

再生可能エネルギーを凌ぐ 化石燃料の技術革新インパクト

エネルギー・環境問題研究所

代表 石井 彰

近年、太陽光発電や洋上風力発電、あるいは藻類や人工光合成などの新世代のバイオエネルギー、さらにはエネルギー利用におけるスマート化などの技術革新や新政策の話題が大手メディアで報じられない日はないと言って良い。コストダウンやエネルギー供給増加がこれだけ可能であろうとか、環境負荷が軽減されるはずであると、毎日マスメディアやネットでの話題は尽きない。

しかし一方で、エネルギーのコスト低減、供給量の増加、環境負荷の低減という面での社会や自然環境に対する成果還元の絶対量、インパクトの大きさ、スピードの速さということになると、近年メディア情報の上では旧時代のエネルギー源と扱われ気味になった、化石燃料に関する技術革新の方がずっと大きいことが、世の中一般にあまり意識されていない。

インパクトが大きい第一の理由は、石油・ガス産業自体の年間売上が世界 GDP の約 6% にも達する世界最大の産業分野であり、関連機器産業も含めると、化石燃料関係がエネルギー関連で最大の研究開発投資分野であるため、技術革新速度が大きいことだろう。

第二の理由は、世界でも日本でも、全エネルギー需給の 9 割を占める（石炭を含む）圧倒的な化石燃料需給量の大きさだ。革新スピードが速くて需給絶対量が圧倒的に大きい、即ち母数が非常に大きいので、1%の効率やコストの向上でも、その社会・経済・環境インパクトが巨大になることだ。

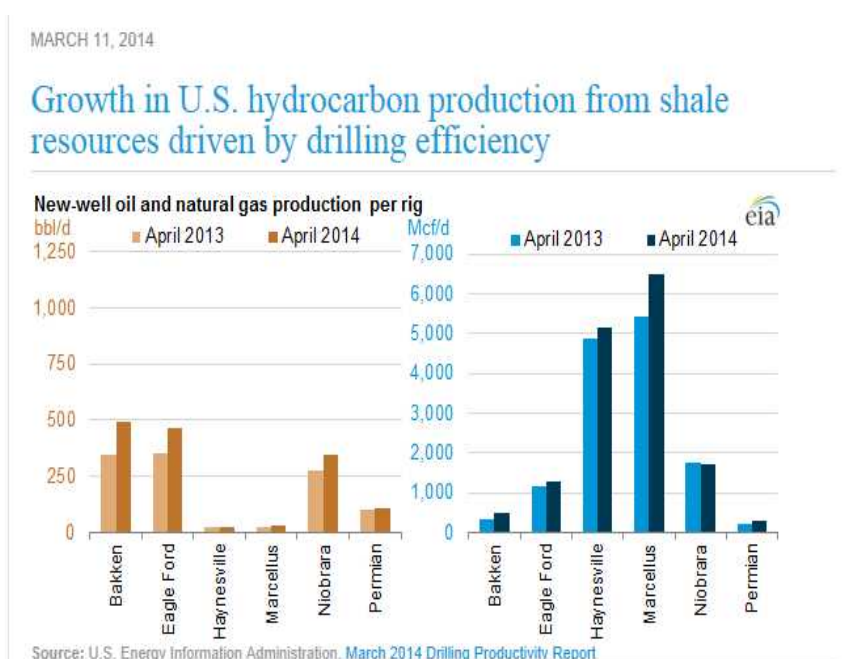
ところが、原理的ブレークスルーというよりは、日常的な改善の積み重ねが多いので、見た目の新規性が相対的に乏しく話題になりにくい。

コスト削減と供給量の増加という面での典型は、これまで岩質が緻密すぎて商業的に大量採取することは技術的に無理だったシェール層からのガスや石油の大量商業生産が可能になった「シェール革命」と、その後の展開である。シェール革命自体は、世界的なエネルギー問題の権威で、エネルギー百科全書ともいうべき大著「探究」（2012 年）の著者、ダニエル・ヤーギンは「21 世紀最大の技術革新」としているが（21 世紀はまだ 13 年間ほどだが）、5～10 年前の一回きりのブレークスルーではなくて、今でも加速度がついて進展中だ。

