



シェール・ガス革命でも競争力のある 中東産油国の石油の魅力

和光大学 経済経営学部教授
大学院研究科委員長

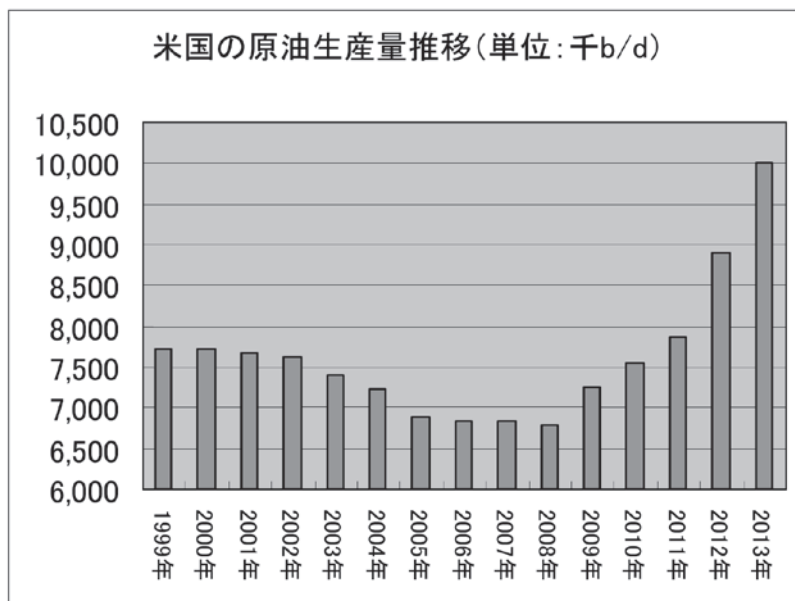
岩間 剛

米国におけるシェール・ガス革命は中東産油国に脅威を与えるのか？

21世紀に入り、米国を震源地とするシェール・ガス革命は、シェール・ガス開発に利用される水平掘削、水圧破碎の技術を応用して、シェール・オイルの開発に拡大し、世界の資源エネルギー地図を大きく塗り替えるという見方をして、いるエネルギー専門家も多い。米国においては、2008年を底にして、米国国内の原油生産量は、急速に増加している（図表1）。

2008年の原油価格高騰時には、陰鬱な（Dismal）オイルピーク論が、米国の名門投資銀行により喧伝され、米国国内の原油生産量は1970年をピークに減退の一途を辿り、原油価格は天文学的に高騰するとされていた。実際に、1970年に1,000万b/dの原油生産量を誇っていた米国は、2008年には原油（Crude Oil）の生産量は500万b/dまで減少し、米国の石油資源の枯渇は近いと考えるエネルギー専門家も多かった。しかし、21世紀初頭から、チェサピークをはじめ

（図表1）米国の原油生産量（単位：千b/d）



出所：BP 統計2014年6月

めとした米国の中堅石油企業は、在来型の油田で既に利用されていた水平掘削（Horizontal Well）、水圧破碎（Fracturing）、マイクロセンシング（高圧の水を硬い岩盤にぶつけた際の振動波をコンピューターで解析する技術）を精緻に組み合わせて、在来型の石油の貯留層と比較して1万分の1しか水の浸透率がなく、井戸を掘削しても自噴しない石油・天然ガス生成の根源岩（Source Rock）である頁岩（けつがん）から、シェール・ガスを経済的に採取することに成功した。そのため、米国においては、2005年頃から天然ガス生産量が急速に増加している（図表2）。それに伴って、米国のシェール・オイルの生産量も増加し、2012年、2013年と世界で一番原油生産量を増加させた国は米国である。

米国においては、天然ガス生産量の増加とともに、米国のヘンリー・ハブ渡しの天然ガス価格が、急速に下落した。21世紀初頭には、米国における天然ガス価格は、百万Btu（ブリティッシュ熱量単位）当たり10ドル～15ドル（石油

