

2018

平成30年の提言

価格が安定した液体燃料を有効活用しよう

1. オイルサプライピークからオイルデマンドピークへの転換
2. EV狂騒曲と、エンジン技術の飛躍的進歩
3. 石油の供給(生産)と埋蔵量の拡大
4. シェールオイルによる原油価格と生産量の平衡状態
5. 在来型油田開発のタイムラグと安価なランニングコスト
6. 油価に左右されずに増え続ける石油以外の液体燃料
7. エネルギー密度が高くハンドリング性もよい液体燃料の普遍的価値



日本石油販売株式会社
エナジーエンジニアリング株式会社

〒104-0033 東京都中央区新川2丁目1番7号
TEL 03-3552-0341 FAX 03-3552-0346
<http://www.nihonsekiyuhanbai.co.jp/>



カラー版・バックナンバーは
当社HPからご覧になれます。

価格が安定した液体燃料を有効活用しよう

1. オイルサプライピークからオイルデマンドピークへの転換

「石器時代は石がなくなったから終わったのではない。石器に代わる技術が生まれたからだ。」サウジアラビアのヤマニ元石油相の名言は有名だ。

ほんの10年前巷間に流布した、オイル(サプライ)ピーク論は、地球上の原油が掘り尽くされ、石油供給に限界が来ることを喧伝するもので、原油価格は100\$/bbl超と必要以上に煽られ、いたずらに投資銀行やヘッジファンドを儲けさせた。(bbl:バーレル=159L)

しかし2016年11月OPECは、その逆に、オイルデマンドピークへの警鐘を鳴らした。気候変動対策がパリ協定通りに推進された場合、2016年に9,440万bbl/日の石油需要は、2029年に10,090万bbl/日でピークとなり、2040年には9,830万bbl/日まで減少する可能性があるというものだ。(OPECの2040年の標準予想値は10,900万bbl/日まで純増)

2017年には、ロイヤルダッチシェルのCEOも、技術進歩が早ければ2030年前後に石油需要のピークが来るかもしれないと語り、ゴールドマンサックスは、ピークは最短2024年と警告した。破壊的イノベーションの分野を対象とする投資運用会社として知られる米国のアーク社は、EV(電気自動車)の急速な進展によって、2025年に石油需要がピークを迎えるとしている。

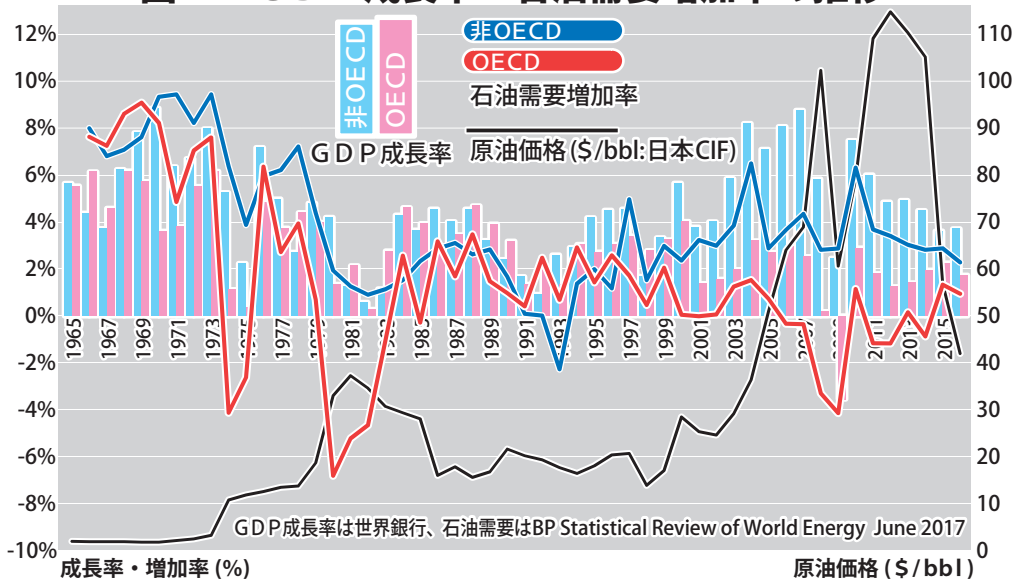
既に多くの先進国では石油需要がピークを打ち、減少を続けている。英仏では第1次オイルショックの1973年、独伊では第2次オイルショックの1979年日本では不動産バブルが崩壊して、アジア金融危機に襲われる前年1996年にピークをつけた。これらの国々ではピークと比べて3割前後需要が減っている。OECD諸国全体でも2005年以降1割近い需要が減少した。

