

# シェール革命

シェールガス・オイル

シェール革命とは

開発

掘削技術

日本の関連技術

事業再編

賦存量

需給バランス

価格推移

生産量

環境問題

課題、キーワード



需要の増加が見込まれるLNG運搬船  
(president online)



シェールガスの増加

掘削現場

# シェールガス・オイル

地下2000～3000mの**シェール**(頁岩)は1億数千年前の植物の堆積物に圧力がかかり黒くなった泥岩で、頁岩の地層をシェール層という。ここにメタン、エタン、プロパン等のガスが存在しているのが**シェールガス**、液状のものが**シェールオイル**

## 天然ガス・石油

在来型天然ガス・オイル - 採掘しやすい地下の比較的浅い層にある  
 非在来型 - シェールガス・オイルが代表的。 地中深く効率よい取出しが困難

砂などを含む高圧水で岩盤を砕いてシェールガス・オイルを回収する採掘手法が確立し、2005年ごろに北米で本格的に生産が始まった。これにより米国の天然ガスの生産量は急速に伸び、2009年にロシアを抜いて世界最大の天然ガス生産国となり、世界のエネルギー市場や経済・産業構造を大きく変える「**シェール革命**」が進行中。2017年には米国から日本へのシェールガス輸出が始まる見通しで、国内の発電コストの抑制などにつながる可能性がある

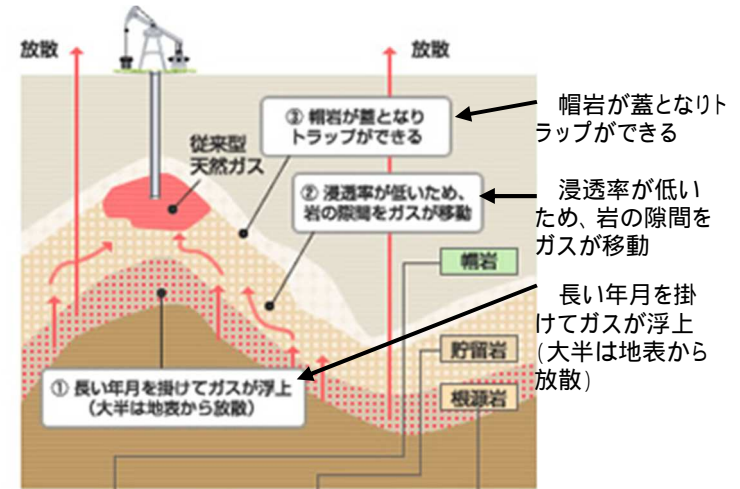


図65-1 在来型天然ガスの生成 (三菱商事)

**帽岩** - 泥岩や石灰石など、浸透率が極めて低く、ガスの上方向移動を阻止する岩

**貯留岩** - 泥岩や頁岩など、浸透率が高く、ガスが移動しやすい岩

**貯留岩** - 泥岩や頁岩など、有機化合物を含み、ガス生成の元となる岩

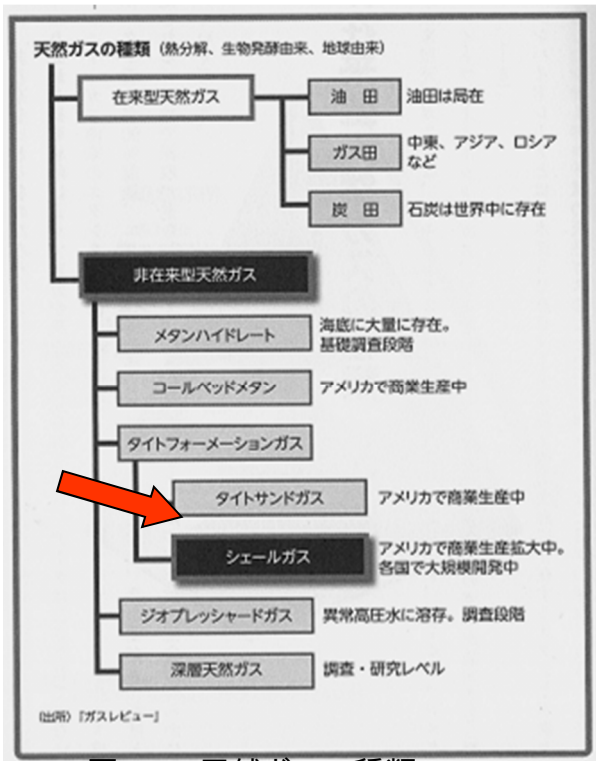


図65-3 天然ガスの種類

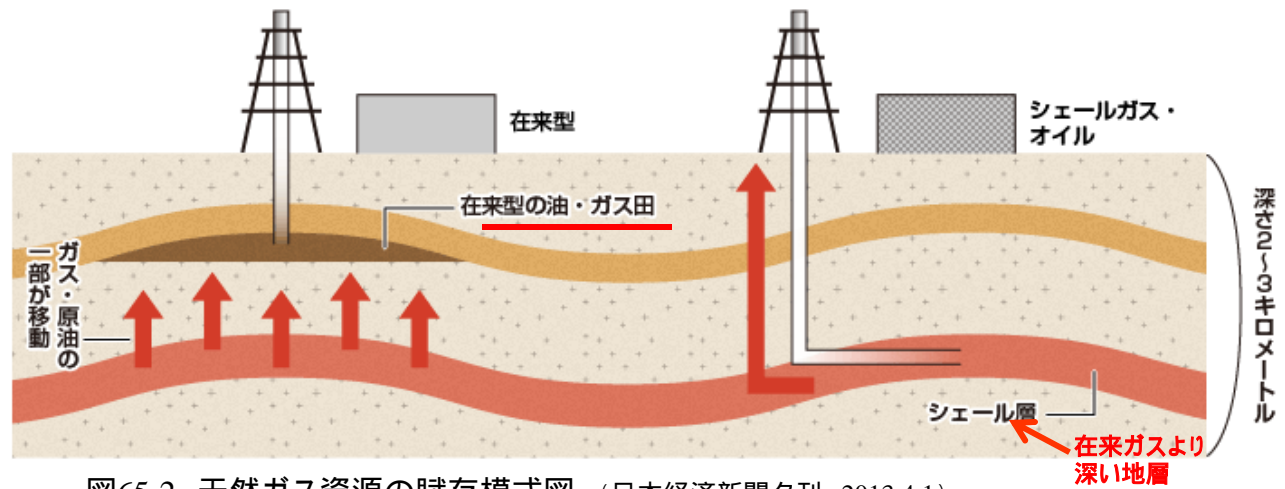


図65-2 天然ガス資源の賦存模式図 (日本経済新聞夕刊 2013.4.1)

追加・更新資料

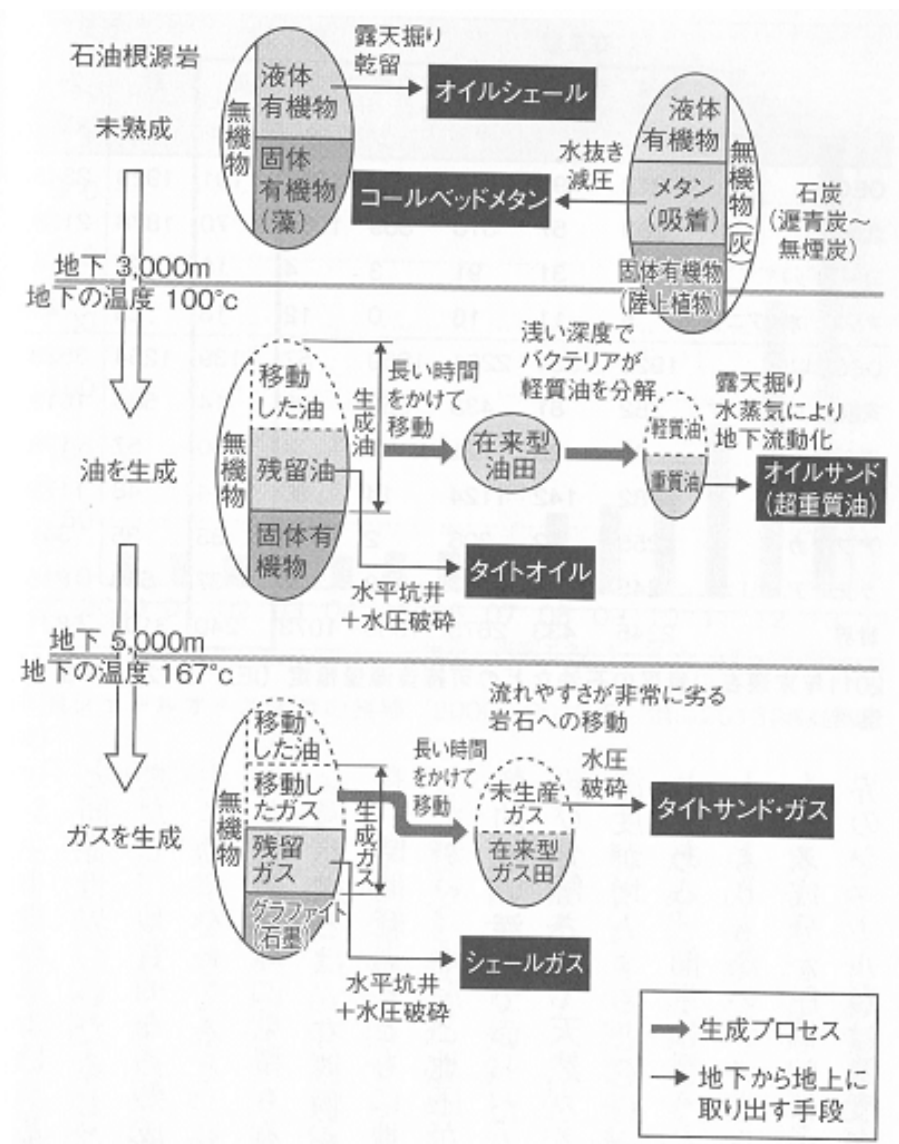


図65-4 非在来型の油とガスの起源と生成イメージ (形成過程から見た非在来型油ガスの分類 / 奥井明彦より)

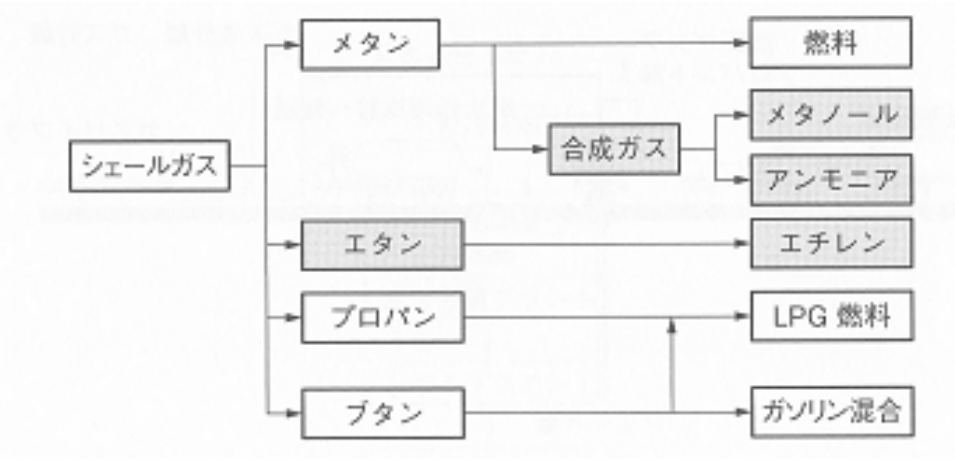


図65-5 シェールガス由来の化学品原料

## シェール革命とは

シェールガス革命あるいはシェール革命とは、今まで困難であったシェール層からの石油や天然ガスの抽出が可能になったことにより、世界のエネルギー事情が大きく変わることを指す