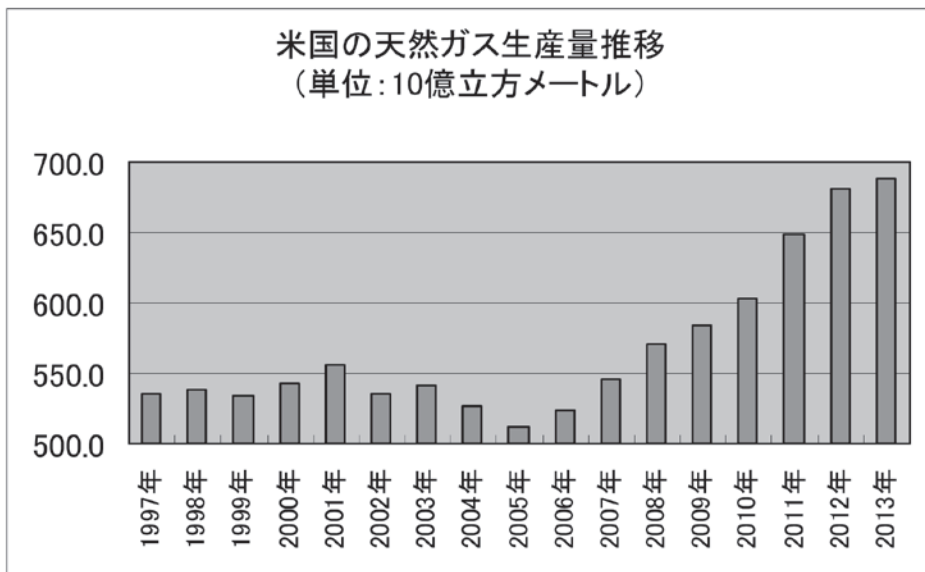
筆者紹介

1981年東京大学法学部卒業，東京銀行（現三菱東京UFJ銀行）入行，東京銀行本店営業第2部部長代理（エネルギー融資，経済産業省担当），東京三菱銀行本店産業調査部部長代理（エネルギー調査担当）。出向：石油公団（現石油天然ガス・金属鉱物資源機構）企画調査部（資源エネルギー・チーフ・エコノミスト），日本格付研究所（チーフ・アナリスト：ソプリン，資源エネルギー担当）。2003年から和光大学経済経営学部教授（資源エネルギー論，マクロ経済学，ミクロ経済学）。東京大学工学部非常勤講師（金融工学，資源開発プロジェクト・ファイナンス論），三菱UFJリサーチ・コンサルティング客員主任研究員，石油技術協会資源経済委員会委員長。

* 著書「資源開発プロジェクトの経済工学と環境問題」，「ガソリン本当の値段」，「石油がわかれば世界が読める」，その他，新聞，雑誌等への寄稿，テレビ，ラジオ出演多数

換算1バレル90ドル）と熱量換算で，原油価格と天然ガス価格に大きな差はなかった。ところが，シェール・ガス革命が本格化すると，米国の天然ガス価格は，百万Btu当たり3ドル（石油換算1バレル18ドル）まで下落し，北海ブレント原油価格が，2014年8月時点において1バレル108ドルであることと比較して5倍もの価

（図表2）米国の天然ガス生産量（単位：10億立方メートル）

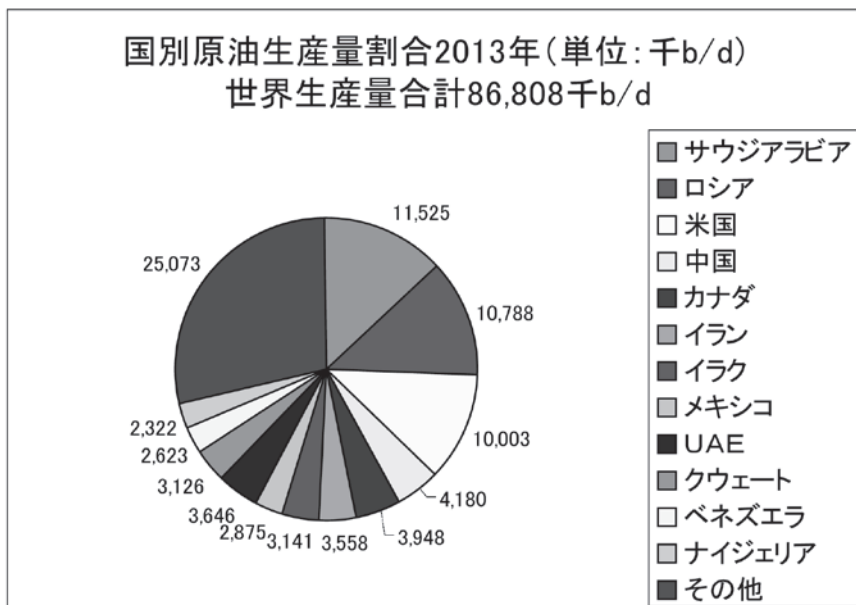


出所：BP 統計2014年6月

格差が発生した。ここまで、米国における天然ガス価格が安価となると、米国国内における天然ガス・ビジネスで大きな利益を挙げることができず、シェール・ガス開発の技術を用いて、