石油需要は何に代替されているのだろうか？ LEDやインバータ技術などによる効率の改善や省エネルギー対策、ガスや石炭、原子力への燃料転換、再生可能エネルギーの発展、ヤマニ元石油相の言葉の通り石油に代わる技術が生まれつつある。

図1にOECDと非OECD諸国のGDP成長率と石油需要の変化を示した。GDP成長率以上に石油需要が増加した時代は40~50年前に終わり、非OECD諸国でもGDP成長率より石油需要の増加率は低い。リーマンショックの影響で大幅に需要を落としていた米国が、2014年の原油価格暴落後に需要を復活させたため、OECDの需要増加率は

近年一時的に回復しているが、非OECD諸国の需要増加率は、その多くを占める中国の成長率の低下とともに漸減状態である。グラフは、中国の石油需要が北京オリンピックに向けて、そしてリーマンショック後に爆発的に増大し、原油価格を高騰させたと読み解く事が出来る。

図1 GDP成長率・石油需要増加率の推移



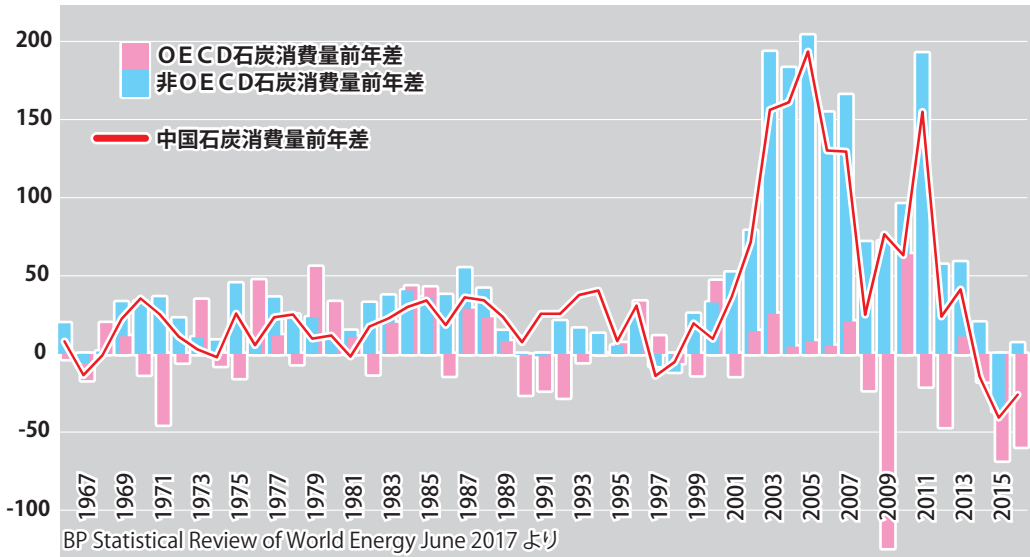
今後とも需要を伸ばすのは、中国、インドをはじめとする新興国である。世界の車の3割が販売されている中国のガソリン需要が伸びるのは当然だが、2017年1～7月の中国のガソリン需要の増加率は1%に過ぎない。習近平総書記が独裁体制を築き、威信をかけて大気汚染対策を講じており、後述するEVへの補助金政策等の影響で、今までの延長線上で中国のガソリン需要が伸びていくとは考えにくい。ガソリン車以上に大気汚染の原因となっていたトラックへの規制も厳しく、強制的なモーダルシフトも始まっており、中国の軽油需要は既にピークを付けた可能性がある。中国の石炭消費量は図2の通り、2014年からマイナス成長を続けている。大気汚染を解決するためには、強制的に石炭や石油の消費を制限する独裁者の意志を感じる。

中国に代わって高成長が期待されているのがインドだが、民主主義国のインドが昔の中国の様な2桁成長を続けるとは思えない。その他の新興国の中で資源国は、原油価格が半分になった今、成長のスピードを落とさざるを得なくなっている。

そして今後需要が減退する理由の筆頭はEVへのシフトだ。

百万トン/年(石油換算)

図2 石炭消費量対前年差推移



2. EV狂騒曲と、エンジン技術の飛躍的進歩

「2040年までにガソリン車販売禁止！」フランスから始まったEV狂騒曲は英国、中国と伝播し、紙上を賑わせている。電気の9割を原子力で賄うフランスが、パリ協定推進の為にガソリン車を禁止するのはまだ理屈のある話だが、ガスや石炭で電気を作っている国がEVにシフトしてもカーボンフリーにはならない。もし大気汚染対策ならば、EVにせずとも、古い環境汚染車両の使用を禁止すればよいわけで、中国の意図がEV技術の覇権にあることは明白だ。しかも巨額のガソリン税(フランス86円/L、日本57円/L)を徴収して道路を作っている国々は、ガソリン需要が無くなった時どうするのだろうか？補助金に頼るEVが、道路財源を負担する日はいつ来るのだろうか？

