

# 米国のシェール開発・生産をめぐる動向

## はじめに

2013年9月の時点で、リビア、イラン、ナイジェリア、イラクの4カ国から国際市場への原油供給が日量250万bbl減少している。しかし、石油供給途絶の恐れをあまり感じないで済む理由は、米国のシェールオイル増産により、産油4カ国からの原油供給の減少分が米国産原油によってカバーされているからである。日本は、米国から直接には原油を輸入できないが、米国の石油増産によって間接的には助けられており、日本人としては米国に足を向けて寝られない。

米国のシェールガス革命(Shale Gas Revolution)は、ゲームの流れを変える(game changer)という言葉で表現されている。米国エネルギー省(DOE)エネルギー情報局(EIA)は、中長期のマクロ的な生産・輸出予測を公表しているが、個別の地域事情をミクロで観察してみれば、生産現場と周辺地域には幾つかの制約要因がある。EIAのシミンスキー(Adam Sieminski)長官は、エネルギー予測を誤る要因として、①政策・規制、②消費者選好、③経済成長、④技術進歩・技術的なブレイクスルー、⑤燃料の相対価格の大きく分けて5点を列挙していた。五つの変数が複雑に絡み合っ、現実の石油や天然ガスの生産量や需給が決定されていく。

本稿では、第1に、米国におけるシェールオイルおよびシェールガスの開発・生産の動向を概観する。第2に、米国のシェールオイルとシェールガスの生産を左右する制約要因として、①製油所の地域的偏在、②パイプライン網整備の遅延、③水の問題、④環境規制の4点を取り上げる。第3に、シェールオイル、シェールガスの生産拡大によるインパクトを取り上げる。米国における非在来型原油・天然ガスの生産拡大が与える影響として、①世界市場、②米国の産業・雇用、③LNG輸出、④LPG輸出、⑤原油輸出の可能性の5点を取り上げる。米国のLNG輸出は日本にとって重要な課題であるが、日本の家庭用エネルギーの要である液化石油ガス(LPG)の生産や輸出は、米国のシェール開発によってどのように変化しているのか考察する。

自分が見聞した具体的事例に触れながら説明するが、全体としてオムニバス的な内容となっており、各項目の掘り下げが不十分である点をご容赦願いたい。

## 1. 米国のシェール開発・生産の概観

2013年、米国内で稼働している掘削リグは、主として原油分の豊富なシェール構造での掘削作業に充てられている。具体的なシェール構造を挙げると、①マーセラス(Marcellus。ペンシルベニア州、ウェストバージニア州、ニューヨーク州、オハイオ州、メリーランド州)、②バックケン(Bakken。ノースダコタ州、サウスダコタ州、モンタナ州)、③アナダルコ(Anadarko。オクラホマ州)、④パーミアン

(Permian。ニューメキシコ州、テキサス州)、⑤イーグルフォード(Eagle Ford。テキサス州)の五つのシェール構造であり、これらの5シェール構造で全米のリグ数の約3分の2が稼働している。

天然ガスより石油の埋蔵量の多いシェール構造は、パーミアン西部とイーグルフォードである。シェールオイル生産が多くなっている地域は、バックケン、イーグルフォード、

パーミアンの3構造である。パーミアン・シェールはテキサス州からニューメキシコ州まで東西に広がる盆地であり、テキサス州だけではなく、ニューメキシコ州だけで約20万bpdの石油生産量がある。

シェールガス生産は増加している。しかし、注意しておきたい点は、事業者は、ヘンリーハブ価格を中心とする市場価格の安い天然ガスを生産したくて掘削しているわけではなく、あくまで高価格の原油を狙って掘削している点である。在来型のドライガスの生産量は横ばいから微減である一方で、原油生産に伴って生産される随伴ガスの生産量が増加しているため、全体として天然ガス生産量が増加している。探査井は増加しているが、シェールガス開発井は減少している。すなわち、シェールガスを目的に掘削しているのではなく、シェールオイルを掘削しているのである。また、探鉱活動の活発化により、米国の原油・コンデンセートおよび天然ガスの確認埋蔵量が増加しており、2010～2011年の原油確認埋蔵量の伸び率は、原油生産量の伸び率より大きい。タイトオイルの豊富な構造は、バックン、イーグルフォード、バーネット、ナイオブララの四つの地域に分散している。

2012年前半に2ドル/MMBtu近くまで下落した天然ガス価格は、依然として低迷している。Bloombergによる専門家22人による2013年のヘンリーハブ価格の予想中間値は3.75ドル/MMBtu(英国百万熱量単位)であった。米国のシェールガスの採算ラインは4.0～4.5ドル/MMBtuであると言われているので、ドライガスの多い生産井は採算割れを起こすことになる。採算割れ価格でシェールガスが販売できる理由は、産出される

シェールオイルとNGLで利益が取れているからである。地下資源に乏しい国に住むわれわれから見れば、環境分野でノーベル平和賞を受賞したマータイ(Wangari Maathai) 女史の言葉を借りてMOTTAINAI(もったいない)話に聞こえるが、パイプライン設置に高いコストを掛けてシェールガスを消費地まで輸送しても安値で買いたたかれる場合、生産現場でフレアリング(flaring)され、「捨てガス」になる場合がある。現在盛んに掘削されているシェールは、シェールオイルの豊富な構造であるが、仮に天然ガス価格が上昇すれば、現段階では掘削されていないシェール構造でのガス狙いの掘削が着手されてくるであろう。メキシコ湾岸のLNGターミナルまでの天然ガス供給という点では、ヘインズビル(Haynesville)、イーグルフォード、バーネットの3シェール構造がメキシコ湾岸に近く有利であり、距離が遠いが将来的にはニューメキシコ州のサンフアン(San Juan)からのガス供給の可能性が出てこよう。

表1 米国の確認埋蔵量

	2010年12月31日時点	2011年12月31日時点
原油・コンデンセート	252億bbl	290億bbl(前年比+15.0%)
天然ガス	317.6Tcf	348.8Tcf(前年比+9.8%)

出所：米国エネルギー省エネルギー情報局(EIA)

表2 タイトオイルの豊富なシェール構造

シェール構造名	州	2011年末埋蔵量	2011年生産量
Bakken	ノースダコタ、サウスダコタ、モンタナ	19億9,800万bbl	1億2,300万bbl
Eagle Ford	テキサス	12億5,100万bbl	7,100万bbl
Barnett	テキサス	1億1,800万bbl	800万bbl
Niobrara	コロラド、カンザス、ワイオミング、ネブラスカ	800万bbl	200万bbl
合計		33億7,500万bbl	2億400万bbl

出所：EIA

表3 ヘンリーハブ天然ガス価格

2011年平均	2012年平均	2013年予測	2014年予測
4.00ドル/MMBtu	2.75ドル/MMBtu	3.71ドル/MMBtu	4.00ドル/MMBtu

出所：EIA

## 2. 制約要因

シェールオイルとシェールガス開発・生産が、今後更に増産されることは疑い得ない。しかし、その成長軌道 (trajectory) は、ミクロの生産現場をめぐる種々の制約要因により、傾斜角度の高低が変わってくる。現場作業が必ずしもそれ行けどんどんでいかなない制約に直面している要因に焦点を当ててみる。

従前は、米国の原油価格指標としてはWTIを、天然ガス価格としてはヘンリーハブ価格を追跡していれば事足りた。近年では、米国内で取引されている原油および天然ガスの価格には相当大きなバラつきが出ている。米国内で取引されている原油の価格差が生じる主な原因は、①製油所の偏在、②輸送インフラの不足である。生産地と製油所と消費地を結ぶ輸送がスムーズにいかなければ、ある地域では需給がタイトになり、逆にある地域では需給が緩む結果、価格差が生じる。米国内の地域間価格差以上にWTIとブレントの原油価格差 (differential) が拡大している原因は、米国内陸部で原油が生産過剰となり、だぶついていることにある。

産油地帯から製油所までの輸送が、パイプラインの未整備により、鉄道、トラック、内航船舶による輸送に頼らざるを得ない状況が継続すると、高い輸送コストは井戸元のコストに跳ね返ってくるため、米国やカナダの内陸部におけるシェールオイル生産の経済性を損ねて、将来的には生産減退の要因となる可能性がある。

