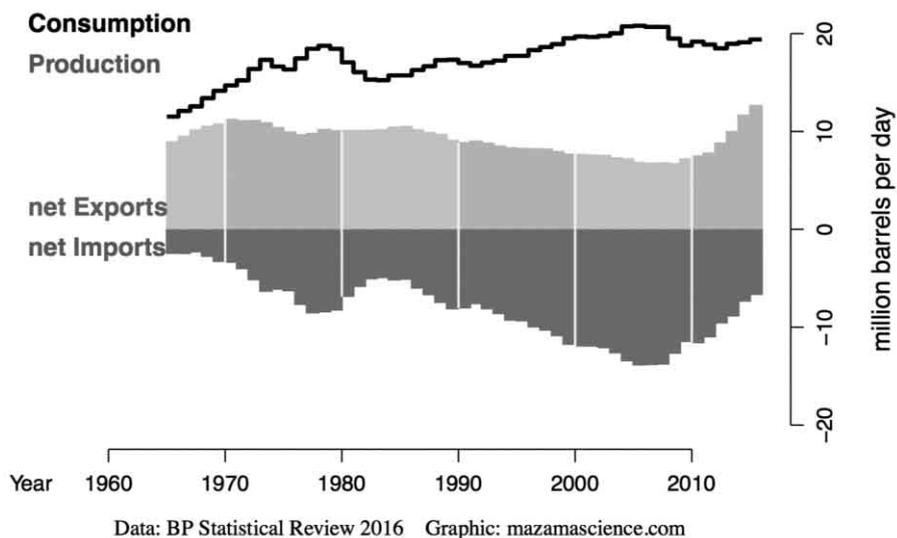


(出所) Gareth Roberts を基に一部筆者改変⁷。

が下がると、これらの油田からは撤退せざるを得ない。採掘コストが非在来型油田と比べものにならないくらい低い在来型油田への依存度が高まることになる。とはいえ、こうした在来型油田であっても、投資が停滞するようでは中長期的に見て既存の減衰分を補うことができなくなる。また、油価が安いと、産油国の財政状況にマイナスの影響を与える。

総合的に考えると、原油輸入国がシェールオイルをはじめとする非在来型資源に多くを期待す

図6 アメリカの原油生産量、消費量、輸出量



(出所) BP Statistical Review 2016 を基に筆者作成。

るのは避けた方が無難であろう。図6は、アメリカの原油生産量、消費量、輸出量を示したグラフであるが、ここ数年でアメリカの原油生産量は増加しているとはいえ、国内消費をまかなえるほどの量に達していない。国内での原油の精製量に限界があるため、この限界を越えるようなシェールオイルについては、一部輸出に回ることになるであろうが、量としては少ない。アメリカでの原油生産は大半が国内消費に回るのであって、資源輸入国にとって「シェール革命」に多くの期待をするわけにはいかない。

結局のところ、多少なりとも増産余力があり、採掘コストが安く、EROIが比較的高い原油の大半は、依然として中東地域に存在している。ポスト・イージーオイル時代における、「イージー」な石油の価値を過小評価してはいけない。

「地下の論理」で優位に立つ中東地域の懸念は、混迷する「地上」の状況である。リビアもイラクもイランも、イージーな石油の増産余力があるが、「地上の論理」がスムーズな生産と輸出の妨げとなっている。中長期的に中東の域内秩序を保ち、今以上の混乱状況にさせないための努力は、エネルギー安全保障の観点からも重要な課題となる。

2. エネルギー環境の変化が産油国に与える影響と中東域内秩序の展望

今や、中東各国の情勢や域内秩序は、国内や域内だけでは完結しなくなってしまった。域内の国家の状況や域内秩序が外部環境に与える影響が増大していることに加え、外部環境が域内秩序に与える影響も同時に増している。

このエネルギー環境の構造的変化と関連して論じられることの多い「外部環境」は、金融および経済システムが障害を来す可能性があるのではないかというものである。

国際社会におけるエネルギー環境の構造的変化についての議論としては、原油生産量のピーク時期を論じてきた「ピーク・オイル論 (Peak Oil)」がある⁹。

ピーク・オイル論では、主に石油地質学者や資源工学者らによって、原油生産の物理的なピーク時期の予測が主な論点となっていた。ピーク・オイル論者の主張は、物理的なピークが一般的に思われているよりも早い2000年代にやってくることと、これらを技術によって解決することは不可能であるというものであった。第1世代のピーク・オイル論者たちは、こうした主に自然科学的な議論を積み重ねてきた。