欧米の車メーカーもEVの覇権を握るべく巨額の投資に傾注しているが、マツダを初めとする日本の車メーカーは冷静だ。更にエンジン自動車の燃費を高めるべく、トヨタとマツダの資本提携が進んでいる。日本製のエンジンは近年飛躍的な進歩を遂げており、効率を40%以上に改善して、ハイブリッド技術と相俟って燃費を大きく伸ばしている。EVとガソリン車のCO₂発生量を比較してみよう。

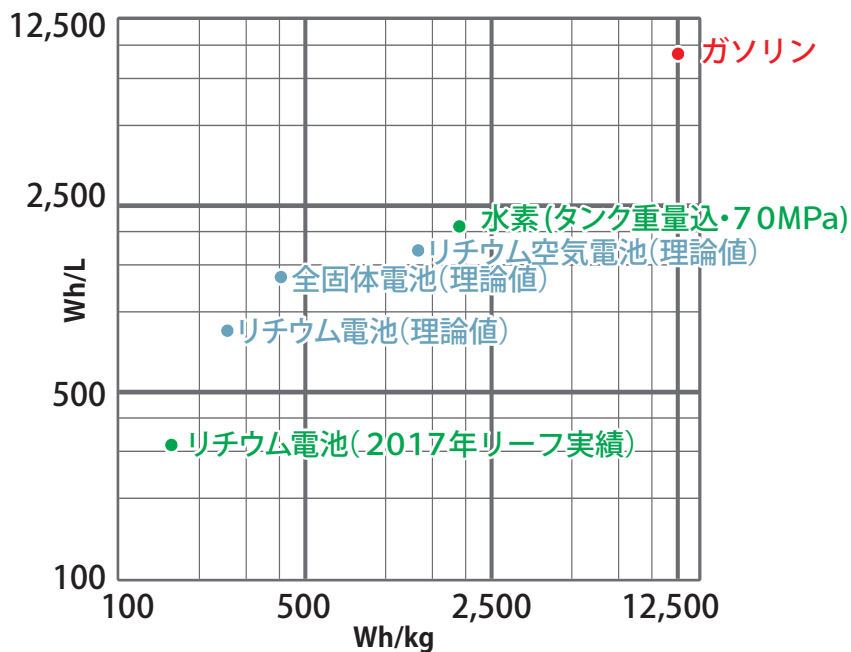
新型リーフの公称燃費(日本基準)は100Wh/km(1Wh=860cal)だが、より実態に近い米国基準では167Wh/kmだ。多くの国で電気は天然ガスや石炭から50%前後の効率で作られているから、化石燃料に換算した燃費は333Wh/kmである。ガソリンのエネルギー密度は9,270

Wh/Lなので、 $(9,270 \div 333 =) 28 \text{ km/L}$ の燃費のガソリン車は新型リーフと、ほぼ同じ量の化石燃料を消費し、CO₂を発生する計算だ。むしろEVは電池製造/廃棄時のCO₂発生が余計だ。

電池の開発も進んでいるが、エネルギー密度で石油に勝つことはできない。**図3**に対数目盛でエネルギー密度(実績と理論値)を比較した。リチウム電池が更に進歩しても、次世代の電池として実用化に近づきつつある全固体電池が完成し、理論値に近い効率が発揮できても、電池のエネルギー密度は石油と比較すると一桁小さい。それだけ車両重量は重くなり無駄なエネルギーを消費する。エネルギー密度が高い液体燃料を車に積載し、効率良く燃焼させることこそ最も効果的な環境対策になる。今後とも電池とエンジンの技術開発競争が続くだろうが、人類が電気を化石燃料で作っている限り、EVがエンジン自動車を駆逐することなどあり得ない。