表4 WTIとブレントの平均価格の推移

ドル / bbl

	WTI	ブレント	価格差 (WTI-ブレント)
2006年	66.05	65.15	0.9
2007年	72.34	72.44	-0.1
2008年	99.67	96.94	2.73
2009年	61.95	61.74	0.21
2010年	79.48	79.61	-0.13
2011年	94.88	111.26	-16.38
2012年	94.05	111.63	-17.58
2013年	98.33	108.47	-10.14

出所：EIA

表5 PADD区分

PADD区分	地方	州
PADD I	東海岸 (17州とDC)	メイン州、ニューハンプシャー州、バーモント州、ニューヨーク州、マサチューセッツ州、ロードアイランド州、コネチカット州、ニュージャージー州、ペンシルベニア州、デラウェア州、メリーランド州、ワシントンDC、バージニア州、ウェストバージニア州、ノースカロライナ州、サウスカロライナ州、ジョージア州、フロリダ州
PADD II	中西部 (15州)	ミシガン州、ウィスコンシン州、ミネソタ州、オハイオ州、インディアナ州、イリノイ州、アイオワ州、ケンタッキー州、テネシー州、ミズーリ州、ノースダコタ州、サウスダコタ州、ネブラスカ州、カンザス州、オクラホマ州
PADD III	メキシコ湾岸 (6州)	アラバマ州、ミシシッピ州、アーカンソー州、ルイジアナ州、テキサス州、ニューメキシコ州
PADD IV	ロッキー山脈 (5州)	モンタナ州、ワイオミング州、コロラド州、アイダホ州、ユタ州
PADD V	西海岸 (7州)	ワシントン州、オレゴン州、カリフォルニア州、ネバダ州、アリゾナ州、アラスカ州、ハワイ州

出所：各種情報より筆者作成

### (1) 製油所の地域的偏在

米国の製油所と精製能力を考える場合、PADDという地域区分で見ると理解しやすい。PADDとはPetroleum Administration for Defense Districtsの略である。第二次世界大戦中の1942年、全米のガソリンや軽油等の石油製品の供給を過不足なく行えるようにするため、全米50州を5地域に区分したものである。1954年に廃止されたが、現在でも原油や石油製品の国内流通の統計を取るために便宜的に利用されている。

硫黄分の多い重質油を処理できる精製能力を有する製

油所が多い地域は、PADDⅢ(メキシコ湾岸)およびPADDⅤ(西海岸)である。他方、軽質油の処理に向いている製油所が多い地域は、PADDⅠ(東海岸)である。内陸部で産出されるシェールオイルは、大部分が「低硫黄軽質油」であるので、本来的には東海岸の製油所に輸送することが理にかなっている。しかし、内陸部から東海岸へ連結しているパイプラインの輸送能力が不足しているため、コストの高い鉄道やトラックによる輸送に依存している。

また、製油所のコスト負担を増大させる環境規制が、環境保護庁から提案されている。2017年1月1日より、ガソリンの硫黄含有量を10ppmまで低減させる規制案TierⅢがそれである。TierⅢの施行により、米国の石油精製業のコストが100億ドル上昇するという試算がある。米国の製油所は、内陸産原油の供給過剰と価格低迷により高いマージンを享受し、わが世の春を謳歌している。しかし、TierⅢ遵守のための設備投資が必要とされる。

## (2)パイプライン網整備の遅延

### ①原油輸送のボトルネック

石油や天然ガスの長距離パイプライン建設に当たり、約20年間にわたる償却期間の間、輸送量を獲得できるか否かが投資採算性の判断基準となる。米国内のパイプライン整備の遅延により、原油輸送のボトルネックが生じている主要な事例を紹介する。

第1に、新興の産油地帯となったノースダコタ州バッケンおよび原油価格の高騰によりSAGD(Steam-Assisted Gravity Drainage)法によるオイルサンドからの抽出の採算性が改善したカナダの原油は、内陸部で産出されているので、製油所からも最終消費地からも遠い。また、製油所や消費地と連結するパイプラインが不足しているため、バッケンやカナダの原油価格は下方圧力にさらされている。第2に、オクラホマ州クッシング(Cushing)は、

表6 PADDの石油精製需要

PADD区分	石油精製需要(2012年)	精製設備の性質	処理原油
PADDⅠ(東海岸)	941千bpd	中質・軽質油向き	アフリカ・中東産低硫黄軽質油
PADDⅡ(中西部)	3,438千bpd	重質油処理向けにアップグレード中	カナダ産重質油(オイルサンド)、バッケン産軽質油
PADDⅢ(メキシコ湾岸)	7,727千bpd	世界最新鋭の精製設備、重質油向き	カナダ産 <sup>れきさい</sup> 瀝青、メキシコ産原油、ベネズエラ産重質油
PADDⅣ(ロッキー山脈)	568千bpd		国内産低硫黄軽質油、カナダ産重質油
PADDⅤ(西海岸)	2,331千bpd		地域産重質油、アラスカ産原油、コロンビア・サウジアラビア・ロシア産原油

出所：EIA、各種情報より筆者作成

表7 ガソリン含有硫黄規制

	TierⅠ	TierⅡ	TierⅢ
硫黄分規制量	年平均300ppm	年平均30ppm	年平均10ppm

出所：各種情報より筆者作成

石油パイプライン網のハブであり、内陸部で産出された原油が集中してきているが、クッシングからメキシコ湾岸に立地する製油所までのパイプライン輸送が飽和状態にある。このため、クッシングでは原油価格が低下圧力に押されている。第3に、東海岸の製油所は低硫黄軽質油の処理に向いており、バッケンからの原油輸送が可能であれば、原油の品質と製油所の処理能力がマッチしているが、ノースダコタ州から東海岸へ通じるパイプラインがない。第4に、テキサス州のパーミアンとイーグルフォードでは、低硫黄軽質油が産出されており、メキシコ湾岸の製油所に続々と輸送されているため、アフリカからの低硫黄軽質油の輸入量が減少傾向にある。

### ②Keystone XLパイプライン

カナダ産重質油(オイルサンド)は、メキシコ湾岸の最新鋭の製油所で処理するのが合理的である。しかし、カナダから国境を<sup>また</sup>跨いでメキシコ湾まで結ぶKeystone XLパイプラインの建設には米商務省の承認が必要であるほか、環境派のチャンピオンであるケリー-国務長官の下で承認を得ることは容易ではない。Keystone XLパイプラインは当初計画ではオガララ帯水層(Ogallala aquifer)を横断するため、環境保護派が反対していた。ネブラスカ州経由ルートへの変更後は、環境上微妙なサンドヒル(Sand Hills)地方を通過することになり、温暖化効果が

## 米国のシェール開発・生産をめぐる動向

ス排出量の増加に対する懸念とともに、環境影響評価の対象となっている。国務省によるKeystone XLパイプライン承認は、2014年まで遅れると予想されている。

### ③天然ガス輸送

米国の州間天然ガス・パイプライン総延長は22万マイル(35万2,000km)に達する。EIAの予測では、2020年に米国は天然ガスの純輸出国に転換する。しかし、局所的に見れば、豊富な米国产天然ガスが行き渡らずにLNG輸入に依存する地域がある。上原浩治投手と田澤純一投手が活躍したレッドソックスが2013年の大リーグのワールド・シリーズを制覇したが、レッドソックスの本拠地であるだけでなく、ハーバード大学やMITの所在する学術とスポーツの街ボストン(マサチューセッツ州)のあるニューイングランド地方(同国東北部)は、米国内からの天然ガスのパイプライン輸送能力が不足しているため、外国からLNGを輸入している。ニューイングランド地方では、厳冬期の天然ガス需要のピークロード対策が頭の痛い問題となっている。また、メキシコは産油国であるものの、ガスが不足しており、LNGを輸入している。現在、メキシコと国境を接しているテキサス州とニューメキシコ州では、米国の天然ガスをパイプラインで輸出する計画が目白押しである。

### ④代替輸送手段の問題

NIMBYという言葉がある。これは、Not In My Backyardの略語である。軍事基地、刑務所、ゴミ焼却場など地域住民にとって迷惑となる施設を自宅の近所に設置しないでほしいという住民感情である。最近では、原油・石油製品・天然ガスのパイプライン設置に対して、地域住民が反対する事例が出ている。環境破壊に対する懸念であるが、パイプライン設置工事の工期は比較的短期で完了し、地元で中長期的な雇用機会を創出しないことも反対される理由の一つであると言われている。パイプラインの設置が順調に進まなければ、製油所や消費地との連結がうまくいなくなる。