なぜ「革命」か - 革命とは“既成の価値や制度が根本的に変わっていくこと”

- 単に資源エネルギーの生産や価格の情勢が大きく変化するだけでなく、国家の財政や経済成長のパワーを劇的に変え、為替や株式などの市場を変貌させ、それらを通して、世界の勢力図式を大きく塗り替えるだけのインパクトを有している
- 従来の石油、天然ガス資源が特定の国・地域に偏在しているのと異なり、シェールガス・オイルは世界に広がって埋蔵されている。ただし、開発のためのインフラ整備、技術力の確保、消費地との距離など、それぞれの国の状況によって「シェール革命」の進捗度に差が出てくる
- シェールガス・オイルの開発は、基本的には世界経済を浮揚させる。エネルギーコストが下がり、企業・産業にプラス効果を生み、家庭の負担を軽減し、景気浮揚に寄与する

生産 (掘削)	流通 (パイプライン、LNG)	消費 (燃料転換、素材代替)
<b>水圧破碎工程</b> 添加物 フェノール樹脂 ホリグリコール酸樹脂 グアーガム 等 水圧破碎に利用した水の再処理 <b>採掘</b> シームレス鋼管 ガス分離装置	<b>出荷</b> 輸送タンク(炭素繊維) <b>パイプライン</b> ライン用パイプ パイプ敷設建機 <b>LNG</b> 積出港湾設備 液化設備、タンク、 超低温ポンプ LNG運搬船 受入港湾設備 再気化器、タンク、 超低温ポンプ	<b>燃料転換</b> 発電用燃料 自動車燃料 船舶燃料 航空機・ロケット燃料 <b>素材代替</b> 化学製品原料 肥料原料 鉄鋼用還元剤

図65-6 シェール革命の産業影響

表65-1 シェールガス革命による影響

	2015年まで 予測 影響	2020年まで 予測 影響
世界のエネルギー価格	価格低下 新興国 家電消費拡大	価格低位安定 再生 可能エネルギー産業 低迷
アメリカ経済	経常赤字減少 製 造業の国内回帰	経済赤字解消 中国 からの輸入減少
新興国経済	新興国が先進国を 超える エレクトロ ニクス消費拡大	新興国が安定成長 大量消費経済で電力 不足
可処分所得動向	中国・インドの富裕 層急増 同上	新興国中間層が電子 機器購入 同上
エネルギー消費	中国がアメリカを抜 く 省エネ機器設 計増加	インドがアメリカを抜く 省エネ機器規制導 入
日本の安全保障	アメリカの中東軍 事費削減 日本の 再生可能エネルギー の必要性継続	アメリカからシェール ガス輸入 電気料金 低下は小幅で省エネ 継続
欧州再生可能エネルギー	先進国で減速 再 生可能エネルギー 産業の減速	スマートグリッド普及 加速 メガソーラ継 続、家庭用は減速

# 開発

天然ガスは地下に穴を開けると自然に吹き出るのに対して、非在来型ガスは、岩石に残留または吸着した状態であるため、取り出しにくい。しかし、近年の掘削技術の進歩が、非在来型ガスの生産拡大をもたらしている

シェールガス開発の課題 - a.政治的対応技術、 b.技術サービス産業、 c.パイプラインのインフラ整備

資源ナショナリズムの高まりで、国際石油資本の大手石油会社は生産国(中東諸国など)の権益支配から逃れるため、新たな資源の開発 - シェールガス/オイルに注目するようになった。地質学者によりその存在が指摘されていたシェールガスの本格的な探査が始まり、資源の探査、採掘の分野で世界トップ水準の技術を有していたアメリカで2006年頃に実用化段階に達した。

これには、地下深く打ち込んでも歪まず、超高压の水を送り込んでも耐えられる強度を持ったパイプを供給できる日本の鉄鋼メーカーの寄与が不可欠

在来型ガスは自噴により70-80%採取可能

石油は約35% → 水圧をかけて平均50%回収

これに対して:

シェールガスの回収率は 20%

シェールオイルは 5%



図65-9 米国カリフォルニア州のシェールガス鉱区 (Automotive Technology 2013.5)

## 世界各国の生産実用化

- 生産実施 - **アメリカ、カナダ**  
カナダ産シェールガスをLNGとして日本に輸入するには、カナダにLNG基地を建設するとコストがかかるので、アメリカへパイプラインで送り、オレゴン州でLNGにする案がある

- 生産開始 - その他の国では生産規模が小さく本格生産は10年先  
**オーストラリア**: 乾燥地帯に賦存し、破碎用水の大量入手が困難  
**アルゼンチン**: インフラ・ガス採掘関連サービスが未成熟

- 開発着手 - **イギリス、ポーランド**

○開発未着手 - **中国**: 外資の参入を抑制。国営企業に開発を促しているが、アメリカのノウハウ取得が難しく、在来ガスよりコスト高になるので開発に消極的。本格生産は10年先

1md =  $9.87 \times 10^{-16} \text{m}^2$   
浸透率の単位(岩石中のガスの流れ易さを示す)

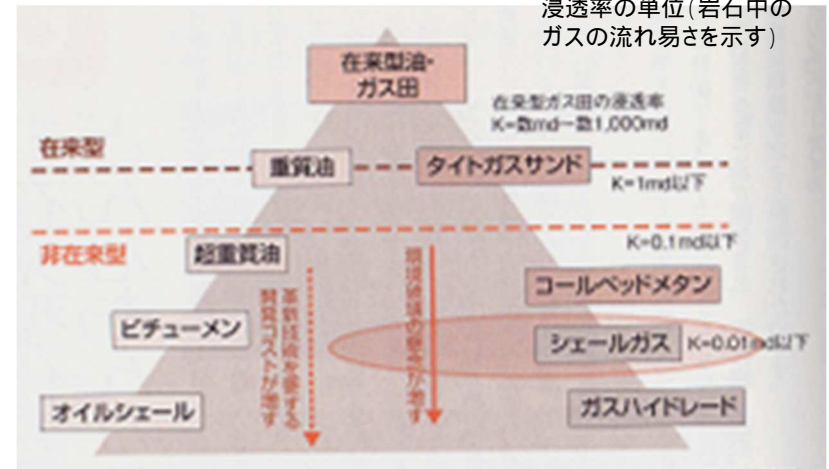


図65-7 天然ガスの資源量トライアングル

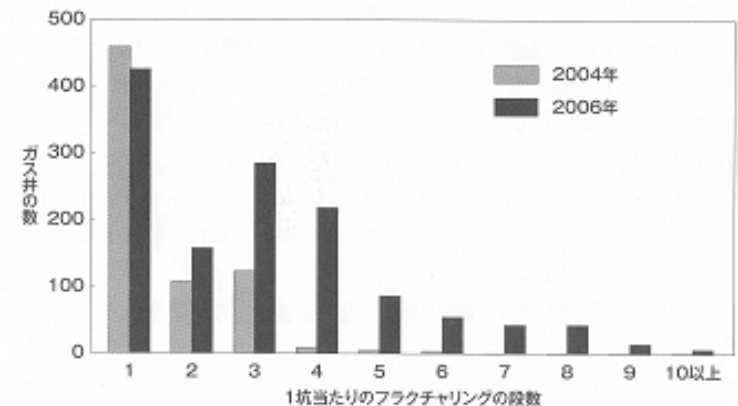


図65-8 アメリカシェールガス基地におけるフラクチャリング段数の増加例



図65-10 世界各地でのシェールガス開発に向けた取組み (エネルギー白書2014)

## 掘削技術

シェールガスの採掘には地下2000～3000mまで掘削し、その先でパイプを水平方向に伸ばし、500～1000気圧の高圧水を送り込み、ガスを含む頁岩を破碎して中に含まれるガスを引き出して採集する

1. **水平掘削(水平坑井)**: 2000～3000mの深さにある頁岩層に閉じ込められたシェールガスは垂直井では生産効率 / 採算が悪い。1本の井戸で生産性を上げるために、頁岩層まで垂直にドリルを下したら、少しずつドリルを傾けて水平にして掘削を進めていく技術が欠かせない。この技術自体は以前からあったが、さらなる技術革新によって、狙った地層により正確に、より早くたどり着けるようになった
2. **水圧破碎(フラクチャリング)**: 頁岩層内のガスを生産するには、水を高圧で押し込んで、岩を割る必要がある。地下3000mは極めて高圧な状態であり、岩を割って作った裂け目がすぐ閉じてしまうのを防ぐため、地層の特徴に合わせた砂を水に混ぜて岩の裂け目に押し込む。最近はこの砂入りの水を押し込むための強力なポンプ車も導入され井戸の生産性がアップ。また、水のリサイクル率を高めて使用量を減らす努力をしている
3. **マイクロサイスマック技術**: 微弱地震(振動)波を用いて地下の破碎状況を観測する精密探査技術。水圧破碎作業で地層のどの部分が破碎されたかをセンサーで感知し、コンピュータ解析で割れ目の状況をcm単位で3D画像に再現し水圧を調整する。これ繰り返し、生産コストの削減や生産性の向上につなげる

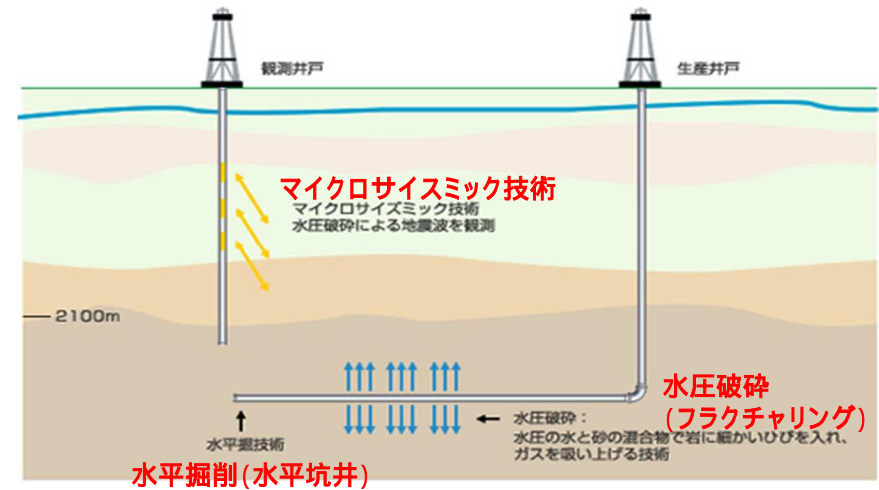


図65-11 シェールガス採掘を可能にした3件の技術革新 (三菱商事)

