

上智大学大学院 地球環境学研究科
藤井良広研究室

シェールガス開発と環境問題

2013年6月20日

株式会社FINEV
光成美紀

本資料は、講演の参考資料としての位置づけです。本資料単体として説明を完結するものではないため、参考資料としてご利用ください。引用情報については、出所に記載されている原文をご確認ください。原文の名称等については、別途配布したレポートに記載されています。



©All rights reserved FINEV Inc.

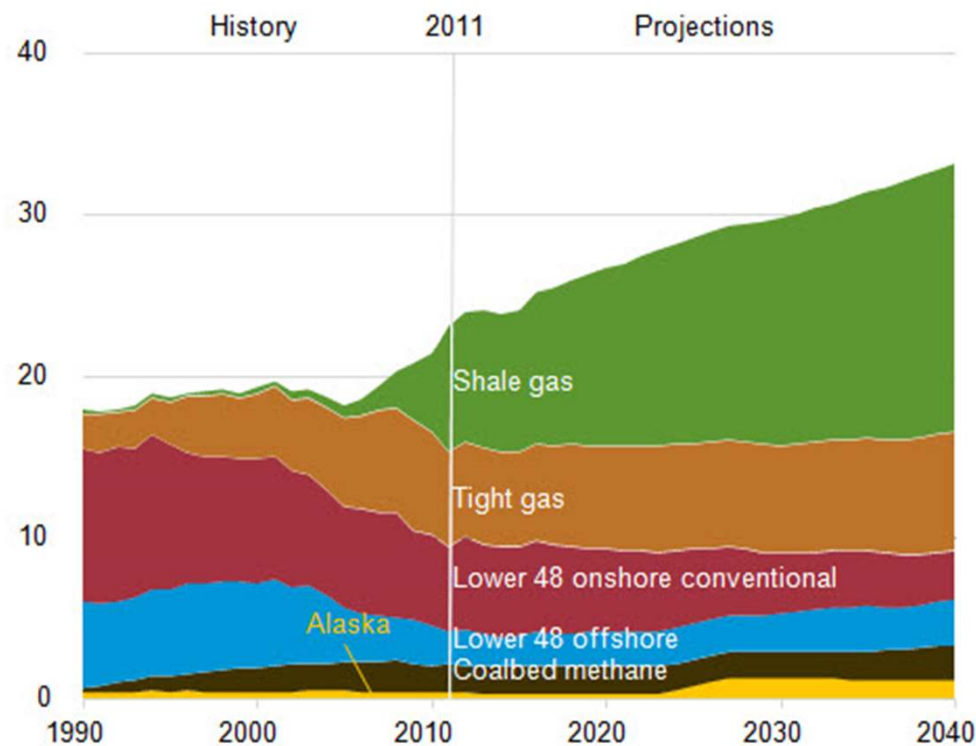
本日の内容

- シェールガス革命の概要
- シェールガス開発と環境問題
- 米国における規制と民間の自主ガイドライン等

米国の天然ガス(1990-2040年)

米国の天然ガスに占めるシェールガスの割合は2012年に3割を超えており、2030年までに過半(50%)になることが予測されている

Figure 91. Natural gas production by source, 1990-2040 (trillion cubic feet)



シェールガス革命の概要

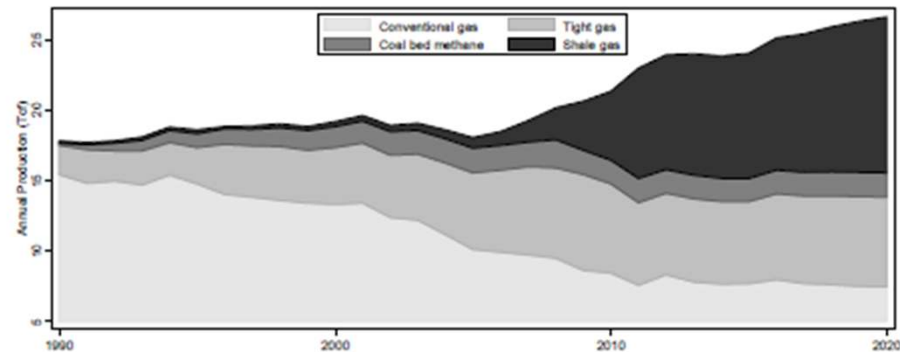
開発の背景と今後の経済効果



シェールガス生産の推移(1979-2020)

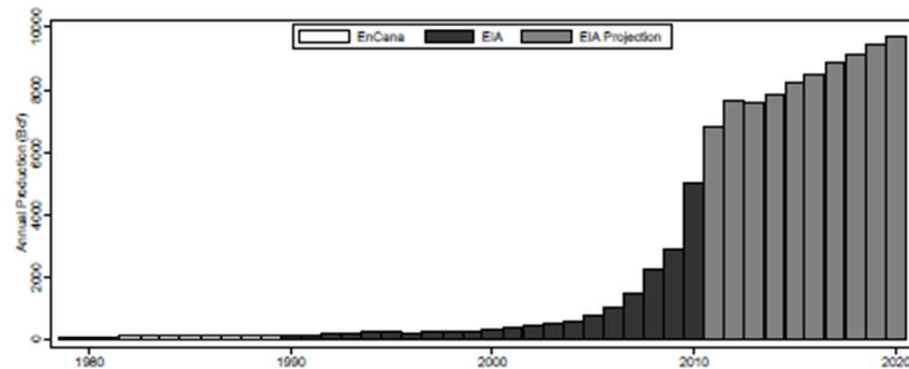
- 2012年現在、シェールガスが米国の天然ガスに占める割合は約3割
- 2030年には過半になると予測されている

Figure 1. Annual US Natural Gas Production and Projected Production by Gas Type, 1990–2020



Source: Energy Information Administration 2013.

