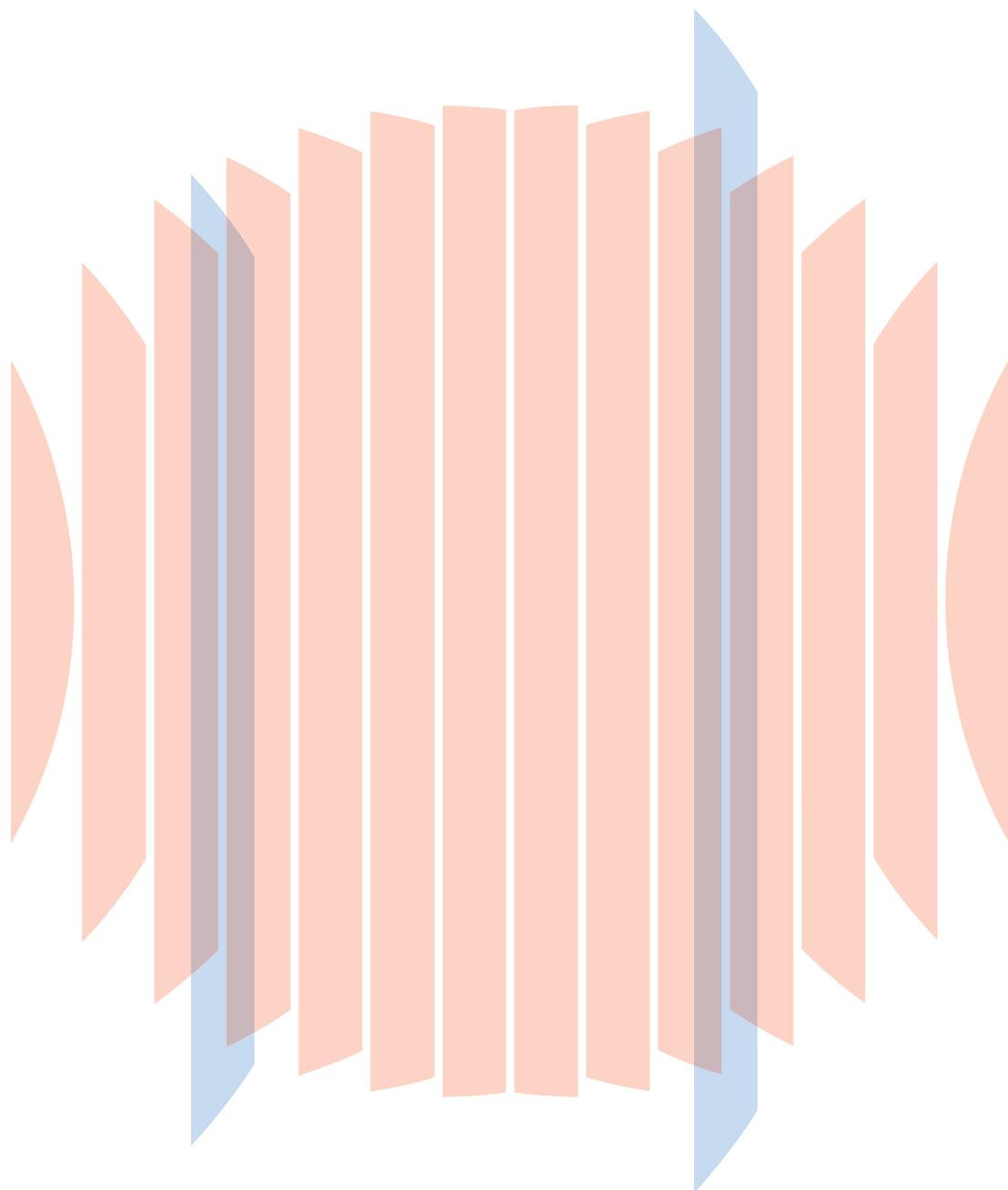


季報 エネルギー—総合工学

Vol. 39 No. 1 2016. 4.



一般財団法人 エネルギー—総合工学研究所
THE INSTITUTE OF APPLIED ENERGY

目 次

【巻頭言】			
	21 世紀の火力発電技術		
		東京大学 生産技術研究所 エネルギー工学連携研究センター シニア協力員	金子 祥三 …………… 1
【寄稿】			
	電力システム改革の概要		
		東京大学大学院 新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻 教授	横山 明彦 …………… 3
【寄稿】			
	電力広域的運営推進機関の役割		
		電力広域的運営推進機関 理事	寺島 一希 …………… 12
【寄稿】			
	電力の取引について～電力取引所の役割～		
		一般社団法人 日本卸電力取引所 (JEPX) 企画業務部長	國松 亮一 …………… 19
【寄稿】			
	発送電分離に向けた課題と対応		
		中部電力株式会社 執行役員 電力ネットワークカンパニー 系統運用部長	平岩 芳朗 …………… 22
【寄稿】			
	電動車両の最新技術および将来展望		
		早稲田大学 環境総合研究センター 客員教授	廣田 壽男 …………… 28
【調査研究報告】			
	ドイツのエネルギー転換政策のための廃止措置積立金問題		
		プロジェクト試験研究部 参事	楠野 貞夫 …………… 40
【調査研究報告】			
	世界のガス市場の変化と日本の LNG 調達への考察		
		プロジェクト試験研究部 副参事	坂本 茂樹 …………… 52
【事業計画】			
	平成 28 年度 事業計画	(一財)エネルギー総合工学研究所	…………… 65
【研究所のうごき】	……………		73
【第 38 巻通巻目次】	……………		76
【編集後記】	……………		80

巻頭言

21 世紀の火力発電技術

金子 祥三 (東京大学 生産技術研究所 エネルギー
工学連携研究センター シニア協力員)



平成 27 年はエネルギー関係では大きな節目の年であった。すなわち、①エネルギーミックスの決定 ② CO₂ 削減目標 26% の決定 ③ 電力自由化（電力システム改革）の決定である。この方針に基づき、これから具体的な施策の決定と着実な実施が求められていくことになる。

また、昨年 12 月には COP21 が開催され、“パリ協定”が締結された。その意味でも化石燃料を使用する火力発電には、ますますの高効率化が求められる。高効率発電技術による化石燃料の節減と CO₂ 排出量の削減の同時達成こそ、火力発電技術の正攻法であり王道であると言える。

火力発電の歴史は大きく 3 つの段階に分類できる。すなわち、①第 1 世代：ボイラと蒸気タービンの組合せ ②第 2 世代：複合発電（コンバインドサイクル）：ガスタービンと蒸気タービンの組合せ ③第 3 世代：トリプル複合発電：燃料電池とガスタービンと蒸気タービンの組合せである。今、時代はまさに第 2 世代の全盛期を迎えようとしているが、この技術が本当に社会に貢献していくためには、ガスタービンや蒸気タービンなどの個々の要素技術をさらに高めると共に、複合サイクルとしてのシステム全体を一層高度化し、かつ信頼性と経済性を高めることが重要である。

複合発電の特徴は、多くの構成要素で全体を構成する“複雑系”であることである。特に、これから注目される“石炭ガス化複合発電（IGCC）”の場合は、石炭ガス化炉、ガス精製、ガスタービン、排熱回収ボイラ、蒸気タービンといった性格の異なる機器が、全体として 1 つのループを形成するシステムとなっている。各機器は自らの性能を発揮するのは勿論

のこと、他の機器と整合し、協調して、全体としての高い性能と信頼性を実現しなければならない。つまり“摺り合せ”と“チームワーク”が強く求められている。先行する世界のIGCCプロジェクトが必ずしもうまく行っていないのは、この複雑系をうまく使いこなせていないことも原因と考えられ、ここに日本人の強味が発揮できるのではないかと考えている。日本のIGCCプロジェクトをぜひ成功させ、着実に商用化を成し遂げてほしいと願っている。

エネルギーミックスの議論にしても、再生可能エネルギーがバラ色ですべてを一挙に解決できるといった単純な主張も依然として根強い。エネルギーという国や国民の生存にかかわる事は、セキュリティ、経済性、環境性のすべてを同時に満足する共存解が必要であって、どれか1つを満足するだけでは失格である。つまり、定性的、情緒的な単純な議論は不可であり、定量的裏付けを持った総合的な議論が重要である。その意味で、エネルギー総合工学研究所の今後のますますの発展とリーダーシップを期待するものである。

[寄稿]

電力システム改革の概要

横山 明彦 (東京大学大学院 新領域創成科学研究科
先端エネルギー工学専攻 教授)



1. はじめに

テレビをつけるとCMで、スーパーマーケットに行くレジのそばで、「電気を買いませんか、このような特典があります。」などと宣伝を行っている。4月1日からいよいよ電力小売りの全面自由化が始まった。これまで地元の電力会社からしか購入できなかった家庭や小規模コンビニなど低圧の50kW以下の小口需要家が、大口需要家と同様にいろいろな事業者から電力を購入できるようになったのである。いわゆる電力システム改革の第二段階の始まりである。

世界の電力自由化の潮流に合わせて、日本でも1990年代から、わが国の電力システムの特徴を考慮した独自の電力自由化を進めてきた。そして、ちょうど第4次電力システム制度改革の成果を評価しているところの2011年3月11日に東日本大震災が発生し、それに伴う福島第一原子力発電所の事故があり、東京電力エリアで計画停電が10日間にわたって行われ、首都東京で電力安定供給への危機感が高まった。これが契機になり電力システム改革が始まったのである。

一方、この東日本大震災前から、二酸化炭素(CO₂)排出削減を目指し、大量の太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギー電源を導入する低炭素電力システムを構築するための検討がなされてきた。この再生可能エネルギー電源の大量導入は、原子力発電の扱い

方とともに今後電力自由化を進めていくうえで大きな影響を与えるものと思われる。本稿では、これまでの電力自由化の状況を簡単に述べ、今回の電力システム改革の概要と今後の課題について述べることとする。

2. 東日本大震災までの電力自由化の流れ

わが国の電力自由化は1995年に始まり、2004年から2005年にかけて第3次電気事業制度改革が行われた。低圧の小口需要家を除くすべての需要家が自由化されたこの制度改革の要点は、図1に示すように3つある。1つは、卸電力取引市場(スポット市場)が創設され、この市場で新規参入する特定規模電気事業者(PPS)や一般電気事業者、卸電気事業者が電力の取引をすることが可能となったことである。スポット市場は、翌日に30分ごとの24時間48商品を受け渡しする電気の取引を行う市場で、シングルプライスオークションで約定している。この約定量が地域間連系線で送れない場合は、市場分断をして個々のエリアで約定処理をして価格を決めている。

もう1つは、さまざまな事業者が送電ネットワークを利用する際の公平性を確保するため、一般電気事業者のネットワーク部門と発電部門との情報遮断を行い、内部相互補助を禁止することを法的に担保したことであり、最後は、送電ネットワーク利用の公平性、透明性、中立性を確保するため、電力系統利用

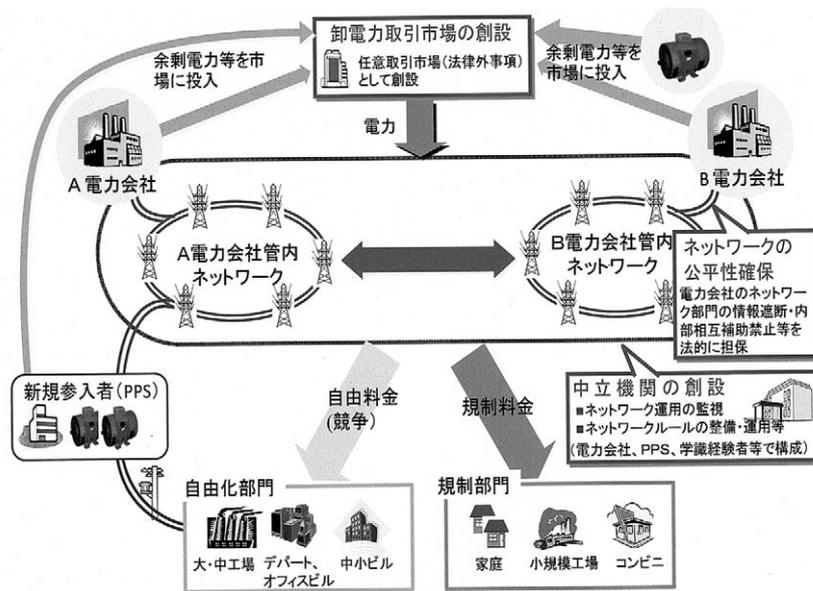


図1 第3次電気事業制度改革の概要

協議会（ESCJ）という中立機関を創設し、ネットワークの運用を監視するとともに、ネットワーク利用に関するルールを整備・運用したことである。この電力系統利用協議会では、理事会において中立者と新規参入するPPS、一般電気事業者、卸電気事業者の利害関係者の代表によって、意思決定が行われていたことが特徴であろう。基本的には、一般電気事業者は発電、送配電、小売り部門の垂直統合型であり、発電部門と送配電部門は、会計分離による発送電分離が行われている。一方、各PPSは、需要家のメーターからの情報に基づいて実需要に対する30分同時同量（実同時同量制）を行っており、これに対してインバランスが出た場合には、余剰インバランスより不足のほうが高いペナルティ料金が課されることになった。

2008年には第4次電気事業制度改革が行われて、この第3次制度改革の改善が行われている。ここでは、卸電力取引市場のスポット市場に加えて時間前市場（1日3回、4時間前市場）が創設された。これは、事前に連系線空容量の確定を行わないオークション方式の市場として設計されている。安定供給に関しては、ESCJが広域流通を通じた安定供給に

関する地域間連系線の整備に関する2種類の調整プロセスを整備し、このプロセスの適用を通じて、非常時も含めた安定供給力の確保に向けた検討が進められていくことになった。また、自由化範囲についても議論が行われ、既に自由化された範囲の需要家の選択肢がまだ不十分であり、自由化範囲を拡大することは、家庭部門の小口需要家にメリットをもたらさない可能性があるため、自由化範囲は拡大せず、まずは既自由化範囲において競争環境整備に資する制度改革を実施すべきとされた。そして、5年後を目途に、小売自由化範囲の拡大の是非について改めて検討することとなったのである。今回の電力システム改革では、これらが大きく変更されることになる。

3. 東日本大震災後の電力システム改革

前述したように、東日本大震災を契機に今回の電力システム改革の議論が始まった。ちょうどこの時期には、資源エネルギー庁で制度環境小委員会が動いており、2008年に行われた第4次制度改革の効果を検証していた。3月11日午前中も第5回小委員会が行われたところであった。

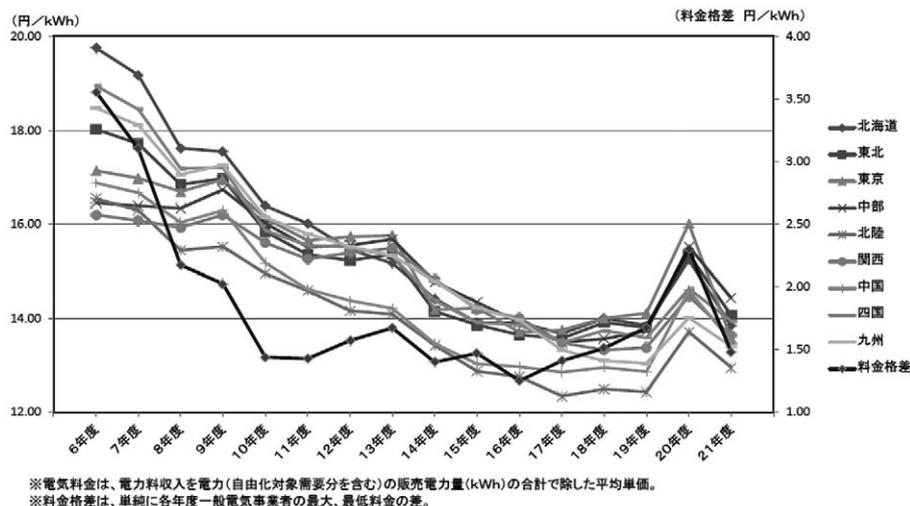


図2 各エリアの電力料金の推移 (1)

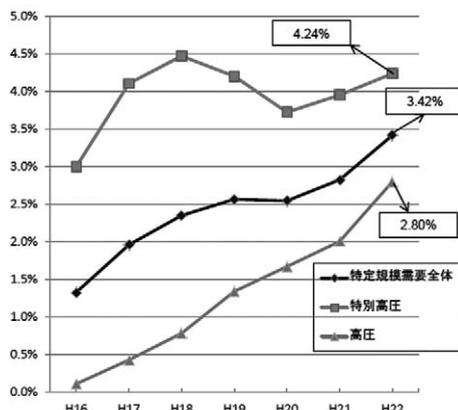
そこでの評価は、以下のとおりである⁽¹⁾。電気料金については、図2に示すように、第1次制度改革以降、順調に下がってきているが、地域間の料金格差は、第1次制度改革以降5年間で急速に縮小したものの、この10年間でほぼ横ばいである。また、第4次制度改革以降、PPSの数は増加しているものの、小売事業を行っていないエリアも存在し、PPSの営業活動の状況によって、需要家の選択肢に差が生じている。そして、図3に示すように、PPSの販売電力量のシェアは緩やかに拡大傾向にあるが、絶対量は少なく限定的であり、PPSの需要家は、特別高圧の業務用の負荷率が比較的低い層に多く、料金単価が高い需要

家が多い傾向にあり、PPSは、産業用、高負荷率の需要家に対しては十分に供給を行う状況になっていないと評価された。また、エリア内での一般電気事業者間の競争はなく、現行制度では直接的な競争促進を図ることは困難であるが、この促進が必要であるとされ、卸電力取引市場についてもさらなる活性化が必要とされた。

以上のような評価を行っているところに東日本大震災が発生し、電力システム改革を取り巻く状況は一変したのである。

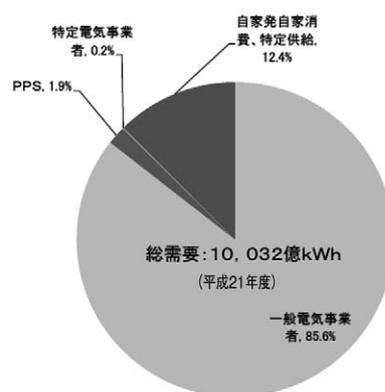
東日本大震災後に新たに設置された電力システム改革専門委員会では、表1の10個の論点⁽²⁾が提示され実現の方法の議論が行われた。

〈PPSの販売電力量シェア(全国)〉



※平成16年度のシェアは平成17年度と同様、高圧50kW以上の需要に対するシェアを記載。(統計の制約から、高圧50kW以上の需要には、選択約款の対象需要をすべて計上。)

〈電力需要に占める各電力事業者等のシェア〉



(出所: 発受電月報, 自家用発電所運転半期報)

図3 PPSの販売電力量のシェア (1)

表1 電力システム改革専門委員会で議論された10個の論点

論点1	スマートメーターの整備を進め、需給ひっ迫時に市場メカニズムを通じた需給調整機能を強化
論点2	小口小売り部門についても、大口分野と同様、需要家が選択できる仕組みを導入
論点3	卸電力市場の活性化
論点4	再生可能エネルギーやガスコージェネレーションの活用も含めた分散型エネルギーの活用
論点5	適切な予備力を確保し、安定的に供給力を確保するための仕組みが必要
論点6	電力会社間の競争促進へ向けた供給区域を超えた電力供給に関する障壁の撤廃や卸電力取引市場を通じた競争活性化が必要
論点7	既存の供給区域を超えた広域での系統運用や需給調整を行うための仕組みが必要
論点8	送配電部門の中立性を確保し、電源間の公正競争のため、会計分離の徹底、法的分離、機能分離、所有分離などさらなる送配電部門の中立化を行う
論点9	市場メカニズムの活用による競争の徹底に際しては、安定性の確保、適切な送配電投資の確保、ユニバーサルサービスの確保、供給責任の確保等に対応する仕組みの再構築が必要
論点10	多様な主体の参画により複雑化する設備形勢や系統運用上の技術的課題を克服しつつ安定性と効率性を両立する新たなシステムを構築することが必要

その結果、次の3つの目的を掲げて、図4に示すような3段階の改革を行うことになった⁽³⁾。まず、本改革の第1段階は、論点5、7、9および10を実現するために、昨年4月に電力系統利用協議会を解消し、電力広域的運営推進機関を設立したことである。第2段階は、この4月から始まった小売りの全面自由化、そのための昨年9月の電力取引監視等委員会の設立であり、論点1、2、3、4、6、9を具体

化するものである。最後の仕上げの第3段階は、2020年を目途に行われる法的分離による発電分離であり、論点8を実現する。これにより、図4に示す今回の一連の電力システム改革は終了することになるが、論点9、10で指摘されている安定供給上の課題も多く残っており、今後詳細な検討が行われることになる。

次章以降で、それぞれの要点について述べることにする。

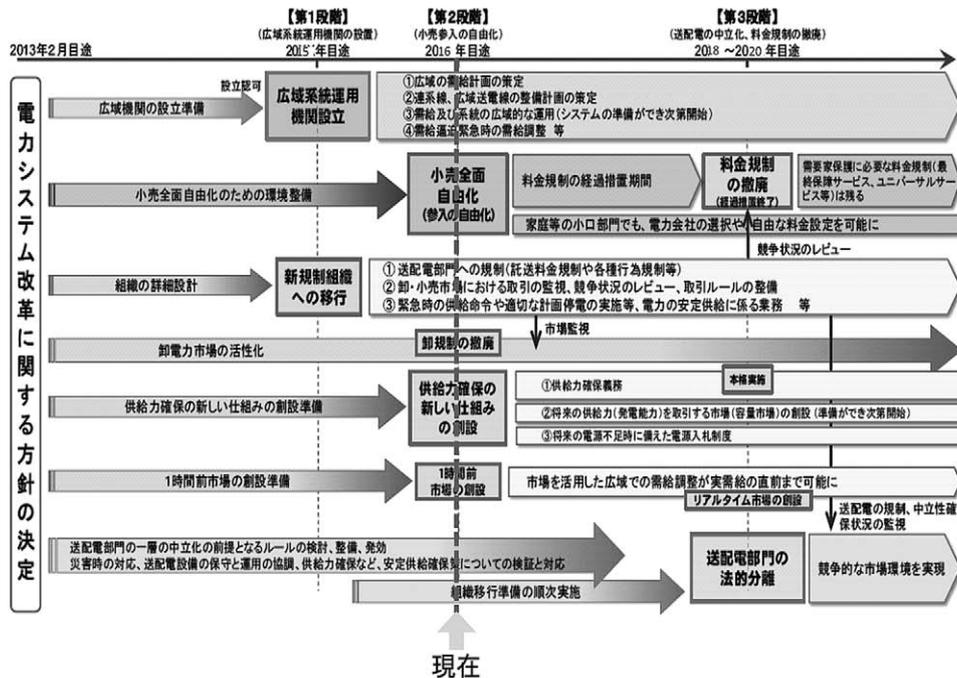


図4 電力システム改革の工程表⁽³⁾

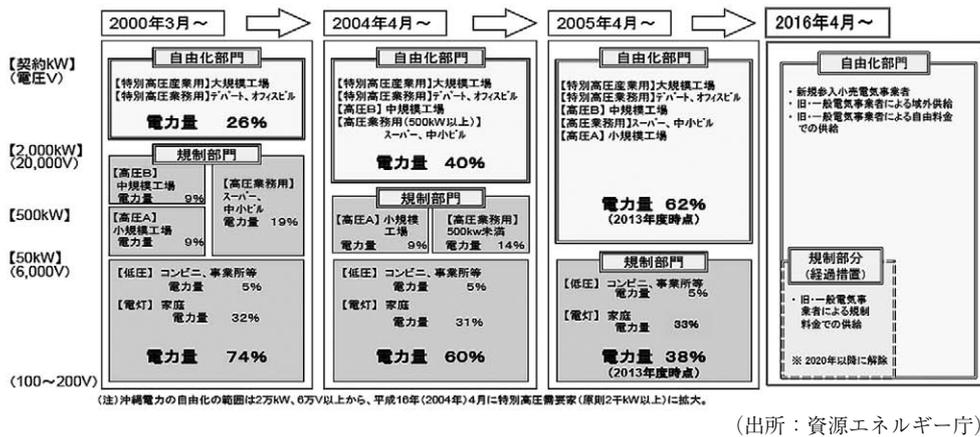


図6 小売り全面自由化への流れ

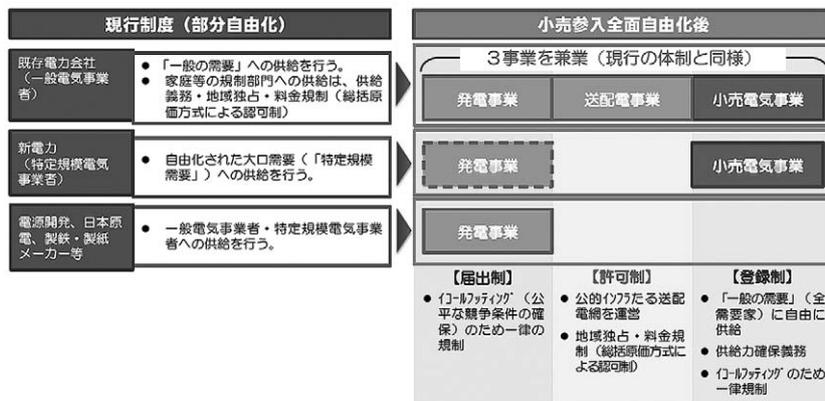


図7 小売り全面自由化に伴う電気事業類型の見直し

うに、「一般電気事業」や「特定規模電気事業」といった電気の供給先に応じた事業類型の区別は廃止し、発電事業、送配電事業、小売電気事業に分類し、それぞれ届出制、許可制、登録制の規制を残すことになった。

家庭の需要家では、いろいろな小売り事業者から電気を購入できるように、30分ごとの電力量データを計測し送配電事業者のデータ管理システムに送信するスマートメーターを需要家全戸に設置しているが、家庭内のホーム・エネルギー・マネジメント・システム(HEMS)とも結んで需要側の需要抑制(デマンドレスポンス)に用いることも考えられている。このスマートメーターは、遠隔でスイッチを開閉することも可能である。2023年までに沖縄を除く地域の全戸にスマートメーターを設置する目標が設定されている。

前述のようにライセンス制により発電事業部門と小売り事業部門を設けたために、これまでの30分の実同時同量制を、発電事業部門と小売り事業部門それぞれで30分の計画値同時同量制に変更した。この制度では、30分ごとの発電電力量、需要量の計画値を、1時間前市場がゲートクローズ(GC)する実運用の1時間前までにそれぞれ確定し、この値になるように実運用するのである。それぞれの30分ごとの電力量計画値に対するインバランスは送配電事業者が補償し、後で清算する。この清算料金(ペナルティ料金)は、1時間前市場価格を基に決定され、供給量不足の場合も余剰の場合も同じ料金になり、日本全体で不足状態の場合は、この清算料金は高くなるように調整されることになっている。この1時間前市場は、第4次制度改革で創設された4時間前市場を廃止し、今回

るのではとされている。これは、二重投資につながる恐れがあり課題となろう。もう一つの課題は、送配電事業が分離された残りの発電事業と小売り事業をそれぞれ分離するか、発電一体会社として残すかである。他エリアでの、発電事業者、小売り事業者の活動の仕方でも分離がよいか一体がよいかが決まってくると考えられる。英国では、近年この発電一体化が進んで垂直統合が復活しつつある。

7. 電力取引監視等委員会

第2段階の改革である小売り全面自由化を踏まえて電力取引を適切に監視するとともに、電力ネットワーク部門の中立性を確保するための厳格な行為規制を実施するために、昨年9月に外部有識者5名を委員とする電力取引監視等委員会が設立された。本委員会は、監視・規制の対象となる電気事業者等から独立し、電気事業者等と伍することができる高度な専門性を有している。

「独立性」としては、本委員会は、経済産業大臣直属の組織であり、専属の事務局が設置され、委員は個々の職務遂行について誰からも指揮監督を受けないこととなっている。また、委員会の単独行使権限として、事業者に対し業務改善勧告等を行う権限を付与されており、最も強い権限を有する8条委員会となっている。また、「高度な専門性」として、委員は、法律、経済、金融または工学の専門的な知識と経験を有し、その職務に関し公正かつ中立的な判断をできる方を経済産業大臣が任命することになっている。

業務としては、電力市場における取引を監視し、説明義務や苦情処理義務などに違反をした事業者に対して業務改善勧告を行い、電力ネットワーク部門が情報の目的外利用・差別的取扱いをしていないか、法的分離後のグループ内の人事・取引が適切に行われているか等を監視し、違反した場合には業務改善勧告を行うことになっている。事業者に対する

ライセンス基準への適合性審査や託送料金の認可基準への適合性審査なども行っている。

8. 安定供給への課題

今回の電力システム改革で安定供給上重要なことは、需要家への供給力確保義務は小売り事業者に課されたことである。しかしながら、年間計画段階から実運用1時間前のGCまで供給予備力をどれだけ確保しなければならないかについて何もルールがない。図9に示すように、小売り事業者はGCの実需給1時間前までに需要計画値を確定させ、それに対する供給力を確保していればよいので、小売り事業者によってはそれまでに変動する計画値に対して予備力を持たないことも許容されているといっている。

一方、送配電事業者は、実運用1時間前のGCから実運用にかけてのみ瞬時予備力を持っていけばよいということではない。これまで、年間計画段階から必要な8～10%の予備力を確保して様々な事態に備えており、これからも小売り事業者の予備力確保の様子を見ながら、全体としてこれまでと同等の予備力を確保していくことになる。昨年の託送料金審査で、8～10%の予備力のうち、1～3%は景気等の持続的需要変動に対応する予備力であるので、小売り事業者が確保することにし、残りの偶発的需要変動に対する7%のうち1%を小売り事業者に、6%を送配電事業者に割り当て、この6%分を託送費用に載せることになった⁽⁶⁾。図9のイメージ図にもあるように、小売り事業者に対する予備力確保のチェック機能がない限り、小売り事業者が年間計画段階から2～4%の予備力を持つとはとても思えない。当然、送配電事業者は、安定運用上、年間段階から6%を超える予備力を持つことになり、発送電の法的分離以降は、託送料金で認められた費用を超えることになろう。安定供給上の不安はあっても、託送料金規制通りに行うのであれば、6%の予備力しか持たないことになる。料金制度上の

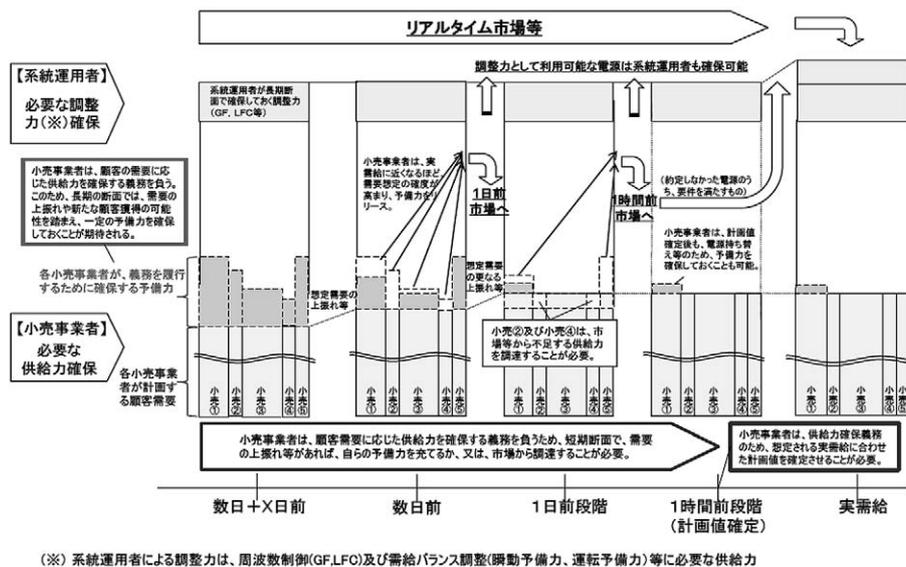


図9 送配電部門の中立化のための発送電分離の類型 (7)

話とはいえ、送配電事業者が安定供給に必要な供給予備力を費用の面からも安心して確保できるようにして欲しいものである。

現在、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギー電源は、固定価格買取制度 (FIT) により大量に導入されつつあるが、それが一層進むと、火力発電事業者は、発電電力量が減少し電力市場価格も低下するので、売電収入が少なくなり事業性が悪化し、ドイツで起こっているように、発電事業から撤退するもの出てくる可能性がある。その場合、送配電事業者が火力発電所で周波数を調整する調整力や前述の予備力を確保することが困難になってくる。従って、送配電事業者が、安定運用に必要な適切な量の調整力・予備力を適切な費用で確保できるような制度を作る必要がある。そのために容量市場の創設 (7) などを早急に検討すべきであろう。

