

# シェールガス開発の陰で 深刻化する環境問題の現実

2014/09/02

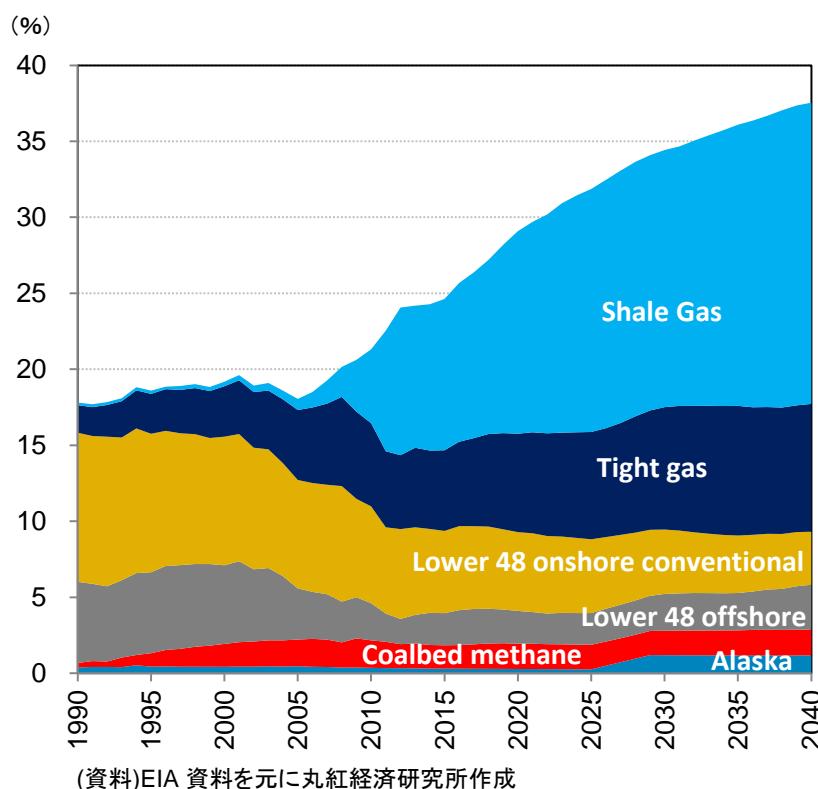
(Daily Diamond (週刊ダイヤモンド・電子版) 2014年8月25日掲載一部加筆修正)

2000年代半ばから米国でのシェールガス開発が急速に進んでいる。2007年のシェールガス産出量は天然ガス全体の8%程度しかなかったが、2011年には全体の30%に達しており、2040年には半分以上を占めるようになると見込まれている。また、2020年には天然ガスの純輸出国となるとも予想されている。

シェールガス開発の進展はエネルギー価格の低下や雇用の増加など、米国に多大な恩恵をもたらしているが、享受している恩恵の裏では深刻な環境問題が起きていることを忘れてはいけない。

シェールガス開発では、開発工程ごとにさまざまな環境問題が起きているが、今回は開発工程をおさらいするとともに、各工程でどのような環境問題が発生しているかを考察していきたい。