Figure 2. Annual Shale Gas Production and Projected Production, 1979–2020

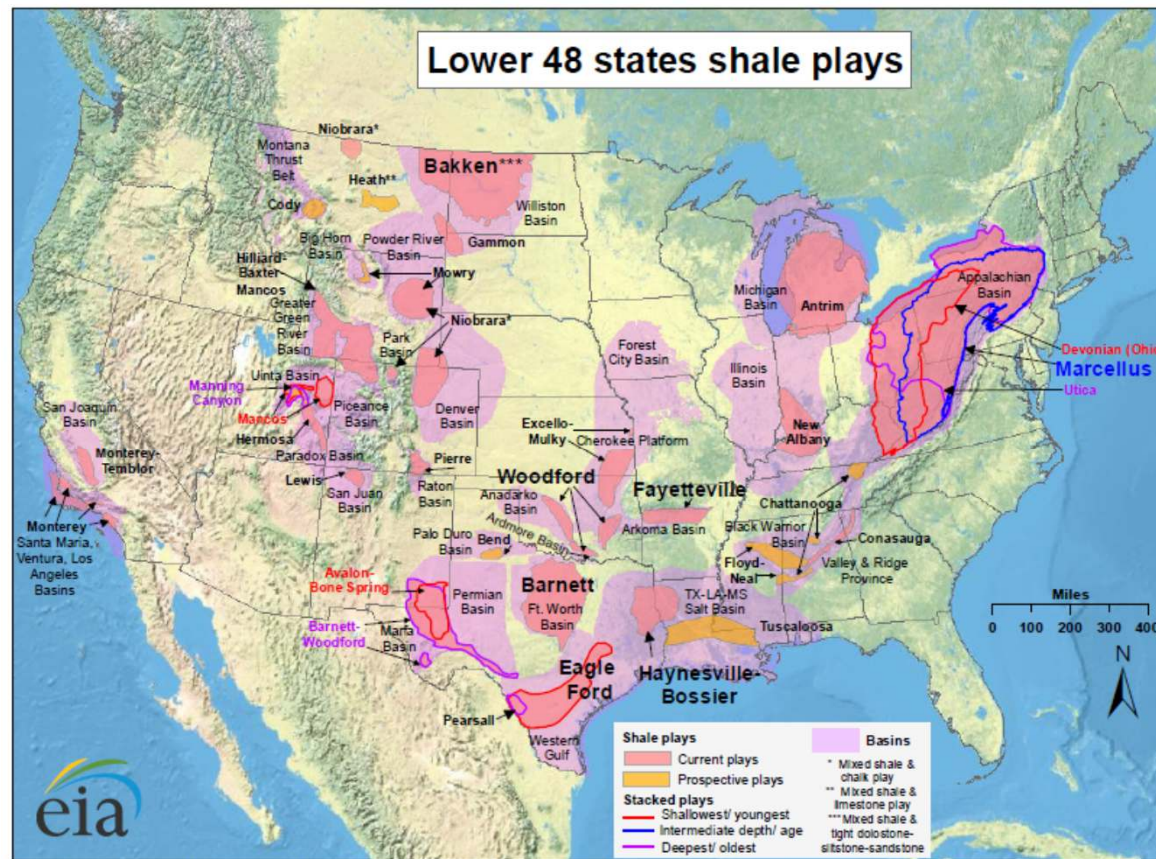


Sources: Energy Information Administration 2013 and Curtis 2009.

出所: Zhongmin Wang and Alan Krupnick, Resource for the Future (RFF DP13-12)
A Retrospective Review of Shale Gas Development in the United States What Led to the Boom? (April, 2013)



アメリカのシェールガス産出



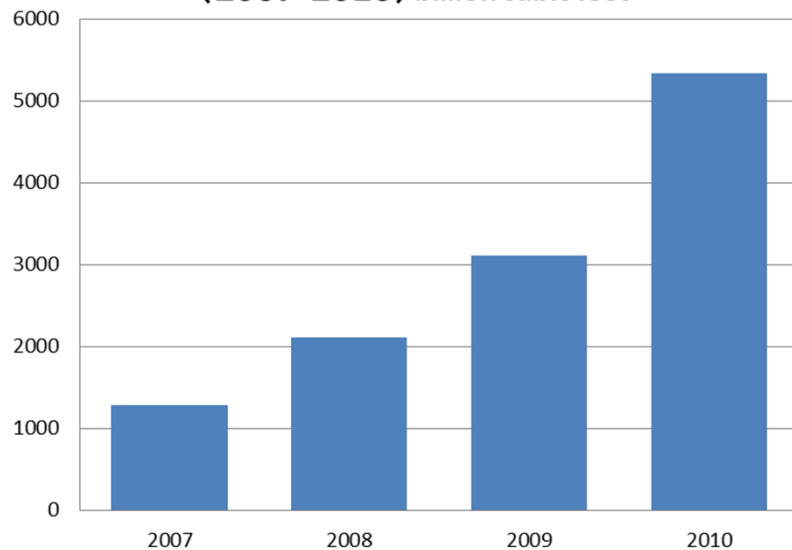
Source: Energy Information Administration based on data from various published studies.
Updated: May 9, 2011



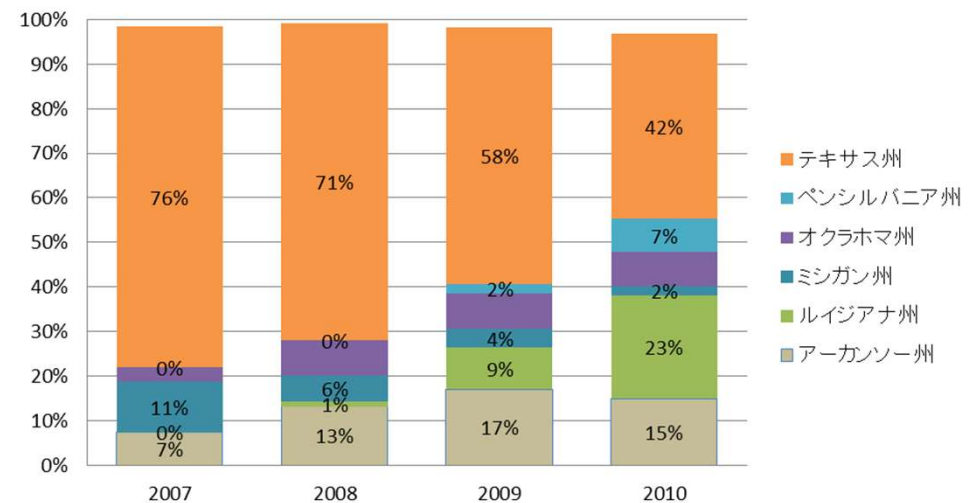
シェールガス生産量

- 米国のシェールガス生産は急速に増加している。
- 州別では初期にテキサス州が多かったが、他の州での生産が増えている。

全米のシェールガス生産量
(2007-2010) billion cubic feet



全米の生産量に対する各州の割合の推移
(2007-2010)