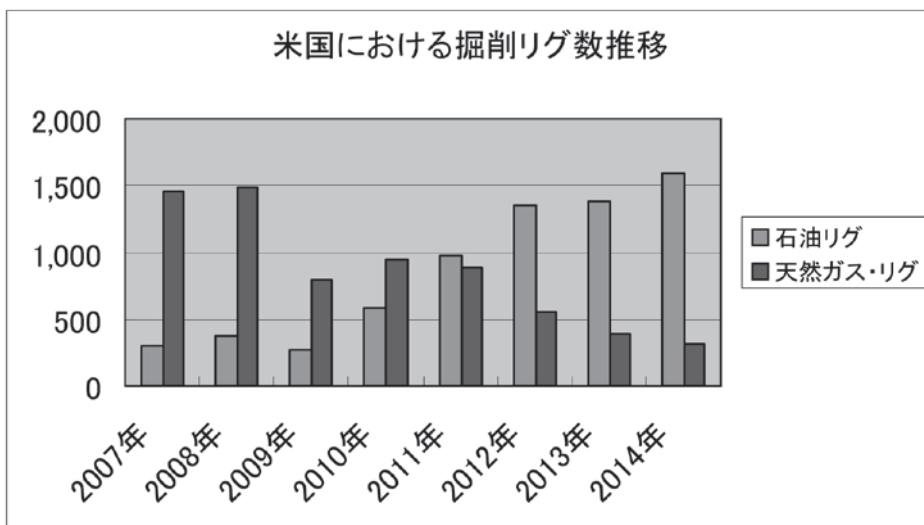
割高なシェール・オイル狙いの開発が行われるようになる。米国国内には約1,900基のリグ（油田掘削装置）があるが、2014年8月8日時点において、石油狙いが1,588基、天然ガス狙いが316

(図表3) 国別原油生産量 (単位: 千 b/d)



出所: BP 統計2014年6月

(図表4) 米国における稼働リグ数



出所: ベーカー・ヒューズ統計

基と、割高な石油開発を目的としたリグが8割以上を占め、シェール・オイルを狙ったリグ数が、シェール・ガスを狙ったリグ数を追い抜いて、シェール・オイル開発を目的に利用されるようになっている。もちろん、シェール・オイルの開発を行っても、シェール・オイルに随伴してシェール・ガスが生産されるために、米国の天然ガス生産量も増加している。そのため、米国は有力な産油国となり、IEA（国際エネルギー機関）は、2015年に米国がサウジアラビアを抜いて、世界最大の原油生産国となるとしている（図表3）、（図表4）。既に、石油と天然ガスの合計生産量においては、米国はロシア、サウジアラビアを抜いて、世界最大の化石燃料生産国となっている。

シェール・オイルの生産増でも変わらぬ中東産油国の国際的地位

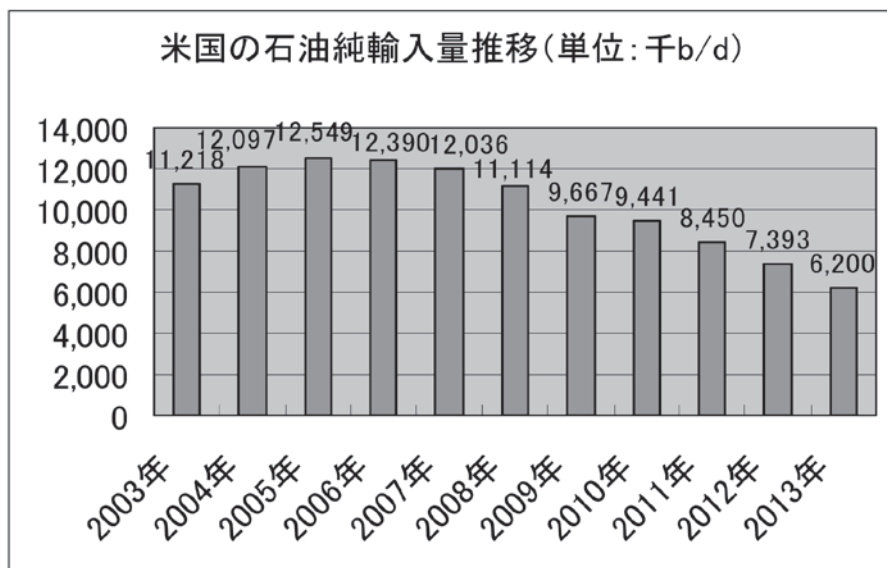
米国が、世界最大の原油生産国となると、国際エネルギー情勢に大きな影響を与える。第1に世界最大の石油消費国である米国の石油輸入