**図表1 米国における種別天然ガス生産量見込み**

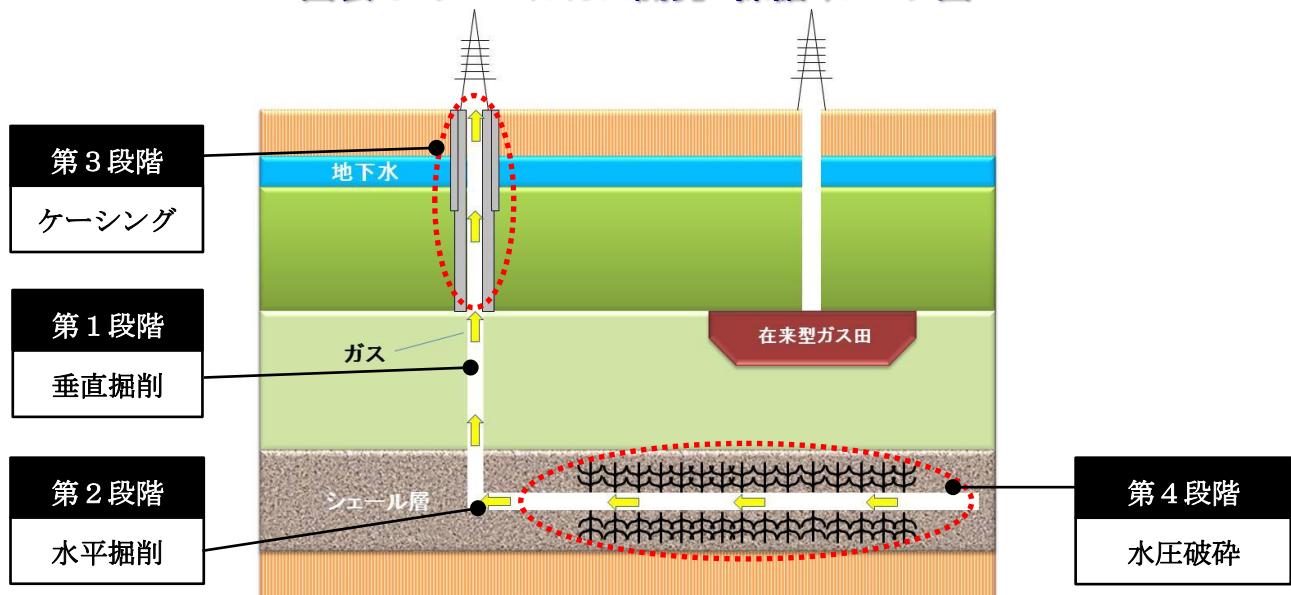


シェールガス開発は四つの段階で開発されるが、同時に各段階でさまざまな環境問題が発生している（図表2,3）。特に、第4段階の水圧破碎で多くの環境汚染が発生している。

図表2 シェールガス開発工程

開発工程	主な環境汚染
<b>第1段階：垂直掘削</b> ドリルで岩石などを削りながら、 <u>垂直に1,500～6,000mの縦穴を掘る</u>	
<b>第2段階：水平掘削</b> 垂直方向に掘り進めた後、シェールガス層に沿って、水平方向に直径2～3mの <u>横穴を500～3,000m掘り進める。</u>	● 騒音・振動 ● 森林伐採
<b>第3段階：ケーシング</b> 垂直掘削と同時並行で行われるものだが、 <u>ケーシングと呼ばれる筒状の型枠を縦穴におろし、さらに、その内側にセメント（コンクリート）を流し込んで土管のようなパイプを作る工程</u> 。地層の浅い部分の水質・土壤汚染を防止するためのものであり、特に <u>地下水付近（～600m）には何重ものケーシングが行われる。</u>	● 水質汚染
<b>第4段階：水圧破碎</b> 水・砂粒状の物質・化学物質から成る <u>フランクチャーリング流体</u> を圧入し、 <u>500～1000気圧の圧力をかけること</u> によって、シェール層に人工的に <u>割れ目（フランクチャー）を作</u> る。フランクチャーリング流体に含まれるプロパンと呼ばれる特殊な砂粒状の物質が、割れ目（フランクチャー）が閉じるのを防ぎ、効率的に天然ガスを回収する。	● 水資源の枯渇 ● 水質汚染 ● 大気汚染 ● 地震誘発

図表3 シェールガス開発 採掘イメージ図



(資料)各種報道資料を元に丸紅経済研究所作成

第1段階の垂直掘削工程、第2段階の水平掘削工程で発生する環境問題は、比較的容易に現状復帰が可能とみられ、長期的な問題になりにくい。一方、第3段階のケーシング工程、第4段階の水圧破碎工程の環境問題は長期的な問題となりやすく、かつ発生原因の特定、現状復帰がかなり難しい場合が多い。第3段階、第4段階で発生する環境問題で代表的なものは「水資源の枯渇」、「水質汚染」、「大気汚染」、「地震誘発」であるが、これらが発生する主な原因は以下の通りと考えられている。(図表4)

第一に、「水資源の枯渇」については、1回の水圧破碎で使用される水(フラクチャリング流体)が大量かつ、一つの井戸で複数回繰り返されるためである。シェールガスで使用される水の量は全体からすればごくわずかであるとの調査結果もあるが、周辺地域の水資源(飲料水、農業用水等)が枯渇するとの問題が指摘されている。

第二に、「水質汚染」が発生するのは、水圧破碎で使用したフラクチャリング流体が、廃水として地下に残留するか、地上で回収された後に廃水用の井戸に捨てられるかして、地下水を汚染するためである。また、井戸の設計ミスや、ケーシングの不具合によって、フラクチャリング流体が地下水に漏えいするリスクがあるためである。米国では、地下水を飲料用として使用するケースが多く、地下水の水質汚染による周辺住民の健康被害が懸念されている。

