

世界のエネルギー情勢の長期展望

ーシェール革命を超えてー

岡本 博之

名古屋市立大学 22 世紀研究所特任教授

1. はじめに

本論文のテーマは、超長期的に世界のエネルギー情勢がどうなるかを大局的に論じることである。特にシェール革命に焦点を当て、シェール革命がエネルギー情勢全般に今後長期的にどのような影響を与えるかを論じたい。後述するようにシェール革命は原油価格の低下をもたらしただけでなく、米国を中心とする国際関係に影響を与えつつある。

昨年(2015年)に何がエネルギー業界では起こったであろうか。まず、昨年に従来からの最大の問題である地球温暖化問題が COP21 (パリ会議) で一定の成果を得られたことである。次にシェール革命が主たる原因と考えられる原油価格が暴落したこと、それに伴ってシェール革命のインパクトが今後も続くのかどうか論じられたことである。さらに過去10年以上にわたって世界経済を牽引し、その結果エネルギー需要を大幅に増大させてきた中国経済が減速し、そのため中国のエネルギー需要の伸びが低くなったこと、およびこの低落傾向が今後も続くかどうか最大の課題になった。これら昨年に起きたことが今後長期的にエネルギー情勢にどのような影響を与えるかを論じたい。

2. 地球温暖化対策と化石燃料

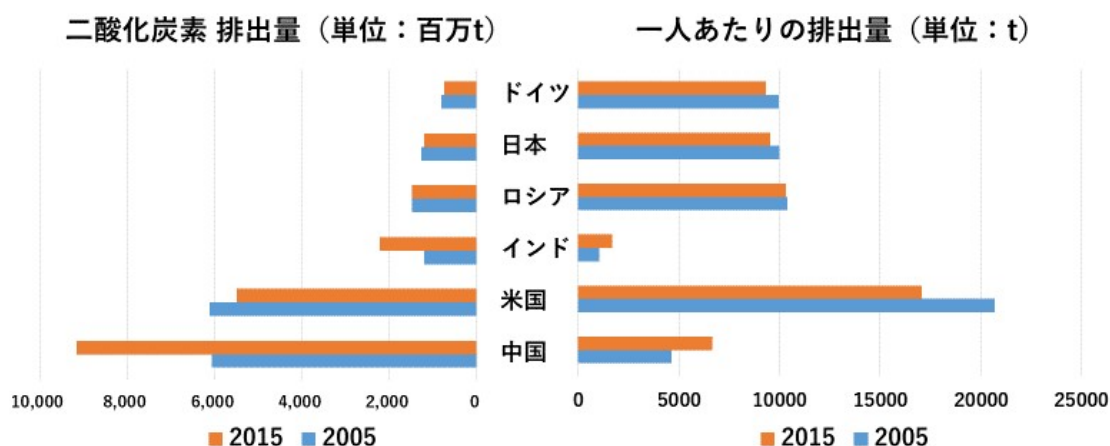
(1) 気候変動枠組条約と COP21

2015 年末パリで開催された「第 21 回気候変動枠組条約締約国会議」(COP21) では、地球温暖化に対する対策に大きな前進があった。1997 年に京都で COP3 が開催された。その後、18 年が経過し、COP21 (21st Session of the Conference of the Parties) がパリで開催されたのである。この間にも地球温暖化が進んでいると IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)は報告している。その主たる原因は二酸化炭素を中心とする地球温暖化ガスだといわれているので、このまま放っておくと産業革命以降の地球がだんだん温暖化して、1 世紀間に、2℃、3℃まで到達されると予想される。せめて今世紀末に 1.5℃までに抑えるということで世界が合意したということである¹⁾。

現状がどうなっているかという、特徴的なことは、図 1 の左側のグラフが示すように、

中国の二酸化炭素の排出量が非常に大きくなっていることである。問題の中国は、アメリカの約 1.5 倍であり、日本の数倍ということだが、10 年前の 2005 年にはかなり低く、ほぼ米国なみであった。ところが近年の経済の高成長、それに伴うエネルギーの消費でかなり増えてきた。また、CO₂ の排出量の多い石炭を全エネルギー供給の約半分と多く使うことも一因である。しかし、図 1 の右側のグラフが示しているように、一人当たりの排出量はまだ低い。まだ日本の半分ぐらいである。したがって、中国を非難することはできない。日本のように先進国が今まで多くの二酸化炭素の排出をしておいて、今後、中国、インドその他の発展途上国が「二酸化炭素を抑えるべき」と論じるのはおかしいという発展途上国の主張はもっともな理由だと思える。

図 1 主要国の二酸化炭素排出量 2005 vs 2015



出所：Global Note (<http://www.globalnote.jp/>)より筆者作成。ただし、二酸化炭素の排出量はBP統計より石油・ガス・石炭の消費量を国際標準的な換算率で二酸化炭素排出量に換算している。

(2) COP21 パリ協定と化石燃料

COP21 でどのような決定がなされたか。COP3 の京都会議とは違って、厳密なターゲットは求めなかった。その代わり、プレッジ&レビュー方式といわれるそれぞれの国が自分からこうするという削減目標（2030までを目標）を宣言して、それを定期的に分析、点検をしようということである。これはかなり政治的なもので、表 1 が示すようにまず基準年がバラバラである。日本は 2013 年を基準年にして、今後、20 年で 26% の排出量を削減すると宣言した。それに対して、中国は、60-65%削減と高い目標をかかげているが、GDP 1 単位に対しての削減なので、二酸化炭素排出量の絶対量を減らすわけではない。しかしながら、各国とも斬新あるいはかなり大幅な削減幅を宣言している。特に EU は気候

変動に対して非常に先進国であるから、将来のために 40%を目標に減らしていこうということを宣言した。それにもかかわらず、化石燃料から再生可能エネルギーへの移行は容易ではない。京都議定書では、アメリカの離脱、中国・インドなどの発展途上国の不参加という問題点があったが、パリ協定では 196 か国と地域が参加することになった²⁾。

気候温暖化に対する世界各国の関心が高まる一方、排出量を削減するだけでなく、二酸化炭素を回収し、貯蔵する CCS(Carbon Dioxide Capture and Storage)などのイノベーションが期待できる。また、石炭を液化あるいは気化する研究も進んでいる。

表 1 主要国の温室効果ガス削減目標

国名	削減目標年 2030 年	
中国	{GDP 当たりの CO2 排出を} 60~65%削減	2005 年比
EU	40%削減	1990 年比
インド	{GDP 当たりの CO2 排出を} 33~35%削減	2005 年比
日本	26%削減	2013 年比
アメリカ	(2025 年までに) 26~28%削減	2006 年比