量が減少し、米国経済を悩ませてきた貿易収支の改善につながることである。実際に、米国の石油純輸入量は、大幅な減少傾向にある（図表5）。

第2に米国の中東産原油への依存度が低下し、それに伴って、米国が中東の安全保障への巨額の軍事費を投入する必要が減少し、財政赤字の削減につながる。実際に、米国の議会および国内世論においても、シェール・ガス革命により、米国国内におけるエネルギー需給緩和が進み、巨額の軍事費投入と米軍兵士を中東に派遣することへの消極的な意見が強まっている。最近の米国オバマ政権の、中東地域における安全保障への関心の低下とシェール・ガス革命は無関係ではない。

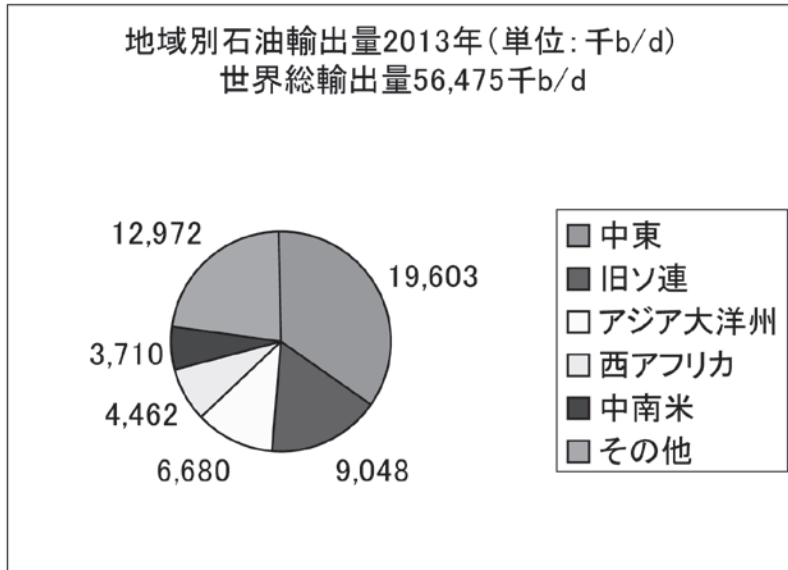
第3に米国におけるシェール・オイルの生産量の増加によって、国際石油情勢における中東の相対的な地位が低下し、世界的な石油を取り巻くパワー・バランスに変化が発生するという見方である。確かに、米国の石油純輸入量は、減少傾向にあり、シェール・オイルを原料とした軽油、重油をはじめとした石油製品の中南米

（図表5）米国の石油純輸入量（単位：千b/d）



出所：米国エネルギー省エネルギー情報局統計

(図表6) 地域別石油輸出量 (単位: 千b/d)



出所: BP 統計2014年6月

への輸出が増加し、石油および石油製品の貿易赤字は縮小傾向にある。しかし、シェール・オイルが、中東産原油の国際的な地位にとって大きな脅威となるかという点必ずしもそうとはいえないと筆者は考えている。なぜならば、米国の原油生産量は、NGL（天然ガス液）を含めて1,000万b/dを超える水準に達しているといっても、米国の石油消費量は、2013年時点において1,888.7万b/dと、ネット・ポジションで石油の純輸入国であり、将来的にも米国のシェール・オイルを大量に海外に輸出して、中東の石油輸出シェアを低下させ、国際石油情勢における中東産油国の地位を低下させることにはつながらないからである。2013年時点においても、世界の石油供給の主役は中東地域であることに変化はまったくない（図表6）。

中東の在来型石油の大きな魅力

米国経済は、テキサス州をはじめとしてシェール・ガス革命が活況を呈している。米国の原油生産量も大きく増加している。にもかかわ

らず、2014年に入ってから、国際原油価格がイラクの内政の混乱、イスラエルによるガザ地区への陸上戦をはじめとした中東情勢によって左右される状況に基本的に変化はない（図表7）。

