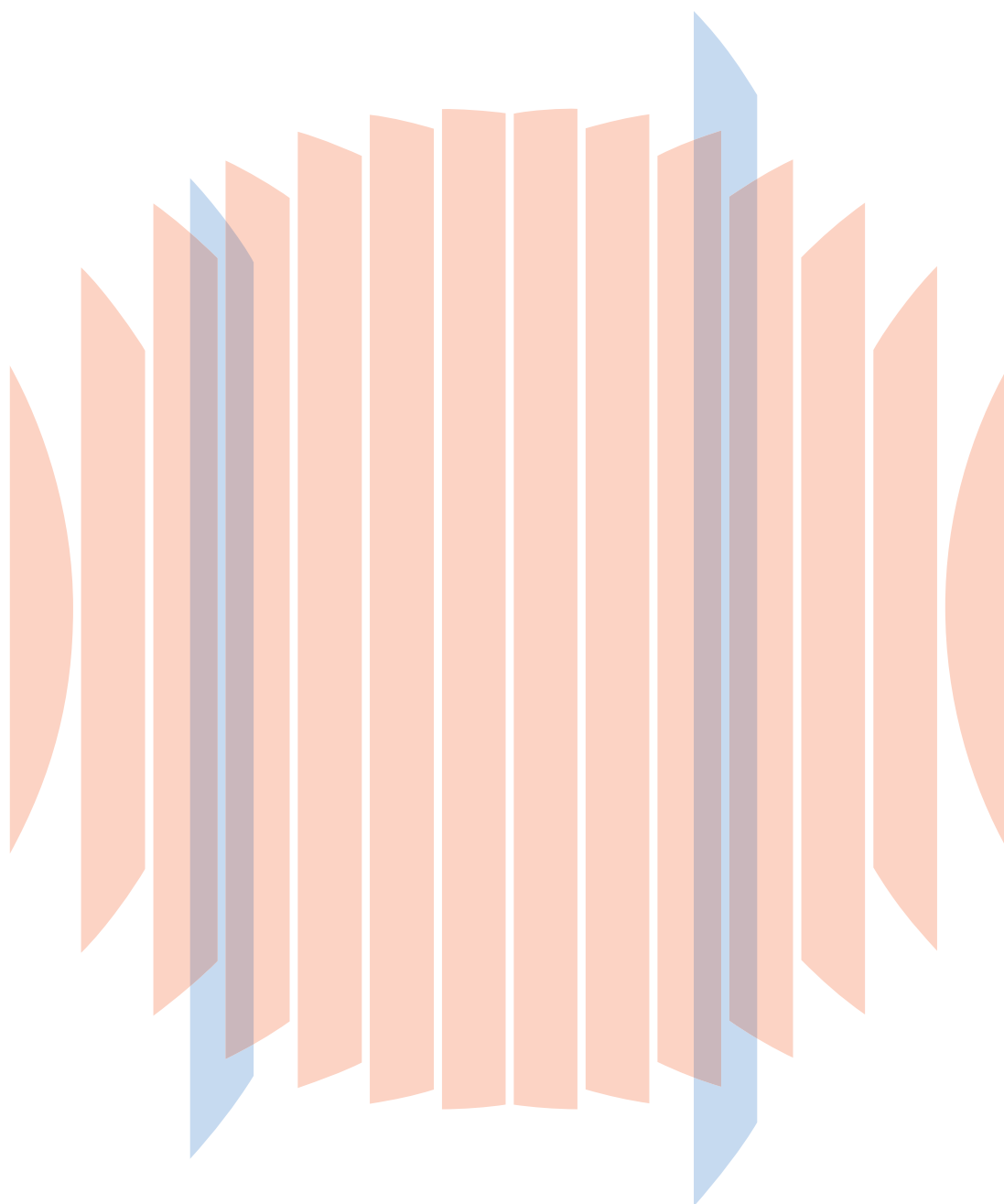


季報 エネルギー総合工学

Vol. 40 No. 1 2017. 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】

イデオロギーを超えて

東京大学 工学系研究科
システム創成学専攻 教授 大橋 弘忠 …………… 1

【寄稿】

変容する社会と火力発電技術のイノベーション

東京大学 生産技術研究所
特任教授 小林 由則 …………… 3

【寄稿】

家庭におけるエネルギー消費実態と省エネルギー

(株)住環境計画研究所 取締役研究所長 鶴崎 敬大 …………… 12

【調査研究報告】

米国の最新原子力規制動向～ NTTF の進捗状況～

部長（副主席研究員） 藤井 貞夫 …………… 23

【調査研究報告】

廃止措置管理のための人材育成

耐震・廃止措置グループ 参事 田中 健一 …………… 31

【事業計画】

平成 29 年度 事業計画 (一財)エネルギー総合工学研究所 …………… 43

【研究所のうごき】 …………… 51

【第 39 巻通巻目次】 …………… 54

【編集後記】 …………… 58

巻頭言

イデオロギーを超えて

大橋 弘忠 (東京大学 工学系研究科
システム創成学専攻 教授)



アメリカではイデオロギーとライフスタイルに相関が認められることが知られている。リベラル派の人はカフェラテを飲み、ヨーロッパ製の車に乗り、ジャズを聴き、銃をもち、神に祈らない。保守派の人は普通のコーヒーを飲み、アメリカ製の車に乗り、カントリー音楽を聴き、銃をもち、神に祈る。

個人の中でイデオロギーとライフスタイルの間に不協和が生じると、不協和をなくす方向にライフスタイルが変更される。どのようなライフスタイルを選択するか、すなわちプリファレンスがイデオロギーに応じて補正される。プリファレンスの補正は、ライフスタイルを超えて政策や法整備にまで及び、社会を取り巻く課題をどう扱うか、ある方策について賛成か反対か、このようなことも個人の中でイデオロギーに沿うように決まってしまう。

アメリカには、銃規制、妊娠中絶、移民対策、環境政策、国民健康保険など社会の取り組むべき重要課題がある。本来は、ひとりひとりが民主社会の構成員として、それぞれの課題をさまざまな角度から検討し、自分の意見をつくっていくことがらだ。しかし実際は、その人のイデオロギーに応じてすべての課題の賛否が自動的に決まってしまう。

このようなステレオタイプ化、イデオロギーを軸とした社会の分極化は、アメリカだけでなく、日本を含めた世界各国で見られている。政治的分極化が政策の分極化につながり、あらゆる課題に対して有効な方策を合意することが難しくなっている。

わが国の社会は多くの課題に直面している。エネルギーセキュリティがそうであるし、地球環境、食糧、福祉、教育、貿易、国防などだ。いずれも「こうすれば良い」という単純な解決策は存在しない。コスト、ベネフィット、リスク、不確かさ、代替策など多面的で戦略的な思考が必要となる。

これらの課題はイデオロギーの問題ではない。エネルギーでいえば、資源量という厳然た

る事実があり、技術の現状と見通し、リスク、将来の不確かさ、ライフスタイル変化などを考慮し、柔軟で状況変化に適応可能な政策を立て、それを実現していくことが不可欠である。鍵となるのは工学だ。事実の世界、知識の世界、技術の世界に分極化は存在しない。工学は、客観的な事実、普遍的な知識、技術の可能性を社会に提示し、イデオロギーの分極化を超えて社会的合意形成から有効な政策の実現へと進める原動力となることが期待される。

一方、社会的合意形成のためには、イデオロギーよりもさらに奥底にある価値観に訴えることが重要である。そしてエネルギーや地球温暖化に対しては、より効果的な政治的連合の枠組みを追及していく必要がある。

[寄稿]

変容する社会と火力発電技術のイノベーション

小林 由則 (東京大学 生産技術研究所 特任教授)



1. はじめに

2016 年はエネルギー・環境関連で非常に影響の大きな、そして想定外の出来事がいくつも発生した年であった。「気候変動枠組条約第 21 回締約国会議」(COP21) の気候変動に関するパリ協定が発効される一方で起きた、英国の EU (欧州連合) 離脱と米国の大統領選挙の結果は、今後の世界にとって計り知れない変化をもたらす出来事であろう。出口の見えない経済の停滞と金融危機が続く中で、格差の拡大と難民問題によって決定的な社会の分断と軋轢が生じ、長く世界を律して来た民主主義は、今まさに大いなる変容を遂げつつある。そのような変容する社会情勢に臨んで、我々エネルギーと環境問題に取り組むエンジニアに、今求められているものとは一体何なのだろうか。そこで、2030 年のわが国エネルギー基本計画の中で、

依然として 56% の高い貢献を求められている火力発電のイノベーションについて、以下に私の考えを少し述べたいと思う。

2. わが国エネルギー産業を取り巻く状況

まず初めに、わが国エネルギー産業を取り巻く状況について、今一度おさらいをしてみたいと思う。各国の名目の国内総生産(GDP)を見れば、米国に次いで第 2 位の立場にいたわが国が、長らく 600 兆円の壁を越えられずにいる間に中国に追い越され、その差を一気に開けられた状況にあることは、周知の事実である。このような新興国の顕著な台頭は、多分にその旺盛な人口増加によるところが大きく、人口が減少に転じたわが国が、GDP の総額によって世界経済に影響力を発揮して行くことは、もはや難しいと考えられている。

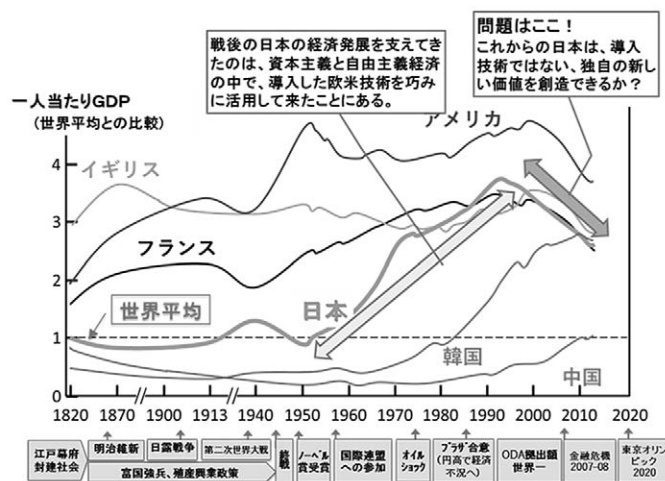


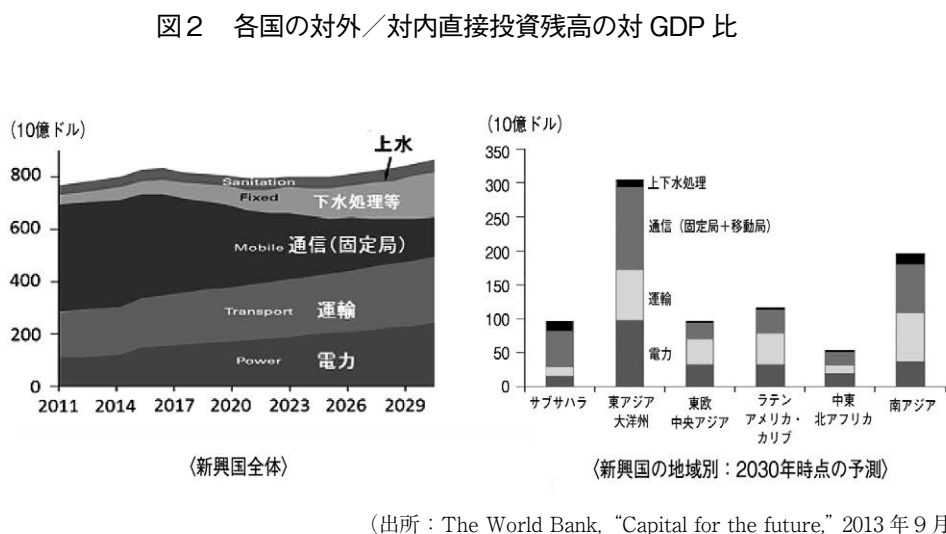
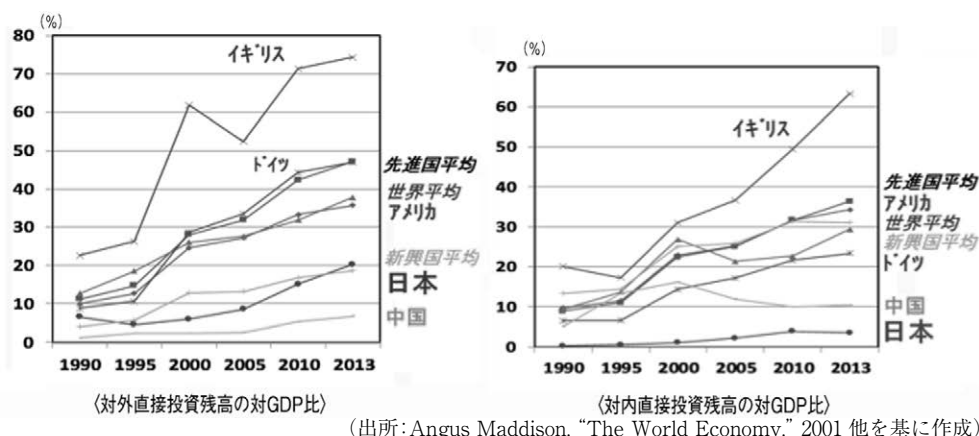
図1 各国の1人当たりGDPの変遷 (世界平均との比較)

これに対して各国の国民1人当たりGDPの世界平均との比較を図1に示す。この中でまず目を引くのは、戦後の日本の驚異的な経済発展であろう。これを支えて来たのは、資本主義と自由経済の中で導入した欧米の進んだ技術を、国民の勤勉さと創意工夫によって巧みに活用して来たことである。しかしながら、ここ20年以上続くわが国経済の停滞ぶりは明らかであり、これは変容する社会の中で、新しい独自の価値を十分に創造できていないということを示すものである。

一方で、図2に示す各国の対外／対内直接投資残高の対GDP比を見ると、従来はわが国の対外／対内投資は共に直接投資の比率が極めて低かったことが分かる。これはひとえにわが国のグローバル化の遅れと内需型の産業に大きく依存する構造体質を現すものであり、エネ

ギー資源と食料資源の大部分を海外に依存しているわが国経済にとって、これ以上の成長を阻害している根本的な問題と言える。

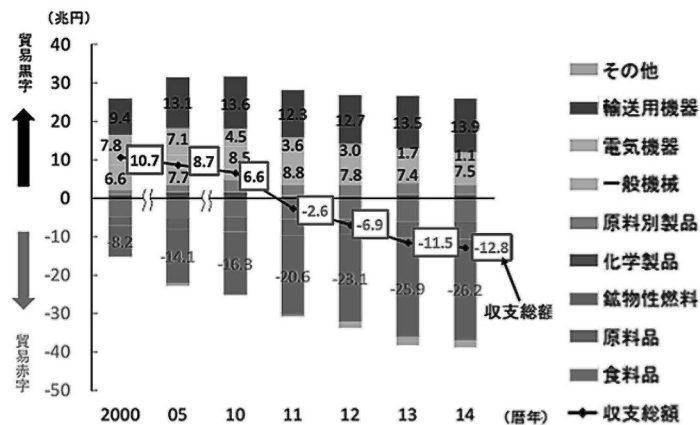
それでは今後我々は何処へ何を持って行けば良いのか。そこで、図3に新興国における年間インフラ投資の予測を示す。これを見れば明らかなように、分野別では電力と運輸が、そして2030年の地域別予測で見れば、東アジアと南アジアが投資の牽引役であり、わが国の各インフラ事業者が協調して、これら地域に向けた官民挙げての海外展開を進めて行くことが、極めて重要であると言える。そして、これからの共生と共感の21世紀に於いては、それらの地域や人々が真に求める「3E+S」（経済効率性、安定供給性、環境適合性の向上と安全・安心）のお手本を、まずは我々が身をもって示すことが、何よりも重要であろう。