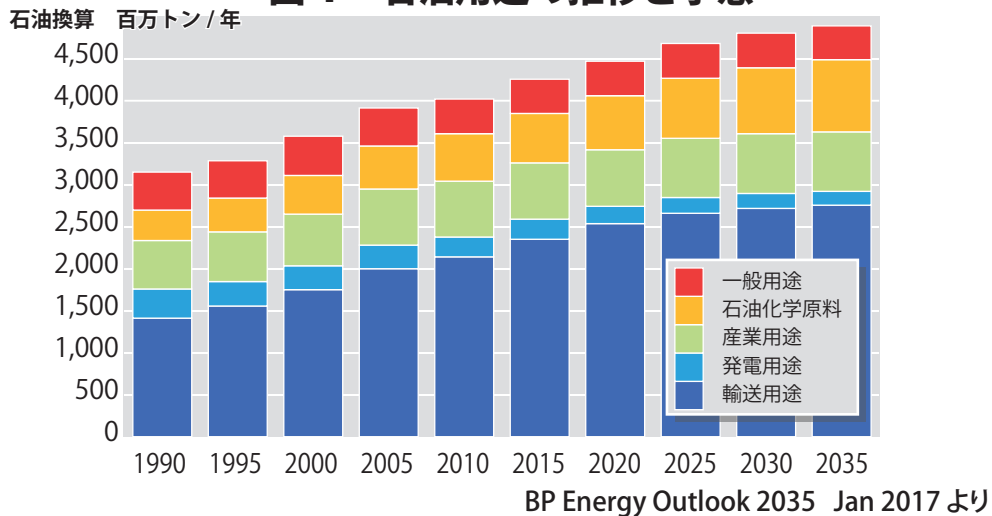
車両重量の小さい乗用車や、長距離を走る必要のない車はEVにシフトされるとしても、電池のエネルギー密度が小さいため、トラック・バスなど馬力を必要とする車両のEV化はなかなか難しい。むしろエンジンの技術革新やハイブリッド技術が、ガソリンの需要を減らすことになるだろう。

図3 電池と燃料のエネルギー密度



石油の使い道は**図4**の通り、既に過半が輸送用途であり、輸送用途と石化原料としての需要増はあっても、それ以外の需要の増加は期待できない。陸海空の輸送用途のうち、陸の軽量自動車の燃料需要が減退し、石油の需要に大きな影響を与えるだろう。

図4 石油用途の推移と予想



3. 石油の供給（生産）と埋蔵量の拡大

需要のピークが想定され始めた石油だが、需要が毎年100～200万bbl/日（需要全体の1～2%）増加する一方で、その供給もほぼ同じペースで伸びてきた。**図5**にOPEC諸国とそれ以外の国の埋蔵量と生産量を示した。

原油を掘れば、その分埋蔵量が減りそうだが、埋蔵量も増えて可採年数（埋蔵量÷年間生産量）は、昔喧伝された30年から今は50年まで伸びている。埋蔵量が増える原因の一つは新しい油田の発見だが、近年は新しい油田の発見は少なくなり、むしろ採掘技術の発展が、可採埋蔵量を拡大させている。シェール開発にも応用されている水平掘の技術や、EOR (Enhanced Oil Recovery) と言われる油田内の石油の採取率向上技術、砂層に浸み込んだ重質油を液体として取り出す技術などだ。

図5の折線（青）で示した非OPEC諸国は、埋蔵量が少ない割に毎年埋蔵量の1/25ほどを安定的に生産している。折線（緑）で示した原油価格と見比べると、原油価格高騰後数年で生産量が急増しており1986年に原油価格が暴落すると、その数年後から生産量が減退している。

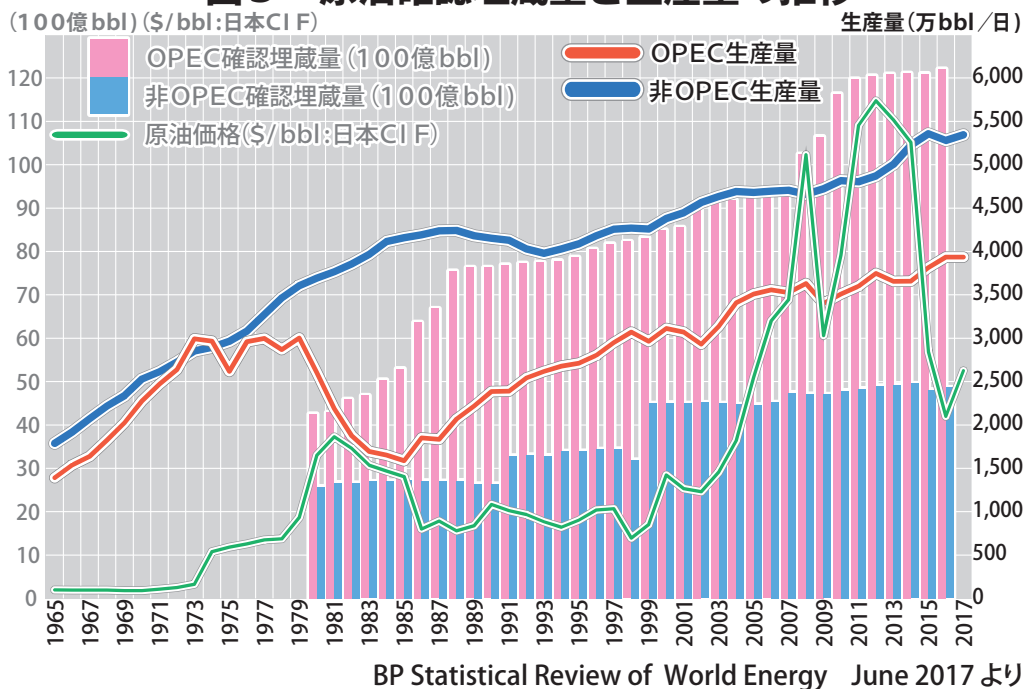
一方折線（赤）で示すOPEC諸国の生産量は、埋蔵量の割に生産量が低く、年間生産量は埋蔵量の1/85である。1979年の第2次オイルショック以