9. おわりに

今回の3段階の電力システム改革について、これまでの流れも含めて概観した。詳細については、本稿に続く記事を参照していただければ幸いである。本稿では取り上げなかったが、今後必要となる蓄電池などのエネルギー

貯蔵装置の設置や大量の再生可能エネルギー電源からの発電電力などを広域融通するのに必要な送電線建設の費用負担・回収の問題、現存する限られた送電線の効率的使用の問題など、小売り全面自由化、発送電の法的分離に伴ういわゆる自由化コスト、安定供給についての課題など、まだまだ検討しなければならない制度的課題はたくさんある。これらについて、早急に検討を行い、今回の電力システム改革の3つの目的を達成していくことが望まれる。

参考文献

- (1) 経済産業省；制度環境小委員会第4回資料3 (2011年2月)
- (2) 経済産業省；電力システム改革に関するタスクフォース論点整理 (2011年12月)
- (3) 経済産業省；電力システム改革専門委員会報告書 (2013年2月)
- (4) 電力広域的運営推進機関ホームページ <https://www.occto.or.jp/>
- (5) 経済産業省；制度設計WG第1回資料5-1 (2013年8月)
- (6) 電力広域的運営推進機関；調整力等に関する委員会第6回資料2-2 (2015年12月)
- (7) 経済産業省；制度設計WG第2回資料3-2 (2013年9月)

[寄稿]

電力広域的運営推進機関の役割

寺島 一希 (電力広域的運営推進機関 理事)



1. はじめに

電力広域的運営推進機関（以下「広域機関」）は、2011年3月の東日本大震災後に発生した電力需給のひっ迫を契機に、国の「電力システムに関する改革方針」（2013年4月2日閣議決定）にて示された第1段階の改革である電気事業の広域的運営を推進することを目的として、昨年2015年4月1日より業務を開始した。

広域機関の業務は主として計画業務、運用業務、電力システム利用者間の紛争解決サービスに大別される。

計画業務は、電気事業法において電気事業者に提出が義務付けられている供給計画のとりまとめ、日本の基幹送電系統である広域連系系統（主に上位2電圧の基幹系統）の設備形成計画の立案、発電所などの電力系統への接続検討などを行う系統アクセス業務から成る。

運用業務は、広域連系システムの監視、需給状況悪化時の指示、一般送配電事業者供給区域

間を結ぶ連系線の管理、広域周波数調整、広域連系系統設備の作業停止計画調整、系統情報公表などから成る。

本稿では、2016年4月の電力システム改革第2段階（以下「第2段階」）における広域機関が行っている取り組みについて紹介する。

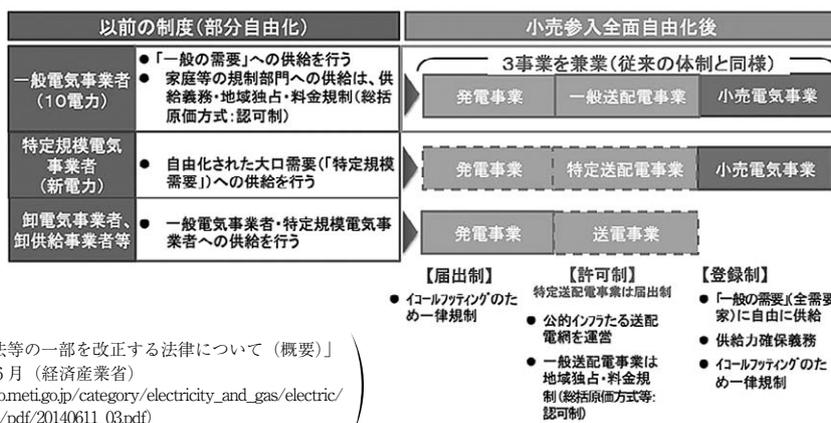
2. ライセンス制と広域機関

第2段階の改革のうち、電力の広域的運営を主たる任務とする広域機関にとって影響の大きいものとしては、電気事業者の事業類型の見直し（「ライセンス制」の導入）が挙げられる。

これは、以前の電気事業者の類型

- ・一般電気事業者
- ・卸電気事業者
- ・特定電気事業者
- ・特定規模電気事業者（新電力）

を2016年4月以降は組み換え、図1に示すように以下のような機能別に再分類をする改革である。



出所:「電気事業法等の一部を改正する法律について(概要)」平成26年6月(経済産業省)
(http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/system_reform004/pdf/20140611_03.pdf)

図1 ライセンス制

- ・発電事業者
- ・送配電事業者（一般送配電事業者、送電事業者、特定送配電事業者）
- ・小売電気事業者

これにより、発電事業者が新たに電気事業者となり広域機関の会員に加わるとともに、広域機関業務も発送電小売一貫の電気事業制度を前提として構築されていた電気事業全体の運営について、様々な見直しを行った。

広域機関においては、広域機関自身の業務を定める「業務規程」および、系統運用者や利用者が遵守すべき事項を定めた「送配電等業務指針」の2つのルールを定めているが、第2段階に向けてこれらルールの変更を実施した。

具体的には、ライセンス制導入や計画値同時同量制度の導入等にもなうルール変更、及び後述する小売全面自由化にもなうスイッチング支援や広域機関電源入札などの新規業務に関するルールの追加を行っている。また、2015年11月に資源エネルギー庁より公表された「発電設備の設置に伴う電力システムの増強及び事業者の費用負担等の在り方に関する指針」など、国から示された新たな施策にもなう変更も実施した。

以下、第2段階のライセンス制における広域機関の業務のうち、主なものについて個別に解説する。

（1）供給計画とりまとめと広域機関による電源入札

「ライセンス制」の導入により、発送電小売一貫の電気事業制度ではなくなり、小売電気事業者と発電事業者が競争環境下で事業展開をしていくことに伴い、需給バランスの管理を短期のみならず中長期的にも担保する仕組みが必要となる。このための仕組みが、「供給計画とりまとめ」と「広域機関電源入札」である。

供給計画とりまとめは、広域機関発足の昨年度より実施しているものである。供給計画自体は、電気事業法に基づき電気事業者が国

に提出するものであるが、図2のように、そのとりまとめを広域機関が担うことで、短期から中長期までの需給バランス状況を一貫して把握することが可能となるものである。

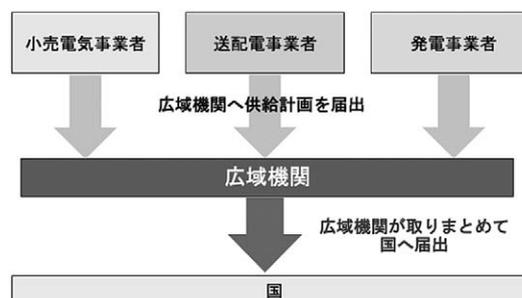


図2 供給計画とりまとめの流れ

また、「広域機関電源入札」の仕組みも導入している。これは、長期的に予備力等の不足が生じる懸念、あるいは再生可能エネルギーの増加に伴い調整力となる火力電源の不足が生じる懸念などが想定される事態において、供給力確保の最後のセーフティーネットとして、広域機関自らが電源を調達するものである。

（2）予備力・調整力のあり方

日本の電力系統において、供給信頼度維持のために必要とされる予備力（発電能力から想定需要電力を差し引いたもの）または調整力（系統運用者が周波数制御や需給バランス調整を行うためのもの）は、これまでの電気事業制度を前提としていたこともあり、昭和30年代頃以降、図3に示すような基本的な考え方は見直されていない。

しかし、第2段階におけるライセンス制導入のほか、昨今の需給状況の変化（例えば電力需要の伸びの鈍化、再生可能エネルギーの増加）を受けて、予備力や調整力についても見直しが必要となっている。このため、広域機関に中立者を中心とした「調整力等に関する委員会」を組織し、見直しに向けた議論を実施しているところである。

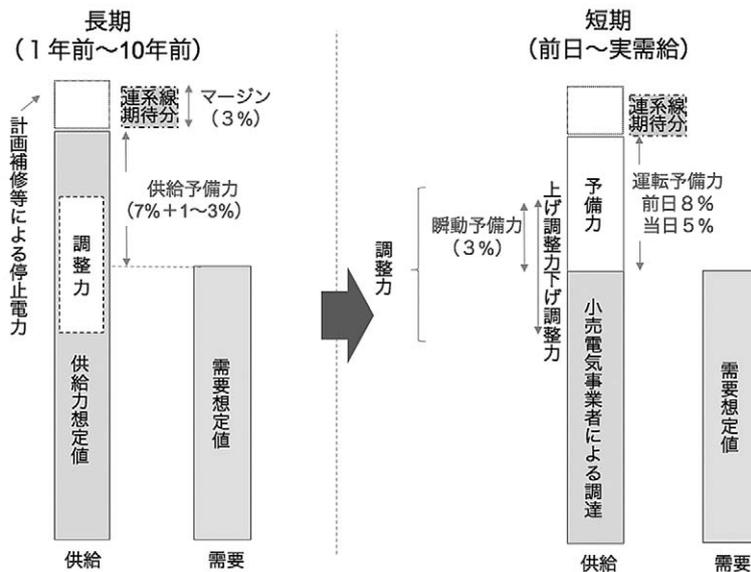


図3 現在の予備力・調整力の考え方

(3) 設備形成の取組

電力市場の活性化や再生可能エネルギー導入の加速など、電力システム改革による電気事業環境変化への対応をより確実なものとするため、長期的かつ広域的な設備形成を適切に実施してゆくことが必要となる。

広域機関においては、連系線設備をはじめ、「広域連系系統」と呼ぶ上位2電圧階級の基幹送電設備の設備形成計画作成について、主導的役割を果たす仕組みを導入している。中立者を中心とした「広域系統整備委員会」を組織することで、10年を超える広域系統長期方針の策定のほか、個別の設備計画策定の検討を実施している。設備計画検討のプロセスを図4に示す。

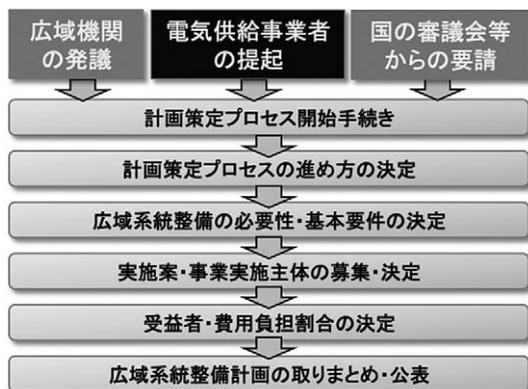


図4 広域連携システムの計画策定の流れ

本稿執筆時点において、系統利用者の提起による東北東京間連系線（550万kWの増強）、及び国の要請を基にした東京中部間連系設備（300万kW化）の2件の増強について設備形成の検討を実施中である。両案件とも、2015年9月末までに基本要件の検討を終了しており、今後は事業主体や費用負担割合の決定を行い、広域系統整備計画としてとりまとめる予定である。

なお、「調整力等に関する委員会」および「広域系統整備委員会」などの検討資料については、随時広域機関ウェブサイト上 (<http://www.occto.or.jp/koiki/koukai/iinkai.html>) にて公表しているため、参照されたい。

(4) 需給状況の悪化時の指示

電力の広域的運営として、2015年4月の設立時より実施している業務の1つが、需給状況悪化時の指示である。特定の供給区域（一般送配電事業者の供給エリアに相当）における需給や特定の事業者の需給が悪化、または悪化するおそれが生じた場合に、会員に対して連系線を介する等の方法により融通の指示などを行うものである。

本業務は、以前は旧一般社団法人電力系統利用協議会（ESCJ）においても、旧一般電気事業者間の斡旋という形で実施されていたも

のであるが、広域機関が発足してから、以下の3点を変更することで強化された。

- ①「斡旋」ではなく広域機関からの「指示」という形態を取ること
- ②旧一般電気事業者のみならず広域機関の会員全てが指示対象となること（なお、広域機関の会員は、電気事業法上の全ての電気事業者である）
- ③需給ひっ迫だけでなく、供給力過剰時の下げ代不足時にも適用されること

この業務については、以前には発送電小売一貫体制を取り、かつ供給区域の需給の大宗を占める旧一般電気事業者に対する指示という形が最も効果的であったこともあり、実績（原稿執筆時点で2015年度では4月8日と9月26日の2回実施）もそのような形で実施してきた。

しかし、第2段階以降は、ライセンス制のもとで旧一般電気事業者が複数の事業者に分かれるとともに、発電事業や小売電気事業に様々な新規事業者が参入している。これにともない、指示形態の様相が今までとは変化することが予想される。

第2段階からの指示の流れを図5に示す。1つの供給区域に対し、発電事業者または小売電気事業者、一般送配電事業者それぞれに指示を出すことになる。

(5) 広域機関における監視業務

上記の需給状況悪化時の指示を効率的に実施するため、また後述する計画提出や連系線管理業務を効率的に実施するため、2016年4月より広域機関業務を包括的に運用するための「広域機関システム」を導入している。

この広域機関システムにおける監視業務は、一般送配電事業者供給区域間を結ぶ連系線の監視にとどまらず、全国の広域連系システムの系統監視、事故監視、および需給監視をも行うものである。指令室では、監視業務のほか、次節以降で解説する各種業務を一元的に実施するため、4名程度を1組とした当直体制としている。指令室の様子を図6に示す。

第2段階からの需給監視においては、各一般送配電事業者供給区域単位のリアルタイムでの需給状況把握のほか、ライセンス制導入

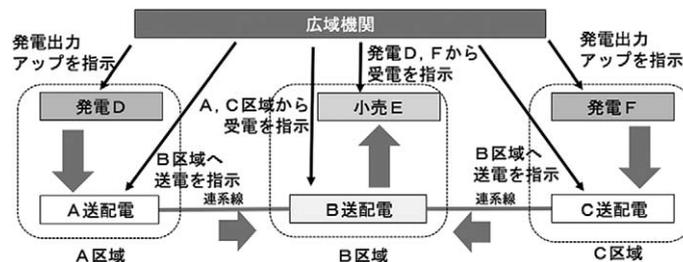


図5 需給状況の悪化時の指示イメージ (B区域の需給が悪化した場合)

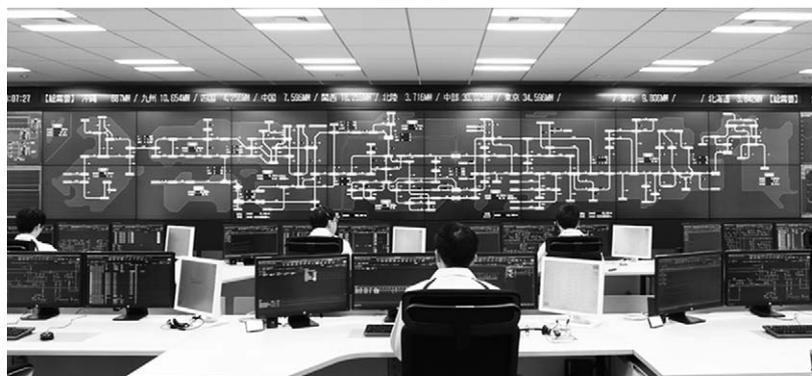


図6 広域機関システム指令室

後における電気事業者単位の需給状況の把握も行えるようになり、前述の需給状況の悪化時の指示がより効率的に実施可能となった。

また、全ての系統利用者は、発電や需給に関する計画を広域機関に提出することになるが（後述）、事業者単位の需給監視業務と併せて、各事業者の計画値と実績値を総合的に管理することで、どの事業者からどの事業者に、どれだけの供給指示を行えばよいか、といった判断と指示が的確に実施可能となっている。

(6) 計画値同時同量制度と計画管理・連系線管理業務

ライセンス制の導入にあわせ、旧一般電気事業者を含めた事業者全体の電力需給の計画と実績を管理するため、計画値同時同量制度が導入された。

これは、発電者（発電事業者のほか、発電業者に該当しない発電設備設置者を含む）および小売電気事業者の双方が、自らの30分単位の発電計画または需要計画と、発電実績または需要実績が合うように調整を行う制度である。なお、経過措置として旧制度の新電力は実同時同量制度を継続採用することも可能である。

これにあわせて、発電者と小売電気事業者の計画提出が広域機関に一元化されている。広域機関においては、発電者と小売電気事業者の計画が整合していることを確認した後、各一般送配電事業者に計画を送付する。

これと同時に、図7に示すように、連系線

を利用する際の計画登録方法が変更となっている。昨年度まで、連系線利用者の計画は旧一般電気事業者を經由して広域機関が登録していたが、広域機関システム稼働により、今後は系統利用者が広域機関に計画を直接提出することとなっている。これにより、連系線利用登録が迅速に行われるため、特に通告変更（翌日計画策定後からの変更）における利便性が向上した。

3. 小売り全面自由化と広域機関

(1) スイッチング支援について

第2段階の最大の改革である小売全面自由化に向けた広域機関の取り組みが、スイッチング支援である。

「スイッチング」とは、電力の需要者が、供給を受ける小売電気事業者を変更することである。このスイッチングに際し、需要者と小売電気事業者との間で契約の手続きが行われるが、これにあわせて、小売電気事業者と一般送配電事業者との間で、託送契約の手続きが行われる。

この手続きは、高圧以上の部分自由化時には紙書類を介して行われていたが、家庭用まで含めた全面自由化後はスイッチング件数が飛躍的に増加し、紙書類では円滑な手続きが困難となることが予想された。そのため、広域機関を介してこれら手続きをシステム化したのが、図8に示すスイッチング支援である。

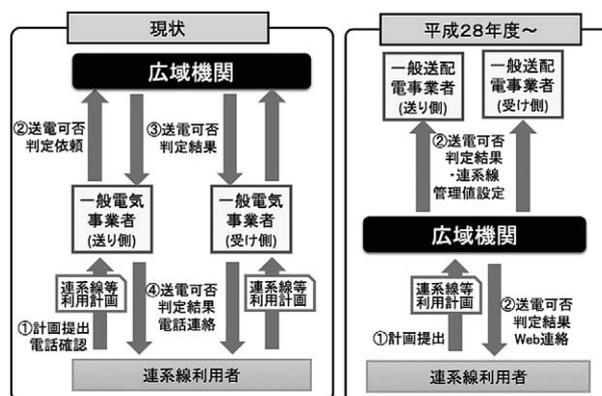


図7 連系線通告変更の流れ

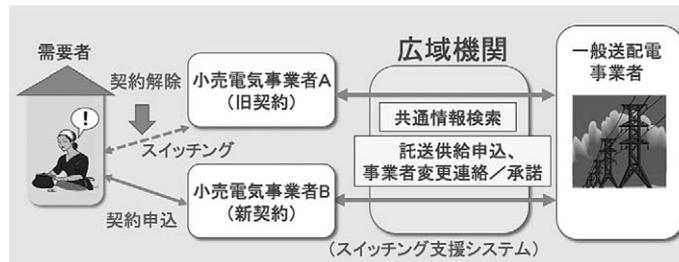


図8 スイッチング支援

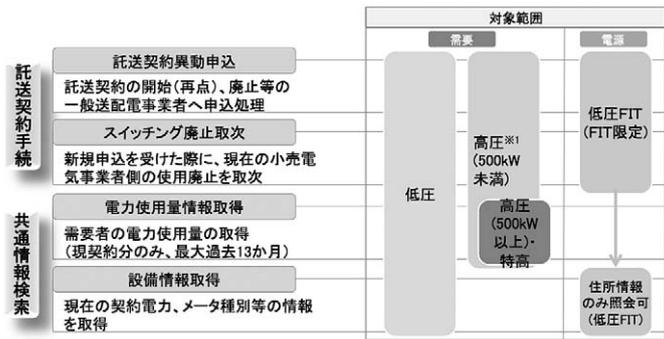


図9 スイッチング支援システムの機能

また、スイッチング支援システムは、図9に示すように低圧の需要者（一部機能は500kW未満の小規模高圧需要者を含む）の託送契約手続として託送契約異動申込や廃止取次を提供するほか、共通情報検索機能として、電力使用量や設備情報の情報提供機能を有する。

(2) スイッチング支援のルール

小売営業全般のルールは、4月からの小売全面自由化に向け、電気の需要者の保護の充実を図るため、小売電気事業者による需要者への適切な情報提供の方法等について定めた国（電力取引監視等委員会）の「電力の小売営業に関する指針」にて規定されているが、広域機関はスイッチング支援業務に関連する次のルールを定め、補完している。

①小売電気事業者と送配電事業者とが遵守するスイッチング支援システムの利用ルール

- ・ 需要家設備、使用電力量の情報を照会する際の取り決め
- ・ 電気の使用開始、停止に伴う一般送配電事業者への申し込みの取り決め

②廃止取次における小売電気事業者が遵守するルール

廃止取次では、新小売電気事業者（新小売）が需要者の現小売電気事業者（現小売）との契約解除申し込みを代行して行う。

円滑な廃止取次のための小売電気事業者の連系手順は図10のとおり。現小売、新小売双方の協力の上に成り立つ仕組みのため、新小売側には解約に伴う不測の需要者不利益事項

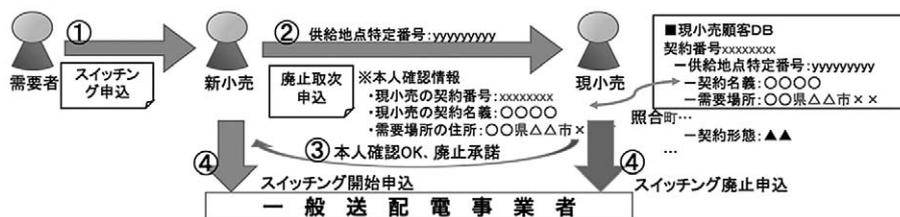


図10 廃止取次のための小売電気事業者間の連系手順イメージ

の説明義務を，現小売側には廃止取次の有無の確認頻度などについて規定している。

4. おわりに

本稿では，第2段階における取り組みを中心に，広域機関の役割や主要業務についてご紹介した。広域機関は2016年4月の制度改正に向けて様々な準備を重ね，万全を期して取り組んできたところであるが，電力システム改革全体は，2020年度目途の第3段階に向けてまだ途上にある。

広域機関としては，第2段階のみならず第3段階に向けて，電力システム改革の趣旨を達成すべく，今後とも「広域的運営の推進」を中心とした取り組みを通じて貢献していく所存であり，引き続き関係する皆様方のご支援，ご協力をお願いする次第である。

[寄稿]

電力の取引について～電力取引所の役割～

國松 亮一 (一般社団法人 日本卸電力取引所 (JEPX)
企画業務部長)



1. はじめに

本稿では、電力の取引とその取引で欠かさない取引所の役割について取引所を運営している者の立場から解説する。

2. 電力取引について

電力の取引の位置付けであるが、これは発電と小売りの間の売買と定義する。これまでの電気事業制度では一般電気事業者、特定規模電気事業者と発電から小売りまで一貫した体制とされてきた。一貫体制であるため、発電と小売りの間に売買はなく、従って電力取引も存在し得ない。この生産から販売まで一貫した体制で行うことのメリットは、需要に対し供給が少ない状況下では、「生産・販売者」(一貫体制の電気事業者を指す)が需要家に対して優位となり、「生産・販売者」は、供給にかかるコストについて確実に回収できる見込みが立つため、機敏に需要量の増加に合わせた生産量(ここでは発電量)の増加が図れる点である。このメリットは、高度経済成長を支える基盤になったことは間違いない事実である。もちろん、かかるコストの回収については、行政による料金の査定を受け正しく徴収されていた。

他方、デメリットとしては、競争がないことによる効率化インセンティブの欠如である。経済成長を遂げ、電力需要の増加の鈍化、も

しくは減少に向かう環境下においては、事業者は自社の設備の効率化を図らなければならなくなる。しかし、競争下でない状況において、事業者自ら設備等の削減および効率化を図るインセンティブはない。または、いくら効率化を図ったとしても比較対象がないところでは、その効率化が適当であるか否かを判定することはできない(他者からは認められない)。電気料金は、工業国であるわが国にとって国際競争上、重要な要素である。電気事業の効率化による電気料金の低減は猶予なく実施されなければならない。そこで必要となるのが競争である。一貫体制のままの競争には、その発電力・量に限界があるため、競争も限定的になる。電気事業を発電・送配電・小売に分け、発電・小売のそれぞれの領域での競争が効果的である。ここで必要な要素が、発電と小売をつなぐ取引であり、その取引を一括して実施する取引所である。

3. 競争の姿

卸電力取引所では、発電事業者からの売りと小売事業者からの買いを合わせている。売り手は売りたい量と価格、買い手も買いたい量と価格を入札し、売り-買いのバランスした点をもって売買の成立としている。需要供給曲線をイメージしてもらおうと良い。売買が成立した価格を約定価格として公開している。この約定価格が何を示すのか。発電事業者に

としては、電気をこの約定価格で売ることができると示し、小売事業者にとっては、電気をこの約定価格で仕入れることができるということを示す。

発電事業者における競争とは、いかにこの約定価格以下で発電し、利益を上げるかということである。これまでは例えば発電コスト5円/kWhで発電した電気は利益率10%を乗せて5.5円/kWhでしか売ってこなかった。または発電コスト25円/kWhで発電した電気でも売っていた。これが取引所に入札され約定価格が10円/kWhとなった場合、発電コスト5円/kWhの電気でも10円/kWhで売れ5円/kWhの利益を上げることができる。逆に25円/kWhの電気は売れなくなる。発電事業者の競争とは、他の発電事業者との効率化（燃料調達、発電効率の向上、運転率の向上）競争である。

小売事業者における競争は、仕入れ価格を同額とした場合の営業競争である。いくら発電事業者から場外取引（相対取引）で安価に仕入れていても、その仕入れ価格は、取引所の価格に収斂するはずである。他の小売事業者との競争に勝つためには、規模、効率化、付加価値が重要である。規模は、大きければよいというものではない。保険業と同じように顧客内でのバランス（平均化）によってかかる料金のバランスをとり、需要家にとって魅力的な電気料金を提案できるという点である。効率化は、その反面、顧客数が多くなれば管理にかかるコストも増える。それをいかに低減するかである。資金コストや間接コストなどの低減はもちろんのことである。付加価値は、電気という共通材についていかに差別化を図るかということであり、例えばガスや通信とのセットが考えられる。ここで重要なのはセットを考える場合、単なる割引と異なることである。単なる割引は価格競争でしかない。

このように発電事業者は発電事業者間で、小売事業者は小売事業者間で競争することにより、電気事業の効率化が最大限図られると考える。

4. 卸電力取引所の概要

日本卸電力取引所は電力自由化で先行する欧州の電力市場と同様の市場を用意している。取引のメインは前日計画策定前に実施される一日前市場（スポット市場）である。その後の当日調整の場として当日市場（時間前市場）も用意している。本市場については、本取引所ホームページを参照されたい。

5. 今後の課題

電気事業における市場は、まだ必要な市場がすべて用意されていない。例えば以下のような市場の検討が必要である。

【調整力市場】

系統運用者が系統安定のために必要な電源を調達する市場。ネガワットもこの市場に含まれる。用意した調整力との差替え市場であるリアルタイム市場はこの調整力市場の延長となる。

【容量市場】

電力をキロワットアワーだけで取引していると、例えば夏のピーク時間帯だけに稼働するような電源が不足することが想定される。そのようなピーク対応型の電源に対し、その保持にかかるコスト（基本料金）を広く負担させる市場。

【環境価値等の市場】

電気は電気のみとして取引し、付随する環境価値、例えば再生可能エネルギー価値、二酸化炭素排出量などを取引する市場。

現時点で用意されている市場（一日前市場・当日市場）についても、取引されている量は全国の総需要量の2%程度と微量に止まる。この取引量を増加させる策が必要である。

【連系線利用方法の見直し】

取引所取引が場外取引（相対取引）に劣後しないよう、連系線利用におけるファーストカムファーストサーブの見直しが必要。例えば、混雑料金（市場間値差）の平等負担や完全インプリシットオークションの実施など。

【大手事業者におけるグロスビディング】

発電と小売の双方を一定規模以上保持する事業者が、発電および小売の一定量の取引所取引投入を約束する。

[寄稿]

発送電分離に向けた課題と対応

平岩 芳朗 (中部電力株式会社 執行役員
電力ネットワークカンパニー 系統運用部長)



1. はじめに

2016年4月の第2弾改正電気事業法施行により、ライセンス制が導入され、一般電気事業者の概念がなくなる。このような中で、電圧・周波数維持義務を負う一般送配電事業者から見た「発送電分離に向けた課題と対応」について紹介する。

まず、ライセンス制導入等による一般電気事業者の事業区分の変更について説明し、そのうえで、新たな電力需給運用の枠組みと課題、そして同時並行に進行し、調整力確保にも密接に関連する再生可能エネルギー導入拡大への対応について紹介する。

2. 一般電気事業者の事業区分の変更

電力小売全面自由化やライセンス制導入等を盛り込んだ第2弾改正電気事業法の成立(2014年6月)に続き、2015年6月に2020年の送配電部門の法的分離を含む第3弾改正電気事業法が成立した。

ライセンス制導入に伴い、図1に示すように、一般電気事業者は、発電・小売電気・一般送配電事業者の3つのライセンスを取得(兼業可能)することになる。

一般送配電事業者は、一般電気事業者の送配電部門に課せられていた料金規制、託送供給義務、電圧・周波数維持義務等に加え、一

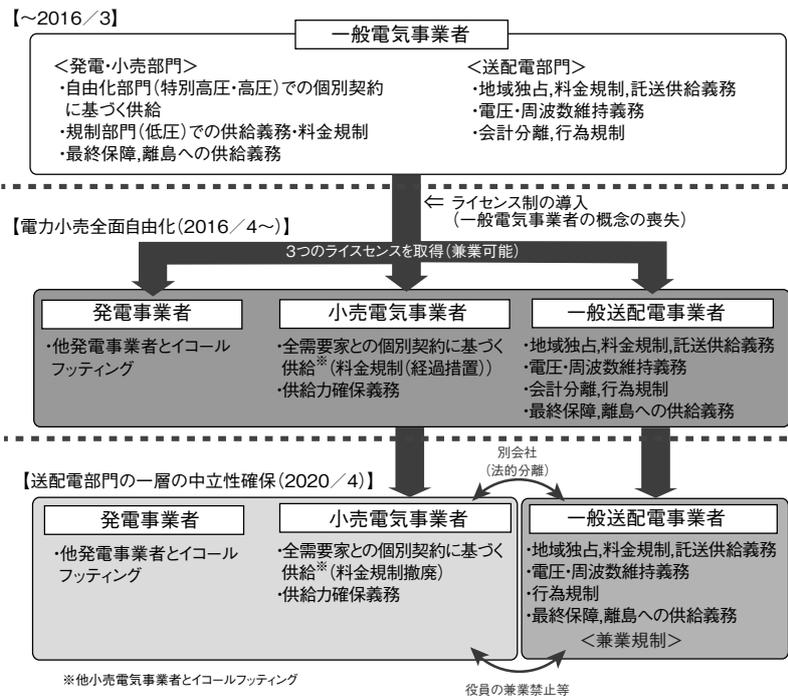


図1 一般電気事業者の事業区分の変更

般電気事業者に課せられていた最終保障，離島への供給義務を負うことになる。また，発電・小売電気事業者は，原則，他事業者とイコールフットイングになり，競争環境下でビジネスを展開することになる。

また，2020年4月に，送配電部門の一層の中立性確保のため，一般送配電事業者に兼業規制が課せられ，発電・小売電気事業者と別会社（法的分離）となる予定である。

3. 新たな電力需給運用の枠組みと課題

(1) 各事業者の役割の変更

従来の電力安定供給の責任主体は，発電設備の太宗を占める垂直一貫体制の一般電気事業者であった。

2016年4月に計画値同時同量が導入されるため，発電・小売電気・一般送配電事業者の各々が安定供給の役割を分担し，責任を果たす仕組みに変更になる。発電・小売電気事業者はそれぞれ発電計画または需要計画と，実需給における発電実績または需要実績が30分単位で一致するよう調整を行う。また，発電事業者は電源の建設・維持管理や発電計画値に基づく発電を行い，小売電気事業者は供給力確保義務を負い，実需給1時間前（ゲートクローズ：GC）まで需給バランスを維持する必要がある。

発電・小売電気事業者が30分単位で電力量を管理する一方，電圧・周波数維持義務を負う一般送配電事業者は，図2に示すように，

必要な予備力・調整力を調達・運用し，GC以降の瞬時瞬時のエリアの需給バランスと周波数を維持しなければならない。

また，発電・小売電気事業者が策定した発電計画または需要計画と，実需給の発電実績または需要実績との差分は，一般送配電事業者が調整力を用いて供給（余剰分は買取）し，インバランスとして精算する。エリアのインバランス量が多すぎると，調整力が不足するおそれがあるため，発電・小売電気事業者はインバランス量を極力低減する必要がある。