例えば、米国最大のマーセラス鉱床では、1 掘削リグ当たりの生産量が、07 年から本年初めまでに 10 倍以上に急拡大しており、直近 1 年間でも 2 割も向上している。同鉱床全体

の生産量は、07年の12億立方フィート/日から、現在140億立方フィート/日（LNG換算で約1億2千万トン/年）へ、10倍以上に爆発的に伸びた。シェール・オイルについても、例えば東テキサスのイーグルフォードでは、07年から14年までで1リグ当たり約10倍も伸び、直近1年間でも2割伸びている。

米 EIA によるシェールオイル・ガスの1リグ当たり生産量推移



このため、北米の石油成分生産を伴わないシェールガスの平均生産コストは数年前まで\$4~5/百万BTU、シェール・オイルが\$80/バレル以上とされていたが、広大な各シェール鉱床内のスウィート・スポットが次第に判明して、そこに順次開発が集中化し、付帯インフラ・コストも急減すると同時に、各地点でのシェール地質に合わせて、水圧破碎の圧力・段階数・使用流体・プロップアント選択を素早く最適化した。これで、1坑当たりの生産レートは大きく上昇し、単位生産コストは時間とともに大きく低下した。使用機器や評価手法に関する技術革新も日進月歩で進んでいる。最新のシェールガスの全米平均生産コスト推定では、\$3.2/百万BTU程度であり、現在の北米ガス価格である\$4台半ば程度（現状で原油の国際価格の1/4程度）が長期継続すれば、大半の鉱床で十分な利益が見込め、大幅増産が長期継続可能となる。

また、ライス大学による推定では、現在の米国シェールガス生産量の約40年分に当たる、約400兆立方フィートの米国内シェールガス資源量が、生産コスト\$5未満とされている。

さらに、米国のシェール・オイル埋蔵量の7割以上が、\$75/バレルでも十分利益が出ると最大手コンサルタントの英ウッド・マッケンジー社は最新評価している。米国のシェール・オイル生産量は、07年の約30万バレル/日から、現時点で約350万バレル/日と、

日本の原油輸入量に匹敵するような量まで急増し、20年頃には5百万バレル/日程度まで増加する見込みだ。

生産技術面では、シェール開発以外にも、水深1500mを超えるブラジル深海等での石油・天然ガス開発技術の完成や、沖合での浮遊式LNG生産設備の実用化等々、ここ数年で実用化されてきた技術によるエネルギー供給増、可採資源量増加の絶対量は、太陽光発電などの技術革新によるエネルギー供給量の増加よりはるかに大きい。

水深1000~3000mのブラジル沖深海のサントス堆積盆では、05年以降で合計180億バレル程度の石油可採資源量が発見され、現在は順次開発中であり、今後10年程度で同国の原油生産量は現在の2.5~3倍程度の日量5~6百万バレルにも達する見通しだ。深海油田の開発・生産は、21世紀初頭頃まで技術的に水深1000m程度が限界であったが、次々に技術的課題が克服されて、水深2000m以上でも大規模商業生産が可能になった。

同じように、沖合はるか離れた海底ガス田のLNG化や僻地ガス田のLNG化での大幅コストダウンを可能にする浮体型液化・出荷プラント（FLNG）という新技術も急速に普及しつつある。一昨年に世界初の豪州沖大型案件が建造開始されたが、現在世界で4隻建造中であり、また多数の様々なタイプのFLNG案件が近い将来の実現化を検討中だ。これで、場所によっては開発コストが半減する。