出所： 『日本経済新聞』 2015 年 12 月 7 日付

3. シェール革命のインパクト

(1) 原油価格の暴落

昨年の 2016 年にエネルギー業界に何が起こったかということ、何といても顕著なのが原油価格の低落である。原油価格 (WTI 価格)³⁾ がエネルギー業界で *BP Statistical Review of World Energy, June, 2016* (以下 BP 統計と略称) によれば、年平均 2011 年がバレルあたり 95.04 ドル、2012 年が 94.13 ドル、2013 年が 97.99 ドル、2014 年が 93.28 ドルであったが、2015 年は年平均 48.71 ドルと半減したのである。

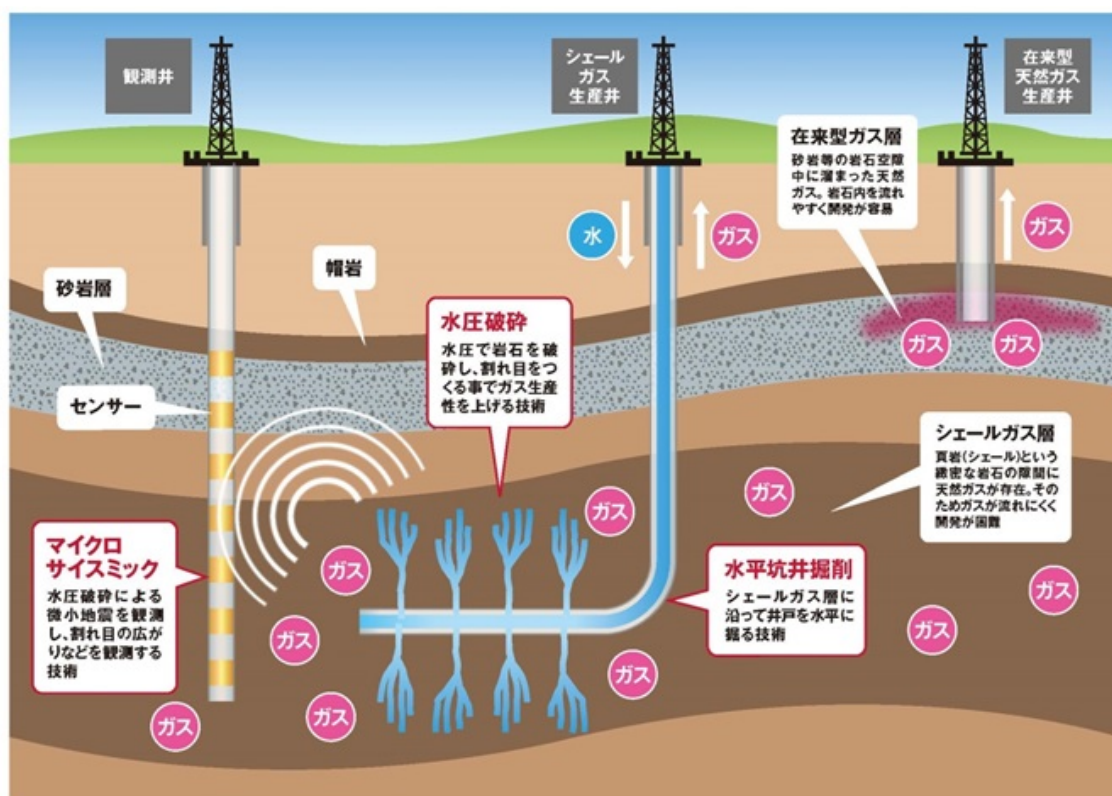
最近の報道によると、2016 年 1~6 月期の日本の貿易収支は、輸出よりも輸入の減少が大きく 1 兆 8142 億円の黒字であった。日本の貿易収支が半年間で東日本大震災直後から 5 年ぶりに黒字になった⁴⁾。その理由は、原子力発電を停止したあと、発電向けの石油・天然ガスが非常に伸びたからである。その価格が非常に高かったのが 2 分の 1 になったことと円高によるものである。シェール革命は、はじめ天然ガス価格の低下となったが、それに平行して、原油価格の低落、それが波及して石炭価格の低下となった。したがって、エネルギー輸入金額の減少はシェール革命がその原因である。

現在の原油価格は市場で決まっている。その代表的市場は WTI 価格であって、いまや原

油は金融商品の一つとなっている。価格を決定する最大の要因は、株価と同じくマクロ経済的要因あるいは需給バランスであって、以下述べるように米国におけるシェールガス・石油の増産による供給過多が原油価格の暴落をもたらした⁵⁾。

シェール革命は、図 2 が示しているように、コンベンショナルという従来型のものは、油層あるいはガス層に一つのパイプラインを垂直に採掘し、油層にあたれば自噴をする。ここから噴き出してくるので、それを採取して石油、天然ガスを採取する。一方、シェールガス、シェール石油はシェール層といわれる頁岩岩石層から採取する。頁岩は一般的には見かけないが、私たちが書道で使う硯は黒く硬い頁岩の一種で、その頁岩に微量に石油あるいは天然ガスが混入されていることは前から知られていた。

図 2 シェール層からの採掘



出所：独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構のホームページ

http://www.jogmec.go.jp/library/recommend_library_10_000102.html, 8/9

(2) シェール層からの採掘の革新性

頁岩のような硬い岩石からシェールガス・石油を採掘する方法は、ほとんど商業的に合わないことだった。そこに 2 つのブレイクスルーが起こった。ハイドロリック・フラクチャリングという水圧粉砕法という方法を使って取り出すことがその 1 つである。水圧粉砕法がかなり危険だということで、ヨーロッパ諸国等では禁止が出ている。アメリカでもかなり世論が反対しているが、地下が 2,000 から 3,000m の深いところなので、ここで人工的に地震を起こしてやっても、影響はないというのが現在の大方の見方である。

もう 1 つのブレイクスルーは水平ドリリングという水平坑法である。水平ドリリングとは水平ということで、普通は石油・天然ガスは 1 本数億円を下ろしてここに当たればいいが、その確率は低い。水平だとかなり広く採掘ができるということで効率が非常に高まる。その結果、ほとんど商業的に不可能といわれた頁岩から天然ガスを取り出す方法がとられた。その代表者が **George Mitchell** という人である。1998 年水圧粉砕法の応用においてシェールガス革命が始まった。**Mitchell** は 2013 年、94 歳で亡くなった。多くの先駆者は不遇な晩年を送るが、彼は 60 歳にして起業をして、シェールガスを独特の方法で取り出した。八十数歳にして晩年で引退をしたが、彼がつくった **Mitchell Energy** 社は 2002 年にデボンエナジー社に 22 億ドルで売却された。デボンエナジー社には「水圧掘削法」に加えて、さらに「水平掘削法」によって、一本の坑井あたりの生産量を大幅に増加することに成功した⁶⁾。