(2) 需給バランス・周波数維持

電気はその特性上，現状，実質的な貯蔵ができないため，需要家の使用量と発電量を常に均衡させて，周波数を維持する必要がある。

日々の需給運用は，さまざまな需給変動リスクを考慮した上で，需要等の変動と数分先の予測値に基づいて，発電機の並・解列時間や，ガバナフリー（GF），負荷周波数制御（LFC），経済負荷配分制御（EDC）による発電機の出力調整を組み合わせることで，エリア単位で基準周波数に維持する必要がある。

このために，一般送配電事業者は，当日の需給状況（24時間）に応じて，電源の出力変化速度等を考慮して，複数の電源を系統に並列し，それらを部分負荷運転させることで，周波数制御等を行うための調整力を確保する。発電事業者は最も経済的な発電計画を組むため，一般送配電事業者は，図3のように，調整力確保のために，必要に応じ，発電事業者

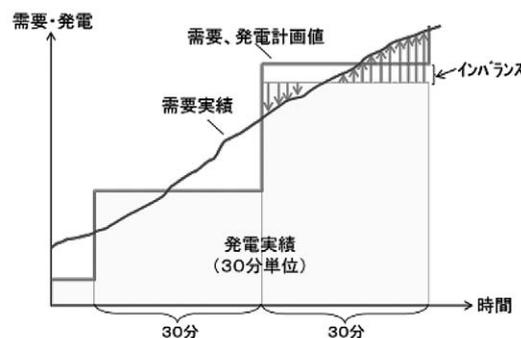


図2 新たな電力需給運用

に対して発電単価の安い発電機の出力を最大出力より低い出力で運転し、その下げた分を発電単価の高い発電機の出力を高める「電源種別の持ち替え」を指示する。

(3) 需要変動対応の要素と調整力

需要家の電気の使用量は1年を通じて変動し、特に商業ビルや家庭等への冷房機器の普及により、夏季は気温による影響が最も大きく、中部エリアにおいては1℃変化すると大型電源1台分に相当する需要が変化する。また、1日の中で需要変化の大きな時間帯は、夏の朝の立ち上り、昼休みの立ち下りと立ち上りであり、このような需要の急峻な変化に対応するためには、安定供給に必要な予備力・調整力を確実に調達し、これらを用いた適切な周波数制御が必要となる。

図4に示すように、周波数制御を行ううえでの需給変動対応の要素として、従来は、需

要の短周期変動、時間内需要変動、需要想定誤差、最大電源脱落を考慮していたが、今後は出力変動を伴う太陽光発電等の大量連系が見込まれることから、従来の需給変動要素に加え、再生可能エネルギーの出力変動や出力想定誤差も考慮して、必要な調整力を評価し、確保する必要がある。

4. 再生可能エネルギー導入拡大への対応

(1) 太陽光発電予測システムの開発

中部エリアにおける2015年7月末の太陽光発電(PV)の接続量は約420万kWに至り、2015年5月末の固定価格買取制度の設備認定量は約1,000万kWとなっている。太陽光発電等が大量連系した場合、需要変動に加え、供給力も気象条件により大きく変動する。特に、軽負荷期は、需給調整用の電源も少なくなるため、出力変動の調整が困難になる可能性がある。

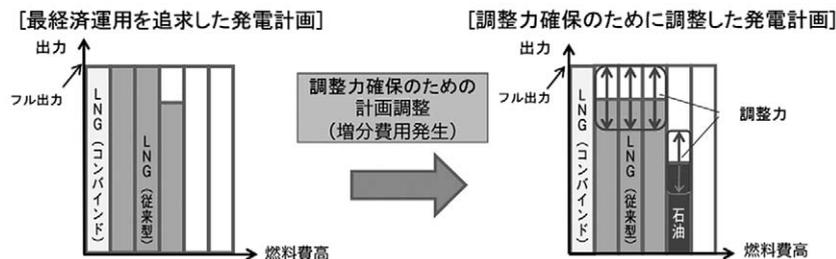


図3 電源種別の持ち替えによる調整力確保

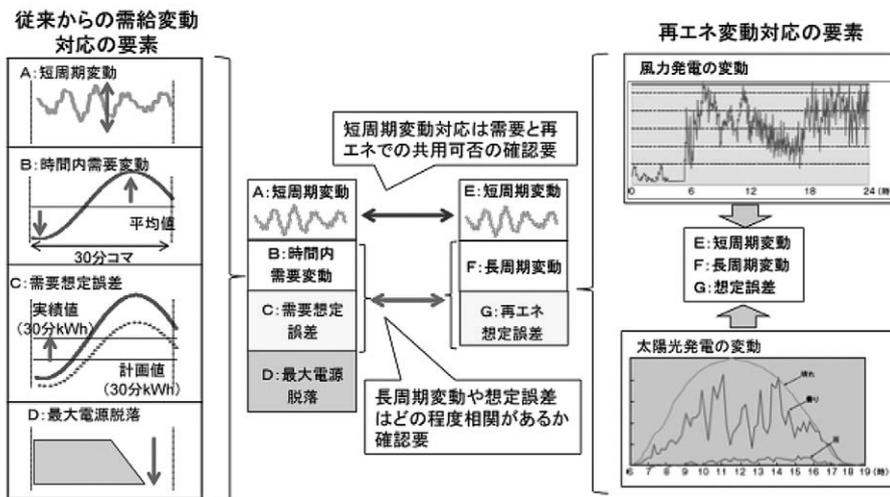


図4 周波数制御を行ううえでの需給変動対応の要素（従来と今後）

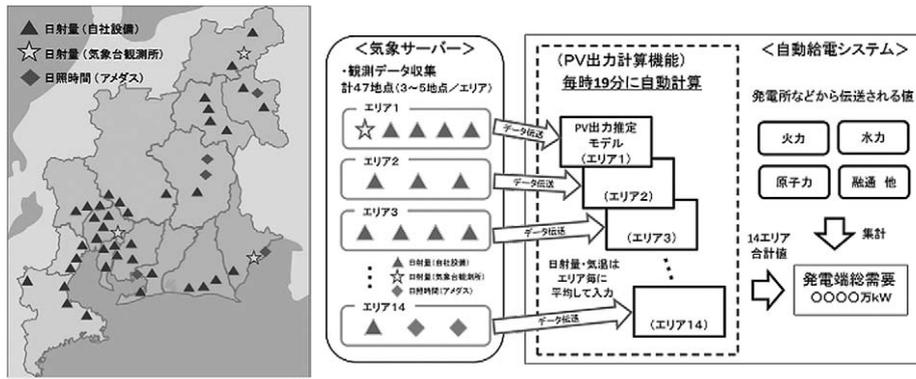


図5 太陽光発電予測システムのエリア区分と観測地点，システム構成概要図

図5に示すように、PVは中部エリアに広く分布し膨大な設置数であり、それぞれのPV出力をリアルタイムで収集することは現状困難なことから、PV供給力把握のため太陽光発電予測システムを開発した。

具体的には、地域毎の日射の特性やPV導入量を考慮して管内を14エリアに区分し、各エリアに3カ所以上、合計40カ所以上の日射計を配置し、エリア毎に観測データを用いてPV出力を計算し、当該PV出力を合計することで中部エリアのPV出力実績を推定している。また、同様の手法により、(一財)日本気象協会から得られる各地点の日射量予測値に基づき、1日3回、現在から48時間先までの1時間毎のPV出力を予測している。

(2) 太陽光出力変動の影響

これまでの観測結果からは、図6のように、

PVの1時間当たりの出力変動量は、最大で設備量の±2割程度あり、PVの大量導入による出力変動量の拡大に対応するために、調整力を確保する必要がある。

また、PVの供給力が火力・水力発電の調整力に与える影響は大きく、1,000万kW導入を想定すると、図7に示すように、火力・水力発電が分担する出力は現状から大きく変化することになる。晴天日には、火力・水力発電の出力は、午前中のPVの出力増加とともに急減し、昼休み以降点灯帯に向けて急増する等、短時間のうちに2つのピークと昼の大きな谷に対応する必要がある。しかも、日々の日射により、火力・水力発電が分担する出力カーブは変化するため、PVが大量に導入した場合、一般送配電事業者はPVの出力予想の精度向上を図り、火力・水力発電の調整力を適切に運用する必要がある。

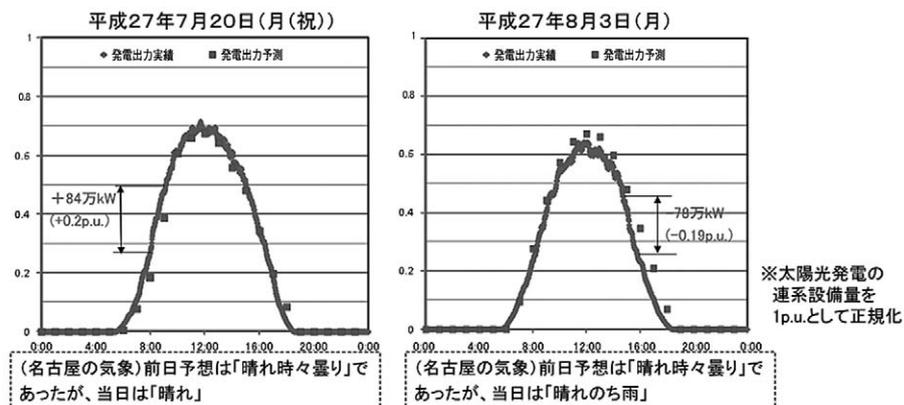


図6 PV出力の変動例(中部エリア)

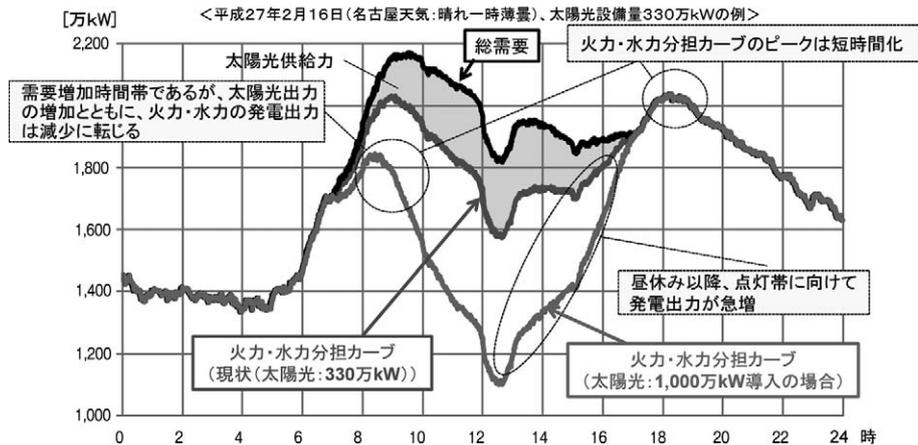


図7 PV供給力を控除した水力・火力発電が分担するカーブ

また、再生可能エネルギーが大量導入した場合、メリットオーダーに基づき出力調整が可能な火力発電の抑制を行うとともに、昼間帯においても揚水式水力の揚水運転が必要となることがある。特に、短時間の需要減少であるため、火力機を停止できない平日昼休み等や、点灯帯のピーク電力に合わせて火力機を稼働させている場合の軽負荷帯（冬季重負荷期の晴天時の午後等）に必要となることがある。昼間帯は、これまで揚水発電の供給力を考慮して上池の貯水量の管理を行ってきたが、今後はPVによる余剰電力対応も考慮し、上池の空容量を確認する等の運用を行っていく必要がある。

5. 系統運用における発電機運用との協調

(1) 平常時・異常時の発電機運用との協調

系統の安定運用には発電機運用との連携と発電機の調整力の利用が不可欠であり、発電・小売電気・一般送配電事業者は、安定供給に向けて協調していく必要がある。

例えば、平常時においては、流通・電源設備の作業停止計画の調整や、流通設備の作業停止時等の潮流調整には発電出力を調整する必要があり、軽負荷時の電圧・無効電力の調整には揚水式水力の調相運転等を行う必要がある。また、発電機・台風等により系統故障リ

スクが高まる場合の潮流調整・系統保安ポンプ等、発電機の出力を調整する必要がある。さらに、大規模災害時においては、電力広域的運営推進機関と、発電・小売電気・一般送配電事業者の協調体制が重要である。

(2) 発電機の調整機能具備要件

現行の託送供給等約款（別冊：接続技術要件・標準設計基準）における高圧および特別高圧の接続技術要件は、系統連系する全ての発電設備を対象に規定したものであり、周波数調整機能の具備に関する規定はない。

将来の送配電部門の法的分離により、これまで一体で行ってきた発電機の運用が、旧一般電気事業者の発電事業会社と小売事業会社・送配電事業会社との契約に基づく運用に移行するため、今後新設または更新される一定規模以上の火力発電設備については、周波数調整機能の具備を託送供給等約款に規定し、それに要した費用を系統利用者から適切に回収できる仕組みの整備が必要となる。

6. 合理的な設備形成に係る課題と対応

従来は、発送電一貫体制の下、需要動向や電源開発計画による電力潮流状況の見通しや、設備の経年等を踏まえ、電源建設や流通設備増強を一体的に実施してきた。

今後は、発電事業者は競争環境下で自らの判断により電源開発の地点・規模・時期を選択するため、一般送配電事業者は、電源設備計画と協調が取れた流通設備計画の立案が困難化するおそれがある。

このため、電源の系統接続の円滑化と合理的な設備形成に向け、熱容量面での「系統空容量マッピング」の公開や、託送供給等約款での「需要地近接性評価割引」への対応、さらには系統アクセス検討の事前相談対応等、一般送配電事業者による一層の情報提供と、発電・小売電気事業者による活用が重要になると考える。

7. まとめ

電力システム改革と再生可能エネルギーの大量導入が同時進行する中で、電力システム改革の成果を引き出すためには、そのベースとなる安定供給確保のため、発電事業者は調整力を安定的に提供し、小売電気事業者は適切な需要予測と供給力確保義務を履行し、一般送配電事業者は計画的な予備力・調整力の調達と運用、費用回収、および電圧・周波数維持義務の履行等、各事業者が各々の役割を果たしつつ、協調していくルールや仕組みが不可欠である。また、各事業者の責務の履行状況の検証と、不履行時の是正の仕組みを構築することが必要であると考ええる。

[寄稿]

電動車両の最新技術および将来展望

廣田 壽男 (早稲田大学 環境総合研究センター 客員教授)



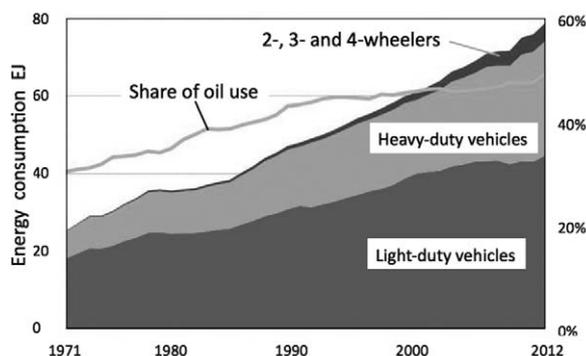
1. はじめに

エネルギーセキュリティと地球環境問題への対応として、自動車のエネルギー効率の改善と石油に代わる代替エネルギーへの取り組みが進められている。特に電気自動車 (EV)、プラグインハイブリッド車 (PHV) や燃料電池車 (FCV) など電動車両は従来のエンジン車に比べエネルギー効率が高く、排気ガスや地球温暖化の原因とされる二酸化炭素 (CO₂) を排出せず、次世代自動車の有力な候補として注目されている。

世界の経済発展に伴い、自動車台数は増加の一途を辿っている。国際エネルギー機関 (IEA) 『エネルギー技術展望 2015 年版』⁽¹⁾ によると、2012 年にはバス、トラックを含み世界で 11 億台 (2 輪など軽車両を除く) を超えた。図 1 に自動車の走行エネルギー消費と石油消費に占める割合を示すが、自動車台数の増加に伴いエネルギー消費は増え続け 1970 年代の約 30EJ (石

油換算 7 億トン) から 2012 年には 75EJ (石油換算 18 億トン) と大幅に増加した。内訳は乗用車など LDV (Light Duty Vehicle) が 60%、バスやトラックなど HDV (Heavy Duty Vehicle) が 40% となる。世界の石油消費に占める自動車のエネルギー消費は 50% になる。自動車用エネルギーのほとんどは石油燃料で、その他は、天然ガス 2%、バイオ燃料 3%、電力 1% 以下に過ぎない。また自動車の走行により排出される CO₂ は 55 億トン (2011 年) となり、世界のエネルギー消費による総排出量 317 億トン⁽²⁾ の 17% を占める。

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) は、2014 年に『5 次評価報告書』⁽³⁾ を発行し、世界平均温度の上昇を 2℃ 以下に抑制するシナリオとして CO₂ 排出量を 2050 年までに 60% 削減するケースを示した。自動車の CO₂ 排出量を同じ比率で削減すると仮定すると、自動車保有台数の増加 (2050 年 24 億台) から、1 台あたり 80% 以上の削減に相当する。さらに



(出所: IEA, 『エネルギー技術見通し 2015』を元に作成)

図 1 自動車のエネルギー消費および石油消費シェア

自動車の耐用年数が伸びていることを考慮すると、新車1台あたりの排出量を90%削減する必要がある。もちろん目標値の設定には、電力、産業など他セクターとの削減コスト効果、技術的難易度や社会的受容性なども考慮して削減量を考えなければならないが、いずれにしても地球温暖化への対応の技術的ハードルは極めて高いと言える。

このような背景のもとで、エネルギー消費とCO₂排出を大幅に削減するためEV、PHV、さらにFCVは次世代自動車として重要となっていく。従来は社会的ニーズはあったものの技術的に十分でなく市場に受け入れられなかったが、リチウムイオンバッテリーなど最近の技術進化によりエンジン車に競合しうる電動車両が市場に投入されるようになってきた。EVでは2008年のテスラ「ロードスター」、2009年の三菱「i-MiEV」、2010年の日産「リーフ」、PHVでは2010年のGM「BOLT」の市場導入がきっかけとなり、他の自動車メーカーも次々と参入し、2015年には年産1万台以上のモデルが10車種を超えるまでになった。またFCVについても2014年からトヨタが「MIRAI」を発売、2016年にはホンダが「クラリティ」のリース販売を開始した。

本稿では、これらの次世代技術の開発の現状、および持続可能なモビリティの実現にむけて今後どのような技術が重要になってくるか将来展望について述べる。

2. 電動車両の最新技術

図2に世界の電動車両の保有台数を示す。2010年頃から米国、日本を中心にEV、PHVの市場への導入が活発になり、2015年末には世界の保有台数は約120万台（推定）となった⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾。自動車の総保有台数に比べるとまだ微々たるものであるが、市場に着実に浸透しつつあるといえる。その内訳は、3分の2がEV、3分の1がPHVで、1日の走行距離が長い米国や中国においてもPHVよりEVの比率が高いのは興味深い。地域別では、米国40万台、中国30万台、欧州40万台、日本13万台、その他カナダ、インドなどとなっている。

FCVは、1994年のダイムラー「NECAR」に始まり、これまで世界で約600台が実証試験や限定リース販売された。2014年12月にトヨタが「MIRAI」の販売を開始し、2015年末までに700台の計画を発表した。またホンダは2008年から「クラリティ」の限定リースを行ってきたが、大幅に改良した新型FCV「クラリティフューエルセル」のリース販売を2016年3月から開始した。

(1) EV

EVは、バッテリーとモーター、およびモーター電流をコントロールするインバータにより構成される。走行エネルギー効率は80%以上になり、また減速時のエネルギー回生により走

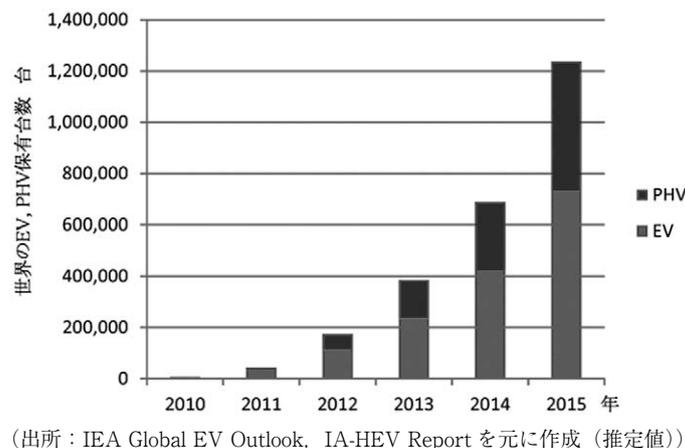


図2 世界のEV、PHV保有台数

行に必要なエネルギーを削減できる。ガソリン車のエネルギー効率率は実用走行で約 20%、ハイブリッド車で約 30%であり、EV のパワートレーンシステムはエネルギー効率が従来車より大幅に高いと言える。また EV は、エネルギー効率や環境性能だけでなく、レスポンスの良い加速性能や静かで滑らかな走行性能など自動車として多くの魅力を持っている⁽⁷⁾。

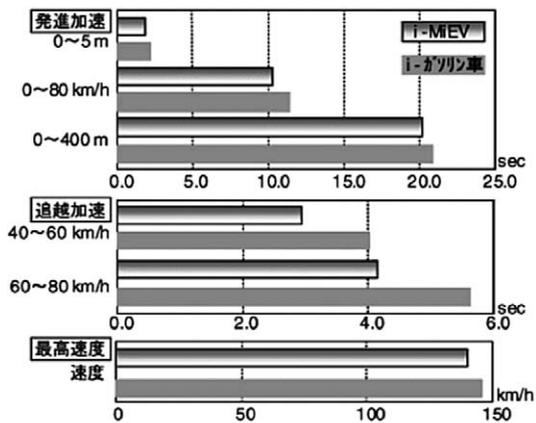
従来、EV はエンジン車に比べ動力性能が劣ると言われてきたが、モーターとバッテリーの技術進化によりエンジン車の動力性能を凌駕する EV が登場するようになってきた。特に永久磁石式交流同期モーターは停止状態から最大トルクを発生し、立ち上がりレスポンスもガソリンエンジンより大幅に優れている。またトルク特性が車両の要求トルク特性に近く変速の時間ロスがないことも加速性能の改善に寄与している。

図 3 に示す三菱自動車の「i-MiEV」は、実用的な性能をもつ量産 EV としてパイオニア的存在と云える。容量 16kWh のリチウムイオンバッテリーを搭載し一充電走行距離は



(出所：三菱自動車ウェブサイト)

図 3 三菱「i-MiEV」



(出所：三菱自動車テクニカルレビュー, No.19)

図 4 EV の加速性能

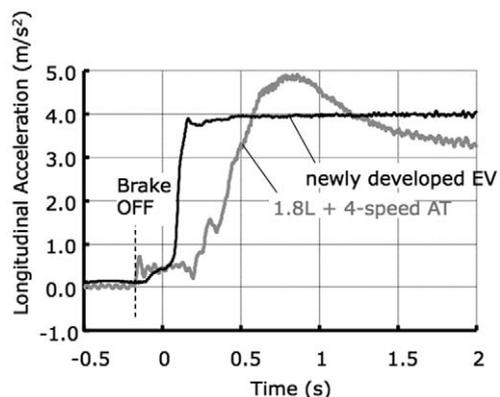
160km である。図 4 に「i-MiEV」とベースガソリン車との加速性能の比較を示すが⁽⁸⁾、発進加速、追い越し加速ともベース車両より優れている。モーターの最高出力はベース車両のガソリンエンジンと同等でバッテリー搭載により車両重量が増加しているにもかかわらず加速性能が良いことが分かる。

日産は、2010年にEV専用のプラットフォームなどを新規開発した、図 5 に示す「リーフ」の販売を開始した。日本、米国をはじめ世界の市場に導入され、2015年末時点で累計販売台数は 20万台に達し、世界の EV、PHV で最も販売台数の多い車である。動力性能、音振性能など EV の長所が活かされている⁽⁹⁾。動力性能を改善するため新規の制御技術が開発された⁽¹⁰⁾。EV ではモーターの立ち上がりレスポンスが速いためドライブシャフトの振り振動と共振することがある。これを避けるため加速レスポンスを意図的に遅らせることがあるが、モーターの高レスポンス特性を生かすことができない。「リーフ」では、図 6 に示すように、フィードバック制御とフィード



(出所：日産ウェブサイト)

図 5 日産「リーフ」



(出所：荻込卓明他, 自技会春季学術講演会, 2011年)

図 6 EV による加速レスポンスの改善

フォワード制御を適切に組合せることにより、ドライブシャフトの共振によるハンチングを抑制しつつほとんどの加速条件で全開加速応答 0.1 秒以内の高レスポンスを実現した。

テスラは、2012 年からセダンタイプの「EV モデル S」を販売しているが、2015 年に全輪駆動モデル AWD (All Wheel Drive) を追加した。P90D 仕様では、容量 90kWh のリチウムイオンバッテリーと、リア 375kW、フロント 193kW の 2 台のモーター（トータルの最大モーター出力はバッテリー制限により 397kW）を搭載し、0-100km/h 加速 3.0 秒と発表⁽¹¹⁾している。ポルシェ 911、日産 GTR など高性能ガソリン車に勝るとも劣らない動力性能を示している。

(2) PHV 技術

PHV は、比較的容量の大きなバッテリーと充電器を搭載したハイブリッド車で、短距離走行では充電されたバッテリーでモーターを駆動し EV として走行し、長距離走行ではバッテリー残存容量が減少するとハイブリッド車として機能し、トータルのエネルギー消費と CO₂ 排出を削減する。

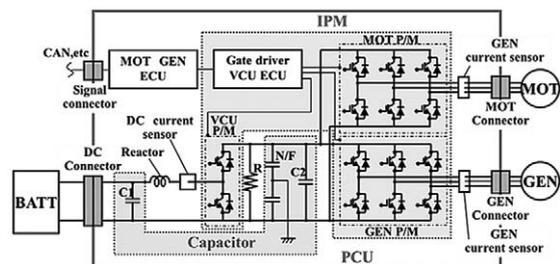
GM の「VOLT」は容量 16.5kWh のリチウムイオンバッテリーを搭載し EV 走行距離は 60.8km (FTP, 米国試験モード) となり、通勤など日常の走行条件では EV 走行比率が高く、大きな CO₂ 削減効果が期待できる⁽¹²⁾。トヨタプリウス PHV はバッテリー容量 4.4kWh, EV 走行距離 26.4km (JC08, 日本試験モード) となり、実走行における EV 走行比率は高くない。また PHV ユーザーの使用実態調査によると、バッテリー容量の大きい PHV のユーザーほど頻繁に充電し EV 走行比率が高く、エネルギー消費および CO₂ 排出量の削減効果も大きい。ただし、EV 走行時のエネルギー消費量は 114 ~ 169Wh (充電効率を含まず) となり、EV よりエネルギー消費量は多い傾向にある。PHV の CO₂ 削減効果は、バッテリー容量とエネルギー効率により大きく異なる。

図 7 に示すホンダの「アコードハイブリッド PHV」は技術的に興味深いシステムを搭載している。エンジンと直結した 100kW の発電機と 120kW の駆動用モーター、6kWh のリチウムイオンバッテリーを搭載し、高速走行時はクラッチを繋ぎエンジンで駆動力をアシストするが、基本となるシステム構成は機械的な変速機の不要なシリーズハイブリッドシステムである。従来シリーズ型は変換プロセスが多くエネルギー効率が低いとされていたが、インバータなどコンポーネント技術の進歩によりエネルギー効率の高いシステムを実現している。図 8 にインバータの構成を示すが⁽¹³⁾、バッテリーとモーターおよびジェネレータとの間に電圧を昇圧する DC/DC インバータ (VCU: Voltage Control Unit) を搭載し、高速回転条件では 700V まで昇圧しシステムのエネルギー効率改善と小型化に貢献している。また運転条件に合わせた電圧のコントロールが容易になるため、減速時のエネルギー回生量の増大にも効果的と考えられる。なお DC/DC インバータは「プリウス」, 「MIRAI」などでも使用されており、今後のエネルギー効率改善策の 1 つとして期待される。



(出所: Naritomo Higuchi, EVS27, 2013)

図 7 ホンダ「アコード PHV」



(出所: Naritomo Higuchi, EVS27, 2013)

図 8 DC/DC インバータによるエネルギー効率の改善

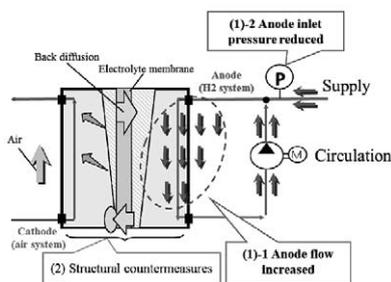
(3) FCV

トヨタは、図9に示す、量産を目指したFCV「MIRAI」の販売を開始した。小型の燃料電池FCスタック、加湿モジュールを不要とするシステム、昇圧コンバータ、高圧水素タンクなど新技術を搭載し、エンジン車に対し競争力のある動力性能と実用性の高い車両性能を実現している⁽¹⁴⁾。FCスタックは370セル、出力114kW、出力密度3.1kW/Lの小型高出力を実現した。従来のFCスタックは、電解質と



(出所：トヨタウェブサイト)

図9 トヨタ「MIRAI」



(出所：Hiroyuki Yumiya 他, EVS28, 2015)

図10 FCセルの自己加湿コントロール

なるプロトン交換膜のイオン移動度を確保するために加湿モジュールを必要とした。「MIRAI」では図10に示す方策、プロトン交換膜の薄膜化による生成水の逆拡散の促進、アノードの水素循環流量の増大、セル流路の改善などにより、加湿モジュールのないシステムでFC性能を維持している。また高圧水素タンク⁽¹⁵⁾の構造を改良し小型軽量の70MPaタンクを開発、航続距離650km(JC08モード)を実現した。

ホンダは、新型FCV「クラリティフューエルセル」のリース販売を開始した。FCパワートレインをボンネット内に搭載しセダンタイプで5人乗りを実現、70MPaの高圧水素タンクと高効率パワートレインにより航続距離750kmを達成した。出力130kWの高出力モーターにより静かで力強く滑らかな走行性能を実現したと発表している。新型FCVの詳細な技術情報は発表されていないが、「2008年型FCVクラリティ」では、ガス流路形状などの改良によるコンパクトなFCスタックにより、走行エネルギー効率はJC08モードで62%⁽¹⁶⁾と発表されている。

(4) エネルギー消費量, CO₂ 排出量

EV, FCVの走行に関わるエネルギー消費量をハイブリッド車, ガソリン車と比較し図11に示す。走行時のエネルギー消費量TTW(Tank to Wheel)と発電時または水素製造時

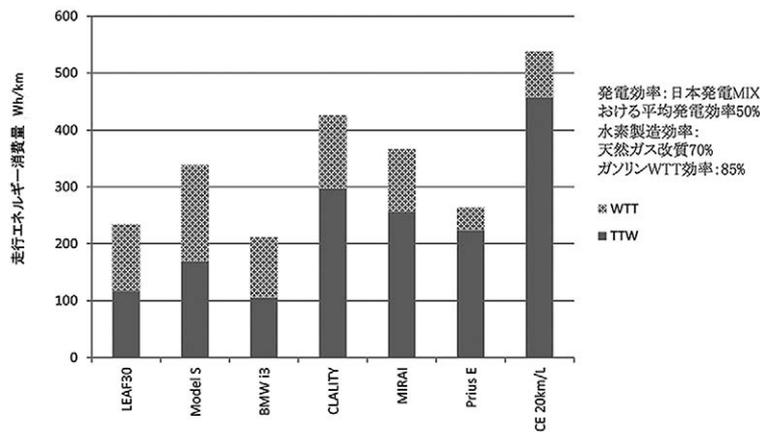


図11 EV, FCV, ガソリン車のエネルギー消費量 (WTT, TTW)

のエネルギー消費 WTT (Well to Tank) に分けて、単位走行あたりの消費量を算出した。リーフ (30kWh 仕様), BMW のコンパクト EV 「i3」の TTW エネルギー消費は充電効率を含め、それぞれ 117Wh/km, 107Wh/km (いずれも JC08 モード), 「モデル S」は充電を除き 169Wh/km (NEDC, 欧州試験モード) となる。FCV は「クラリティ」(2008 年モデル), 「MIRAI」で走行試験モードが異なるが、260 ~ 300Wh/km 程度である。各車両の車両重量や走行モードが異なるため厳密な比較はできないが、FCV の TTW エネルギー消費は EV の 1.5 倍程度となる。これは EV パワートレインの方が高いエネルギー効率をもつこと、減速時のエネルギー回生量が多いことによると考えられる。WTT と TTW の合計 WTW (Well to Wheel) の比較では、発電効率として、現在の日本の平均 (水力などを含む) 50% とし、水素製造の効率を天然ガス改質 70% とすると、FCV は EV より若干エネルギー消費が多い。燃費 20km/ℓ のガソリン車の WTW に比較すると EV, FCV のエネルギー消費が少ないが、最近のガソリン車の燃費低減技術の進化は著しいものがあり、燃費 40.8km/ℓ の「プリウス E」に比較すると EV, FCV の WTW エネルギー消費は必ずしも少なくない。ただし、電力や水素製造に関わる石油のシェアは小さいため、石油消費の削減の効果は大きい。