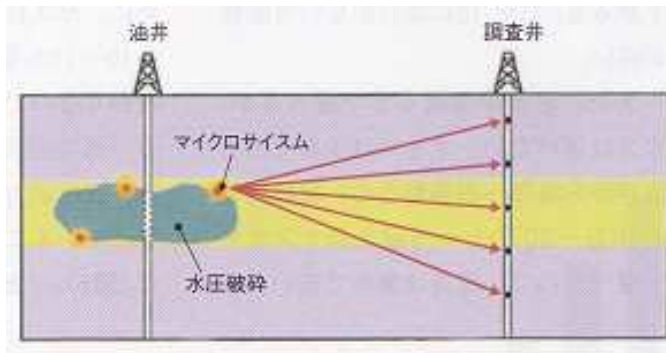


図65-13 マイクロサイスマック  
(自動車技術2013.11)



図65-12 シェール / 頁岩 (Wikipedia)

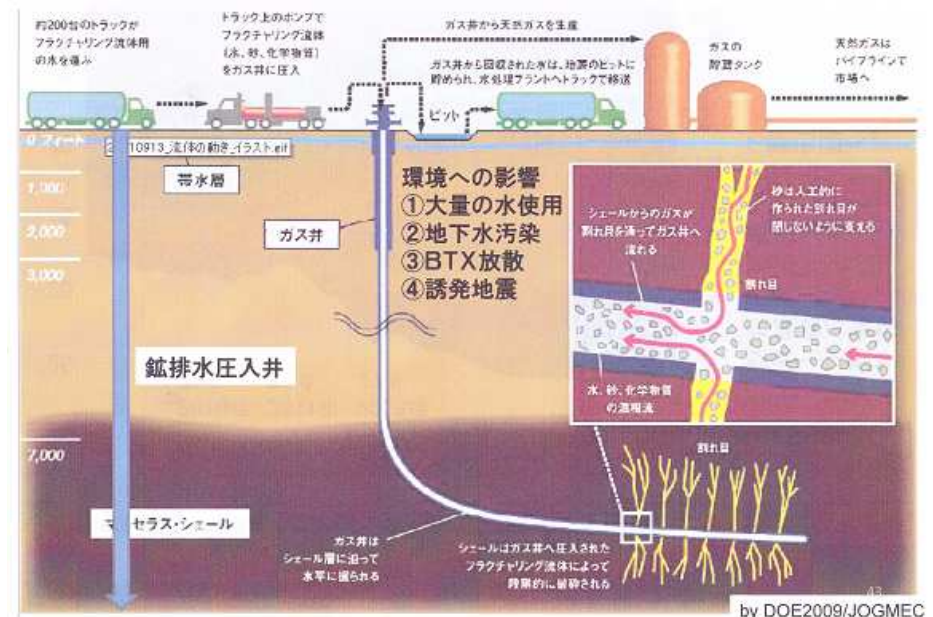


図65-14 シェールガス井の作業  
(牧エネルギー工学研究所)

## 日本の関連技術

シェールガスはエネルギー利用のほか、プラスチック、自動車材料、繊維、電子材料等の原料となり、アメリカでは鉄鋼、化学、自動車等の基幹産業の国際競争力回復の原動力となる

日本では、アメリカの基幹産業の向上に対応して、シェールガス生産関連のプラント技術、炭素繊維、建機、ポンプ等の先端技術、安価なガスを利用する燃料電池車、LNG船、航空機部材等で経済に大きなインパクトが見込まれる

代表例；油井管用のシームレスパイプの新日鉄住金(旧、住友金属)は世界のトップ技術。このほか、LNGプラントの日揮、建設機械のコマツ等が注目される

逆に、安価なシェールガス利用の普及で優秀な技術の優位性が低下；化学産業／エチレンプラント(旭化成ケミカルズ、三菱化学ほか)、原子力発電(MHI、東芝、日立)、低燃費の自動車(トヨタほか)等がある

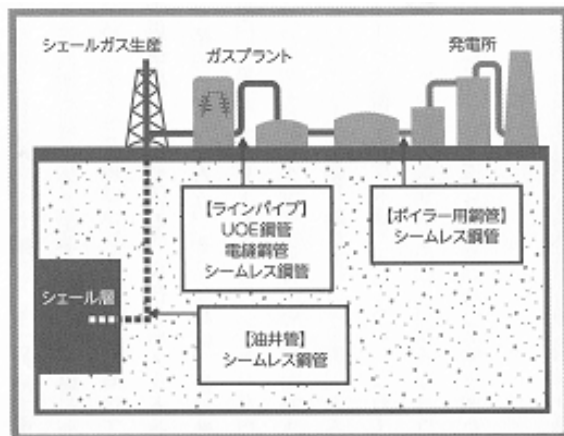


図65-15 各部で使われる日本製鋼管

表65-2 シェールガス革命関連機器で注目の企業例

採取	油井管	新日鉄住金、JFEスチール
	水関連装置	栗田工業、三機工業、荏原製作所
	空気深冷分離装置	大陽日酸、エアプロダクツ、ブラックスエア、リンデ、エアキード、神戸製鋼所
掘削	掘削土木・掘削建設機械	コマツ、日立建機、キャタピラー・ジャパン、コベルコ建機、古川ロッドドリル、大阪鉄工所、鉦研工業、ティクスTSK
利用	燃料電池	トヨタ自動車、ホンダ技研工業、東芝、NEC、NTTドコモ、KDDI、TOTO、日本特殊陶業、ヤマハ発動機
	燃料電池関連(部品など)	日清紡HD、昭和電工、新日鉄住金、大同特殊鋼、日立電線、田中貴金属工業、東海カーボン、東洋紡、トクヤマ
ガス輸送	LNG輸入商社	三菱商事、三井物産、住友商事、伊藤忠商事
	輸入LNG利用者	東電、関電、東ガス、大阪ガス
	LPガス輸入	アストモエネルギー、岩谷産業
	LNG/LPガスタンカー	MHI、KHI、IHIグループ、三井造船
	エンジニアリング	日揮、千代田化工建設、東洋エンジニアリング
貯蔵	LNG貯蔵基地	IHI、KHI
	大型LNG気化装置	住友精密工業、神戸製鋼所
	LNGQ-リー / 貯蔵	日本車両製造、KHI、エア・ウォーター、エーテック(岩谷産業)、クライオワン(太陽日酸)
	冷熱販売	東京ガスケミカル(東京ガスGr)、リキッドガス(大阪ガスGr)
	開発商社(開発投資)	住友商事、三菱商事、三井物産、伊藤忠商事、丸紅



## 事業再編

シェール革命の影響を最も受ける産業の一つが化学産業。アメリカではシェールガス開発の拡大とそれに伴う天然ガスの価格低下で基礎化学品(エチレン等)の生産が変化している。日本でも化学産業各社が事業戦略見直しを求められており、商社等が北米のシェールガス開発に乗り出している

### 米欧日の動向

**ガス価格** - 現在東アジアでの価格はアメリカの4~5倍。欧州はその中間値で、パイプライン輸送のガス価格は低落傾向。日本等LNG輸入では液化設備のコストがかかり、価格低下のインパクトは弱い

**石油価格** - もともと地域間格差が少なく、大幅な価格低下は期待薄だが、1ヶ月前頃から低落傾向

**化学産業** - **エチレン**: アメリカはナフサ(石油精製品)に代わり安価なエタンを原料として産業競争力が高まる。テキサス州等で大化学プラントの建設が進む。日本(三菱ガス化学、信越化学など)や欧州も米国へ進出

- **ブタン系**: LPGとして利用される需要があり、原料価格低下は小。日欧の化学メーカーは国内エチレン製品→ブタン系製品へ生産シフト

**電力** - アメリカでは石炭からガスへの燃料転換で電力価格が低下。欧州では電力価格は米の2倍、再生可能エネルギー推進見直しの動き

**金属産業** - エネルギー多消費産業のためアメリカに回帰が始まる。高炉に頼らず、安価な電力、天然ガスを利用した還元鉄製造の直接製鉄法が注目されている

### シェールガス革命で生まれるビジネスの例

- 天然ガス自動車(NGV) - 低燃料コスト
- 船舶用天然ガスエンジン - CO2排出削減
- LNGロケットエンジン - H2燃料の代替
- GTL(Gas to Liquids)ジェットエンジン - 硫黄分を含まず。A380エアバスで試験飛行
- 燃料電池 - 停電対策

表65-3 日本の化学産業へのシェール革命の影響 (三菱総研)

<b>変化</b>	アメリカのシェールガス生産拡大→新しいインフラ需要 アメリカ内の化学品製造拡大 →安価なエチレン、LPGの生産、輸出
<b>機会</b>	シェールガス開発用素材市場拡大 →鋼管、ガス精製プラント、貯留設備 製造拠点をアメリカ内に建設→フェノール樹脂、ポリグリコール酸、エチレンプラント*1 天然ガスを原料としない化学品供給不足*2→日本の輸出機会の拡大*3
<b>脅威</b>	日本国内生産のナフサ由来のエチレン、同誘導品の競争力低下 日本国内エチレンセンターの統合、縮小(三菱化学、旭化成ほか)

注) \*1:住友ベークライト、クレハ、太陽日酸、信越化学工業など

\*2:ブタジエン、ベンゼン、キシレンなど

\*3:昭和電工、三菱ケミカルHD、旭化成ケミカルズ、JX日鉱日石エネルギー、出光興産など

表65-4 シェールガス・オイルに関する商社の米・カナダ進出状況例

買手企業	場所*1	取得権益率	資産取得額
三菱商事	加ブ	50.0%	25億加ドル
三井物産	米	12.5%	68億ドル
丸紅	米	35.0%	取引総額13億ドル
伊藤忠商事	米	25.0%	10.4億ドル
住友商事	米	12.5%	13.65億ドル
豊田通商	加ア	35.2%	1億加ドル
双日	米	90%(オペレータ)	NA

注) \*1:加ブ=カナダ/ブリティッシュコロンビア、加ア=カナダ/アルバータ、米=殆どアメリカ/テキサス 赤字はガス、青字はオイル関連

# 賦存量

在来型の天然ガスや石油は世界で地域偏在が顕著であるが、シェールガスは世界中に埋蔵されていると考えられている。今までまったく油田、ガス田に縁のなかった地域や国にも膨大な埋蔵量が確認されている

シェールガスの埋蔵量はアメリカと中国が際立っており、アルゼンチン、メキシコ、南ア、オーストラリア、カナダがこれに続く。ポーランド、フランスなども多くの埋蔵量が確認されている。ロシア、中東は現在シェールガスに開発の予定がない。日本では大規模なシェールガスの埋蔵量はないと思われる（学べる「シェールガス」）