2009年、ビル・ゲイツと億万長者全米No.1の地位を競っているウォーレン・バフェット氏がBNSF鉄道(元Burlington Northern Santa Fe Railway)を買収した。トラック輸送より鉄道輸送が比較優位にある、将来的にシェールオイルの輸送需要が伸びるといった投資判断があるのかもしれないが、BNSF鉄道は設備増強によって輸送能力拡大を継続している。2013年7月6日、カナダのケベック州Lac-Méganticで原油タンク列車の脱線・火災事故が発生し、150万ガロン(約5,700kl)の原油が

流出して、死者47名の大惨事となった。同事故後、カナダ鉄道規制当局も米連邦鉄道庁(Federal Railroad Administration:FRA)も安全基準の強化を打ち出し、米鉄道連盟(American Association of Railroads:AAR)は安全対策の強化を受け入れた。原油の輸送手段としては、パイプラインが最も安全性が高い。石油パイプライン建設が各地で反対に遭遇し、タンクローリーやタンク列車による原油輸送が増加している。パイプライン設置に対する反対により、別の面のデメリットやリスクが増大することを想像する必要がある。ケベック州の原油タンク列車脱線・死亡事故は、ある意味で警鐘である。

パイプラインの代替輸送手段として、タンカーや内航バージ(舢舨)も使用されている。1920年商業航海法(通称ジョーンズ法Jones Act)に基づき、米国内の港を貨物輸送する船舶は、米国で建造され、米国人または米国企業によって所有され、米国人船員により運航されなければならない。米国人の米国人による米国人のための内航船舶と言うべきであろうか。ジョーンズ法は、等しくタンカーや内航バージに対しても適用されるため、米国内における原油や石炭の船舶輸送の大幅なコストアップを招いている。

現状では、トラック、タンクローリー、タンク列車、タンカー、バージ等のパイプラインの代替輸送手段による輸送コストが、米国产原油の供給過剰に起因する精製・販売マージンに収まっているため、代替輸送手段が活用されている。精製・販売マージンが縮小する事態になれば、高コストの代替輸送手段が選択されなくなる可能性がある。

### (3)水の問題

米国では、地下水が住民に対する水供給において極めて重要な地位を占めている。地方生活者の95%が地下水から飲料水を採用しており、4,200万人の生活が井戸水に依存し、水供給の40%弱が地下水である。一般的には、地下水の帯水層とシェール層の深度には大きな隔たりがある上、両層の間に不浸透層があるので、フラクチャリングに使用される化学物質が地下水の帯水層に流入するリスクは低いと言われている。

フラクチャリングにおける水の問題は、取水、注入、回収・リサイクル、廃棄の各段階で生じる可能性がある。生産井掘削と水圧破碎に使用する水量は、1,000万~1,500万ℓと言われる。2011年に米国で記録的な早魃(かんばつ)が発生したことによるトウモロコシの不作によって、トウモロコシを原料とするバイオ燃料の使用基準の妥当性に関する議論が惹起され、シェール開発現場で行われるフラク

チャリングで使用する水不足が問題となった。米国では、州ごとに水の供給力にバラつきがある。全米で最もシェール開発が盛んなテキサス州では、取水の問題が取りざたされている。

ベネチアに次いで世界で2番目に橋の多い街がピッツバーグであるという話を聞いたが、ペンシルベニア州は河川や湖沼の多い州である。だから同州が取水に困ることはなく、石炭産業や鉄鋼産業で繁栄した時代がかつてあったため、化石燃料採掘やフラクチャリングに対する住民のアレルギーが比較的少ないと言われている。ペンシルベニア州環境保護局は、Marcellusシェールの掘削で使用する1日あたり水量は州全体の水使用量の0.1%に満たないという。しかし、水の豊富な州と水が不足している州では全く事情が異なる。

また、ニューメキシコ州のサンファンを現場視察した時、乾燥した荒野が広がっていたが、フラクチャリングに使用する取水に関して質問したところ、地下の石炭層が帯水層になっているので、取水には不自由しないということであった。地下水の所有権は土地所有者に帰属する。ニューメキシコ州パーミアンを現場視察した時、牧場に給水タンク車が入り出しているのを目撃したが、牧場によるフラクチャリング用の「水商売」であった。

フラクチャリングに使用する水量を減らす技術開発が進められている。第1に、Schlumberger社は、従来型のフラクチャリングに対して大幅に水使用量を削減できる技術開発に乗り出している。第2に、GE (General Electric)は、フラクチャリングに使用したフローバック水を100%再利用するリサイクル・システムを開発している。第3に、水以外を注入するフラクチャリングが行われている。これは、地下水ではなく淡水と海水が混合した汽水を使用するフラクチャリングや、プロパンやブタン等のNGLを使用するフラクチャリングが実施されている。カナダのGasfrac社は、ゲル状LPGを使用する「ガス・フラクチャリング」を実用化している。中国によるレアメタル・レアアースの輸出制限措置によって、米欧日が窮した際、①使用量節減、②リサイクル、③代替剤開発に着手したが、フラクチャリング水に関しても同様の動きが出てきている。

#### (4)環境規制

##### ①フラクチャリングをめぐる賛否両論

内務省土地管理局 (BLM) は現在、連邦政府と先住民の所有地でのフラクチャリング規制を検討中である。石油・ガス業界からは、州政府レベルの既存の規制で十分に実効が上がっているとして、新フラクチャリング規制

の導入に対して強く反対している。土地管理局は、かかる状況に鑑み、新規制の公表を見送っている。ワイデン (Ron Wyden) 上院エネルギー・天然資源委員会委員長 (民主党。オレゴン州選出) は、フラクチャリングに関する連邦政府と州政府の所掌、権限の分割を提案している。これに対して、マーカウスキー (Lisa Murkowski) 上院エネルギー・天然資源委員会筆頭理事 (共和党。アラスカ州選出) は、州政府がフラクチャリングを規制すべきであり、連邦政府による規制は不要であると主張している。

土地管理局によるフラクチャリング規制の適用を受ける連邦所有地(陸)における生産量は、原油生産量で5%、天然ガス生産量で12%であり、フラクチャリングが実施されている土地もおおむね同程度の比率であると推測できる。全米でフラクチャリングが実施されている土地の大部分は、牧場等の私有地である。

米環境保護庁 (EPA) は、2005年エネルギー政策法 (Energy Policy Act of 2005) を施行した。同法によれば、地下で実施されるフラクチャリングに対する規制権限がない。米国におけるシェールオイル・シェールガス開発は、「2人のジョージ」の賜物である。1人は、1984年から「水平掘削+水圧破碎」の技術開発に生涯を捧げて、2013年7月26日に他界した「フラクチャリングの父」George Mitchell。もう1人は、2005年エネルギー政策法に署名し、環境保護庁の権限を制限したGeorge Walker Bush大統領である。2005年エネルギー政策法の施行により、中小石油事業者が法的安定性を獲得できたため、テキサス州Barnettシェールを皮切りにして、牧場を中心とする私有地の土地所有者と中小石油事業者との間で土地リースが徐々に盛んになり、フラクチャリングが実行されるようになった。

地下に埋蔵されている鉱物資源が土地所有者に帰属する米国の土地所有制度と相まって、フラクチャリングによるシェールオイル・シェールガス掘削が活発化してきた。ヒューストン国際空港に降り立つと、空港ビル内には風にたなびく上着を手にしたGeorge H.W. Bush大統領(パパブッシュ)の銅像が目に入る。シェールガス革命を法制度から後押しした功績により、その子George W. Bush大統領の銅像が立つ日が来るかもしれない。

しかし、米議会は、2010年、環境保護庁に対して、全米レベルでのフラクチャリングによる地下水と大気に対する影響調査を指示した。フラクチャリングの反対派は、フラクチャリングで使用される化学物質および漏出するメタンが地下水を汚染すると主張している。石油・

## 米国のシェール開発・生産をめぐる動向

ガス業界は、環境保護庁が影響調査を口実にして、フラクチャリングに対する新たな連邦規制を課せようとする点に批判している。環境保護庁調査の最終報告は、2014年に公表される予定であった。2013年6月、同庁は、最終報告の公表時期が2016年まで遅れる見通しであるとした上で、2014年中に暫定報告を公表するとした。同