CO₂ 排出量 (WTW) は、電力の CO₂ 排出原単位により大きく異なる。電力事業連合会は、

2008 年度～2012 年度の 5 年間平均で CO₂ 排出原単位 0.34kg/kWh を目標としてきたが、2011 年の東日本大震災に伴う原子力発電所の運転停止により 2013 年度 0.57kg/kWh まで上昇した⁽¹⁷⁾。また資源エネルギー庁の次世代自動車に関する資料⁽¹⁸⁾では、将来に向けた電力 CO₂ 排出原単位を 0.35kg/kWh としている。

CO₂ 排出原単位として電力 0.35kg/kWh, 水素 (都市ガス水蒸気改質) 0.95kg/Nm³-H₂ における CO₂ 排出量 (WTW) を図 12 に示す。燃費 20km/ℓ のガソリン車の CO₂ 排出量 (WTW) 140g/km に対し、EV の CO₂ 排出量は約 40g/km と 3 分の 1 以下となる。ハイブリッド車に対しても約 60% と少ない。ただし現状の電力 CO₂ 排出原単位のままでは EV による CO₂ 削減効果は大きくない。また、図 13 に各国の電力 CO₂ 排出原単位を示すが、フランスやカナダなど原子力発電や水力発電の比率の高い国では CO₂ 排出原単位が低く EV による CO₂ 削減が効果的だが、中国やインドなど化石燃料火力発電の比率の高い国では CO₂ 排出原単位が高く効果的とは言えない。欧州各国では再生可能電力の比率が高く、今後も地球温暖化の対応として拡大する方向にある。FCV については、車両重量差を考慮しても現状では CO₂ 削減効果は必ずしも大きくないことが分かる。

EV, FCV の CO₂ 排出量の大幅な削減のためには、現状の電源構成 (エネルギーミックス) や水素製造法から再生可能エネルギー起源のも

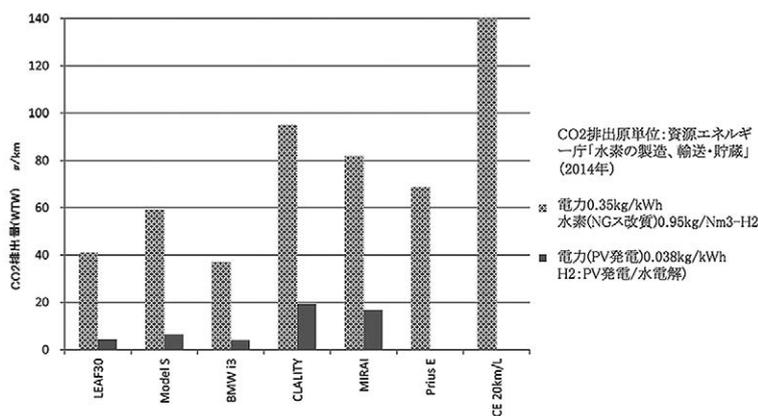
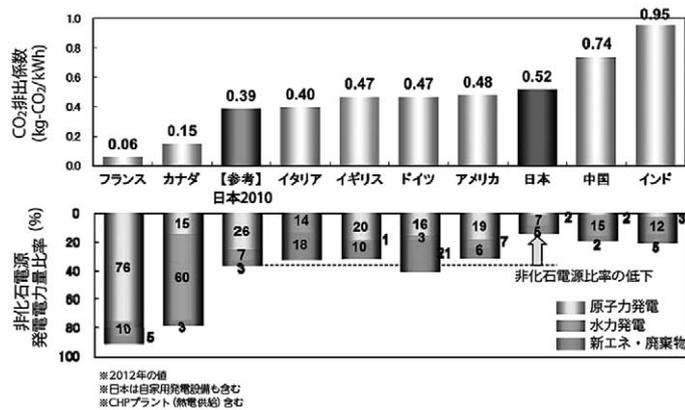


図 12 EV, FCV, ガソリン車の CO₂ 排出量



(出所：電気事業連合会, 「電気事業における環境事業計画」)

図 13 各国の電力 CO₂ 排出原単位

のに置き換えていく必要がある。太陽光発電の CO₂ 原単位を 0.038kg/kWh⁽¹⁹⁾ とすると、EV の CO₂ 排出量は 5～7g/km、FCV (太陽光発電+電気分解水素製造) で 20g/km 以下のレベルとなる。燃費 20km/ℓ のエンジン車に対し EV では 90% の CO₂ 削減が可能であると言える。

自動車の製造から使用 (走行)、さらに廃車までのライフサイクルの環境影響の評価も重要である。特に CO₂ 排出量の少ない新エネルギー車では、自動車の製造過程での CO₂ 排出が相対的に多くなる。EV のライフサイクル CO₂ 排出量⁽²⁰⁾ をガソリン車と比較した例を図 14 に示す。走行エネルギーに関わる CO₂ 排出量は EV の方がベースガソリン車に対し少ないが、自動車の製造工程における CO₂ 排出量はガソリン車より多い。バッテリーなどに使われる新素材の使用量が多いため、EV の低 CO₂ を生かすためには、素材の製造プロ

セスの見直しなど、製造工程の CO₂ 排出量を低減する必要がある。

3. 将来展望

(1) 車両技術の開発

EV の普及拡大のためには、3つの課題 (一充電走行距離の拡大、車両価格の低減、さらに充電インフラの拡充など利便性の改善) に取り組む必要がある。

①一充電走行距離

EV のバッテリー容量と一充電走行距離の関係を図 15 に示す。テスラの「ロードスター」, 「モデル S」を除き、主な EV のバッテリー容量は 20kWh 前後、一充電走行距離 200km 前後 (JC08 モード) となっている。バッテリー容量を大きくすることにより一充電走行距離

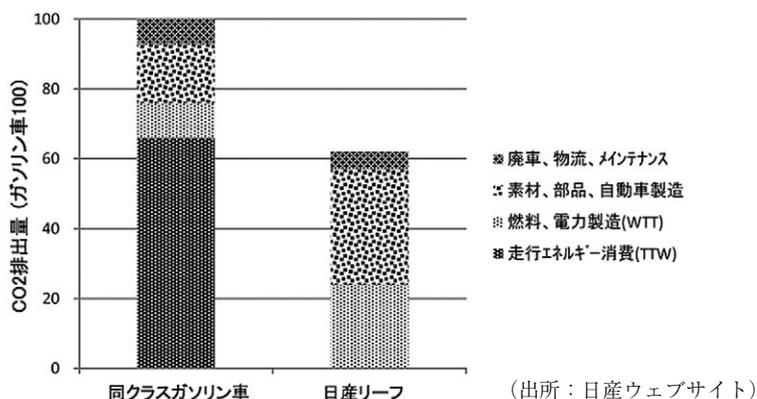


図 14 ライフサイクル CO₂ 排出量の比較

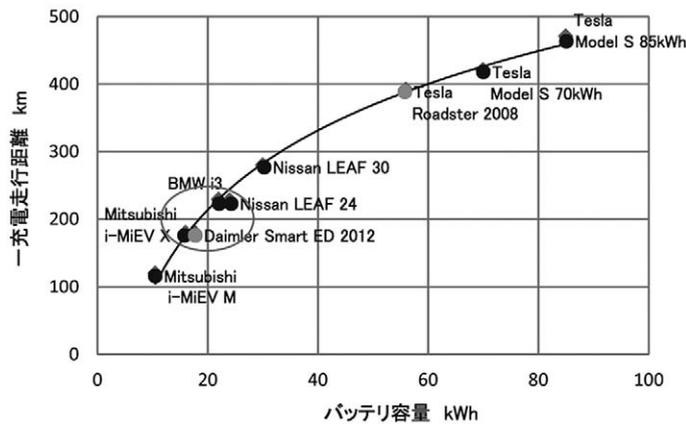


図 15 BEV の一充電走行距離

を伸ばすことは可能であるが、車両重量が増加しエネルギー効率が低下する。また車両に占めるバッテリーの重量比率が大きく加速性能、ハンドリング性能に影響する。一充電走行距離を拡大するためには、バッテリーのエネルギー密度を改善することが重要となる。2010 年前後に発表された車両のリチウムイオンバッテリーはエネルギー密度 100Wh/kg 前後のマンガン系が主流であったが、最近ではより高性能のニッケル系や 3 元系の正極を使用したバッテリーが多くなってきている。バッテリーセルのエネルギー密度も 150 ~ 200Wh/kg を越すものが発表されている。

NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の自動車用二次電池ロードマップ⁽²¹⁾によると、EV 用リチウムイオンバッテリーは 2012 年にはエネルギー密度 60 ~ 100Wh/kg であるが、開発目標として 2020 年にエネルギー密度 250Wh/kg、一充電走行距離 250 ~ 350km、さらに 2030 年には 500Wh/kg、500km としている。この目標値を達成するため、正極材料の改良や負極材料として現状の炭素・黒鉛系に代わるシリコンやスズなど新材料による高容量化の取組みが重要となるとしている。リーフは 2015 年のマイナーモデルチェンジで電極などの改良によりエネルギー密度を向上し一充電走行距離を従来の 228km から 280km まで改善した。また GM は、図 16 に示す、低価格で高性能の新型 EV「BOLT」

を 2017 年頃に販売を開始すると発表した。一充電走行距離は 320km としている。さらにテスラ、フォルクスワーゲンも 300km 前後の EV を近い将来に市場導入すると発表している。現在の開発状況から NEDO の 2020 年目標（300km 前後）を達成する見通しは高い。しかしながら、2030 年目標の一充電走行距離 500km を達成のためには、さらなる技術進化が必要と考えられる。



（出 所：http://jp.autoblog.com/2015/03/02/chevy-bolt-volt-name-confusion/）

図 16 2017 年販売予定の GM「BOLT」

②車両価格の低減

EV の車両価格が高い要因は主にバッテリーの価格にあると見られる。経済産業省の 2015 年度クリーンエネルギー車補助金⁽²²⁾は基本的に EV とベースガソリン車の価格差の 2 分の 1 と設定されており、補助金から見積もられるバッテリーの容量当たりのコストは 1.7 ~ 4.7 万円/kWh と推定される。また、EV の市場でのバッテリー交換価格は、米国での「リーフ」用 24kWh は 6,499 ドル（78 万円（1 ドル =

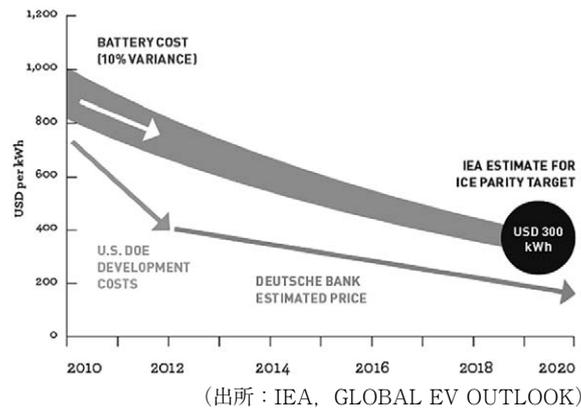


図 17 バッテリー価格の将来見通し

120円で換算)), 国内での「i-MiEV」用16kWhは90万円, などの情報があり, バッテリー価格の現状は3~5万円/kWhと見積もられる。

NEDOのリチウムイオンバッテリーのコスト目標は2020年に約2万円/kWh, 2030年に約1万円/kWhと設定されている。IEAのバッテリーコスト見通し⁽⁴⁾を図17に示す。2020年には300ドル/kWhまでコスト低減できると見ている。米国エネルギー省やドイツ銀行の見通しでは, IEAの見通しより早いペースでコスト低減が可能であると見積もっている。バッテリー各社の情報からも2020年に2万円/kWhまで低減は可能と考えられる。しかしながら, 2030年1万円/kWhの見通しは立っていない。

③充電インフラ

日本国内の充電インフラは, ここ数年で急速に増加し, EVやPHVのユーザーが利用できる登録充電スタンド数は普通充電10,675カ所, 急速充電6,694カ所,

急速充電6,694カ所(2016年3月21日現在)⁽²³⁾までになった。図18に示すように東京近郊の都市では数キロ毎に急速充電スタンドが設置されており充電スタンド探しに苦労することが少なくなったと言われる。経済産業省は次世代自動車充電インフラ事業により民間企業等の充電設備の設置をサポートしてきた。高速道路のサービスエリア・パーキングエリアや道の駅, コンビニ, マンション・月極駐車場, 従業員駐車場などの充電設備が急速に増加した。

国内のガソリンスタンドの数は減少しつつある。1994年度の約6万件をピークに収益性の悪化から減少を続け2014年度には3.3万件まで減少した。特に公共交通の不便な過疎地でのガソリンスタンドの減少が深刻となってきている。EVと充電スタンドの設置により交通手段を確保することができる。充電スタンドの設置費用も電気工事の負担により180~1,200万円と幅があるが, ガソリンスタンドに



図 18 充電インフラの現状 (日本)

比べると比較的容易に設置することができる。今後も充電インフラは拡大していくものと考えられる。

(2) 再生可能エネルギーとの連携

自動車によるエネルギー消費量とCO₂排出量を大幅に削減するためにはEVやFCVなど車両技術の革新に加えてエネルギー製造においてもCO₂を排出しない再生可能エネルギーなどへの転換が必要である。太陽光発電や風力発電などの再生可能電力は技術進化により発電コストが低下しつつあるが、一方で太陽光発電や風力発電は天候に左右され出力が不安定なためバックアップ電源やバッテリーなどを必要とする。EVに搭載されたバッテリーをエネルギー貯蔵装置として活用する方法が検討されている。図19に示すように、EVと住宅の電源システムを双方向に接続しエネルギーマネジメントに活用するV2H (Vehicle to Home) のコンセプト⁽²⁴⁾が実用化されつつある。太陽光発電を設置した住宅では、昼間の日射量の多い時間帯に発電量が余剰となり夜間には不足する。住宅の電力システムとEVを電力制御装置 (PCS: Power Control System) で接続し、余剰電力をEVのバッテリーに充電し、充電された電力を走行エネルギーとして使用、あるいは夜間など電力が不足するときにEVから放電し住宅の電力を賄うことができる。電力会社による余剰電力の買い取りが困難な状況においても太陽光発電を有効に活用できる。日本の平均的な住宅に太陽光発電を設置し電力買取りのないケースで、V2H



(出所: Tomoya Nakada 他, EVS28, 2015)

図19 EVと住宅の電力連携

により太陽電池の利用率を50%から70%まで向上させることができる⁽²⁵⁾との試算がある。V2HはEVが住宅の電力システムに接続されている必要があるが、自動車の使用される時間比率は低く、日本の平均で6%程度であり、24時間のうち225時間は駐車しているため、車の走行していない時間を電力マネジメントに有効に使うことが可能となる。

(3) 将来モビリティ

EVのもう1つの特徴として、構造がシンプルなため、超小型EVからバス、トラックまで用途に合わせた自動車をつくりやすいことが挙げられる。超小型EVによるカーシェアリングやオンデマンドEVコミュニティバスなどの実用化への取り組みが進められている。自家用車と公共交通の中間的な位置づけの将来モビリティが登場しつつある。24時間ネットワークと接続し利便性の高いカーシェアリングシステムやライドシェアリング、さらに自動運転と組み合わせた新しいEVモビリティの実証試験や検討が進められている。

カーシェアリングの一例として図20にダイムラーの「Car2go」を示す。2012年にシュツットガルトでオンデマンドカーシェアリングを開始、300台のスマートED (Electric Drive) と500カ所の充電ステーションが設置された。カードで車にアクセスし返却はプロジェクト域内であればどこでも返却できる。予約からアクセス、返却までの利便性が高く、世界18都市に拡大している。

電動バスの実用化に向けた動きも活発であ



(出所: EVS27にて撮影, 2013年)

図20 ダイムラー「Car2go」カーシェアリング

る。特に路線バスや送迎バスは、走行パターンが決まっていることからEVに適した用途と言える。早稲田大学では2002年から電動バスの研究開発を行い、全国10カ所以上の地域で公道実証試験を進めてきた。短距離走行・高頻度充電のコンセプトでバッテリー容量を最小化し、車両価格の低減と車両軽量化、乗車スペースの確保を狙う。電磁誘導による非接触充電装置を開発し、バス停などで面倒な操作なしに充電することにより利便性を大幅に改善した。実用性の高い電動小型バスを開発し、2011年から3年間、図21に示すように、長野市の路線バス実証試験により実用性を評価した。低床の小型バス日野ポンチョを改造し、容量44kWhのリチウムイオンバッテリーと145kWの永久磁石式同期モーターを搭載した⁽²⁶⁾。静かで滑らかな走行性能、排気ガスのない快適な乗り心地が利用者に大変好評であった。また女性ドライバーから運転しやすさと清潔感などが高く評価された。実証試験を終え2014年10月から長野市路線バスとして



(出所：長野市にて撮影，2012年)

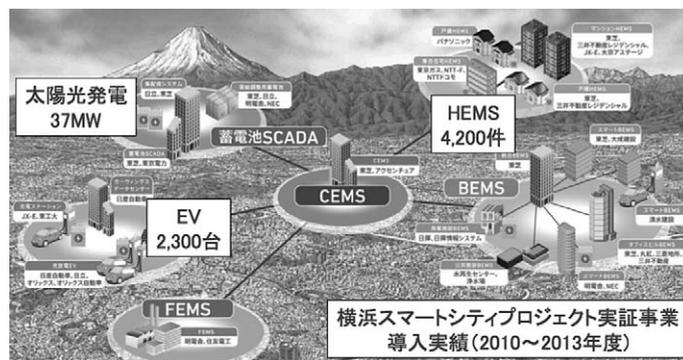
図21 長野市電動バス実証試験

営業運行が開始された。

各地でスマートシティプロジェクトが進められている。エネルギーと情報通信のネットワークを活用しより豊かな社会を築いていこうという活動でモビリティは重要な役割を果たしていく。電動車両は、エネルギー貯蔵装置として情報端末として社会のエネルギーマネジメントに貢献していくものと考えられる。経済産業省は次世代エネルギー・社会システムマスタープランを発表、2010年から5年間、横浜市、豊田市、京都府（けいはんな学研都市）、北九州市の4地域でスマートシティプロジェクトが実施された。図22に横浜スマートシティプロジェクト⁽²⁷⁾を示す。2013年度末までに当初の目標を超える37MWの太陽光発電、4,200件のHEMS（Home Energy Management System）を設置、また2,300台のEVを導入し、電力システムマネジメントによる電力ピークカット、太陽光発電の有効利用などの実証試験が行われた。

4. まとめ

エネルギーセキュリティと環境問題への対応としてEV、PHV、FCVなど電動車両の役割は大きくなりつつある。電動車両によるCO₂排出量削減の効果を最大限にするためには、車両のエネルギー効率の改善に加え、エネルギー製造過程でのCO₂排出量の低減、さらにモビリティの改善も重要となる。



(出所：横浜市、「NEDO スマートコミュニティサミット」，2015年)

図22 横浜市スマートシティプロジェクト（2010～2013年度）

車両については、バッテリーの性能改善によるEVの充電走行距離の拡大と車両価格の低減が必要である。FCVはFCシステム、水素貯蔵タンクの小型化、車両価格の大幅な低減が重要となる。

エネルギー供給過程の改善については、EV用充電インフラの拡充と水素供給インフラのコスト低減と水素ステーションの普及拡大が急がれる。また再生可能エネルギーの活用による発電時あるいは水素製造時のCO₂排出量原単位の大幅な低減が重要となっていく。

モビリティの改善については、車両の大幅な重量低減ができる超小型モビリティの導入、および進化した公共交通の展開など社会との連携により利便性と経済性の高い技術の開発が期待される。

参考文献

- (1) IEA: Energy Technology Perspective 2015, (2015)
- (2) IEA: World Energy Outlook 2014, (2014)
- (3) IPCC: 5th Assessment Report Climate Change 2014 (AR5), (2014)
- (4) IEA: Global EV Outlook 2015 (2015)
- (5) IEA: IA-HEV report 2013 (2014)
- (6) EV sale: <http://ev-sales.blogspot.jp/>, (2015)
- (7) 廣田壽男ほか: 電動車両の現状と将来展望, 自動車技術, Vol.66, No.9, (2012)
- (8) 半田和功ほか: 次世代電気自動車 [i-MiEV] の開発, 三菱自動車テクニカルレビュー, No.19, (2007)
- (9) 門田英稔: 日産リーフの技術, 日産技報, No.69・70, (2012)
- (10) 菊込卓明ほか: 新開発EV向けの高応答加速度制御, 自技会春季学術講演会, (2011)
- (11) テスラモーターズウェブサイト: <https://www.teslamotors.com/jp/models>, (2016)
- (12) George P. Hansen ほか: GM E-REV 車ボルトと GM 電動化戦略の中での位置づけ, 自動車技術会シンポジウム No.13-11 2012 (2012)
- (13) Naritomo Higuchi, Efficiency Enhancement of a New Two-motor Hybrid System, Honda R&D Co., Ltd., EVS27, 2013
- (14) 宇佐美祥ほか: 新型FCV用燃料電池スタックの開発, 自動車技術会春季学術講演会前刷集, 20155165, (2015)
- (15) 日置健太郎ほか: 新型FCV用高圧水素タンクの開発, 自動車技術会春季学術講演会前刷集, 20155117, (2015)
- (16) 松本稔ほか: FCVクラリティ用燃料電池パワートレイン, ホンダR&Dテクニカルレビュー Vol.21 No.1, (2009)
- (17) 電力事業連合会「電気事業における環境行動計画 2015」, (2015)
- (18) 経済産業省資源エネルギー庁: 水素の製造, 輸送・貯蔵について, (2014)
- (19) 電力中研: 電源別のライフサイクルCO₂排出量, 電中研ニュース, No.468, (2010)
- (20) 日産ウェブサイト: ライフサイクル環境評価, <http://www.nissan-global.com/JP/ENVIRONMENT/CAR/LCA/>, (2015)
- (21) NEDO: 二次電池技術開発ロードマップ2013, (2013)
- (22) 次世代自動車振興センターウェブサイト: CEV補助金補助対象車両 (2015)
- (23) GoGoEV, Mar. 21, 2016, <http://ev.gogo.gs/>
- (24) Tomoya Nakada et al: Assessment of economic potential of Vehicle-to-Home (V2H) in Japan with customer driving habits taken into account, EVS28, (2015)
- (25) 廣田壽男ほか: 充電対応EVを用いたエネルギーマネジメントシステム, 日産技報, No.69・70, (2012)
- (26) Kenichiro EDA et al: Development and Performance Evaluation of Advanced Electric Microbus Transportation System, EVS27, (2015)
- (27) 横浜市「横浜市スマートシティプロジェクト (YSCP) の取り組みと今後の展開について」, NEDOスマートコミュニティサミット, (2015)

ドイツのエネルギー転換政策のための 廃止措置積立金問題

楠野 貞夫 (プロジェクト試験研究部
参事)



1. はじめに

ドイツは、2022年までに全ての原子力発電所を閉鎖する予定である。時期や発電許容量について紆余曲折があったが、「脱原子力」政策は、2011年の福島事故の前から決まっていた。ドイツでは、原子力は再生可能エネルギー(再エネ)によって安定的に代替されるまでの過渡期の技術という位置づけである⁽¹⁾。2016年3月現在も8基の軽水炉が高い設備利用率で稼働している。2014年には、9基の原子炉が稼働し、ベースロード電源として35.6%、グロス全発電量として15.8%を担っていた⁽²⁾。

供用年数の長い原子炉を使い続けているスイスやベルギーを見れば分かるように、「脱原子力」は容易ではない。急激な「脱原子力」の実現に踏み出したドイツも、多くの問題に直面している。それにも関わらず、ドイツがその選択をしたのはなぜか。本稿ではその背景を考察し、また直面する問題の1つである廃止措置積立金について、「緑の党」・国・事業者の三者関係の面から分析する。

なお、引当金は、積立金と同様に将来の費用・損失に対応するための内部留保であるが、本稿ではその会計上の違いを無視し、積立金と呼んだ。

2. エネルギー転換に至るまで

(1) 原子力開発の流れ

ドイツの原子力開発の流れを政権交代との

関係から表1に整理した。

1955年8月の第1回ジュネーブ会議の成功、1957年7月29日の国際原子力機関(IAEA)の発足の頃から、西ドイツもまた1957年に原子力法を制定して、原子力平和利用を開始した。1968年2月に原子力船オットー・ハーンが就航したころまでは、政権はキリスト教民主同盟(CDU)を主体とする構成であった。既に、1960年代には、西独7基および東独1基の原子力発電プラントが電力網につながっている。

1969年に社会民主党(SPD)が自由民主党(FDP)との連立により政権にあった期間(1969年～1982年)には、原子力発電の建設ラッシュがあり、西独12基および東独4基が電力網に接続されている。また、1973年4月には、高速増殖炉SNR300の建設がKalkarで開始されている。この頃のドイツは、第一次石油ショック(1973年)でエネルギー供給の脆弱性を認識しており、原子力開発を強力に支持した。また、1974年初にはウラン価格が5倍に高騰したため、ナトリウム冷却高速増殖炉を建設しようとしたのである。1973年3月には、スリーマイル島事故が発生し、大規模な反核デモが起きているが、SPDはこの期間には、まだ「反原子力」の意識を鮮明にしてはいなかったようである。

1982年にSPDからCDUへと政権交代が行われ、SPDは野党に転落した。今度はチェルノブイリ事故(1986年4月)が起きた。SPDは、この期間に、「反原子力」の政治的効果を自覚し、1984年3月から原子力法の改定運動を開

表1 ドイツの政権、法制度と原子力関連事項

年代と政権	原子力法など	関連事項・備考
1949～1966 CDU/CSU 主体	1959 原子力法	1955.8 第一回ジュネーブ会議成功 1957.7.29 IAEA 発足
1966～1969 CDU/CSU/SPD		1968.2.1 原子力船オットー・ハーン就航
1969～1982 SPD/FDP		1972～1975 Wyhl 原発建設反対運動 1973.3 スリーマイル島事故 1973.4 SNR 300 建設開始 1977 当初の原子力計画がほぼ50%削減 1979 秋 ボンで約10万人デモ 1980.6.10 スウェーデン 2010年までに原子力発電所停止を決議 1981 秋 欧州の大規模反核デモ頂点
1982～1998 (コール) CDU/CSU/FDP	1993, 1995 エネルギー・コンセンサス会議 1994 原子力法改正 (直接処分可) 1998 電気・ガス全面自由化	原子力推進政策 1986.4 チェルノブイリ事故 1984.3～ SPD 原子力法改訂運動 1990.10 東西ドイツ統一 1998.2.2 仏 SPX の即時廃止決定
1998～2005 (シュレーダー) SPD/G	1998.10 トリッティン環境相 (緑の党) 1999.1～2000.6 コンセンサス・トーク ⇒kWh 制約【脱原子力】 ①2002 改正原子力法の発効 (～32年) 2005.7 SF 再処理への移送禁止	(2001.9.11 同時多発テロ) 原子力利用からの秩序ある撤退を図る (運転期間 32年)。海外再処理も禁止。
2005～2009 (メルケル) CDU/CSU/SPD		2005.9 連邦議会議員総選挙の結果成立した3党大連立政権下でも、前政権の脱原発法の基本原則は維持
2009～2013 (メルケル) CDU/CSU/FDP	②2010 改正原子力法 (供用期間延長～12年) 【脱・脱原子力】 2010 核燃料税法 2010.10 原子力法可決 2011.3.14 7基の3カ月停止 ③2011.5.30 Ethik-Komm (2010の改正撤回) 【脱原子力】 2011.6.7 改正原子力法 (脱原子力) 2011.8.5 施行 2011.7 即閉鎖 8基	2009.9 連邦議会議員総選挙の結果⇒(連立の組み替え):キリスト教民主・社会同盟と自由民主党の連立政権⇒「脱原子力」政策を転換。原子炉供用期間の延長 2011.3.11 東日本大震災と福島事故 2011.3.14 原発7基の3カ月間モラトリアム 「脱原子力」方針 (2022年までに全原子力発電所を停止) 2011.11～2012 E.ON 社, RWE 社 Vattenfall 社提訴
2013～(メルケル) CDU/CSU/SPD	2015.6 Grafenrheinfeld 原発閉鎖 2016.1 KFK 報告予定延期	2015 以降 EnBW 社提訴予定 2015.10 廃炉積立金 妥当

※ ① 2002年原子力法, ② 2010年改正原子力法, ③ エネルギー転換

(出所: IAEA PRIS (Power Reactor Information System), Lutz Mez & Annette Piening ⁽³⁾ およびドイツ選挙関連情報サイトなど)

始した。ドイツの原子力発電の新設は、Neckarwestheim-2 (140 万 kWe, Konvoi 型 PWR) の 1989 年運転開始が最後となったが、本稿の廃止措置の対象とする原発はここまでに全て建設されている。

(2) ドイツの反対運動のルーツ

ドイツでは、スリーマイル島事故の前、1972 年からライン河西岸地域での原発計画への反対運動がワイン農家を中心に広範囲に起きていた ⁽⁴⁾。バーデン・ビュルテンベルク州のフライブルク支庁に 6 万 5,000 件の異議申立書が集まった。1973 年 7 月 19 日になって、ラジオ

で原子力発電所建設の新しい立地点がヴィールであることが初めて明かされ、ヴィールおよび他の数カ所で、北部カイザーシュトゥール市民活動組織が自発的に結成されたのである。この運動が成功し、ヴィール原子力発電所は建設されなかった。この運動は、純粋に農民運動と考えられ、そのルーツは自然保護と郷土保護 ⁽⁵⁾ にあり、放射能への恐怖などではなかったと言われている ⁽⁶⁾。活動家が外部から参加した訳でもなく、また、この頃には、「緑の党」(90 年連合/緑の党)はまだ形成されていなかった。

SPD は、1969 年から 1982 年までの政権担当中に起きたこのような運動を見て、CDU に

政権を奪い取られた期間（1982年～1998年）に、原子力法の改定運動を進め、脱原子力政策を固めていったものと思われる。

他方、「緑の党」は、1998年10月、SPDの連立パートナーとして、シュレーダー政権に加わったが、必ずしも国政の担い手として信用されていたわけではない。連立政権の閣僚には、J. フィッシャー外相、A. フィッシャー保健相とともに、トリッティン環境-自然保護-原子炉安全相が入閣した。しかし、両政党間での政治理念上の結び付きは当初から見られず、両政党は、「連立政権樹立」という実利で結びついたに過ぎない⁽⁷⁾。しかし、トリッティン大臣は、これ以後の原子力開発への厳しいブレーキとなった。

1998年からのSPDと「緑の党」の連立政権による政策は脱原子力を強力に進め、産業界とのコンセンサス・トーク（1999年1月～2000年6月）を実施し、2002年の脱原子力法により、各原子力発電所の許容発電量を定めた。当時の電力会社はRWE社、EnBW社、VEBA社、およびVIAG（現E.ON）社で、コンセンサス・トークの結果、ドイツの電力会社の原子力発電量を合計2兆6,233億kWhとすることになった。これは、高い設備利用率で32年間の供用することに相当する⁽³⁾。

2002年4月に原子力法等の改正法⁽⁸⁾が成立し、脱原子力政策（商業的電力生産のための原子力の利用を推進せず、これを秩序正しく終結させるとの政策を基本的に維持する）が実施されることとなった。その要点は、新規建設禁止、既設炉の発電量制限、使用済燃料再処理禁止（2005年7月1日以降）、中間貯蔵施設設置義務、などである。

しかし、2005年に誕生したメルケル政権は、2010年改正原子力法により、2002年法で規定された許容発電量に上乘せを行い、実質的に供用期間を延長した（脱・脱原子力）。

（3）エネルギー転換

ドイツが、急激な脱原子力政策に踏み出し

た契機は、福島事故（2011年3月）ではない。2010年9月に発表された「エネルギーコンセプト」（BMWi：経済エネルギー省、BMU：環境-自然保護-原子力安全省）で、原子力発電は、再生可能エネルギーへの橋渡し技術と位置づけられている⁽⁹⁾。この位置づけは、2002年の改正原子力法⁽¹⁾に遡ることができる。