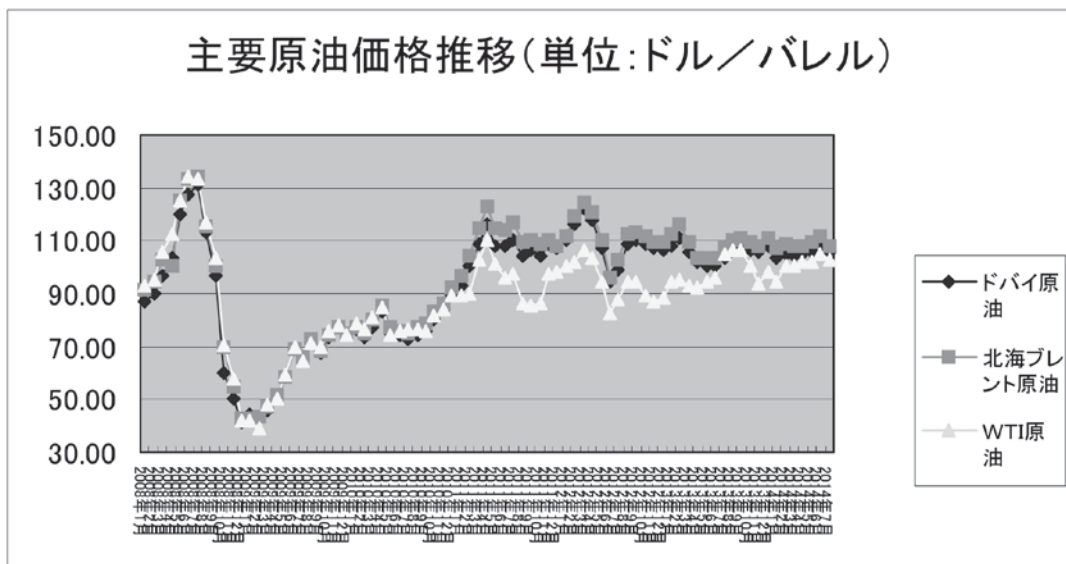
その理由は、第1にまとまった量の原油を石油需要の伸びが著しいアジア大洋州に供給できる地域は、中東産油国だけだからである。世界の石油輸出量の34.7%（BP統計2014年6月）は、中東地域が占めている。これに代替できる産油地域は他にはない。確かにエネルギー専門家の予想を上回るペースで米国のシェール・オイルの生産量が増加しているといっても、2013年年末時点において332万b/d程度とサウジアラビアの原油生産量と比較すれば3割に過ぎない。現状においては、米国におけるシェール・オイルの生産量は、国際エネルギー市場に、石油面で影響を与える状況にはなっていない。そのため、中東産油国の政治的・経済的な安定性が、国際原油価格に大きな影響を与える。特に、世界最大の原油輸出余力を持つサウジアラビアの

安定的な原油生産は、国際石油情勢の安定に大きく寄与している（図表8）。

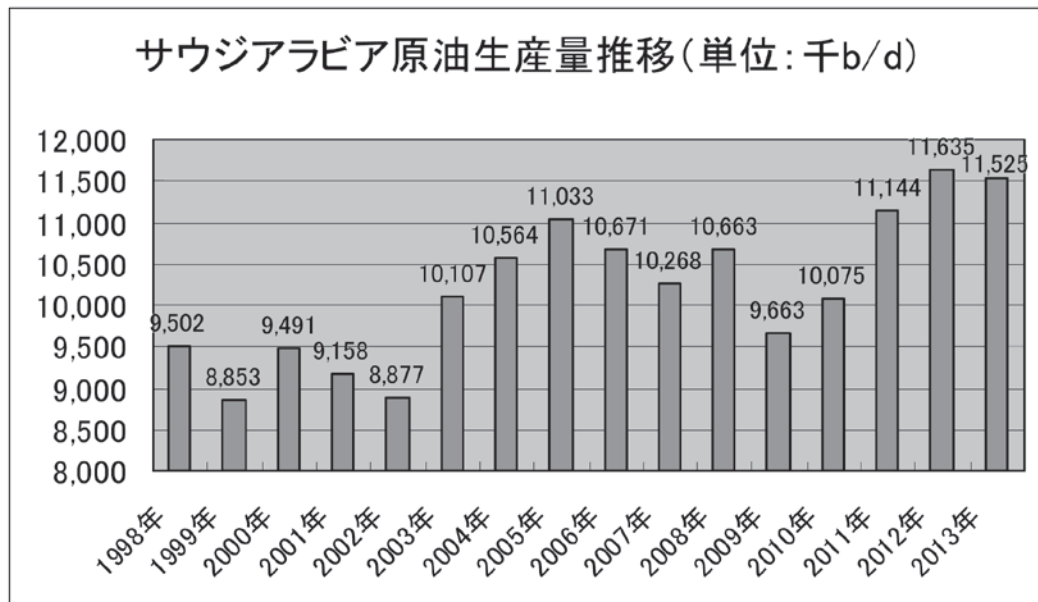
第2にシェール・オイルの生産量が増加しているといっても、シェール・オイルの生産コス