次に、図4に近年のわが国の貿易収支を示す。これを見ると、2011年の東日本大震災(3.11)以降、特に化石燃料の輸入額増加が貿易赤字の大きな要因となっており、これまでわが国の輸出を牽引して来た自動車、電気機器、一般機械だけではこの赤字を埋められない状況にあることが分かる。このデータは少し古く、直近の統計数値ではほぼ均衡するレベルまで回復しつつあるようであるが、特に電気機器の落ち込みは顕著であり、この先何で収益を回復して行くかが喫緊の課題と言える。

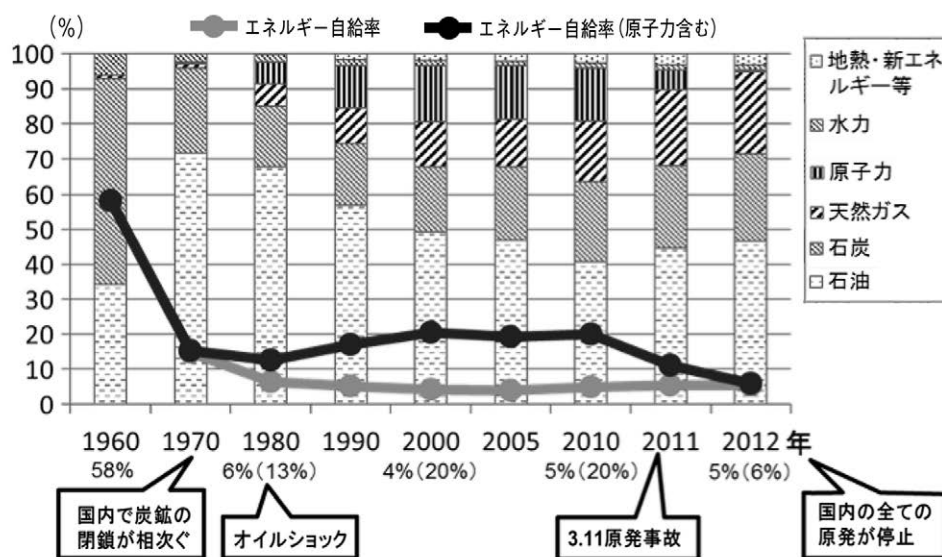
そして、最後にエネルギー問題の根幹とも

言うべきわが国のエネルギー自給率の変遷を図5に示す。国内の石炭産業の活況によって1960年代には58%あったエネルギー自給率は、その後の極端なオイルシフトによって大きく落ち込み、3.11以降国内の全ての原発が停止した状況においては、実に5%にまで落ち込んだ。これは先進諸国の中でも最低のレベルにある。この状況をエネルギーミックスによって、2030年までに25%まで上昇させることが国の目標として掲げられているが、その打ち手は再生可能エネルギーと原子力と言うことになっている。



(出所：財務省貿易統計より経済産業省が作成したデータを基に作成)

図4 日本の貿易収支



(出所：資源エネルギー庁ホームページ、【第211-4-1】日本のエネルギー国内供給構造及び自給率の推移 (xls))

図5 わが国のエネルギー自給率の変遷

3. 先行する海外の電力事情（ドイツ）

このような状況の中、わが国でも2016年4月より電力の自由化が開始された訳であるが、ここで先行する海外の事例として、図6に示すドイツで進められている「エネルギーヴァンデ」（大転換）の状況を見てみよう。米国に続いてわが国より17年も早く本格的な電力システム改革に乗り出した欧州の雄ドイツであるが、現在水面下では懸命の試行錯誤を繰り返している状況にある。そもそも1999年に電力自由化が始まった時に、ドイツ国民が抱いていた期待は、電力料金が下がること。ユーザーが電力会社やサービスを自由に選べることであっただろう。一方、電力会社にとっては、経営が効率化して利益が上がること。新規事業の機会が拡大して売り上げが増えること。そして、双方にとって何よりも重要なことは、電力システムの根幹である安定性と公益性が損なわれないことであろう。

しかし、これまでのところでは、実際はそれらの期待とは大きく食い違う展開となっている。まず、自由化開始直後に一端は下がった電力料金は、その後上昇の一途を辿る。また、自由化前には6つあった電力会社が4つに淘汰され、一時はその4大電力の発電シェアが実に96%まで上昇して、逆に寡占化が進んだ。し

かし、その後は卸電力価格が安く抑えられたことから、燃料代の高い天然ガス焚きガスタービン複合発電（GTCC）などのプラントが停止・廃止を余儀なくされ、結果的にドイツ国内でのシェアを大きく下げる状況となっている。

また、今後は太陽光発電の更なる大幅な導入の結果、季節間の需給ギャップがより深刻な課題となることが懸念されている。即ち、この需給ギャップにより限界コストの高い火力発電の稼働率は一層低下し、予防保全が先送りされる事態や、投資回収が困難となって廃止に至るケースが益々加速することから、予備能力の将来予測すら難しい状況を呈している。勿論、「エネルギーヴァンデ」は脱原発や固定価格買取制度（FIT）の導入など様々なエネルギー政策の変更を次々と重ねた結果であり、電力自由化だけがこれらの混乱の原因ではないが、現時点での評価としては、ユーザーと電力会社の双方にとって、当初の期待とは大きく食い違う結果が生じていると言えそうである。

これに対してドイツ政府も制度設計の見直し等対策を検討しており、従来のkWhの卸電力市場オンリーの収益制度では、ピーク時の予備力用の発電所を建設・維持できないことから、米国や英国で既に導入実績のあるkWの容量市場を併設することで、長期の供給能力の確保に動いている。

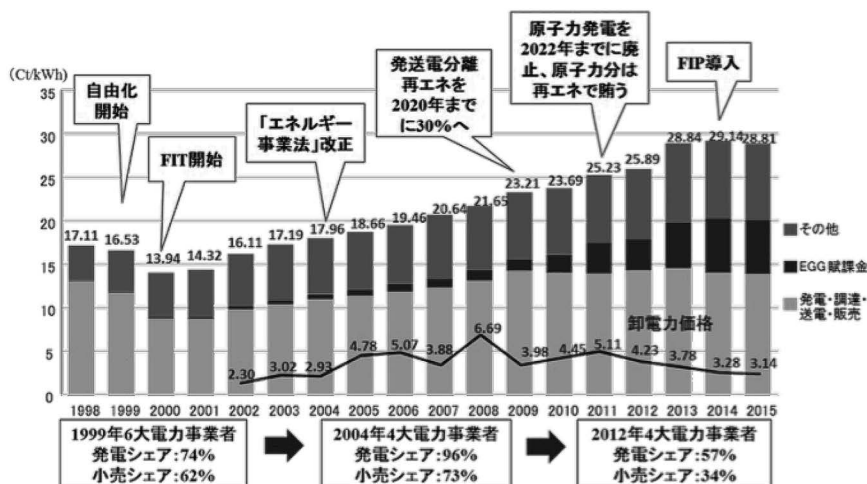


図6 ドイツ電力料金の推移

ドイツはわが国と異なり EU 内の周辺国からの電力融通を受けられることと、強い経済の下で、ドイツ国民がこれらの試行錯誤に対して寛容であることから、今の処大きな混乱は発生していない。しかし、電力システムの根幹である安定性と公益性を守るための固定費の負担増に対して、短期の効率性と収益性を求める市場の競争原理、これこそが電力自由化の最大の矛盾であり、電力システム改革の急所であると考ええる。

4. 次世代火力発電に求められるイノベーションとは？

先の COP21 で採択されたパリ協定は、米中の批准により既に 2016 年 11 月に発効されているが、わが国は手続きが間に合わず、今回の締約国会議では議決権のないオブザーバ参加と言うことになってしまった。これら一連の流れの中で、本当に様々な議論がなされている訳で

あるが、もはやこれは明確なゲームのルールチェンジであり、明らかなパラダイムシフトを狙った動きであるという認識が必要だと思う。その上でまずは 2030 年の二酸化炭素 (CO₂) の削減目標 26% を確実に達成すべく、次世代火力発電に求められるイノベーションの方向性を見極めて行くことが、我々エンジニアや研究者の使命であると考ええる。

図 7 は CO₂ 排出量の増減要因を分かりやすくまとめた恒等式で、(公財) 地球環境産業技術研究機構 (RITE) の茅理事長が発表されたものを参考に少し加筆したものである。この中で①の CO₂ 排出量は②から⑥の要因の掛け算の結果として表すことができ、温暖化問題の本質を大変分かりやすく表していると考ええる。この内②と③の増加はある意味で当面どうしようもないが、④⑤⑥は省エネ・高効率化や CO₂ の回収、原子力や再生可能エネルギーの利用技術の発達等によって、CO₂ の削減に十分貢献できるものである。



図 7 CO₂ 排出量の増減要因

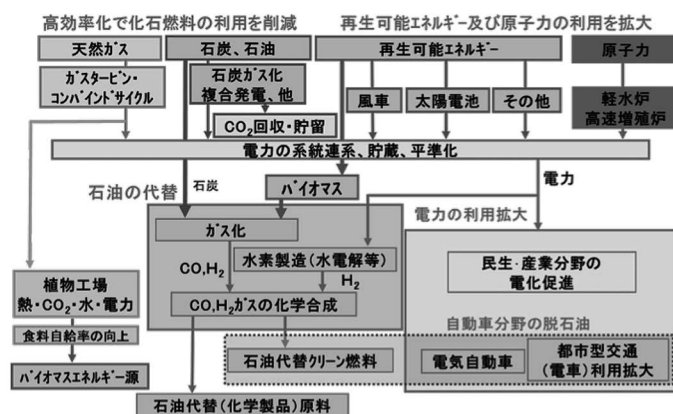


図 8 エネルギー安定供給と CO₂ 排出削減に向けた基本的取組み

その現状考え得る当面の方向性について、エネルギーの安定供給とCO₂排出削減に向けた取り組みの1つの案を図8にまとめて見た。まずは、民生・産業部門での一層の省エネ努力が重要であることは言うまでもないが、発電部門では高効率化による化石燃料の消費量の削減と、再生可能エネルギー及び原子力の利用の維持・拡大、そして運輸部門も含めた電化の促進と言ったものである。

そして現在政府の指導の下で、図9に示す対応が進められている。この中で電力の安定供給と効率的利用のための系統運用の重要性は今更言うまでもなく、火力発電の高度化による安定電源の確保と、再生可能エネルギーの有効活用のための再生エネの選択と集中、そして必ずセットで考えなければならない蓄エネ技術の開発と導入、更には2国間取引を前提とした海外での「3E+S」の支援と言った

ものが極めて重要と考える。

さて、そこで次世代火力に求められるイノベーションとして、少し具体的なものを見てみよう。図10は資源エネルギー庁が2015年に策定した「次世代火力発電の早期実現に向けたロードマップ」である。政府のエネルギー基本計画に掲げられた2030年の電源を確保する目的で、その柱となっている天然ガスと石炭火力の高効率化を早期に実現するための根幹をなすものであり、私もこの協議会に参加させて頂いた。この中で天然ガスについては、ガスタービン複合発電（GTCC）の更なる高温化と、燃料電池を組合せたガスタービン燃料電池複合発電（GTFC）、いわゆる「トリプルコンバインド」。石炭火力については、先進超々臨界圧（A-USC）ボイラ・タービンや石炭ガス化複合発電（IGCC）の更なる高温化と、やはり燃料電池を組合せた石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）の早期

現在進められている主な対応策	
既設原子力発電の対応	安全な再稼働に向け産学官一体で努力し、国民の理解を得る
エネルギーミックス	石炭 ■ 天然ガス ■ 石油/LPG ■ 再生可能エネルギー
電力需給制御	電力需給制御 ■ 火力の負荷追従性の向上 ■ 揚水発電 ■ スマートコミュニティ等
CO ₂ 削減目標 (2013年比で 2030年に26%)	最悪は我が国の増加もやむを得ずか ■ 海外での3E+Sの支援(2国間取引等)
再生可能エネの有効活用方策	固定価格買取制度(FIT)の最適化 ■ 蓄電・蓄エネ(Pto G)技術の開発・導入
電源の集中と分散	大型火力発電所の強化・増強 ■ 分散電源増強
電力システム改革	高効率・低コスト化 ■ 老朽火力の更新 ■ IPP・自家発電促進 ■ コジェネ/ポリジェネ 広域系統運用の拡大 ■ 発電の自由化 ■ 送配電中立性確保 ■ 電力小売り自由化

図9 わが国電力の安定供給についての施策

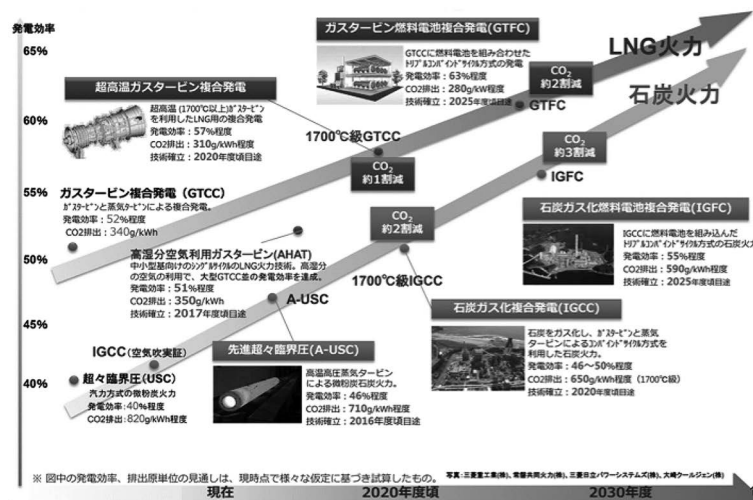


図10 次世代火力発電の早期実現に向けたロードマップ

の実用化が必須となっている。

IGCC は、高効率の GTCC を石炭火力に適用するものであり、その開発から実証そして商用展開へ向け、着実な技術開発によって既に2020年の福島復興プロジェクト等への展開が進められている。

そしてこのガス化の技術は、将来的には石炭ばかりでなくバイオマスなどの廃棄物も含めた多様な原料からの物質生産も可能であり、図11のようなポリジェネレーション技術によって、将来は再生可能エネルギー起源の石油代替クリーン燃料が製造される日も遠くないと考えらる。

さて、再生可能エネルギーの最大の課題は、それぞれの発電に適した場所（供給地）が世界的に偏在しており、且つエネルギーの消費

地（需要地）から遠く離れていることと、特に太陽光発電や風力発電の場合には、その発電量の安定性と制御性が極めて低いことである。そこで、このような課題を解決するために、図12に示すような Power to gas による在来型燃料の製造・貯蔵・輸送技術も必要となってくるであろう。この Power to gas による水素やメタン等の製造は、欧米では既に実証段階にあるが、特に水素のキャリアーとしてCO₂を利用するメタン合成の場合には、産業革命以降大きく崩れてしまった自然界のカーボンニュートラルを、工業的なアシストにより人工的にバランスさせると言う意味合いがあり、ネットゼロエミッションの実現が期待されていると考える。