第三に、「大気汚染」は、採掘現場付近では回収しきれないメタンガス(天然ガス)が常に漏えいしているためである。また、井戸に注入したフラクチャリング流体を回収する際に、フラクチャリング流体中に含まれるメタンガスが空気中に拡散しているためである。メタンガス漏えいによる健康被害、爆発リスク、温暖化リスクが指摘されている。

最後に、「地震誘発」は、水圧破碎の後に地中に捨てられた廃水が、地中の中で潤滑油のように働いて、断層を動きやすくしているためである。シェールガス開発地域付近では、開発が盛んになった数年前から地震が急増している。

## 図表 4 第3、第4段階で発生する環境汚染

### (1) 水の大量使用による「水資源の枯渇」

- 1回の水圧破碎(フランクリング)で、最大 1900 万リットルの水が使用され、井戸1本につき複数回の水圧破碎が行われている。そのため、水圧破碎に伴う大量の水消費により、周辺地域の飲料水や農業用水等の水資源が枯渇するとの問題が指摘されている。

### (2) 廃水処理等による「水質汚染」

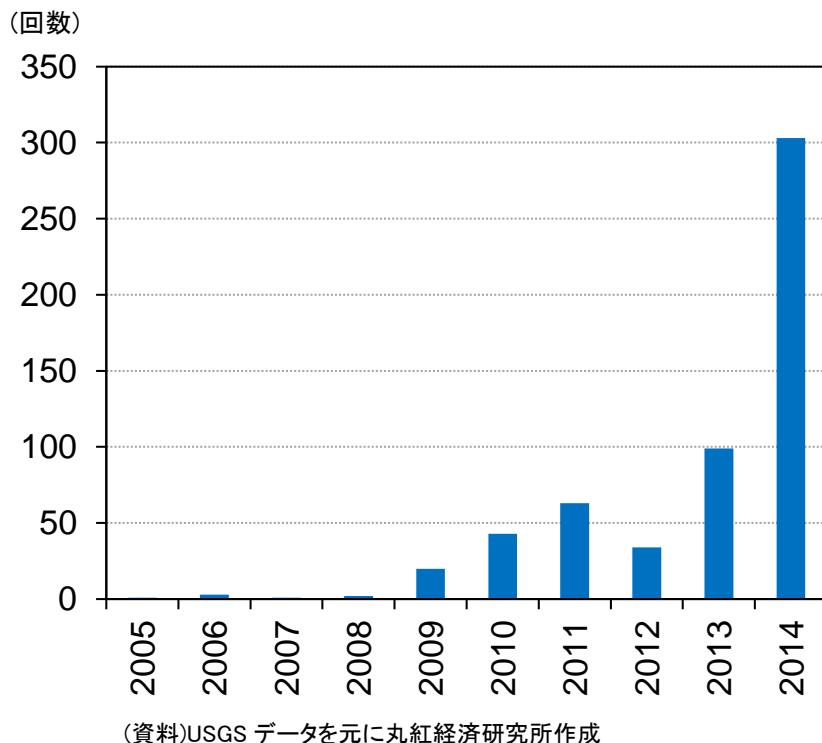
- 水圧破碎で使用されるフラクチャーリング流体には、上述の化学物質や掘削時に発生した廃棄物が混入しているため、地下に残留している廃水、または地中に捨てられる廃水が、地下水の汚染に繋がる可能性があるとして問題視されている。
- ケーシングの施行不備や劣化、ケーシングに流し込むセメントの不具合などが原因で、地下水脈にフラクチャーリング流体に含まれる化学物質やメタンガスが漏洩する可能性が指摘されている。
- メタンガスなどの化学物質が地下水に混入したことにより、開発地域付近の民家の台所では、蛇口に火を近づけると炎があがったとの報告もある。
- その他にも、周辺地域住民の血液からシェールガス開発で使用されるベンゼン、トルエンといった化学物質が検出されたとの報告もある。

### (3) メタンガス漏洩による「大気汚染」

- シェールガスの採掘現場付近では、地上で回収しきれない天然ガス、いわゆるメタンガスが常に漏洩しており、大気汚染の原因となっているといわれている。メタンガスの温室効果は二酸化炭素の 21~72 倍。
- 使用済みのフラクチャーリング流体を貯蔵池で保管している間にもメタンガスが拡散しているとされる。