トは、1バレル当たり30ドル～60ドルに達し、中東産油国の原油生産コストである1バレル当たり4ドル～10ドルとは比較にならないほど高い。1つの油田の原油埋蔵量が多く、自噴する

（図表7）主要原油価格（単位：ドル/バレル）

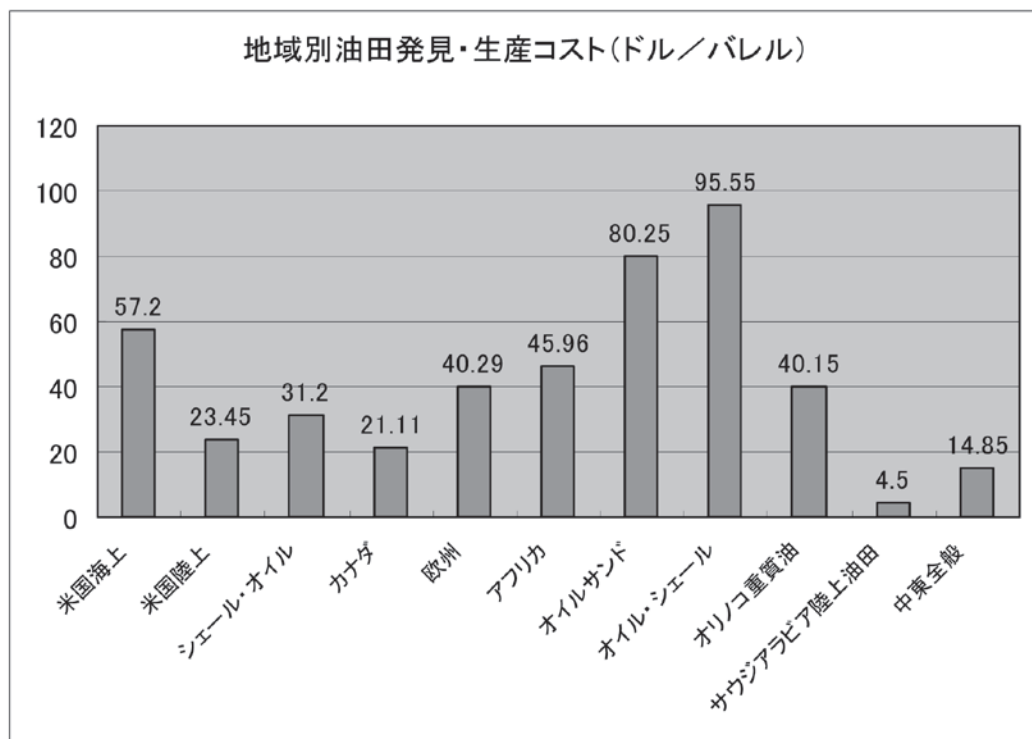


（図表8）サウジアラビアの原油生産量（単位：千b/d）



出所：BP 統計2014年6月

(図表9) 油田別生産コスト比較 (単位: ドル/バレル)



出所: 各種専門機関の推定をもとに筆者作成

サウジアラビアの油田の生産コストは、1バレル4ドル程度に過ぎない。米国においては、米国メキシコ湾深海部油田の原油生産量も増加しているが、水深2,000メートル~3,000メートルの海底を掘削する深海部油田の原油生産コストも1バレル当たり60ドルに達する(図表9)。

