



地球資源への 視点

石油・ガス・石炭・ウラン・そして再生可能エネルギー——

現代文明のエンジンである地球資源をめぐる状況は大きく変動しているが、

資源小国日本という現実は変わらない。

「枯渇リスクと資源戦略」「資源開発」「気候変動」など、

地球資源をめぐる各側面について、各分野の専門家・有識者の意見を聞いた——

競争力と環境性の両立を――日本のLNG戦略を考える



末廣能史

石油天然ガス・金属鉱物資源機構 戦略企画室長

私が子供の頃、石油の可採年数は30年と言われていたが、今は53年と伸びている。天然ガスも、在来型では54年だが、技術が進展し経済的に採掘できるようになったシェールガスなどの非在来型を加えると、160年になるという試算もある。

可採年数とは、確認可採埋蔵量（現在の技術で経済的に採掘できる埋蔵量）を、年間生産量で割った値。だから、新規鉱区の発見だけでなく技術革新や資源価格次第で延びる。例えばシェールガスでは、価格が安ければ、掘りやすいシェール層しか掘らず生産が絞られるが、価格が上がれば多少採掘が困難な層でもペイするため、確認可採埋蔵量は増え、可採年数も延びる。こうしたことから、2050年頃まで油もガスも枯渇の心配はないのではない。ただ、資源は有限であり、制約

は厳然として存在することを忘れてはいけない。

加えて、近年見過ごせないのが環境制約だ。先頃発効したパリ協定では、世界の平均気温上昇を産業革命前と比べて2℃未満に抑える目標が合意され、日本も国際的責務としてCO₂削減に取り組む必要がある。既に化石燃料、とりわけ石炭の使用に対する国際的な圧力が強まりつつある。石炭の資源国であるオーストラリアやカナダから投資を引き上げる動きや、石炭火力発電はいずれ「座礁資産」として不良債権化するという声もある。埋蔵量に問題がなくても、将来的に使えなくなるリスクがあるわけだ。

資源に乏しい日本にとって、エネルギー資源の安定的・経済的確保は大きな課題。原子力は、温暖化対策の観点で有効であり、経済

なり、より有利な条件でのLNG調達を可能にしようという動きがある。特に距離的・文化的にも近く、パートナーとして共同でビジネスを進めやすい東南アジアと連携し、LNGネットワークを構築する動きもある。つまり、日本がアジアのLNGハブとなり、北米・欧州市場との相互接続を主体的に進めようというものだ。

日本のLNG取引は従来、主に長期契約・仕向地条項*による転売等の制限・石油価格連動の価格設定など、硬直した形態が多かったが、ハブ化・ネットワーク化などの取り組みにより、日本の交渉力を強め、仕向地条項撤廃や契約期間・価格設定の柔軟性を実現して

いくことも狙っている。

一方、国内の電力会社は、電力自由化や人口減少などで、国内市場の拡大は見込めず、必然的に海外に打って出ざるを得ない状況。エネルギーのLNGシフトも見据え、海外でのガス事業展開に強みを見出していけばいいだろう。

資源小国日本は、発電用燃料を海外から調達せざるを得ない。従来は買主だったが、今後は、上流事業（探鉱・生産）への参画を進めることで、売主として供給量（調達量）に柔軟性を持たせるとともに、卸先等についても発言力が増す。関西電力は、既にオーストラリアのガス田の上流権益を取得し、東南ア

性でも優れているが、安全性が課題。再生可能エネルギーは出力が不安定。となると、化石燃料の中でもCO₂排出量が少ないLNGの役割はいっそう増すだろう。

LNGの需要は、中東・中南米・東欧等での新規分を含め2020年までに約45%拡大する見込みで、とりわけアジアの需要拡大が大きい。代表的なガス輸出国のマレーシアが既に輸入国となり、インドネシアも間もなく輸入国に転じる。これまで欧州・北米・アジアと分断されていた市場も、今後、こうしたアジアを中心としたLNGの需要拡大などを受け相互接続が進むだろう。