降、3,000万bbl/日の生産から半分近くまで、サウジが中心となって減産し、原油価格を30\$/bblに維持したことが見て取れる。1986年に前出のヤマニ元石油相を解任し、サウジがカルテルを放棄した瞬間に原油価格は暴落し、長期低迷を余儀なくされた。1973年に5割のシェアを超え、石油価格を自分でコントロールできると考えたOPECのシェアは、未だに4割にとどまっている。

シェールオイル技術の実用化によって、2012年以降、非OPECの生産量が急増し、需給が急速に緩和した時点で、過去の苦い経験を繰り返したくないサウジは、原油価格の下落を容認してでも、コストの高い海底油田やオイルサンド、シェールオイルを市場から退場させ、自らのシェアを守ることを選択せざるを得なかった。

2016年11月以降、久方ぶりにOPECのカルテルが復活し、ロシアと協調して170万bbl/日の減産を打ち出したが、カルテル開始までにOPECは300万bbl/日も生産を急増させている。単価が減った分数量を増やして、収入の確保を目指している。現状のカルテルにはナイジェリアやリビアなど減産枠を免れている国があるため、2017年の生産量は2016年とほとんど変わらない。この結果、世界の需給バランスは均衡に近づいているとはいえ過去数年間の需給緩和期に積み上がった石油在庫は高止まったままだ。

図5 原油確認埋蔵量と生産量の推移



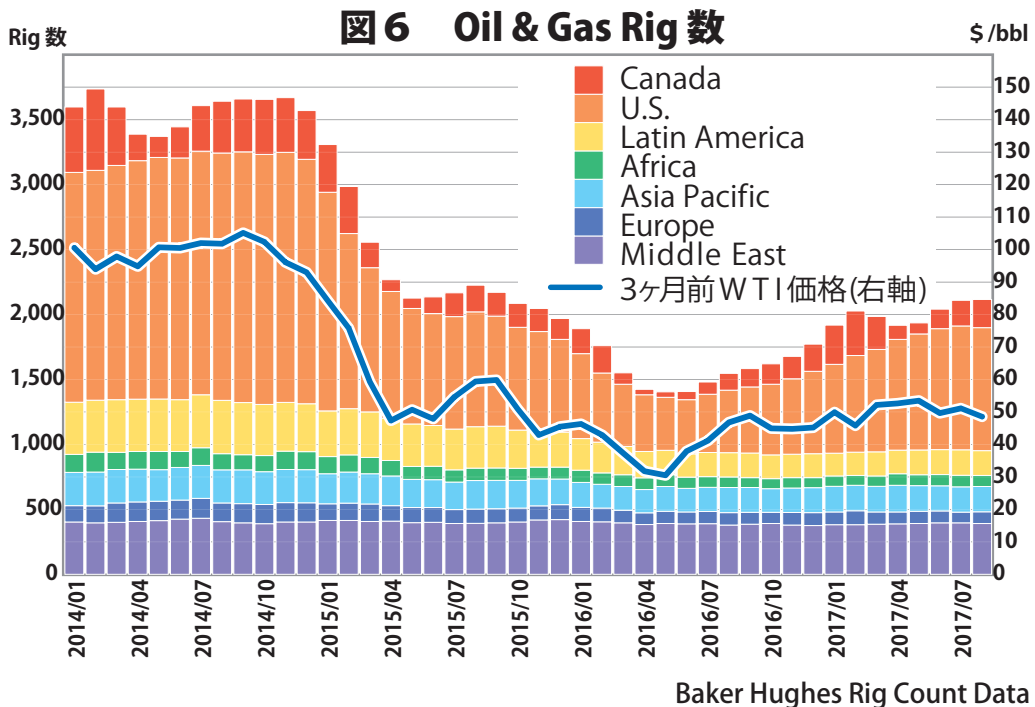
4. シェールオイルによる原油価格と生産量の平衡状態

原油価格が半分になったことにより、油田開発予算も押しなべて半分に減っている。**図6**で稼働している掘削機(Rig)数を見てみると、例えば採掘単価の安い中東の在来型油田開発用のRig数は、原油価格の変動にかかわらず安定しているが、採掘単価の高い南米、北米のRig数が大きく影響を受けていることが分かる。