福島事故直後のメルケル政権の対応は、①3月16日のモラトリアム命令による8基プラント（1980年以前に運転開始した7基（表2 No.10～17）および長期停止中のクリュンメル原発の一時停止（その後7月の原子力法第13次改正では閉鎖）と、②4月4日～5月28日まで設置された倫理委員会の活動である。これによって、「ドイツのエネルギー転換-未来のための共同事業」報告書が2011年5月30日に出された⁽¹⁰⁾。ここでも、原子力エネルギー利用からの段階的な離脱が、「全ての関係者にとっての極めて大きな挑戦である」とされている。

3. 将来展望

（1）運転中の原子炉

2009年10月、CDU、FDP、キリスト教社会同盟（CSU）が連立政権を組んだが、原子力に関しては、「再生可能エネルギーによって安定的に代替されるまでの過渡期のテクノロジー」という基本路線を維持した。しかし、実際には気候変動対策、エネルギー価格の安定化のため、国内原発の供用年数を延長した。同時に、新たな原発の建設は引き続き禁止することとした⁽¹⁾。

2010年の第11次改正原子力法により、図1のように発電可能量が増加した。これは供用年数を引き延ばすことに相当する。図1には、法律で規定された発電可能量から、設備利用率を90%とした供用可能年数を示した。これには、「エネルギー転換」による発電量の逆戻りに相当する年数も追加している。

発電可能量の増加と引き換えに、核燃料物質税⁽¹¹⁾が消費税として導入された（2010年

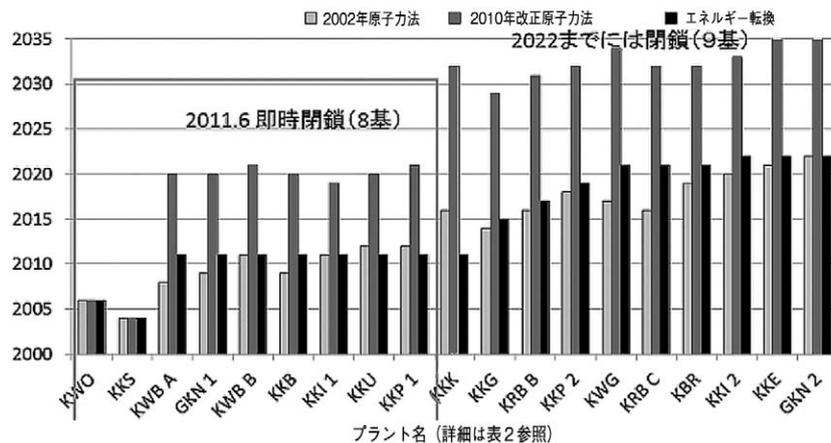


図1 ドイツにおける原子力発電所の供用可能期間の変化（発電量制約に対する追加）

12月8日）。課税対象は、核分裂性物質（Pu-239, Pu-241, U-233, U-235）で、145 ユーロ/gが課税される。課税期間は、2011年1月1日～2016年12月31日の6年間である。

グロス電気出力100万kWの軽水炉（熱効率33%）の年間核燃料税の推定値は、23.1～26.1億ユーロ（設備利用率：80～90%）となる。したがって、2011年初においては、モラトリアムになった8基（8.821 GW）と稼働中の9基（12.702 GW）の合計17基（21.517 GW）から、23.1～26.1億ユーロが年間の税収となると推定される。

電力会社は、モラトリアム命令と核燃料物質税に関して、それぞれ訴訟を起こしている。モラトリアム命令については、その違法性判決が出た（ヘッセン州カッセル行政裁判所）。核燃料物質税については、欧州司法裁判所が

EU法には反しないとの判決を出した（2015年6月4日）が、ドイツ国内法との関係、他のEU加盟国への影響が大きいなどの点からも、その動向は不明である⁽¹²⁾。

図2に2015年からの稼働中の原子炉を示す。稼働中の9基のうち、6基が南部（バイエルン州、バーデンヴェルテンベルク州）にある。いずれも90%前後の高い設備利用率で稼働中である。

これらの中で、E.ON社のグラーフエンラインフェルト原発は運転期限が2015年末になっていたが、同社は、予定よりも数カ月早い2015年6月27日に同原発を閉鎖した。これは、支払うべき核燃料税と、法律で定められた運転可能年数とのバランスから判断したものであろう。

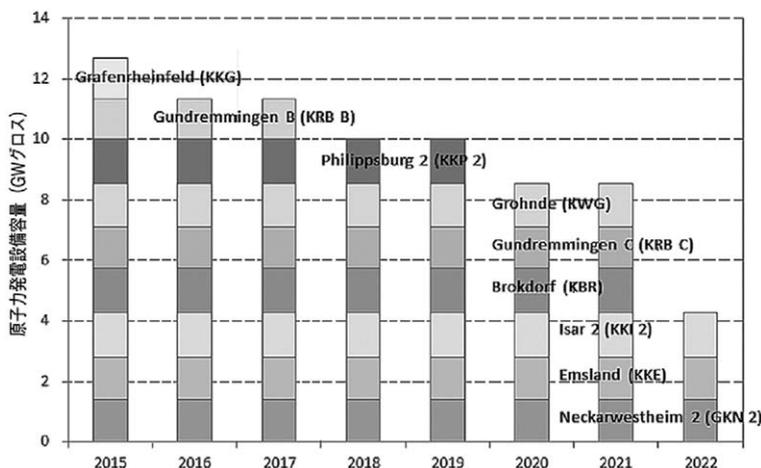


図2 残された設備容量の推移（予定）

(2) 閉鎖した原子炉

IAEAの原子炉情報誌システム（PRIS）によれば、表2に示すように、2016年現在稼働中の原子炉8基を含めて、合計36基が挙げられている。これ以外の原子炉は、研究炉である。「緑の党」系のレポート⁽¹³⁾によれば、このうち23基（表2のNo. 1～23）について、4電力会社に廃止措置の資金を確保する責任がある。

4. 廃止措置積立金問題

(1) 廃止措置積立金に関する公式情報

2013年のECレポート⁽¹⁶⁾によれば、ドイツ

では、廃止措置の資金調達制度は、一般的な行政上の引当金だけでなく、原子力法とそれに基づく命令、商業法、および税法によって決定される。「汚染者負担の原則」に従い、免許所有者は、廃止措置活動の全てに責任がある。電力会社は、自らの意思で廃止措置戦略を自由に決定することができる。企業系列のレベルでは、民間運転者が属する企業系列が、国際会計基準に従った積立金を準備する。これらの内部資金への投資に関する制約はない。

資金調達制度の特徴として、①最終閉鎖が決まっていない原子力施設の廃止措置のための引当金は運転開始から最初の25年間にわたり等

表2 4電気事業者等の原子力プラントに対する株式シェア⁽¹⁴⁾ ⁽¹⁵⁾

No	プラント	型	設備容量 (GWg)	運開年	株式持分比率 (%)					閉鎖年
					E.ON	RWE	EnBW	Vattenfall	他	
1	Grafenrheinfeld (KKG)	PWR	1.345	1982	100					2015
2	Gundremmingen B (KRB B)	BWR	1.344	1984	25	75				(2017)
3	Philippsburg 2 (KKP 2)	PWR	1.468	1985			100			(2019)
4	Grohnde (KWG)	PWR	1.430	1985	83.3			16.7 ^{*1}		(2021)
5	Gundremmingen C (KRB C)	BWR	1.344	1985	25	75				(2021)
6	Brokdorf (KBR)	PWR	1.480	1986	80			20		(2021)
7	Isar 2 (KKI 2)	PWR	1.485	1988	75			25 ^{*2}		(2022)
8	Emsland (KKE)	PWR	1.400	1988	12.5	87.5				(2022)
9	Neckarwestheim 2 (GKN 2)	PWR	1.400	1989			100			(2022)
10	Biblis A (KRB A)	PWR	1.225	1975		100				2011
11	Biblis B (KRB B)	PWR	1.300	1977		100				2011
12	Neckarwestheim 1 (GKN 1)	PWR	0.840	1976			100			2011
13	Brunsbüttel (KKB)	BWR	0.806	1977	33.3			66.7		2011
14	Isar-1 (KKI 1)	BWR	0.912	1979	100					2011
15	Unterweser (KKU)	PWR	1.410	1979	100					2011
16	Philippsburg 1 (KKP 1)	BWR	0.926	1980			100			2011
17	Krümmel (KKK)	BWR	1.402	1984	50			50		2011
18	Obrigheim (KWO)	PWR	0.357	1969			100			2005
19	Stade (KKS)	PWR	0.672	1972	66.7			33.3		2003
20	Mülheim-Kärlich (KMK)	PWR	1.302	1988		100				1987
21	Würgassen (KWW)	BWR	0.670	1972	E.ON Kernkraft					1994
22	Gundremmingen A (KRB A)	BWR	0.250	1968	Kernkraftwerk Gundremmingen					1977
23	Lingen (KWL) (Prototype)	BWR	0.252	1969	Kernkraft					1977
24	Thorium-Hochtemperatur-reaktor (THTR 300)	HTGR	0.308	1983	Hochtemperatur Kernkraft GmbH (HKG)					1988
25	Heißdampfreaktor (HDR)	HDR	0.025	1969						1971
26	Niederaichbach (KKN) (Experimental GCHWR)	HWGCR	0.106	1972	KFK					1974
27	Versuchsatomkraftwerk (VAK)	BWR	0.016	1960	RWE					1985
28	Atomversuchskraftwerk (AVR)	HTR	0.015	1970	AVR					1988
29	Mehrzweckforschungsbau-reaktor (MZFR)	PHWR	0.057	1967	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungs-GmbH					1984
30	Kompakte natriumgekühlte Reaktoranlage (KNK II)	FBR	0.021	1979	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungs-GmbH					1991
31	Rheinsberg (KKR)	VVER	0.070	1967	Energiewerke Nord					1990
32	Greifswald 1 (KGR 1)	VVER	0.440	1975	Energiewerke Nord					1990
33	Greifswald 2 (KGR 2)	VVER	0.440	1976	Energiewerke Nord					1990
34	Greifswald 3 (KGR 3)	VVER	0.440	1979	Energiewerke Nord					1990
35	Greifswald 4 (KGR 4)	VVER	0.440	1980	Energiewerke Nord					1990
36	Greifswald 5 (KGR 5)	VVER	0.440	1989	Energiewerke Nord					1989

(注) No.21～36は廃止措置会社。No.31～36は旧東独の旧ソ連製PWR。
*1：SWB（ビーレフェルト都市公社）、*2：SWM（ミュンヘン都市公社）

分割で蓄える、②原子力廃止措置のための引当は、名目割引率5.5%で割り引かねばならない。ただし、割引期間は引当金が蓄えられている期間に制限される。国際会計基準や国際財務報告基準と比べると、割引期間は、責任が生じる発電量(kWh)の発電開始と廃止措置活動の開始までの全期間をカバーするものではない。

2010年12月31日時点での商業バランスシートにある正味の引当金は合計約287.26億ユーロであるが、これが内部金融の主要な根拠と認識されている。引当の根拠となるコスト推定は定期的に更新され、十分な資金流動性を保つための投資が行われる。しかし、引当と責任との間に直接のつながりはない。

(2)「緑の党」による問題提起

これまでは、ドイツ政府が、電力会社の報告をもとに廃止措置積立金を発表し、第三者が検証したわけではなかった。

これに対して、「緑の党」系の研究団体FÖSは、電力会社の原子力積立金(廃止措置費用+処分費用)を分析し、算定は不十分だと指摘した。「現在かなりのリスクがあるために、原子力利用のコストは、公的機関で算定されるべきである」と主張するとともに、廃止措置および処分に関する予期せぬコスト増加や低すぎる金利等といった様々な理由で、積立金が不十分であり、電力会社が約束手形の不履行や破産によって支払い期限前の組織変更があり得ると警告した⁽¹³⁾。そのため、次の3つの改革案を示した。

- ①コストの透明性改善(独立した検証)
- ②事業者の破産防止と追加コスト負担を含む財政的責任への束縛(破産セキュリティ強化)
- ③事業者の手元にある原子力積立金のための破産予防手段の強化

2013年末の4電力会社の原子力積立金360億ユーロの根拠は不明であるし、本当に積み立てられているのかも判断できない。FÖSの評価では、解体すべき商用原発(表2のNo.1~23)のコストは、平均で約480億ユーロとなる。積立金は、電力会社の手の内にあり、

また、投資資金融資に利用できるという事実は、重い財務的強みである。1970年から2014年までの期間の積立金総額は、名目上650億ユーロに達する。2014年価格では、これらは790億ユーロである。以上が「緑の党」の主張である。

この推定には、大きなリスクプレミアムが加算されているため、結果が過大になっている。「緑の党」は現在の原子力積立金が廃止措置・処分のコストをカバーしないことを強調する意図がある。それは次のようにまとめられる。

コスト増加リスクを、2つの内容と時期とに分けた。一方は、全ての原発の廃止措置(リスク追加分10%)と全ての処分場の閉鎖までの処分(リスクプレミアム30%)、他方はこの作業の完了の前と後である。もしも、処分場の1つが後知恵で建設されたが、不適切だと判明すれば、最悪の場合、再構築と放射性廃棄物の新処分場への回収と配置換えの恐れがある(長期間のリスクに対する追加的リスクプレミアム:70億ユーロ程度と処分場範囲の詳細探索)。それほど複雑でない原子力以外の大規模プロジェクト、以前の廃止措置プロジェクトの経験から、35~45%に近いコスト増加を考慮すべきである。従って、全てのリスクプレミアムを含めると、更新されたコストは、ほぼ480億ユーロが平均値となる。図3はこれを図示したもので、リスクプレミアムを大きく取っていることが分かる。

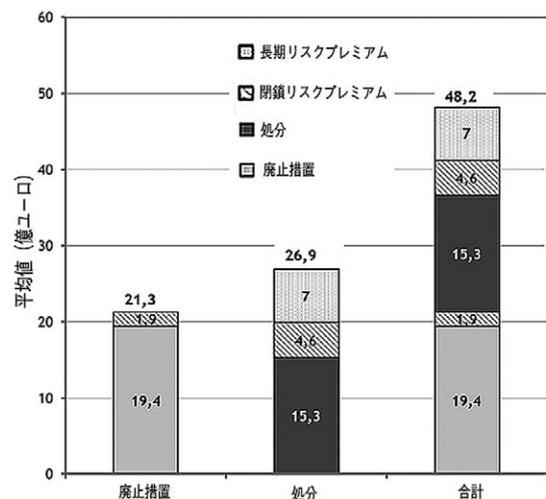


図3 廃止措置と処分のためのコスト推定⁽¹³⁾

FÖS2015 レポート⁽¹⁷⁾では、積立金のレベル、開発および構造は、個別の発電プラントまたは、個別の会社により、かなり変化することを、改定されたデータでも示した。また、一方では廃止措置と、他方では処分に関する積立金の配分は大変異なっている。原子力積立金の透明性は本質的に改善すべきであることが、再び確認された。核心となる要求は、①原子力発電に対する明快なバランスシート、②そ

れによって、廃止措置・処分後の一貫性のある区別、③積立金のための原子力発電運転者の計算根拠の公開、および国による独立した検証である。

FÖS 2015 レポートから表 3、4 および図 4 を引用する。表 3 から、廃炉積立金が確実に増加していることが分かる。

しかし、割引率は、EC レポートの名目 5.5% よりも小さくなっている。

表 3 4大電力会社の廃炉積立金（各年末時点）の推移⁽¹⁷⁾

(単位：10 億ユーロ)

電気事業者	E.ON SE (元 E.ON AG)	RWE AG	EnBW AG	Vattenfall AB (KKW Brunsbüttel)	合計	KKW Krümmel	合計 (含 Krümmel)
	US GAAP	IFRS	IFRS	HGB		HGB	
2003	-	-	-	-	28.100	-	-
2004	-	-	-	-	27.550	-	-
2005	13.362	8.675	4.294	0.840	27.171	1.795	8.966
2006	13.162	8.843	4.389	0.850	27.244	1.850	29.094
2007	12.249	9.053	4.482	0.839	26.623	1.935	28.558
2008	12.200	9.465	4.754	1.104	27.523	1.961	29.484
2009	12.035	9.491	5.059	1.274	27.859	2.066	29.925
2010	12.231	10.010	5.254	1.231	28.726*	1.212	29.938
2011	13.145	10.366	6.455	1.706	31.670	1.974	33.645
2012	13.936	10.201	6.713	1.617	32.467	1.923	34.045
2013	14.607	10.250	7.664	1.652	34.173	1.805	35.825
2014	15.492	10.367	7.934	1.837	35.630	2.150	37.780
2014/2010	26.7%	3.6%	51.0%	49.2%	24.0%	77.3%	26.2%

* 2010 年の合計は EC レポート⁽¹⁶⁾ に一致。

表 4 原子力積立金のために利用された割引率⁽¹⁷⁾

電気事業者	E.ON SE	RWE AG	EnBW AG	Vattenfall AB	最大-最小
2010	5.2	5.0	5.5 (最大)	4.75 (最小)	0.75
2011	5.2	5.0	5.5 (最大)	4.75 (最小)	0.75
2012	5.0	5.0	5.4 (最大)	4.75 (最小)	0.65
2013	4.8	4.6 (最小)	5.0 (最大)	4.75	0.4
2014	4.7	4.6	4.8 (最大)	4.0 (最小)	0.8
2010~2014 変化 (%ポイント)	-0.5	-0.4	-0.7	-0.75	+0.05

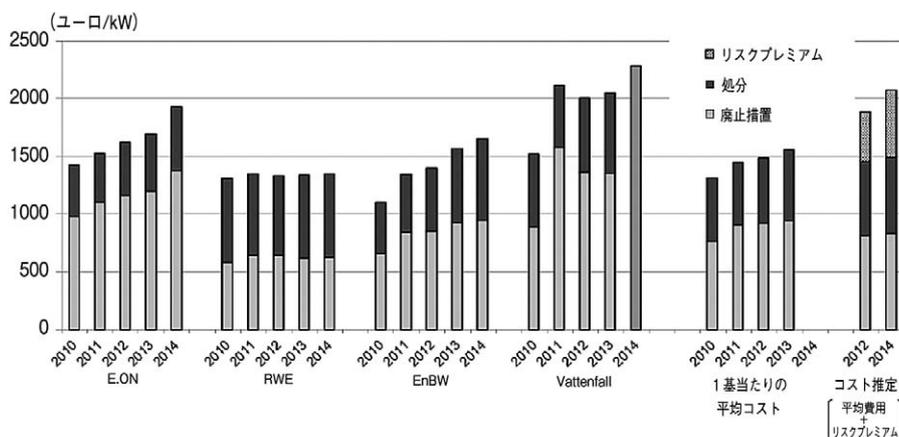


図 4 4大電力会社の廃止措置・処分のための積立金（2010年～2014年）⁽¹⁷⁾

図 4 は、各社の年報から整理した積立金の推移を示している。右側には、一基当たり平均コストと、それにリスク余裕を積み重ねたコストを示した。

(3) 「緑の党」 vs. 国 vs. 事業者

廃炉積立金が不足する場合の対策に関して、BMWが調査し極秘の報告書がまとめられたことが、南ドイツ新聞⁽¹⁸⁾の報道で明らかになった。

同紙によると、電力会社が廃止措置と廃棄物処分のために取っている積立金 360 億ユーロの内、190 億ユーロを電力会社の手に残し、170 億ユーロは廃棄物の長期コストをカバーするために国が管理する基金（限定積立金）に移すという計画がある。また、基金が外部で管理されるにしても、電力会社には廃止措置と廃棄物処分実施の責任が残されるとしている。さらに、支払い不能の場合には、電力会社は、他の負債を支払う前に、廃止措置コストを払うことになっている。

この報道を受けて、「緑の党」系 Clean Energy Wire (CLEW) が 2014 年 12 月 18 日にレポート⁽¹⁹⁾を発表した。CLEW は、2 人の政策アナリスト (F・マッテス氏と W・イレク教授⁽²⁰⁾) にインタビューしている。マッテス氏は、「電力会社は、エネルギー転換により、2011 年の原子力フェーズアウトを受入れ、再エネと低炭素経済にシフトしようとしている。しかし、この移行は、基幹事業である火力発電と原子力発電が再エネ発電と競争しなければならない状況下、また電気料金が需要減の影響を受けている状況下での実施となる」と答えている。他方、「緑の党」系のイレク教授は、「廃止措置に運転者が支払うべき額は比較的明確であるが、長期の廃棄物処分と貯蔵のコストは公的基金でカバーされるにしても、そのコストの予測は困難で、推定された 170 億ユーロは十分とは言えない」と答えている。

CLEW は、政府が考えている廃炉積立金が不足する場合の対策を「単なる机上の空論」

と捉えている。しかし、BMWの極秘調査に対して、「見解」としてまとめられた Becker Büttner Held 法律事務所の報告書⁽²⁰⁾は、公的基金を推奨している（この報告書はイレク教授により作成された）。その主な理由として、以下を挙げている。

- ① 原発を運転する電力会社の積立金は、廃止措置義務と最終処分義務のためであること
- ② それが不足することによる倒産のリスクから逃れられないようにすること
- ③ 破産の場合には、国が優先的に破産遺産を取ること
- ④ 内部基金を強制的に形成する内部基金策は、連帯保証システムと組み合わせるべきで、極端に長期（例えば、数十年以上）の責任に対しては、外部基金の方がより適切な手段であること

上記理由の結果、実行可能な手段として、外部資金の形態は、公的基金の設立、内部と外部の基金からのコンビネーション・モデルと分かったので、内部基金による廃止措置のための資金調達に応じて、また外部基金による放射性廃棄物処分の資金調達に応じて、公的基金を確保することができる。この理由は、実際のところ、4 大電力会社にとって非常に厳しいものとなっている。これは、イレク教授の考えが反映していると思われる。

一方、2015 年 3 月 19 日のフランクフルター・アルゲマイネ紙の報道によれば、首相府が積立金問題について電力会社と極秘に交渉している⁽²¹⁾。連邦政府は経営難の電力会社とのトップ会談において、原子力フェーズアウトのための積立金が十分であるかについても対話を重ねた。4 電力会社は、原発の廃止措置と処分のための積立金として 358 億ユーロを積み立てた。しかし、専門家は、彼らがこれだけの額を入手できるのか疑問としている。また、グループが破産した場合には、連邦政府はその資金に手を出すことができない。アナリストたちは、一歩進めて積立金を国の基金に移すべきだと意見している。さらに、原子力事業者の 30 件を越える訴訟に対し、連邦政府は十億ユーロ規模の補償を恐れなければならない。

表5 廃止措置と放射性廃棄物処分コスト (23)

(単位: 億ユーロ)

廃止措置・処分債務	ストレステスト					監査法人評価		事業者評価	その他の計算条件
	5.25% 一定	EIOPA UFR 高	EIOPA UFR 低	HGB 2014	HGB 2020	2014 価格 ベース	2014 価格 ベース	2014 年末までの 事業者の現金額	
割引率シナリオ									・評価期間: 80年間 (2099年まで) ・廃止措置: 12年間 ・コンラート処分場: 20年間
利率 (%/年)	5.25	2.59	2.03	4.53	2.26			4.58	
原子力固有コスト上昇 (%/年)	0~1.97	0~1.97	1.97	0~1.97	1.97			1.97	
a) 廃止措置	153.32	239.24	265.11	161.39	229.24	197.19	196.14	177.84	
b) キャスク、輸送、運転廃棄物	50.45	86.39	181.84	58.34	166.62	99.15	102.52	73.70	結論 考えられるシナリオに対する支払 義務に対して、事業者 (4大電力 会社+ミュンヘン都市公社) の総 資産 830 億ユーロは対応できる。
c) 中間貯蔵	28.09	54.98	106.85	33.32	95.26	58.23	56.53	43.05	
d) コンラート処分場	23.85	39.05	57.20	26.89	49.91	37.50	38.24	31.37	
e) 高レベル放射性廃棄物処分場	43.46	87.44	162.87	44.18	148.33	83.21	81.09	58.86	
合計 (2014 年末時点の値)	299.18	507.11	773.87	324.12	689.36	475.27	474.51	384.82 *	

(注) EIOPA: 欧州保険・年金監督局, UFR: 終局フォワードレート, HGB: ドイツ商法 ※ 2014 年末の財務報告では 382.88 億ユーロ。

また、2015年3月20日のフランクフルター・アルゲマイネ紙は、原発の廃止措置に関して、ガブリエル BMWi 大臣が、原子力積立金の「ストレステスト」を実施すると報じた⁽²²⁾。BMWい は 2015年10月10日に、会計監査法人 Warth & Klein Grant Thornton に委託して実施した、原発事業者の放射性廃棄物処理に係る費用負担能力に関するストレステストの結果を公表した⁽²³⁾。その結果の一部を表5に示す。

このストレステストの結果、電力会社による現在の積立金 383 億ユーロは、原発と放射性廃棄物処分のコストをカバーしていることが示された。「緑の党」による「不足だから追加アクションを取れ」という主張に根拠がないことが、第三者により検証されたのである。実際、現在の積立金は、国際標準よりも高めのコスト推定に基づいている。原子炉 1 基当たりの解体コストは、8.57 億ユーロ (他国では、2.05 億~5.42 億ユーロ) である。前記監査法人は、プラント解体を効率化すれば全体として 60 億ユーロ程度のコスト削減ができることも示した⁽²⁴⁾。将来の割引率やコスト増加の変動による感度解析の結果から、必要額は 290 億~770 億ユーロとなったが、極端な非現実的なケースを除けば、383 億ユーロは十分である。

これを受けて、ドイツ内閣は 2015 年 10 月 14 日、原子力責任法を承認した。これにより、「ドイツの原発を運転する子会社が負担する廃止措置コストに対して、親会社はその支払いに究極責任をもつ」ことを明示した⁽²⁵⁾。

また、内閣は 2015 年 10 月 14 日、廃止措置と廃棄物のための財務をレビューする「脱原

子力の資金監査委員会」(KFK)⁽²⁶⁾を設置した。これは、脱原子力に係る資金確保に関する検討委員会である。3名の共同委員長と委員 16名の合計 19名で構成される。共同委員長 3名は、SPD, CDU, 「緑の党」から出されたが、ユルゲン・トリッティン元環境-自然保護-原子炉安全大臣もその 1人である。16名の委員には、州首相経験者を含む政治家、連邦環境・自然保護・建設・原子炉安全省 (BMUB) の原子力安全局長、会計監査、法律の専門家その他、経済団体、環境団体、労働組合、大学、宗教団体などの委員が含まれている。このようなやり方は、倫理委員会⁽¹⁰⁾の場合とよく似ている。

KFK は 2016 年 1 月までに最終報告書を出す予定だったが、2月までに延期され、その後 2016 年 3 月下旬になってもまだ出ていない。

(4) 電力供給構造変化と事業者

G・クングル教授 (シュトゥットガルト大学) は、ドイツの 4 大電力会社 (E.ON 社, RWE 社, EnBW 社, Vattenfall 社) を、変化する規制やその他の取り巻く状況の観点から調査し論文を発表した⁽²⁷⁾。その結果、福島事故のような外生的なショックばかりでなく、ドイツ電力市場の自由化、再生可能エネルギーの推進手段、市場開発および財政危機が、これらの会社に遙かに広範囲に及ぶ影響をもたらしている。また、4 大電力会社の比較分析を 1998 年~2013 年について行い、自由化の開始時点における好況な成長から現行の危機に至るまでの進展を示した。「エネルギー転換」の文脈

に焦点を当てた、この論文は、エネルギー供給の持続的な転換に関する現在の論争に貢献している。

2000年以降のドイツの電力供給の展開をみると、広範囲で遠大な規制変更が実施され、新しい事業者が登場した。また、ドイツの電力市場の自由化で合併の波が起り、4大電力会社の出現に至っている。4大電力会社は機会を捉えて、以前の供給エリアを越えて拡大し、規模も力も成長したにもかかわらず、2010年末までに色々な問題に直面してきた。その1つが新たな政府規制によって支援され、地盤を獲得し、在来型の発電所に対する競争力を付け始めた再エネである。さらに、財政危機と外国市場における好ましくない展開に見舞われた。これとほぼ同時に、福島事故を受けて、ドイツ政府は原子力からのフェーズアウトを決定した。それ以来、4大電力会社は、ますます増大する危機に直面していると見ることができる。

尚、論文の結論は次の3つにまとめられている。

- ①国の介入と自由化:会社の環境における最重要な変化は国の介入が引き金となった。ドイツの電力市場の自由化は、既存事業者に対し豊富な機会を提供した。これと並行して、再エネ法の実施は、挑戦者をドイツ国内での電力供給分野の中で振興した。同時に、反原子力が反化石と平行して社会運動となった。
- ②主な2つの規制変化:ドイツ電力市場の自由化と国の介入による特定技術の助成または落胆させること。
- ③一連の著しい類似性が4大電力にある。

世界原子力協会(WNA)のエドワード・キー氏もまた、「自由化された電力市場における原子力発電は事業として成功するのか」という問題提起を行っている⁽²⁸⁾。彼によれば、電気事業には2つの競合するモデルがある。すなわち、伝統的なモデル(経済規制があるかまたは政府が所有する垂直統合された独占企業)と分散経営型でかつ再編された電力産業というモデルである。この2つのモデルは、

非常に異なる経済原理に基づいており、前者は電力システムの長期コストを極小化するように発電ユニットのシステムを構築する。後者は、自由化された電力市場でスポット市場を利用し、卸売り電力の短期的限界費用を極小にするように、配電システムを管理する。

これまで見てきたように、原発を持つ電力会社は、「エネルギー転換」により経営的に不利な状況に追い込まれてきた。また、「汚染者負担の原則」を徹底的に追求する法制度の中に閉じ込められてしまった。

E.ON社は、2014年末に分社化を表明したが、責任法により変更を余儀なくされた。2015年4月、原子力資産をUniper社に継承しようとしたが、9月9日にはそれを撤回し、PreussenElektra社に移管することとした。

RWE社は、2年前に従来型電気事業の分離を検討していたが、E.ON型の分裂を避け、RWE社とRWE Generation社の体制にすることとした(2016年3月末現在)。後者は、RWE社とは独立に経営される。

EnBW社の場合、株式の46%がバーデン・ヴュルテンベルク州の所有であり、今後は、連邦政府だけでなく州政府も訴える構えである。

Vattenfall社は、スウェーデンの国有企業である。やはりビジネス分野を6分野に改編した。また、E.ON社とドイツのプラントの廃止措置を共同で行い、できる限りの経済効果を上げようとしている。

5. おわりに

ドイツ政府は、「脱原子力」のための資金が事業者には十分にあることを確認した。発電事業者がその資金積立の責任を放棄できないような法的対策も講じた。資金管理に関する委員会もできた。その資金は廃止措置とその後の長期間にわたる処分のために充てられる。

肝心の処分場に関しては、ドイツ政府は、1970年代から関わってきたゴアレーベン探査活動を、2012年11月に一時停止した。その後、

2013年7月23日、立地選定法（発熱性放射性廃棄物（HLW）の最終処分場のサイト選定に関する法律）⁽²⁹⁾を制定した。これは、2011年の「エネルギー転換政策」に従った行動で、科学的根拠に基づく安全性優先・透明公正な手続き・「汚染者負担の原則」を柱として、これまでの処分場探査活動を転換した。

地下立地点の選定は2023年までには完了させる計画である。2014年4月には、33名の委員で構成される「HLW処分委員会」を開いた。この委員構成もまた倫理委員会やKFKと類似している。

欧州では、冒頭述べたように、スイスやベルギーでも「脱原子力」の動きはあるが、原子力発電の安定性、利便性、信頼性から、なかなか原発を閉鎖できないのが現状である。それでも、ドイツは「脱原子力」に突入した。この状況は突然できたわけではない。その過程で「緑の党」は1つの役割を演じたと思なされるが、いまや、メルケル政権が「緑の党」の看板を奪ってしまった観がある。

また、独立心が強いバイエルン州のように、風力発電、送電線や鉄塔の景観に反対するのは、自然保護と郷土保護の精神によると見られる。これは、再エネ電力が北部から南部へと送電される妨げともなっている。

自宅前や自宅のガレージで車を洗う光景は、日本ではよく見かける。しかし、少なくともバイエルン州ではそれは許されていない。「日本もドイツに見習え」という人は、まずこういうことから始めねばならないだろう。

最後になるが、すでに、ドイツ政府が予想していたとおり、再び、E.ON社、RWE社、Vattenfall社が国の決定に対して訴訟を起こした⁽³⁰⁾。原子炉の技術的寿命がつかまる前に停止命令を出したことによる補償として、合計約220億ユーロを要求している。同時に、原子炉の強制閉鎖命令は、財産の不当な没収であるともしている。

[謝辞]