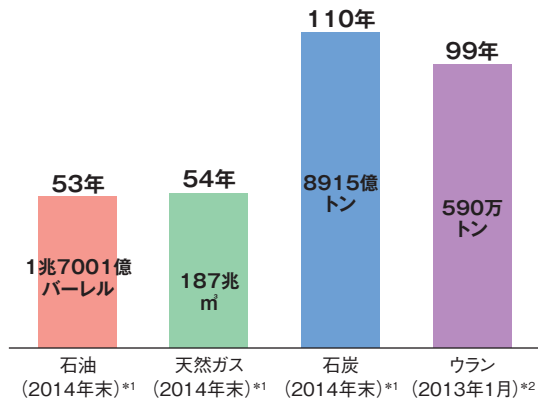
こうしたなか、世界のLNG需要の3分の1を占める最大の輸入国・日本では、需要量や交易ルートの優位性を踏まえ、LNG取引のハブ（取引集積と価格形成・発信拠点）と

アジアを中心に海外での発電事業も展開。とすれば、資源開発から発送配電まで「上下流一体型」のグローバルな事業も戦略として考え得る。例えばオーストラリアで採取したガスを輸送する際、まず東南アジアの自社が関わっている発電所に卸し、そのあと日本に持ってくる。上下流一体型が進めれば、そのときどきのガス価や需給動向を見て利益を最大化できるだろう。

上流事業の実績を重ね、ノウハウを蓄積しつつ、いかに収益性のあるビジネスモデルをつくれるか――「上下流一体の世界的電力メジャー」をめざす壮大な挑戦を望みたい。

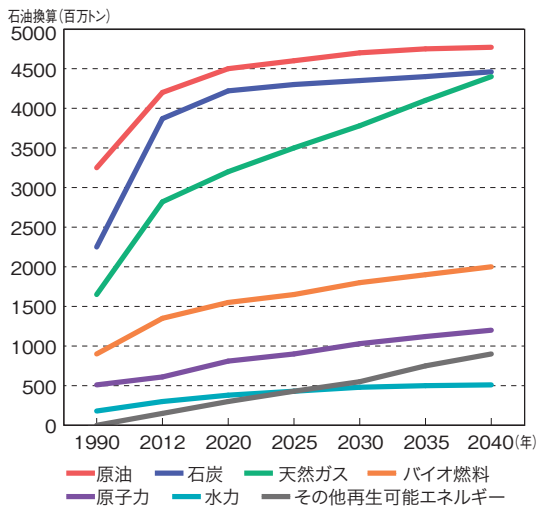
【譯者】

エネルギー資源の可採年数



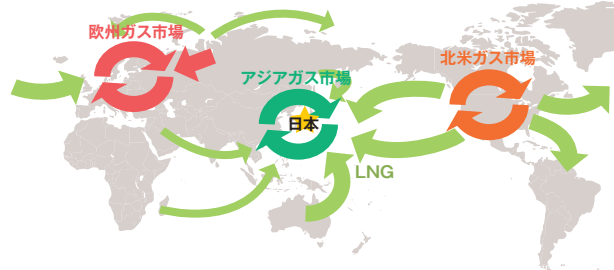
(注)可採年数＝確認可採埋蔵量／年間生産量
ウランの確認可採埋蔵量は費用130ドル/kgU未満
出典：*1 BP統計2015 *2 OECD・IAEA「Uranium2014」

世界の燃料別エネルギー需要動向



資源エネルギー庁「エネルギー白書2016」の資料をもとに作成

アジアのLNGハブ化をめざす日本



天然ガス市場は今後、拡大するアジア市場に北米産のLNG等が大量に供給され、従来分断されていたアジア・欧州・北米市場が相互接続される可能性がある。日本は需要量や交易ルートからもLNG取引のハブとなる優位性がある

経済産業省の資料をもとに作成

*契約で規定された仕向地以外では受け渡しをせず、買主が第三者に転売することを認めない条項

開発の困難性が増すなか、「環境調和型資源開発」を進める

村田澄彦

京都大学大学院工学研究科准教授



むらた すみひこ
京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 准教授
1961年生まれ。京都大学工学部資源工学科卒、同大学院工学研究科修士課程資源工学専攻修了。工学博士（京都大学）。石油公団（現JOGMEC）研究員を経て、95年京都大学工学部助手、04年大学院工学研究科助教授。環境調和型資源開発技術および資源生産性向上技術を研究。研究テーマは石油・天然ガスの増進回収法、温室効果ガスの地中貯留、発破低周波音の低減、残壁及び地下空洞の安定性評価など。
<http://earth.kumst.kyoto-u.ac.jp/index.html>