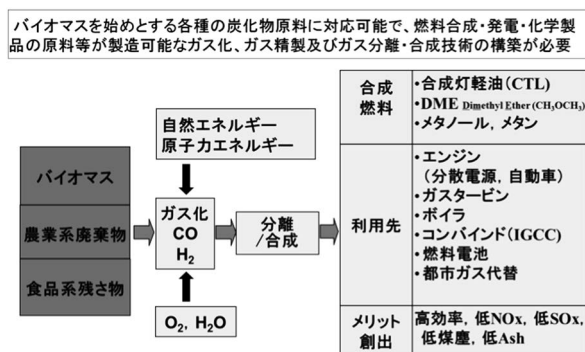


図11 石炭ガス化技術の応用・展開による石油代替燃料の創出

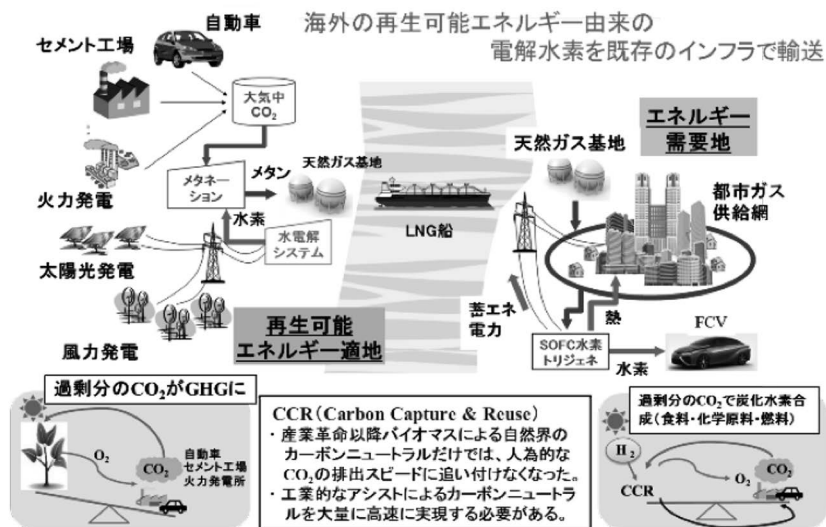


図12 Power to Gas（メタン合成）による在来型燃料の海外調達

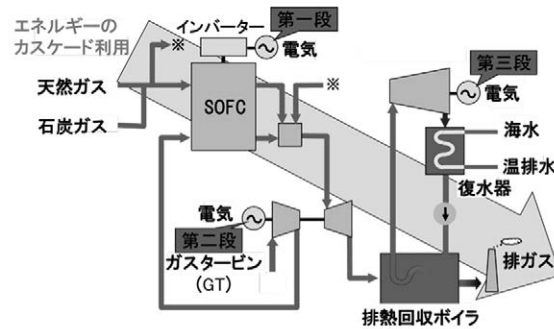


図13 将来の大規模発電トリプルコンバインドサイクルの概要

5. 次世代燃料電池 SOFC の最新動向

ここで「次世代火力発電の早期実現に向けたロードマップ」に掲げられた燃料電池 SOFC (Solid Oxide Fuel Cell: 固体酸化物形燃料電池) 関連の技術についても少し触れておきたい。

図13は、ロードマップの中の GTFC を示したものであり、従来の GTCC に SOFC をトッピングした発電技術である。燃料と排熱をカスケード利用することで無駄なく電気を絞り切ることから、最高効率の発電システムを実現することができる。また、この技術は将来 IGCC と複合させることで、石炭の更なる高効率利用にも大きく貢献することが期待されている。

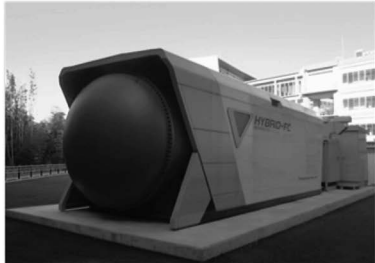
現在はその前段階として、SOFC とマイクロガスタービンを連携させた中規模容量の高効率発電ユニットの開発・実証が、図14に示

すように、三菱日立パワーシステムズ(株)等において進められており、業務用・産業用の分散電源としての早期の普及が期待されている。

6. 次世代のイノベーターを育てるために

最後に今回テーマとして取り上げた、変容する社会に対してイノベーションを起こすための意識改革に付いて、長く産業界で多くの貴重な経験をさせて頂き、今こうして学究に籍を置いている身として、思う処を少し述べたいと思う。

「日本では近年イノベーションが進んでいない」と言われているが、読者の皆さんは如何お感じであろうか。まず「イノベーション」という言葉は、1911年にオーストリアの経済学者ヨーゼフ・シュンペーターが定義したものであり、日本では一般的に「技術革新」と



250kW級SOFCハイブリッドシステム実証機

2015年3月より九州大学にて250kW級プロトタイプの実証運転を開始し、既に10,000時間を超えて順調に運転を継続中。2016年度にはNEDOプロとして国内4か所に実証機を設置して、2017年以降の市場投入に向けた実負荷環境下での運転実証を開始している。

仕様(計画値)	
機種	HYBRID-FC
出力	250 kW
効率	55 %LHV
外形寸法 (m)	[W]3.2 [L]9.5 [H]3.3



2015年度の機械学会賞(技術)と
グッドデザイン賞を同時受賞

(出所：三菱日立パワーシステムズ(株))

図14 SOFC マイクロガスタービンハイブリッドシステム

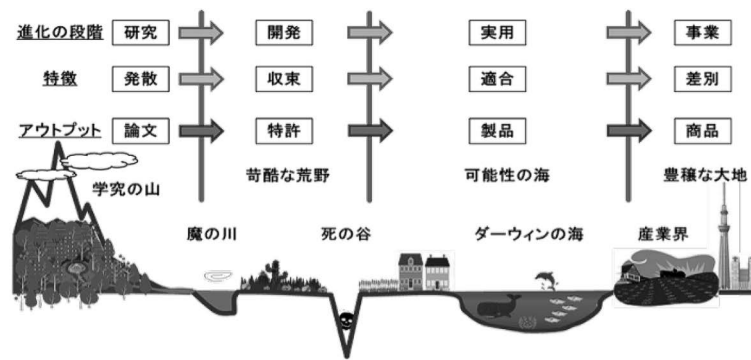


図 15 開発と事業化の進化

訳されている。シュンペーターは、イノベーションの主要な要素として、新しい製品、新しい生産法、新しい市場、新しい原材料、新しい組織の5つの導入が重要としている。しかし、それから1世紀を経た現在、この5大要素に更に「共感される新しい価値の創出」を加える必要があると考える。この新しい価値の創出は非常に難しいものであるが、正にこれこそが近年のわが国の製造現場に欠けているものではないかと考えるからである。

一方で、企業のモノ造りの現場で行われている開発行為はどうであろうか？ 図15は開発から事業化への流れを自分流にまとめて見たものである。

私自身は大学を卒業して企業へ入ると同時に、まずは図15の一番右側の「豊饒な大地」へ配属された。そこでは大先輩たちによって既に確立されたオーソドックスな商品を、確実に効率よくタイムリーに顧客へ送り出すことが求められるし、事業としての成否は他に対して如何に「差別化」できるかで決まる。

次に少し経験を積むと今度は「可能性の海」での仕事を託された。そこで開発されたばかりの製品を持って市場を廻り、使ってくれる顧客を探し、その反応を開発や製造の現場へフィードバックすることで、製品の完成度を上げて行くのであるが、そこで一番重要なことは実用化のために製品を市場の要求に「適合」させることだと考える。

そして最終的には「過酷な荒野」で開発を任された。具体的には燃料電池 SOFC システムの

開発である。ここで最も難しく苦しいことは、要素研究の限りない可能性の中から、限られた時間、限られた人員、限られた予算の中で、製品という1つの完結したアウトプットへ向かって、全てを「収束」させて行くということである。

これに対して現在は、図15の一番左側の学究に身を置いているが、ここでの活動は主に要素研究によって新しい可能性を見つけ出すことが重要であり、敢えて誤解を恐れずに極論するなら、「発散」型の活動と言うこともできるであろう。そこでは当然ながら失敗も貴重な成果であり、論文の題材となる。ここが学生と企業人の最大の違いであり、もう直ぐ社会へ巣立ってゆく学生には、彼らが将来戸惑わないように、この辺の意識の違いについても話をさせて頂くことがある。

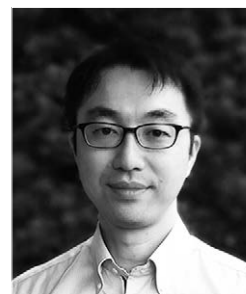
ただし、私自身が学究に身を置いて、色々な先生方のお話や活動を直接見聞きする機会を頂き、更に先ほどお話した新しい価値の創出こそが、これからのイノベーションの鍵であると言うようなことを考え合わせた時に、やはり学究で行われている要素的な取り組みが極めて重要なものである、と言うことに改めて気づいた。要は両方の意識を併せ持ち、バランスのある研究開発をスピーディーに進めて行くことが、イノベーションにとって何よりも重要なのであり、それ故に産学連携と言った取り組みをもっと実効ある形で強化して行く必要があると考える。

本稿が少しでも読者諸兄の今後の活動の役に立てるならば誠に幸甚である。

[寄稿]

家庭におけるエネルギー消費実態と省エネルギー

鶴崎 敬大 (株) 住環境計画研究所
取締役研究所長



1. はじめに

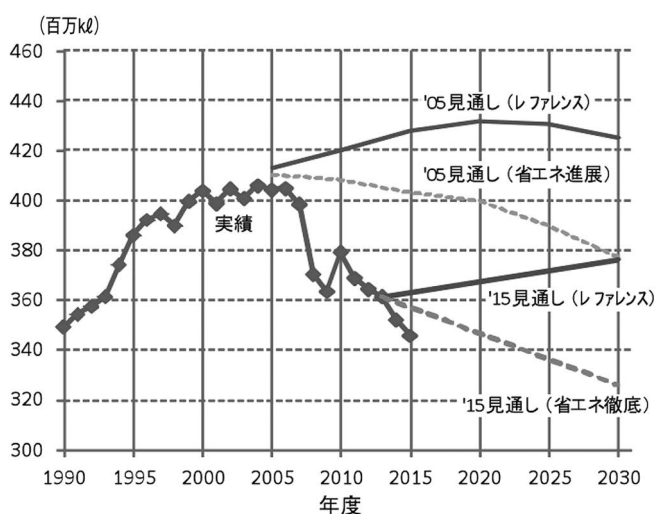
導入にしては長くなるのだが、本稿の主題である家庭用エネルギー消費の検討に入る前に、最終エネルギー消費量の推移を見ておきたい。

2005年に総合資源エネルギー調査会が示した長期エネルギー需給見通しでは、2030年度の最終エネルギー消費量はレファレンスケースで原油換算4.25億kl(2000年度比年率0.1%増)、省エネ進展ケースで3.77億kl(2000年度比年率0.3%減)であった。長期エネルギー需給見通しで、エネルギー消費量が長期的に減少する見通しが示されたのはこの時が初めてであり、大きな転換点であったといえる。

それから10年余りを経て、実績はどのよう

に推移したか。資源エネルギー庁発表のエネルギー需給実績によると、図1に示すように、2015年度の最終エネルギー消費量(速報)は3.5億klを下回っている。上記の省エネ進展ケースにおける2030年度見通しを既に下回っている訳である。過去に遡れば1990年度頃の水準である。

2005年度からの10年間には、リーマンショックによる産業活動への打撃や東日本大震災後の電力不足への緊急対応(節電)という、非常に大きなインパクトがあったため、エネルギー消費量の減少は当然であったといえる。しかし、2011年度以降は5年連続で対前年度比マイナスを記録し続けている。東日本大震災以降の電力不足がほぼ解消した後も、エネ



注1: 2015年度実績は速報値である。

注2: 2015年見通しのパスは明らかでないため、基準年度と目標年度を結ぶ。

(出所: 資源エネルギー庁「エネルギー需給実績」、資源エネルギー調査会「長期エネルギー需給見通し」より作成)

図1 最終エネルギー消費量の推移と見通し

ルギー消費量の減少傾向は落ち着くどころか加速しているように見え、2015年に策定された最新の長期エネルギー需給見通しにおける省エネ徹底ケース（2030年度3.26億kℓ）を達成するペースよりも速いペースである。

この傾向をどう解釈するかは、今後のエネルギー・気候変動政策を考えるうえで重要と思われるが、残念ながら簡単ではない。何らかの構造変化が生じているのかもしれないし、一時的な要因かもしれない。仮説があっても検証が難しい。エネルギー消費量の趨勢分析を行う際に常に課題となっているのが、データが不十分であることである。統計が実態を正確に捉えているかが議論にあることもあるが、そもそも統計が存在しない場合もある。

本稿で扱う家庭用エネルギー消費は長く統計が存在しない分野であったが、2012年以降、環境省が政府統計（一般統計調査）として2度の試験調査を実施した。試験調査による最終的な検証が終わり、2017年度から本格的な統計調査が実施されることとなっている。

筆者の所属する住環境計画研究所では2010年度からこの統計調査に係る業務を受託（2014年度以降は大手調査機関である株式会社インテージと共同で受託）し、統計調査の設計、実施、集計・分析を実施してきた。詳細は後述するが、環境省の統計の特徴は、家庭部門のエネルギー消費量（CO₂排出量）を把握するだけでなく、エネルギー消費量に影響を及ぼすと考えられる要因をできる限り多く把握することに努めている点にある。

本稿ではデータが不十分であるという問題意識を持ちながら、新しい統計の紹介を含め、家庭におけるエネルギー消費実態について検討したのち、近年、注目されている行動分野の省エネルギーの取り組み事例について紹介したい。

2. 家庭用エネルギー消費の推移

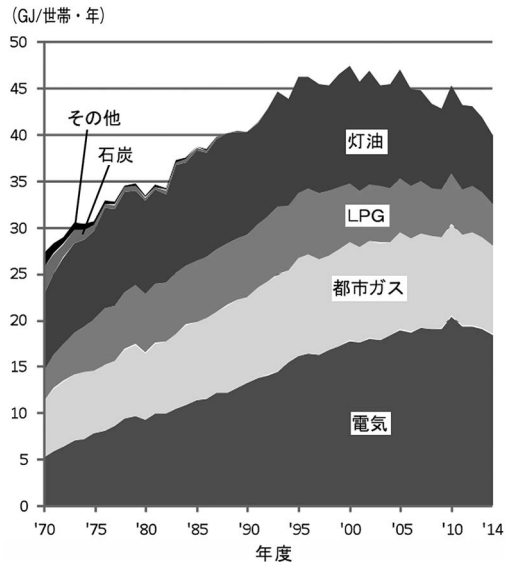
家庭用エネルギー消費について、すでに引用した資源エネルギー庁によるエネルギー需

給実績（総合エネルギー統計）に家庭部門の消費量が記載されているが、家庭用エネルギー消費に特化した統計は存在しなかった。総合エネルギー統計の家庭部門エネルギー消費量は、電力調査統計（経済産業省）、ガス事業生産動態統計（同）、家計調査（総務省）などのデータに基づき作成されている。