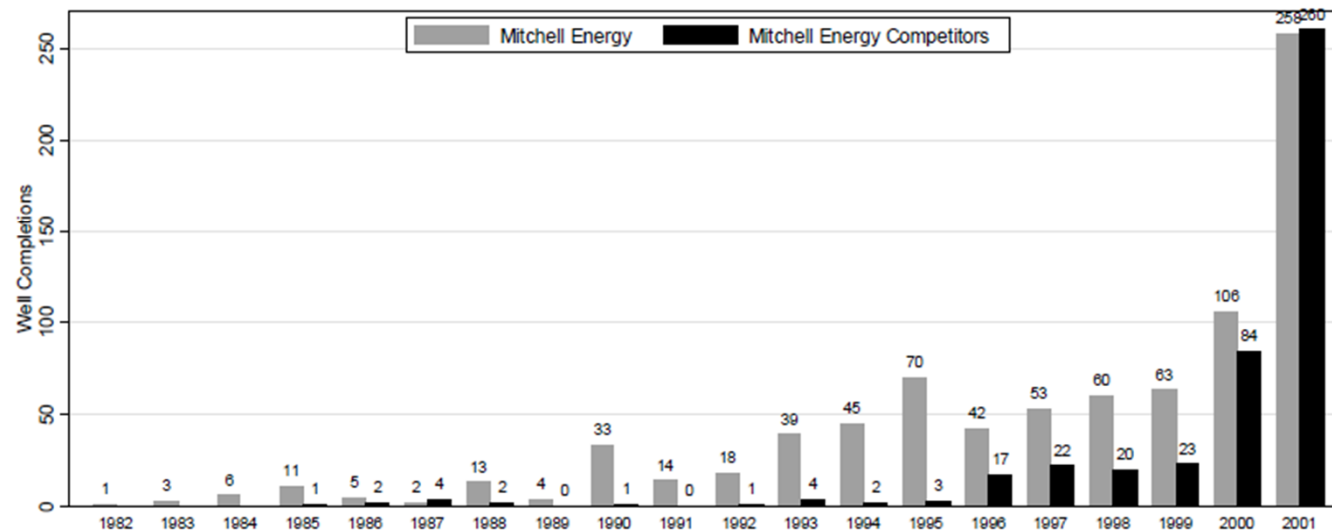


シェールガス開発

初期の貢献と役割: Mitchell Energy

- 初期のシェールガス生産はMitchell Energyが大きくリードしていた。

Figure 5. Number of Barnett Well Completions by Mitchell Energy and Its Competitors, 1982–2001



Source: Steward 2007.

出所: Zhongmin Wang and Alan Krupnick, Resource for the Future (RFF DP13-12)
A Retrospective Review of Shale Gas Development in the United States What Led to the Boom? (April, 2013)

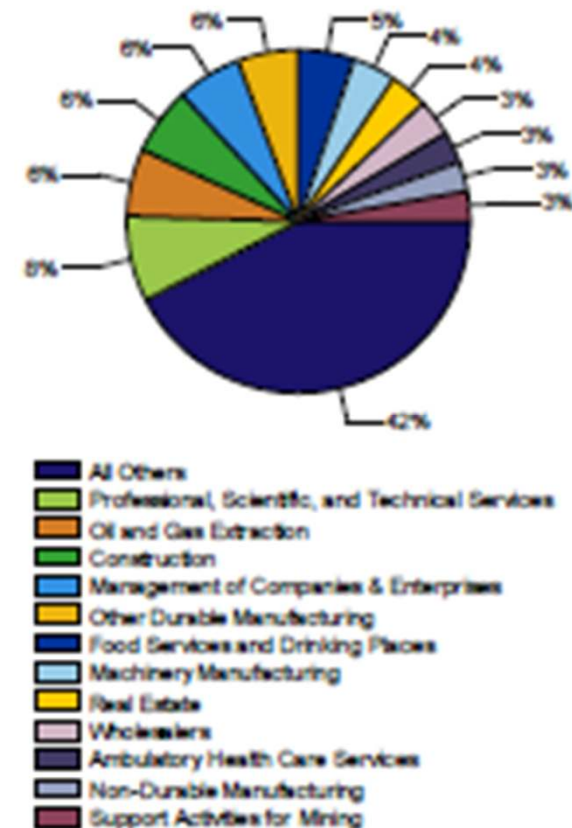


シェールガスによる経済効果 (2012年→2035年)

- 雇用創出: 170万人→350万人
 - 専門家、科学者及び技術者
 - 石油ガス掘削
 - 建設
- 資本投資: 870億ドル→3,530億ドル
- 付加価値: 2,376億ドル→4,750億ドル
- 税収増: 618億ドル→1,244億ドル

IHS Global Insight, America's New Energy Future: Unconventional Oil and Gas Revolution and the U.S. Economy
Volume 1 (2012)