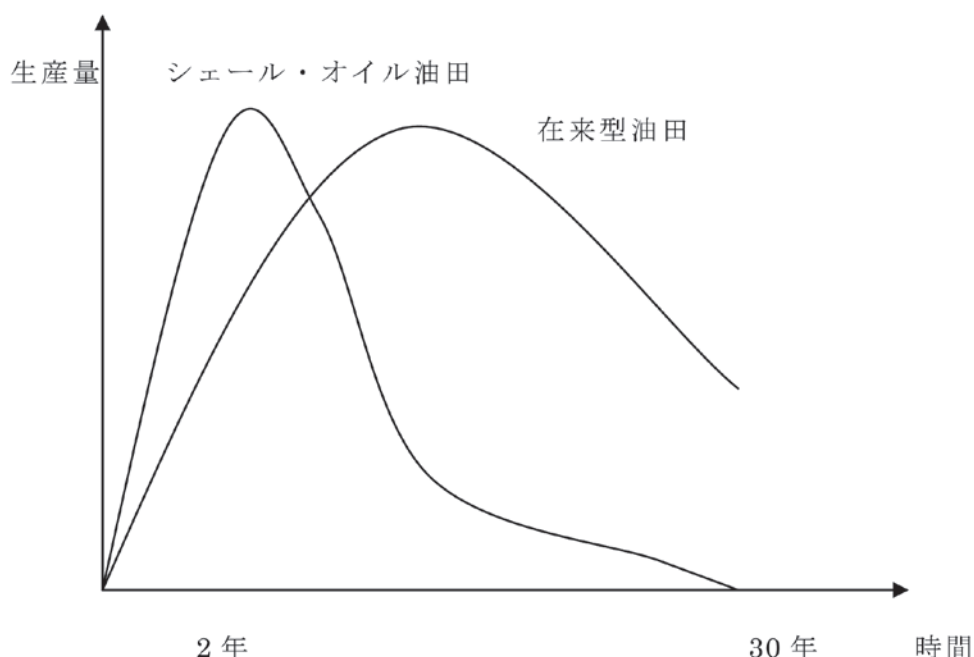
エネルギー専門家である筆者から見れば、米国のシェール・オイルの成功は、原油価格が1バレル100ドルを超える原油価格の上昇があったからこそ実現したものであって、1990年代のように原油価格が1バレル18ドルの時代には、シェール・オイルの開発は、技術的に不可能であったといえる。中東の多くの新規陸上油田のように、井戸を掘削すれば、地下の圧力によって石油が自噴し、ランニング・コストが極めて安価な在来型油田と、大量の水を注入し、硬い岩盤に割れ目を作って、水と一緒に石油を人工

的に追い出す(フロー・バック)する、複雑な生産作業を必要とするシェール・オイルでは、生産コスト競争力で、中東産油国の油田に圧倒的な競争力がある。

21世紀の現在も一番優れたエネルギーは中東産油国の石油

第3に在来型油田の場合には、サウジアラビアの世界最大であるガワール油田のように、1951年の原油生産開始以来、半世紀以上にわたって世界に原油を安定的に供給しているが、シェール・オイル油田の場合には、生産開始から2年程度で原油生産量がピークに達し、生産量を維持するためには、常に新規のシェール・オイル油田の掘削を行わなければならないというシームレス・パイプライン資源と掘削リグ作業の浪費が発生する。在来型油田とシェール・オ

(図表10) 在来型油田と非在来型油田の生産プロファイル



イル油田の生産プロファイルは、石油工学的に見て、大きく異なる（図表10）。

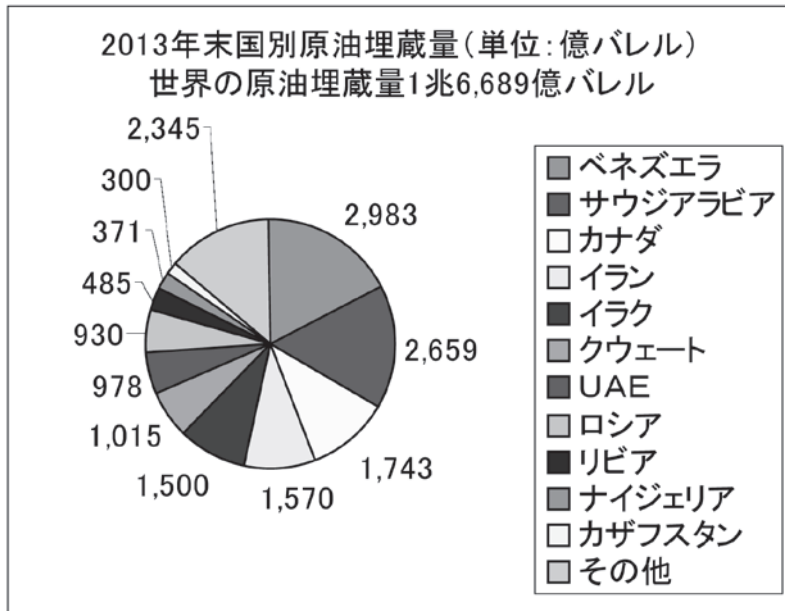
こうした生産プロファイルの大きな違いから、米国におけるシェール・オイルの活況は一過性のものであり、一種のシェール・オイル・バブルが発生しているという考えを持つエネルギー専門家も多い。それに対して、中東産油国の在来型の油田は、生産期間が20年～30年を超える長期にわたり、かつ生産量も安定している。