住環境計画研究所では1984年から家計調査などを基に、全国および9地域の世帯当たり家庭用エネルギー消費量を推計し、「家庭用エネルギー統計年報」としてエネルギー事業者等に毎年、提供してきた。総合エネルギー統計に対する特長として、独自推計による用途別エネルギー消費量を掲載していることが挙げられる。ここでいう用途とは暖房、冷房、給湯、照明・家電製品・他のことである。用途別エネルギー消費量の推計を行っているのは、エネルギー種別（電気、都市ガス、LPG、灯油）データの趨勢を見るだけでは、家庭におけるエネルギー消費の特性とその変化を理解することが困難であるからである。公的な統計が存在しない中で、このデータベースは一定の貢献をしてきたと自負しているが、世帯や住宅など属性別のエネルギー消費量も把握できないなど、やはり限界がある。

それでは家庭用エネルギー統計年報（2014年版）⁽¹⁾をから、世帯当たりのエネルギー消費量の推移を見てみよう。エネルギー種別の世帯当たりエネルギー消費量（2人以上の世帯の平均）の推移を図2に示す。世帯当たりの合計エネルギー消費量は1970年代の2回のオイルショック後に一時的に停滞したことはあったが、1990年代半ばまではハイペースで増加してきた。その後、伸びが緩やかになり、2000年度頃にピークに達した以後は減少傾向に転換している。2014年度の世帯当たりエネルギー消費量は40.0GJであり、エネルギー種別の内訳は電気46%、都市ガス24%、LPG11%、灯油19%である。趨勢をみると、電気の割合が上昇し、灯油の割合が低下している。2005年度を基準とする各年度のエネル

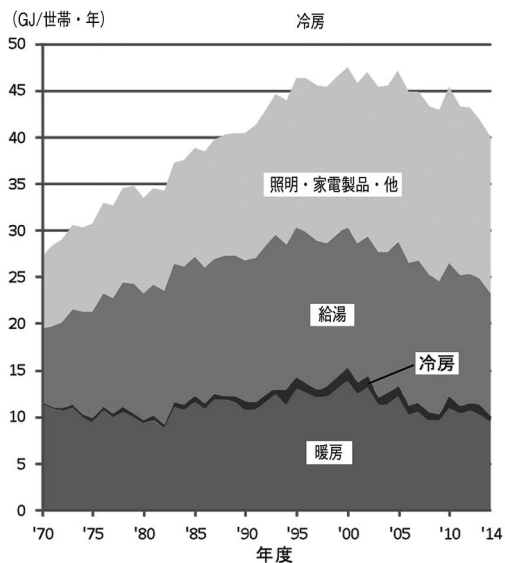
ギー種別エネルギー消費変化量を図3に示す。2014年度の合計エネルギー消費量は2005年度から7.1GJ（15％）減少している。エネルギー種によって減少の程度は大きく異なる。目立って減少しているのは灯油（4.3GJ減、37％減）とLPG（1.4GJ減、23％減）であり、これらで総量の減少量の8割を占める。電気は唯一



注1：単身世帯は含まない。（図6まで同様）
注2：電力は二次換算（1kWh=3.6MJである）（図6まで同様）

（出所：住環境計画研究所「家庭用エネルギー統計年報」2014年版，2016年1月）

図2 世帯当たりエネルギー種別消費量の推移

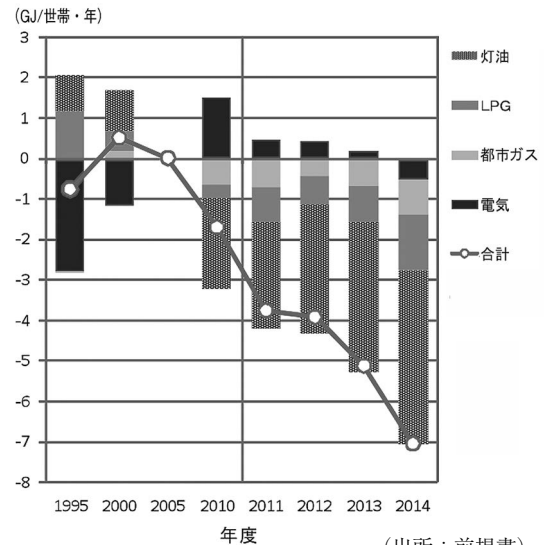


（出所：前掲書）

図4 世帯当たり用途別エネルギー消費量の推移

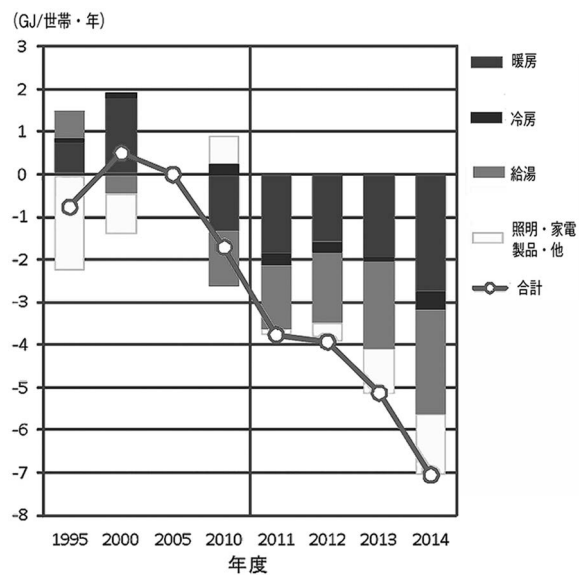
2013年度まで2005年度比でプラスであったが、2014年度にはマイナスに転じた。

用途別の世帯当たりエネルギー消費量の推移を図4に示す。2014年度の用途別の内訳は暖房24％，冷房2％，給湯33％，照明・家電製品・他42％となっている。趨勢をみると，照明・家電製品・他の割合が上昇し，暖房の割合が低下している。2005年度を基準とする各年度の用途別エネルギー消費変化量を図5に示す。2014年度に目立って減少しているのは暖房



（出所：前掲書）

図3 世帯当たりエネルギー種別消費量の変化（対2005年度）



（出所：前掲書）

図5 世帯当たり用途別エネルギー消費量の変化（対2005年度）

(2.7GJ 減, 22%減)と給湯(2.5GJ 減, 16%減)であり、これらで減少量の7割を占める。さらに暖房の減少の内訳をみていくと、これはほぼ灯油の減少で説明できる(図は割愛)。一方、給湯については、図6のように、灯油、都市ガス、LPGが減少し、入れ替わるように電気のみが増えている。2000年代に入って、高効率でエネルギーコストの安価な電気ヒートポンプ式給湯機(エコキュート等)が登場し、戸建住宅を中心に他のエネルギー源を代替していった結果である。ただし、給湯合計の減少はこれだけで説明できる訳ではなく、世帯人数の減少、ガス・灯油給湯器の高効率化、断熱浴槽や節湯器具(手元止水型シャワーヘッドなど)の普及なども寄与していると考えられる。

以上のように、世帯当たりのエネルギー消費量は近年、減少傾向にあり、エネルギー種には灯油とLPGの、用途別には暖房と給湯の減少量がそれぞれ多い。また、依然として世帯数は増加傾向にあるが、前述のように、エネルギー需給実績(総合エネルギー統計)に示されているように、家庭部門全体としてもエネルギー消費量は減少している。

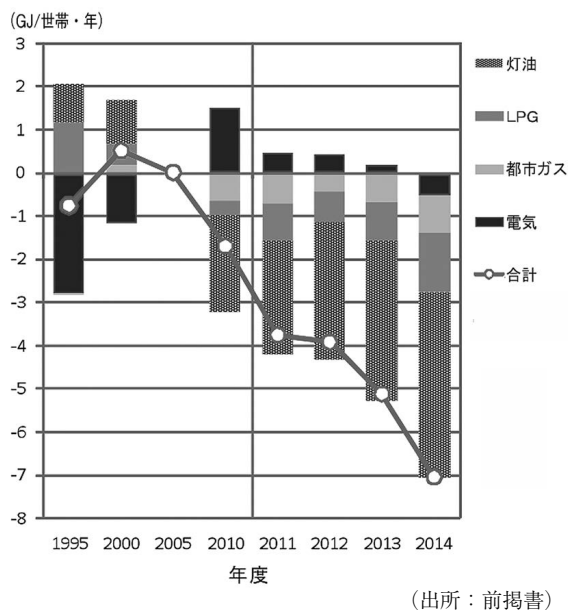


図6 世帯当たり給湯用エネルギー消費量の変化(対2005年度)

3. 環境省統計にみる家庭用エネルギー消費の構造

家庭用エネルギー消費に関する専用の統計は存在しなかったが、2012年10月～2013年9月に環境省が政府統計(一般統計調査)として「家庭からの二酸化炭素排出量の推計に係る実態調査 試験調査」を関東甲信地方と北海道地方で実施した。この調査は政府統計としてはまだ事例が少ないインターネット・モニター調査(以下「IM調査」)であった。続いて2014年10月から2015年9月の1年間を調査期間とする全国試験調査が実施された。その名の通り、対象地域は全国に拡大され、10の地方で16,000世帯以上を対象に実施され、有効世帯数は目標8,000世帯を大きく上回る11,000件以上となった。全国試験調査ではIM調査だけでなく、住民基本台帳から無作為に抽出された世帯に調査員が訪問して依頼し、訪問や郵送で調査票を回収する方式(調査員調査)も採用された。

本統計調査では、家庭のCO₂排出(エネルギー消費)の構造を詳細に把握するため、1年間の各月のエネルギー種別消費量に加えて、世帯属性、住宅属性、使用機器の数量・種類および主要機器の使用時間、暖房や給湯(入浴等)、調理の使用状況、さらに省エネルギー行動の実施状況が調査事項となっている。対象のエネルギー種は電気、都市ガス、LPG、灯油だけでなく、自動車用燃料であるガソリンと軽油を含んでおり、車両の使用状況も調査されている。これは家庭における自動車用燃料消費実態も十分に把握されていないという問題意識があったことと、将来、電気自動車やプラグインハイブリッド車の普及によって、家庭の電気の使用量に自動車用が含まれるようになる可能性が考慮されたためである。また、当然ながら太陽光発電も調査対象であり、発電容量と各月の発電量と売電量が調査されている。

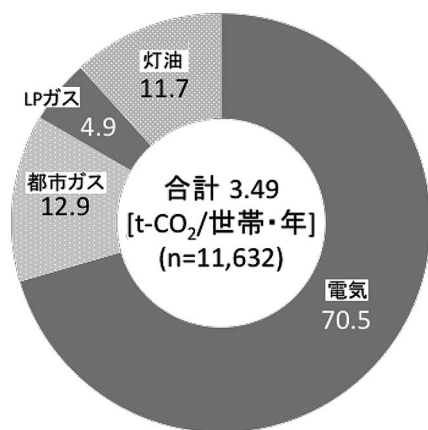
調査は12カ月間にわたり、毎月、実施する方式が採用された。過去1年間のエネルギー消費量を一括して調査することは可能である

が、使用量の記録（検針票など）を保存していない世帯も多く、有効回収率がかなり低くなることが予想されたためである。他方で、12カ月間継続して調査に協力していただくことは調査世帯にとって負担であり、途中での脱落による回収率の低下が懸念されたが、回収率を維持する取り組みにより、計画以上の回収が実現している。

調査結果の概要は環境省のホームページで、統計表は政府統計の総合窓口（e-Stat）のホームページでそれぞれ公開されている。全国試験調査の統計表はIM調査、調査員調査およびこれらの2種類の調査結果を統合して集計し

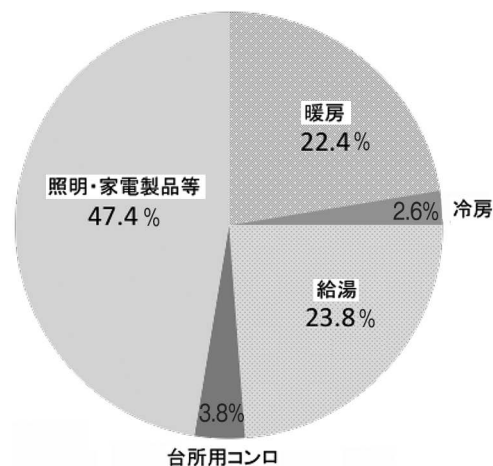
た結果（統合集計）の3種類が、同じ構成で公表されている。

全国試験調査の統合集計⁽²⁾に基づき、世帯当たりCO₂排出量の集計結果の一部を紹介しよう。まず、全国平均の世帯当たりCO₂排出量は図7に示す通り、3.49t-CO₂/年であった。エネルギー種別の内訳は電気が70.5%を占め、以下、都市ガス12.9%、灯油11.7%、LPG4.9%となっている。用途別のCO₂排出構成比をみると、図8に示す通り、照明・家電製品等が47.4%で約5割を占め、以下、給湯23.8%、暖房22.4%などとなっている。住宅の建て方別にみると、図9に示す通り、戸建住宅に住む世帯



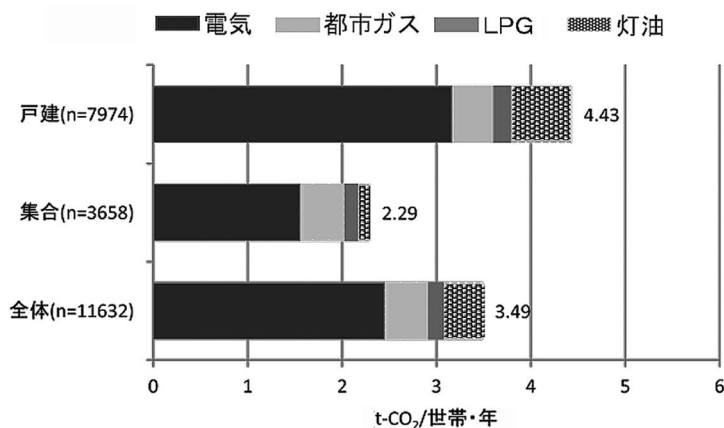
（出所：環境省「家庭からの二酸化炭素排出量の推計に係る実態調査 全国試験調査（確定値）＜統合集計（参考）＞」，2016年6月）

図7 世帯当たり年間CO₂排出量とエネルギー種別構成比



（出所：前掲書）

図8 世帯当たり用途別CO₂排出構成比



（出所：前掲書）

図9 世帯当たり年間エネルギー種別CO₂排出量（建て方別）

のCO₂排出量は集合住宅の世帯の1.9倍になっている。戸建住宅と集合住宅では延べ床面積や世帯人数に大きな差があるが、集合住宅は外気に面している割合が小さい分、平均的な断熱性能に優れ、暖房用エネルギー消費量が少ない傾向がある。世帯類型別にみると、図10に示す通り、単身世帯のCO₂排出量は夫婦と子の世帯の4割から5割の水準であり、また、高齢世

帯の方が若中年世帯に比べCO₂排出量が多い傾向がある。単身世帯でも高齢世帯は戸建住宅に住む割合が高く、日中の在宅率が高いことなどが原因と考えられる。

地方別に用途別のCO₂排出量を比較すると、図11に示す通り、地方間の差は主に暖房に起因していることがわかる。ここで、電気のCO₂排出係数（1kWh当たりのCO₂排出量）