化石燃料の技術革新は何も資源生産面だけではなく、天然ガスのコンバインド・サイクル発電、石炭のIGCC発電、燃料電池等の高効率利用や、ガソリン車の燃費効率改善の技術革新も目覚ましい。

例えば、ドイツの再生可能エネルギー導入が同国の電源の中で1%上昇するよりも、米国で既存の石炭火力発電所の1%を最新型の天然ガスコンバインド・サイクル発電所で代替した方が、4倍以上も世界のCO2削減量は大きい。現に米国では12年に天然ガスの石炭代替でCO2発生量が3.5%も減少しているのに対し、再生可能導入に熱心なドイツは、価格要素から天然ガスから石炭シフトが起こったのが原因というものの、逆に2%も増加させてしまった。BPのチーフエコノミストであるC・ルールは、世界全体で「ガスによる1%の石炭代替は、再生可能エネルギーの十数%増加と同じCO2削減効果があり、しかもずっと低コストで即効性がある」としている。

その天然ガスのコンバインド・サイクル発電の最新型発電効率は、過去5年間で58%から62%まで4ポイント、比率にして7%近くも上昇している。

石炭火力発電自体もガス化発電（IGCC）という新技術で、発電効率が従来型石炭火力の約40%から48%へ8ポイント、比率にして2割も上昇している。さらに、天然ガスと石炭の火力発電は、コンバインド・サイクルの前段階に燃料電池を設置したトリプル・コンバインド・サイクル発電の実用化に向けて現在研究中であり、完成すれば発電効率が70%に達し、画期的な効率向上、省エネになる。

石油駆動自動車の効率改善、環境負荷軽減も、今やハイブリッド車に限らず、普通ガソリン車でも、ℓ当たり 30km 走行が当たり前になりつつあり、これは現状と見通せる将来において、電気自動車の環境改善効果よりも文字通り桁外れに大きい。

これは、新車販売における、ハイブリッド車も含めた石油駆動車との桁違いの販売台数差だけではなく、電気自動車に必要な発電およびリチウム電池製造に係る CO2 排出が、原子力発電の爆発的拡大がない限り、石油駆動車を大きく下回ることが不可能であるからだ。いくら再生可能エネルギーによる発電シェアを鋭意増加させても、絶対量で見れば自動車用エネルギー全体のごく一部しか賅えない。

さらに、エネルギーに関する環境負荷は CO2 排出問題だけではない。植生がある場所での設置が植物・動物相、保水力、気温激変緩和機能に大ダメージを与えるメガソーラー発電所に対して、天然ガスのコンバインド・サイクル発電所は敷地面積当たりの年間発電量が 2 千倍以上もあり、生態系に対する直接負荷がその分、圧倒的に低い。1%のコンバインド・サイクルの発電効率向上は、直接的な生態系ダメージ軽減という点で、メガソーラーの 20 倍以上の発電効率向上に相当するのである。

今後のエネルギーや環境を論じるには、これら要素もしっかりと踏まえる必要があるだろう。

(了)

《プロフィール》

石井 彰（いしい・あきら）

エネルギー・アナリスト。

エネルギー・環境問題研究所代表（2014年3月まで、独立行政法人 石油天然ガス・金属
鉱物資源機構 上席客員研究員、早稲田大学理工学部非常勤講師）。

1974年 上智大学法学部卒業

1974年 日本経済新聞社記者

1976年～ 石油公団

1981年 ハーヴァード大学国際問題研究所客員研究員

1989年 石油公団パリ事務所長

2003年 （独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構 首席エコノミスト

石油・天然ガスを中心にエネルギーの国際動向調査・分析が専門。著書に『木材、石炭、
シェールガス：文明史が語るエネルギーの将来』（PHP 新書、14年）、『エネルギー論争の
盲点』（NHK 出版新書、11年）、『石油、もう一つの危機』（日経 BP、07年）等、多数。朝
日新聞、日本経済新聞、週刊エコノミスト、週刊東洋経済、日経ビジネス・オンライン等
への寄稿多数。