第4に原油の賦存状態の違いによる埋蔵量評価の優位性である。中東産油国の在来型油田の場合には、現在の石油工学の通説である有機体説に立てば、プランクトンの死骸、藻の堆積が、根源岩において数千万年から数億年にわたって、地下の高温・高圧で化学的に炭化水素に変成し、それが粗い砂岩から構成された貯留岩に長い年月をかけて移動し、蓄えられた炭素と水素の化合物である。そのため、石油工学の進歩による地震探査、評価井（Appraisal Well）の掘削等によって、貯留岩の構造、経済的可採埋

蔵量の評価が正確に行える。つまり、油田開発プロジェクトの投資総額、究極可採埋蔵量の評価、プロジェクトの利益総額の評価が、かなりの確率で可能であり、金融機関による油田開発プロジェクトへのファイナンスが容易である。しかし、シェール・オイルが存在する頁岩は、水の浸透率が極めて低い岩盤構造（Formation）であって、評価井（Appraisal Well）による経済的可採埋蔵量の正確な評価ができず、あくまで頁岩に含まれる有機体の総量の推定に限定され、実際に井戸を掘削し、最終的にシェール・オイルの生産が完了した段階で、井戸の究極可採埋蔵量と経済性の評価が可能となるという不確実性が大きく存在する。その意味において、シェール・オイル油田の開発は、中東産油国の在来型油田の開発と比較して、リスクが極めて大きい。

第5に生産コストの安価な在来型油田の確認可採取埋蔵量の大部分が、中東産油国に集中している（図表11）。

(図表11) 国別原油埋蔵量 (単位：億バレル)



出所：BP 統計2014年6月

2013年末時点においては、ベネズエラ、カナダも巨大な原油埋蔵量を誇っているが、これはベネズエラのオリノコ・タール、カナダのオイル・サンドという超重質油が、原油価格の上昇によって、経済的な埋蔵量として評価されるようになっただけであって、2年前まではカナダのオイル・サンドは、経済的な原油埋蔵量としては評価されていなかった。超重質油は、コール・タールのように粘性が強く、中東産油国の在来型油田のように自噴せず、大量のエネルギー投入による熱水の注入による流動化、改質によるガソリンをはじめとした軽質な石油製品への複雑な精製プロセスを必要とする。資源エネルギーの経済性、有効利用にとって、一番重要なことは、100のエネルギーを産出するのに、どれだけのエネルギー投入が必要かである。得られたエネルギー量を、そのエネルギーを取り出すために投入したエネルギー量(設備の建設、オペレーション、メンテナンス、設備の廃棄も含んだライフ・サイクルで見たエネルギー投入

(図表12) エネルギー投入・産出比率

エネルギー源	産出・投入比率
中東在来型石油	100倍
中東在来型天然ガス	100倍
石炭	30倍
シェール・オイル	30倍
原子力	20倍
風力発電	10倍
地熱発電	7倍
太陽光発電	5倍
オイル・サンド	5倍

出所：各種専門機関の予測をもとに筆者作成

量の合計)で割った数値を投入・産出比率と呼び、投入・産出比率が1を下回った場合には、得られるエネルギー以上のエネルギー投入を行っているため、そのエネルギー開発プロジェクトそのものの意味がない。逆に、投入・産出比率が大きいほど、エネルギーとして優れた性質

を持っているといえる。中東産油国の在来型油田の場合には、新規油田において井戸を掘削して原油が自噴する場合には、1のエネルギー投入によって、100のエネルギーを産出できる。つまり、投入・産出比率は100である。もちろん、生産開始から50年を超えるガワール油田のような老朽化した油田の場合には、水攻法という水圧入による原油回収率の向上（EOR）を行っているものの、それでも投入・産出比率は30～50に達する。それに対して、カナダのオイル・サンドの場合には、1のエネルギー投入によって、5のエネルギーしか手に入れられない。つまり、投入・産出比率は5に過ぎない（図表12）。

地球環境保護の観点から、再生可能エネル

ギーの普及が行われているが、太陽光発電をはじめとした再生可能エネルギーも、投入・産出比率は優れておらず、エネルギー採取のために多くのエネルギー投入を必要とする。つまり、21世紀の現在も、資源エネルギー経済学において、一番優れたエネルギーは、中東産油国の石油に他ならない。一番少ないエネルギー投入によって、最大のエネルギーを採取することが可能であり、さらに経済性をもっとも優れている。その意味で、世界経済が減速し、原油価格が低迷した場合においても、世界に安定的にエネルギーを供給できるのは、中東産油国の石油だけであり、そこに中東の在来型石油の大きな魅力が、今も確固として存在するのである。