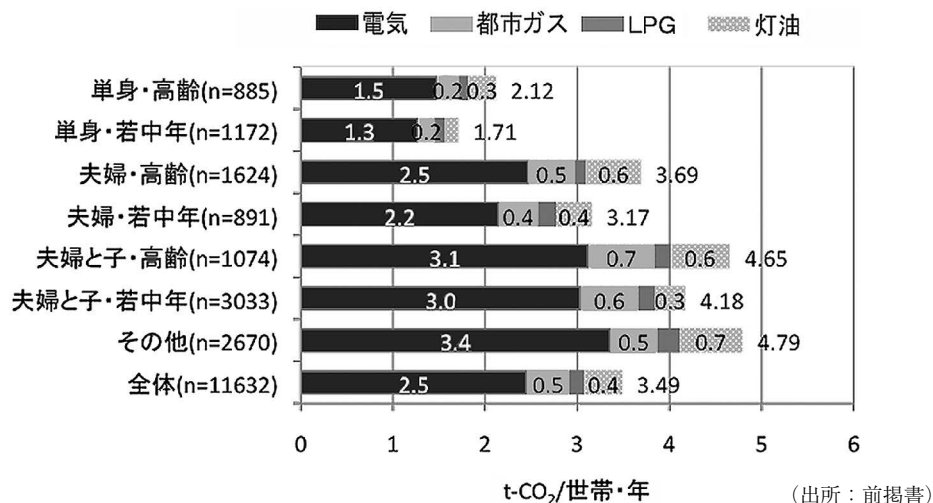


図10 世帯当たり年間エネルギー種別CO₂排出量（世帯類型別）

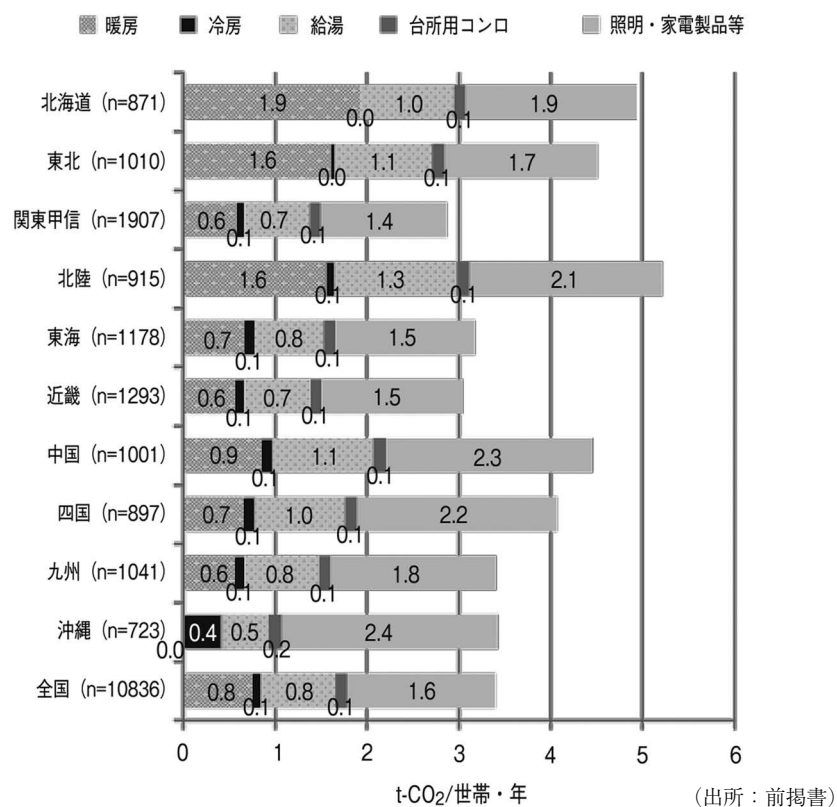


図11 世帯当たり年間用途別CO₂排出量（地方別）

は各地方の電力会社（旧・一般電気事業者）の実排出係数であるため、地方別のCO₂排出量の差には、電源構成の差も含まれていることに留意が必要である。電気のCO₂排出係数の影響を取り除いて比較する場合、エネルギー消費量の統計表を利用することができる。なお、支払金額の統計表も用意されている。

紙片の都合で紹介しきれないが、住宅の建て方と世帯類型をクロスした集計など、より細かい集計が行われている。また、世帯当たりのCO₂排出量の平均値だけでなく、CO₂排出量区分別の世帯分布も集計されている。月別値も集計されているため、CO₂排出量の季節変化を知ることでもある。

全国試験調査の結果のうち、筆者が特に注目しているのは住宅の建築時期別CO₂排出量である。2011年以降に建築された戸建住宅に住む世帯のCO₂排出量は、図12に示す通り、3.78t-CO₂/年であり、戸建住宅に住む世帯の平均より14.7%少なく、2006年から2010年に建築された戸建住宅に住む世帯と比べると21.9%も少ない。この原因として、LED照明の使用率が高いこと、電気ヒートポンプ式給湯機の使用率が高いこと、窓の断熱対策が進んでいること、太陽光発

電の利用率が高いこと、などが挙げられる。特にLED照明の使用率に大きな差が現れており、居間および居間以外の場所でLED照明を使用している割合が2011年以降の住宅では54%であり、2006～2010年の住宅の2倍となっている。住宅事業建築主（大手ハウスメーカーなど）に対する省エネ規制や東日本大震災以降の節電意識の高まりから、新築住宅ではLED照明の標準採用が急速に進んだと考えられる。

前述の通り、2017年度から本格的な調査として「家庭部門のCO₂排出実態統計調査」（略称：家庭CO₂統計）が開始される。名称は変わるが調査の規模、方法、内容は全国試験調査を概ね踏襲している。当面は毎年度実施される予定となっている。

4. 行動変容の促進による家庭の省エネルギー

家庭部門の省エネルギー対策は大きく住宅、機器、行動の3分野に大別される。住宅や機器の分野については省エネルギー基準の強化、ラベリングやインセンティブによる省エネルギー住宅・機器の導入促進などが着実に進められて

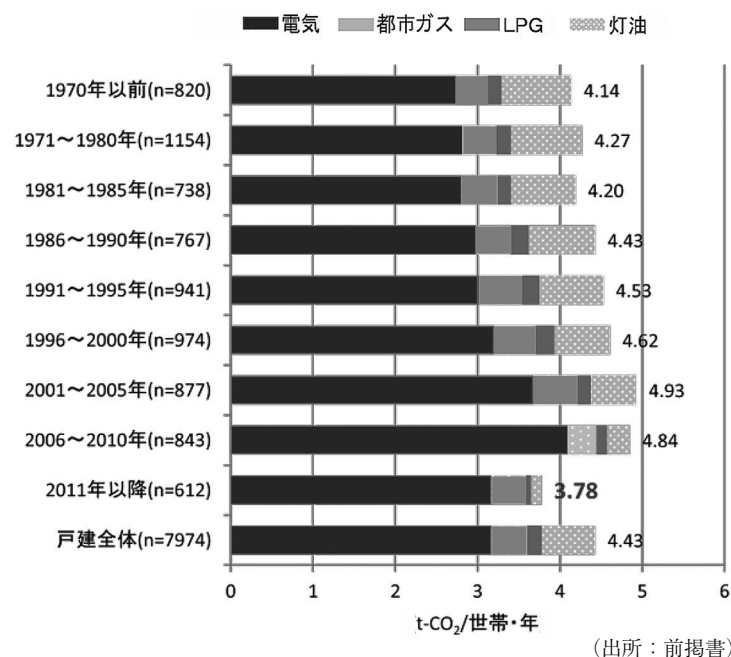


図12 世帯当たり年間エネルギー種別CO₂排出量（戸建住宅の建築時期別）

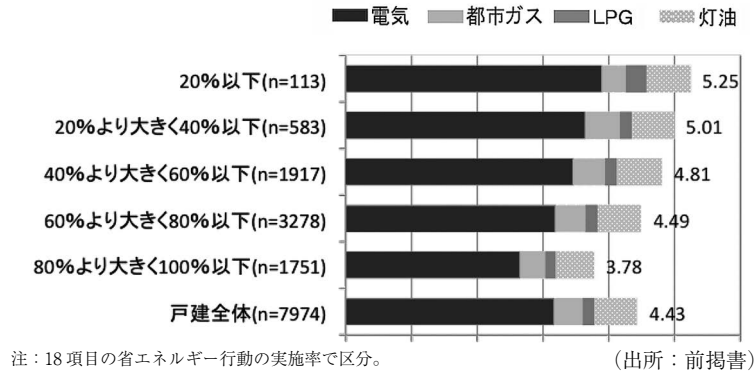


図13 世帯当たり年間エネルギー種別 CO₂ 排出量（戸建の省エネルギー行動実施率別）

きた。他方で行動分野については、消費者の意識向上をはかるための普及啓発の取り組みが進められてきた。省エネルギー行動の実施が CO₂ 排出量に及ぼす影響は大きく、図13に示すように、省エネルギー行動（18項目）の実施率が80%超の世帯では、平均より CO₂ 排出量が15%少ない（戸建住宅の世帯の場合）。米国でも行動変容による省エネルギーの余地は16～20%と評価されており、この分野の省エネルギーの推進が重要視されている。

住宅や機器の性能向上に関しては技術的な要素が大きいが、消費者の行動変容は心理的な要素が大きく、異なるアプローチが必要となる。人間の心理に注目して望ましい行動を促す試みは、米国の保健・医療分野における禁煙やダイエットのプログラムで発展し、現在では幅広い政策に应用されている。

米国では多くの州でエネルギー事業者に対し顧客の省エネルギーを義務づける制度があり、行動変容による省エネルギープログラムは費用対効果が高いと評価され、導入が進んでいる。その代表例が Opower 社（2016年にオラクルが買収し、現在はオラクルの一部門）が提供しているホームエネルギーレポートである。米国では通常、請求書に付随してエネルギーの使用明細が家庭に届けられるが、ホームエネルギーレポートは、請求書の内容を大幅に拡張したものである。具体的には、近隣の類似世帯のエネルギー消費量と比較し評価するコンテンツ、省エネ上手な世帯に比べて

エネルギー費がどの程度多いかを示すメッセージ、3通りの省エネのコツ（アドバイス）などが、両面1枚の紙に構成されている。このレポートを毎月、あるいは四半期に1回程度送付することによって、1.5～3.0%程度の省エネルギーが実現することが確認されている。

ホームエネルギーレポートには心理学や行動経済学などの行動科学の知見が複数取り入れられている。類似世帯とのエネルギー消費量の比較と評価は、省エネルギーが望ましいことであるという人間の社会規範意識に訴えている。「省エネすれば〇円お得です」と言われるよりも、「みんなやっています」と言われる方がその気になるという訳である。エネルギー費について言及するときに省エネ上手な世帯との差額を示すのは、人間が利益より損失の回避を重視する傾向を利用するためである。

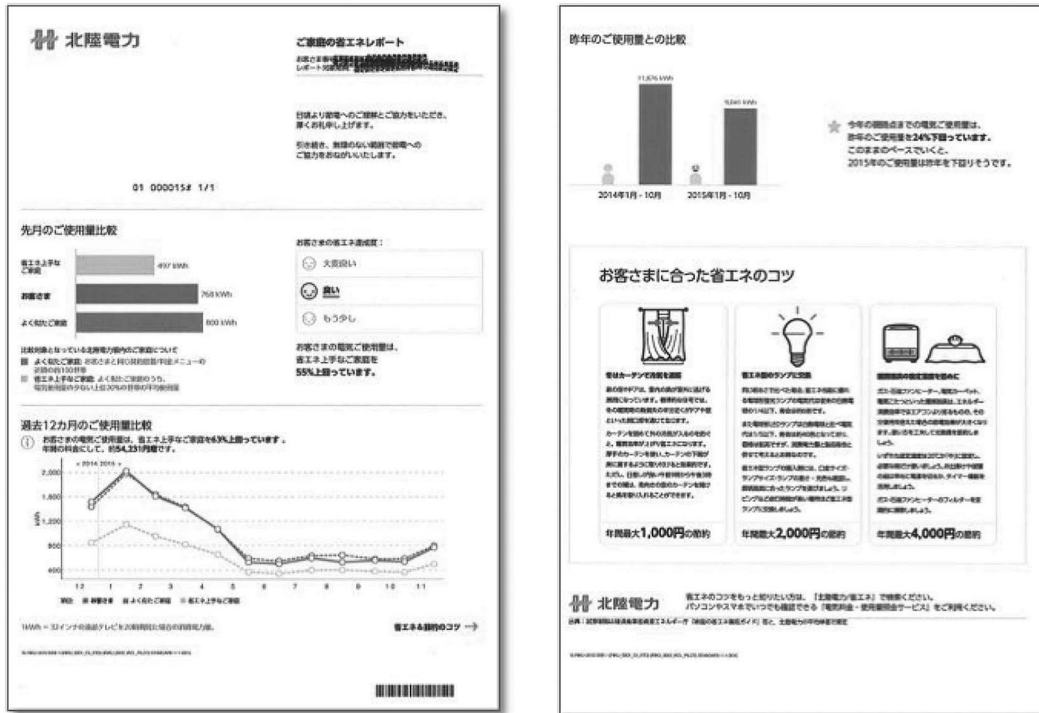
ホームエネルギーマネジメントシステムなどの装置を家庭に導入して省エネルギー行動を促す場合に比べ、レポートの送付は世帯当たりのコストが小さいため、多くの家庭を対象に実施できる。そのため世帯当たりの省エネルギー量は小さくても、全体としては大きな省エネルギー効果を挙げることができる。

より注目すべき点は、安価に大量に実施できるため、複数のバリエーションを導入し、それぞれの効果を測定、比較することでより良い内容に進化させていくことができることである。スマートメーターの普及に伴い、よりリッチなデータを使えるようになり、情報提供も紙だけ

でなくウェブサイトやE-mailを使用することができるようになってきたため、このような“A/Bテスト”は更に実施しやすくなり、情報提供の効果が改善されていくと考えられる。

ホームエネルギーレポートが米国とエネルギーの使い方が大きく異なる日本の家庭でも効果を発揮するかどうかに関心を抱いていたところ、2015年度に資源エネルギー庁の委託

事業⁽³⁾において、その評価を行う機会が得られた。住環境計画研究所はオーパワージャパン（当時）と共同で、北陸電力の協力を得て、**図14**に示す日本版のホームエネルギーレポートを2万世帯に送付する実験を実施した。調査期間の都合で送付回数は2回（2カ月連続）に留まったが、**図15**に示す通り、1回目で0.9%、2回目で1.2%の省エネルギー効果が確



<表面>

<裏面>

（出所：住環境計画研究所（経済産業省資源エネルギー庁委託事業）「平成27年度エネルギー使用合理化促進基盤整備事業（エネルギー使用状況等による家庭の省エネルギー行動変容促進効果に関する調査）報告書」，2016年3月）

図14 北陸地方における実験用ホームエネルギーレポート

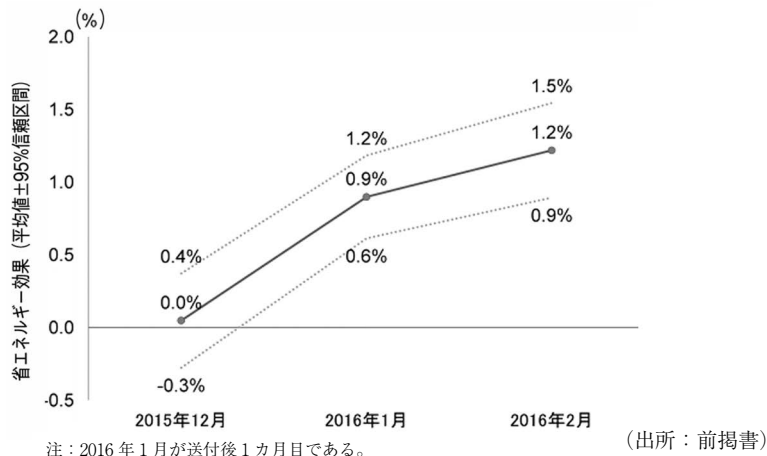


図15 ホームエネルギーレポートの省エネルギー効果

認された。これは統計的に有意な水準である。米国を中心に実施された過去のホームエネルギーレポートの事例によると、省エネルギー効果はレポート開始から1年程度をかけて徐々に上昇していく傾向にあり、北陸での2カ月目における省エネルギー率1.2%は高い方である。もし、送付を継続していれば、省エネルギー率は2%程度まで上昇していた可能性がある。