シェールガス・オイルのシェールは単なる地層であり、地震探査でその広がりや判るが、薄く広がる層であるため採掘可能量は実際に生産してみても判明

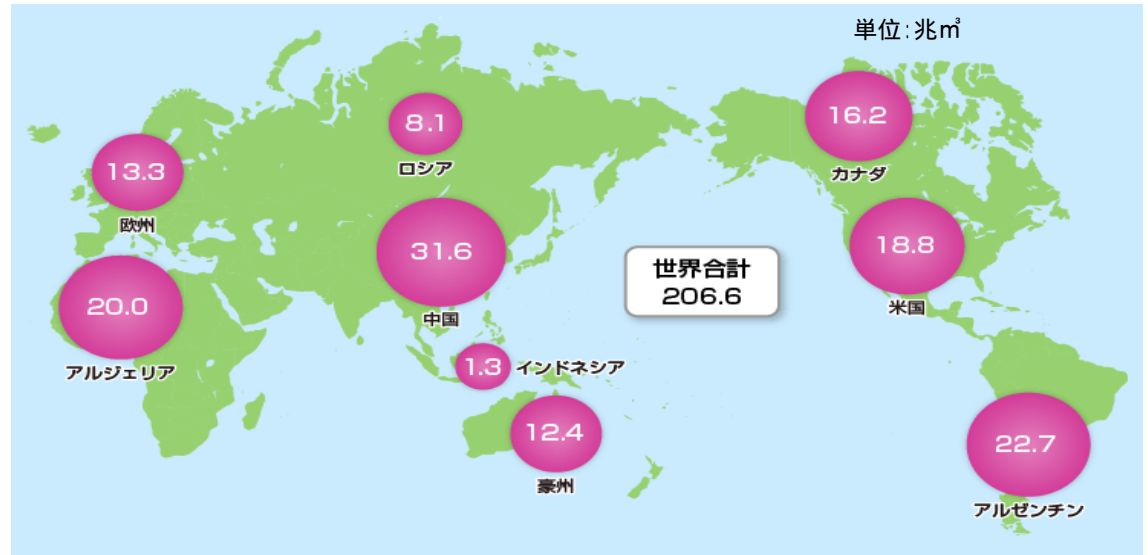


図65-16 世界のシェールガス埋蔵量 (日本経済新聞2013.6.12)

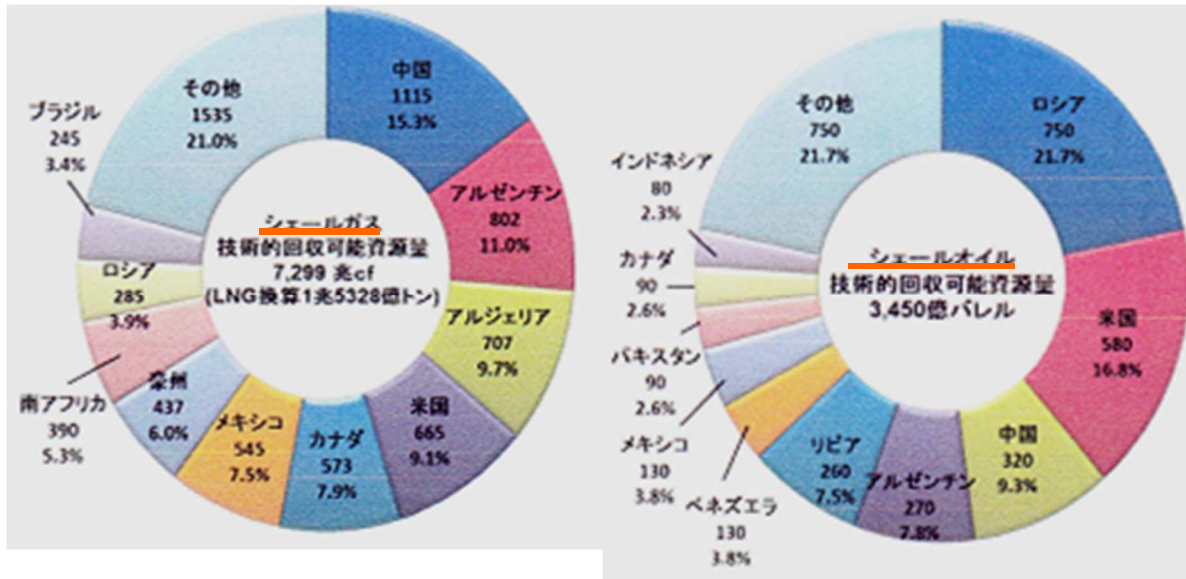


図65-18 世界のシェールガス・オイルの可能性 (エネルギー白書2014)

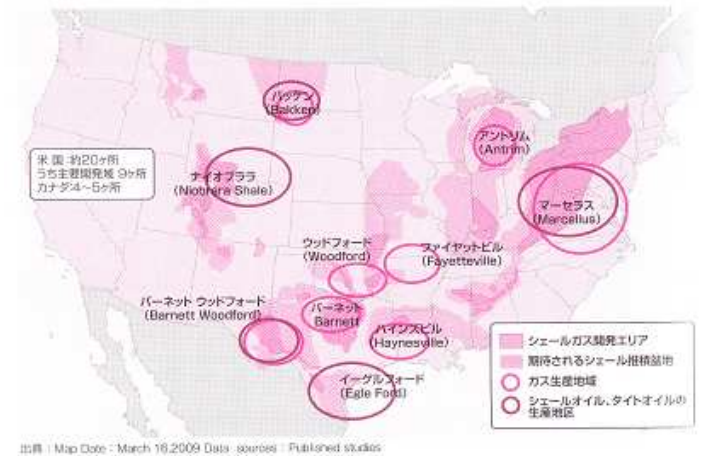


図65-17 アメリカのシェールガス・オイルの開発地域 (トコトやさしい石油の本 日刊工業新聞社)

# シェール革命、米石油生産に存在感

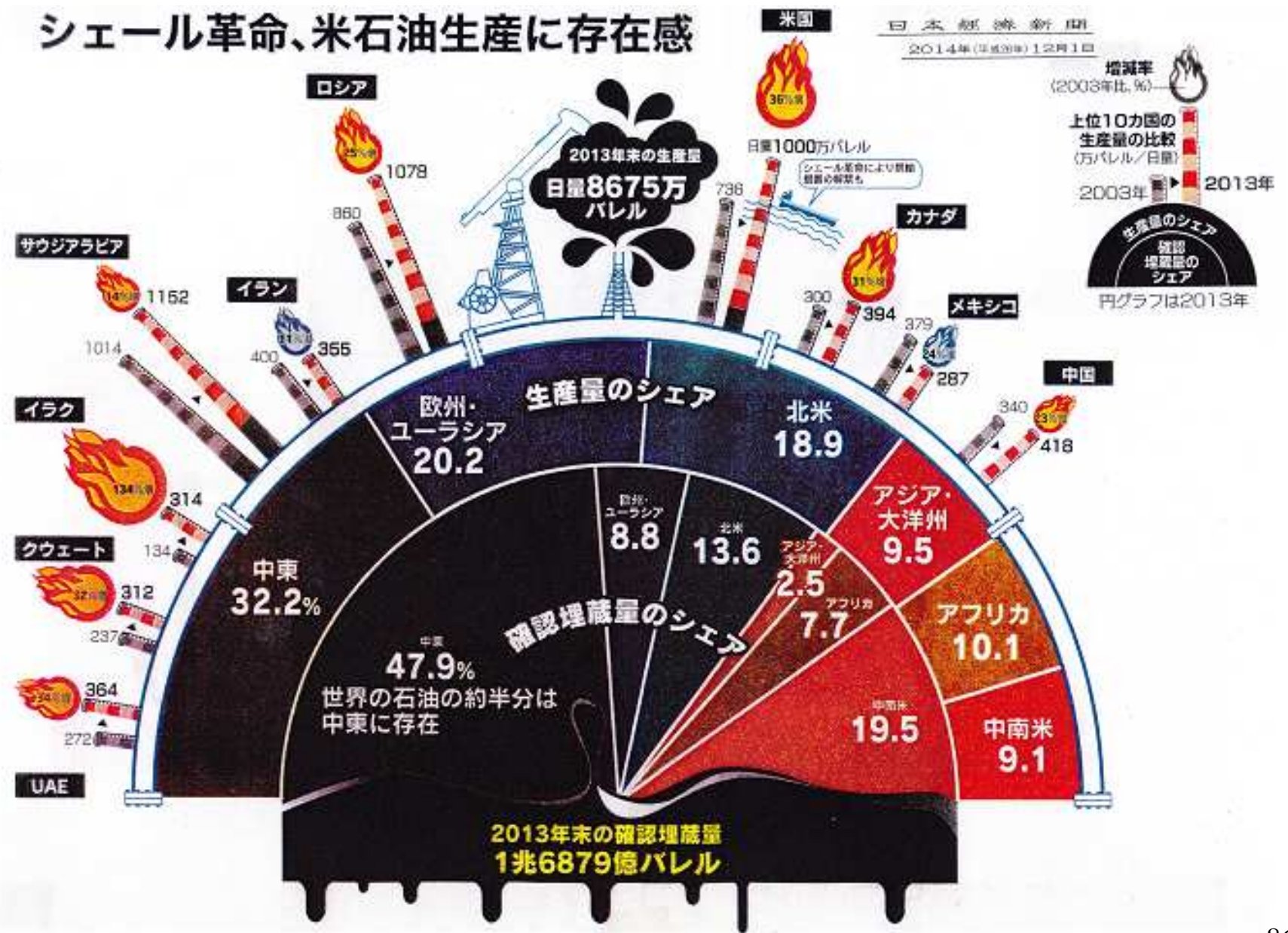


図65-19 シェール革命による石油増産 (日本経済新聞 2014.12.1)