ところが、最近のピーク・オイル論の展開は、より社会科学的視点からの議論が行われるようになってきている。第2世代のピーク・オイル論者の関心事は、EROIの低下という問題が社会にどのような影響を与えるのかというものであり、真っ先に影響が表出する先として金融および経済システムが取りあげられている¹⁰。

紙幅の関係から議論の詳細は割愛するが、要約すると以下のような議論が行われている。「金利」の持続可能性は、経済が拡大局面にある時のみ担保される。なぜなら、少なくとも金利分以上の拡大がなければ、どこかで誰かが金利を工面できずに破綻してしまうし、この状況を放

置いておくと金融機関の不良債権が増大し、金融機関自体が破綻してしまうためである。他方、経済成長を決める第一義的要因は、正味のエネルギー投入量である（エネルギーの消費量と経済成長との間には正の相関関係がある）が、エネルギー投入量には限界があり、どこかでピークがやってくる。

「原油を必要とする経済」を伸ばせないのだとすれば、システムのクラッシュを避けるためには「原油を必要としない経済」がカバーをしていかななくてはならない。代表的な政策的対応は、「（金融機関の）救済措置」、「量的緩和」、「流動性の注入」などである。第2世代のピーク・オイル論者は、経済成長のスピードよりも国家債務の成長スピードが速いような状況は不健全であり、こうした政策をいつまでも続けることは不可能であるから、どこかの段階で金融システムに不具合が生じることを懸念している。

金融システムの機能不全として記憶に新しいのは、2008年に起きた「サブプライムローン」に端を発した金融・経済危機である。こうした「外部環境」の劇的な変化は、当然中東地域にも影響を与えた。バブルの様相を呈していたドバイの躍進にブレーキがかかったのも、この金融危機の影響であった。「次の金融危機」が本当に起きるとしたら、中東の域内秩序は今以上に揺さぶられることになる。特に懸念されるのは、産油国への影響である。

サウジアラビアは、石油収入に頼った社会設計からの脱却を目的として「ビジョン2030」を打ち出している。石油収入にのみ頼った国家運営に限界があることは、これまでも指摘されてきたことであるが、本気で取り組まなくてはいけないような状況になっていることの裏返しでもある。

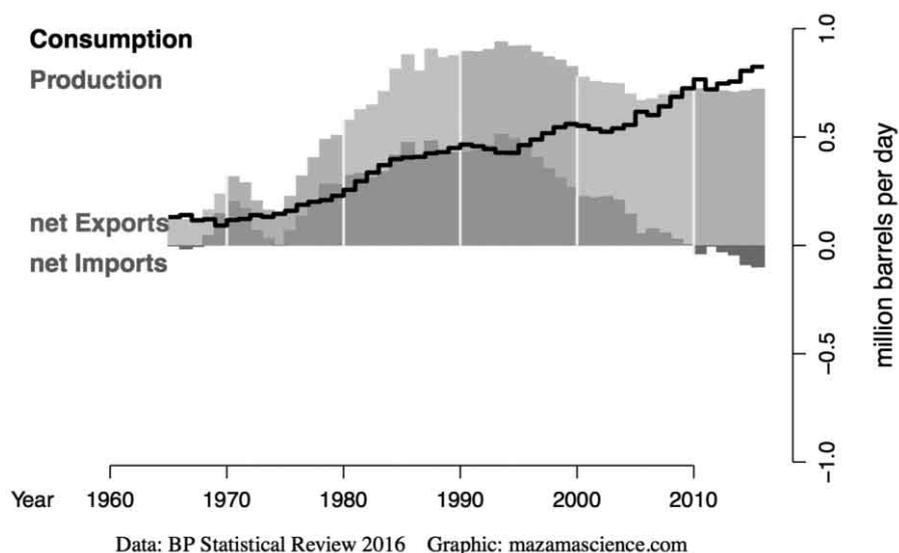
産油国にとっての困難は、原油の産出量がピークを迎えることで一気に加速する。特に、国内人口の増加を伴い、国内での原油消費量が増大することと同時に起こると、輸出余力を一気に失ってしまう。産出ピーク、国内消費量の増加（主な要因は人口増加）、輸出余力の消失という3点セットは、多くの産油国がこれまでも経験したことである。石油収入のみに頼らない社会設計に成功すれば、大きな混乱に巻き込まれずに済むが、経済構造の変革に失敗すると社会は持続可能性を失ってしまう。中東地域で、こうした困難にいち早く直面したのがエジプトである。