本稿の一部は、（一財）電力中央研究所からの平成24年度委託事業成果に基づいている。

参考文献

- (1) 山口和人, 「ドイツの脱原発政策のゆくえ」, 外国の立法244 (2010年6月)
- (2) DAIF: Kernenergie in Zahlen 2015
- (3) Lutz Mez & Annette Piening: "Phaseing-out Nuclear Power Generation in Germany: Policies, Actors, Issues and Non-issues," Energy & Environment Volume 13, Number 2 / May 2002, Multi Science Publishing
- (4) AKW Wyhl - KKW Wyhl: 40 Jahre Erfolg im Wyhler Wald (und anderswo), 2015.2.13 (<http://www.mitwelt.org/kein-akw-in-wyhl.html>)
- (5) 「ドイツの地方自治」(概要版), 財団法人自治体国際化協会, ロンドン事務所, 2011年
- (6) ゲルノート・ベーム (丸山徳次訳) 「『ドイツの不安』, それとも『ドイツの奇蹟』?」, 龍谷哲学会 2012年1月
- (7) 井関正久, 「ドイツ緑の党の苦悩—『反政党的政党』から連立与党への変遷とその諸問題—」, 2001年9月
- (8) 「電力の商業的生産のための原子力利用の秩序正しい終結に関する2002年4月22日の法律」
<https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/A/gesetz-beendigung-kernenergienutzung.property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf> (連邦法律広報第I部1351頁)
- (9) Die Bundesregierung: Das Energiekonzept - Beschluss des Bundeskabinetts vom 28. September 2010
"Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung", 28. September 2010
- (10) Deutschlands Energiewende - Ein Gemeinschaftswerk fuer die Zukunft, vorgelegt von der Ethik - Kommission, Sichere Energieversorgung, Berlin, den 30. Mai 2011.
- (11) Kernbrennstoffsteuergesetz (KernbrStG) Vom 8. Dezember 2010. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2010 Teil I Nr. 62, ausgegeben zu Bonn am 13. Dezember 2010, 1804-1806.
- (12) World Nuclear News 10 June 2015, "Nuclear fuel tax case reverts to German courts"
- (13) (FÖS 2014) Swantje Küchler, Bettina Meyer, Rupert Wronski: Atomrückstellungen für Stilllegung, Rückbau und Entsorgung - Kostenrisiken und Reformvorschläge für eine verursachergerechte Finanzierung, 10.10.2014, Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft. Studie im Auftrag des BUND.
- (14) Convention on Nuclear Safety. Report by the Government of the Federal Republic of Germany for the Sixth Review Meeting in March/April 2014. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). 26 June 2013 (cabinet decision).
http://www.bmubund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/bericht_uebereinkommen_nukl_sicherheit_en_bf.pdf

- (15) Kernkraftwerke in Deutschland, Stillgelegte Anlagen (2015年4月現在) (<http://www.kernenergie.de/kernenergie/themen/kernkraftwerke/kernkraftwerke-in-deutschland.php>)
- (16) European Commission, Brussels, 8.3.2013 SWD (2013) 59 final, Commission Staff Working Document "EU Decommissioning Funding Data", Accompanying the document Communication from the Commission to European Parliament and Council on the use of financial resources earmarked for the decommissioning of nuclear installations, spent fuel and radioactive waste COM (2013) 121 final, pp.32-34.
- (17) (FÖS 2015) Swantje Kuchler und Bettina Meyer: "Atomrückstellungen für Stilllegung/Rückbau und Entsorgung - Analyse der Rückstellungen Ende 2014 - Konzerne und einzelne Kraftwerke," 2015.04, Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft e.V.
- (18) <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/entsorgung-von-kraftwerken-atomkonzerne-sollen-milliarden-in-fonds-einzahlen-1.2269647>
- (19) Ruby Russell, Clean Energy Wire CLEW News 18 Dec 2014: "Proposal for nuclear fund seen by some as no-confidence vote in utilities," <http://www.cleanenergywire.org/news/proposal-nuclear-fund-seen-some-no-confidence-vote-utilities>
- (20) GUTACHTEN: Finanzielle Vorsorge im Kernenergiebereich-Etwaige Risiken des Status quo und mögliche Reformoptionen im Auftrag des BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, erstellt von Rechtsanwalt Dr. Olaf Däuper, Rechtsanwältin Dr. Dörte Fouquet, im Unterauftrag: Prof. Dr. Wolfgang Irrek, Becker Büttner Held, 10.12.2014. <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/P-R/rechtsgutachten-rueckstellung-kernenergie,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>
- (21) Frankfurter Allgemeine, Agenturmeldungen, 19.03.2015: Atom-Rückstellungen:Kanzleramt verhandelt <http://www.faz.net/agenturmeldungen/dpa/atom-rueckstellungen-kanzleramt-verhandelt-13492855.html>
- (22) Frankfurter Allgemeine, Wirtschaft, 20.03.2015: Gabriel will Atom-Rückstellungen „Stresstest“ unterziehen <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/sigmar-gabriel-unterzieht-atom-rueckstellungen-stresstest-13496109.html>
- (23) Warth&Klein Grant Thornton: Gutachtliche Stellungnahme zur Bewertung der Rückstellungen im Kernenergiebereich, 9. Okt. 2015 <http://bmwi.pro.contentstream.de/18004/initag/ondemand/3706/initag/bmwi/pdf/stresstestkernenergie.pdf>
- (24) World Nuclear News 12 October 2015, "German decommissioning provisions in place, ministry confirms"
- (25) Rückbau- und Entsorgungskostennachhaftungs Gesetz
- (26) Ergänzende Informationen zur „Kommission zur Überprüfung der Finanzierung des Kernenergieausstiegs (KFK)“ <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/ergaenzende-informationen-zur-kommission-zur-ueberpruefung-der-finanzierung-des-kernenergieausstiegs,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>
- (27) Gregor Kungl SOI Discussion Paper 2014-03: 'The Incumbent German Power Companies in a Changing Environment - A Comparison of E.ON, RWE, EnBW and Vattenfall from 1998 to 2013,' Research Contributions to Organizational Sociology and Innovation Studies/ Stuttgarter Beiträe zur Organisations- und Innovationssoziologie/ University of Stuttgart, Institute for Social Sciences Organizational Sociology and Innovations Studies. http://www.uni-stuttgart.de/soz/oi/publikationen/soi_2014_3_Kungl_The_Incumbent_German_Power_Companies.pdf
- (28) Edward Kee, World Nuclear News (WNN) 04 Feb. 2015: Can nuclear succeed in liberalized power markets?
- (29) Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz - StandAG) 23.07.2013 <https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/standag/gesamt.pdf>
- (30) Power in Europe, Issue 722, March 28, 2016, p.17
- (参考文献欄で言及したウェブサイトのアクセス日は、全て2016年3月末である。)

世界のガス市場の変化と日本の LNG 調達への考察

坂本 茂樹 (プロジェクト試験研究部 副参事)



1. はじめに

世界のガス市場は、独立性の強い複数の地域市場が成立して市場毎に異なる価格体系が使われており、世界市場を形成する石油市場とは異なる。これは、ガスの輸送方法が広域パイプラインまたはLNGに限定され、ガス田開発から設備建設に多額の投資と長い準備期間を要する制約から生じるものである。

ガス価格は大別すると、需給で決まる市場価格、石油価格を指標とする長期契約価格に区分される。図1に世界の主要なガス地域市場と価格体系を示す。

市場価格を使う代表的な市場は北米および英国であり、近年欧州北西部でも市場価格使用地域が拡大している。一方、欧州南東部・ユーラシア、東南アジア(パイプライン・ガス)では長期契約の価格体系が主流で、価格指標として

石油製品価格が使われている。日本をはじめとする東アジアの液化天然ガス(LNG)輸入は長期契約が主流で、価格指標には原油価格(日本の原油通関価格:JCC)が使われている。

なお、多くの産ガス国(旧ソ連、中東、東南アジア、ベネズエラ)の国内市場では、政策的な配慮から補助金を用いて低い価格体系が設定されている。

図2に米国・英国のガス価格(市場価格)および日本のLNG輸入価格(長期契約価格)の推移を示す。

2009年以降、シェールガスの増産で国内ガス供給が潤沢な米国市場価格(ヘンリーハブ:HH)が独歩安である一方、日本のLNG輸入価格は福島第一原発事故後の2011年~2014年にかけてLNGに代替需要が発生したことから需給が逼迫して高価格となり、他市場との価格差が拡大した。

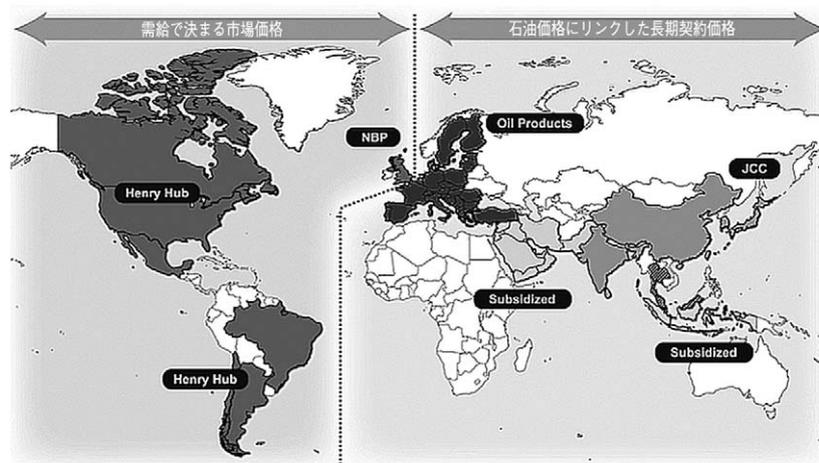


図1 世界の主要なガス地域市場と価格体系

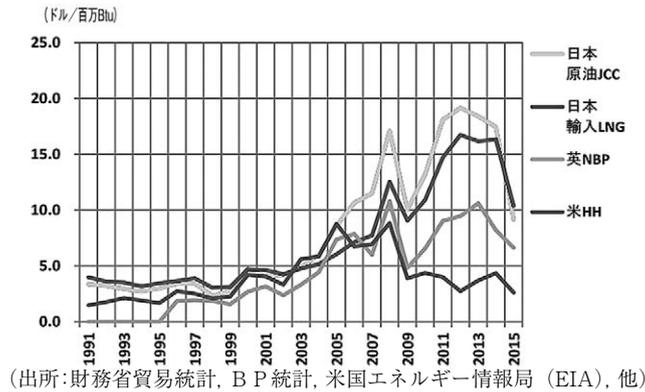


図2 主要市場のガス価格推移

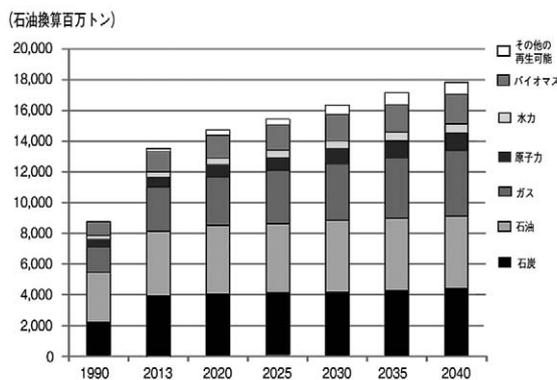


図3 一次エネルギー需要 (実績と予測)

本稿では、世界のガスおよびLNG需給の変化を概観したあと、日本のLNG調達の今後の方向性を考える。

2. 世界のガス市場の変化

(1) 一次エネルギーに占めるガスの位置づけ

図3に国際エネルギー機関(IEA)による一次エネルギー需要予測を示す。

本見通しによると、エネルギー供給は2040年に至ってもなお主に化石エネルギー(石油・ガス・石炭)によって担われ、化石エネルギーの中では、ガス消費量の増加が最大と予測されている。BP社、ExxonMobil社などの民間企業を含む他機構も同様の予測をしている。

(2) ガス資源量と生産見通し

図4に世界のガス資源量を示す。在来型ガ

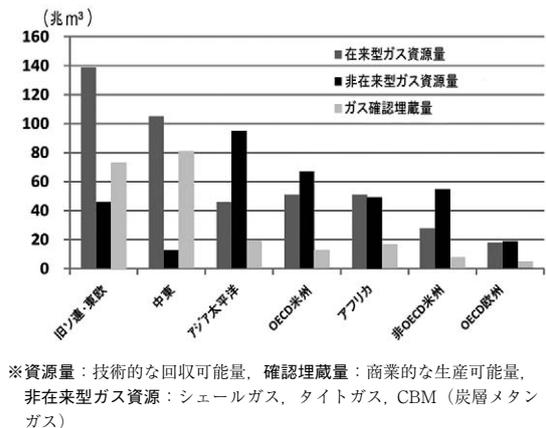
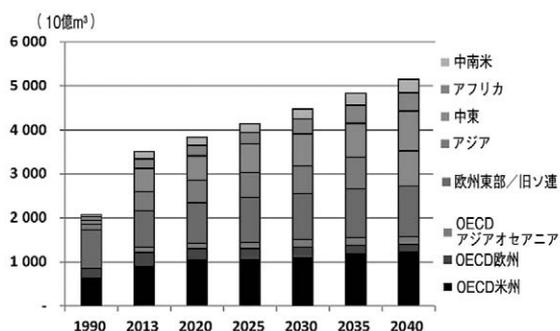


図4 世界のガス資源量 (2014年末)

ス資源は、中東(カタール、イラン)、旧ソ連(ロシア、カザフスタン)に豊富に賦存する。一方、近年注目を浴びている非在来型ガス資源であるが、シェールガスは中国、アルゼンチン、アルジェリア、米国に、炭層メタンガス(CBM)は、中国、豪州、インドネシアに多く賦存すると評価されている。

次に、図5にIEAによる地域別のガス生産見通しを示す。在来型ガス資源に富む旧ソ連、中東では、ガス生産量が長期的に増加する。近年シェールガス生産量が急増している米国を含む北米は、2010～2020年代のガス生産量増加が多い。2020年代後半以降にシェールガス生産が本格化すると予測される中国を含むアジアでは、2030年以降のガス供給量増加が多い。

非在来型ガス比率が漸増するものの、全体ではなお在来型ガス比率が高く、2040年で68%を占める。



(出所：新政策シナリオ, IEA, World Energy Outlook 2015)

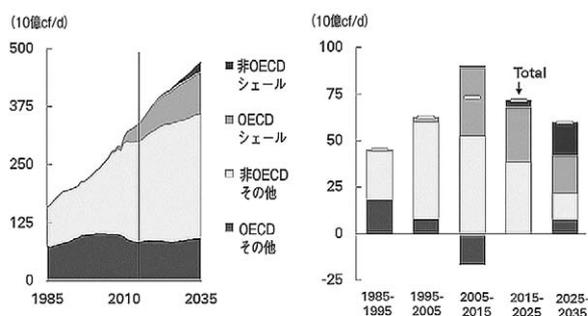
図5 地域別ガス生産見通し (IEA)

続いて、図6に示す大手石油企業BP社の長期見通しを用いて、由来・地域別のガス生産量見通しを概観する。そこでも、シェールガス生産は徐々に拡大するものの、その生産地域は、次のように変化していくと予測されている。

2005～2015年：ほとんどが北米

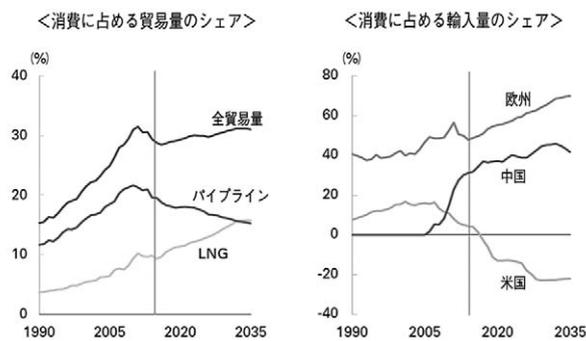
2015～2025年：北米生産が主体、その他地域の生産も増加を開始

2025～2035年：その他地域の生産（中国など）が増加して北米に迫る



(出所：BP Energy Outlook 2016)

図6 由来・地域別ガス生産見通し (BP)



(出所：BP Energy Outlook 2016)

図7 ガス輸出入の変化 (BP)

(3) 世界のガス輸出入の見通し

図7に「BP 長期見通し」によるガス輸出入推移を示す。

ガスは石油に比べて生産地域内の消費比率が高く、現在約70%が国内で消費され、国際取り引きされる比率は約30%である。そのうち約70%はパイプラインによる輸出入で、LNG比率は約30%である。今後はパイプライン比率が漸減、LNG比率が漸増し、2035年頃にはLNG取引量がパイプラインによる取引を凌駕すると想定されている。パイプラインによる主要なガス輸入地域は欧州と米国だが、米国はまもなくガス純輸出国へ転じてカナダからのパイプラインガス輸入量が減少することが、パイプラインガス取引減少の大きな要因である。

新たなLNGフローの観点では、新興供給地域としての北米、東アフリカの登場、新興輸入地域としての南米、中東の影響が大きくなると考えられる。

(4) 世界のガスの生産量と消費量 (2014年)

次に、図8に2014年の主要なガス生産国・地域、ガス消費国・地域の生産量および消費量を示す。

主要なガス生産国(米国、ロシア)は同時にガス大消費国であり、ガスは国内(域内)消費が中心であることがわかる。また、余剰ガス(ロシア、カタール、東南アジア)は輸出に回り、主な輸入地域は欧州、東アジアである。

国・地域別の天然ガス輸出入をパイプラインガス、LNGに分けて、図9に示す。

パイプラインガスとLNGの主要なフローは次のとおり。

- [パイプラインガス]

 - ロシア、ノルウェー、北アフリカ ⇒ 欧州
 - カナダ ⇒ 米国

[LNG]

 - カタール、豪州、東南アジア ⇒ 東アジア
 - カタール、西アフリカ、北アフリカ ⇒ 欧州

3. 今後のLNG供給と市場

本章では、日本がガス輸入を全面的に依存するLNGの需給変化に着目する。

(1) 世界のLNG輸出入の現況と見通し

図10に2014年の国別LNG輸出比率を示す。

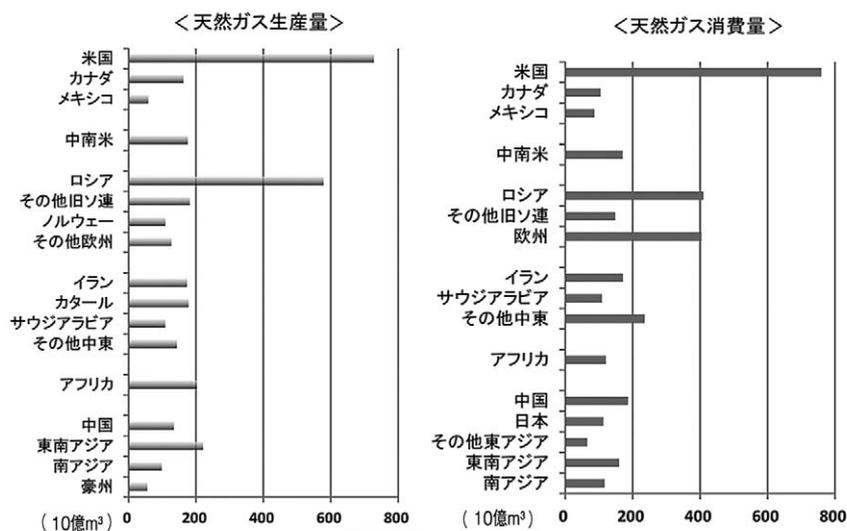


図8 主要なガス生産国・地域の生産量、主要なガス消費国・地域の消費量

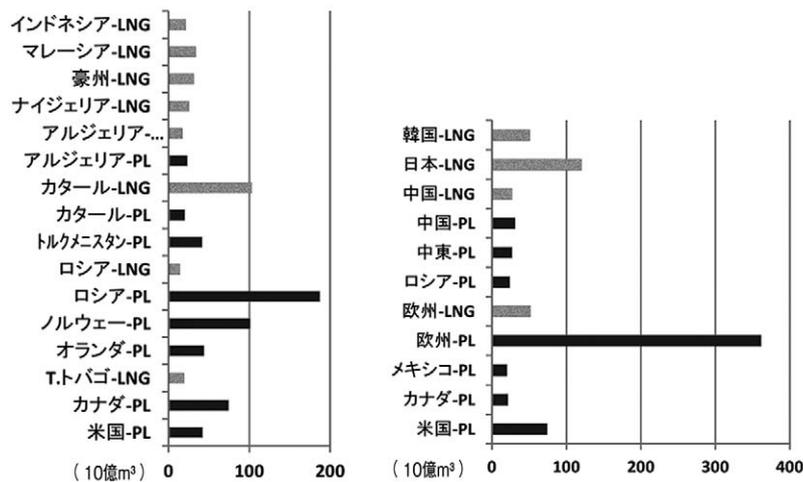


図9 由来・地域別ガス生産見通し (BP)

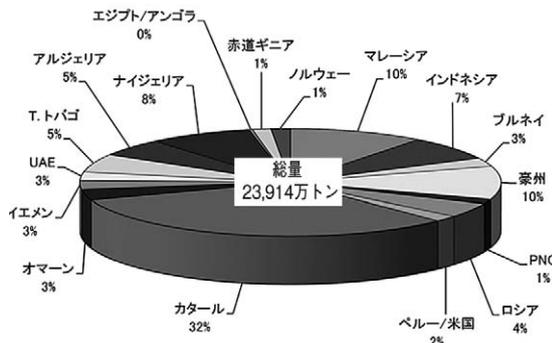


図10 世界のLNG輸出 (2014年)

カタールが世界シェア32%を占める最大のLNG輸出国であり、マレーシア、豪州が続く。一方、2015年～2019年に豪州、米国を軸に新規液化設備の操業開始が相次いでおり、LNG輸出環境は数年で様変わりする見通しである。

続いて、2014年の国別LNG輸入比率を図11に示す。アジア地域がLNG輸入の主体であり、アジアとしての輸入比率は75%、東アジア比率は67%であった。近年は主要LNG輸

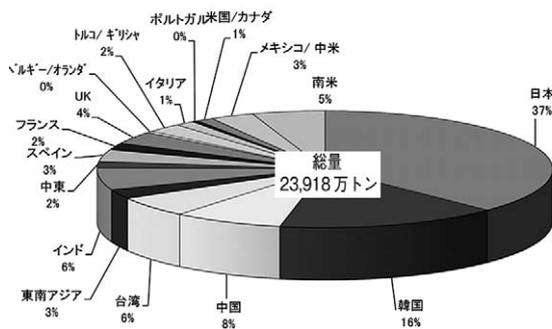


図11 世界のLNG輸入 (2014年)

入国・地域である日本 (2013年から横ばい) と欧州は輸入量が停滞または減少している。日本は原発代替需要の一巡、欧州は経済低迷、ガスが高価格であったことから石炭等へ転換したことがその要因である。

新興輸入地域としては南米 (ブラジル、チリ、アルゼンチン)、東南アジア (タイ、マレーシア、シンガポール、インドネシア) が増加しており、中東 (クウェート、ドバイ等) のLNG輸入も増加すると見られる。これまで主要なLNG輸出国であったマレーシア、インドネシアは、国内需要の増加とともにやがてLNG純輸入国に転換すると見られる。

次に、図12に新規液化設備稼働が続く豪州、米国の設備能力の状況をカタールと比較して示す。

カタールは2010年末に現在の液化能力7,700万体制を完成させた後に、モラトリアムを宣言して新たなガス田開発を凍結している。

豪州は2009年～2012年に相次いで新規LNG案件の投資決定を行い、2015年～2019年にかけて新規設備が順次操業を開始している。豪州の液化能力は2018年頃にカタールを凌駕して世界最大のLNG輸出国になる見通しである。

米国は、2016年1月にメキシコ湾岸で初めての液化設備が操業を開始したことを皮切りに今後新規操業が順次、2020年頃に豪州、カタールに次ぐ世界第3位のLNG輸出国になる見通しである。

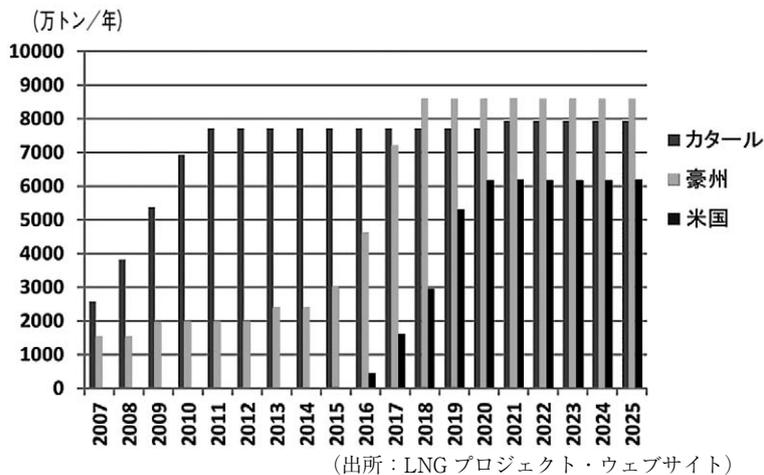


図12 カタール・豪州・米国の液化設備能力の推移

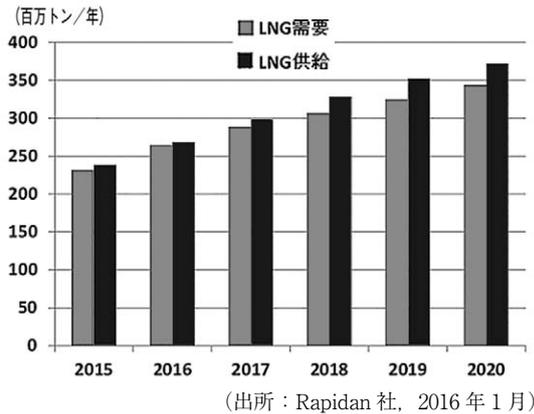


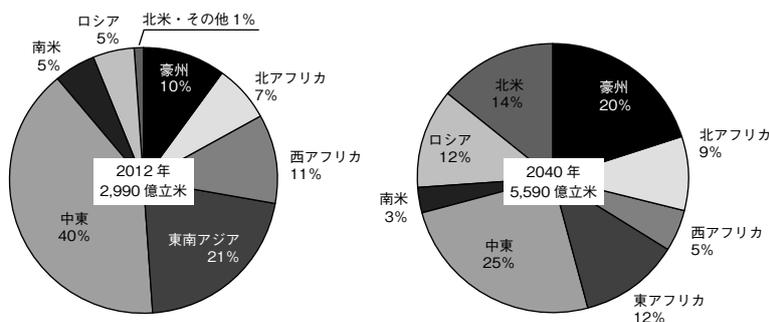
図13 世界のLNG中期需給見通し

続いて図13に、米国のエネルギー・コンサルタント会社Rapidan社による世界のLNG中期需給見通しを示す。

2020年代初め頃までの中期LNG需給は、豪州、米国、東アフリカ（モザンビーク）などの新規プロジェクト稼働により供給力が増加する一方、欧州、中国、日本など主要輸入国（地域）の需要回復の遅れにより、供給過剰状態になると見られる。この需給ギャップは、米国等の未契約の生産設備の操業調整で調整されることが考えられる。

LNG価格に関しては、市場価格を使う米国LNG登場とともに、欧州北西部で既に進展した市場価格での取引が、東アジアでも徐々に進むと考えられる。

図14に長期のLNG輸出地域の変化を示す。先述したように、LNG供給地域は様変わりする。2012年から2040年までの主要な変化は、次のとおりである。



(出所：IEA, World Energy Outlook 2014, 新政策シナリオ)

図14 LNG輸出地域の変化 (2012年⇒2040年)

- 輸出比率拡大
豪州(10%⇒20%),ロシア(5%⇒12%)
- 新規登場
北米(0⇒14%),東アフリカ(0⇒12%)
- 輸出比率縮小・消失
中東(40%⇒25%),東南アジア(21%⇒0%)

(2) 主要なLNG供給国の新規プロジェクト動向

① 豪州

豪州では、図15に示すように、2007年～2012年にかけて新規LNGプロジェクトの投資が決定され、LNG産業は活況を呈した。

これらの新規プロジェクトは、次のように順次操業を開始、または予定している。

2013年：Pluto

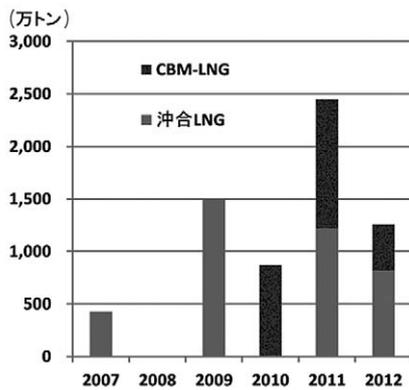
2015年：QCLNG, GLNG, APLNG

2016年：Gorgon

2017年：Prelude, Wheatstone, Ichthys

一方、2013年以降、豪州新規LNGをめぐる経済環境が悪化し、Arrow LNG (Shell/PetroChina社)、Browse (Woodside社)など多数の投資が凍結、あるいは中止されている。経済環境が悪化した要因は、豪州プロジェクトの高コスト体質、新興LNGプロジェクト(米国、東アフリカ)との競争激化、2014年～2015年の原油価格下落によるLNG事業採算悪化と事業者の新規投資削減などである。

豪州LNGプロジェクトは、東アジア市場志向が強い。同国最初のプロジェクトである北西大陸棚(NWS)LNGは、図16に示すように日本向けが中心であった。その後操業開始



年	沖合LNG	CBM-LNG
2007年	Pluto	
2008年		
2009年	Gorgon	
2010年		QCLNG
2011年	Prelude, Wheatstone	GLNG, APLNG-1
2012年	Ichthys	APLNG-2

(出所：各プロジェクト会社のウェブサイト)

図 15 豪州 LNG の投資決定

した日本向け専用の Darwin, Pluto LNG により、日本市場向けの特徴がさらに強まった。なお、NWS は中国初の広東省大鵬 LNG 基地 (2006 年操業開始) 向け入札を優遇価格提示によって落札し、豪州が 2011 年まで中国向けの最大 LNG 供給国であった (2012 年以降はカタールが中国向け最大供給国)。

また、豪州東部の石炭産地クイーンズランド州で実施される低カロリーの CBM-LNG プロジェクトには中国 (CNOOC 社, Sinopec 社), 韓国 (Kogas 社), マレーシア (Petronas 社) 等の企業が資本参加している。

② 米国

米国では、LNG 輸入不要が明らかになった 2009 年以降、メキシコ湾岸の LNG 輸入基地に

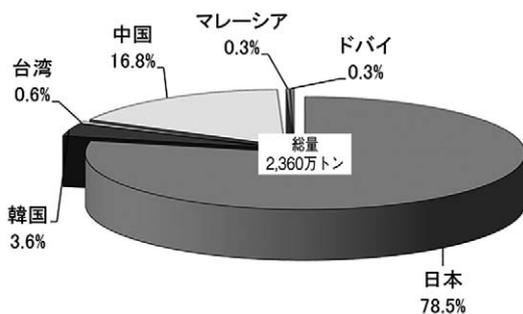


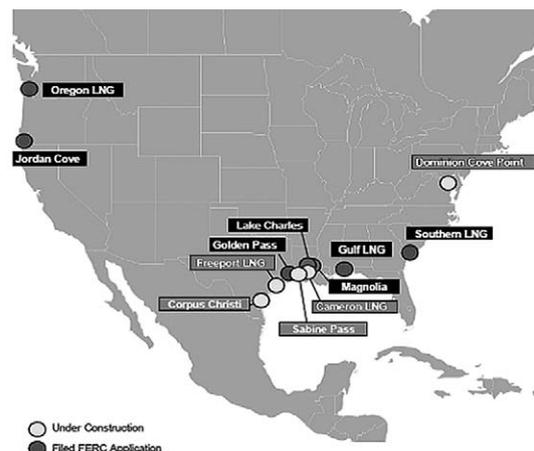
図 16 豪州の LNG 輸出先 (2014 年)

液化設備を増設して LNG 出荷基地に転用する計画が伸展した。既存の港湾設備、タンクを転用できるために追加投資を節減でき、短い開発期間で事業を実施できる。

米国は本来石油・ガスの輸出が禁止されていたが、政府は LNG 輸出が国内ガス需給にマイナスの影響を与えないことを確認してから順次輸出を認可し、合計 7 プロジェクト (9,400 万トン/年) が自由貿易協定の非締結国向けに輸出認可を得ている。

図 17 の中で、先行する Chiniere 社の Sabine Pass プロジェクトが、2016 年 1 月に操業を開始し、2 月 24 日に輸出第 1 船をブラジル向け出航させた。

Chiniere 社は 2011 年～2012 年に、英国 BG, スペイン GN, インド GAIL, 韓国 Kogas との売買契約を締結して第 1～2 フェーズの



(出所：Cheniere 社ウェブサイト)