レポート送付対象世帯の一部(1,000人)に電話調査を実施した結果、82%の人がレポートを受領したことを認知しており、そのうち69%がレポート全体に目を通していた。レポートをまったく見ていないと回答した人は、受領を認知していた人の7%に過ぎなかった。また、レポートを読んだ人のうち67%は「レポートが電気使用量の削減を考えるきっかけとなった」と回答し、60%が「レポートをこれからも届けてほしい」と回答するなど、総じて受領者の印象は良好であった。

驚いたのはレポートを読んだ人の約半数が「『省エネのコツ』は役に立っている」と回答したことである。レポートには2回で計6種類の「省エネのコツ」が掲載されたが、「冬はカーテンをしよう」といった、ごく当たり前と思われる内容も含まれていた。ふだん省エネルギーをあまり意識していない人にとっては、簡単な取り組みでも省エネルギーにつながることを知り、自分にもできることがあると認識することで、行動を変える確率が上がると言われている。筆者は長年、この分野の調査・研究を続けるうちに知識が増え、また、意識の高い層に接する機会が多かったこともあり、「詳細で高度な情報が求められている」という偏った考えをいつの間にか持つようになっていたと反省した次第である。

米国では行動分野の様々な省エネルギープログラムが実施されており、プログラム実施者、エネルギー事業者、研究者らによるコミュニティが形成されている。BECC(行動・エネルギー・気候変動)カンファレンスでは毎年700人近い参加者が集まり、多数の事例が報告

されている。日本でもこれに倣い、産官学からの支援をいただきながら、研究会議 BECC JAPAN を2014年から毎年、開催し、省エネルギー・環境配慮行動の促進に関する研究・事例発表を通じた情報共有とコミュニティの形成を図っているところである。

5. おわりに

筆者は入社以来20年近く、主に官公庁や民間企業からの受託調査・研究という形態で、民生(家庭・業務)部門を中心とするエネルギー需要の調査・分析、省エネルギー技術および太陽エネルギー利用技術(太陽光発電、太陽熱利用)の評価を行ってきた。

調査・研究業務のなかで、必要なデータが存在しないために、関連統計や文献・ウェブ情報から参考になるデータを収集し、必要に応じて加工し、あるいは組み合わせて推計し、そうして得られたデータの信頼性を評価し、目的とする検討に使用することの妥当性を顧客に説明し、ようやく決定したデータをもとに計算を積み上げていくプロセスを繰り返してきた。適当な情報が見つからず、検討が進まないこともあった。

こうした作業は一種の職人芸であり、それが仕事だと考えていたこともあるが、やはり公的な統計が参照できると話は早い。まず、データを探すのが楽である。さらに公的な統計であれば一定の信頼をおくことができ、顧客も納得してくれる。必要な集計値が得られないことはあるが、オーダーメイド集計など徐々に柔軟な利用ができるようになっていく。研究者同士でも共通の前提となる統計があると、議論が進みやすい。言うまでもなく、統計は政策の基盤であり、マーケティングの基盤であり、研究・開発の基盤でもある。必要性を感じる人が一定数以上いれば、公的に整備するのが経済的である。

政府の重要な計画の改定のたびに、データ探しから始めるのでは時間の無駄である。環

境省の家庭 CO₂ 統計も万能という訳にはいか
ないだろうし、当面はさまざまな課題も残る
だろうが、家庭用 CO₂ 排出（エネルギー消費）
実態の重要なデータベースに育つことを期待
し、できる限りその発展に貢献していきたい
と考えている。

参考文献

- （１）住環境計画研究所「家庭用エネルギー統計年報 2014
年版」2016 年 1 月
- （２）環境省「家庭からの二酸化炭素排出量の推計に係る実
態調査 全国試験調査（確報値）＜統合集計（参考）＞」
2016 年 6 月
- （３）住環境計画研究所（経済産業省資源エネルギー庁委託
事業）「平成 27 年度エネルギー使用合理化促進基盤整備
事業（エネルギー使用状況等の情報提供による家庭の省
エネルギー行動変容促進効果に関する調査）報告書」
2016 年 3 月

米国の最新原子力規制動向～ NTTF の進捗状況～

藤井 貞夫（ 部長（副主席研究員） ）



1. 背景

2011 年 3 月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故（福島第一事故）に対する米国原子力規制委員会（NRC）の対応は迅速であった。2011 年 3 月 23 日に福島第一事故を受けて NRC は短期的評価タスクフォース（NTTF）を立ち上げ、90 日で報告を出すこととした。2011 年 7 月 12 日に提出されたタスクフォース報告書では今後検討すべき安全強化策として、表 1 に示す 12 の勧告が取りまとめられた⁽¹⁾。その後、6 カ月ごと（4 月と 10 月）に NTTF の活動状況のフォローアップが実施されることになった。

福島第一事故から 6 年が経過し、米国の短期的評価タスクフォースの活動を概観すると、この間、6 カ月ごとの定期報告が 9 回実施されてきたが、2016 年 4 月 5 日に公表された 9 回目の定期報告⁽²⁾においては、NTTF 勧告項目のほとんどが対応完了となっている。

NTTF の活動が最終段階に入ったこの時期をとらえて、米国の最新規制動向として、短期的評価タスクフォースの活動を経緯も含めてまとめたので報告する。

2. NTTF の進捗状況

表 1 に示す 12 の勧告項目は、規制体系の明確化、深層防護および規制プログラム見直しの 3 つに分類された。規制体系の明確化とは、NRC の規制がパッチワーク的な規制と言われ

ており、一貫性のある分かりやすい規制体系に見直すべきとの勧告である。また、深層防護の観点から、外部事象に対する防護の強化、緩和能力の強化および緊急時対応の強化に分けて 10 項目の勧告が出された。最後に、規制プログラム見直しとは、NRC の発電所監視の強化のことである。これらの 12 の勧告のうち、5 つが長期的検討項目とされた。

2011 年 10 月 3 日に、NRC スタッフは、タスクフォース勧告の優先順位付けを行い⁽³⁾、緊急性の高い勧告から順に Tier 1 ～ Tier 3 に分類するとともに、6 項目の追加検討事項（格納容器フィルターベント、地震モニタリング計測機器、緊急時計画区域（EPZ）の範囲の根拠、10 マイル以上のヨウ化カリウムの事前配布、使用済燃料の乾式貯蔵キャスクへの移送、最終ヒートシンク喪失（LUHS））を提案した。2011 年 10 月 18 日に、委員会はスタッフ提案を承認するとともに、全交流電源喪失（SBO）と緊急時手順の統合については規則制定に向けて検討するように指示した⁽⁴⁾。2011 年 12 月 15 日に、委員会は NRC スタッフによる優先順位付けを承認し、各種安全対策の検討を進めるよう指示した⁽⁵⁾。

2012 年 3 月 12 日に Tier 1 の項目について、① Order（命令）（EA-12-049⁽⁶⁾、EA-12-050⁽⁷⁾ / EA-13-109⁽⁸⁾、EA-12-051⁽⁹⁾）、② Request for Information（情報要求）（NTTF2.1, 2.3, 9.3 など）、および③ Rulemaking（規則制定）（NTTF4.1, 8, 9.4 など）の検討を発出した。

その後、NRC スタッフおよび ACRS

表1 NTTF での12の勧告事項（2011年7月時点）

項目		勧告番号	勧告内容	SubSc	Tier
規制体系の明確化		1	論理的で体系化され、かつ一貫性のある規制体系を構築し、深層防護とリスクへの考慮を調和させた適切な防護を実現する。	1.1 1.2 1.3 1.4	
深層防護	外部事象に対する防護の強化	2	運転中の各原子炉に関して、設計基準地震や設計基準洪水に対する構造物，系統，機器の防御を再評価し，必要に応じて強化する。	2.1 2.2 2.3	1 3 1
		3	長期的検討項目として，地震により誘発された火災や洪水を防止，緩和する能力の強化可能性について評価する。		3
	緩和能力の強化	4	設計基準事象および設計基準を超える外部事象に対して，全ての運転中および新規の原子炉における全交流電源喪失に対する緩和能力を強化する。	4.1 4.2	1 1
		5	BWR の Mk-I, Mk-II 型格納容器に対して，信頼性の高いハード・ベント設計を規制要件化する。	5.1 5.2	1 3
		6	長期的検討項目として，福島第一事故に関する今後の追加情報を考慮し，格納容器および他の建屋内の水素蓄積の制御と緩和措置に関して考察する。		3
		7	使用済燃料プールへの水補給能力と計装設備を強化する。	7.1 7.2 7.3 7.4 7.5	1 2 2 2 2
		8	現場での事故対応能力に必須の「緊急時操作手順（EOP）」，「過酷事故管理指針（SAMG）」，「大規模損傷緩和指針（EDMG）」の内容を充実し，統合化する。	8.1 8.2 8.3 8.4	1
	緊急時準備（EP）の強化	9	施設の緊急時対応計画が長時間の全交流電源喪失と複数基の同時事故に対応する内容を含むことを規制要件化する。	9.1 9.2 9.3 9.4	3 3 1,2 1
		10	長期的検討項目として，長時間の全交流電源喪失と複数基の同時事故に対する追加的な EP の必要性について検討する。	10.1 10.2 10.3	3
		11	長期的検討項目として，意思決定プロセス，放射線モニタリング，公衆への教育に関する EP を推進する。	11.1 11.2 11.3 11.4	3
規制プログラム見直し		12	事業者の安全確保状況に対する規制側の監視（ROP）を，推奨される深層防護の枠組みに基づく深層防護の要件に重点を置いて強化実施する。	12.1 12.2	3 3

（注：■は長期的検討項目）

（Advisory Committee on Reactor Safeguards）の勧告により、以下の項目の追加および関連性の深い項目の統合がなされた。

- （Tier 1）フィルタリングと閉じ込めの戦略／格納容器の防護と放出低減（CPRR）⁽¹⁰⁾
- （Tier 2）洪水および地震以外の自然外部ハザードの再評価⁽¹¹⁾
- （Tier 3）設計基準を超える条件に耐えられる原子炉および格納容器計測機器⁽¹²⁾

- （Tier 3）緊急計画地域の大きさの根拠⁽¹²⁾
- （Tier 3）10マイル以遠のヨウ化カリウムの事前配布⁽¹²⁾
- （Tier 3）使用済燃料の乾式貯蔵キャスクの早期搬送⁽¹³⁾
- （Not in a Tier）全米科学アカデミー（NAS）の勧告に対する対応⁽¹⁴⁾
- （Not in a Tier）発電炉以外の規制施設に対する教訓の適用性検討⁽¹⁴⁾
- （Not in a Tier）事故当時の日米の規制要件の比較検討⁽¹⁴⁾

- (Not in a Tier) 国際機関との協力⁽¹⁴⁾
- 最終ヒートシンクを追加項目として、NTTF 21, 23, 4.1, 4.2の活動に一部に包含することになった⁽¹⁵⁾。
- NTTF 勧告のうち、4, 7, 8, 9.1, 9.2, 9.3 (一部), 94 (ERDS の刷新), 10.2 (複数基同時発生および長期 SBO の備えた EP), 11.1 (その他の EP 上の考慮点) の統合化して、「設計基準を超える事象の緩和」(MBDBE) として規則制定へ⁽¹⁶⁾

2015 年 10 月 29 日に Tier 1 については順調に進行していることから、NRC スタッフは優先順位の低い問題について委員会へ提案した。その内容は、Tier 2 と Tier 3 項目を、即座に

終了を勧告するもの、終了を勧告するがステークホルダーからの意見を求めるもの、および NRC による追加措置を検討すべきものの 3 つのグループに分けた。2 つ目のグループの評価を 2016 年 3 月までに、3 つ目の評価を 2016 年末までに完了することとした⁽¹⁷⁾。

2016 年 6 月 22 日⁽¹⁸⁾, 2016 年 12 月 29 日⁽¹⁹⁾ および 2017 年 1 月 30 日⁽¹⁴⁾の活動報告を基に、NTTF 勧告項目の最新の状況を表 2 にまとめる。上述した Tier 2 および Tier 3 のグループ 3 に分類された 3 項目 (洪水および地震以外の自然外部ハザードの再評価, 自然ハザー

表 2 NTTF 勧告に対する規制の対応状況 (2017 年 1 月時点)

項 目	NTTF Tier No.	規制の対応状況
設計基準を超える事象を扱うより良い規制枠組の策定	NTTF 1 Tier 3	完了
ハザード再評価とウォークダウンに最終ヒートシンクを含む。長期 SBO に対処する戦略と合せて最終ヒートシンク喪失を含む。設計基準を超える外部事象に対処する措置と合せて通常の最終ヒートシンクへのアクセス喪失を扱う	NTTF 2.1, 2.3, 4.1, 4.2 との関連 Tier 1	完了
完了最新の要求, ガイダンスと設計基準に対する地震と洪水ハザードの再評価	NTTF 2.1 Tier 1	スケジュール通り
地震・洪水ハザードの定期的確認	NTTF 2.2 Tier 3	Staff の終了勧告に対して委員会がレビュー中
既存の地震・洪水の設計基準の遵守を検証するため地震・洪水防護ウォークダウンの実施	NTTF 2.3 Tier 1	完了
地震によって誘発される火災と洪水の防止あるいは緩和する潜在的能力の強化	NTTF 3 Tier 1, Tier 3	完了
緩和戦略を通じて長期 SBO 全期間のプラント安全を保持する能力の要求を法制化する規則制定	NTTF 4.1 Tier 1	MBDBE 規則制定段階
設計基準を超える外部事象を緩和するため 3 フェーズアプローチを準備	NTTF 4.2 Tier 1	完了
BWR MK I&II 格納容器の信頼できる強化バントシステムの準備	NTTF 5.1 Tier 1	完了
BWR MK I&II 格納容器に対するフィルター機能と追加的シビアアクシデント性能要求を評価	Staff item Tier 1	完了
その他の格納容器設計に対する信頼できる強化バント	NTTF 5.2 Tier 3	完了
格納容器内及びその他の建屋での水素制御と緩和	NTTF 6 Tier 3	完了
使用済燃料プールの信頼できる水位表示を準備	NTTF 7.1 Tier 1	完了
事業者信頼できる使用済燃料プール補給水能力を準備するよう要求	NTTF 7.2-7.5 Tier 2	完了
総合的な敷地内緊急時対応方法, 手順, 訓練及び演習の要求	NTTF 8 Tier 1	MBDBE 規則制定段階
複数基事象に対応するスタッフ配置の検討を実施、長期 SBO 全期間の通信機器の電源とその結果を NRC に通知の強化の評価	NTTF 9.3 (一部) Tier 1	完了