庁はまた、当該影響調査の過程で、ペンシルベニア州、ノースダコタ州、コロラド州、テキサス州の地下水サンプル調査を実施している。環境保護庁の調査に協力したエネルギー企業と石油サービス企業から、約1,000種類の化学物質がフラクチャリングで使用されていることが判明している。同庁は、現在までの調査結果に基づき、ワイオミング州における地下水汚染をフラクチャリングに使用される化学物質と関連付ける作業を断念し、ペンシルベニア州における地下水汚染の調査を中止し、テキサス州での地下水へのメタン混入がフラクチャリング掘削作業が原因であるとする主張を取り下げている。

2012年12月、反フラクチャリング運動を主題とする映画“Promised Land”が全米公開された。Jason Bourneシリーズの二枚目男優マット・デイモンが主演であるため、話題を集めた。メリーランド州の映画館では、映画公開中に反フラクチャリング運動を展開する団体が“DON'T FRACK MARYLAND”と刷ったチラシを配布していたが、フラクチャリングに反対する主張は、①水、②公衆衛生、③経済、④地域共同体に対する悪影響の4点である。また、マンハッタン<sup>みずがめ</sup>の巨大な人口を支えるニューヨーク州では、フラクチャリングに反対する運動が盛んである。ビートルズの故ジョン・レノンのオノヨーコ夫人と息子ショーンは、ニューヨーク州におけるフラクチャリングに反対している。

2005年頃からフラクチャリングが開始され、100万カ所を超える生産井でフラクチャリングが実施されているが、現在までに地下の帯水層に汚染・汚濁が生じた重大な事例は報告されていない。しかし、現場の施行管理がいき届かなければ、掘削井のケーシング(casing)のセメントにひび割れが発生するトラブル等が想定される。

2010年4月20日に発生したBPのメキシコ湾マコン

表8 米国の連邦所有地での原油生産量(2012年)

総原油生産量	連邦所有地	うち陸上	うち海上	連邦所有地以外
620.8万 bpd (100%)	162.7万 bpd (26.2%)	33.2万 bpd (5.3%)	129.6万 bpd (20.9%)	458.1万 bpd (73.8%)

出所：米国会議調査局 (CRS)

表9 米国の連邦所有地での天然ガス生産量(2012年)

総ガス生産量	連邦所有地	うち陸上	うち海上	連邦所有地以外
24,493Bcf (100%)	4,251Bcf (17.4%)	2,921Bcf (11.9%)	1,330Bcf (5.4%)	20,242Bcf (82.6%)

出所：CRS

ド(Macondo)海底油田原油流出事故が、メキシコ湾だけではなく大水深や北極海の石油・天然ガス開発に大きな影響を及ぼした。例え1件であったとしてもフラクチャリングに起因する地下水汚染が発生すれば、シェール開発の逆方向のgame changerとなる可能性がある。筆者が以前に視察したマーセラスやパーミアンのシェール掘削現場では、掘削事業者は現場の施行管理に対して細心の注意を払っていた。

フラクチャリングに使用される化学物質の情報開示は、現段階では連邦レベルではなく、第一義的には州レベルで規制されている。公衆からの開示要求・透明性確保と企業機密保護・技術革新の相互の緊張関係が生じている。連邦における化学物質の情報開示に関して、石油・ガス採掘は、「緊急事態計画および地域住民の知る権利法」(Emergency Planning and Community Right To-Know Act : EPCRA)に基づく連邦化学物質開示規制の適用除外となっている。環境保護庁は最近、「有害物質規制法」(Toxic Substances Control Act : TSCA)に基づき、健康と安全に関する情報開示を一層要求するようになっている。

州レベルにおける化学物質の情報開示に関しては、2010年9月以降、17州(ペンシルベニア州、ウェストバージニア州、オハイオ州、インディアナ州、イリノイ州、ミシシッピ州、ルイジアナ州、ノースダコタ州、オクラホマ州、テキサス州、モンタナ州、ワイオミング州、コロラド州、ニューメキシコ州、アイダホ州、ユタ州、アリゾナ州)で情報開示規制を採用してきた。その手段に関しては、公衆に対して直接情報開示している組織FracFocusがある。FracFocus (<http://fracfocus.org>)は、フラクチャリングで使用されている化学物質を全国的に登録・開示する組織であり、地下水保護評議会(Ground

Water Protection Council : GWPC) や石油ガス州間統合委員会 (Interstate Oil and Gas Compact Commission : IOGCC) によって運営されている。現在までにフラクチャリングを実施している3万以上の掘削井が登録されている。

## ②フレアリング

人工衛星から撮影した夜間の全米の映像を見ると、ノースダコタ州が一際輝いている。同州の人口は全米で下から3番目の67万人であるから、これは、建物の照明による明るさではない。シェールオイル掘削で産出される随伴ガスの回収・処理設備が不足しているため、煙突で燃焼させている (フレアリング flaring) なのである。アラビア半島の油田地帯では昔、煙突から黒煙が出ているテレビ映像を見た記憶がある人がおられるであろう。同州のバッケン・シェールでは、産出されるシェールガスの30%がパイプライン不足によりフレアリングされていると言われている。同州政府は、フレアリングによる大気汚染を憂慮しており、ガス回収・処理施設の設置を1年間だけ猶予している。同州でフレアリングされているシェールガスが北に隣接するカナダに輸出されれば、カナダの天然ガス生産企業にとっては脅威となろう。

## ③西海岸の環境保護

米国の西海岸に位置するワシントン州、オレゴン州、カリフォルニア州の3州では、一般的に地域住民の環境保護に対する意識が極めて高い。全世界で100万人以上の会員を抱えて自然保護活動を展開するシエラクラブ (Sierra Club) は、サンフランシスコに本部を置いている。シエラクラブによれば、天然ガスは汚くて危険 (Natural Gas is dirty and dangerous.) なのである。カリフォルニア州南部には巨大なシェール構造の一つであるモンテレー (Monterey) シェールが存在する。しかし、カリフォルニア州では環境保護団体による強力な反対があるため、現状ではシェール開発はまず不可能であるとの意見が多い。モンテレー・シェールは、極めて複雑な構造で、多層、かつ断層の多い構造であるので、最適な開発計画を策定することが非常に難しいと言われている。しかし、将来的に政治情勢が変化すれば、モンテレーが開発される日が来るかもしれない。

オレゴン州では現在、①Jordan Cove プロジェクト (輸出能力2.0Bcf/d)、②Oregon LNG プロジェクト (輸出能力1.25Bcf/d) の二つのLNGプロジェクトが計画されている。オレゴン州のLNGプロジェクトに対しては、希少種動物保護の観点から実現性を疑問視する見方がある。

オレゴン州には14種類のフクロウの繁殖地があるため、自然木の伐採が困難ではないかという意見である。カナダのアルバータ州やブリティッシュ・コロンビア州からオレゴン州までのパイプライン接続が可能となり、米国西海岸からアジア太平洋地域に向けたLNG輸出が可能となれば、日本にとっては朗報である。また、オレゴン州の港湾では、既存の水深までの浚渫は認められるが、それ以上の浚渫が原則として認められない。ワシントン州とオレゴン州の州境界にあたるコロンビア川では、上流から流れ込む淡水の下部に海水が流れ込んでいく川底をサケの稚魚が遡るため、喫水線の深い船舶は、サケの稚魚を死滅させてしまう故に航行できないと言われている。更に、オレゴン州は、環境政策に造詣の深いワイデン (Ron Wyden) 上院エネルギー・天然資源委員会委員長のお膝元である。

ネバダ州の地熱発電の事例を取り上げる。全米でカリフォルニア州に次いで2番目に地熱発電の盛んなネバダ州は、荒野が果てしなく広がり、保護すべき動植物はなさそうに見える。2012年10月、地熱発電の最大手Ormat社 (本社ネバダ州Reno) のSteamboat地熱発電所を現場視察した時、道路脇にオレンジ色の小さなネットが点在していた。ネットの目的を質問したところ、希少種のコケが生えていて、作業員がうっかり踏まないようにするためであるという。苔をコケにしてはならない。また、同州には新規の地熱発電所が計画されているが、同州野生動物局 (Nevada Department of Wildlife) では、希少種のキジオライチョウ (sage grouse) の生息地と重複するため、生息地をいかにして保護するか頭を悩ませている。キジオライチョウは、米国西部の荒野にたくさん生えているヤマヨモギ (sagebrush) を食用としているので、素人目には生息地は幾らでもあるように思える。日本では、ニホンライチョウ (日本雷鳥) は特別天然記念物に指定されている。

