

米国ではシェールガス・オイルの探掘井が増え続けている  
(ペンシルベニア州マーセラス地区の探掘井)

Bloomberg

米エネルギー省エネルギー情報局 (EIA) によると、米国の天然ガスの確認埋蔵量 (シェールガス除く) は77億立方尺。これに対し、現在の技術で採掘可能なシェールガスの量は244億立方尺に上る。これは世界の天然ガス確認埋蔵量の13%に相当し、今後も開発に伴い増加すると見られる。米国の13年の天然ガス生産量は、3年連続で過去最高を更新する見込みだ。米国では2035年までに63万本の探掘井が開発され、その結果、米国の天然ガス生産量に占

# シ

エルガス、シェールオイルの本格的な商業利用が始まった米国で、経済が好転している。燃料価格の下落で製造業が復活し、雇用が戻りつつある。米国は数年後に天然ガスの純輸入国から純輸出国に変わる。

この「シェール革命」を実現させたのは、地下2000〜4000メートルのシェール層 (頁岩) に存在するガスやオイルの回収を可能にした二つの高度な技術だ。

その一つは「水平坑井掘り」という水平方向に掘削する技術。これなしではガス、オイルが浸み込んだ地層を広く掘り進むことは難しい。もう一つは、「水圧破砕 (ハイド

ロ・フラクチャリング)」。硬い頁岩に水を超高压で打ち込んで砕き、その後水を吸い上げてガス、オイルを分離・回収する技術だ。水圧破砕の一連のサイクルには、大量の水、それを送り込む高圧ポンプ、多種類の化学薬品、廃液処理などが必要になる。

米国ではいま、シェールガス・オイルを生産する開発業者のほか、掘削や水圧破砕に必要な様々な機材や物、技術を提供する企業が急成長している。

## 独立系開発業者が活況

米エネルギー省エネルギー情報局 (EIA) によると、米国の

# 成長続く米国のシェール関連企業 環境技術で勝る日本にも好機

米国ではシェールガス・オイルの開発に関わる企業が活況に沸いている。一方で開発による深刻な水質汚染も発生しており、高い環境技術を持つ日本企業の進出が期待される。

よしむら かずなり  
吉村 和就

(グローバルウォータ・ジャパン代表、  
国連テクニカルアドバイザー)

めるシェールガスの割合は50%を超える予想される。

米国の天然ガス生産企業の上位は、「オイル・ガスメジャー」と呼ばれるBP、コノコフィリップス、シエロン、エクソンモービル、ロイヤル・ダッチ・シェルが占めている。しかし、シェールガス・オイル開発では、これらメジャーは後発だ。

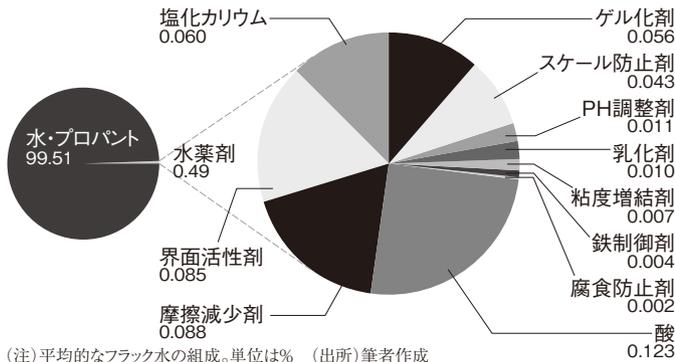
先行したのはメジャー傘下でない「インディペンデント (独立系)」と呼ばれる中小のエネルギー開発企業だ。彼らは旺盛な開拓精神と「水平坑井掘り」「水圧破砕」を武器に、00年代初頭から開発を始め、シェール革命の基礎を築いた。

現在、米国にはシェールガス・オイルの開発業者が200社以上あり、活況に沸いている。中でもデボン (オクラホマ州)、XTOエネルギー (テキサス州)、チエサピークエナジー (オクラホマ州)、EOGリソース (テキサス州)、レンジリソース (テキサス州) などの独立系企業は、特に勢いがある。かつて地元の中小企業すぎなかった開発業者は、いまや国際的な企業へと変貌を遂げた。