図7は、エジプトの原油生産量、消費量、輸出量の推移を示したグラフである。このグラフが示しているように、エジプトにおける原油生産は、1970年代から1990年代にかけて毎年のように産出量を増やしていったが、1990年代に入ると産出量が横ばいとなっている。エジプトの原油生産がピークを迎えたのは、1993年である。それ以降、1993年を上回る生産を記録した年はない。

重要なのは、原油の輸出量である。エジプトの原油輸出量がピークを迎えたのは1996年であるが、注目しなければいけないのはピークを迎えてからの減衰率が著しいという点である。最大量の輸出を誇った1996年以降、輸出量は一気に減り始め、2000年代後半には輸出余力を失い、原油輸入国に転落している。

この原因は、国内での原油消費量の増加である。1つの要因は近代化が進んだことで、1人

図 7 エジプトの原油生産量、消費量、輸出量

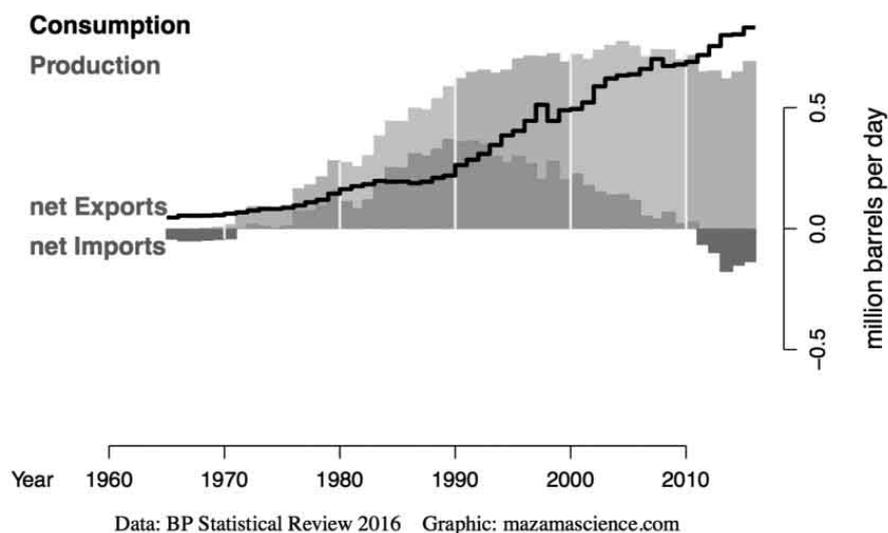


(出所) BP Statistical Review 2016 を基に筆者作成。

あたりの原油消費量が増加したことであるが、決定的な要因は人口の増加である。エジプトにおける爆発的な人口の増加は、若年層の失業率の問題と共に、原油輸出国から原油輸入国への転落というもう1つの重要な変化をエジプト社会に突きつけた。