Employment by Industry, 2012

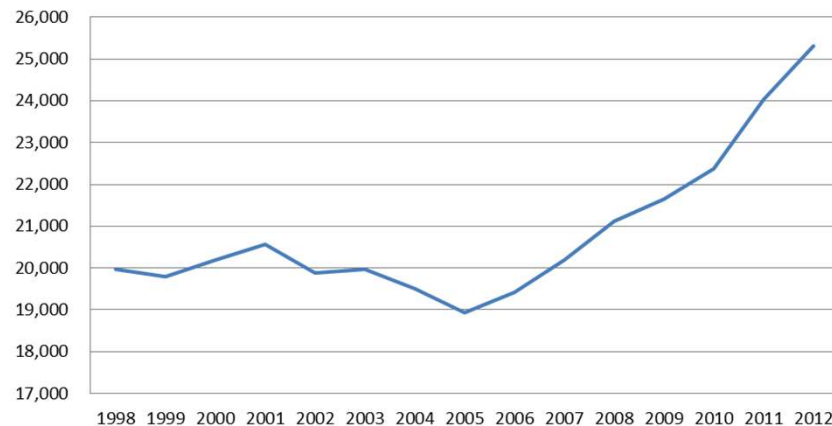


Source: IHS Global Insight

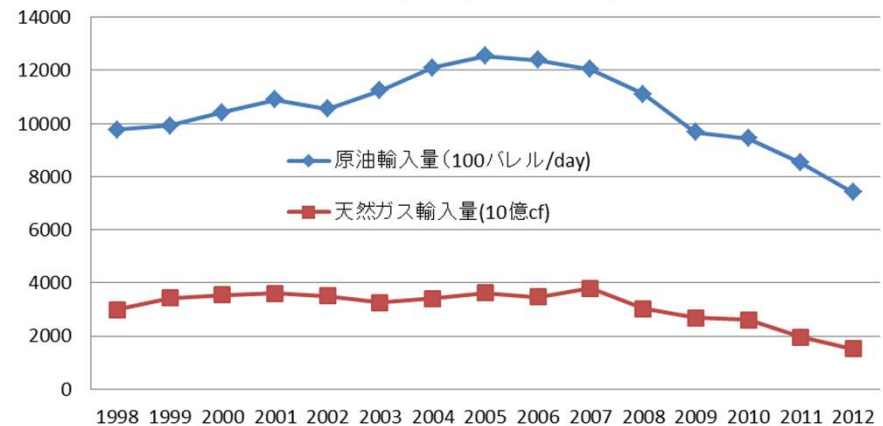
シェールガスによる経済効果(1998年→2012年)

- 米国では天然ガスの国内生産が拡大し、原油と天然ガスの輸入量が減少してきている。
→米国内での生産に伴う雇用創出や経済効果がでてきている。

天然ガスの生産量
(1998-2012: Market10億cf)



原油と天然ガスの輸入量
(Net Imports; 1998-2012)

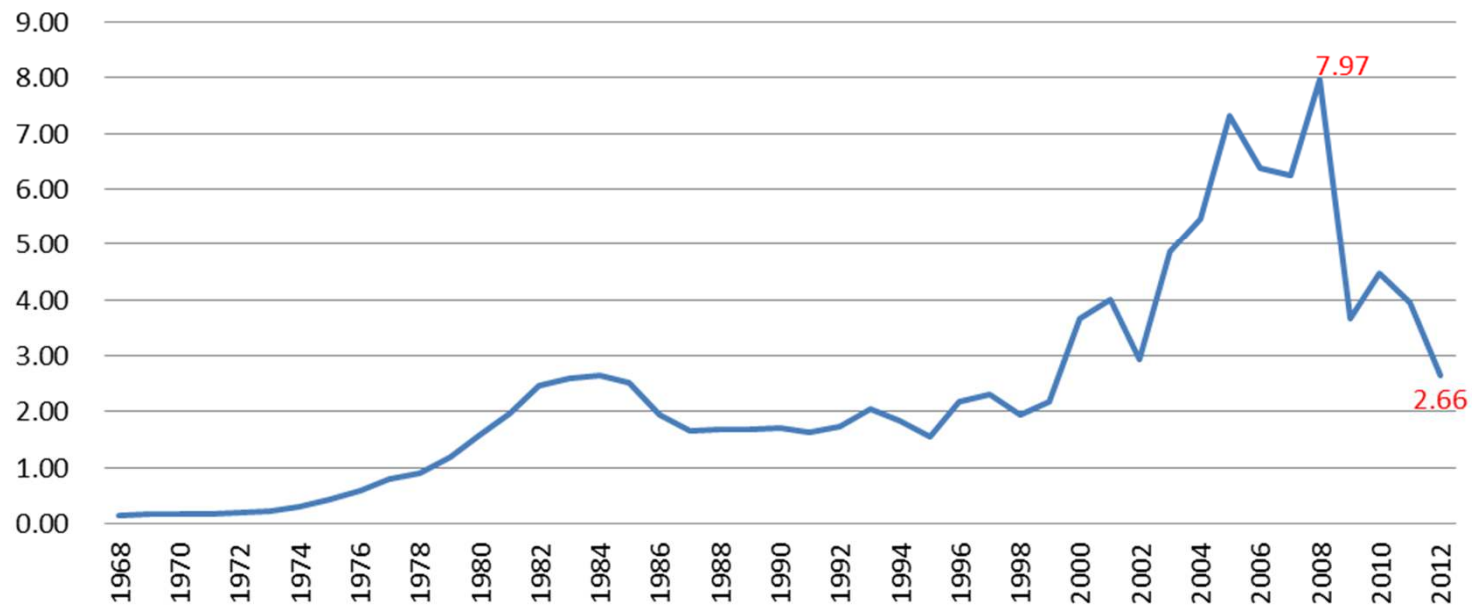


天然ガス価格の推移

- 天然ガスの価格は、ピーク時に比べて1/3程度に下落している

米国の天然ガス価格(年間)の推移(1968-2012)

wellhead price(\$/1000立法フィート)