日本が1969年に最初にLNGを輸入したのは、アラスカ州からである。アラスカ州北部のノーススロープ (North Slope) では、ExxonMobil、BP、ConocoPhillipsの石油メジャー3社が天然ガス開発を計画している。天然ガスを液化するLNG積出港として、人口4,000人のヴァルディーズ (Valdez) 市が候補に挙がっている。ヴァルディーズの名前は、1989年3月にエクソンValdez号原油流出事故として記憶に刻まれている。ヴァルディーズは米国最北端の不凍港である故、石油積み出しターミナル (年間50万 bbl) が操業中である。2012年9月、ガス液化加工施設の建設候補地アンダーソン湾 (Anderson Bay) を現場視察した。ヴァルディーズの湖ではギンザ



## 米国のシェール開発・生産をめぐる動向

ケが飛び跳ね、われわれが通常水族館でしか見ることのできないラッコ、トド、シャチ (Orca) が泳ぎ、森林ではクロクマが出没し、空にはハクトウワシ (bald eagle) が旋回していた。ハクトウワシは、米国の国璽や大リーグ Washington Nationals のマスコットに使用されているが、本土48州でほとんど見られなくなったワシである。アラスカ州の LNG プロジェクトは、豊かな自然との共存が求められるであろう。

米国でシェールガスやシェールオイルを産出できる州は30を超えるが、今後は保護対象の希少動植物との棲み分けをどのようにするか、難しい問題に直面する地域が出てくるであろう。

### ④先住民との関係

2013年5月、ニューメキシコ州北西部のサンファン盆地 (San Juan Basin) のシェールガス生産施設を視察した際、Dugan Production 本社で見た掘削リグの位置を示す地図の西側半分が空白であった。西側地域では石油や天然ガスが産出しないのかと質問したところ、先住民保有地の故にリース契約交渉に時間を要するため、現段階では着手していないとの説明であった。先住民との用地契約交渉は不可能ではないが、時間を要するプロセスである。ただし、米国では現在までのところ、カナダのブリティッシュ・コロンビア州のような先住民 (First Nations) 問題は聞こえてきていない。

### ⑤石炭火力発電から天然ガスへの燃料転換

過去20年間で米国の電源構成に占める天然ガス比率は倍増した。オバマ大統領は、2013年6月、野心的な気候変動行動計画 (President's Climate Action Plan) を発表し

た。今後数年間にわたり米国の石炭火力発電所に対するCO<sub>2</sub>排出基準等の環境規制が強化される見通しである。石炭業界は環境保護庁の各種規制に対して強く反発しており、一部では訴訟が起こされている。特に、2012年4月に施行された水銀・大気有害物質基準 (Mercury and Air Toxics Standard : MATS) の適用対象となる石炭火力発電所の発電容量が125GWであるのに対して、EIAは、老朽化、または中小規模の石炭火力発電所を中心に2016年までに49GWが退役すると予測している。退役する石炭火力発電施設を2020年までに53GW程度と予測するシンクタンクもある。いずれにしても、石炭火力発電から天然ガス火力発電への燃料転換が進展していく可能性が高い。

### ⑥原子力発電から天然ガスへの燃料転換

米国では現在、原子力発電所62サイトで原子炉100基が稼働している。上院院内総務を務めるリード (Harry

表10 米国の電源構成の推移

	石炭	天然ガス	原子力	再生可能エネルギー	石油
1993年	53%	13%	19%	11%	4%
2011年	42%	25%	19%	13%	1%
(最小の州)	(0%)	(2%)	(0%)	(1%)	(0%)
(最大の州)	(80%)	(87%)	(41%)	(65%)	(5%)
2040年予測	35%	30%	17%	16%	1%
(最小の州)	(0%)	(2%)	(0%)	(1%)	(0%)
(最大の州)	(69%)	(81%)	(36%)	(53%)	(2%)

出所：EIA Annual Energy Outlook 2013

表11 石炭火力発電所に対する環境規制の概要

規制名	最終規制公表	対象施設	規制内容
州間大気汚染規制 (Cross State Air Pollution Rule : CSAPR)	2011年7月	東部の風上州28州にある発電所 (約1,100施設)	●2014年までに、2005年比で、①二酸化硫黄 (SO <sub>2</sub> ) 排出量を73%削減し、②窒素酸化物 (NO <sub>x</sub> ) 排出量を54%削減する。
水銀・大気有害物質基準 (Mercury and Air Toxics Standard : MATS)	2011年12月	発電容量25MW以上の石油・石炭火力発電所	●2015年4月までに、①水銀、砒(び)素、クロム、ニッケル等の金属、②塩化水素、フッ化水素等の酸性ガス、③粒状物質の排出量を削減する。 ●発電所の事情に応じて、2016年4月または2017年4月まで遵守(じゅんしゆ)期限の猶予を認可する。
発電所の新規発生源業績基準 (Greenhouse Gas Utility New Source Performance Standard : NSPS)	2014年9月まで (2013年9月20日：規制案公表)	発電容量25MW以上の新規化石燃料発電施設	●天然ガス火力発電所では、①850MMBtu/時間以上の大型施設は1,000ポンド/MWh、②850MMBtu/時間未満の小型施設は1,100ポンド/MWhのCO <sub>2</sub> 排出量を上限とする。 ●石炭火力発電所では、①CCS技術を運転開始時から導入する場合、年間平均1,100ポンド/MWh、②CCS技術を運転開始から7年以内に段階的に導入する場合、年間平均1,000ポンド/MWhのCO <sub>2</sub> 排出量を上限とする。(注) CCS : Carbon Capture and Storage (炭素回収・貯蔵)で、現段階では実用化されていない。

出所：各種情報より筆者作成

Reid) 上院議員 (民主党。ネバダ州選出) は、カジノで有名なラスベガスから200km以内に立地するユッカマウンテン (Yucca Mountain) 放射性廃棄物最終処分場の建設計画に反対してきた。2009年1月、オバマ大統領は就任直後、ユッカマウンテン建設凍結を発表し、以後の連邦予算計上を事実上ゼロにしている。現時点では使用済み核燃料を中間貯蔵できている米国では、高レベル放射性廃棄物の最終処分場の計画凍結が直ちに原子力発電所の新規建設に

影響するわけではない。しかし、シェールガス生産増により、天然ガス価格が長期間にわたり安定的に推移すると予測されれば、電力会社は原子力発電所の更新時期にガス火力発電への燃料転換を検討するであろう。

石炭火力発電や原子力発電から天然ガス発電への燃料転換は、シェールガス開発の制約要因というより、シェールガスに対する追加需要を喚起する要因である。

### 3. インパクト

#### (1) 世界市場

米国は、2013年、原油、および原油換算した天然ガスの生産量の合算でロシアを抜いて世界最大の炭化水素燃料の生産国に躍り出ると見込まれている。2012年の米国の原油・天然ガスの原油換算の生産量は日量2,064万bblに達し、ロシアは同2,085万bblで、ほぼ横一線の状態であった。

米国でシェール開発が始まった2005年の石油生産量は日量690万bblであったが、2012年にはその30%増の891万bblに達している。2013年の石油生産量は、日量1,000万bblを超える可能性があり、EIAは、2014年の石油生産量が日量1,300万bblに到達すると予測している。世界最大の産油国サウジアラビアや第2位のロシアの石油生産量があまり増加しなければ、米国が世界最大の産油国に躍り出る。

米国は、2011年には既にロシアを抜き去って世界第1位の天然ガス生産国になっており、2013年の天然ガス生産量は7,000億m<sup>3</sup>を超える可能性が高い。2008年の経済・金融危機から脱出することができず景気低迷が継続している欧州では、ロシアの石油・天然ガスに対するエネルギー需要が低下したままであるので、ロシアは最大顧客の欧州からアジア市場へ目を向けなければならない。

州別の石油生産量を見ると、2013年には、テキサス州だけで日量約260万bblで、ベネズエラとノースダコタ州が80万bbl強でオマーンにほぼ匹敵している。バツ

ケン・シェールの存在しているノースダコタ州で原油生産が開始された2008年の石油生産量は約17万bblであったので、5年間で約5倍に増加したことになる。国内にベネズエラとオマーンの油田地帯を抱えている米国の姿を想像してみしてほしい。ノースダコタ州の25セント硬貨のデザインはアメリカ野牛 (bison) であるが、同州のシンボルは将来シェールオイルに関連する絵柄に変わるかもしれない。