結果的に2014年に3,600本を超えていた世界のRig数は、2016年5月に1,400本まで減少し、2017年夏に漸く2,000本まで回復している。折線でWTI価格を3ヶ月ずらして載せてみたところ、相関関係がよく分かる。原油が下がれば3ヶ月後にはRig数が減少し、原油が上がれば、3ヶ月後にRig数が増えてくる。

米国シェールオイルの採掘コストは中東に比べてはるかに高いが、地域によってコストに差があり、中にはパーミアン(テキサス西部)の様に、40\$/bblで採算の取れる所もあり、WTI価格が50\$/bblを超えてくると、先物市場で数年先まで原油を売りヘッジ(生産見込み量の半分程度)し、その後の原油価格変動の影響を回避しながら、投資回収する仕組みができています。

原油価格が50\$/bblに乗るとその3ヶ月後からRig数が増加し、その約半年後から生産が増える。中東を初めとする在来型の大型油田での石油掘削とは全く異なる機敏な対応だ。結果的に原油価格は50\$/bbl前後で極めて安定した状態が続いており、当面この平衡状態は変わらなそうだ。



もともとパーミアンでは在来型の油田が1923年に発見され、累計390億bblの原油を生産してきた。生産のピークは1973年の8億bbl/年で、2005年には3億bbl/年まで減退していた。しかし在来型油田の下に、巨大なシェール層があり、2010年以降急速に開発が進んだ。米国のOil Rig数の半分に相当する380本のOil Rigが稼働し、2017年10月の生産量は9億bbl/年(260万bbl/日)となり、過去の記録を44年ぶりに更新している。

IHS Markit社の分析によれば、今後パーミアンで回収可能なシェールオイルの量は600~700億bblとのもので、この量はBP統計の米国石油確認埋蔵量480億bblを超えている。確認埋蔵量の統計には、シェール由来のものは含まれていない。2009年にXTOというシェール企業を3.6兆円で買収して驚かせたエクソンモービルは、2017年にもパーミアンで34億bblの埋蔵量を有する鉱区を7,400億円で買収している。

世界最大の油田はサウジのガワール油田であり、その埋蔵量は830億bblで、18億bbl/年(500万bbl/日)の原油が生産(累計生産量550億bbl)されている。パーミアンは、サウジの生産量の半分を算出するガワール油田に肩を並べる規模であることが分かる。原油価格が50\$/bblを超えていけば、今後さらにパーミアンの生産量は増大するだろう。

残念ながら米国以外ではシェールオイルの開発は進んでいない。しかし世界の2割(2,000万bbl/日弱)の石油を消費する米国の国内原油生産量は、7、8年足らずで急増し、10年前と比較して680から1,280万bbl/日に増え、米国のネットの石油輸入量は1,200万bbl/日から500万bbl/日にまで激減している。日本の需要の2倍に相当する700万bbl/日のタンカー輸送需要が失われたことになる。

5. 在来型油田開発のタイムラグと安価なランニングコスト

非在来型と言われるシェールの井戸は、シェール層に割れ目を入れて、堅い地層の中の油分を抜き出す手法であり、各々の井戸は数年で生産量が減退してしまう。そこで数多くの井戸を掘り続ける必要があり、コストは割高だが投資回収期間が短い分リスクは小さい。