(3) イノベーションと企業家精神の勝利

シェール革命についての見方について説明したい。シェールガス革命は線香花火だという意見が数年前にあった。しかし、今後もこれが続いて、今後の石油・天然ガス情勢に大きな影響を与えるだろう。その理由が、まず「イノベーションと企業家精神の勝利」(**victory of innovation and entrepreneurship**) と言って良いであろう。これは一言にいえばイノベーションの成功例である。かつてシュンペーター(1883-1950)という経済学者が新結合ということで新製品の開発、新生産方式、新販路ということを行ったが、まさに新生産方法がイノベーションである⁷⁾。これが何を意味するかというと、石油・天然ガスは約 150 年の歴史があるが、「大きなイノベーションは起こるはずはない。コンベンショナルなやり方で、それで行き詰まりだ」という通説に対して、まだイノベーションという切り札が新たな時代を築くという可能性が生じたのである。イノベーションは今後、石油・天然ガスの採掘に関して、起こるとも起こらないとも断言できないが、可能性 (**possibility**) としては残っていることを強調したいと思う。さらにシュンペーター理論は、そのイノベーションには資金提供者が必要なこと、またフォロワーという人と応用技術が追随することを力説した。この採算を重視する資金提供者の出現、撤退がシェール石油の増産あるいは

減産に結びついている。また、フォロワーの存在がシェール革命の継続に大きな役割を果たしている。

シェール「革命」と言われるほど、革命であるか否かは後世の歴史家に判断を委ねなければならないが、その革新的な意義が多方面にわたる。まず、ピークオイル説(Peak oil theory)が後退したことである。さらに、シェール革命の果実としてアメリカがエネルギーの自給自足の国になりつつあるということが重要である。アメリカという国をどう見るか。特に G2 という中国対アメリカと比べて、両大国と見る人もいて、その考え方も妥当であるが、アメリカの強みは食糧も自給自足でき、エネルギーも自給自足できることである。中国は食糧も自給できないし、エネルギーもできないという弱みに対して、アメリカはかなり強みを発揮すると思われる。

(4) パックス・アメリカーナの終焉

シェール革命が、歴史的に重要なのがパックス・アメリカーナ(Pax Americana)といわれた戦後 70 年のアメリカの態勢がもう終わるのではないかと思われる点である。その理由は自給自足になってくると、アメリカは中東に対するプレゼンスも弱まってくる。中東から輸入をしなくてもよくなると、中東から撤退する。特に最近のトランプ氏の見方、あるいはオバマ大統領がイランと国交回復をしたことで、ある程度中東についても手を引くことで、Pax Americana の時代が終わるのではないかということまで、シェールガスが影響をしていることを述べたいと思う。

「いまやシェール資源の開発を可能にした水圧破碎法の登場によってアメリカの湾岸石油への直接的依存度も、その戦略的価値も低下し、サウジアラビアや湾岸の小国を外交的に重視するワシントンの路線も形骸化した⁸⁾。」などの論評が米国の外交専門誌に登場している。

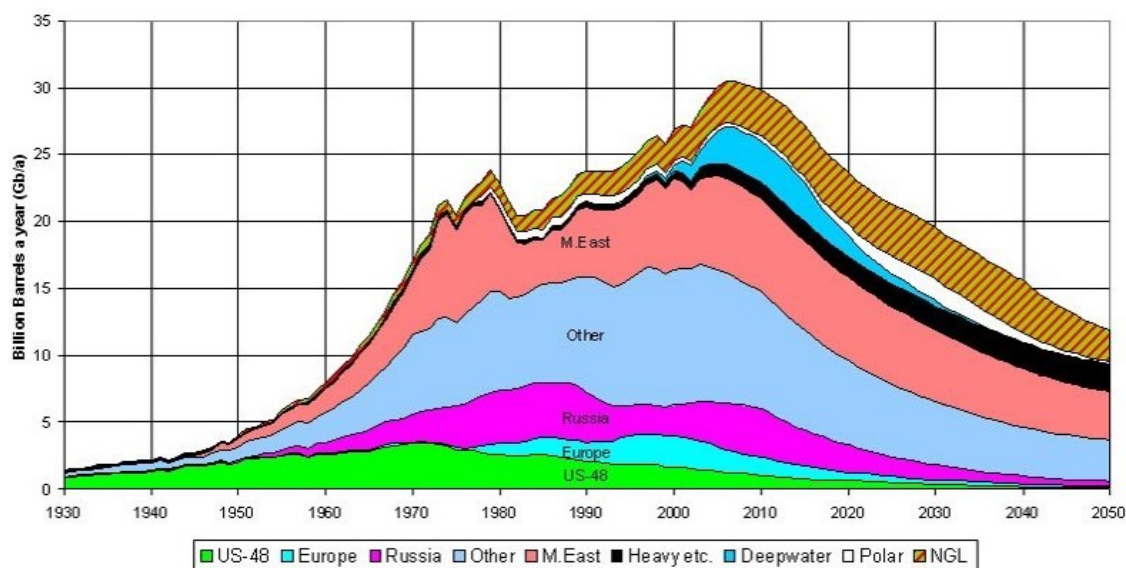
(5) ピークオイル説の後退

ピークオイル説とは何か。地下に眠っている石油・天然ガスは枯渇する。確かに枯渇するが、あるピークオイル説によれば、現在のまま消費が続いて、新規の油田・ガス田が発見されなければ、図 3 が示しているように、2004 年がピークであとはどんどん減っていくとされる。石油の採掘はできるが、中東もヨーロッパ、アメリカもどんどん枯渇してくるから、埋蔵量は減る一方だという説である。

ところがシェールガス、石油がまだまだ発見できることが非常に重い意味を持つてくる。なぜかという、この仮説が原油価格の形成に大きな影響を与えてきたからである。原油価格は 3 年前までは 100 ドル前後だったが、その理由の一つは、石油・天然ガスは枯渇するであろうという説が理論的根拠を与えていた。さらに、この説が原子力発電推進論者や