### (4) 廃水注入による「地震誘発」

- シェールガス開発が盛んなオクラホマ州付近では、1978 年～2008 年の間の M3.0 以上の地震は年にわずか 2 回程度しかなかったが、2009 年には 20 回、2010 年には 43 回、2013 年には約 100 回、そして 2014 年は 8 月 20 日時点で既に約 300 回の地震が発生している。(図表 5)
- メキシコ北東部でも同様の事象が発生しており、今年の 1 月から 4 月までに観測された地震は既に 48 回にのぼっており、前年の同じ時期に 2 回しか発生していないことからして、激増しているといえる。

**図表 5 オ克拉ホマ州周辺での地震発生回数(M3 以上)**

以上みると、シェールガス開発では、①水資源の枯渇、水質汚染、大気汚染によるリスク、②地震誘発のリスクがある。前者は、個人、農業などからの訴訟リスク、後者は、因果関係が証明されれば政府からの処罰の対象とするリスクがある。現在、シェールガス開発により誘発されている地震はマグニチュード4程度だが(図表6)、将来的にはマグニチュード6以上の地震が発生するともいわれており、大地震により社会全体が被害を受けたとき、米国世論でシェールガス開発の賛否が分かれる場面も考えられる。シェールガス開発のリスクの高さを鑑みて、フランスやブルガリアなどの一部の国ではシェールガス開発を事実上禁止している。

シェールガス開発が引き起こす水質汚染、大気汚染、地震誘発などのさまざまな環境問題は、調査、分析が進むにつれて、法・規制が整備され、また適切かつ最新の技術が導入されるなど環境対策が打ち出されることにより、徐々に環境問題は軽減していくことが見込まれる。しかしながら、環境対策コストが膨らめば、必然的にガス価格に転嫁されるようになるため、当初想定していた安価なガス価格を維持することが今後難しくなるかもしれない。今後、米国からの安価なシェールガスの輸入を考えている日本にとっても、今後の環境問題の進展には注目しなければならないだろう。

**図表 6 オ克拉ホマ州周辺での巨大地震(M4 以上)**

日付	マグニチュード
2011/11/06	5.6
1952/04/09	5.5
1882/10/22	4.9
2011/11/08	4.8
2011/11/05	4.8
2014/03/30	4.5
2013/10/07	4.5
1974/02/15	4.5
2013/04/16	4.4
2012/04/03	4.4
2010/10/13	4.4
1939/06/01	4.4
2014/04/07	4.3
2010/11/24	4.3
1926/06/20	4.3
2014/03/30	4.2
2014/04/06	4.2
2013/04/16	4.2
1997/09/06	4.2
1959/06/17	4.2
2014/02/09	4.1
2014/04/10	4.1
2014/04/05	4.1
2013/12/29	4.1
2010/02/27	4.1
1995/01/18	4.1
1961/04/27	4.1
1956/10/30	4.1
2011/11/06	4.0
2014/03/30	4.0
1990/11/15	4.0
1959/06/15	4.0
1929/12/28	4.0□

※網掛けは、2010 年以降に発生した M4 以上の地震

(資料)Oklahoma Geological Survey データを元に丸紅経済研究所作成

※ フラクチャリング流体とは、

シェールガスを採掘する際に使用する液体のことで、フランクリング水(fracking water)とも呼ばれる。フラクチャリング流体の 90%は水、9%強はプロパンと呼ばれる砂粒状の物質、そして残りの 1%未満は酸、防腐剤、ゲル化剤、摩擦低減剤などの化学物質でできている。なお、化学物質の組成は企業によって異なる。

担当	丸紅経済研究所 エコノミスト 芝尾俊介	T E L : 03-3282-4019 E-mail:SHIBAO-S@marubeni.com
住所	〒100-8088 東京都千代田区大手町1丁目4番2号	丸紅ビル12階 経済研究所
WEB	<a href="http://www.marubeni.co.jp/research/index.html">http://www.marubeni.co.jp/research/index.html</a>	

---

(注記)

- ・ 本資料は公開情報に基づいて作成されていますが、当社はその正確性、相当性、完全性を保証するものではありません。
- ・ 本資料に従って決断した行為に起因する利害得失はその行為者自身に帰するもので、当社は何らの責任を負うものではありません。
- ・ 本資料に掲載している内容は予告なしに変更することがあります。
- ・ 本資料に掲載している個々の文章、写真、イラストなど(以下「情報」といいます)は、当社の著作物であり、日本の著作権法及びベルヌ条約などの国際条約により、著作権の保護を受けています。個人の私的使用および引用など、著作権法により認められている場合を除き、本資料に掲載している情報を、著作権者に無断で、複製、頒布、改変、翻訳、翻案、公衆送信、送信可能化などすることは著作権法違反となります。