複数基の線量評価、複数基で長期にわたる SBO シナリオに対する定期的訓練と演習、十分な緊急時準備資源を保証することに加えて敷地外の資源の認識と獲得の実習を扱う緊急時計画の改訂要求	NTTF 9.3 (一部) Tier 2	完了
Tier 1, 2, 3 の EP 活動 (9.1, 9.2, 9.3 (一部), 9.4, 10.2, 11.1) を MBDBE 規則制定で扱う	NTTF 9.1, 9.2, 9.3 (一部), 9.4, 10.2, 11.1 Tier 1, 2, 3	MBDBE 規則制定段階
長期 SBO 及び複数基事象に対する EP 強化	NTTF 9-11 Tier 3	完了
緊急時対応データシステム (ERDS) 能力	NTTF 9-11 Tier 3	完了
長期 SBO 及び複数基事象に対する追加的 EP	NTTF 9-11 Tier 3	完了
意思決定、放射線監視及び公衆教育に対する EP	NTTF 9-11 (11.3 を除く) Tier 3	完了
リアルタイム放射線モニタリングの有効性評価	NTTF 11.3 Tier 3	Staff の終了勧告に対して委員会がレビュー中
複数基サイトの監視能力を保証する ERDS の刷新を 2012 年 6 月までに完了	NTTF 9.4 Tier 1	完了
勧告された深層防護の枠組みを反映する原子炉監視方法の修正	NTTF 12.1 Tier 3	完了
シビアアクシデントのスタッフ訓練及びシビアアクシデント管理指針に関する駐在検査官の訓練	NTTF 12.2 Tier 3	完了
最新の要求、ガイダンスと設計基準に対する、洪水及び地震以外の自然外部ハザードの再評価	ACRS item Tier 2	Staff の終了勧告に対して委員会がレビュー中
設計基準を超える条件に耐えられる原子炉及び格納容器計測機器	ACRS item Tier 3	完了
緊急計画地域の大さの根拠	Staff item Tier 3	完了
10 マイル以遠のヨウ化カリウムの事前配布	Staff item Tier 3	完了
使用済燃料の乾式貯蔵キャスクの早期搬送	Staff item Tier 3	完了
NAS の勧告に対する対応	Staff item Not in aTier	完了
発電炉以外の規制施設に対する教訓の適用性検討	Staff item Not in aTier	完了
事故当時の日米の規制要件の比較検討	Staff item Not in aTier	完了
国際機関との協力	Staff item Not in aTier	継続中

(注：参考文献 (14) (18) (19) を基に再構成。■ は、当初の NTTF 勧告にない項目)

ドの定期的確認およびリアルタイム放射線モニタリングの有効性評価) については、NRC スタッフの終了の承認勧告に対して、現在、委員会のレビュー中である。また、NTTF4.1, 8, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 10.2 および 11.1 については、MBDBE として規則制定の提案がされており、2017 年には委員会の承認を得て、2018 年には連邦規則に組み込まれる見通しである。

3. 地震の再評価 (NTTF2.1)

ここでは、12 の NTTF 勧告の中から、地震の再評価 (NTTF2.1) を取り上げて、これまでの進捗状況をまとめる。

NTTF2.1 は、安全性の改善が必要かを決定するために最新の情報を用いて潜在的な地震影響の再評価を要求するものである。2012 年

11月16日にNRCは地震マージン評価に関する暫定スタッフ指針を出した(JLD-ISG-2012-04)。2012年11月に産業界はスクリーニング、優先順位付けおよび実施に関する指針を提案し(EPRI Report 1025287)、2013年2月15日にNRCはこれを承認した。2013年4月に産業界は地震再評価の強化アプローチの指針を提案し、2013年5月7日にNRCはこれを承認した。

地震リスクの再評価作業では、スクリーニング評価とさらに詳細なPRA評価、また耐震工事が必要かどうか判断する早急評価(Expedited Evaluation)というように、重要度や緊急度に応じて評価内容と期限が設定されている。またPRA評価が必要になったプラントは、第1グループと第2グループに分けられて期限がそれぞれ設定された。強化アプローチにおいても新知見のある米国中部・東部(ロッキー山脈より東側(CEUS))がより優先度が高いとして、米国西部とは異なる評価期限が設けられている。2014年2月20日に、NRCは産業界へ地震再評価の提出内容に関する文書を発出した。2014年3月31日までに、事業者は米国中部・東部の61サイトの地震リスク評価に関する文書を提出した。2014年5月9日に、NRCはこのうち17サイトは範囲を限定した評価あるいはさらなる評価は不要とし、残りの44サイトを3つのグループに分けた。44サイトのうち、グループ1とグループ

2の21サイトは更なるPRA評価が必要とされ、それぞれのPRA実施期限が決められた。これは、最近、米国地質調査所による米国中部・東部の地震ハザードデータが更新されたことを反映したものである。

なお、グループ1の10サイトは、図1に示すように、2017年6月30日までに、グループ2の11サイトは、2019年12月31日までに地震リスク評価を提出しなければならない。地震リスクが低いグループ3の23サイトは、2020年12月31日が提出期限となっている。米国西部(WUS)の3つのサイト(Diablo, Columbia, Palo Verde)については、スクリーニング結果を2015年3月末までに、迅速評価手順の報告を2016年1月までにすること、その設備改造の完了を2018年6月までに実施することになっている。

スクリーンアウトされた地震ハザードの低い5つのサイト(Comanche Peak 1&2, Grand Gulf 1, St. Lucie 1&2, South Texas 1&2 and Turkey Point 3&4)がNTTF2.1の地震情報要求を完了している。

2014年12月には、該当するCEUSの34サイトのうち33サイトの事業者は早期地震評価プロセス(ESEP)の報告を提出し、必要があれば、現在の認可のベースとなる基準安全停止地震よりも大きな地震ハザードを扱うことを計画した。2014年10月28日付の文書によって、Cooperが提出したGround Motion

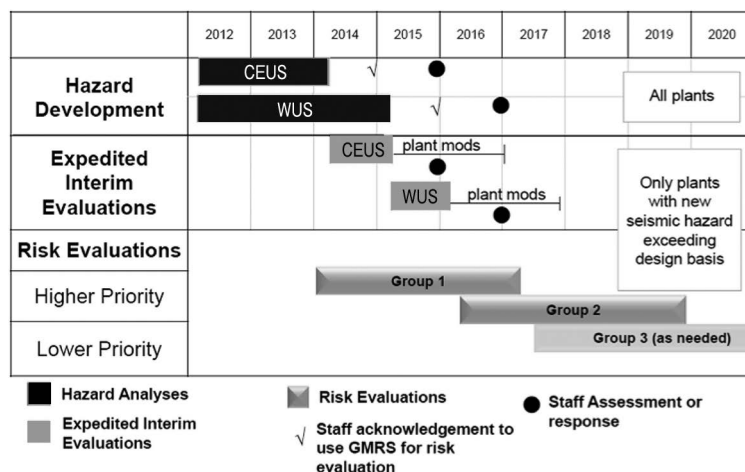


図1 地震リスク評価のスケジュール

Response Spectra (GMRS) とスタッフの予備的 GMRS との相違が未解決のため、Cooper は地震リスク評価を実施するためにスクリーニングを行い、ESEP を提出すべきであると結論した。NRC スタッフは、2015 年 5 月 1 日の ESEP 提出期限を承認した。なお、Cooper は ESEP を提出すべき最後のサイトである。

その後、CEUS の 2 サイト (Cooper, H.B. Robinson) のハザード報告書の改訂が要求された。Cooper は NRC スタッフが同定した事業者のハザード計算の技術上のエラーを修正し 2015 年 2 月に再提出、H.B. Robinson は地球物理学データとハザード情報を更新し 2015 年 7 月に再提出している。

6 プラント (Arkansas 1&2, Byron 1&2, Fort Calhoun 1, Millstone 2&3, Salem 1&2, Susquehanna 1&2) については、ESEP 報告の完了させることに対する軽減の要請があった。

この要請は、従来の外部事象に対する個別プラント検査評価で GMRS を超える能力を実証したことに対して評価を行わないという意図に基づくものである。それ故に、これらの事業者は、ESEP はそれほど安全への恩恵はないと断言している。2014 年 12 月 15 日付で、NRC は事業者の評価に同意し、ESEP を実施しない理由が十分であることを正当化することを認める通知を決定した。

NRC スタッフは、ESEP 報告のレビューを開始した。ESEP 報告には、全交流電源喪失および最終ヒートシンクへのアクセス喪失の条件下で、プラントを安全に停止するために使用される一次系の緩和戦略、系統と機器を考慮している。事業者は、プラントが追加的な地震マージンを持っていることを確認するか、あるいは長期評価で地震対処能力を強化するための改造計画をリスト化する。33 事業者のうち、13 事業者はプラント改造を行うことを約束した。

NRC スタッフは、CEUS サイトのスクリーニングと優先順位のレビューを完了した。地震リスク評価では条件付きのスクリーニング

である。このレビューに基づき、59CEUS サイトのうち 31 サイトが地震リスク評価を実施する予定である。限定された範囲で高頻度評価 (例: 継電器の影響) が 54 サイトで実施され、使用済燃料プール評価が 42 サイト、低頻度評価 (例: 貯蔵水タンクの影響) が 2 サイトで実施される予定である。

地震リスク評価を実施しようと計画している事業者をサポートするために、NRC スタッフは 2014 年 12 月 10 日付の指針文書を発出した: ① 2014 年 3 月の地震ハザード報告の予備的レビューが地震リスク評価の開発に使用するのに適切であるかどうかを事業者へ通知、② 事業者の地震リスク評価のレビューをサポートする NRC スタッフとの期待事項の調整、③ 承認された指針を使用し、地震リスク評価に影響する変化が提出前に考慮される場合に NRC スタッフへ速やかに通知する事業者を奨励。さらに、2014 年 5 月 9 日の文書に合せて、CEUS サイトに対して、事業者の暫定評価報告と比較的に低いハザードの事業者が地震評価を実施するかどうかを決定するための有効な情報をレビューし、スタッフ評価を発行している。

2015 年 3 月 12 日に NRC は、福島第一事故後の対応の一環として、ロッキー山脈以西に立地する 3 サイト (Columbia, Diablo Canyon, Palo Verde) の事業者から発電所毎の最新の地震リスク評価情報を受領した⁽²⁰⁾。それらは、①地震が起り得る地点、②地震動の地層への伝わり方、③地震動が原子炉建屋に伝わる前にサイトの地層に及ぼす影響、などのデータを使って評価されたものである。2015 年 5 月 13 日に NRC は、WUS に位置する Columbia および Diablo Canyon 原子力発電所の事業者に対して、2017 年 6 月末までに最新の地震リスクに関して詳細な分析を実施するように指示した⁽²¹⁾。NRC が地震リスク評価情報をレビューした結果、3 発電所とも当初設計の想定を超えるハザードに対する安全裕度が備わっていたが、今回の 2 発電所に対する追加分析によって、よ

り恒久的な処置が必要と判断されれば、適切な対応を事業者に求めるとしている。Palo Verdeについてはさらに審査を進め、詳細分析が必要という結論が出れば2020年12月31日までに作業を完了しなければならないとした。

2015年10月27日に、NRCは、全米の原子力発電所で実施している地震リスクの再評価日程を早め、予備選別審査で地震確率論的リスク評価（SPRA）を行うべきと判定した33サイトのうち20サイトに対して、当初予定より1年前倒しの2019年12月末までに同評価を完了するよう指示する一方、13サイトに関してはSPRAを継続する必要はないと判断したことを明らかにした⁽²²⁾。追加的な審査が最も必要な発電所にNRCと原子力産業界双方の専門的知見を集中させるなど、資源を一層効果的に活用するのが狙いで、サイトによっては詳細評価を行う時間的余裕が生まれると説明している。なお、地震リスクの再評価は、福島第一原子力発電所事故の教訓を米国内の原子力発電所に反映させるため、NRC短期タスクフォースが提示した勧告に基づいて行われている。NRCは、各発電所事業者が2012年3月の要請に従って提出した最新の地震リスク再評価情報の予備選別審査を実施しており、

ロッキー山脈以東に立地する59サイトと未完成の1サイトに対しては2014年5月に、同山脈以西の3サイトについては2015年5月に審査結果を通達した。地震リスクが既存の設計基準を超えていると評価されたサイトは33にのぼっており、NRCスタッフはロッキー以東のサイトには2017年6月～2019年12月まで、ロッキー以西のサイトについては2020年12月までにSPRAの結果を提出するよう指示していた。

しかし、その後さらなる評価作業を進め、初期に行ったSPRAも考慮した結果、NRCスタッフは設計基準を超過するリスクの度合いが低い13サイトでは、SPRAを実施する必要が無いと判断した。残りの20サイトでは地震災害に対する発電所全体の対応を評価するために適切なSPRAを継続し、NRCが現在の耐震設計基準の適性について規制上の決定を下せるよう、報告しなければならないとした。表3に示すように、これらのうち、結果報告書を最も早いタイミングで提出するサイトの期限を2017年3月とし、当初予定から3カ月繰り上げたほか、全てのサイトが提出を終える期限も1年前倒しの2019年12月末に改定している⁽²³⁾。

表3 地震確率論的リスク評価（SPRA）をすべきプラントと提出期限

プラント名	提出期限	プラント名	提出期限
Vogtle	2017.03.31	Summer	2018.09.30
Indian Point Unit 2	2017.06.30	Oconee	2018.12.31
Watts Bar	2017.06.30	Columbia	2019.03.31
Beaver Valley	2017.09.30	Robinson	2019.03.31
Diablo Canyon	2017.09.30	Dresden	2019.06.30
Callaway	2017.12.31	Catawba	2019.09.30
Pilgrim	2017.12.31	Palisades	2019.09.30
North Anna	2018.03.31	Browns Ferry	2019.12.31
Peach Bottom	2018.03.31	McGuire	2019.12.31
D.C. Cook	2018.06.30	Sequoyah	2019.12.31
Indian Point Unit 3	2018.06.30		