EIAは、2012年から2018年までに石油生産量が390万bbl増加すると予測している。生産量が増加する軌道の高低は、シミンスキー EIA 長官が言及していた要素により変わってくる。オバマ大統領が気候変動政策の一環として省エネルギーを進める状況下で、国内生産が増加すれば当然、輸入量が減少する。米国の対中東原油依存度が低下していけば、米国の外交政策における中東に対するコミットメントが低下するかもしれない。

他方、巨大な人口を抱えて、産業の高度化と中間層の拡大が進展している中国では、将来的に石油需要が増加していくが、EIAは、2014年には中国が米国を抜いて世界最大の石油輸入国になると予測している。これから先の米国・ロシア・中国3カ国の化石燃料の生産量、消費量、輸出量のバランスの変化は、3巨頭の地政学的なパワーバランスを否応なしに変化させていくであろう。

表12 石油・天然ガス生産量の米露比較

2012年	原油換算の生産量	石油	天然ガス
米国	2,064万bpd	891万bpd	6,814億m <sup>3</sup>
ロシア	2,085万bpd	1,064万bpd	5,920億m <sup>3</sup>

出所：EIA

**表13** 米国の石油消費量

2011年	2012年	2013年予測	2014年予測
1,895万 bpd	1,855万 bpd	1,868万 bpd	1,872万 bpd

出所：EIA

**表14** 米国の石油輸入量

2011年	2012年	2013年予測	2014年予測
889万 bpd	843万 bpd	758万 bpd	704万 bpd

出所：EIA

**表15** LNG輸出に反対している主要な企業

企業	業種	本社所在地	備考
Dow Chemical	化学	ミシガン州 Midland	世界最大級の化学企業
Alcoa	アルミニウム	ニューヨーク	ペンシルベニア州ピッツバーグで創業
Nucor	鉄鋼	ノースカロライナ州 Charlotte	電炉ミニミル最大直接還元法

出所：各種情報より筆者作成

## (2)米国の産業・雇用

米国産業エネルギー消費連盟（Industrial Energy Consumers of America：IECA）によれば、2013年5月現在、シェールガスを利用する米国内の製造業の新規・拡大計画は120プロジェクト、投資総額1,100億ドルを数える。エタンから製造されるエチレンを使用する化学と肥料が約70プロジェクト、直接還元法でガスを使用する鉄鋼とアルミニウムが約20プロジェクトである。化学、肥料、プラスチック等の新規プロジェクトはテキサス州およびルイジアナ州のメキシコ湾岸で広範囲に分布している。また、鉄鋼、アルミニウムの拡張プロジェクトは、五大湖沿岸オハイオ州を中心に計画されている。Nucorは、原料炭から製造するコークスの代わりに天然ガスを鉄鉱石に直接吹きかける直接還元法（Direct Reduced Iron：DRI）を導入する計画である。他の新規または拡張プロジェクトは、タイヤ、ガラス、包装、GTL（Gas to Liquid）、公共交通機関が挙げられる。JOGMECも研究開発しているGTLに関して、三つのプロジェクトが計画されているが、天然ガス価格の長期低位安定を前提としたものと推測されて、興味深い。

米国メーカーのなかには、LNG輸出により国内天然

ガス価格が上昇することを懸念して、LNG輸出に反対している企業がある。製造業120プロジェクトで消費される天然ガスは約6Bcf/dと推計されているが、EIAは約2Bcf/dと推定している。エネルギー関係アナリストの多くが、全ての製造業プロジェクトが実現する可能性は低いと見ており、現実消費される天然ガスは2Bcf/dと6Bcf/dの間に収まるのではないかと考えられる。

米国における雇用に対するインパクトとして、テキサス州ヒューストンでは、オフィス需給が逼迫<sup>ひっばく</sup>しており、オフィスビルの建設ラッシュが続いている。2013年、シェール

上流開発に投資している日本企業で、米国のエネルギー部隊の本拠地を東海岸ニューヨークからヒューストンに移転する動きが出ていた。バッケンを擁するノースダコタ州では、州外からの人口流入に住宅やホテルの建設が追いついておらず、一部の地域で向こう半年間のホテル予約ができないという事態が生じたり、「よそ者」の大量流入に伴い長年生活してきた地域住民が不安を感じたりしている。

シェール掘削現場の周辺ビジネスとしては、掘削作業の増加により、鋼管、水処理、添加剤、化学素材等の製品に対する直接的な需要が喚起される。連邦エネルギー規制委員会の許可が下りて、LNG液化施設の建設が着手されれば、LNG液化関連製品に対する需要拡大が見込まれる。生産井掘削やガス処理施設までシェールガスを輸送する埋設パイプラインに使用される鋼管は小口径である。そのため、例えば新日鉄住金と歌山製鉄所でマンドレルを使用しなければ製造できないような代物ではない。

現時点ではシェールガス革命による雇用創出が過大評価されている側面もあろう。米国の非農業従事者における鉱業従事者は1%に満たない。一般的には、化石燃料

**表16** 米国のLNG輸出プロジェクト(2013年11月15日現在)

天然ガス生産量 (2012年)	LNG輸出申請 プロジェクト数	FTA向け輸出 プロジェクト計	非FTA向け輸出 プロジェクト計	非FTA向け 承認済み累計
69.2Bcf/d	34	37.02Bcf/d	34.12Bcf/d	6.77Bcf/d

出所：米国エネルギー省 (DOE)

**表17** 日本企業が参画するLNG輸出プロジェクト

プロジェクト名	Freeport	Cove Point	Cameron
所在地	テキサス州 Quintana Island	メリーランド州 Calvert 郡 Lusby	ルイジアナ州 Cameron Parish
オペレーター	Freeport	Dominion	Sempra Energy
液化規模	年間 880 万トン 【拡張計画】年間 440 万トン	年間 575 万トン	年間 1,200 万トン
液化開始	2018 年 (含拡張計画)	2017 年	2017 年
輸出期間	20 年間	20 年間	20 年間?
輸出量	1.4Bcf/d 【拡張計画】 0.4Bcf/d	0.77Bcf/d	1.7Bcf/d
非 FTA 向け輸出申請	2010 年 12 月 17 日 【拡張計画】 2011 年 12 月 19 日	2011 年 10 月 3 日	2011 年 12 月 21 日
非 FTA 向け輸出承認	2013 年 5 月 17 日条件付き承認 【拡張計画】 2013 年 11 月 15 日条件付き承認	2013 年 9 月 11 日条件付き承認	未承認
日本企業LNG引き取り契約 合計 1,690 万トン/年	大阪ガス：220 万トン/年 中部電力：220 万トン/年 【拡張計画】 東芝：220 万トン/年	住友商事：230 万トン/年 (東京ガス：140 万トン/年) (関西電力：80 万トン/年)	三菱商事：400 万トン/年 三井物産：400 万トン/年

出所：各種情報より筆者作成

の生産地域は人口が多くない地域である。シェールオイルやシェールガスの生産地域の失業率は顕著に改善しており、全米の失業率が約7.5%であるのに対して、3%以下と半分である。筆者が現場視察したマーセラス、パーミアン、サンファンでは、トラック運転手の時給が100ドルであるとか、年収が10万ドルに達するという話を聞いた。2008年のリーマン・ショック以降、金融業を中心とするニューヨーク等の東海岸や、IT産業を中心とするカリフォルニア州等の西海岸で経済回復が遅れ、失業率が高止まりしているのとは対照的である。シェールガス革命の進展が全米規模の雇用創出に結びつくまでには今後多少時間がかかるかもしれない。

### (3) LNG輸出

#### ①エネルギー省の輸出承認

米国におけるLNG輸出プロジェクトは、エネルギー省に輸出承認申請が提出されている案件で34プロジェクト(2013年11月現在)を数える。米国との自由貿易協定(FTA)締結国への天然ガス輸出は、天然ガス法

(Natural Gas Act) 第3条に規定する「公共の利益(public interest)」に合致するとみなされており、形式要件さえ満たせばほぼ自動的に承認が得られている。