図 17 米国の LNG 輸出プロジェクト

液化能力 1,800 万トン/年の大規模事業計画を作り上げ、2012 年第 1 四半期に投資決定を行った。その事業形態は次のとおりである。

- 南部 (テキサス, ルイジアナ州) ガス生産者から原料ガス購入 ⇒ 液化 ⇒ FOB で販売
- 販売者への固定タリフ: 2.28～3.0ドル/百万Btu (契約ごとに異なる)
- LNG の東アジア到着コスト (Kogas 輸入ケース, HH 価格 = 2.5ドル/百万Btu と仮定):
 ガスコスト (2.5ドル/百万Btu × 115%) + 固定タリフ (3ドル/百万Btu) + LNG 船輸送 (3ドル/百万Btu) = 8.9ドル/百万Btu

- 伝統的なLNGプロジェクトと異なり,仕向け地条項がない→LNG転売が可能
- LNG取引条件は柔軟(Kogasの場合,事前通知することで該当月引取りキャンセル可能)

米国 LNG プロジェクトの特徴として, 事業者の多くが中小ガストレーダーで, 財務基盤が弱く, LNG 事業経験がないこと。また, 大手石油企業が実施するガス田開発から LNG 販売までの一環操業の伝統的な LNG プロジェクトと異なり, 固定タリフのガス液化事業, または施設使用サービス提供事業となっていることが挙げられる。

米国の原油とガスの市場価格は, 2009 年以降ほとんど相関しておらず, 図 18 に示すように乖離幅が大きい。これは米国が石油とガスの生産国で供給量が豊富であり, 石油とガスの用途の違いが鮮明化したことが理由になっている。米国では 2009 年以降シェールガス生産が好調でガス供給が潤沢である。

石油とガスの用途の違いは, 石油が輸送用エネルギーに特化しているのに対し, ガスは火力発電などの燃料一般と認識され, むしろ石炭と用途が重なることである。

日本の LNG 購入者は, 米国ガス市場価格が日本の購入する LNG 価格に比べて割安であり(2015 年末からの原油価格下落以前), 転売可能など取引条件が柔軟であることから, 米国産 LNG への関心が強い。表 1 に示す輸入契約が調印されている。

③ その他

豪州, 米国以外にも多くの新規 LNG プロジェクトが計画されてきたが, その多くは原油価格下落に伴う石油会社の投資削減により停滞気味である。主なプロジェクトと地域は, 次のとおりである。

- 東アフリカ:2000年代後半に大規模沖合ガス田発見
▷モザンビークLNG (Anadarko,三井物産が参加)
→2022年頃稼働開始か
▷モザンビークFLNG (ENI)
- カナダ:米国向けガス輸出の減少→ アジア市場向け LNG輸出を考案→ 2022年以降LNG輸出か
▷LNG Canada (Shell,三菱等), Kitimat LNG (Chevron), Pacific North West LNG (Petronas) 等多数
- ロシア極地
- 新アラスカLNG

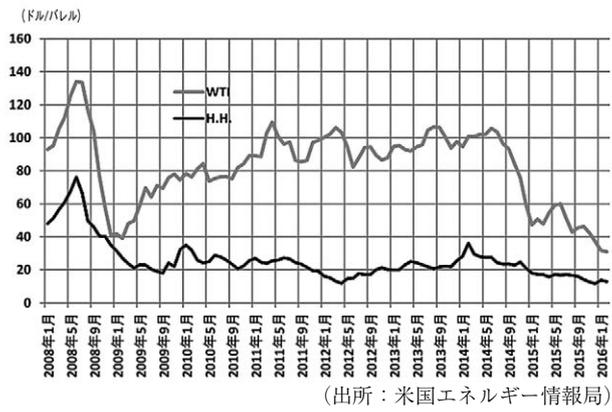


図 18 米国原油 (WTI), ガス (HH) 市場価格推移

表 1 日本企業の米国 LNG 輸入計画

プロジェクト	州	液化事業者	液化能力 (万トン/年)	供給開始 (予定)	LNG輸入者	輸入数量 (万トン/年)
Cameron	ルイジアナ	Sempra	1,200	2018	三菱商事 三井物産	800
Freeport	テキサス	Freeport LNG	1,320	2018 2019	中部電力 大阪ガス 東芝	440 220
Cove Point	メリーランド	Dominion	550	2018	東京ガス 住友商事	230
合計						1,690

(出所: 各社ウェブサイト)

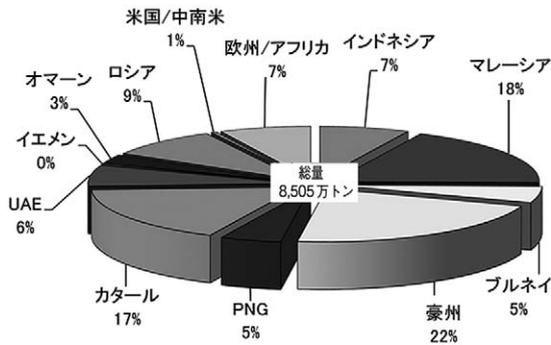
4. 日本の LNG 調達

(1) LNG 調達の現状

日本の LNG 輸入数量は、2011 年 3 月の福島原発事故発生前は 7,000 万トン/年の水準であった。福島原発事故後の原発停止に伴って LNG に代替需要が発生し、2011 年 4 月以降の発電用 LNG 消費量が増加した。2012 年～2015 年の LNG 輸入数量は 8,500～8,800 万トン/年であった。

日本の国別 LNG 輸入比率（2015 年）を図 19 に示す。

日本の LNG 輸入は、長期にわたって東南アジアからの輸入が中心であった。インドネシアが最大供給国だったが、国内ガス需要増加に伴って 2008 年以降の輸入数量が削減された。豪州 NWS LNG 操業開始後、豪州が東南アジ



(出所：財務省、貿易統計)

図 19 日本の国別 LNG 輸入比率 (2015 年)

アに次ぐ供給地域となった。2007 年～2012 年の豪州新規 LNG の投資決定実施時には、多くの案件が日本の購入者と売買契約を締結し（特に沖合 LNG）、2013 年の Pluto LNG 操業開始以降、豪州が日本向けの最大 LNG 供給国になった（2015 年の豪州比率は 22%）。今後 Gorgon, Ichthys などの新規大型案件立上げに伴い、豪州比率はさらに高まる見通しである。

なお、2011 年福島原発事故後の LNG 代替需要発生に伴って東京、中部、関西電力が 2012 年にカタールとの長期契約量を増加し、同国は 2015 年で日本への第 3 の LNG 供給国である。

日本の LNG 調達の目標は、次のように特徴付けられる。

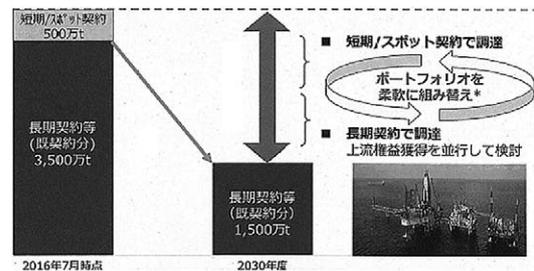
- 安定調達:一定比率を長期契約
- 調達先・調達方法の多様化:東南アジア・オセアニア比率が高いものの(57%,2015年),原油(中東比率80%以上)に比べて調達先は多様化している
- 日本企業によるプロジェクト推進:次の実績により,ある程度実現している
 - ▷三菱商事:インドネシアードンギ・スノロ
 - ▷INPEX:豪州-イクシス、インドネシアアバディ
- ガス田・LNG事業権益の取得
 - ▷電力・ガス会社の事業参加が進展(1~8%,アジア・オセアニア中心)
- 輸入価格の引き下げ:次の努力がなされている
 - ▷ガス市場価格連動LNGの購入
 - ▷ポートフォリオ契約締結(中部電力・関西電力-BP)
 - ▷米国産LNGの購入契約締結
 - ▷スポット購入比率拡大

(2) 今後の LNG 調達の展望

本項では、LNG 調達多様化の観点から、JERA（東京電力(株)・中部電力(株)の火力発電・燃料調達の共同事業会社）の取り組みと世界的に進展する LNG の低カロリー化への取り組みを紹介する。

① JERA 燃料調達計画

図 20 に JERA が 2016 年 2 月に発表した「LNG 最適ポートフォリオ形成イメージ」を記す。

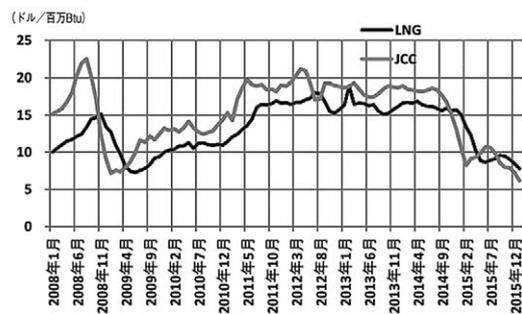


(出所：JERA 事業計画、2016 年 2 月 10 日)

図 20 JERA の LNG 最適ポートフォリオ形成イメージ

JERA は東京電力と中部電力が消費する LNG を一括購入することで、年間 LNG 購入数量約 4,000 万トンとなり、韓国 Kogas 社を凌ぐ世界最大の LNG 購入者となる。同社の「LNG 最適ポートフォリオ形成」に示される構想は次のとおりである。

- 上流投資案件:倍増して12件とする。
 - ▷現資産:豪州Wheatstone LNG他
- 燃料消費方針:
 - ▷LNG:2016年消費規模(4,000万トン)を上限
2030年のLNG調達数量=3,000~4,000万トン
 - ▷石炭:2016年消費規模を下限
- 2030年に向けてLNGの最適ポートフォリオ構築
 - ▷既存の長期契約量 → 2030年には半減へ
 - ▷新規契約
 - 短期スポット契約
 - 上流資産(ガス田)権益獲得に係る長期契約



(出所:財務省, 貿易統計)

図 21 日本の原油と LNG の輸入価格推移

② 低カロリー（軽質）LNG 調達への取り組み
日本は 1970 年代初期に高カロリーのブルネイ LNG を基に国内ガス性状を定め、以降東南アジア、豪州から高カロリーの LNG を調達してきた。しかし、世界的には高カロリー LNG 供給は少数派であり、新規 LNG プロジェクトは豪州沖合 LNG を除くほとんどが低カロリーである。日本の LNG 購入者は低カロリーのアラスカ LNG、カタールの新規契約、スポット・短期契約のトリニダード・トバゴ LNG などの消費を通じて、低カロリー LNG 消費への対処を実施してきた。今後、調達を予定する米国 LNG を含む低カロリー LNG 消費量増加に備え、その対処が次のように進められている。

- LNG消費量の多い大手電力(東電・中電・関電):
低カロリーLNG受入・消費の対策進展中
 - ⇒低カロリーLNG 消費拡大・新規長期契約締結
 - ▷東京電力:「軽質LNG年間1,000万トン調達に向けた戦略」(2013年2月発表)
 - ▷(背景)福島原発事故後、電力のLNG消費量増加、LNG調達コスト削減への圧力
 - ▷韓国Kogas等、他の東アジアLNG買主も低カロリーLNGに対処済・対処中

上限・下限を設定)条件を使う契約もあり、LNG 価格は原油価格に較べてなだらかに推移する。LNG 輸入価格は、原油価格の下落に伴って 2015 年 2 月以降急落し、2016 年 1 月の平均 LNG 輸入価格は 7.79 ドル/百万 Btu であった。
次に、2020 年までの日本の LNG 輸入価格を、長期契約（原油価格を指標）と米国産 LNG（市場ガス価格 HH 使用）に分けて想定した結果を図 22 に示す。また、これは以下の前提を使った当研究所による試算である。

- (前提)
 - 2020年末原油価格80ドル/バレル(IEA中期見通し)
 - 米国産LNGの日本到着価格は,Cheniere社Sabine Pass LNG方式を適用
 - 2020年米国HH価格3.6ドル/百万Btu (EIA AEO2014)

(3) 日本の LNG 価格体系と輸入価格

日本のガス調達はほぼ 100% を LNG 輸入に依存しているため、安定調達の観点から長期契約比率が高い。2015 年では 85 ~ 90% 程度が原油輸入価格 (JCC, 通関原油価格) を指標とする長期契約に基づく輸入と見られる。図 21 に日本の原油と LNG の輸入価格推移を示す。

LNG 輸入契約は価格指標に過去 3 ~ 6 カ月の JCC 平均価格を用いる。したがって、LNG 輸入価格は約 3 ~ 4 カ月前の原油価格の後追いとなる。また、Sカーブ（指標原油価格に

原油価格は 2015 年 12 月以降更に下落し、日本の 2016 年 1 月の原油輸入通関価格は 37 ドル/バレル (6.2 ドル/百万 Btu)、LNG 輸入価格は 7.79 ドル/百万 Btu であった。1 月の米国 HH ガススポット価格は 2.28 ドル/百万 Btu であり、同月の米国産 LNG の東アジア到着コストを Sabine Pass LNG 方式を用いて試算すると、8.62 ドル/百万 Btu となる。2015 年第 4 四半期以降の原油価格下落幅が大きかったため、2016 年 1 月の日本の LNG 輸入実績価格は既に米国産 LNG 到着試算価格を下回る水準にまで下落した。

日本企業の米国産 LNG 輸入は 2017 年から徐々に開始すると見られる。上記の原油価格・米国ガス価格の前提を使うと、原油価格下落

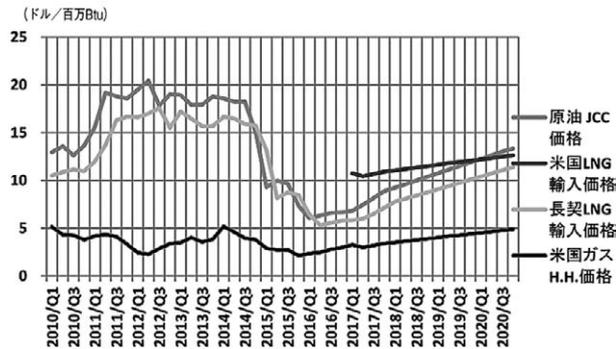


図 22 日本の LNG の輸入価格予測

幅が大きいため、同価格に連動する長期契約 LNG 輸入価格は 2020 年頃まで米国産 LNG 輸入価格を下回ることになる。ちなみに、原油 70 ドル/バレル、HH ガス価格 4 ドル/百万 Btu の前提で、長期契約 LNG、米国 LNG 価格はほぼ等価になると試算される。

今後、東アジアの長期契約 LNG 価格体系には、市場価格を併せて組み込むハイブリッド化が徐々に進展すると考えられるが、なお原油価格を指標とする長期契約の比率が高いと見込まれる。

(4) 日本の LNG 輸入に係わる変化

図 23 に 2015 年から 2020 年までの日本の LNG 調達先の変化を示す。なお、図 23 の前提は以下のとおり。

- (前提)
- 日本の2020年LNG需要は2015年実績(8,500万トン、原発再稼働を開始)と同規模
 - 2020年の豪州,カタール,米国からのLNG輸入数量は売買契約締結ベース

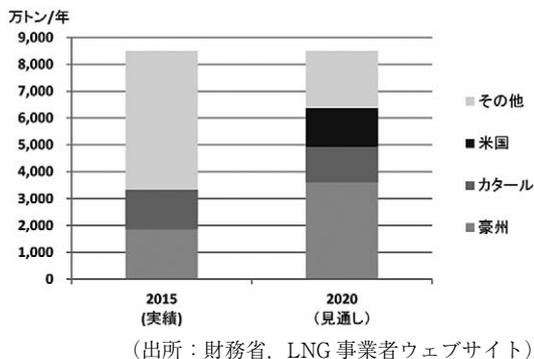


図 23 日本の LNG 調達先の変化 (2015 年～2020 年)

日本の 2015 年の LNG 輸入相手先は、豪州が最大（全体の 22%）、続いてマレーシア（18%）、カタール（17%）であった。日本 LNG 購入者は 2010 年～2012 年にかけて、豪州新規 LNG プロジェクトとの売買契約を締結しており（Gorgon, Wheatstone, Ichthys, QCLNG 等のプロジェクト）、これらプロジェクトの操業開始に伴って豪州比率はさらに上昇し、2020 年に 44% に達すると予測される。2011 年東電福島原発事故後の LNG 需要増加に伴い、カタールが中部電力、関西電力、東京電力の供給増加要請に応じて新たに売買契約を締結していることから、2020 年のカタール比率は 15% 程度を占めると見られる。また日本の LNG 購入者は仕向け地条項がない米国産 LNG の柔軟な契約条件への関心が強く、長期的な調達コスト削減、LNG 購入条件の柔軟化を目的に、米国産 LNG 購入の意欲が高い。2020 年の米国産 LNG 購入比率は、豪州に次ぐ 17% 程度に達する可能性がある。

長期契約が主体であった日本の LNG 輸入形態に、次のような変化が徐々に生じると考えられる。

- 2015年（実績）
 - ▷85～90%：原油価格を指標とする長期契約
 - ▷市場ガス価格（米国HH）を使うポートフォリオ契約の登場
 - －中部電力、関西電力がBPと締結（BPの複数プロジェクトから輸入）
- 2020年頃（予測）
 - ▷60～70%：原油価格を指標とする長期契約；豪州、中東、ロシア
 - －指標に原油と併せて市場ガス価格を使うハイブリッド型も進展

- ▷15～20%：米国 LNG 輸入開始（2017年頃）
- 価格指標：米国 HH のガススポット価格
- ▷10%程度：ポートフォリオ契約
- 価格指標：米国 HH 等のガススポット価格

(5) 日本のガス市場の将来像の考察（欧州大陸市場との比較を通じて）

欧州大陸のガス価格は、2000年代前半まで、日本を含む東アジアと同様に石油価格または製品価格を指標とする長期契約体系であった。主な供給者は、ロシア Gazprom 社、ノルウェー Statoil 社、アルジェリア Sonatrach 社、オランダ GasTerra 社である。しかし、欧州北西部ではこの10年間でガスの市場価格化が進展し、現在はほぼ英国と同様の水準の市場価格でガスの取引が行われている。この動きは、ガス購入側の要求をロシア Gazprom 社など大手供給者が徐々に受け入れることで実現した。日本の LNG 調達の市場価格化も同様に進展することが考えられる。しかし、日本と欧州北西部とでは、市場環境が異なる。

まず、欧州大陸の西部と東部で異なるガス調達状況を概観する。旧東欧のガス輸入国は、1991年までガス調達をソ連に頼っていた。これらの国々は欧州連合（EU）加盟後、ガス調達の多様化を図っているものの、理的条件からなお Gazprom 社への依存度が高い。例えば、BP 統計によると、ポーランドは2014年ガス

消費の74%を Gazprom 社からの輸入に依存している。同様に、チェコ62%、スロバキア100%、ハンガリー64%となっている。

表2に、欧州大陸西部と東部のガス市場の違いをまとめる。

欧州大陸西部では、なお有力なガス生産国オランダを始めとして相対的に域内生産量が多く、輸入方法も LNG 輸入、パイプラインガス輸入（Gazprom 社、Statoil 社、Sonatrach 社）と多様化している。ベルギーのゼーブルージュと英国を接続するガスパイプラインを通じて英国の市場価格が容易に導入される。このようにガス調達手段が多様化していたため、ガス購入側が供給側に価格を交渉する際の交渉力が相対的に強く、供給側は徐々に市場価格を受け入れざるを得なかった。欧州大陸北西部のガス市場価格化は、主要生産国のオランダ、英国とのパイプラインを持つベルギーを擁するベネルックス3国から始まっている。

一方、欧州大陸東部では、ガス調達に際してなお Gazprom 社への依存度が高い。結果的に Gazprom 社が求める石油価格連動の価格体系を受けざるを得ない状況にあり、ガス取引市場の進展は鈍い。

日本のガス調達環境は、欧州大陸西部ではなく、東部に類似している。表3に、欧州大陸西部と日本のガス調達・市場の違いをまとめる。

表2 欧州大陸西部と東部のガス市場の違い

地域	欧州西部	欧州東部
対象国	ベルギー、オランダ、ドイツ、フランス、イタリア	ポーランド、チェコ、スロバキア、ハンガリー
ガス調達	調達方法・輸入先が多様化→ロシア依存度が低い	ロシア（Gazprom）依存度が高い
ガス市場	英国NBPIに準じる価格水準のガス取引市場が発達	ガス取引市場は未発達
ガス価格	多くが市場価格体制	LNG輸入：原油価格リンク体系が主体

表3 欧州大陸西部と日本のガス調達・市場の違い

地域	欧州西部	東アジア
対象国	ベルギー、オランダ、ドイツ、フランス、イタリア	日本
ガス調達	多様化：域内生産 PL輸入（ロシア、ノルウェー、アルジェリア） LNG輸入（カタール、北・西アフリカ）	LNG輸入（豪州、カタール、東南アジア、ロシア）に依存
ガス市場	英国NBPIに準じる価格水準のガス取引市場が発達	日本のガス市場自由化（2017年度～） 東アジアLNG取引市場始動
ガス価格	多くが市場価格体制	LNG輸入：原油価格リンク体系が主体

欧州大陸西部と日本のガス調達との違いは、前者の調達方法が多様化していることに対して、日本は国内生産がわずかでパイプライン輸入もなく、LNG 輸入に依存せざるをえないことである。交渉材料が少ないため、供給側との交渉力は限定されてくる。

日本のこれからの LNG 調達は、既に複数の購入者が検討しているように、「多様な LNG ポートフォリオ構築」が模索されると見られる。伝統的な長期契約に使われる価格指標にも、市場ガス価格要素が導入されていくと考えられる。しかし、長期契約にはなお高い比率が維持されることから、LNG 価格には原油価格の影響度ある程度強く残ると推定される。

米国、英国でガス市場取引が発達した理由には、ガス需要家の集積とともに、国内のガス生産量が豊富だったことから多くのガス供給者が市場に参入し、供給が多様であったことが大きい。

日本では 2017 年から家庭向けガス市場自由化が開始され、新たな市場の展開が考えられる。しかし、ガス調達が LNG に限定され、欧州大陸北西部のような多様な調達形態が望めないことから、ガス市場取引の進展にも限度が生じると考えられる。

5. おわりに

将来のエネルギー供給では、再生可能エネルギーが増大するものの全体に占める比率はまだ低い。2035 年～2040 年時点でなお化石エネルギーが全体の 75～80% を供給すると予想されている。化石エネルギーの中では石油、石炭の供給比率が下がるのに対して、ガスは環境に対する負荷が小さいことなどを理由に供給比率を上げると見られている。世界のガス供給では、現時点でパイプラインによる供給比率が高いが、LNG 比率が徐々に上昇し、2035 年頃には輸出入量でパイプラインに並ぶと考えられる。

日本のガス調達方法は、100% 近くを LNG

輸入に依存しているため、国際 LNG 市場から受ける影響が大きい。現在カタールが世界最大の LNG 輸出国だが、今後数年で新規供給を大きく増やす豪州が、2018 年頃にカタールに代わって最大 LNG 輸出国となり、2020 年頃までには米国が豪州、カタールに続く第 3 の LNG 輸出国になると予想される。日本は、豪州との LNG 購入契約量が多く、2015 年で 22% だった豪州比率は、2020 年には 42% 程度まで上昇すると考えられる。一方で、日本の LNG 購入者には仕向け地条項のない米国産 LNG への関心が高く、米国からの LNG 輸入も増加する。

日本市場では電力に続き、ガス市場自由化も予定されており、LNG 調達方法の多様化と共にガス市場価格導入への期待が高い。この点で、2000 年代以降ガス価格自由化が進展した欧州大陸北西部が 1 つの先行事例となる。しかし、ガス調達を LNG 輸入に依存する日本は、欧州北西部ほどにはガス調達方法多様化が望めず、ガス市場価格導入にもある程度の限界が生じると考えられる。

平成 28 年度 事業計画

(一財) エネルギー総合工学研究所

1. 基本的な考え方

当研究所は、わが国のエネルギー工学分野の中心的な調査研究機関として、産・学・官のエネルギー技術に関する専門的な知見・経験を相互に結び付け、「総合工学」の視点に立脚して調査、研究、評価、成果の普及等に努めてきた。技術は、わが国が国際社会で優位性を維持・向上する上で不可欠な資産であり、将来のリスクに対応し得る強靱なエネルギー戦略の構築・実現に貢献するものである。

当研究所は、今後とも「エネルギーの未来を拓くのは技術である」との認識の下、俯瞰的、長期的な視座をもって、エネルギー技術に関する調査、研究、評価、成果の普及等に取り組んでいく。

2. 最近の情勢

世界のエネルギー情勢は、再生可能エネルギーの導入促進やシェールガス等の非在来型化石資源の台頭、欧米の景気回復や中国を始めとするアジア新興国経済の減速、昨年 12 月の石油輸出国機構（OPEC）総会における新たな生産目標の見送り等を受けた原油価格の低迷、新興国におけるエネルギー需要の拡大、電力市場の自由化、国際的な政治動向等と相まって、急激に変化している。これらに加え、昨年末に開催された国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議（COP21）において、2020 年以降の温室効果ガス排出削減の新たな法的枠組みである「パリ協定」が採択され、世界が協調して地球環境問題に取り組むこととなった。エネルギー技術立国を目指すわが国とし

ては、これらの諸課題に的確に対応していくことが求められている。

平成 23 年 3 月、東日本大震災に伴い発生した東京電力福島第一原子力発電所事故（以下「福島第一事故」という。）は、放射性物質による周辺環境の汚染という事態を引き起こし、多くの地元の方々に多大な影響をもたらした。現在、福島復興に向けた取組や、事故炉の廃炉・汚染水対策が着実に進められている。また、原子力発電所の停止に伴う火力発電の焚き増し等により、温室効果ガス排出量の増加に加え、燃料調達コストの増加などによる社会経済や国民生活への影響が生じている。このような中、福島第一事故後、九州電力川内原子力発電所及び関西電力高浜発電所の運転が再開されるとともに、四国電力伊方発電所 3 号機の新規制基準への適合が確認され、引き続き再稼働へ向けた手続きが進められているところである。この他の適合確認申請中の原子力発電所についても、所要の法令上の手続き等を経て再稼働が進められることが期待されている。

また、徹底した省エネルギーの推進、再生可能エネルギーの最大限の導入、火力発電の効率化等を進めつつ原発依存度を可能な限り低減するとのエネルギー基本計画の方針に基づき、昨年 7 月、2030 年度の電源構成として再生可能エネルギー 22～24%、原子力 22～20% とすることなどを内容とする長期エネルギー需給見通し、いわゆるエネルギーミックスが決定された。今後、このエネルギーミックスの実現に向け、エネルギー源ごとの状況や特徴に応じた取組が進められることとなる。エネルギーの供給面では太陽光発電や風力発

電などの再生可能エネルギーの導入が進む中、大量導入時の系統運用に係る技術開発、需要面ではエネルギー利用のスマート化を目指したスマートグリッドやエネルギーマネジメントシステム等に関する技術開発のほか、世界でもトップクラスにある省エネルギーに係る技術開発や、燃料電池自動車等の次世代自動車に関する研究開発が進められている。加えて、エネルギーの貯蔵・輸送・最終利用媒体として、水素が大きな注目を集めつつある。

また、電力の安定供給確保や需要家の選択肢の拡大等を目的に小売及び発電の全面自由化等に向けた電力システム改革が進展しており、本年4月には、電力の小売全面自由化が実施される運びとなっている。さらに、その最終段階である送配電部門の法的分離及び小売料金の全面自由化とあわせ、エネルギー市場の一体的な制度改革を目指し、都市ガスの小売全面自由化等も盛り込んだ法案が昨年6月に成立したところである。

地球環境問題については、前述のパリ協定において、産業革命前からの世界平均温度上昇を 2°C とすることを目指し、世界各国が温室効果ガス削減目標を提出し、その実行を図る基本的な枠組みが整備された。なお、わが国の2020年度の CO_2 削減目標については、2013年度比26%減とすることが昨年決定されている。

3. 平成28年度の事業

(1) エネルギー技術の俯瞰的評価

このような状況の下、当研究所は、エネルギーを取り巻く種々の問題の解決に向けて技術の可能性と重要性を認識し、将来のエネルギー需給のあり方についてエネルギー技術の観点から調査・分析を行ってきている。今後も、中立的な立場から、広範なエネルギー技術分野を俯瞰し、エネルギー技術に係る知見の最新化や昨今の内外情勢を踏まえたエネルギー技術開発のあり方について調査、研究及び評価を行い、今後のエ

ネルギーの安定供給確保や地球環境問題の解決に向けたエネルギービジョンや様々な提言を発信し、国民経済の発展に貢献していく。

(2) エネルギーシステムや幅広いエネルギー技術分野での取り組み

平成28年度においては、当研究所の地球環境統合評価モデル（GRAPE）等の機能強化を図るとともに、同モデルを用いたエネルギーシステムに関する分析を行う。また、原子力、バイオマス・太陽熱・水素等の新エネルギー、次世代高効率火力発電、クリーンコールテクノロジー（CCT）、 CO_2 回収・貯留（CCS）等を中心とする化石燃料の利用や次世代電力システムに係る最新技術の国内外における調査研究に加え、地熱バイナリー発電技術やケミカルルーピング燃焼等の技術開発にも取り組んでいくこととする。さらに、再生可能エネルギーの一層の導入の観点から、蓄エネルギー技術を用いた出力変動制御など、再生可能エネルギー大量導入時における対策技術に関する研究を行うこととする。

(3) 原子力に関する取り組み

東日本大震災を契機に、安全は国民が広く希求する普遍的な価値として一層重視されてきている。当研究所としても、福島第一事故のような過酷事故（シビアアクシデント）発生時の原子炉内の挙動解析を適確に行うSAMPSONコードの解析能力の飛躍的な向上を目指すとともに、同コードを活用した福島第一原子力発電所の炉内及び原子炉格納容器内の状況把握並びに国際プロジェクトの下での検証と情報共有を図るほか、シビアアクシデント時の安全系の機能に関する日米共同研究事業の本格的な取組を進める。また、安全規制の在り方に関する調査研究を進めるほか、軽水炉技術開発事業に関しては、既設の軽水炉の安全向上に有効な技術課題に取り組んでいくとともに、国内外の動向を踏まえ新型軽水炉、核燃料サイクル、軽水炉廃止措置、放射性廃棄物処理・処分等に係る技術課題についても調査研究を行うこととする。

(4) エネルギー需要に関する取り組み

エネルギー需要面においても、技術の進展は目覚ましいものがあり、社会的な要請も大きくなってきている。この分野での省エネルギー、スマート化や自動車に関する技術課題の調査研究を行う。また、平成23年6月に発行されたISO50001（エネルギーマネジメントシステム）や昨年改定版が発行されたISO14001（環境マネジメントシステム）及びISO9001（品質マネジメントシステム）の普及促進を進める。

(5) 標準化に関する取り組み

標準化は、多くの技術について、その将来の開発や普及に大きな役割を果たしている。当研究所としても、エネルギーマネジメント、CCSや太陽熱利用等に係る国際標準化機構（ISO）や国際電気標準会議（IEC）での国際標準化に貢献していくこととする。

(6) エネルギー情報の共有支援

次世代電力ネットワーク、原子炉廃止措置、化学プラントの設備管理、太陽熱等の重要な技術分野について、関係企業や大学等の専門家による研究会や委員会を設置し、当該技術に関する調査、研究を行う。

(7) 情報発信

当研究所における上記の研究成果を国民や関係機関等に情報発信するとともに、エネルギー技術に係る重要なテーマに関し、産・学・官の連携、国際的な広がりを図りつつ、適宜、シンポジウムやセミナー等を開催し、エネルギー技術開発のあり方について提言を行う。また、最新の技術に関する「情報」と「評価」を、賛助会員企業をはじめとする関係各位に提供するため、エネルギー技術情報プラットフォームの更新・改良を進めていくこととする。

4. 事業を進めるにあたって

当研究所を巡る経営環境には依然として厳し

いものがあり、事業収支の改善に向けて一層の収益の確保と業務運営全般に亘るコストダウン等により、健全な事業経営の維持に努める。このため、積極的に企画提案等を行い、これまで蓄積してきた知見を生かし、質の高い調査研究を行うとともに、役職員一同経営の効率化に向けて努力する。

その際、以下の点に留意する。

- ① 国の政策、市場ニーズ、社会の受容性など、技術と社会との係わりを考慮して、学際的な調査研究の実施、異分野の調査研究や海外の研究機関との連携等による総合的なアプローチを進める。
- ② コンプライアンス体制の強化が不可欠であり、当研究所の事業に係る協力企業や外注先企業も含め、行動規範等の徹底を図る。また、一般財団法人としての内部統治（ガバナンス）及び会計・税務面における責務を自らが責任を持って遂行するために、外部監査及び内部監査の充実を図るとともに、規程、マニュアル等の整備を進める。
- ③ 調査研究成果等の適切な普及、さらには賛助会員各社をはじめとするステークホルダーへの理解促進を図り、当研究所の評価向上に努める。