出所: USEIAデータより作成



シェールガスと環境問題



主な環境問題

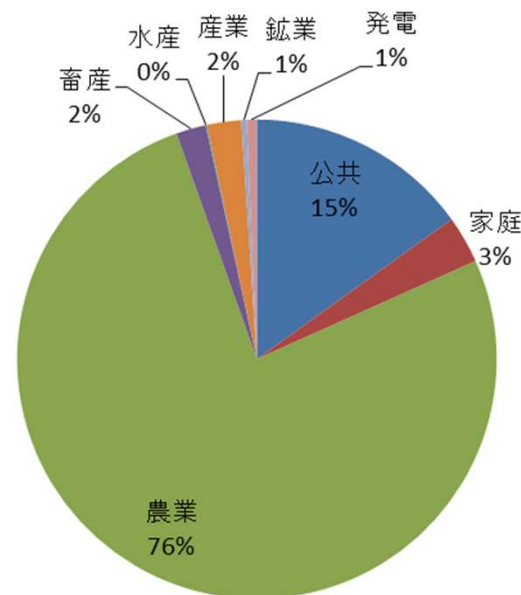
1. 水利用
2. 排水処理
3. 地下水の汚染
4. メタンガスの排出(温室効果ガス)
5. 地震の誘発

1. 水利用

- シェールガスの生産には大量の水を使用することから、水源の維持・保全においても課題。
- ただし、石炭(シェールの10倍以上)やバイオエタノール(1000倍以上)、原子力及び従来型の天然ガスに比べてシェールガス生産に伴う水使用量は相対的に少ない。
- 各州で水管理計画の策定などを義務付けており、すでにペンシルバニア州では65%以上の水がリサイクルされている。

出所: Environmental issues surrounding shale gas production, the US Experience A Primer(2011) 他

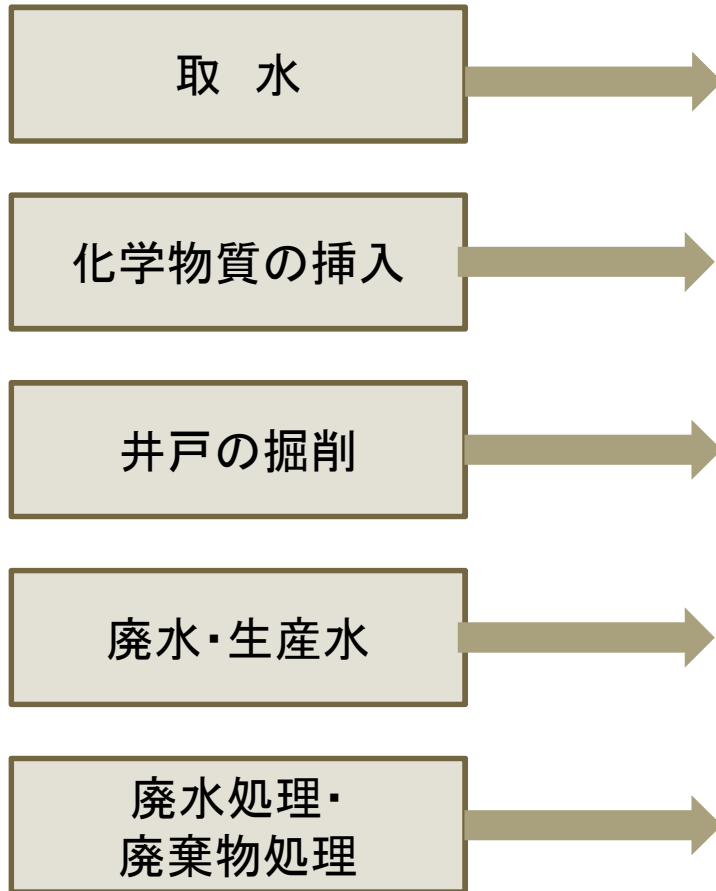
テキサス州の地下水利用(1日あたりの利用分類別、2005年)



出所: Ground Water Protection Council (2011)

参考) 水圧破砕プロセスの飲用水への主な懸念事項

シェールガス生産(水圧破砕)における水使用の流れ



飲用水に関する潜在的な問題

- **水の入手**
- 取水し、使用する水量の影響
- 地表及び地下水への漏出がないか
- 化学物質の移動に関する事故
- 地下水及び表層水への事故による漏出
- 水圧破砕の液体が飲用水源へ混入する可能性
- 流水の固形が水源に誤って入る可能性
- 表層にある固形物質の水源への移動
- 表層水及び地下水への漏出
- 地上の貯蔵タンクから飲用水源への漏出
- 不適切なピットの建設、維持、閉鎖等
- 地表等における表層水及び地下水への排水
- 排水及び残留物の不適切な処理
- 廃水の移動時における事故

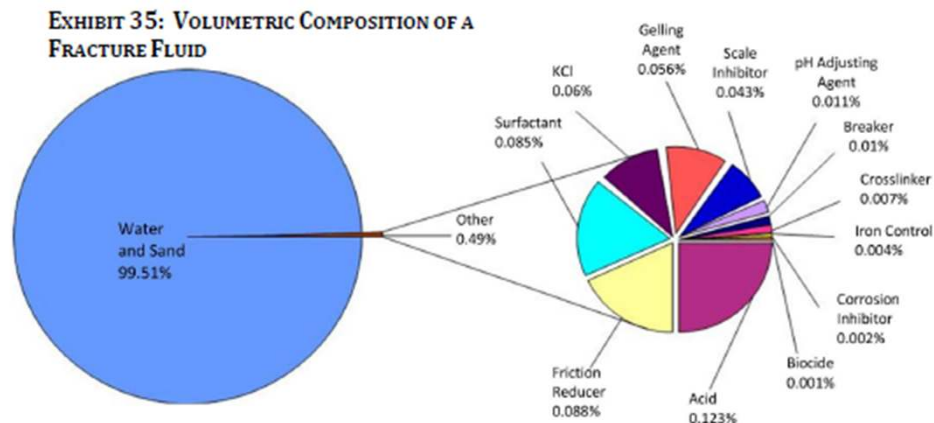


2. 排水処理

- 水圧破砕に使用される大量の排水が、地表で処理される過程で、漏出・蒸発などをする際に、含有する物質の管理などが課題となっている。
- 使用される水の0.5-2%程度に化学物質などが使用されている。
- 州別に排水関連の詳細な規則が規定されている。