日本は米国との間でTPP交渉を継続しているが、日本のようにFTAを締結していない国への天然ガス輸出は、エネルギー省が「ケース・バイ・ケース」で公共の利益に反しないかを審査した上で、個別案件ごとに承認される。2013年11月現在、①サビンパス(Sabine Pass)、②フリーポート(Freeport)、③レイク・チャールズ(Lake Charles)、④コーブ・ポイント(Cove Point)、⑤フリーポート拡張の5プロジェクトが、エネルギー省のLNG輸

出承認を得ている。日本企業が参画するLNG輸出プロジェクトは現在3プロジェクトである。エネルギー省によるLNG輸出承認の累積量は、6.77Bcf/dに達しており、審査順番待ちリストで次のキャメロン(Cameron)が承認されれば、累積量は8.47Bcf/dになる。

エネルギー省に対して輸出承認申請されている天然ガスプロジェクトの全てが実現するかという質問に対しては、ノーと回答する米国のエネルギー専門家が大多数である。今後、カナダ、豪州、ロシア、モザンビーク等のガス産出国との激しい国際競争にさらされるLNGプロジェクトは、顧客との長期契約なしには資金調達が困難となる。2020年までに米国で実現するLNGプロジェクトは5~6件程度であり、米国から輸出されるLNGは日量50億~80億cf(年間3,850万~6,160万トン)にとどまるという見解がある。

#### ②LNG価格

米国産LNGの日本での陸揚げ価格は「天然ガス価格+液化費用3ドル+輸送費3ドル」と見ておけばよいである

う。2015年末に、米国から最初にLNGを輸出するSabine PassプロジェクトのオペレーターであるCheniereは、「LNG価格=ヘンリーハブ価格×115%」と価格を設定している。

ガス輸送インフラの未整備により、ヘンリーハブ価格と他の天然ガスのハブ価格に値差(differential)が生じているため、ヘンリーハブ価格と他の地域ハブ価格の値差は価格リスク要因となる。どこの地域の天然ガスを液化加工するのが得策であるのか、日本の電力・ガス・商社の原料調達担当者にとっては、悩ましい問題である。

現時点でヘンリーハブ価格リンクのLNG価格が原油価格リンクのLNG価格より安価であるように見えるからといって、誰も将来にわたって現時点の価格水準を保障してくれるわけではない。ヘンリーハブ価格が上昇すれば、ヘンリーハブ価格リンクのLNGが割高となるリスクがある。全ては市場が決める。ただし、日本が米国産LNGを輸入するメリットとして確実に言えることは、同盟国米国からの輸入によって、日本のエネルギー中東依存度を低減できるという点である。

### ③連邦エネルギー規制委員会の環境等審査

米エネルギー省(DOE)による非自由貿易協定国に対するLNG輸出承認が下りても、輸出ターミナルや天然ガスの液化施設を建設するためには、連邦エネルギー規制委員会(Federal Energy Regulatory Commission: FERC)による施設の安全性や環境配慮に関する審査を経なければならない。

FERCは、1920年代に、連邦電力委員会(Federal Power Commission)として発足した。連邦電力法(Federal Power Act)を主たる根拠法とし、組織的にはDOEの一部であるものの、職員数1,500名を擁する独立採算制の連邦規制機関(independent federal agency)で

**表18** 日本向け米国 LNG 輸出価格の試算 (平均 LNG 輸出マージン)

	2011年	2011～2020年	2021～2030年	2031～2040年
原料ガス価格	3.80	3.98	4.69	5.26
液化費用	2.92	2.92	2.92	2.92
輸送費用	2.15	2.15	2.15	2.15
陸揚げ費用合計	8.87	9.05	9.75	10.33
市場価格	11.73	8.08	7.98	8.46
輸出マージン	2.86	▲0.96	▲1.77	▲1.87

出所: Rice University, James Baker III 公共政策研究所 (2012年8月)

**表19** 連邦エネルギー規制委員会委員

委員名	政治的背景	任期	背景	専門分野	地方
Jon Wellinghoff 委員長	民主党系	2013年 11月24日辞任	法律	電力	ネバダ州
John Norris	民主党系	2017年 6月30日	法律 規制	電力	中西部
Cheryl LaFleur	民主党系	2014年 6月30日	法律 産業	電力 ガス	北東部
Philip Moeller	共和党系	2015年 6月30日	政治 産業	電力	ワシントン州
Tony Clark	共和党系	2016年 6月30日	政治 規制	電力	ノースダコタ州

出所: 各種情報より筆者作成

ある。FERCは、第一義的には、州間の電力網、天然ガス・パイプライン、石油パイプラインを規制する。また、LNGターミナルや州を跨ぐ天然ガス・パイプラインの建設許可を出す権限を有する。更に、州を跨ぐ河川を利用する水力発電所の建設許可を出す。委員会は、大統領が指名し、上院が承認する政治的任命の委員5名で構成される。オバマ大統領は、2013年に任期切れとなったWellinghoff委員長の後任としてRon Binzコロラド州公益事業委員会委員長を後任に指名したが、「反石炭火力発電」として著名なビンジー委員長候補は、石炭業界および共和党から強力な反対に遭い、10月、委員長指名から引き下がらざるを得なくなった。

LNGプロジェクトを進めるある米国企業によれば、FERCの審査のほうエネルギー省の輸出承認より費用も時間もかかるので、実質的には難しい。FERCの審査には平均18カ月間を要すると言われている。パブリックコメントで環境保護団体や地域住民から多数のコメントが提出されれば、審査プロセスには時間を要することとなる。DOEのLNG輸出承認を受けているプロジェクトでFERCから許可を得ているプロジェクトはまだないが、2014年中に2プロジェクト程度が許可されるので

はないかと推測される。

#### (4) LPG 輸出

日本にとって特に着目したい点は、シェールオイルの生産増加に伴い、天然ガス生産が増加するだけでなく、液化石油ガス (LPG) と同じ天然ガス液 (Natural Gas Liquids : NGL) の生産が増加していることである。NGL とは、原油・天然ガスの副産物であるエタン、プロパン、ブタン、イソブタン、ペンタンの総称である。

日本では、全世帯の半分にあたる約2,500万世帯の家庭でボンベ供給のLPGが使用されており、市民の足として欠かせないタクシーの90%以上がLPG車であり、国内消費量は約1,660万トンに上る。また、近年輸入されるLNGのリーン (lean) 化により、都市ガスの熱量調整が必要となるため、LNGを気化した都市ガス原料にLPGを混合して熱量を上げている。米国からのLPGの輸入拡大は、サウジアラビア等の中東依存度の低減や供給源の多様化に資する。

LPG 輸出に際して、LNG 輸出と同様の DOE の認可は必要でない。特段にLPG輸出を規制する法律はないが、米商務省 (DOC) はLPG輸出を規制できる一般的な権限を有している。米国政府は、LPG輸出を石油製品の輸出として見ている。商務省の産業・セキュリティ室 (Bureau of Industry and Security) が国内産石油製品の輸出を管理しており、米国産原油の輸出には輸出ライセンスの取得が必要である。商務長官は、1979年輸出管理法に基づき、希少資源の過度な流出から国内経済を保護するため、あるいは外需の急激な上昇による影響を緩和するため、石油製品の輸出を制限できる裁量権限を有している。1981年

以来、石油製品輸出に制限を設けるために当該裁量措置が発動されたことはないが、商務省が石油輸出を承認するケースは極めて限られている。

米国は、2012年にLPGの純輸出国に転換したが、2013年のLPG輸出は更に増加する見通しである。米国の代表的なNGL企業である最大手のEnterprise Products Partners (本社ヒューストン) は年間約700万トン、第2位のTarga (本社ヒューストン) は約200万トンのLPGを輸出しているが、ほとんどが欧州向けである。米国のLPG輸出先としては最近、メキシコ、ホンジュラス、ドミニカ、エクアドル、ブラジルといった中南米諸国が増加している。2012年の米国からの日本のLPG輸入量は十数万トン程度だが、2013年も同程度となる見通しである。日本のLPG卸売企業は、米国からのLPG輸入量を増加させる計画である。

LPG価格に関しては、日本のLPG業界関係者の話では、Saudi Aramcoのコントラクト・プライス (CP) と比較して、テキサス州Mont Belvieuスポット・リンクのLPG