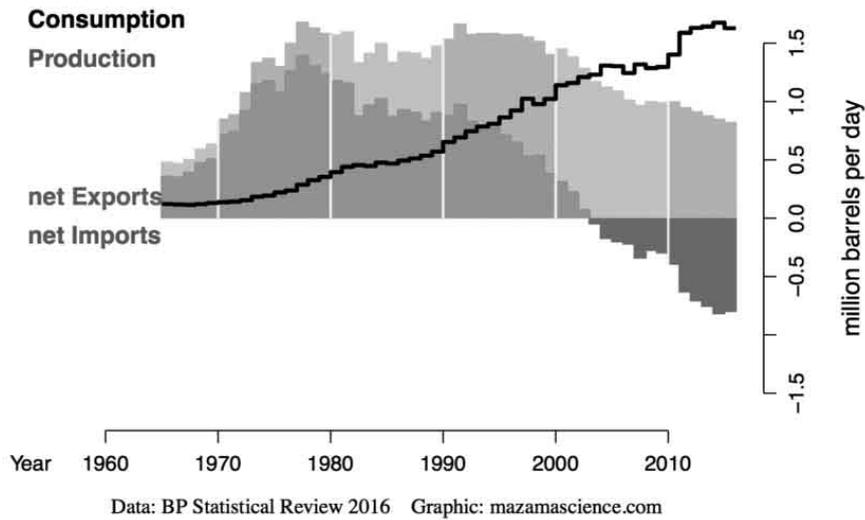
同様の構造的な変化を経験する産油国は多い。図 8 はマレーシア、図 9 はインドネシアの状況を示したものであるが、両国とも似た変化を経験していることがわかる。両国ともすでに原油の輸出収入に頼れない状況にあり、経済運営に失敗すると、その社会的影響は大きい。

図 8 マレーシアの原油生産量、消費量、輸出量



(出所) BP Statistical Review 2016 を基に筆者作成。

図9 インドネシアの原油生産量、消費量、輸出量

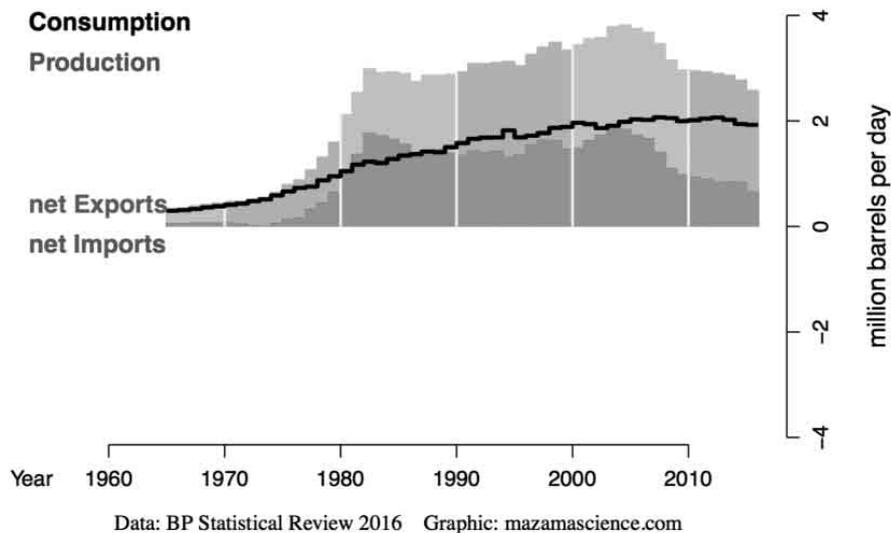


(出所) BP Statistical Review 2016 を基に筆者作成。

このような視点は、産油国の社会情勢の変化を分析するにあたって有用である。どの産油国も、基本的には似たようなエネルギー環境をめぐる構造的変化を経験することを踏まえるならば、現在のところ原油の輸入国には転落していないものの、近い将来同様の状況に直面する可能性のある国家を洗い出すことができる。

たとえば、図10が示すメキシコの事例である。メキシコには、世界有数の巨大油田であるカンタレル油田がある。メキシコの原油生産は、2000年代中頃にピークを迎えており、現在は減