シェール革命の恩恵を受けているのは開発業者や安いガスを買う製造業界だけではない。シュルンベルジェ、ハリバートンといった石油・天然ガスの探査や生産設備製造を展開



図1 水圧破碎水(フラック水)の組成



(注)平均的なフラック水の組成。単位は% (出所)筆者作成

する多国籍企業が、水圧破碎サービスで存在感を高めている。さらに同分野では、フラックテック(ノースダコタ州)やコッド(オクラホマ州)といった新興の掘削業者が、大手に迫る勢いで規模を拡大している。

また、水圧破碎に関連するビジネスを手掛ける様々な企業が業績を伸ばしており、シェール革命の裾野の広がりがうかがえる。

## 水圧破碎で潤う企業

多くの企業がかかわっている水圧破碎の仕組みを見てみよう。

シェールガスの主成分は、頁岩の隙間(100万分の1ミッド)にあるメタン分子だ。これを回収するため、高圧ポンプで大量の水を500〜1000気圧という高圧で頁岩に打ち込み、微細な割れ目を作る。この割れ目がメタンガスの流路になる。この時、水とともに「プロパント」という細かく硬い砂粒状の物質も注入する。プロパントを頁岩の割れ目に挟み込むことで、圧力が下がった時に割れ目が再び閉じないようにし、メタンガスの流路を確保するわけだ。

注入する水は「水圧破碎水(フラック水)」と呼ばれる。フラック水はプロパントのほか、①水圧を保つためパイプ内壁の水抵抗を減らす摩擦減少剤、界面活性剤、②パイプなどの劣化を防ぐための腐食防止剤、スケール(カルシウム堆積物)防止剤、③注入口から2000〜6000

先のシェール層まで水とプロパントを分離させずに送り込むためのゲル化剤、粘度増結剤、乳化剤―など、様々な化学薬品を含む粘性の高い液体だ(図1)。

フラック水に使用される化学薬品の成分や調合方法は、開発業者や掘削業者の企業秘密になっており、ほとんど公開されていない。というのも、シェールガス・オイルの生産性は、プロパントが作るメタンガスの流路で決まり、流路作りのカギを握るのがフラック水の組成だからだ。

頁岩に打ち込んだ後のフラック水は、ガス・オイルを含んだ「生産水(プロダクト水)」と「返流水(フロパック水)」の2種類に分けられる。ガス・オイルの回収後の、プロパントと多量の薬品を含んだ廃液は、貯留施設に運ばれリサイクルされるか、地下に注入される。

こうした水圧破碎の各プロセスで製品や技術を提供する企業が、業績を大きく伸ばしている。水圧破碎関連のサービスに携わる大手12社(化学除く)の11年度の純利益は、12社平均で前年度比53%増。また、上位5社(化学含む)は、フローサーブ(売上高38億ドル)、GEウォーター(37億ドル)、ITT(32億5000万ドル)、ナルコ(32億ドル)、ペンテア(28億ドル)という顔触れだ。これらの企業が提供するサービス

を見てみると、フローサーブ、ITT、ペンテアは、水圧破碎用の高圧ポンプや水輸送ポンプの製造、販売を行っている。特に高圧ポンプは、需要に供給が追いつかず、納期は約半年から1年待ちとなっている。

GEウォーターは、水と固形物を分離する水処理膜装置などの製造で米最大手の水処理業者。これから本格化する水圧破碎廃液のリサイクル水生産でもトップを走る。この分野には「水メジャー」と呼ばれるフランスのヴェオリア・エンバイロンメントの子会社ヴェオリア・ウォーターや、中堅では212リソーシズ、アクアテック、インテプラスといった水処理事業者が参入し、浄水技術を活かして新市場の獲得にしのぎを削っている。



米国ではプロパント製造企業のシェア争いが過熱している (フラック水に含ませるプロパント) Bloomberg

11年に米衛生用品メーカー最大手エコーラボの傘下に入ったナルコは、フラック水に含まれる化学薬品を開発している。同社は下水中の浮遊固形物を集めて沈める凝集剤などの水処理剤で米国首位の大企業だが、フラック水用薬剤への参入で事業領域を広げた。

一方、フラック水に不可欠なプロパント製造では、フレックスフラック(テキサス州)、ユニットコーポレーション(オクラホマ州)、カルボセラミックス(テキサス州)など約30社がひしめく。これらの企業は別に主力事業を持っており、新たにプロ