「資源開発」は、鉱工業の中で最も上流に位置し、開発の方法が良くなければ環境問題や災害を惹き起こしかねないが、適切に行えば、人々の豊かな暮らしを持続的に発展させる大きな原動力となる。

かつての資源開発は、経済成長が優先され、環境保全は二の次となる傾向があったが、今や世界各国、資源国でも、環境問題につながるような開発は認められなくなりつつある。例えば中東などの油田では、以前はフレアリング（原油生産時に生じる随伴ガスの焼却処分）が当たり前のように行われていたが、最近では原油随伴ガスを地中に圧入還元させるようになり、「油田の火」はほとんど姿を消した。

ただ、容易に開発できる鉱区をほぼ開発し終えた結果、開発コストが上昇傾向にある。

一方で、資源価格はさほど上昇しておらず、資金に余力がないなか、利益を確保しようとするれば、環境対策は後手に回りかねない。人々が豊かで便利な暮らしを求める限り、資源開発は必要であり、それに伴う環境問題はジレンマとも言えよう。

となれば、対策は三つ。まず、資源開発と環境保全をクルマの両輪として捉える「環境調和型資源開発」の推進。地表の掘削に対しては緑化など自然回復プログラム、採掘に伴う地滑りや誘発地震などの防止策も必要だ。あるいはCCS（CO₂回収貯留）や放射性廃棄物の地層処分など、もともと地下にあったものは、安全性を担保した上で地下に戻す技術の開発と適用。つまり石油開発をするならCCS技術もセットで開発し、石油利用によって発生したCO₂を地下に戻す。そうす

収率を上げるほうが現実的かもしれない。例えば石油の場合、従来の採掘法による回収率は20〜40%だが、EOR（石油増進回収）技術を使えば50〜60%に向上する。それでもまだ半分近い資源が残っているわけで、回収技術の高度化が急がれる。

これらを確実に進めるため3番目の対策として「行政サポート」が重要だ。資源価格が高ければ企業は自ら投資を行うが、今のよう

に油価をはじめ資源価格が安いと企業の開発意欲は低下する。資源開発は長い期間を要する事業。その間の経済環境変化やさまざまなリスクに左右されず、事業者が安定して開発に取り組める体制――「環境調和型資源開発」をはじめ、法律や税制の整備が欠かせない。

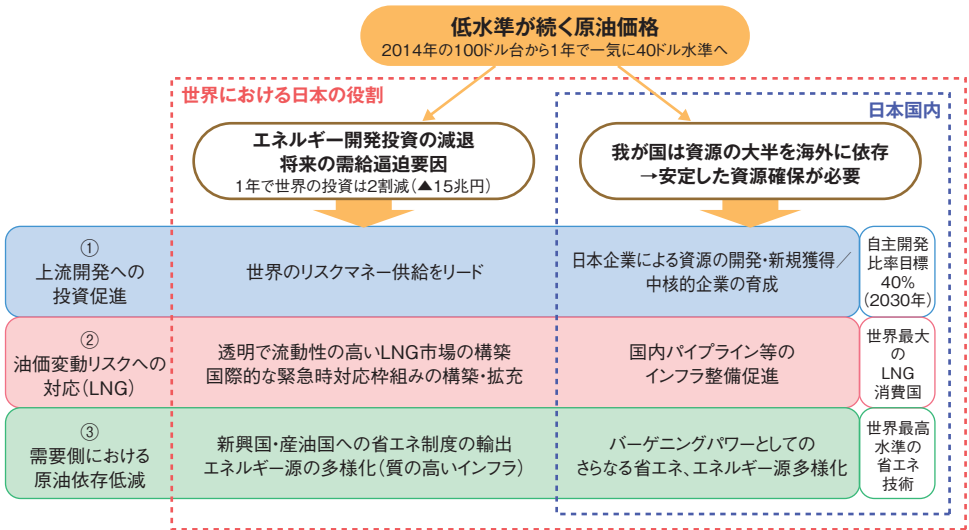
この点、日本は、世界中で権益獲得や企業買収を進める欧米メジャーや中国の国営会社などにやや後れを取っていたが、2016年11月、改正JOGMEC（石油天然ガス・金属鉱物資源機構）法が成立。日本の上流開発企業が資源価格下落で権益を手放す外国企業を買収したり、資源国の国営企業の株式を取得したりする際にJOGMECが資金支援できるようにになった。この機に資源開発に集中投資を行い、日本の自主開発比率を高め、エネルギー安全保障を強化することが重要だ。