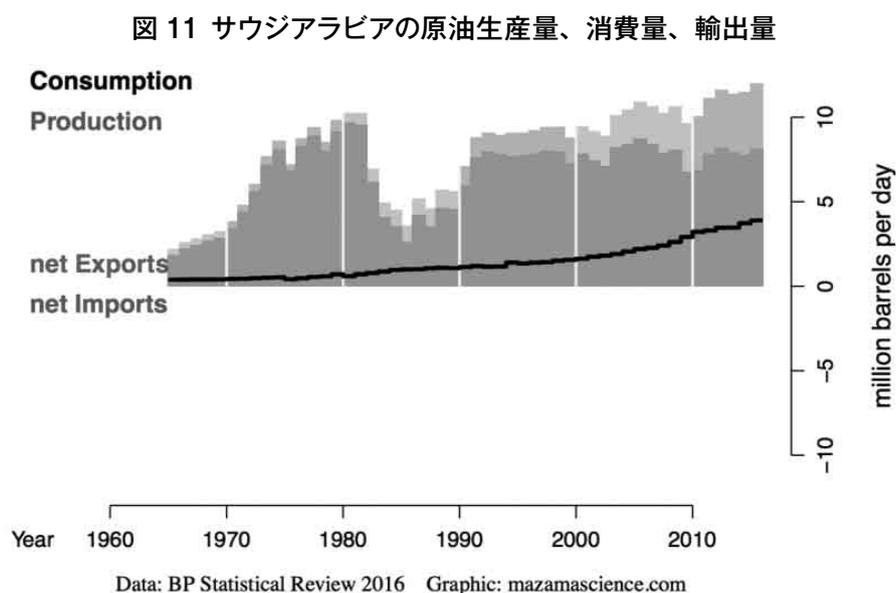
図10 メキシコの原油生産量、消費量、輸出量



(出所) BP Statistical Review 2016 を基に筆者作成。

衰期に入っている。メキシコの原油輸出量のピークは2003年の日量179万バレルであったが、7年後の2010年には約半分の日量90万バレルにまで落ち込んでいる。

「ビジョン2030」を打ち出したサウジアラビアの状況については、図11が示す通りである。サウジアラビアの場合は、まだ原油生産のピークに達していない。生産量を増やす余力は今後もあると言われているが、いつまでも増やし続けることはできない。世界最大のガワール油田を抱えるサウジアラビアであっても、その他の世界中の油田が例外なく経験してきたように、いつかは原油生産のピークを迎えることになる。



(出所) BP Statistical Review 2016 を基に筆者作成。

他方、サウジアラビアでは、人口増加に加え、火力発電による電力供給を行っていることもあり(海水を淡水化するプロセスに電力は不可欠であり、飲料水を確保するために電力を必要としているという国内事情もある)、原油の国内消費量が増加傾向にある。社会システムの大部分を原油収入に頼っているサウジアラビアにとっては、現状でもすでに大きな圧力を受けている。

原油生産が(おそらくそう遠くない将来に)ピークを迎えることを防ぐことはできないし、人口が増加する社会で原油の国内消費を抑えることも難しい。補助金を削減してエネルギー価格を引き上げれば、節約を促すことができるかもしれないが、安いエネルギーに慣れてきた国民にとっては不満の種になるだろう。

油価も国家財政に大きな影響を与える。サウジアラビアの油田の採掘コストは安いとはいえ、国家財政を原油輸出収入が支えている状況にあっては、油価が安すぎるとは財政が成り立たない。油価がいくらなのかも重要であるが、ある程度油価が安定していることも、国家運営の観点から必要なことである。現在のように、油価が安定せず、簡単に変動してしまうような状況は、国

家の安定にとってはマイナス要因となり得る。

現状でも十分な圧力に直面している中、「外部環境」の変化として金融システムにダメージが起きると、「アラブの春」以降も比較的安定していた産油国の政情が不安定化する可能性がある。イタリアのモンテ・デイ・パスキ・デイ・シエナ銀行やドイツのドイツ銀行など、ヨーロッパのいくつかの銀行が名指しで「経営危機」を指摘されているし、ギリシャの「国家債務危機」も本質的には何も解決をしていない。中東の域内秩序をめぐる展望は、引き続き厳しいと言わざるを得ない。

おわりに——ポスト・イージーオイル時代のエネルギー安全保障

産油国で、原油生産のピークが訪れ、国内需要が増加することに伴って、輸出余力が徐々に失われていくというモデル（Export Land Model として知られている）は、産油国自身に影響を与えると同時に、日本のような原油輸入国にとっても懸念すべき問題である。本稿で検討したように、EROI 概念を使いながら在来型油田と非在来型油田の特徴を見ていくと、非在来型資源に過度な期待はできないことが見えてくる。ポスト・イージーオイル時代では、尚更、残存するイージーオイルの重要性が増してくる。

厄介なことに、われわれがアクセスできるイージーオイルの量は限られているうえに、こうした油田は偏在しており、ほとんどは中東地域に集中している。リビアやイラクのように、「地下の論理」としては十分なポテンシャルがありながら「地上の論理」が原油生産を難しくしているケースもある。