パント市場に参戦したところが多い。例えばフレックス社は濾過砂(水の浄化に使用する砂)製造、ユニット社は掘削の大手だ。

プロパントは、フラック水中の量を増やすほどガス回収率が上がるため開発業者が競って発注し、品薄傾向に拍車がかかっている。米国環境保護庁(EPA)によると、10年に使われたプロパントは約14・4万トに達する。シエールガスの開発加速で、米国内ではプロパントの材料に適した砂が枯渇してきており、代替品として完全な人工砂(粒がより真球に近い形のアルミナやセラミックスの微細粒)が使



Bloomberg

頁岩を砕くために大量の水を超高圧で打ち込む(採掘井に取り付けられたフラック水の注入口)

われるようになってきている。特に高圧下でも崩壊しないカーボン・セラミックス粒は注目度が高い。プロパント市場は現在、セラミックス粒製造10社と樹脂コーティング粒製造9社が入り交じってシェアを奪い合う激戦区となっている。そのほか水圧破砕で使う大量の水や廃液の輸送で

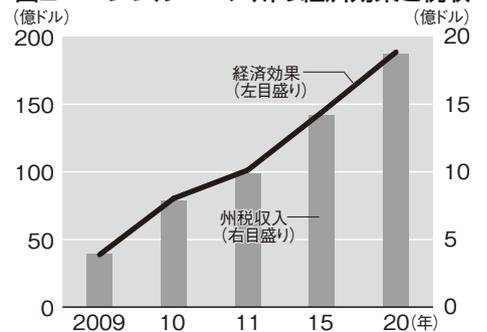
は、米国屈指のシエールガス生産量を誇るマーセラス地区を持つペンシルベニア州の地元企業ヘックマンが、シエール革命の追い風を受け国内最大手に上り詰めた。

### 経済と環境のジレンマ

シエール関連企業の躍進で、大規模開発が進む州では大きな経済効果が出ている。その一つ、ペンシルベニア州の税収入は、09年の3億8900万ドルから11年には9億8700万ドルと2倍以上に増えた。さらに予測では15年に14億1700万ドル、20年には18億7200万ドル(09年比4・8倍)になると見られる(図2)。採掘井も増加の見込みで、雇用促進も期待される(図3)。

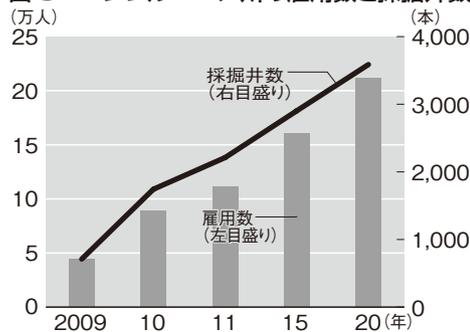
ただ、こうした恩恵の陰では、水圧破砕による深刻な水質汚染も発生しており、公害訴訟が多発している。現在の廃液処理方法は、①河川など公共水域への排水、②公共下水道場への搬入、③枯渇した採掘井への地下注入、④フラック水用への再利用——であるが、現状は大多数の企業が③の地下注入を採っている。というのも、④の再利用など廃液を自社で浄化処理する場合、そのコストは採掘原価の数倍になると試算され、事業採算が取れなくなるからだ。米国全体での地下注水量は年間約

図2 ペンシルベニア州の経済効果と税収



(注)2015年、20年はPen State University予測 (出所)Pen State University

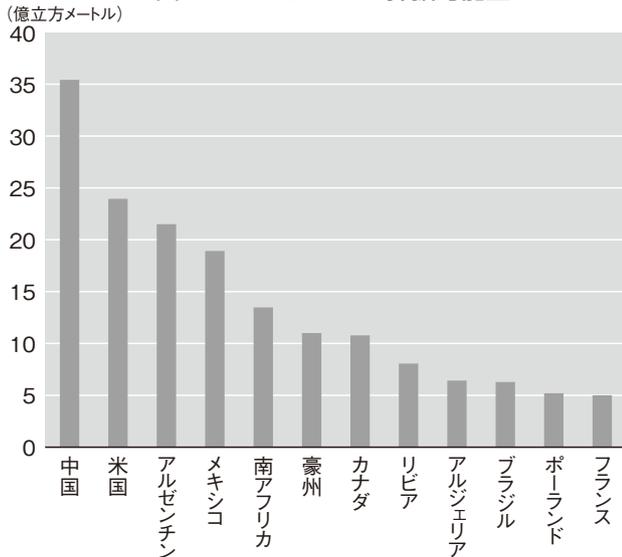
図3 ペンシルベニア州の雇用数と採掘井数



(注)2015年、20年はPen State University予測 (出所)Pen State University

30億トンと、東京都の年間給水量16億トンの2倍近い。毎日22万トンの廃液が地下注入されているマーセラス地区では、同地区の15の公共下水処理施設が有料で廃液を受け入れてきたが、廃液中に、坑井・採掘時に混入する自然由来の放射性物質(ストロンチウム、ウラン、ラジウムなど)が含まれることが判明してからは受