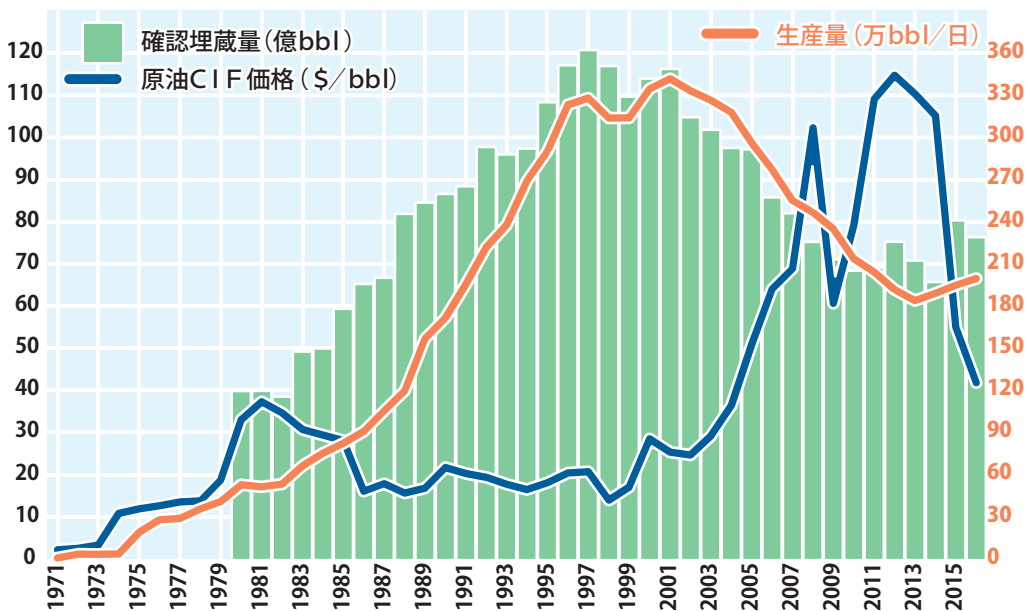
それに対して在来型の油田は、地下深いシェール層から地上に向かって流れてきた石油が、たまたま滞留した背斜(山状褶曲)構造の油溜りから地下の圧力で押し出される原油を取り出す手法であり、埋蔵量の大きい油田に一旦井戸が完成すると、何十年にもわたって原油が産出される。それでも徐々に減退するので、現状の生産量を維持するためには、新た

な井戸の掘削が必要となる。原油価格が大きく下がっても、中東などのRig数が(少ないとはいえ)大きく変化しない理由だ。

一方中東以外の在来型油田は、開発が容易な立地は既に掘り尽くされ開発に多大なコストと時間を要する所に限られてきている。海底だったり、陸の孤島だったり、砂に浸み込んだ石油だったりする。こういう立地で石油が発見されても、それを取り出して、安定的な供給インフラを作る迄に、何年もの歳月と巨額の投資を必要とするので、原油価格が高騰した時でなければ投資決定が難しい。

オイルショック後に投資決定されたノルウェーの原油開発の歴史を振り返ってみよう。図7にノルウェーの原油生産量と埋蔵量の推移を示す。原油価格高騰によって、北海という厳しい環境の海底油田の開発が可能となった。何本もの試掘井を掘り埋蔵量を確認し、開発計画を作り海上にプラットフォームを設置し、陸までのパイプラインを引くために長い年月が必要となる。しかし開発途上の1986年に原油価格が暴落した。2015年と同様に開発につぎ込める年間投資額も半減し、開発企業は減損処理を迫られたかも知れない。しかしノルウェーの開発は続き、2001年に生産のピークを迎える。1986年の逆オイルショックから14年間続いた価格低迷期に、生産を急拡大したノルウェーは、皮肉にもその後の原油高騰期には生産量の縮小を余儀なくされている。

図7 ノルウェーの原油生産量と埋蔵量の推移



BP Statistical Review of World Energy June 2017 より

2007年から7年間の原油高騰期にも同様に、採掘コストの高い油田の開発にゴーサインが出されている。シェールオイルも当初は採掘に100\$/bblかかると言われており、エクソンモービルにとって2009年のXTO買収までは、シェールは投資対象ではなかった。

2000年に発見されたカシャガン油田(カスピ海北部)は、埋蔵量350億bblという、世界有数の巨大油田だが、気候が厳しい上に、圧力や硫化水素濃度が高い、技術的に難しい油田だ。更に海からも石油の需要地からもこれほど遠い立地は他に例がない。開発に着手した2004年から12年後、漸く2016年にカシャガン油田から商業生産が始まり、今後とも生産拡大の余地が大きい。

ブラジル沖のプレソルトと言われる超深海油田も、カナダのオイルサンドも、2014年までの原油価格高騰期に開発が始まり、ペースを落としながら今も開発が進んでおり、今後の生産増が期待できる。近年開発された在来型油田は、当初の開発投資額が大きく減損処理も求められたが、一旦生産が始まると、ランニングコストはシェールオイルよりも寧ろ安価であり、長期間にわたって安定的な生産が続く。