《例》

- 掘削前の水質調査
- 水質基準の順守
- 緊急時計画の策定
- MSDSの保管(移動を含む)
- 許認可制等(汚染水除去システム)



Source: ALL Consulting based on data from a fracture operation in the Fayetteville Shale, 2008

US DOE, Modern Shale Gas Development in the United States A Primer (2009)

高い頻度で製品に使用されている化学物質

化学物質名	2500超の製品のうち、使用している製品数	有害化学物質として規制されているか
Methanol	342	有害大気汚染物質
Isopronol	274	有害大気汚染物質
Crystalline silica	207	—
2-Butoxyethanol	126	—
Ethylene glycol	119	—
Hydrotreated Light Petroleum distillates	89	—
Sodium hydroxide	80	—

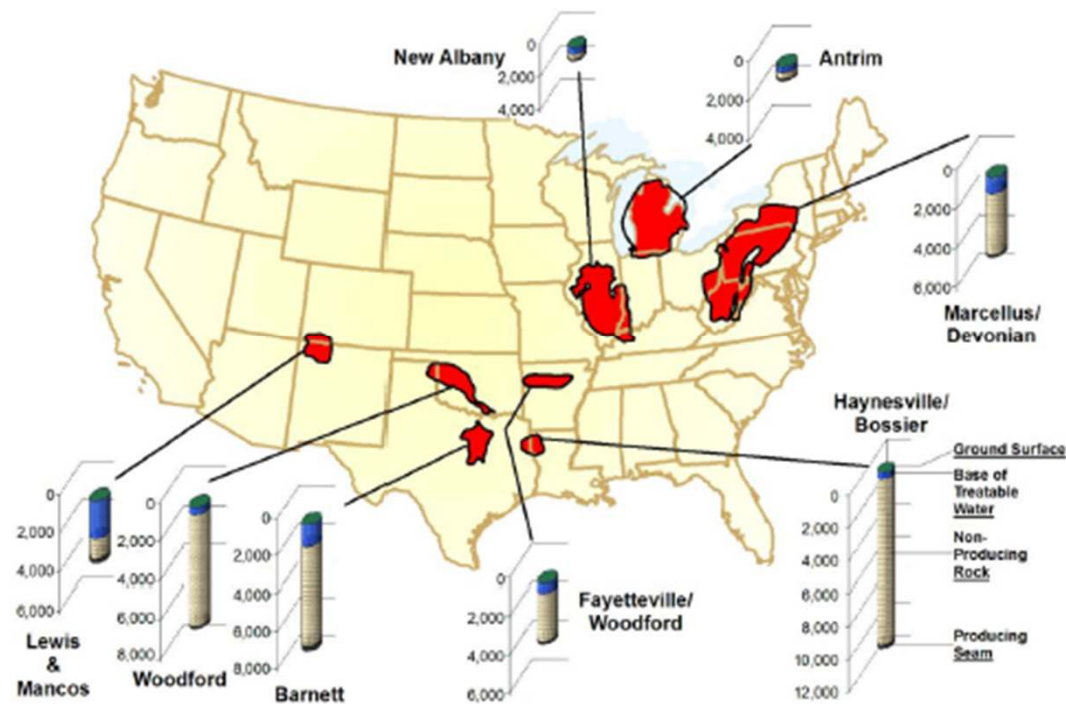
出所: US EPA "Study of the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources Progress Report" (2012)

3. 地下水の汚染

- シェールガス生産の井戸は、飲用水用の地下水の深度よりはるかに深い場所になっている。

(参考)シェールガスの掘削深度と飲用地下水の深度

EXHIBIT 31: COMPARISON OF TARGET SHALE DEPTH AND BASE OF TREATABLE GROUNDWATER



Source: Compiled from Various Data Sources

US DOE, Modern Shale Gas Development in the United States: A Primer (2009)



4. メタンガスの排出（温室効果ガス）

- 温室効果ガスの産出量やライフサイクルの期間などにより、石炭と（水圧破碎技術による）シェールガス生産に伴うGHGの排出量について様々な研究が続けられている。

5. 地震の誘発

- シェールガス開発の水圧破砕(フラクチャリング)が増加して以来、マグニチュード3程度の小規模な地震が激増。

米国地質調査所(U.S. Geological Survey, USGS)の調査によると

- 2001年～2011年

マグニチュード3以上の地震の年間平均回数:20世紀の平均に比べて6倍に

米国における規制と 民間(オペレータ側)の取組



連邦政府・議会の対応

- 2011年3月：法案“the Fracturing Responsibility and Awareness of Chemical Act”提出するが廃案となる
 - 米州石油ガス協定委員会などが反対
- 2011年8月：エネルギー省による90日報告（第一弾）
- 2011年11月：エネルギー省による90日報告（最終）
- **2012年1月：オバマ大統領の一般教書演説**
“すべての天然ガス開発企業は、使用する化学物質を公開すべき”
- 2012年4月 **米国環境保護庁（EPA）**がシェールガスの掘削井戸に関する**大気汚染防止設計等を義務付ける規制を制定（2015年から施行）**
- 2013年3月：州に規制をゆだねる法案が提出されるが廃案
- 2013年5月：法案は再提出

エネルギー省小委員会による勧告

90日報告(第二弾:最終)

- エネルギー省では、シェールガスの環境面におけるリスクに配慮し、地域住民や自然環境に配慮した開発を継続できるように、現状のベストプラクティス等を進めながら、情報公開及び研究開発を推進する方向性を示している。