再生可能エネルギーの普及の理論的な支柱となっていたのである。したがって原油価格の高値止まりに対して、シェール革命によって、それが打ち砕かれたことが大きな意義を持つかと思う。

図 3 ピークオイル説



出典 : The Coming Global Oil Crisis website,

<http://www.oilcrisis.com/campbell/images/2004Scenario.jpg>, 8/22

2015 年末現在、残存年数といわれる可採年数は、石油が 50.7 年、天然ガスが 52.8 年、石炭が 114 年と報告されている。現在ある埋蔵量を毎年の生産量、つまり生産量と消費量はほぼ一致だから、毎年の消費量で割ると、あと何年持つかということで計算をしたので、あと何年持つかと誤解されているが、全確認埋蔵量 (total proved reserves) が今後、一切、発見されなくて 50.7 年ということである。ところが毎年、シェールガス、シェール天然ガスで 1 年分の消費量と同等が採掘されると、50.7 年が来年になると、その 1 年分が増えるので、また 50.7 年になるわけである。

見通しとしては、少なくとも 100 年は持つだろうということである。100 年たてば枯渇するかもしれないが、100 年たてば、冒頭に申したイノベーションが絶対に起こりえる。必要は発明の母というが、枯渇すると分かれば、石油・天然ガス価格が高騰するので、莫大な投資をしても採算が合うから、必ずまた何か新しいブレイクスルーが出現するであろう。

原油価格が 120 ドルしていたものがなぜ下がったのであろうか。これは、米国とサウジ

アラビアの対立といえる。お互いに生産削減を譲らなかったということだ。今まで、どうして 120 ドルという高値が継続されたかという理由の一つは、サウジアラビアを中心とする OPEC が生産調整をしてきた。特にサウジアラビアがスイング・プロデューサーといわれて、原油供給量が非常に余剰になれば、その分だけ自分の国の生産をカットして値崩れを抑える。こういうことをしていたが、自分が生産量を減らしたら、その分だけアメリカが生産をすれば何のことはない、自分のマーケットシェアを減らすことによって、その代わりにアメリカのマーケットシェアを増やすことになることは、いかにもお人よしすぎる。今までサウジアラビアは中東諸国の盟主、OPEC のリーダーということで、かなりお人よしの国だったが、こんなアメリカに利することをやっていられないということで、スイング・プロデューサーの地位を降りて、もう自由に生産することになって、OPEC が決裂したことが、価格が下がった最大の理由である。

その結果はすでに述べたように、ずっと 100 ドル～120 ドルが 2014 年夏ぐらいから急落して 60 ドル。今日の新聞だと 40 ドル少しとなっている。シェールガスは 2005 年ぐらいからあったが、だんだん生産量が明らかになって、2014 年の OPEC 総会が決裂したことで供給過剰が明らかになり、価格が急落したのである。

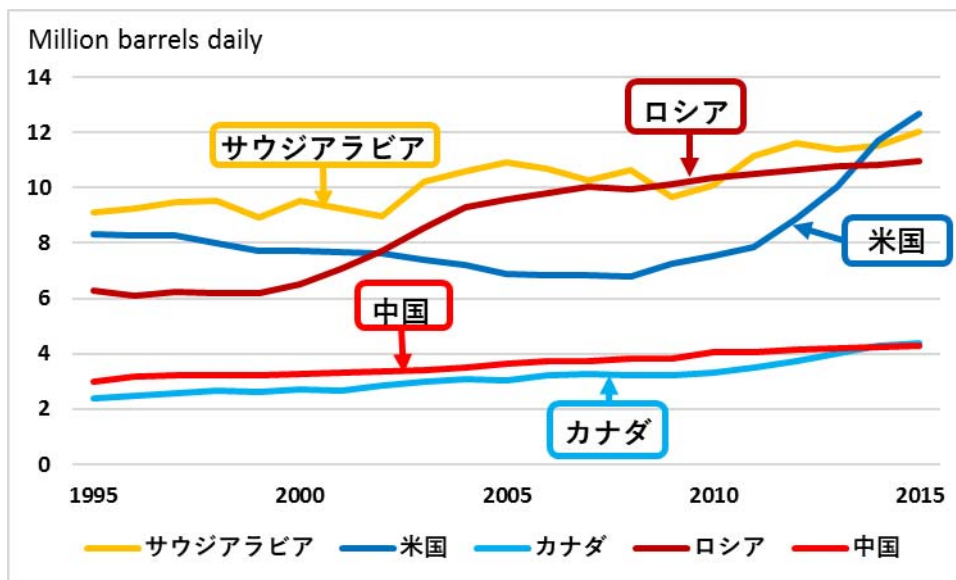
現在、どうなっているかということだが、石油は日量バレルという単位で算出され、日量 1,000 万バレルの生産国以上の上位 3 か国がビッグ 3 と呼ばれる。図 4 は石油の 5 大生産国だが、サウジアラビアとロシアとアメリカが 1,000 万バレルクラブで争っていたが、アメリカは、1990 年以降は低落した。ところが 2005 年ぐらいからシェール石油がどんどん毎年増産され、100 万、200 万、300 万増産され、とうとう 2014 年にサウジアラビアを抜いて世界一になった。2015 年はかなり引き離したのである。サウジアラビアは世界 2 位。ロシアは世界 3 位。4 位、5 位はかなり差をあげられて中国とカナダがあるが、ビッグ 3 がどうなるかということが石油情勢を形づくとっても過言ではないであろう。

次に天然ガスはどうなっているであろうか。図 5 はビッグ 5 の生産国を表示しているが、ロシアとアメリカの 2 国が過去 20 年間、1 位争いをしてきた。ロシアが多かった年もあるが、その後、ロシアはほぼ横ばいを続けているのに対して、2005 年を中心にシェールガスが徐々に増産され、とうとうアメリカはトップに躍り出たのである。

シェールガス・石油が今後どうなるかが問題だが、現在のところアメリカでしか採れていない。しかし埋蔵量は世界各地にかなり存在している。今後、イノベーションが起これば、商業的に採算がとれ、新規の採掘の可能性があるということである。