6. 油価に左右されずに増え続ける石油以外の液体燃料

液体燃料は油田やシェール層以外からも生産されている。**図8**に示す通りその生産量は1,600万bbl/日(石油需要の16%)と意外にも大きな数量に成長している。特にガス田から天然ガスに随伴して生産されるNGL(Natural Gas Liquid)と呼ばれる液体燃料は、既に1,300万bbl/日であり、天然ガスの生産拡大に伴い原油価格に拘わらず今後ますます増産されることになる。OPECのカルテル生産枠に、このNGLは含まれない。

バイオ燃料は温暖化対策として期待されている再生可能エネルギーであり、米国で100万bbl/日、ブラジルで50万bbl/日弱のエタノールが生産されている。米国ではトウモロコシ、ブラジルでは砂糖キビが原料だ。これら以外のバイオ燃料は今後期待するしかない。

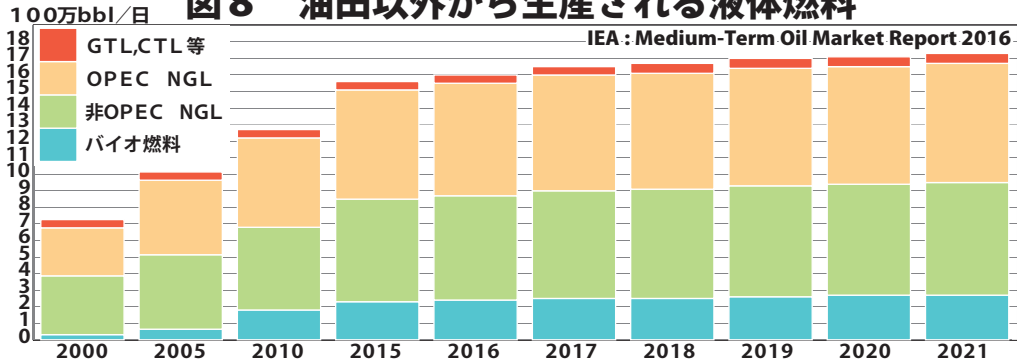
天然ガスから合成して作られるGTL(Gas to Liquid)は、現状23万bbl/日、2025年には40万bbl/日を超えると見られている。

この様に在来型油田や石油以外の液体燃料の生産は拡大しておりシェールオイルによる機敏な生産調整を下支えしている。

7. エネルギー密度が高くハンドリング性もよい、液体燃料の普遍的価値

固体燃料・石炭は固体故に扱い難しく、排気ガスの大気汚染対策が必須であり、大規模発電所での燃料としてしか使えないために用途が限られる。世界の需要は減退し、需給バランスが崩れ、価格は安い。

図8 油田以外から生産される液体燃料



気体燃料・天然ガスは気体故に扱い難く、石炭同様大規模発電所での燃料としては適しているが、パイプラインが無いと供給しにくい。しかしながら一旦パイプラインがつながると、これほど使いやすい燃料はない。タンクもいらぬし、ローリー配送も不要だ。発電所や工場、家庭の固定設備において、今後とも大きな需要の増加が見込まれている。

石油は液体であるため、缶やタンクで運ぶこともでき、道路さえあれば、どこにでも運べるし、容易に飛行機、船舶、車両に積載することができる。さらに石油化学の原料になるなど、用途も広い。しかも昨今の石油製品は硫黄分がほとんど除去されたクリーンな燃料だ。天然ガスは-162℃に冷却する必要があり長期貯蔵に適さないが、安価に貯蔵できる石油はエネルギーの安定供給やBCP(事業継続計画)に不可欠だ。

これほど使いやすい石油の需要が伸びないのは、価格が高いからだ。特に2014年上期までの数年間、石油価格は100\$/bblを超えておりシェールガスの急増で供給過剰となった米国の天然ガスや、石炭に比べて6倍も高価だった。

地震に襲われる危険がある国土では、原子力発電の立地は困難である一方、太陽光発電等の再生可能エネルギーは量的にも安定性でも課題が残る。今後50年先まで見通しても、人類は化石燃料をメインのエネルギーとして頼らざるを得ない。電気や水素はそのほとんどが2次エネルギーであり、今後も主に化石燃料から作られ、その製造過程で発生するエネルギーロスは大い。コスト競争力のある水素を作るため、安価な褐炭が使われており、製造段階のCO2発生量は大い。

むしろ種類の異なる3つの化石燃料を用途に応じて適材適所に、そしてより高い効率で(2次エネルギーに変換したりせずに)活用することが結果的にCO2発生量を最小化することになる。化石燃料の中で、最もエネルギー密度が高く、ハンドリング性もよい液体燃料の普遍的な価値は今後とも変わらない。ようやく安定した価格水準が期待できるようになった石油は、人類にとって有用なエネルギーとして復活している。