5. 各エネルギー分野における調査研究等のテーマ

(1) エネルギー技術全般

(ア) エネルギー技術開発戦略に関する調査研究

昨年、エネルギーミックスを盛り込んだ「長期エネルギー需給見通し」が政府より発表され、また、パリで開催されたCOP21を受けて、CO₂の削減が喫緊の課題となっている。内閣府が主催する「総合科学技術・イノベーション会議」では新たにエネルギー・環境イノベーション戦略策定ワーキンググループが設置され、伊勢志摩サミットに向けてエネルギー・環境イノベーション戦略の策定が進められており、中長期的

に見て大幅な CO₂ 削減に寄与するイノベーションが求められている。

エネルギーの安定供給・セキュリティ、環境保護、経済性、安全性など様々な要因を考慮しつつ、わが国の将来を中長期的な観点から見据えた、革新的なエネルギー技術戦略策定に関する調査研究、及び国際的動向を踏まえた、新しいエネルギー・環境技術の広範な調査を行う。

(イ) 地球規模でのエネルギーシステムに関する調査研究

途上国・地域の経済発展を主要な要因として、世界全体の温室効果ガス排出量は増加を続けている。COP21 において、2020 年以降の温室効果ガス削減枠組であるパリ協定が合意され、産業革命前からの世界平均温度上昇を 2°C とする目標に向けて、各国は自主的な削減の取り組みについて報告し、相互にレビューを行うことを基本とした仕組みが整備された。

平成 28 年度においては、当研究所が運用する、地球環境システム分析に最適な評価ツールであり、原子力、新エネルギー、化石燃料、水素の各分野におけるエネルギーシステム分析にも活用されている GRAPE モデルに、気候工学や適応評価機能等を追加し、利用対象の拡大や利便性の向上を図るとともに、関連するデータベースの作成を行う。また、同モデルを活用して、当研究所が実施する各種の調査研究プロジェクトにおいて、地球環境の観点からの評価研究を実施する。日本の長期エネルギー需給を詳細分析するツールである TIMES-Japan の機能も併せて強化する。

- ① GRAPE モデル及び日本評価モデル (TIMES-Japan) の機能強化に関する調査研究
- ② 気候工学に関する情報収集整理に関する調査研究

(2) 新エネルギー・電力システム関連

太陽、風力、地熱、バイオマス等の再生可能エネルギー発電の開発利用をより推進する必要性が、東日本大震災後一層指摘され、平成 24

年 7 月からは再生可能エネルギーの固定価格買取制度が開始され、また平成 28 年 4 月からは電力システム改革の第 2 段階として小売全面自由化がスタートする。小売電気事業者の登録数は約 200 件 (平成 28 年 2 月現在) となり、再生可能エネルギーを中心に販売を行う事業者も登録されている。再生可能エネルギーが大量に導入された場合、電圧や周波数への影響や余剰電力の発生が懸念され、それに対応するため電力貯蔵を含む様々な調整装置やバックアップ電源の適切な配置と運用が必要となる。また、再生可能エネルギー電源の出力抑制や需要側機器の制御による電力需給調整への貢献も検討の対象となる。スマートグリッドは、分散型電源の導入拡大等に対応して電力の安定的かつ効率的な供給を可能とする技術として期待されているが、わが国のエネルギー・電力事情に適切に対応したシステムとなるよう技術開発を推進することが必要である。

平成 28 年度においては、次世代の電力ネットワークのあり方、蓄エネルギーによる出力変動制御など電力システムの柔軟性向上技術、電気保安、デマンドレスポンス、エネルギーマネジメントシステム等について調査研究を行う。また、再生可能エネルギーについては、バイオマス利用技術や地熱バイナリー発電、集光型太陽熱発電 (CSP) 等に関し調査研究を行う。産業部門では、省エネルギーに資する機器高効率化技術の調査研究や国際協力を行う。また、運輸部門では、次世代自動車の導入シナリオ等について調査研究を行う。

(ア) スマートグリッドに関する調査研究

- ① 次世代電力ネットワークに関する調査研究
- ② 再生可能エネルギー発電の電力システムへの影響と対策技術に関する研究
- ③ 電気保安に関する調査研究
- ④ デマンドレスポンスに関する調査研究
- ⑤ エネルギーマネジメントシステムの標準化と事業促進に関する研究
- ⑥ 電力貯蔵技術に関する調査研究

(イ) 再生可能エネルギーに関する調査研究

- ① バイオマス利用技術に関する調査
- ② 地熱バイナリー発電技術に関する研究開発
- ③ CSP 技術開発に係るシミュレーションや評価に関する調査研究
- ④ 太陽熱利用技術及びその技術標準化に関する調査研究

(ウ) 省エネルギーに関する調査研究

- ① 高効率電気機器に係る国際協力に関する調査

(エ) 次世代自動車に関する調査研究, その他

- ① 次世代自動車の導入シナリオに関する調査研究

(3) 水素エネルギー関連

水素エネルギーは、将来の重要な二次エネルギーと期待され、燃料電池自動車・水素供給インフラストラクチャーの普及促進等、導入拡大に向けた動きがある。また、長距離の再生可能エネルギー等の輸送媒体及び水素発電の燃料として、長期的にも活用が期待される。

(ア) 再生可能エネルギーの輸送・貯蔵媒体(キャリア)に係る技術の評価研究

- ① 水素系キャリアの供給コストの調査及び水素普及シナリオの策定
- ② 水素・水素キャリア製造・輸送・貯蔵技術の評価及び技術開発の方向付けの調査

(イ) 水素の製造, 輸送, 供給及び貯蔵に関する調査研究, その他

- ① CO₂ フリー水素普及シナリオ研究会の運営
- ② 水素発電を含む水素の利活用のあり方に関する調査
- ③ 国内再生可能エネルギー由来の水素の利活用に関する調査

(ウ) 水素を用いた電力貯蔵技術に関する調査研究

- ① 水素を用いた電力貯蔵と他の電力貯蔵方式との比較評価や実証に関する調査

(4) 化石エネルギー関連

化石燃料は、一次エネルギーとして重要なエネルギー源であり、温室効果ガス排出量の削減を図りつつ、その安定供給を図っていくことが必要である。かかる観点から、原油や天然ガス、石炭の供給から転換、利用、さらに CO₂ の回収・貯留までの全体システムに関し調査研究を行う。

平成 28 年度においては、石炭ガス化複合発電 (IGCC) などの高効率火力発電に関して、中長期の視点から技術開発ロードマップの検討や、国内・海外への普及のための課題の検討を行う。また、クリーンコールテクノロジー (CCT) 分野では、CO₂ の分離・回収を必要としない燃焼方法であるケミカルルーピング燃焼 (CLC) の技術開発や、埋蔵量が豊富な低品位炭を改質し付加価値を高める技術に関し調査研究を行う。さらに、化石燃料の有効利用の観点から、太陽熱等の再生可能エネルギーを組み合わせたシステムの国内外での活用についての調査研究や、シェールガスなどの非在来型化石資源の影響評価を行う。

(ア) 高効率火力発電に関するシステム研究

- ① IGCC などの次世代高効率火力発電の技術開発ロードマップの検討
- ② 次世代高効率火力を国内、海外市場に導入・普及する上での技術課題の検討

(イ) クリーンコールテクノロジー (CCT) の開発及び検討

- ① CO₂ の分離・回収を必要としないケミカルルーピング燃焼 (CLC) 技術の開発
- ② 褐炭からコークス製造用バインダーとして使用する A-SCC のビジネスモデル作成
- ③ CO₂ 回収における革新技術の調査研究
- ④ CCT の海外展開のプロジェクト検討

(イ) 化石資源の有効利用

- ① 非在来型化石資源の影響評価
- ② 集光型太陽熱と化石燃料等との複合システムによる発電や熱供給に関する調査検討

(5) 原子力関連

東日本大震災を契機に、安全は国民が広く希求する普遍的な価値として一層重視されてきている。特に原子力については、福島第一事故によってもたらされた原子力災害の影響の甚大さに直面し、このような事故を二度と起こさないための安全対策の構築が強く求められている。このため、シビアアクシデント（過酷事故）対策を含め、既設の軽水炉の安全向上に有効な技術課題に取り組んでいくこととしており、平成28年度は、これまでの技術開発の最終成果とりまとめを行うとともに、新たな開発テーマへの取組を開始する。また、シビアアクシデント時の安全系の機能を調査するため、昨年度の検討結果を踏まえ、米国の国立研究所との共同研究事業の本格的な取組を進める。

安全規制の在り方についても、継続的安全向上の視点から、昨年度に引き続き、調査研究を進め、提言等を行う。

また、一刻も早い福島復興を図るため、除染・環境修復と事故炉の廃止措置が求められており、世界の知見・技術を結集して対処する必要がある。当研究所は、これまで蓄積してきた知見や国際的なネットワークを生かし、問題解決のため積極的に貢献していくこととする。平成28年度においても、引き続きシビアアクシデントの挙動解析を行うSAMPSONコードの活用及び改良により、福島第一事故に係る炉内挙動の解析を行い、炉内及び原子炉格納容器内の状況把握につなげる。それらの結果については、OECD/NEAの国際ベンチマークプロジェクトであるBSAF（Benchmark Study of the Accident at the Fukushima Daiichi NPS）プロジェクトの下で検証を行うとともに、同プロジェクトの運営機関として参加機関が実施した結果をと

りまとめ、国際的な情報共有を図る。さらに、使用済燃料プールにおける冷却材喪失事故時の燃料の健全性評価のため、SAMPSONコードを改良し、新たなモデルの導入、実験解析による検証及び代表プラントを対象にケーススタディを実施する。

なお、原子力は、世界的に、エネルギーの安定供給及び地球環境問題への対応を図る上で重要な役割を担うと評価され、福島第一事故後においても、多くの国々で開発利用推進の方針を維持している。当研究所としては、地球温暖化防止のためのパリ協定や電力システム改革の進展など国内外の動向を踏まえ、原子力利用に伴う様々な課題について継続的な検討を行うこととし、平成28年度も、原子力技術に関するこれまでの研究や評価の経験を生かし、エネルギー・環境イノベーション戦略における原子力の寄与や競争環境下での原子力事業経営の在り方、核燃料サイクル・放射性廃棄物に係る問題、原子力人材の育成・確保など様々な課題に関する研究を進める。将来の原子炉についても、新型軽水炉開発の在り方に関する検討を進めるとともに、第4世代原子力システムに関する国際共同研究開発に引き続き参画する。また、軽水炉の廃止措置については、引き続き工程評価やシナリオの検討、廃止措置中の安全確保策に関する研究を進めるとともに、廃止措置に向けた準備作業を効率的・効果的に実施するための調査研究を行う。高レベルを含めた放射性廃棄物の処理・処分については、技術や社会科学的な観点をも織り込んだ処分事業の進め方など、海外の最新の取組状況に関する情報収集を行う。

(ア) 福島第一事故関連

- ① 軽水炉安全対策高度化に関する技術開発
- ② 福島第一事故に係る炉内事象の解析、国際プロジェクトの推進
- ③ シビアアクシデント解析手法の改良と解析モデルの高度化

- ④ シビアアクシデント時の安全系の機能に関する日米共同研究

(イ) 原子力全般

- ① 核燃料サイクル技術等の動向に関する調査研究
- ② 原子力の社会受容性の形成に関する調査研究
- ③ エネルギー供給システムへの原子力の寄与に関する調査研究
- ④ 世界の原子力開発利用動向に関する調査
- ⑤ 世界の原子力安全規制動向に関する調査研究

(ウ) 原子力プラント技術

- ① 新型軽水炉に係る技術課題の調査研究
- ② 第4世代原子力システム開発に関する国際研究協力

(エ) 原子炉廃止措置等に関する調査研究

- ① 廃止措置工程、技術、制度に関する調査、検討
- ② 廃止措置に関する民間規格基準整備への支援
- ③ 廃止措置に向けた準備作業を効率的・効果的に実施するための調査研究
- ④ 廃止措置を担う人材育成を進めるための教材開発と研修システムの構築

(オ) 放射性廃棄物の処理・処分に関する調査検討

- ① 放射性廃棄物の処理・処分に関する海外の最新動向調査

6. 最新技術情報の発信

(1) 調査研究事業で得られた成果のうち、技術情報として有用度の高いものを編集し、情報提供を行う。これらの調査研究に係る活動内容や成果は、寄稿・投稿、講演会、学会発表、ホームページへの掲載等により公表し、広く

利用に供することとする。また、エネルギー技術に係る重要なテーマに関して、国際的な視野も入れつつ、適宜、シンポジウムやセミナー等を開催する。

(2) 当研究所では、下記の手法により、情報発信を行う。

- ① 定期刊行物（季報エネルギー総合工学）の刊行
- ② 月例研究会やエネルギー総合工学シンポジウムなど、シンポジウムやセミナーの開催
- ③ エネルギー技術情報プラットフォームの整備及び運用

7. ISO センターの事業

当研究所のISOセンターは、平成23年6月、ISO50001（エネルギーマネジメントシステム）の発行と同時に発足以来、その普及・促進のための活動を行ってきており、平成28年度も引き続き下記事業を行う。

- ① 入門～実践研修、内部監査員研修の開催
- ② ISO50001の構築・運用、認証取得、継続的改善に資するコンサルティングの実施

なお、平成27年9月に、ISO14001（環境マネジメントシステム）及びISO9001（品質マネジメントシステム）の改定版が発行されたことから、改定対応の研修事業及びコンサルティング事業もISO50001と同時並行で実施する。

8. 技術開発支援センターの事業

当研究所の技術開発支援センターは、平成27年4月1日、国の補助金を交付する目的で発足し、平成27年度においては、新エネルギー・電力システム関連の3事業を実施した。平成28年度においても、引き続き新エネルギー・電力システム関連の補助金事業を実施する。

9. その他

(1) エネルギーに関するアンケート調査

エネルギーに係る一般公衆の意識調査は、東北地方太平洋沖地震以前より実施してきており、引き続き同様のアンケート調査を実施し、その経年的な意識変化等の動向を分析する。

(2) エネルギー技術に関する国際標準化の調査研究

ISO や IEC における、下記分野での国際標準化に係る事業を行う。

- エネルギーマネジメント及び省エネルギーの評価・検証関連
- CCS の CO₂ 削減量定量化・検証及び横断的事項関連
- 太陽熱発電技術関連

研究所のうごき

(平成 28 年 1 月 2 日～4 月 1 日)

◇ 第 9 回理事会

日 時：3 月 10 日 (木) 11:00～12:00

場 所：経団連会館 (5 階) 501 号室

議 題：

第一号議案 平成 28 年度事業計画および収支予算について

第二号議案 事務局長の委嘱について

報告事項 業務執行の状況について

その他

◇ 月例研究会

第 352 回月例研究会

日 時：1 月 29 日 (金) 14:00～16:00

場 所：航空会館 5 階 501・502 会議室

テーマ：

1. パリ協定の概要と分析・評価
((一財) 電力中央研究所 社会経済研究所
主任研究員 上野貴弘 氏)
2. 地球規模の炭素循環および持続可能なネガ
ティブエミッションシナリオ研究
((一財) エネルギー総合工学研究所 プロ
ジェクト試験研究部 主任研究員 加藤悦史)

第 353 回月例研究会

日 時：2 月 26 日 (金) 14:00～16:00

場 所：航空会館 5 階 501・502 会議室

テーマ：

1. 世界のガス市場の変化と日本の LNG 調達
((一財) エネルギー総合工学研究所 プロ
ジェクト試験研究部 副参事 坂本茂樹)
2. 石油市場の現状と今後の展望
((独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構
調査部 主席エコノミスト 野神隆之 氏)

第 354 回月例研究会

日 時：3 月 25 日 (金) 14:00～16:00

場 所：航空会館 5 階 501・502 会議室

テーマ：

1. 再生可能エネルギー投資について
(株)日本政策投資銀行 産業調査部 課長
江本英史 氏)
2. 蓄電池の面的利用におけるエネルギーマネー

ジメントについて (平成 26 年度地産地消型
再生可能エネルギー面的利用等推進事業)

(株)エナリス スマートコミュニティ事業推
進室 シニアマネージャー 井上 洋 氏)

◇ 外部発表

[講演]

発表者：徳田 憲昭

テーマ：太陽光発電用大容量パワーコンディショ
ナのミニモデルを用いた試験法の提案

発表先：(一社) 日本太陽エネルギー学会「太陽
光発電部会第 16 回セミナー」

日 時：1 月 18 日

発表者：益田 泰輔, 福見 拓也, フォンセカ・ジョ
アン, 大竹 秀明, 村田 晃伸

テーマ：太陽光発電の当日予測に基づく蓄電池を
利用した需給運用手法の基礎的検討

発表先：電気学会・電力系統技術研究会 (於徳島)

日 時：1 月 27 日

発表者：小野崎 正樹

テーマ：Japanese Technologies on CTL

発表先：Symposium on COAL TO LIQUIDS,
Karachi (主催 Pakistan Academy of Engi-
neering)

日 時：1 月 30 日

発表者：加藤 悦史, 黒沢 厚志

テーマ：地球規模の炭素循環および持続可能なネ
ガティブエミッションシナリオ研究

発表先：エネルギーシステム・経済・環境コンファ
レンス (主催 エネルギー・資源学会)

日 時：2 月 2 日, 3 日

発表者：黒沢 厚志, 森山 亮, 石本 祐樹, 加藤
悦史, 都筑 和泰, 杉山 昌広 (東京大学),
増田 耕一 (海洋研究開発機構)

テーマ：統合評価モデルを用いた太陽放射管理分
析

発表先：エネルギーシステム・経済・環境コンファ
レンス (主催 エネルギー・資源学会)

日 時：2 月 2 日, 3 日

発表者：加藤 悦史
テーマ：ネガティブエミッションの必要性と限界
発表先：シンポジウム「COP パリ協定と今後の I
PCC 報告書」（主催 RITE）
日 時：3月7日

発表者：益田 泰輔, 福見 拓也
テーマ：起動停止計画問題における発電機起動台
数に関する制約条件の検討
発表先：電気学会・電力技術／電力系統技術／半
導体電力変換技術合同研究会（於福岡）
日 時：3月9日

発表者：黒沢 厚志
テーマ：中長期的技術開発のあり方
発表先：COP21 とパリ協定の概要－エネルギー
環境技術に対する期待（主催 日本 DME
協会）
日 時：3月11日

発表者：益田 泰輔, 福見 拓也, フォンセカ・ジョ
アン, 大竹 秀明, 村田 晃伸
テーマ：太陽光発電有効利用のための当日予測に
基づく蓄電池を利用した電力系統需給運
用
発表先：電気学会・全国大会（於仙台）
日 時：3月16日

発表者：益田 泰輔, 石原 正浩 (発表), 徳田 憲昭,
馬場 旬平, 飯岡 大輔, 太田 豊, 浅野
浩志
テーマ：将来の配電系統の高度化に関する基礎検
討～その1 配電系統の部分昇圧の有効
性～
発表先：電気学会・全国大会（於仙台）
日 時：3月18日

発表者：今中 政輝, 馬場 旬平, 太田 豊, 飯岡 大輔,
徳田 憲昭, 浅野 浩志
テーマ：将来の配電系統の高度化に関する基礎検
討～その2 欧州配電系統の PV 電圧上昇
問題調査～
発表先：電気学会・全国大会（於仙台）
日 時：3月18日

発表者：坂東 茂, 浅野 浩志, 高木 雅昭, 永田 豊,
田頭 直人, 飯岡 大輔, 馬場 旬平, 太田
豊, 徳田 憲昭
テーマ：将来の配電系統の高度化に関する基礎検
討～その3 PV 大量導入に対する欧米の
配電事者の取組み調査～
発表先：電気学会・全国大会（於仙台）
日 時：3月18日

発表者：飯岡 大輔, 馬場 旬平, 太田 豊, 徳田 憲昭,
浅野 浩志
テーマ：将来の配電系統の高度化に関する基礎検
討～その4 高圧配電系統モデルを用い
た分析～
発表先：電気学会・全国大会（於仙台）
日 時：3月18日

発表者：新田 雄司, 飯岡 大輔, 馬場 旬平, 太田
豊, 徳田 憲昭, 浅野 浩志
テーマ：将来の配電系統の高度化に関する基礎検
討～その5 PV が集中導入された配電線
に対する部分昇圧の効果～
発表先：電気学会・全国大会（於仙台）
日 時：3月18日

発表者：小出 舞, 今中 政輝, 馬場 旬平, 飯岡 大輔,
太田 豊, 徳田 憲昭, 浅野 浩志
テーマ：将来の配電系統の高度化に関する基礎検
討～その6 PV が分散導入された配電線
に対する部分昇圧の効果～
発表先：電気学会・全国大会（於仙台）
日 時：3月18日

発表者：馬場 旬平, 小出 舞, 今中 政輝, 飯岡 大輔,
太田 豊, 徳田 憲昭, 浅野 浩志
テーマ：将来の配電系統の高度化に関する基礎検
討～その7 PV が大量導入された配電線
に対する昇圧手法の検討～
発表先：電気学会・全国大会（於仙台）
日 時：3月18日

[寄稿]

発表者：坂田 興
テーマ：「2020 年に向けての水素エネルギー」
発表先：日本エネルギー学会誌
日 時：1月号 (Vol.95 No.1)

発表者：坂田 興

テーマ：水素エネルギーによるエネルギーシフト
発表先：「生活と環境」((一財)日本環境衛生センター)

日 時：1月号

発表者：小川紀一郎, 蓮池宏, 谷川博昭 (中国電力) 他

テーマ：再生可能エネルギー利用火力発電システム-RPF 利用火力発電システム実用化FS
発表先：「火力原子力発電」((一社)火力原子力発電技術協会)

日 時：1月号

発表者：G. Murray-Tortarolo, P. Friedlingstein, S. Sitch, V. J. Jaramillo, F. Murguía-Flores, A. Anav, Y. Liu, A. Arneeth, A. Arvanitis, A. Harper, A. Jain, 加藤悦史, C. Koven, B. Poulter, B. D. Stocker, A. Wiltshire, S. Zaehle, and N. Zeng

テーマ：The carbon cycle in Mexico: past, present and future of C stocks and fluxes

発表先：Biogeosciences, 13, 223-238, doi:10.5194/bg-13-223-2016, <http://www.biogeosciences.net/13/223/2016/>

日 時：1月15日

発表者：石本 祐樹

テーマ：エネルギー需給システムにおける水素の位置づけ

発表先：JOGMEC「石油・天然ガスレビュー」

日 時：1月22日

発表者：黒沢 厚志

テーマ：統合評価モデル GRAPE

発表先：エネルギー・資源 (エネルギー・資源学会)

日 時：1月号 (Vol.37 No.1)

発表者：蓮池 宏

テーマ：電力貯蔵の新展開

発表先：日本エネルギー学会誌

日 時：3月号 (Vol.95 No.3)

◇人事異動

○3月31日付

(退職)

益田泰輔 プロジェクト試験研究部 主任研究員

(出向解除)

谷内田淳一 技術開発支援センター 主管研究員
兼プロジェクト試験研究部

小碓創司 原子力工学センター 主管研究員

富永直利 原子力工学センター 主任研究員

山根陽子 原子力工学センター 主任研究員

○4月1日付

(出向採用)

岡崎 徹 プロジェクト試験研究部 主管研究員

橋崎克雄 プロジェクト試験研究部 主管研究員

(嘱託採用)

Antonio Buccio 原子力工学センター 嘱託研究員

(非常勤嘱託採用)

後藤新一 プロジェクト試験研究部 参事

唐澤英年 原子力工学センター 参事

小碓創司 プロジェクト試験研究部 副参事

(昇格)

内藤正則 原子力工学センター 副センター長 (特任参事)

坂田 興 プロジェクト試験研究部 部長 (特任参事)

内田俊介 原子力工学センター 特任参事

林道 寛 原子力工学センター 特任参事

加藤悦史 プロジェクト試験研究部 主管研究員

石本祐樹 プロジェクト試験研究部 主管研究員

鈴木洋明 原子力工学センター 副主席研究員

新谷隆之 プロジェクト試験研究部 参事

兼 技術開発支援センター

野村和之 総務部 主任研究員 兼 企画部 兼 技術開発支援センター 兼 エネルギー技術情報センター

吉野丈人 原子力工学センター 特別嘱託研究員

太田淳一 プロジェクト試験研究部 主任研究員

竹田知幸 原子力工学センター 部長 (参事)

兼 プロジェクト試験研究部

久田 司 原子力工学センター 主管研究員

兼 プロジェクト試験研究部

山中俊幸 技術開発支援センター 参事

兼 プロジェクト試験研究部

第 38 卷 通 卷 目 次

VOL. 38, No. 1 (2015.4)

【巻頭言】

水素時代の幕開け

横浜国立大学工学研究院 名誉教授・特任教授 太田健一郎 …………… 1

【寄稿】

海洋再生可能エネルギーの産業化促進への課題

(一社) 海洋エネルギー資源利用促進機構 (OEAJ) 会長 木下 健
OEAJ タスクフォース主査 東京大学生産技術研究所 特任教授 黒崎 明
OEAJ 産業化タスクフォース・アドバイザー 高 清彦
OEAJ ビジネス協議会 代表幹事 福田 寿 …………… 3

【寄稿】

地球温暖化問題の動向

(一財) 電力中央研究所 社会経済研究所 上席研究員 杉山 大志 …………… 11

【調査研究報告】

廃棄物等利用高効率火力発電システムの実用化研究 FS

プロジェクト試験研究部 参事 小川紀一郎
元プロジェクト試験研究部 主管研究員 新藤 紀一
プロジェクト試験研究部 主管研究員 谷内田 淳一
元プロジェクト試験研究部 研究員 大内 優
プロジェクト試験研究部 部長・研究理事 蓮池 宏
中国電力(株) エネルギー総合研究所
再生可能エネルギー利用技術担当 マネージャー 谷川 博昭
中国電力(株) エネルギー総合研究所
再生可能エネルギー利用技術担当 専任係長 中村 昭史
中国電力(株) エネルギー総合研究所
再生可能エネルギー利用技術担当 研究員 谷口 直彦 …………… 20

【調査研究報告】

太陽光発電用大容量パワーコンディショナの

ミニモデルを用いた試験方法の提案

プロジェクト試験研究部 主任研究員 橋倉 裕 …………… 30

【事業計画】

平成 27 年度 事業計画 (一財)エネルギー総合工学研究所 …………… 41

【研究所のうごき】 …………… 48

【第 37 巻通巻目次】 …………… 51

【編集後記】 …………… 55

VOL. 38, No. 2 (2015.7)

【巻頭言】

エネルギーセキュリティから見た天然ガスとコージェネレーション 東京ガス株式会社 代表取締役 副社長執行役員	救仁郷 豊 ……………1
--	--------------

【座談会】

地方創生に対するバイオマスエネルギーへの期待 公立鳥取環境大学 環境学部教授	横山 伸也
東京大学名誉教授	芋生 憲司
東京大学 大学院農学生命科学研究科 教授	
(国立研究開発法人) 新エネルギー・産業技術総合開発機構	橋本 道雄
新エネルギー部長	田島信太郎
田島山業(株) 代表	
帯広市 産業連携室企画調整監	
フードバレーとまち推進協議会 事務局次長	中村 忠範
司会 (一財)エネルギー総合工学研究所 部長	徳田 憲昭 …………… 3

【寄稿】

シェール・ガス革命, シェール・オイル革命の 2015年における最新動向 和光大学 経済経営学部 教授	岩間 剛一 …………… 21
---	----------------

【寄稿】

欧米諸国における小売電力市場の動向 (一社)海外電力調査会 調査部 主任研究員	大西 健一 …………… 35
--	----------------

【調査研究報告】

高温ガス炉プラント研究会の活動と今後について プロジェクト試験研究部 原子力グループ 部長	藤井 貞夫 …………… 45
--	----------------

【調査研究報告】

核燃料サイクルに関する内外動向の分析・調査 プロジェクト試験研究部 原子力グループ 主管研究員	都筑 和泰 …………… 56
--	----------------

【調査研究報告】

デマンドレスポンス (DR) の動向 プロジェクト試験研究部 新エネルギーグループ 主任研究員	川野 光伸 …………… 66
---	----------------

【事業報告】

平成 26 年度 事業報告の概要 (一財)エネルギー総合工学研究所	…………… 75
-----------------------------------	----------

【研究所のうごき】	…………… 77
-----------	----------

【編集後記】	…………… 80
--------	----------

VOL. 38, No. 3 (2015.10)

【巻頭言】

「暮らし」と「モノづくり」を支える

電気事業連合会 専務理事 小野田 聡 ……………1

【寄稿】

パリ合意国際枠組みの効果的なデザインのエッセンス

(有) クライメート・エキスパート 代表取締役 松尾 直樹 …………… 3

【寄稿】

最新のマネジメントシステム規格 (MSS) および環境問題

IMS コンサルティング(株) 顧問 寺田 博 …………… 7

【調査研究報告】

欧州の原子力発電所の最近の廃止措置実施状況

プロジェクト試験研究部 原子力グループ 特任研究員 林道 寛 …………… 18

【調査研究報告】

米国エネルギー高等研究計画局 (ARPA-E) 取り組みの最新状況

プロジェクト試験研究部 地球環境グループ 主管研究員 守家 浩二 …………… 32

【研究所のうごき】 …………… 42

【編集後記】 …………… 46

第30回エネルギー総合工学シンポジウム
ーエネルギーを巡る新たな視座と技術展望ー

平成27年10月9日(火) 千代田放送会館
総合司会 理事 重政 弥寿志

【開会挨拶】	(一財) エネルギー総合工学研究所 理事長	白土 良一	1
【来賓挨拶】	経済産業省 技術総括審議官	谷 明人	3
【基調講演】	エネルギーミックスと地球温暖化対策 (公財) 地球環境産業技術研究機構 理事・研究所長	山地 憲治	5
【基調講演】	エネルギー情勢のグローバルな変化と総合商社の取組み 三井物産(株) 執行役員 (株)三井物産戦略研究所 代表取締役社長	中湊 晃	17
【講演1】	2050年に向けたエネルギー技術への期待 研究理事・プロジェクト試験研究部 部長	蓮池 宏	31
【講演2】	エネルギーミックスを支える原子力技術の課題と期待 常務理事・原子力工学センター長	田中 隆則	38
【講演3】	火力発電の低炭素化技術展望 理事・プロジェクト試験研究部長	小野崎正樹	44
【講演4】	電力システムの将来像 プロジェクト試験研究部 主任研究員	益田 泰輔	55
【講演5】	水素大規模導入に向けた技術展望 プロジェクト試験研究部 部長 プロジェクト試験研究部 参事	坂田 興 後藤 新一	63
【閉会挨拶】	(一財) エネルギー総合工学研究所 専務理事	佐藤 憲一	70
【研究所のうごき】			71
【編集後記】			74

編集後記

最近インターネットを閲覧していると、妙に以前見たことのあるサイトと関連する広告が表示されることに、今さらながら気付いた。閲覧したページや検索のキーワードを手掛かりに、顧客の興味や関心を推測して広告配信を行う行動ターゲティング広告というものらしい。最近ではさらに人工知能を活用し、配信するタイミングや配信先のPC、スマホ等のデバイスまで選択して行う手法が実用化しているという。数年前、カメラで客の顔を認識し（勝手に）性別や年代を推定して適当な商品を推薦してくる自販機がJRの駅に登場した時もそうだが、こちらの選択肢、嗜好にまで意見されているような気がしないでもない。もっとも、サービスの提供側からすれば、より効率的、経済的なのであろう。

今月から、われわれの電気の購入先も選べることとなった。電力システム改革の第2弾、小売全面自由化のスタートである。連日のように様々なメディアで採り上げられ、一般家庭でも従来の地域の

電気事業者に加えて自由に選択できるようになったことや、事業者間競争による料金値下げのメリットが謳われている。電気以外のエネルギーや通信等とのセット販売などの新たなビジネスを通じた経済効果が期待され、また、特定のエネルギーを応援したいという人にとっても、電源を選択できる仕組みは歓迎されるものであろう。

ただ、これらは品質も含めた電気の安定供給が確実に図られることが大前提となることはいうまでもない。本号の有識者の方々のご寄稿でも指摘されており、垂直統合型の一貫体制から発電、送配電、小売部門に分類された今、各部門の事業者がそれぞれの責務を確実に果たすことが必要である。特に、経済性の側面だけでなく、従来の電気事業者において長年に亘り蓄積された技術的知見や経験等も踏まえつつ、電力システムの持続的発展が図られるような制度や環境の整備を、当局には望みたい。

編集責任者 重政弥寿志

季報 エネルギー総合工学 第39巻第1号

平成28年4月20日発行

編集発行

一般財団法人 エネルギー総合工学研究所

〒105-0003 東京都港区西新橋1-14-2

新橋SYビル(6F)

電話 (03) 3508-8891

FAX (03) 3501-1735

<http://www.iae.or.jp/>

(印刷) 株式会社日新社

※ 無断転載を禁じます。