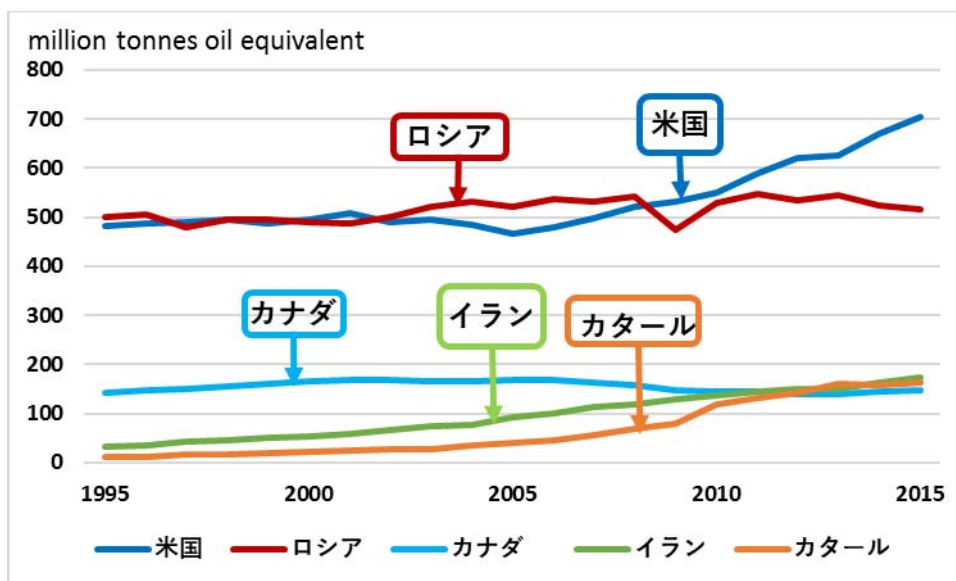
米国におけるシェール革命は、石油化学産業にも大きな影響を与えている。基礎化学品であるエチレンはナフサ（粗製ガソリン）、天然ガスの成分であるエタンを原料とするが、天然ガスの生産量が増大し、価格が低下したため、米国の石油化学企業に競争力が出てきた。

図 4 主要石油生産国の生産量 1995~2015



出所 : BP Statistical Review of World Energy, 2016 より著者作成

図 5 主要天然ガス生産国の生産量 1995~2015



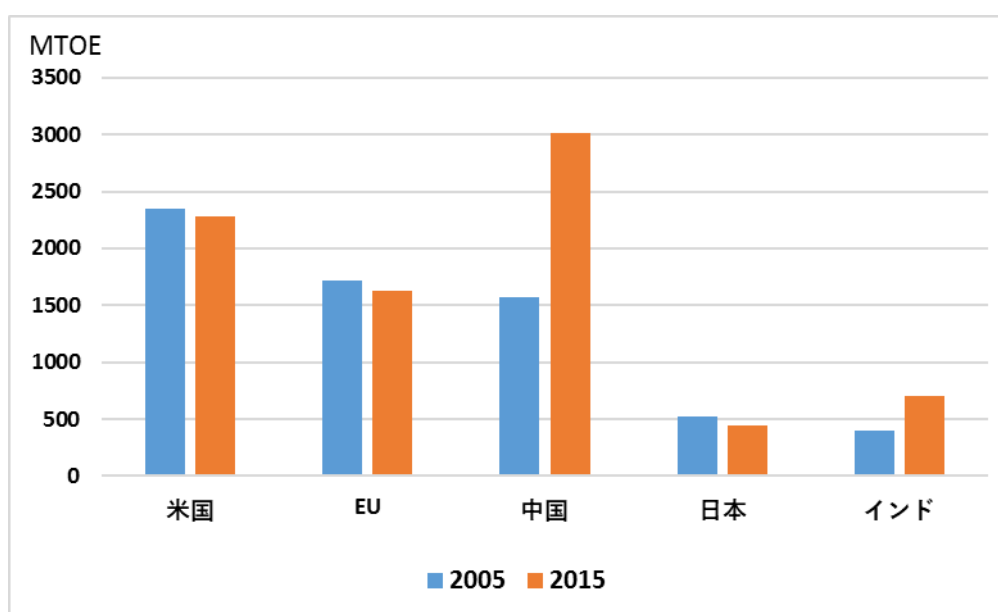
出所 : BP Statistical Review of World Energy, 2016 より著者作成

4. エネルギー需給の展望

(1) エネルギー消費量の増大

今度はエネルギーがどのように消費されているであろうか。世界のエネルギー消費の上位 5 地域は、アメリカ、中国、EU、日本、インドの 4 国・1 地域である。この 5 地域で世界の約 3 分の 2 のエネルギーが消費されている。特徴的なことは、最近 10 年で中国がアメリカを抜いて、急激に増加している。これをもう少し分かりやすくグラフ化すると、図 6 で示されているように、10 年前の 2005 年と昨年の 2015 年を比べて、アメリカも EU も日本も微減で、年々少しずつ減らしている。ところが中国は 10 年間で約 2 倍まで増やし、インドは 5 割ぐらい増加しているのである。

図 6 主要国のエネルギー消費量



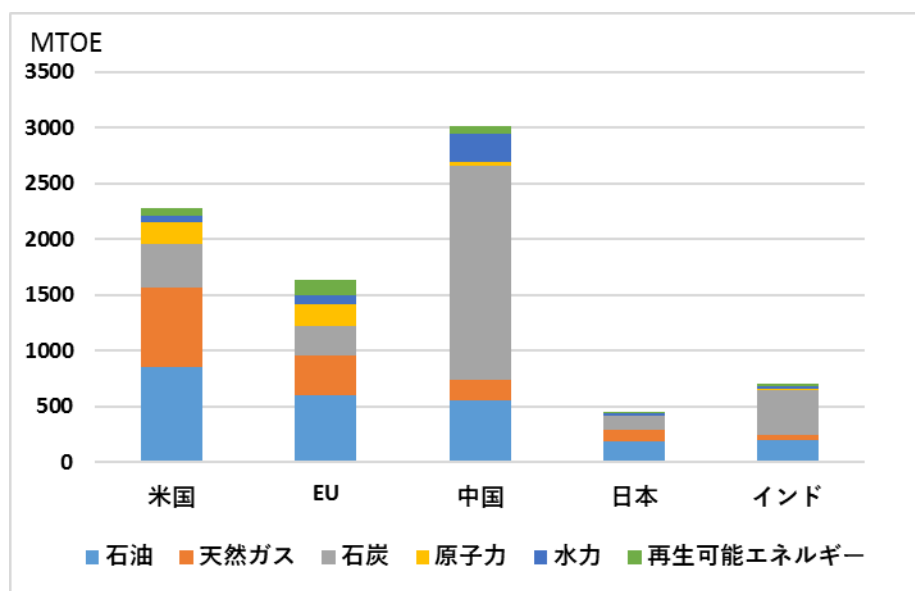
出所：BP Statistical Review of World Energy, 2016 より著者作成