図4 シェールガスの採掘可能量



(出所)EIA「World Shale Gas Resources」(2011年4月)

射性物質など様々な不純物を除去する必要がある。これを解決できる水処理技術としては、廃液蒸留法、膜分離法、オゾン注入式膜処理法、化学薬品による吸着処理法などがある。実は、これらの分野で高い技術を持ち、世界をリードしているのが、東レや日東電

工(水処理膜素材)、サクラ(廃液蒸留装置)といった日本企業だ(表)。さらに蒸留、膜処理、薬品処理といった工程を一度に行う複合装置や、そうした装置の小型化などで優れた製造技術を持つ水処理エンジニアリングメーカーも多い。

ところが現在、日本企業はシェールガス・オイル関連の水処理ビジネスには全く食い込んでいない。国内の公共上下水道事業の中で消耗戦を繰り返しているばかりだ。

北米の水処理市場は約90億ドルの規模だ。今後、シェール革命は、中国、アルゼンチン、メキシコ、南アフリカ、欧州へと広がっていくことが確実視されている(図4)。すなわち巨大な水処理市場が誕生する。

日本の環境技術は戦略次第で、近い将来、世界各地で起こるシェール革命を支えていく可能性を持っている。

環境技術以外でも、シェールガス・オイル開発で使用するパイプやポンプなどを提供できる実力を備えた日本企業は多い。掘削で使う継ぎ目のない「シームレスパイプ」では、新日鉄住金が世界最高水準の品質を誇る。また、ポンプ製造で、やはり世界トップレベルの技術力を持ち、液化天然ガス(LNG)基地でガスの液化に使われる「クライオポンプ」(ガスを極低温状態で液化するポン

け入れを拒否している。

水質汚染問題に対する開発業者の主張は、①廃液は地下数千メートルの枯渇した採掘井に注入しており、浅い地下水層に影響を及ぼさない、②使用薬品の環境への負荷は小さい——など、問題の多くは杞憂であるとしている。また、EPAも、地下水層から1マイル(約1.6キロメートル)以上離れたシェール層を開発するよう指導している。

しかし、実際は、断層や地層の割れ目を通じて水源に影響が出ていることが確認されている。また、地表に近いところではパイプの破断によるフロック水の漏えい、廃液貯留槽からの漏えい、地上部ではハリケー

ンで破堤した廃液貯留池からの流出による水質汚染も報告されている。

こうした事態を受け、ニューヨーク州は、水圧破砕の禁止や開発業者に対する取水制限を提案している。また、新たな採掘井を掘る場合、使用薬品の公開を開発業者に義務付ける州が近年増えている。しかし、ほとんどの企業が自社の利益を優先し、開発後に公開している状況だ。

## 日本の環境技術に期待

日本企業の活躍が期待される分野

日本企業の活躍が期待される分野

分野	企業
シェールガス用パイプ	新日鉄住金、クボタ、栗本鉄工所
シェールガス・オイル用バルブ	キッツ、岡野バルブ製造、前澤工業
高圧ポンプ	荏原、西島製作所、クボタ
水処理膜素材	東レ、日東電工、旭化成ケミカルズ、東洋紡、三菱レイヨン、帝人、クラレ、明電舎、メタウォーター
廃液蒸留装置	サクラ、月島機械、三菱重工業、日立造船、木村化工機、日鉄住金環境
水圧破砕用薬品	大陽日酸、クレハ、栗田工業、ミヨシ油脂
プロバント(微細砂)	LIXILグループ、TOTO、新東工業、日本原料
脱水機	月島機械、石垣、オカドラ、大川原製作所、IHI、巴工業
水処理エンジニアリング	水King、メタウォーター、日立製作所、JFEエンジニアリング、神鋼環境ソリューション、西原環境、オルガノ
水処理計装機器	横河電機、アズビル

(出所)筆者作成

プ)や「コンプレッサー」(圧縮機)を供給している荏原などは、水圧破砕用の高圧ポンプへの参入が期待できる。

シェール革命は日本企業にとって千載一遇のチャンス。新しい市場を果敢に開拓していくべきだ。