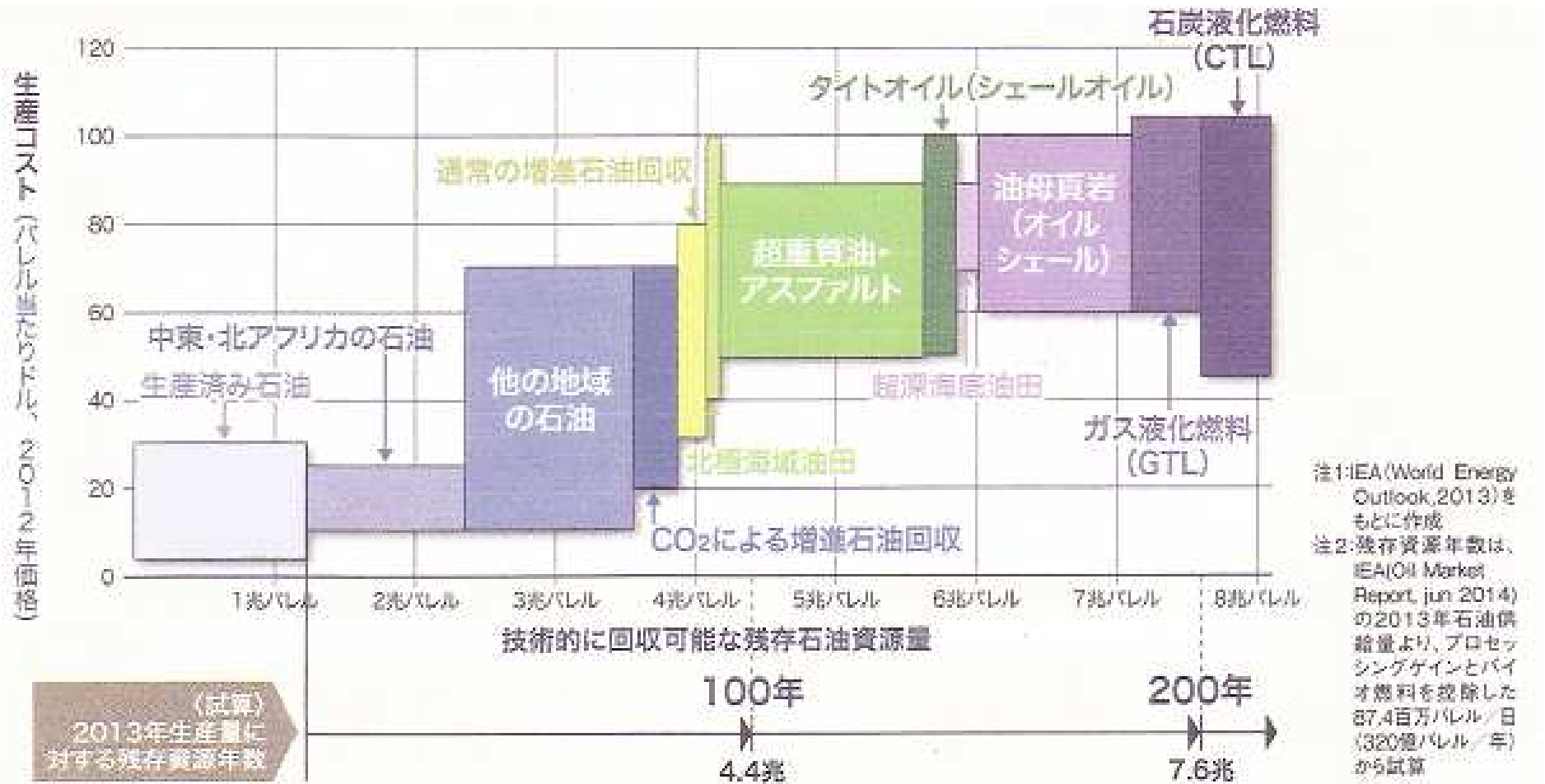


図65-20 石油系資源の可採資源量と生産コスト

# 需給バランス

現在世界最大の天然ガス輸入国であるアメリカが、2020年には天然ガス輸出国になると予想されている。この影響をもっとも受けるのは世界最大の天然ガス輸出国のロシア。天然ガスの貿易には、パイプラインあるいはLNG化に膨大な設備コストがかかるので取引の長期契約が必要とされる

## 今後の天然ガス市場に起こる変化

1. 欧州におけるパイプラインガス輸入減少→石油価格準拠に廃止の議論
2. ロシアの存在感の低下
3. 世界的なLNG供給増により長期取引契約の最低量に流れる。とくに夏に調達してガスを備蓄して低コストのLNGスポットカーゴに目が向く
4. シェール革命による米国内天然ガス生産の大きな変化→カナダ、欧州、中国へ普及
5. 天然ガスの世界市場が飽和傾向で、原油価格リンクでなくなって、価格下落の圧力が強まる。ただし、日本、韓国、台湾の調達はLNGに限定され、価格下落の圧力は効きにくい。大規模な共同購入等の施策が課題

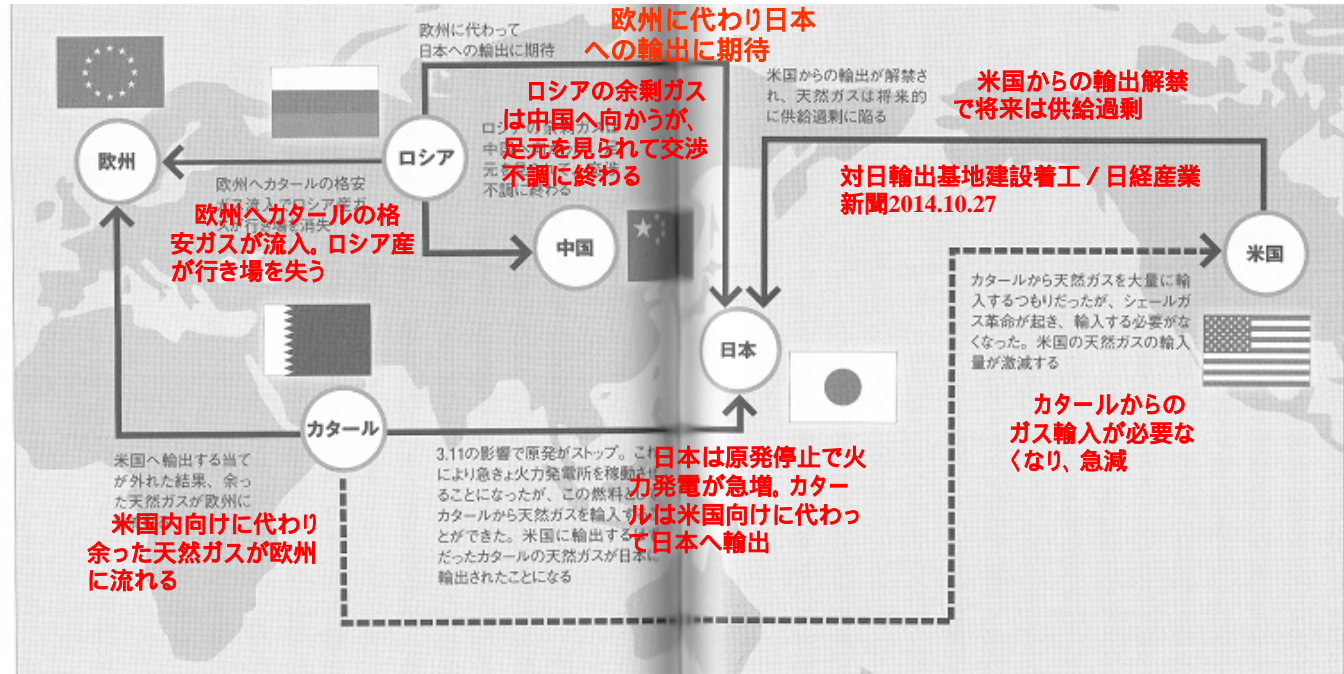


図65-21 シェール革命によるエネルギー供給構造の連鎖的变化

天然ガスの世界的な供給力増加に対応して、今後日本は;

1. 調達先の多角化
  2. 石炭等の選択肢の確保
- の政策が重要となる

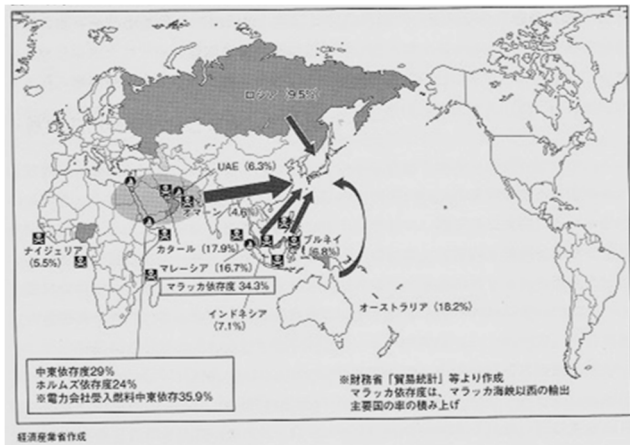


図65-23 日本の天然ガス輸入先(2012年)

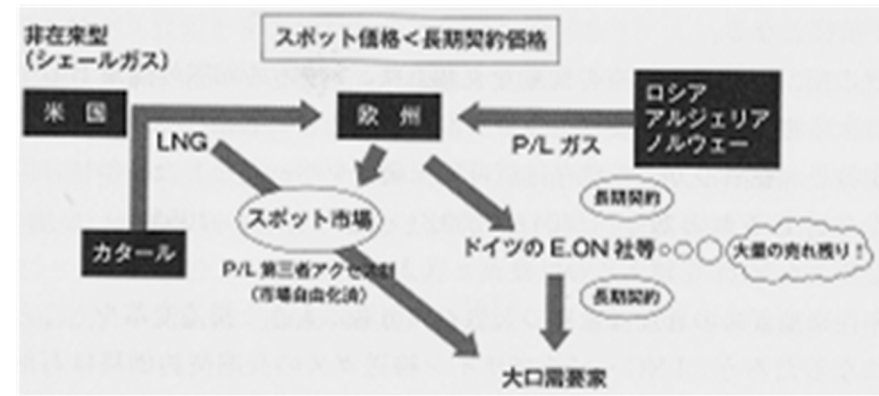


図6-22 ヨーロッパ大陸のガス市場の現状

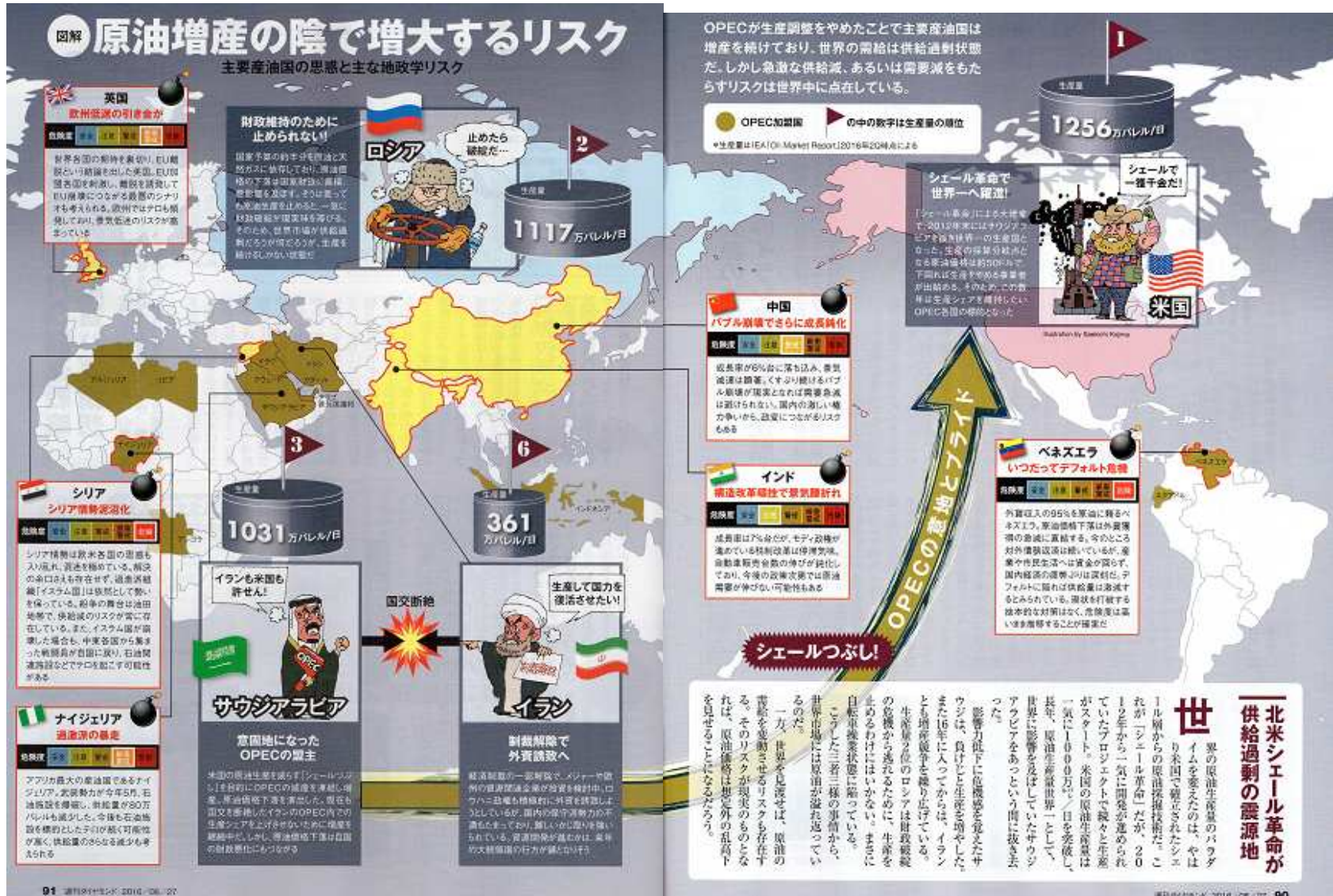


図65-24 シェール革命と石油需給のバランス

## 価格推移

アメリカのシェールガス・オイルの生産コストは鉱床によって大きく変わるが、シェールガスのみ産出する井戸での平均コストは\$3強/100万BTU、オイルは\$10~12(\$60~70/バレル)で約3倍。したがって、オイル随伴ガスでは\$1~2でも採算が合う。日本がLNGとして輸入する場合は\$11ぐらいと見られる(現状は\$16~17)