(2) エネルギー・ミックスの変貌

エネルギー源ごとの内訳だが、図 7 で示されているように、中国のエネルギー・ミックスは、石油、天然ガス、石炭、水力、原子力、再生可能エネルギーであるが、石炭が圧倒的に多い。石炭をカロリーベースで計算すると二酸化炭素の排出量が非常に多いので、中国は今後、二酸化炭素を減らすためには、石炭を石油なり天然ガスに転換するだけで、かなりの二酸化炭素の排出が減る。インドもパーセントとしては、石炭が多いといえる。

中国がどのような状況かという点、2015 年では、中国は世界の 22.9% のエネルギーを消費し、また世界の石炭の全体の約 50% を中国が消費している。今後はもう少し増えるだろうから、世界の全消費量のおそらく 4 分の 1 は中国一国で占める時代になるだろうということである。ただし、エネルギーの伸び率は、去年はわずか 1.5% だった。これは、数年前は 3% ~ 5% だったので、新常态(New Normal)といわれているように、エネルギーの消費の伸び率はかなり減ってきたということである。

図 7 主要国のエネルギー消費量 2015 年



出所 : *BP Statistical Review of World Energy, 2016* より著者作成

(3) エネルギーの GDP 弾性値

今後、エネルギーの将来を予測するときには人口と GDP がどうなるかが重要である。人口と GDP の増加はエネルギーの消費量の増加と過去数十年にわたって相関してきた。しかし、多くの専門家が指摘しているように、OECD 諸国は今後、GDP、人口ともに大きくは伸びない。また OECD 諸国では、GDP の増加とエネルギーの増加とは、省エネ・節エネの進展により若干マイナスの相関関係の傾向がある。

一方非 OECD 諸国を形成する中国、アフリカ、インド、さらに中東諸国、ASEAN 諸国、ラテン・アメリカの人口および GDP は今後も増えるであろう。特にインドの GDP は現在中国の 3 分の 1 程度であるが、人口の増加とあいまって今後 10 年のエネルギーの伸びは大

きいであろう。石油の消費量については、現在の日量約 360 万バレルは今後 10 年で倍増すると思われる。中国の経済成長率は鈍化するであろう。GDP も中国は、すでに 2014 年に購買力単価(PPP)で米国を追い抜いているので、ますます世界での比重が増してくるのは確実である。しかし、GDP の自然成長率を決定する要因は人口全体ではなく、生産年齢人口(16-59 歳)である。日本の経済成長が非常に低く「失われた 20 年」と言われる大きな原因は生産年齢人口が減少しているためである。中国も今後、「一帯一路」政策など設備投資に力を入れるものの、生産年齢人口の減少に直面する結果、過去 20 年のような高成長する望みはなくなると思われる。

重要なのは、エネルギーの需要予測をするときに、GDP に対してエネルギーの弾性値が重要である。これはエネルギーが GDP の伸びに対してどの程度伸びるかで測定する。弾性値は GDP が例えば 10%伸びたときに、エネルギーが 6%だったら、0.6 と測定する。10 年前、20 年前は GDP とエネルギーの伸びはほぼ同じであった。GDP が 5%増加すれば、エネルギーも 5%上昇した。しかし、最近では GDP が 5%伸びてもエネルギーは 2%程度のようにエネルギーの対 GDP 弾性値が落ちてきた。この理由は、エネルギー多消費型の重厚長大の産業から、だんだんと第三次産業にシフトしていることが最大の理由である。さらに、OECD 諸国ではエネルギー源の転換、省エネ、節電によって GDP が増えてもエネルギーの消費量はマイナスになる傾向が顕著である。

需要予測をするのに重要なのが自動車の普及率である。何とんでも、アメリカがガソリンを大量消費している最大の理由は、自動車に使っているのが非常に多いということである。2015 年ではアメリカは国民 1,000 人に対して 900 台の所有がある。ほぼ 1 人に 1 台である。日本は人口 1,000 人に対して 600 台の所有に留まっている。中国はまだまだ低い。今後、伸びるだろう。またインドの自動車所有が伸びると思われるので、中国・インドの乗用車に対するガソリンあるいは軽油消費が増えることが予想される⁹⁾。

(4) 再生可能エネルギーの将来

太陽光発電、風力発電、地熱発電、バイオマスなどの再生可能エネルギー (Renewable Energy) は、純国産エネルギーであるためエネルギー自給率の向上に貢献し、CO₂フリーのエネルギー源である。日本では 2012 年 7 月に全量買い取り制度 (FIT) が導入され、太陽光発電 (PV) を中心に普及が進んできた。

以下の写真(図 8)であるが、これは筆者の自宅に設置した 4 kW の太陽光発電である。これを約 20 年前に 400 万円を費やして設置したが、売電による採算は合わなかった。最近では FIT (フィードインタリフ) の導入により、日中の発電量から自宅消費分を差し引いた余剰電力を東京電力に売っているおかげで、毎月 kWh あたり 42 円の収入があるようになったので設備投資の回収が可能になった

しかし問題は、太陽光発電その他の再生可能エネルギーは、現在のところ FIT のような

政府の補助がないと採算が合わない。政府の補助があって、初めて成り立つが、今後どうなるかが問題である。最近では世界的に風力、太陽光発電等が急激に伸びている。最近かなり大型化がすすんでいるが、この傾向は今後とも続くと思われる。今後どうなるかは、大きく今後のイノベーションによる新技術の採用、設備費の低減に依存する。

再生可能エネルギーについては、現在のところ EU は全電力発電量の 15% 程度、将来は 30% まで向上させるという計画がある。日本はアメリカ・中国と同じくその比率は低いですが、計画としては再生エネルギーを 10%~15% まで将来持っていこうという計画がある。最近の地球温暖化に対する中国の努力は評価すべきであろう。また米国も COP21 の批准に向かって再生可能エネルギーの普及に積極的である。

その結果、今後、全エネルギーのうち何パーセントが石炭なり石油なり天然ガスになるかという点、現在のところは世界全体で石油、石炭、天然ガスという順序だが、約 20 年後には、ほぼ 25% ずつ占めて、残りの 25% を水力、原子力発電、再生可能エネルギーが占めると考えられる。ただし、一番伸びるのが再生可能エネルギーで、再生可能エネルギーは全エネルギーの 10% ぐらいまでになるであろう。