番号	勧告事項
1	シェールガスの操業に関する一般市民への情報の改善
2	州及び連邦政府の規制当局間のコミュニケーションの改善
3	大気環境の改善
4	生産者リストの作成、メタンと他の大気排出データを収集する仕組みの早急な作成と、その一般公開
5	関連当局と連携したカーボンフットプリントのライフサイクル分析、天然ガスや他の燃料との比較
6	シェールガス開発会社及び規制当局は、大気排出量を削減するため、確立された技術や手法を活用するよう努める
7	水質の保全
8	フラクチャリング工程に沿った水質測定と、その公開
9	水の移動に関するマニフェストの管理
10	井戸の開発や建設におけるベストプラクティスの採用
11	シェールガスの井戸から貯水池までのメタンの漏えいに関する追加調査の実施
12	水質の事前調査の義務付け、シェールガス生産前の報告
13	飲用水と表層水の保護のための、実務の評価、規制及び執行ルールの進展
14	フラクチャリングの液体に関する情報開示
15	ディーゼル燃料の使用削減
16	地域、土地利用、野生生物、生態系に関する短期及び累積的な影響の管理
17	ベストプラクティスの整理
18	大気: 汚染物質の削減と、生産工程における報告システム
19	水: 井戸の仕上げ(Completion)と水使用の最小化及び垂直井戸の制限
20	研究開発の推進

出所: DOE Secretary of Energy Advisory Board, Shale Gas Production Subcommittee
Second Ninety Day Report (Nov. 18, 2011) 別添C: 小委員会勧告事項



シェールガスに関する環境規制(概要)

法律(略称)	管轄行政	取水・水利用	廃水・廃棄物処理	化学物質の使用	大気・GHG	漏出・事故防止	土地利用・ガス開発
国家環境政策法(National Environmental Policy Act, NEPA)	環境保護庁(EPA)	○	○	○	○	○	○
大気浄化法(Clean Air Act, CAA)	環境保護庁(EPA)			○	○	○	
水質浄化法(Clean Water Act)	環境保護庁(EPA)	○	○	○			
資源保護回復法(RCRA)	環境保護庁(EPA)		○	○			
飲用水安全法(Safe Drinking Water Act)	環境保護庁(EPA)	○		○			
油濁法(Oil Pollution Act)	環境保護庁(EPA)			○		○	
スーパーファンド法(CERCLA)	環境保護庁(EPA)		○	○		○	
緊急計画及び地域住民の知る権利法(EPCRA)	環境保護庁(EPA)		○	○	○	○	
有害物質移動法 Hazardous Materials Transport Act	エネルギー省(DOE)		○	○		○	
有害物質移動統一安全法 Hazardous Materials Transportation Uniform Safety Act	エネルギー省(DOE)		○	○			
絶滅危惧種法(Endangered Species Act)	環境保護庁(EPA)		○	○	○		○
エネルギー政策法(Energy Policy Act)	エネルギー省(DOE)						



自主基準の動向

- 2012年4月 : Appalachian Shale Recommended Practices Group, 推奨基準と実務Recommended Standards and Practices発表 (www.asrpg.org)

Anadarko Petroleum Corporation
Shell Oil Company
Cabot Oil & Gas Corporation
Southwestern Energy Company
Chesapeake Energy Corporation
Talisman Energy Inc.

Chevron
WPX Energy, Inc.
EQT Corporation
XTO Energy Inc.
Seneca Resources Corporation

- 2013年4月 : Center for Sustainable Shale Development (以下参画企業等) が Shale Marcellus Shaleに関する持続可能なシェール開発に関するパフォーマンス基準公表 (www.sustainableshale.org)



- DNVではシェールガス開発のリスクマネジメント推奨基準を発行(2013年1月)。



シェールガス関連の情報開示 FracFocus.org

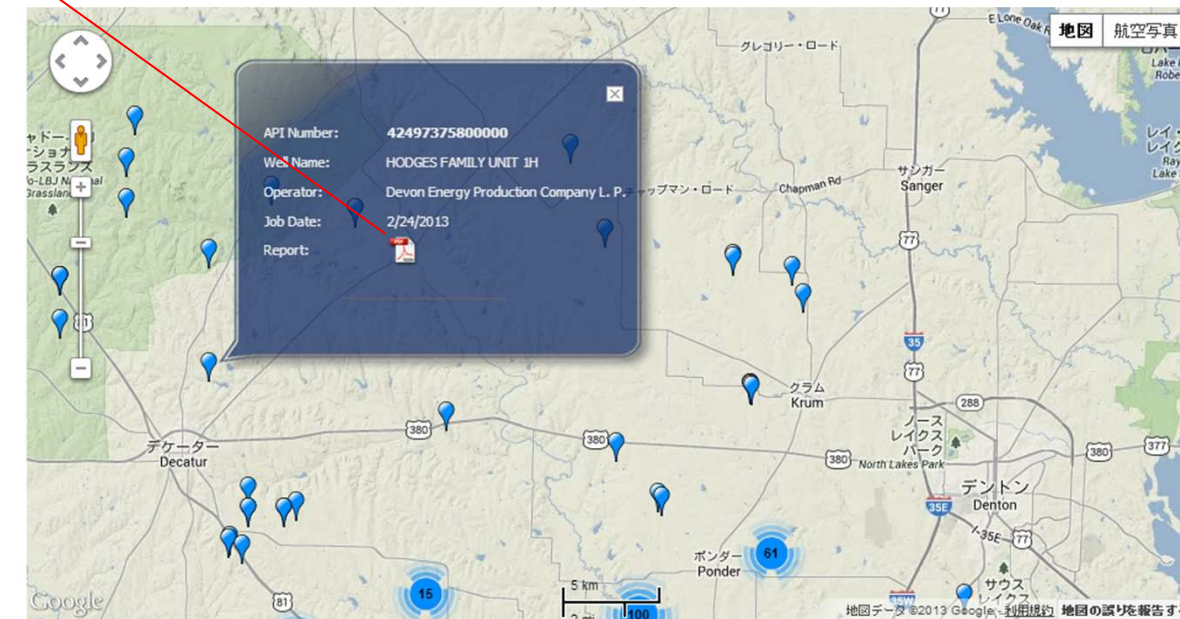
- 全米の約47,000のシェールガス掘削井について、オペレータ、使用する化学物質及びその量などが検索できるようになっている。

Hydraulic Fracturing Fluid Product Information Disclosure

Fracture Code	2020310
State	Texas
County	Wise
API Number	42497375800000
Operator Name	DEVON ENERGY PRODUCTION COMPANY
Well Name and Number	HODGES FAMILY UNIT 1H
Longitude	-97.571627
Latitude	32.587778
Long/Lat Projection	NAD83
Production Type	Gas
True Vertical Depth (TVD)	7,260
Total Water Volume (gal)	4,180,040