関西電力などエネルギー企業も近年、天然ガスなどの上流権益取得に力を入れている。今回の法改正を機に取り組みを加速させ、収益を確保しつつエネルギー安定供給と環境対策に力を注いでいただきたい。

現代社会に生きる我々は、誰もが資源開発の恩恵を受けている。ならば開発に伴う環境問題についても、解決に向け応分の協力をすることは我々一人ひとりの責任に違いない。

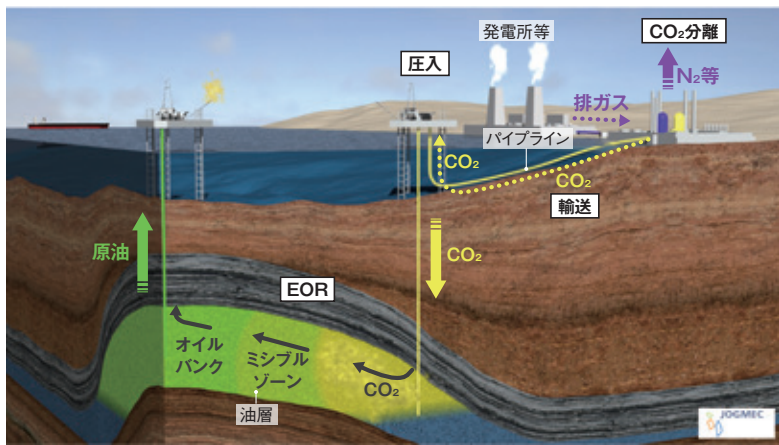
地球資源への視点

原油安局面におけるエネルギー安全保障



①②③について、日本が世界に対し国際協調をリードするとともに、日本国内でも関連施策を強化
資源エネルギー庁「エネルギー白書2016」の資料をもとに作成

環境調和型のEOR 炭酸ガス攻法 (CO₂-EOR)



©JOGMEC (石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

圧入流体にCO₂を用いる原油回収率向上技術 (CO₂-EOR)。高い原油回収率が期待されるとともに、多量のCO₂を地中に封じ込めるため、大気中へのCO₂排出抑制、ひいては地球温暖化防止にも寄与する技術だ

持続可能な社会へ、 長期的視点で迅速な変革を

蟹江憲史

慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科教授



かにえ のりちか
慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科教授（国際関係論、地球環境政治）
1969年東京都生まれ。慶應義塾大学総合政策学部卒、同大学院政策・メディア研究科修士課程、博士課程修了。博士（政策・メディア）。北九州市立大学助教授、東京工業大学大学院准教授、パリ政治学院/持続可能な開発と国際関係研究所客員教授、欧州委員会フェローなどを経て、2015年より現職。東京大学客員教授、東京工業大学連携教授も兼務。近著『持続可能な開発目標とは何か——2030年へ向けた変革のアジェンダ』
<http://kanie.sfc.keio.ac.jp/profile.html>

異常気象や自然災害の頻発など、明らかに地球の環境は変調を来している。気候変動リスクの顕在化に加え、地球上の人口は2050年に90億を超すと見られ、資源を使う人は増加の一途を辿る。化石燃料を膨大に使い、大量生産・大量消費で進めてきた我々の発展パターンは、資源・環境制約から変革を余儀なくされている。特に途上国にとって、自主的に化石燃料消費を抑えるのは難しいが、手遅れにならないうちにアクションを起こさなければならない。

こうした認識のもと2015年9月、世界は2030年に向けた「持続可能な開発目標（SDGs）」を採択、また同12月にはCOP21（国連気候変動枠組条約第21回締約国会議）で20年以降の新たな温暖化対策「パリ協定」を採択し、今世紀末に、温室効果ガス排

出量を実質的にゼロにすべく舵を切った。日本も50年までに温室効果ガスを80%削減する目標を掲げたが、パリ協定の批准には出遅れた。16年9月に2大排出国である米中が首脳会談で同時批准に動き、10月にはインド、EUが続いたことで、パリ協定は日本の批准を待たず11月4日に発効した。

なぜ米中をはじめとする国々は、予想外の早さで批准することになったのか。持続可能性や環境優先へと早く転換し、今後拡大するであろう環境優先型マーケットで優位になるべきと考えたからだろう。政権交代により米国の政策は不透明になってはいるが、日本は危機感を持たないとまずい。