図 8 太陽光発電 (PV) 設置例



出所：筆者撮影

5. おわりに

今後のエネルギー情勢を長期的に展望するには、まず需給に大きな影響を与える価格動向の検討が必要である。エネルギーは化石燃料を中心に価格をめぐって、競争性がある。その中心になるのは原油価格であるが、その中心になるのはシェール原油の採掘コストである。原油相場急落前の 2014 年上期には、採算コストは 60 ドルを越えているとみられていたから、イノベーションにより、わずか 2 年でシェール石油の生産コストは劇的に低下したと見られる。

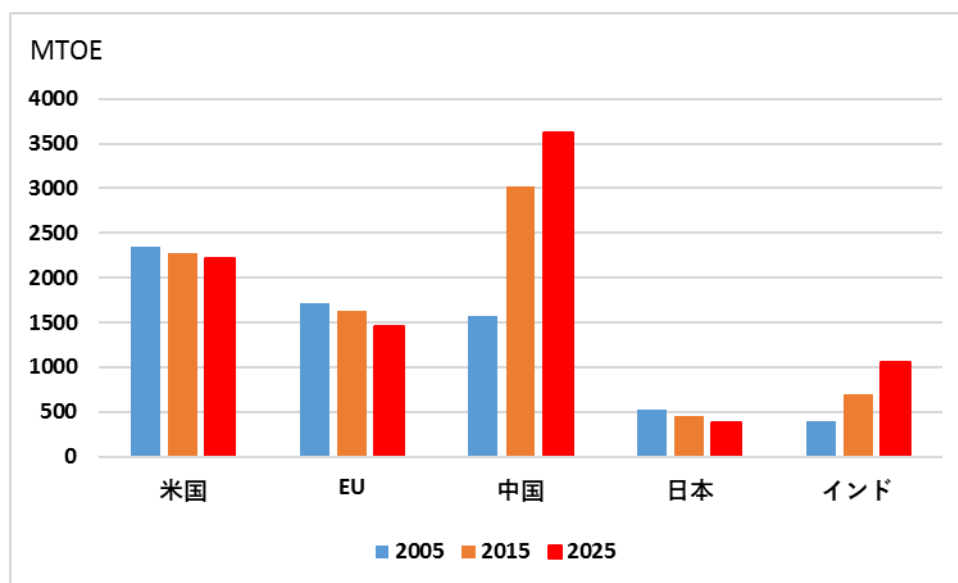
今後、エネルギーの需給はどうなるかを予測したい。エネルギー消費については上位 5 カ国で約 3 分の 2 を占めるわけだから、5 カ国（地域）を分析すれば、将来の絵が見えてくる。アメリカは微減し、EU はかなり努力をするだろうから、もっと減るだろう。中国は 2005 年～2015 年は倍増したが、今後、2%程度のエネルギー消費量の伸びであるから、10 年後は 20%ぐらいの伸びにとどまるだろう。日本は微減する。インドはまだまだ毎年 5%ずつぐらいで、1.5 倍ぐらいにはなるだろうというのが予測である。その他の地域である、ASEAN 諸国、アフリカ、中東、ラテン・アメリカについても数%の伸びがあるであろう。

最後に供給国では今後 10 年間を見通してどうなるかである。供給は石油と天然ガスはシェールガスのおかげで安定している¹⁰⁾。ただし、石炭は安いという利点があるので、ある程度伸びるだろう。原子力はどうなるか。これは非常に議論の余地があるが、世界的にある程度は伸びても、非常に低い伸び率になるだろう。再生可能エネルギー、これは毎年数パーセントずつ伸びていくだろうということである。

消費をどう見るか。OECD は全部マイナス成長である。ところがインド、中国を中心とする非 OECD はある程度エネルギー消費は拡大するであろう（図 9）。しかし、すでに述べているように年率 3～4%がせいぜいで、過去 10 年のように 5～6%、7～8%に至らないであろう。一方、価格面では、原油価格がバレルあたり 60 ドルを超えれば、シェールガス・石油の生産が急増すると見込まれることから、原油価格は 60 ドルを上限として推移するであろう。また石炭価格も二酸化炭素排出量削減が推進されるため低位で進行するであろう。

一時的には、「地政学的理由」を材料にヘッジファンドを中心とする投機筋が原油価格の高騰を仕掛けることもありうるであろうが、すでに述べたようにピークオイル説が後退した今後、高値は永続しないであろう。シェールガス・石油は今後も継続的に増産されるであろう。そのため、エネルギー価格および需給関係は、短期的な波乱要因がありえても、長期的に安定的に推移するであろう。その結果、経済の「血液」と言われるエネルギーは、世界経済の発展に安定的・長期的に貢献すると思われる。

図 9 エネルギー消費推定



出所：BP Statistical Review of World Energy, 2016 より著者作成

脚注

1) 国連気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change) は、人為起源による気候変化等について包括的な評価を行うことを目的として、1988 年に国連環境計画 (UNEP) と世界気象機関 (WMO) により設立された組織である。発足以降、5~6 年ごとにその間の気候変動に関する科学研究から得られた最新の知見を評価し、評価報告書 (assessment report) として公表される。第 1 次評価報告書 (FAR) が 1990 年、第 2 次評価報告書 (SAR) が 1995 年、第 3 次評価報告書 (TAR) が 2001 年に発表されている。第 4 次評価報告書 (AR4) は 2007 年の IPCC 第 27 回総会で承認された。最新の第 5 次報告の第 1 作業部会 (自然科学的根拠) 報告は、2013 年 9 月に報告された。

温暖化の原因が人間の活動である可能性を「90%以上」とした 2007 年の第 4 次報告書の 6 年ぶり改定となる第 5 次報告書では、将来予測で、{累積 CO2 排出量は世界平均地上気温の上昇幅にほぼ比例関係がある (新見解)} と記述されている。IPCC は一貫して地球温暖化が「人間活動の結果排出するという温室効果ガス (その主体は二酸化炭素) という「温暖化の CO2 原因説」を主張している。

一方、「温暖化の CO2 原因説」については多くの角度から批判がある。大別すると、地球は温暖化していないという説、および地球は温暖化しているが、温室効果ガスの濃度増加に因るのではなく、太陽活動

の影響、宇宙線の影響、地球内部の活動、磁気圏の活動などが原因と主張する懐疑論である(1例として、深井有『地球はもう温暖化していない：科学と政治の大転換へ』平凡社 2015 年)。しかし、この懐疑論については日本では少数派にとどまっている。