世界の天然ガス価格の指標として、ヘンリーハブ(アメリカ/P14参照)、NBP(イギリス/Hereng Energy Ltd1社)とJLC(日本)の3種類が基本。JLC(Japan LNG Cocktail)は日本の輸入原油価格にリンクしており、日本の全輸入LNGのCIF平均価格で他の2つより高価格

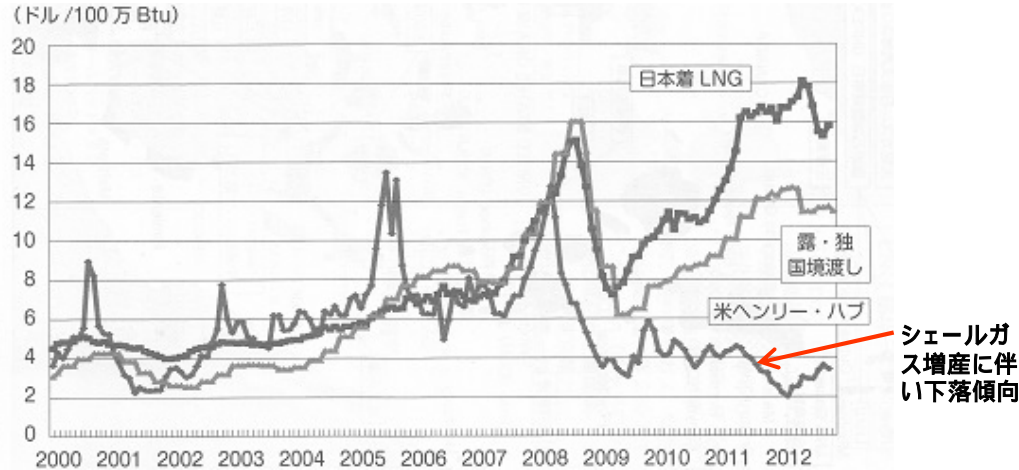


図65-25 米欧日のシェールガス価格の推移

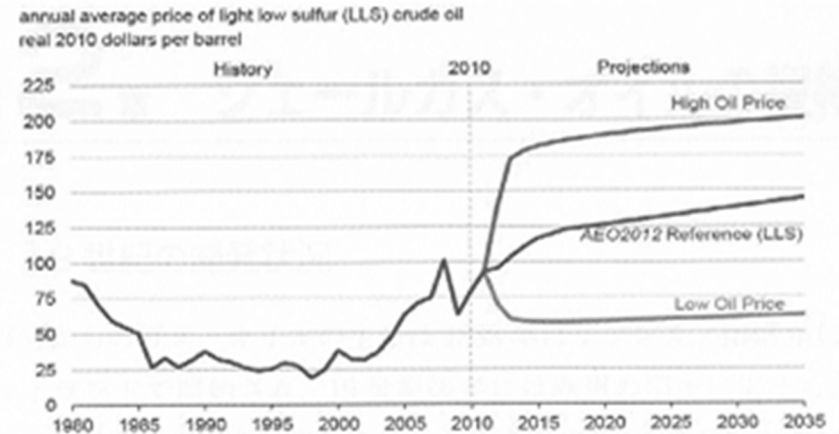


図65-27 シェールオイル価格の推移

### ガス取引価格:

市場で決められるスポット価格(例、ヘンリー・ハブ価格、EEX価格)と、長期契約の石油製品価格(軽油+重油)準拠価格とがある(EEX = European Energy Exchange)

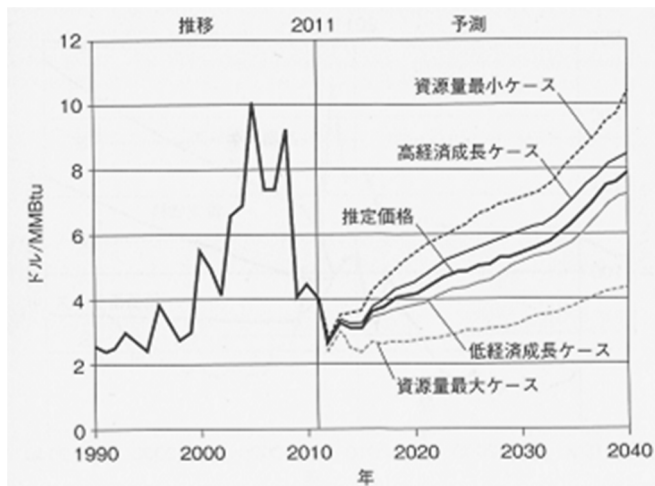


図65-26 2040年までの大気ガス価格推移/(米エネルギー省)



図65-28 ガスと原油(WTI)の発熱量等価の価格指数推移 (Automotive Technology 2013年5月)

### シェール革命の現状(2017年7月) - 日経産業新聞ルポ(2016.7.11 - 7.13)

アメリカで始まったシェールオイル・ガスの開発・生産は、サウジアラビア、イラク、リビアといったOPEC諸国の石油増産という対向措置で、2014年頃に始まる石油価格の一時下落によりシェール革命もひところの勢いを失っていたが、最近の石油相場回復で息を吹き返そうとしている。

開発の中心地の一つアメリカ・ノースダコタ州バッケン地方の原油生産量は

ピーク時(2015年6月) 123万 bbl / 日

直近 107万 bbl / 日

WTI原油先物価格が 20ドル / bbl に落ち込み、オイル・ガス生産企業の多くが作業をストップ。

現在(2016年7月)は45ドル / bblに回復 → 損益分岐点は40 ~ 70ドル / bbl

石油掘削リグの稼働は26基(最盛期は224基)

日経産業新聞3日間のバッケン地方ルポ記事の見出し:

舞い戻る石油労働者

相場回復 - 静かに掘削再開

原油供給過剰再拡大も

掘削再開全米で

価格回復は限定的

トランプ氏(共和党次期大統領候補)に未来を託す

悲願のパイプライン - ブーム再現、建設期待

生産現場には回復の足音

街は閑散、でも楽天的

全ては価格次第

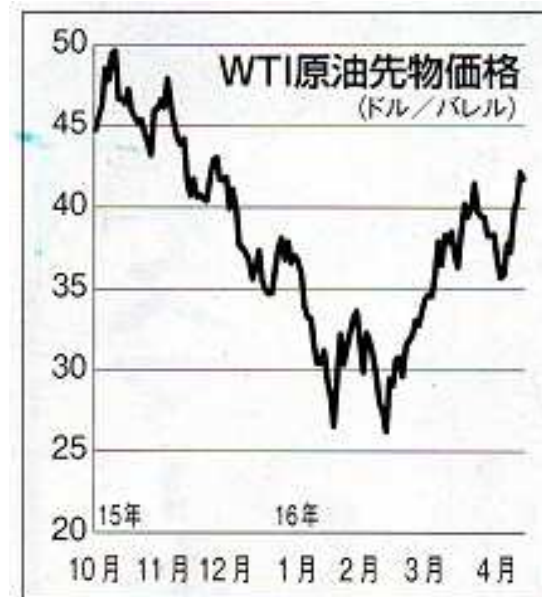


図65-29 最近のWTI原油先物価格の変化 (日刊工業新聞 2016.4.15)

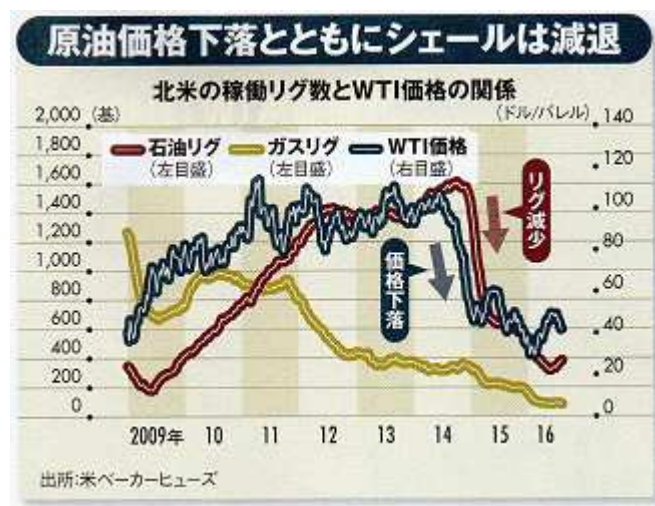


図65-30 2014年WTI原油価格の下落

2014年11月末原油価格が急落し、WTI価格が\$66台/バレルで5年2か月ぶりの安値を記録(朝日新聞2014.11.29)。また、12月に入り、更に価格の下落が進み、12月10日には\$61を割った(NHK報道)



# 生産量

シェール革命は、現在アメリカを中心に進んでいるが、世界エネルギー事情に大きなインパクトを与つつある。もっとも大きな変化は化石燃料の資源枯渇論の時間軸を大幅に後退させていること

シェールオイルの開発では油価が\$50/バレル以上になれば採算がとれる。アメリカでは生産が年々増加してシェールオイルの増産に伴い原油生産量は2013年350万バレル/日→2015年913万、2020年1110万とサウジアラビアを抜いて世界一となる見通し。シェールガスの生産量は2020年まではアメリカ、カナダが中心。その後は中国、ヨーロッパなどでも増加するとみられる。シェールオイルの生産量は、シェールガスに比べ生産コストも高く、原油価格の水準によって大きく変動するため不確実性が高い