Hydraulic Fracturing Fluid Composition

Trade Name	Supplier	Purpose	Ingredients	Chemical Abstract Service Number (CAS #)	Maximum Ingredient Concentration in the Fracturing Fluid (% by mass)*	Maximum Ingredient Concentration in the Fracturing Fluid (% by mass)**	Comments
Fracture Acid	Operator	Acid	Hydrochloric acid	7647-01-0	10.00%	0.121168%	Density = 1.202
Common White	Halliburton	Proppant	Crystalline silica, quartz	14808-60-7	100.00%	0.121168%	
PREMIUM WHITE-4570	Halliburton	Proppant	Crystalline silica, quartz	14808-60-7	100.00%	0.120339%	
FR-65	Halliburton	Proppant Reducer	Hydrogenated light petroleum	64742-47-6	10.00%	0.020499%	
FR-02-047-12	Halliburton	Surfactant	Metbanol	57568-1	10.00%	0.001935%	
MC-8-8814	Multi-Chem	Biocide	Glutaraldehyde	111-10-6	20.00%	0.001638%	
			Alkal (Cl2-16)	68424-85-1	1.00%	0.001789%	



www.fracfocus.orgより



今後の動向



シェールガスに関する環境規制

《環境保護庁(EPA)》

- 2012年12月……………中間報告公表
- 2014年……………最終報告予定

《米国連邦法》

- 法案提出も成立は未定

《欧州各国》

- 禁止と推進の国が混在
- EU指令等の新たな規制の必要性は提唱されている

今後の方向性やIssues

- アメリカが天然ガス輸入国から輸出国へ：日本も2017年から輸入
- 世界のエネルギー事情の転換
- 天然ガス価格の下落と再生可能エネルギーの両立
- 各種環境問題の管理
- 関連産業の立地戦略

シェールガスに関する参考情報 (米国:連邦及び各州の規制について)

株式会社FINEVのWebでは、**シェールガスに関する環境規制の情報源等**を提供しています。

関連情報は**海外環境情報ブログ**にも掲載



World
Eco
Scope

【トピック解説—米国】
米国シェールガス開発と環境規制の動向
(2013年5月11日)

完成 掲載

はじめに

シェールガスをはじめとする非在来型の石油ガス革命、いわゆる「シェール革命」により、米国では現在約170万人の新たな雇用が生まれている(※1)。2011年時点ですでに国内天然ガス産出量の約30%以上をシェールガスが占めており、今後、2020年までに約17兆円の設備投資が行われ、さらには2025年までの経済効果は約500兆円にのぼると予想されている。シェールガスの産出は国内天然ガスに占める割合は今後も大きくなると予測されていることから、もはや非在来型(Unconventional)とは呼べないのではないという見方もある(※2)。

このように右肩上がりの状況でシェールガス開発が進むにつれて生じている懸念の1つは環境問題である。ガス生産時に大量の水を使用することから、水資源の保全、化学物質の地下水への浸透や廃棄物処理、生産に伴う温室効果ガスの排出などをどのように管理していくのかである。シェールガス開発の最先端地である米国では、現在、州レベルでの規制となる様々な法令が制定されているほか、連邦・州政府レベルでの現状の法規制の適用や対象範囲についても、様々な評価や取組がなされているなど、進展が続いている。

本稿では、シェールガス開発に関連する主な環境問題と規制の主要な動向について、米国を中心に紹介したい。

※1 EIA, America's New Energy Future: The Unconventional Oil and Gas Revolution and the US Economy (Dec. 2012)
※2 EIA, Energy Information Agency, Technological Innovation Issues (2013)

シェールガス開発と環境問題

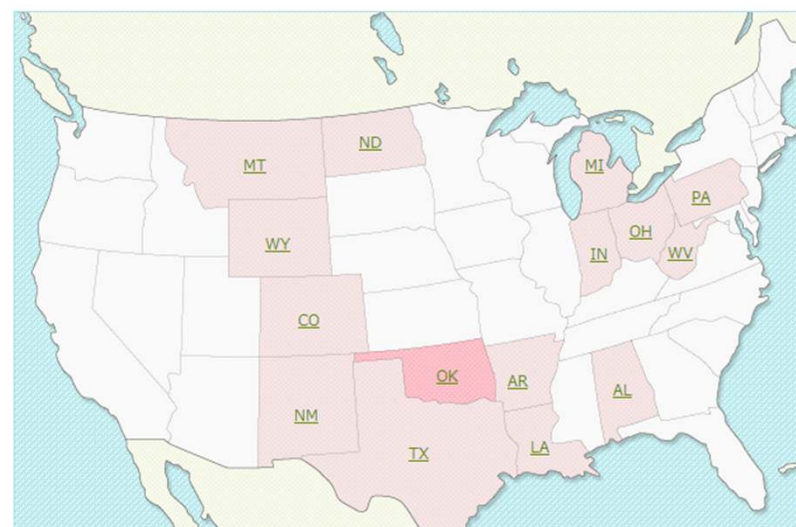
シェールガス開発に関連する環境問題は、シェールガスを含む非在来型の天然ガスや石油を生産する際に使用される「フラッキング(水圧破砕)」と呼ばれる手法が関係している。

フラッキング技術は、地下深層部に広範囲に分散して閉じ込められている形で存在する天然ガスや石油を、地中の水や井からブレイク及び割やクラックの格子帯が生まれ高圧の液体を吹き込むことにより、石油やガスを溶解した生産井に入れ、汲み上げる仕組みである。

このフラッキング技術の特性や使用環境、またシェールガスの急激な国内生産増加に伴い、以下の環境問題が懸念されている。

水使用

米国シェールガス環境規制



連絡先

株式会社FINEV(ファインブ)

東京都港区芝大門2-10-12 KDX芝大門ビル8階

電話:03-6895-6806

www.finev.co.jp