2) 「COP21 開幕 温暖化防止へ合意なるか？」『日本経済新聞』 2015 年 12 月 7 日付

3) 石油の世界三大市場は北米、欧州、アジアであって、それぞれに先物市場が存在する。先物市場が現物市場に大きく影響し、基準原油の価格を決定する。基準原油は、ターム契約の公式価格の基準となる原油価格であって、油種ごとに基準原油を微調整することにより販売価格が決定される。基準原油は、北米においては *Platts* (業界誌) 査定の WTI 原油市場、およびアーガス (業界誌) 査定の 3 種類の原油平均値である。欧州ではロンドンにおける ICE (Intercontinental Exchange) という企業が運営するネット上の先物取引市場での BWA (Brent Weighted Average) が適用される。日本を含むアジアでは、*Platts* 査定のオーマン、ドバイ (シンガポール査定) 原油価格の月間平均価格が基準価格となる。その結果、日本の原油輸入価格は翌月にならないと決定されないことになる。

4) 「上期輸出額大幅減、数量には回復の芽」『日本経済新聞』 2016 年 7 月 26 日付

5) 原油価格の決定要因については多く研究されてきたが、大きく 3 つあるとされる。第 1 は需給バランス、第 2 は金融要因 (米国の QE1, QE2, QE3) 日本の金融緩和など、第 3 はいわゆる「地政学的要因」であって、中東地域の紛争、国際関係の緊張などである。しかし、原油先物市場においては主たる取引業者はトレーダー、原油取引は株式と同じく、金融商品となっており、ヘッジファンドなどの機関投資家であって、彼らは価格の変動を追って利益を得るため、将来にわたる「思惑」が大きな要素を占めることになる。IEA, EIA, OPEC などの需給レポート、「専門家」の予測、例えば米国の投資銀行であるゴールドマン・サックスの 2015 年 9 月 11 日に発表したレポートでは、2016 年の平均は 45 ドルと下方修正し、もし世界の原油生産が減少しなければ 20 ドルまでに下がると予想した。事実 2016 年 1 月 20 日は 26.19 ドルの安値をつけたのである。一方 2008 年 5 月には、ゴールドマン・サックスは原油価格が 2 年以内に 200 ドルまで上がるかもしれないとの予測を発表した。当時、当銀行はその 3 年前に原油価格は 100 ドルになる現状を正しく予測したことで知られていた。

6) シェール革命はシュンペーターの経済理論が説明するように新技術が誕生するとそのフォロワーの技術が登場する典型である。当初は垂直坑井のみでシェール層に水圧粉砕を行うことで、ガスを坑口に集めていた。その後「水平採掘」の導入により、1 つのシェール層に複数の坑口を設け、坑井 1 本から集められるガス量が増大した。さらに新技術として「マイクロサイズミック」という最適な掘削の場所を探し求める方法の開発が進んだ。水圧粉砕を行う位置間隔中閉口した複数の水平掘削層の間隔幅を最適化するのに役立ち効率化に貢献した。(岩瀬昇『原油暴落の謎を解く』文春新書 2016 年 p. 232-233 参照)

⁷⁾ Schumpeter, J. A., *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*, 1912 (塩野谷祐一・中山伊知郎・東畑精一訳『経済発展の理論 企業者利潤・資本・信用・利子および景気回転に関する一研究』, 岩波書店、1937 年)

シュンペーターの「新結合」(neue Kombination) (その後、英文版では innovation) の理論は、その後経営学者のピーター・ドラッカーに引き継がれた。それはドラッカーの有名な言葉「企業の目的は顧客の創造であり、基本的企業活動は、マーケティングとイノベーションの 2 つである」で示されている。シュンペーターの理論はすでに 100 年前に発表されているが、その経済学的意義はそれほど脚光をあびてこなかった。現在では、1997 年に刊行されたクレイトン・クリステンセンのベストセラー『イノベーションのジレンマ』が有名となっている。例えば『ハーバード・ビジネス・レビュー』2016 年 9 月号「特集 イノベーションのジレンマ 加速する脅威からの突破口」がその例である。ちなみにクリステンセンは「破壊的イノベーション」(Disruptive innovation) という論文を 1995 年に発表した。この「破壊的イノベーション」という言葉はシュンペーターの著書である『資本主義・社会主義・民主主義』での造語である。

⁸⁾ Simon, Steven and Jonathan Stevenson, “The End of Pax Americana” *Foreign Affairs Report*, Dec. 2015, 日本語版 「パックス・アメリカナの終わり —中東からの建設的後退を」『フォーリン・アフェアズ』2015 年 12 月号

⁹⁾ 乗用車の普及率を見ると、2014 年現在、人口千人あたり、米国 378 台、日本 478 台、韓国 314 台、中国 85 台、インド 17 台となっている。しかし、商用車の普及率は人口千人あたり、米国 429 台、日本 130 台、韓国 87 台、中国 19 台、インド 5 台となっている。統計の取り方によって乗用車と商用車との区分が国ごとに異なると思われるので、両者を合算すると、人口千人あたり、米国 807 台、日本 608 台、韓国 371 台、中国 104 台、インド 22 台である。なお、自動車には、バス、トラック、軽自動車などすべての登録自動車を含んでいるが、2 輪車は含まれていない。{OICA (International Organization of Motor Vehicle Manufacturers) 2016 年 3 月 23 日発表による}

¹⁰⁾ アメリカ以外でもシェール石油開発が始まっている。例えばアルゼンチンにおけるシェール石油開発はシェブロンやロイヤル・ダッチ・シェル、さらに国営石油・天然ガス会社である YPF もよって着手されている (リム・エネルギー・ニュース、2015 年 9 月 10 日号)。

参考文献

- ・岩瀬昇『原油暴落の謎を解く』文春新書 2016 年
- ・小山堅編著『シェール革命再検証—どう見る? 原油急落』エネルギーフォーラ 2015 年

- ・十市 勉 『改訂版 シェール革命と日本のエネルギー ～逆オイルショックの衝撃』
電気新聞ブックス新書 2015 年
- ・西山孝『資源論 メタル・石油埋蔵量の成果と枯渇』 丸善出版 2016 年
- ・藤 和彦『原油暴落で変わる世界』 日本経済新聞出版社 2015 年
- ・みずほ総合研究所編『激震 原油安経済』 日本経済新聞出版社 2015 年

著者連絡先 ; 岡本 博之 (Hiroyuki Okamoto)

名古屋市立大学 22 世紀研究所

〒467-8601 愛知県名古屋市瑞穂区瑞穂町字川澄 1

E-mail; okamoto.hiroyuki @ nihon-u.ac.jp

(使用時@前後のスペースを除去して下さい)

Published online; January 31, 2017