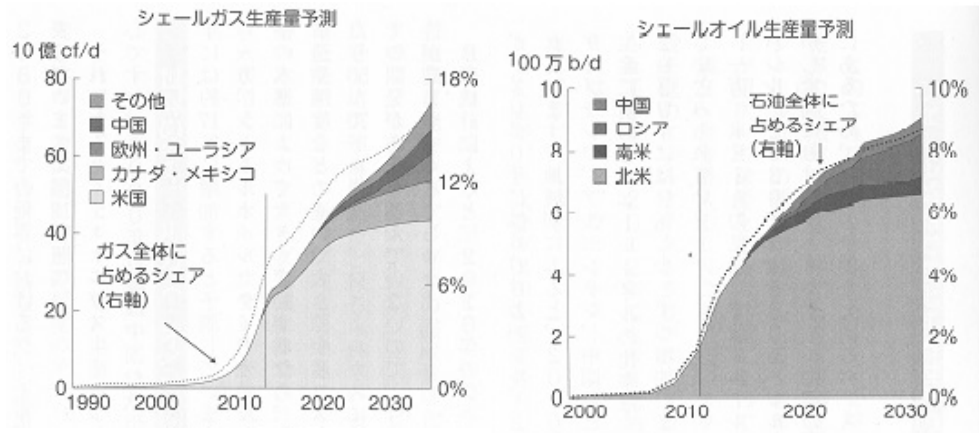


図65-31 シェールガス・オイルの生産量予測

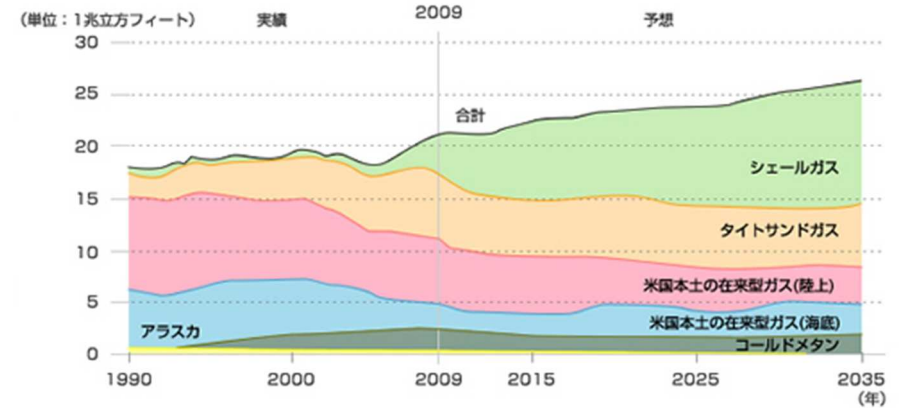


図65-32 アメリカの天然ガス生産予測 (三菱商事)

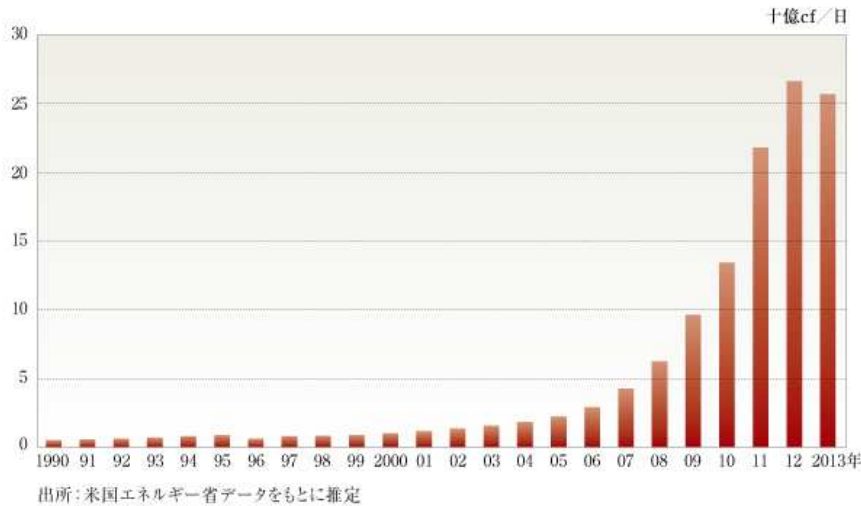


図65-33 アメリカのシェールガス生産量推移 (JOGMEC)

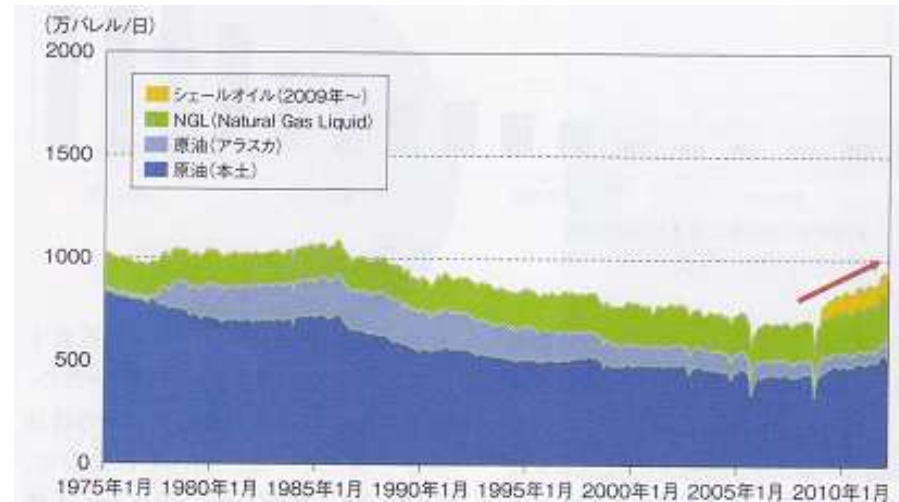


図65-34 アメリカの原油生産量の推移 (自動車技術 2013年11月)

追加・更新資料

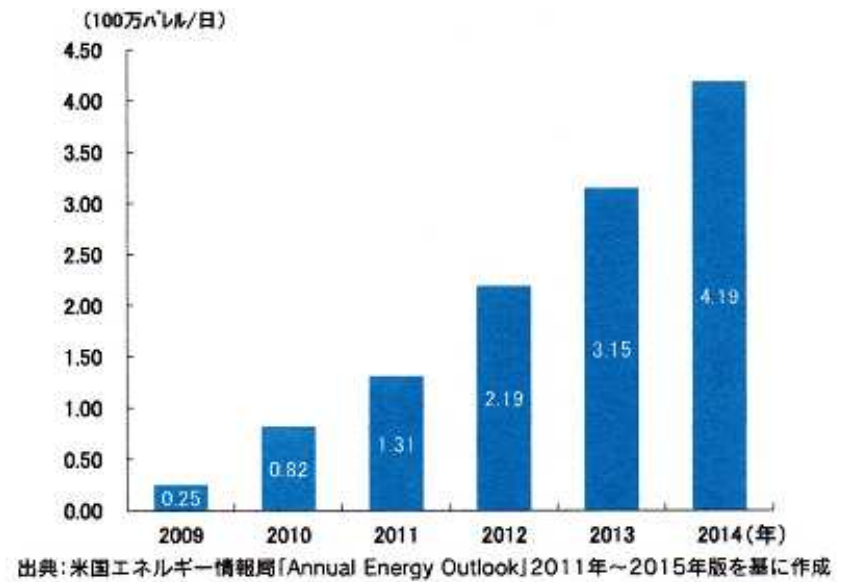
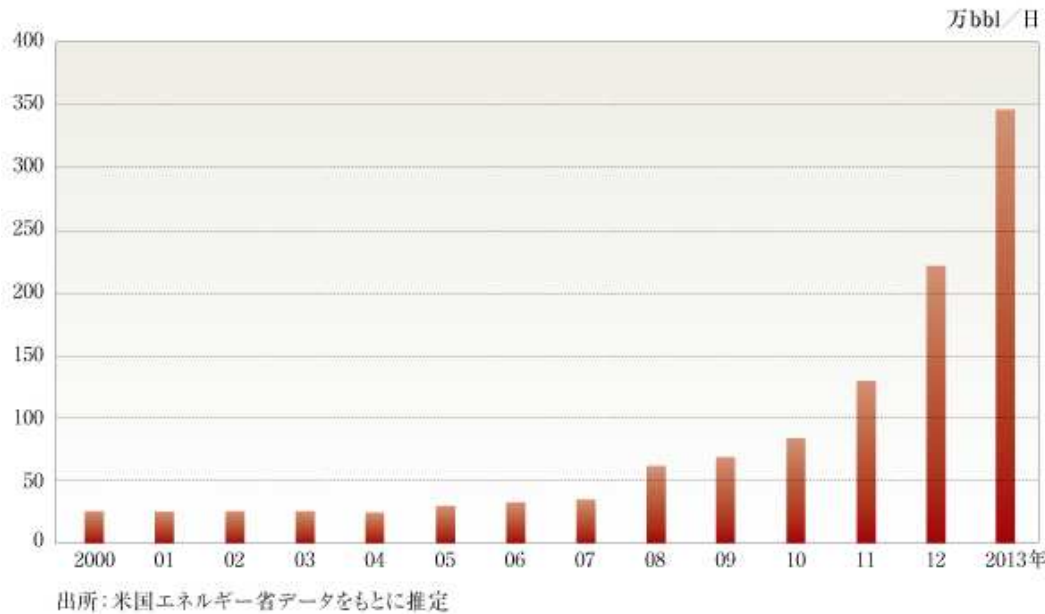


図65-35 アメリカのシェールオイル生産量の推移 (左:JOGMEC、右:エネルギー白書2016)



図65-36 世界の天然ガス価格 (JOGMEC)

## 環境問題

アメリカではシェールガス開発に伴う種々の環境悪影響を心配して、住民、活動家などの反対キャンペーンが起こる。開発優良会社が企業同盟を結成し、地域との共存共栄、所轄官庁との緊密な連携の努力が執られている

### 水の汚染:

水圧破碎には、一つの坑井に多量の水(3,000~10,000m<sup>3</sup>)が必要であり、水の確保が重要。また使用水は水90.6%、砂(プロパント)8.95%、その他化学物質0.44%で構成され、流体による地表の水源や浅部の滞水層の汚染を防ぐため、排水処理が課題となる。実際に、アメリカ東海岸の採掘現場周辺の居住地では、蛇口に火を近づけると炎が上がる、水への着色や臭いなどの汚染が確認されるようになり、地下水の汚染による人体・環境への影響が懸念されている。採掘会社はこれらの問題と採掘の関連を否定しているが、住民への金銭補償・水の供給を行っている

### フラクチャリング流体の浄化:

回収した圧入水には地下からの重金属、放射性物質が混入しており、このような成分を浄化した後、水は廃棄、再利用される。圧入水の浄化でこれらの汚染物質は濃縮され、これを3000~4000mの井戸を掘って埋めるが、原発の廃棄物と比べると汚染の程度は低い。今後、シェール生産が爆発的に増加してその廃棄場所を探すのが困難となる

### メタンガスの漏洩:

環境保護団体が地球温暖化への悪影響を指摘。初回の圧入水の回収でメタンの混入があるが、50年稼働を考えると微量で問題ない

### 誘発地震:

アメリカ地質調査所は米国中部でM3以上の地震の年間の回数が10年前に比較し約6倍になっているとしている(朝日新聞2012.4.26)。また2011年にはコロラド州とオクラホマ州でM5の観測史上最大の地震も記録された。メンフィス大学地震研究情報センターは採掘後に戻し注入された水によって断層が滑り易くなっていると考えている