日本にとって最大の原油輸入先はサウジアラビアであるが、「産油国」としてのサウジアラビアは経済構造の変革に本気で取り組まざるを得ないほどの圧力を受けている。サウジアラビアの安定は、エネルギー安全保障の観点から極めて重要であるが、安定を脅かす要因に事欠かない。

日本にとって、サウジアラビアに次ぐ原油の輸入先はアラブ首長国連邦（UAE）である。当然、日本以外の各国も原油へのアクセスを求めて UAE に積極的に働きかけている。油田開発の現場からは、中国の存在感の大きさを聞くことが多い。日本の自主開発油田については、政府目標として40%を掲げているものの、現状では20%に満たない状況である。イージーなオイルが急激に減少していくような現状では、投資のリスクもそれだけ大きくなることを意味する。市場や民間だけでは、対応が難しい案件が増える中、政府による政策的対応も求められるだろう。いずれにせよ、貴重なイージーオイルへのアクセスをいかに維持していくか、真剣に取り組んでいく必要がある。

原油を安定的に供給していくためには、投資環境を保持し、継続的な投資が続けられる必要がある。一般的に、油田開発から生産までには6～7年程度の時間が必要だと言われている。投資が滞ると、中長期的な原油供給に問題を生じさせる。

この点でも、「イージー」な原油が少なくなっていることは逆風となっている。原油の採掘コストの上昇は、石油企業の業績を圧迫している。儲けを出しにくい状況は、こうした企業への投資資金を遠ざけてしまう。ポスト・イージーオイル時代では、あらゆる局面で原油への安定的なアクセスが困難になっていく。自国でエネルギーを自給することができない資源輸入国としては、お金さえ出せばいつでも手に入るという「市場物資」としてのみ原油を捉えないようにしなければならない。

原油供給先として、引き続き中東地域は重要である。他方、「アラブの春」以降、この地域は極めて不安定な状況にある。比較的政情が安定していた産油国であっても、この先楽観視はできない。産油国も含む形で域内秩序が失われるような状況を、なんとしても避けなくてはならない。

— 注 —

- 1 Leggett, Jeremy, *Half Gone: Oil, Gas, Hot Air and the Global Energy Crisis*, new edition, Portobello Books, 2006 (益岡賢他訳『ピーク・オイル・パニック：迫る石油危機と代替エネルギーの可能性』作品社、2006年、87頁)。
- 2 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。
- 3 “eroei.net,” [http://eroei.net], accessed on January 3, 2017; 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)。
- 4 Cobb, Kurt, “The Net Energy Cliff,” *Energy Bulletin*, [http://www.energybulletin.net/node/46579], accessed on January 3, 2017.
- 5 2014年に住友商事が、アメリカのシェールオイル関連の投資で2,400億円あまりの損失を被ったことは記憶に新しい。
- 6 Roberts, Gareth, “The Resource Triangle,” (Power Point Slides presented at Net Energy Analysis Workshop on April 1, 2015 at Stanford University) PDF file available at [http://gcep.stanford.edu/pdfs/events/workshops/Roberts_The%20Resource%20Triangle%20April%202015.pdf] accessed on Dec. 29, 2016.
- 7 Ibid.
- 8 たとえば、外交評議会 (Council on Foreign Relations) の報告会における、国際エネルギー機関チーフエコノミストのピロル (Fatih Birol) の見解を参照されたい。IEA, “World Energy Outlook 2014,” *Council on Foreign Relations*, November 25, 2014, [http://www.cfr.org/energy-and-environment/world-energy-outlook-2014/p35793] accessed on December 29, 2016.
- 9 ピーク・オイル論の概説と内容の検討および国際社会への影響については、以下の文献を参照されたい。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。
- 10 たとえば、以下のような文献が挙げられる。Korowicz, David, *Trade-Off: Financial System Supply-Chain Cross-Contagion: A Study in Global Systemic Collapse*, revised version, Metis Risk Consulting & Feasta, 2012; Orlov, Dmitry, *Reinventing Collapse: The Soviet Example and American Prospects*, Now Society Publishers, 2008; Orlov, Dmitry, *The Five Stages of Collapse: A Survivor's Toolkit*, Now Society Publishers, 2013. なお、最後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。