表20 米国のLPG/NGLの生産量

年	エタン	プロパン	ブタン	イソブタン	LPG合計	NGL (含ペンタン)合計
2006年	676	501	136	163	1,476	1,739
2007年	709	507	128	176	1,520	1,783
2008年	701	512	134	176	1,523	1,784
2009年	769	546	136	188	1,639	1,910
2010年	869	586	155	187	1,797	2,074
2011年	926	631	157	211	1,925	2,216
2012年	971	709	179	225	2,084	2,399

出所：EIA

表21 米国のNGLの豊富なシェール構造

シェール構造	州	NGL量 (ガロン/1,000cf)
Avalon/Bone Spring	ニューメキシコ州	4.0~5.0
Bakken	ノースダコタ州	4.0~9.0
Barnett	テキサス州	2.5~3.5
Canal-Woodford	オクラホマ州	4.0~6.0
Eagle Ford	テキサス州	4.0~9.0
Granite Wash	オクラホマ州	4.0~6.0
Green River	コロラド州	3.0~5.0
Niobrara	ネブラスカ州	4.0~9.0
Piceance-Uinta	コロラド州/ユタ州	2.5~3.5
Marcellus	ペンシルベニア州	4.0~9.0

出所：National Propane Gas Association (NPGA)

## 米国のシェール開発・生産をめぐる動向

価格指標が長期的に有利となるか否かは分からない。2013年11月のSaudi AramcoプロパンCPが875ドル/トンであるのに対して、足元ではMont Belvieuスポットが400～500ドル/トンの安値で推移している。ただし、米国からのLPG輸入を検討する上で、米国の港湾ターミナル取り扱い料金が固定料金ではなく、中東玉の価格変動に合わせた市場価格である点などが課題である。

### (5)原油輸出の可能性

米国のLNG輸出は天然ガス法によって規制されているが、GATT第11条は「数量制限の一般的禁止」を規定しており、世界貿易機関(WTO)加盟国は原則として輸出数量制限はできない。米欧日が中国を相手取って、レアアース(希土類)の輸出制限措置をWTOパネルに提訴し、WTOパネルが中国のレアアース輸出制限を不当な輸出制限であると判断したことは記憶に新しい。米国からの原油輸出に関しては、天然ガス法と類似した法律が存在しないが、東西冷戦に起源を遡ることのできる供給途絶管理(short supply control)のための商務省の輸出許可が必要であり、現状では僅かな量のカナダ向け原油輸出のみが許可されている。米国の法制度では、そもそも原油や天然ガスが輸出できるほど産出されるという事態や時代の到来が想定外なのである。

現在、シェールガス増産に伴い、米国内の天然ガスが供給過剰となり、ヘンリーハブ価格をはじめとする天然ガスの価格が低迷している。2012年、米国は「LPG純

表22 米国のNGL輸出入

	輸出	輸入	純輸出量
2010年	16.4万bpd	17.9万bpd	-1.5万bpd
2011年	24.9万bpd	25.1万bpd	-0.2万bpd
2012年	31.1万bpd	20.0万bpd	11.1万bpd

出所：EIA

表23 米国の天然ガス生産量・消費量

	2012年	2013年予測	2014年予測
天然ガス生産量	69.2Bcf/d	70.0Bcf/d	70.4Bcf/d
天然ガス消費量	69.7Bcf/d	70.0Bcf/d	69.4Bcf/d

出所：EIA

輸出国」に転換した。2013年10月、米国では18年振りに原油生産量が原油輸入量を上回り、原油輸入依存度が50%を下回った。2020年、米国では天然ガス生産量が消費量を上回り、米国は「天然ガス純輸出国」に転換する、とEIAは予測している。2035年、米国が「原油純輸出国」に転換する、とEIAは予測している。環境保護庁を設立した功績で知られるニクソン(Richard Nixon)大統領が提唱し、歴代大統領が継承してきた「エネルギー自立(energy independence)」という政策目標が達成されるわけである。

米国内では輸送インフラの整備の遅延により、原油も天然ガスもだぶついてしまい、ブレント原油に対してWTIが不当なまでの安値に甘んじており、ヘンリーハブ・ガス価格が採算ラインを割り込んでいる。米国の石油・天然ガス生産事業者が、自分たちの仕事の成果を正当に評価してもらえ、<sup>ひょうぼう</sup>市場経済を標榜する米国民の当然の権利である。2014年、米国内では原油輸出に関する議論が開始されるであろう。

## おわりに

●EIAが、2011年に世界のシェールガスとシェールオイルの技術的回収可能(technically recoverable)埋蔵量を推計・公表した。2年経過した2013年6月、EIAは世界の技術的回収可能埋蔵量を改訂した。シェール

層に存在する化石燃料の埋蔵量は、既存の探鉱データからある程度は推計可能な量であるが、今後とも推計値は改訂されていくであろう。実際にどのくらいの量のシェールオイルやシェールガスが開発・生産されて

輸出可能になるのかという点に関するマクロ予測を正確に立てることは難しい。EIAは大概、数本のシナリオを想定している。仮に技術的に回収可能であったとしても、①法律、②環境、③資金、④人材面の諸条件が整った上で採掘・生産まで可能となるかは別次元の問題である。米国におけるシェールオイル・シェールガス開発が急速に進展した根拠は、米国固有の事情に基づいている側面がある。また、米国内においてマイクロで見れば、パズルのピースが1個欠けただけで現場作業が立ちいかなくなるケースがあり得るであろう。

- シェールオイル・シェールガス開発は、優良鉱区 (sweet spot) から最初に着手されて、段階的に難しい地域に移行して開発されていくので、現在の米国で起きている急激な伸びが、ある時点では頭打ちになるという見方もある。米国のシェールガス革命が脚光を浴びて、世界的規模で楽観論が先行すれば、産油国や産

ガス国は国際需給の引き締めのために一時的に上流投資を見送るかもしれない。日本が十分な根拠に乏しいシェールガス革命の楽観論に加担すれば、将来的にはエネルギー安全保障の面で自分の首を絞める危険性を孕んでいる。

- 本稿で取り上げた制約要因やインパクトが全ての要素ではない。全体的な趨勢としては、環境保護との両立を重視しながら、シェールオイル、シェールガス開発が進展していくことは疑い得ないであろう。2013年5月、ニューメキシコ州パーミアンのシェール掘削現場を視察した時、現場監督が、過去5年間の現場での技術進歩と生産性向上は著しく、今後5年間の技術進歩は更に大きいものになるかもしれないと語っていた言葉が強く印象に残っている。シェール掘削の最前線で働いておられる人が想像できない変化がこれから起きようとしている。

#### 【参考文献】

1. 米国エネルギー省(DOE)ウェブサイト <http://energy.gov/>
2. 米国エネルギー情報局(EIA)ウェブサイト <http://www.eia.gov/>
3. 米国議会調査局(CRS)ウェブサイト <http://www.fas.org/sgp/crs/>
4. 米国連邦エネルギー規制委員会(FERC)ウェブサイト <http://www.ferc.gov/>
5. 米国州間天然ガス協会(Interstate Natural Gas Association of America)ウェブサイト <http://www.ingaa.org/>
6. メリーランド州の反フラッキング運動ウェブサイト <http://www.BanFrackingInMaryland.org>
7. フラッキングの化学物質の情報開示(Frac Focus)ウェブサイト <http://fracfocus.org/>
8. オレゴン州魚・野生動物局ウェブサイト <http://www.dfw.state.or.us/>
9. ネバダ州野生動物植物局ウェブサイト <http://www.ndow.org/>
10. Industrial Energy Consumers of America (IECA)ウェブサイト <http://www.ieca-us.com/>
11. ライス大学ジェームズ・バーカーⅢ公共政策研究所ウェブサイト (Rice University, James A. Baker III Institute for Public Policy) <http://bakerinstitute.org/research/us-lng-exports-truth-and-consequence/>
12. 日本LPガス協会ウェブサイト <http://www.jlpgas.gr.jp/>
13. National Propane Gas Association (NPGA)ウェブサイト <http://www.npga.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=1>

#### 執筆者紹介

##### 村松 秀浩 (むらまつ ひでひろ)

学歴：1985年、京都大学経済学部卒業。

職歴：1985年、通商産業省（現・経済産業省）入省。在フランス大使館一等書記官、石油公団（現・JOGMEC）モスクワ事務所長、欧州連合日本政府代表部参事官などを経て、2012年夏より現職。

近況：ワシントンDCで最も嫌われているダラス・カウボーイズ（NFL）の熱狂的なファン。