かつて日本は経済大国で、しかも省エネ大国・環境先進国と言われてきたが、既にGDPは中国に抜かれ、エネルギー効率は他の国

ではどう取り組むべきか。エネルギーがなければ現代的生活は営めないが、環境負荷も大きい。どうするのか、革新的な何かが必要となる。

例えば、新たなエネルギー技術開発に取り組む。エネルギー効率を向上させたり、再生可能エネルギーを増強する。原子力は膨大なエネルギーを生み出すが、持続的に進めるには安全性確保や廃棄物問題も解決しないといけない。

こうした課題解決や技術革新には、企業や業界の壁を越えて知恵を出し合うことが必要だ。企業は従来とは異なる研究者ともパート

ナーシップを組み、技術者も広い視野を持つて社会の多様な課題に目配りしながら自らの専門を深めていく。それぞれにこうした姿勢が求められる。

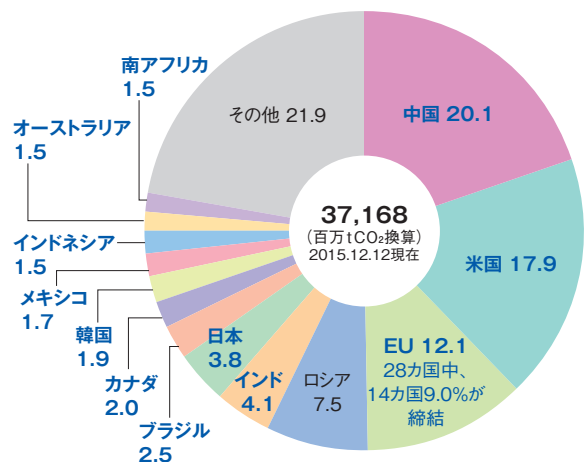
ところで、今世紀末の長期的な目標は決まったが、そこに至るロードマップを描く必要がある。貧困や格差を放置すると社会が不安定になり、テロなどにつながりかねないが、気候変動が食料や水の供給を危うくし、貧困悪化の原因となっていることもわかってきた。持続可能性は多方面から考える必要があるが、そのきっかけを与えるのがSDGsである。2100年までにはまだ80年以上あるが、

持続可能な開発目標（SDGs）



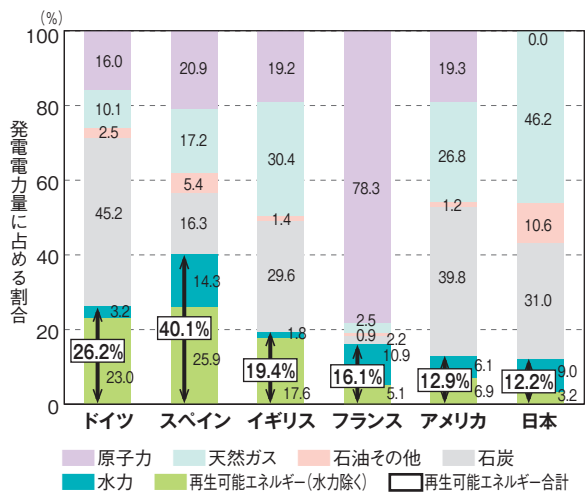
国際連合広報センターより

各国の温室効果ガス排出量割合（%）



青字：パリ協定を締結した主な国（2016年12月16日現在118カ国）
国連気候変動枠組条約事務局の資料をもとに作成

発電電力量に占める再生可能エネルギー比率の国際比較



出典：【日本】「電源開発の概要」より作成（2014年度実績値）。
【日本以外】2014年推計値データ、
IEA Energy Balances of OECD Countries (2015 edition)
資源エネルギー庁「エネルギー白書2016」の資料をもとに作成

社会はすぐには変わらない。長期的視点、革新的発想や取り組みを進めていかなければ、解決策は出てこない。どのような着地点があり得るか、そこに至るにはどうすればいいかを考え、そこから現状を考える。みんなが持続的に豊かになることが望ましいが、豊かさとは何か。経済だけでなくブータンのGNH（Gross National Happiness／国民総幸福量）のような価値観も含めて持続的な社会をつくるための方策を考える必要があるだろう。次の世代にバトンを渡すまで、今こそ現世代である我々の知恵の見せどころだ。