### シェールガス開発の環境への悪影響の恐れ例:

1. フラクチャリングに大量の水を使用、
2. 坑井のフローバック廃水処理の量的、時間的な限界、
3. 生産廃水の農地汚染、
4. フラクチャリングによる小規模地震の誘発、
5. フラック液の化学薬剤添加物の薬害、
6. 坑井仕上げのセメンチング不備による地下水汚染、
7. ディーゼルエンジンのベントガスの地球温暖化排ガス規制、
8. メタン、ベンゼンなどのリーク、
9. 交通量増大による近隣住民への悪臭、騒音公害、
10. ペットや家畜など動植物への悪影響

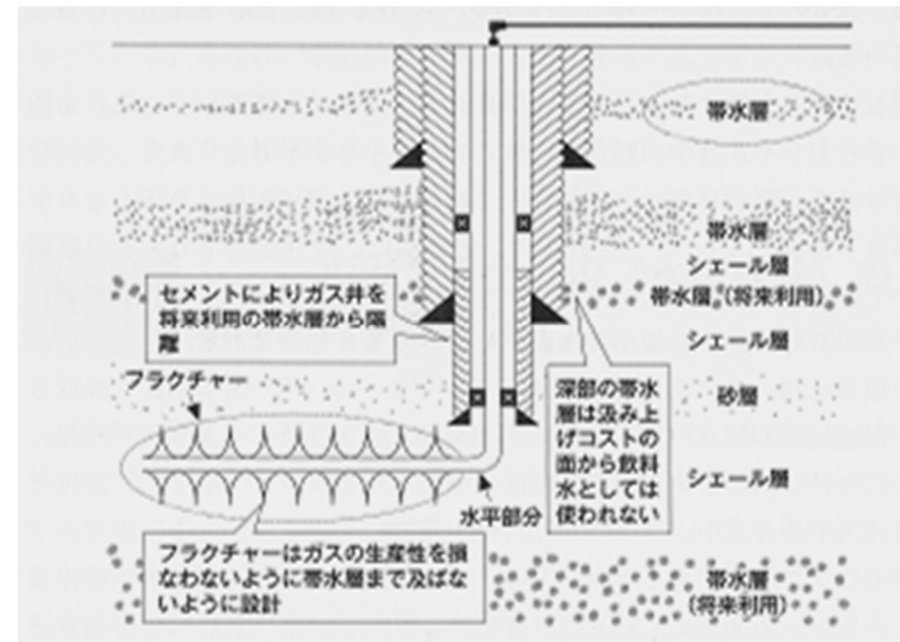
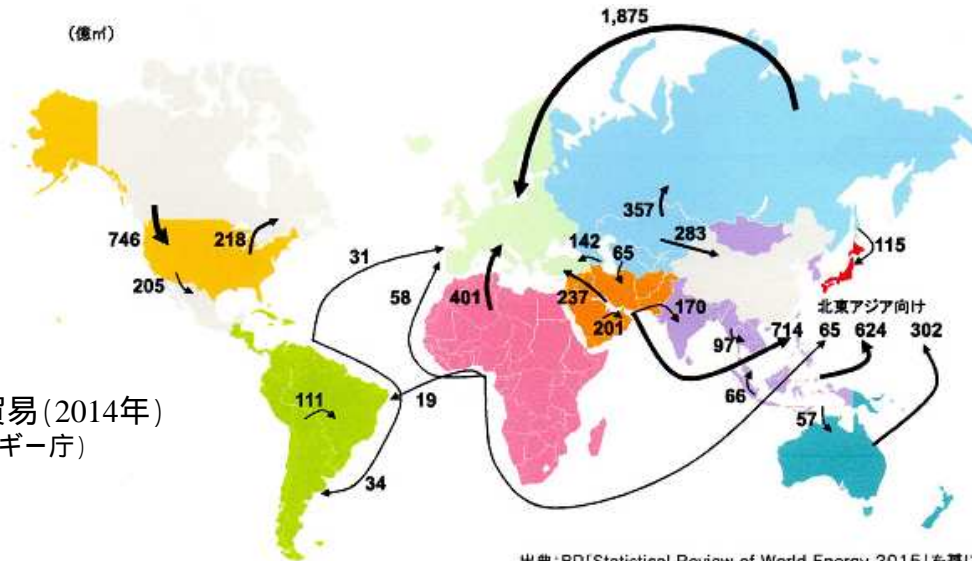


図65-37 シェールガス開発による周辺環境へのインパクト

# 課題

<b>日本の天然ガス輸入の価格交渉力</b>	現在、日本の天然ガスの長期契約に基づく輸入価格は油価連動に伴い、ヨーロッパが調達する価格のほぼ2倍。シェールガスの世界的な供給量増が天然ガスの国際取引価格の低下圧力となっており、シェールガス関連投資による権益を確保し、長期契約の切り替えに合わせて価格交渉力を強めることが必要
<b>フラクチャリング用水</b>	ガスの開発掘削には3,000～10,000m <sup>3</sup> /1坑井の大量の水を使用するので、その確保が課題。河川水では取水量の制約を受けるため、降水量の多い時期に取水して、ガスの生産地付近で貯水して利用するなど対策がとられる。また、フローバックの環境への排水では水処理が行なわれる
<b>エネルギーの大量使用と環境破壊</b>	シェールガス・オイルを含めた化石燃料によるエネルギーが安価になり、その大量使用がCO <sub>2</sub> 排出による地球温暖化防止にはマイナス。原子力、再生可能エネルギーも相対的に影が薄くなる恐れもあり、エネルギー消費量そのものを含めた冷静な議論が求められる
<b>エネルギーのベストミックス</b>	シェール革命で化石燃料の価格上昇は抑えられても、化石燃料一辺倒ではなく、環境保全、ベースロード発電の安定供給など各一次エネルギーの長短を考えて、火力、水力、原子力、再生可能エネルギーなどを取り込んでエネルギーのベストミックスを目指すことが肝要
<b>シェールガス・オイル開発のカベ</b>	シェール開発がカベに突き当たる兆候がある。シェールガスの成分は在来型の天然ガスと同じだが、採掘が困難なため採算割れのケースがでている。住友商事は2014年9月テキサス州のシェールガス・オイルの関連権益の投資損失1700億円を発表。三井物産、伊藤忠、大阪ガスも各300億円前後の損失を計上。ロイヤルダッチシェル、英国BP等も評価損を計上

図65-38 世界の天然ガス貿易(2014年)  
(エネルギー白書2016 / 資源エネルギー庁)



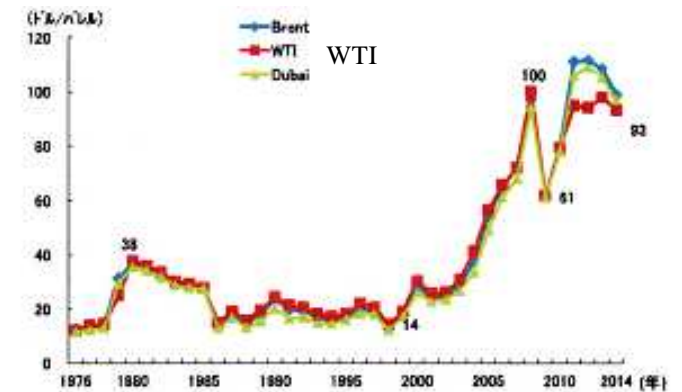
出典:BP[Statistical Review of World Energy 2015]を基に作成

## キーワード

非在来型天然ガス	通常の油田・ガス田以外から生産される天然ガス。すでに一部では商業生産が行われているもの(タイトサンドガス、炭層メタン、バイオマスガス、 <b>シェールガス</b> )および今後商業生産が期待されるもの(メタン・ハイドレート、地球深層ガスなど)を含む。従来技術では採掘できないものも多く、今後の技術開発に負うところが大きい (WEBLIO辞書)
オイルシェール	浅い地下で生物が分解して石油になる前の半製品有機物/ケロジェンがシェール層に浸み込んでいる資源。地下3000m級の大深度地下で地熱と超高压で生成されるシェールオイルとは全く別物。日、米、中、豪などで1970~90年頃採掘、抽出、精製の研究開発に取り組んだが、大量の熱エネルギーを必要とするので採算ベースに乗らず開発は下火
ヘンリーハブ価格、WTI価格	<b>ヘンリーハブ</b> はアメリカの天然ガスの指標価格の呼称。これは、十数本のパイプラインが集積する、ルイジアナ州にある天然ガスの集積地(ハブ)の名称に由来する。 <b>WTI</b> (West Texas Intermediate)はアメリカ/西テキサス地方で産出される硫黄分が少なく、ガソリンを多く取出される原油を指す。いずれも米国内で取引量が特に多く、ニューヨーク商品取引所に上場する天然ガス/原油の先物価格の指標。とくにWTIは世界経済の動向を占う重要な経済指標にもなっている
アジアプレミアム	日本、韓国は欧米に比べてはるかに高価な天然ガスを輸入している。欧州市場での価格はアメリカより高いが、ロシア、北アフリカ、北海~パイプラインを使って調達しており、北東アジアはガスパイプラインの整備されていないため、中東等からLNGで輸入していて、選択肢が少ない (ダイヤモンド・オンライン)

## 参考資料

- シェールガス争奪戦 伊原賢 日刊工業新聞社 2011.9.30  
 シェールガス革命とは何か 伊原賢 東洋経済新報社 2012.8.14  
 シェールガス革命で世界は激変する 長谷川慶太郎ほか 東洋経済新報社 2012.12.20  
 シェール革命で日本が再浮上する 藤田勉 毎日新聞社 2013.3.10  
 シェールガス・オイルの輝ける未来 幾島賢治 シーエムシー出版 2013.6.21  
 図解シェールガス革命 泉谷渉 東洋経済新報社 2013.7.11  
 シェール革命と日本のエネルギー 土市勉 日本電気協会新聞部 2013.10.25  
 シェール革命の正体 藤和彦 PHP研究所 2013.12.9  
 トコトンやさしい非在来型化石燃料の本 藤田和男編著 日刊工業新聞社 2013.12.25  
 シェール革命<繁栄する企業、消える企業> 財部誠一 実業の日本社 2014.1.18  
 シェールガス革命”第二の衝撃”<危機に陥る日本の企業> 室井高城 日刊工業新聞社 2014.1.30  
 木材・石炭・シェールガス 石井彰 PHP研究所 2014.5.2  
 シェール革命<動き出す企業> 石井彰、伊原賢 日刊工業新聞隔週連載 2013.10.7~ 2015.5.19  
 エネルギー白書2016 経済産業省  
 原油暴落で変わる世界 藤和彦 日本経済新聞社出版部 2015.3.25  
 週刊ダイヤモンド ダイヤモンド社 2016.8.27  
 各HP、パンフレット、新聞・雑誌記事



(注) 図中価格の数字はWTIの数字  
 出典: BP [Statistical Review of World Energy 2015]を基に作成

図65-39 国際原油価格の推移  
 (エネルギー白書2016/資源エネルギー庁)