参考文献

- (1) Near-Term Report and Recommendations for Agency Actions Following the Events in Japan, SECY-11-0093, July 12, 2011
- (2) Ninth 6-Month Status Update on Response to Lessons Learned from Japan's March 11, 2011, Great Tohoku Earthquake and Subsequent Tsunami, SECY-16-0043, April 5, 2016
- (3) Prioritization of Recommended Actions to be Taken in Response to Fukushima Lessons Learned, SECY-11-0137, October 3, 2011
- (4) Staff Requirements - SECY-11-0124 - Recommended Actions to be Taken without Delay from the Near-Term Task Force Report, October 18, 2011
- (5) Staff Requirements - SECY-11-0137 - Prioritization of Recommended Actions to be Taken in Response to Fukushima Lessons Learned, December 15, 2011
- (6) Order EA-12-049, Order Modifying Licenses with Regard to Requirements for Mitigation Strategies for Beyond-Design-Basis External Events, March 12, 2012
- (7) Order EA-12-050, "Order Modifying Licenses with Regard to Reliable Hardened Containment Vents," March 9, 2012
- (8) Order EA-13-109, Issuance of Order to Modify Licenses with Regard to Reliable Hardened Containment Vents Capable of Operation under Severe Accident Conditions, June 6, 2013
- (9) Order EA-12-051, Order Modifying Licenses with Regard to Reliable Spent Fuel Pool Instrumentation (Effective Immediately) , issued March 12, 2012
- (10) Consideration of Additional Requirements for Containment Venting Systems for Boiling Water Reactors with Mark I and Mark II Containments, SECY-12-0157, November 26, 2012
- (11) Initial ACRS Review of: (1) the NRC Near-Term Task Force Report on Fukushima and (2) Staff's Recommended Actions to be Taken without Delay, ML11284A136, October 13, 2011
- (12) Tier 3 Program Plans and 6-Month Status Update in Response to Lessons Learned from Japan's March 11, 2011, Great Tohoku Earthquake and Subsequent Tsunami, SECY-12-0095, July 13, 2012
- (13) Staff Requirements - COMSECY-13-0030 - Staff Evaluation and Recommendation for Japan Lessons-Learned Tier 3 Issue on Expedited Transfer of Spent Fuel, May 23, 2014
- (14) Status of Implementation of Lessons Learned from Japan's March 11, 2011, Great Tohoku Earthquake and Subsequent Tsunami, SECY-17-0016
- (15) Proposed Orders and Requests for Information in Response to Lessons Learned from Japan's March 11, 2011, Great Tohoku Earthquake and Tsunami, SECY-12-0025, February 17, 2012
- (16) Fifth 6-Month Status Update on Response to Lessons Learned from Japan's March 11, 2011, Great Tohoku Earthquake and Subsequent Tsunami, SECY-14-0046, April 17, 2014
- (17) Proposed Plans for Resolving Open Fukushima Tier 2 and 3 Recommendations, SECY-15-0137, October 29, 2015
- (18) Enclosure 1, Status Summary of Fukushima Lessons-Learned Regulatory Actions June 2016, ML16200A391
- (19) Proposed Resolution of Remaining Tier 2 and 3 Re-recommendations Resulting from the Fukushima Dai-Ichi Accident, SECY-16-0144
- (20) Columbia Generating Station, DOCKET NO. 50-397 Seismic Hazard AND Screening Report, Response to NRC Request for Information pursuant to 10 CFR 50.54 (F) Regarding Recommendation 2.1 of the Near-Term Task Force Review of Insights from the Fukushima Dai-Ichi Accident, ML15078A243, March 12, 2015
- (21) NRC News, No: 15-032, NRC Requires Additional Earthquake Risk Analysis for Two Western U.S. Reactors, May 13, 2015
- (22) Final Determination of Licensee Seismic Probabilistic Risk Assessments under the Request for Information pursuant to Title 10 of the Code of Federal Regulations 50.54 (f) Regarding Recommendation 2.1 "Seismic" of the Near-Term Task Force Review of Insights from the Fukushima Dai-Ichi Accident, October 27, 2015
- (23) NRC News, No: 15-068, NRC Accelerates Schedule for Earthquake Risk Analysis at U.S. Reactors, October 27, 2015

廃止措置管理のための人材育成

田中 健一 (耐震・廃止措置グループ 参事)



1. はじめに

本稿では、(一財)エネルギー総合工学研究所が東京大学から助成業務として受託した、文部科学省原子力人材育成等推進事業補助金による機関横断的な人材育成事業「安全かつ合理的な原子力発電所廃止措置計画および実施のための人材育成」(2015～2017年度)の事業内容を紹介する。

2. 背景

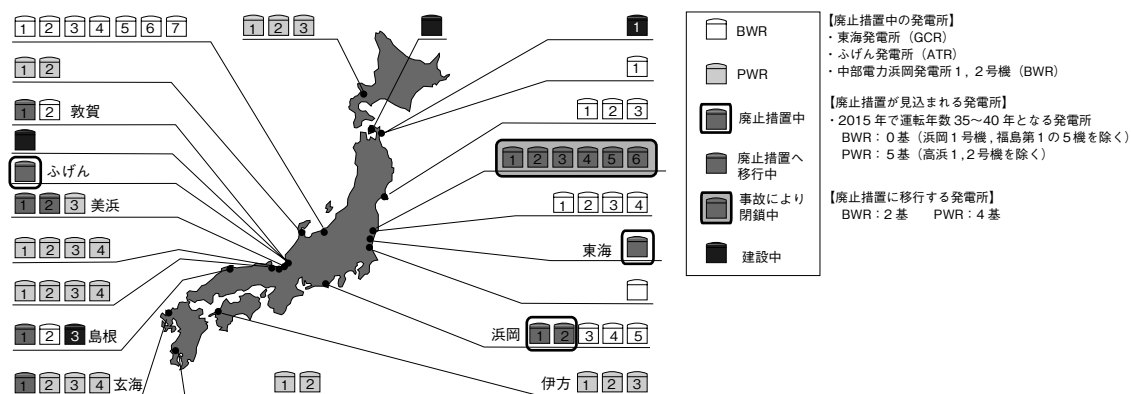
(1) 国内の廃止措置の状況

2016年8月の時点での国内の廃止措置状況を説明する。商業用原子力発電所としては、1998年に日本原子力発電(株)の東海発電所(東1)が営業運転を終了し、2001年から解体工事を開始している⁽¹⁾。また、2003年には新型転換炉ふげん発電所(ふげん)が運転を終了し、2008年から廃止措置を開始している⁽²⁾。前者は、ガ

ス冷却炉という炉型、後者は重水減速軽水冷却という炉型であり、軽水炉とは異なる特徴および特性を持つものである。この2基の廃止措置は、それぞれに独特な事情があるものの、ここで用いられている除染技術と解体技術ならびに解体し撤去されたもの(解体撤去物)の取り扱い技術は、国内で主流となっている炉型である軽水炉(沸騰水型原子炉(BWR)または加圧水型原子炉(PWR))の廃止措置でも十分活用可能なものである。

2009年に運転を終了し、その年から廃止措置を開始した中部電力(株)浜岡発電所1号機および2号機(浜岡-1, -2)が国内初となる軽水炉(BWR)の廃止措置である⁽³⁾。浜岡-1, -2では現在原子炉領域の周辺設備の解体工事が行われている。

2012年の法改正による「実用発電用原子炉に係る新規規制基準」⁽⁴⁾への合理的な適合が合理的でないなどの理由から、図1に示すように、2015年度に5基、2016年度にさらに1基が運



転の停止を決定し、廃止措置準備作業および廃止措置計画の認可申請を行っている。これら6基で廃止措置を開始することになると、国内で廃止措置を行っている原子力発電所は10基となる。すなわち、国内に設置されている原子力発電所の約20%が廃止措置の状態にある。

(2) 廃止措置とは

廃止措置とは、原子力施設を廃止するための措置であり、原子炉施設内に残存している放射性物質による周辺公衆への放射線被ばくのリスクを安全で合理的なレベルまで低減する行為をいう。原子力施設の解体が通常の施設の解体と最も異なる点は、原子力施設には施設の運転中に生成された放射性物質が残存しており、この放射性物質を解体期間中および期間後において安全に取り扱い、処理処分する必要があるということである。

原子力発電所の廃止措置で実施することは次の4つの行為である。

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">①核燃料を安全に施設外に搬出すること②施設等の全部又は一部を解体すること③原子力発電所の運転によって生じた放射性物質により汚染したものを除去すること④原子力発電所の運転中および廃止措置中に放射性物質によって汚染された物を廃棄すること |
|---|

原子力発電所のライフサイクル、すなわち、立地、設計、建設、試運転、運転および廃止措置から見ると、当然ではあるが原子力発電所の最終段階にあたる。廃止措置の有り様は立地から運転停止までに蓄積された種々の行為によって決まるものである。立地から運転停止までに蓄積した知見や情報をなしに廃止措置を計画し実施していくことはできない。廃止措置において、原子力施設周辺の環境に与える影響および施設解体等の工事に従事する作業員の被ばくを合理的に可能な限り低減するため、並びに、発生する廃棄物を合理的に処理処分していくためには、原子力施設内の「どこに」、「どれだけ」、「どのような」放射能（以下「放射能インベントリ」）が存在し

ているかを正確に把握することが求められる。

廃止措置は、原子力施設のライフサイクルの最終段階で行われるものであるから、この事業に投資される費用はその施設の事業として回収できるものではない。廃止措置を安全に実施し終了させることは当然のこととして、一方で、廃止措置に要する費用を低減していくことも重要な課題の一つである。すなわち、廃止措置を安全に実施するための放射能インベントリが安全側に評価されていることは必須のことであるが、評価に過度の保守性があった場合、結果として廃止措置に要する費用を押し上げることになり、業務として合理性を欠くことになる。さらに、費用の増大は電気料金または税金として社会への負担増を要求することでもあり、廃止措置という事業の社会受容性を失っていくことにもなる。しいてはベースロード電源としての原子力発電の位置付けに対する不信感を募らせていくことにもなりかねない。ベースロード電源としての原子力発電を確固としたものにしていくためにもライフサイクル全体にわたる安全安心の醸成と経済的な合理性が求められる。

3. 原子力発電所廃止措置計画および実施のための人材育成

(1) 廃止措置に求められる人材像

原子力発電所の建設および運転に係る人材育成に係る取り組みはこれまで多くなされ、優秀な人材が多く育成されてきている。廃止措置も原子力工学の一分野に位置づけられるものであり、これまでの延長線上にあることに変わりはないが、2章(2)で述べたような廃止措置に特有な面がある。廃止措置に従事する者には、建設や運転に従事する者とは異なる、いわゆる「廃止措置マインド」が重要である。すなわち、費用回収のできない業務であること、解体に伴い放射性廃棄物と言う環境負荷が発生するなどの業務の特質を理解した上で、安全かつ合理的な廃止措置を計

画立案し、実施していくことのできる人材こそが、商業用原子力発電所初号機の運転開始から40数年を経て、複数号機が廃止措置を開始していこうとしている現在求められているのである。

（２）廃止措置に求められる人材育成の目的

原子力工学全般にわたりバランスよく知識を有する者であって、廃止措置の特徴を理解した廃止措置マインドを持った技術者であり、将来的に監督を行う者（廃止措置主任者）となりうる資質を有する人材を育成することである。

（３）廃止措置に求められる人材育成の事業

文部科学省原子力人材育成等推進事業補助金による機関横断的な人材育成事業「安全かつ合理的な原子力発電所廃止措置計画および実施のための人材育成」（以下「本事業」）では、高専生、大学学部生、大学院生および若手技術者（社会人）を対象として、「廃止措置に求められる人材の育成」を実施する。このために、机上研修（講義および実習）、廃止措置中の原子力発電所の視察および海外の廃止措置状況の視察を実施する。

研修生である高専生、大学学部生、大学院生および若手技術者が、皆同じ様なキャリアを経て、ここでいう「将来的に監督を行う者（廃止措置主任者）」となって行く訳ではないことは明らかである。ある人は、原子力発電所を運営管理する電力会社で経験を積み、廃止措置を行う発電所で活躍するであろうし、メーカ、ゼネコン、エンジニアリング会社、メンテナンス会社などにおいて技術者として廃止措置工事を現場で実施いく人や規制の立場で廃止措置に携わっていく人たちもあるであろう。立場や役割、キャリアなどが異なったとしても、廃止措置という事業、すなわち、発電所としての役割を終了し退役する原子力発電所を安全かつ合理的に解体し撤去していくために必要な基本的技術や知識は共通である。この事業で実施する研修を通して、廃止措置という事業の基本的な考え方、

計画立案および廃止措置工事実施の要点を習得することを目指している。

（４）廃止措置の管理に求められる能力並びに知識および技能

廃止措置の管理に求められる能力として、次の４つを設定した。

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">①廃止措置対象施設の特性を理解し、安全かつ合理的な廃止措置計画が立案できること②廃止措置対象施設の特性を理解し、計画に基づき施設の解体工事、発生する廃棄物の処理作業等適切に管理できること③廃止措置期間中の不測の事態発生に対して適切な判断および対応ができること④廃止措置について一般公衆に対してわかりやすい説明ができること |
|---|

また、廃止措置に求められる人材に必要な知識および技能は次の通りとした。

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">①廃止措置対象施設の構造や運転上の特徴を把握するための知識と技能<ul style="list-style-type: none">・原子力工学全般にわたる知識・原子力施設の運転に係る知識②プロジェクトマネジメントの必要性の理解<ul style="list-style-type: none">・廃止措置費用のコスト算定や要員計画に係る知識と技能・対外説明（リスクコミュニケーション、広報活動）に関する技能③施設の特性調査および放射能インベントリ評価<ul style="list-style-type: none">・廃止措置対象施設に残存する放射能に係る特性を把握する知識と技能④廃止措置期間中の平常時および事故時の環境影響評価技術<ul style="list-style-type: none">・廃止措置対象施設の潜在リスクを把握するための知識および技能⑤廃止措置対象施設の除染工事および／または解体工事（これらを総称して「廃止措置工事」と呼ぶ）の工法検討並びに工事工程の立案技術<ul style="list-style-type: none">・廃止措置工事のエンジニアリング業務遂行のための知識および技能 |
|---|

４．人材育成の実施内容

（１）研修教材

３章において説明した人材を育成するため

に、研修教材として表1の書籍、発行物および本研修で独自に作成した教材を用意した。

(2) 机上研修の内容

机上研修では、廃止措置で必要となる技術分野について講義と演習（以下「講義等」）を実施した。以下にその概要を示す。

① プラントの設備概要

ここでは、廃止措置の対象となる原子力発電所に係る知識の習得を目指す。この講義等では次の内容を取り扱う。

(a) 原子力発電所の主要設備の概要（原子力発電所の設計）

原子炉、タービン設備、電気設備および工学的安全設備の構造並びに施設の配置などを解説する。内容の一部はシミュレータ研修と重複する。原子力発電所の設備に関する知識は、運転停止後に施設内に残留する放射能の

評価（以下「放射能インベントリ評価」）や廃止措置工事（除染工事と解体工事）の計画立案および実施に必須なものである。

放射能インベントリ評価は、廃止措置対象施設の「どこに」、「どれだけ」、「どのような」放射性物質が存在するかを評価するものである。このような評価を行う場合、設備の構造や施設の配置に関する知識、情報は不可欠である。また、廃止措置工事では、工事の対象が「どこにあり」、「どのようなもの」で、「どのような状態」であるかを確認することなしに工事を行うことはできない。廃止措置という事業を進めていくためには、原子力発電所の設備について知ることが第一歩となる。

(b) 核燃料物質の管理と譲渡

廃止措置を開始した原子力発電所であっても、施設内に核燃料が存在している限りは潜在的なリスクが大きく低減することはない。法令上の廃止措置計画の認可では、適正な核

表1 研修教材

プラントの設備概要の教材	●『軽水炉発電所のあらまし』、実務テキストシリーズNo.1, (財)原子力安全研究協会
廃止措置の要求事項、関連法令の教材	●日本原子力学会標準『実用発電用原子炉施設の廃止措置の計画：2011』（本教材は、「廃棄物の処理処分の概要」および「廃止措置の保安管理と安全確保」の教材としても用いる。） ●IAEA Safety Standards “Decommissioning of Facilities” General Safety Requirement Part 6, GSR Part 6 ●IAEA Safety Standards “Decommissioning of Facilities Using Radioactive Materials” Safety Requirement, WS-R-5 ●IAEA Safety Standards Series “Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors” Safety Guide, WS-G-2.1
廃止措置工事（除染工事、解体工事）の概要の教材	●日本原子力学会標準『原子炉施設の廃止措置の実施：2014』（本教材は、「廃棄物の処理処分の概要」および「廃止措置の保安管理と安全確保」の教材としても用いる。）
机上研修のために本事業で作成した教材	●廃止措置の概要 ●廃止措置関連法令 ●放射能インベントリ評価 ●廃止措置工事（除染工事および解体工事） ●廃棄物の処理処分 ●廃止措置時の安全評価
実習用に本事業で作成した教材	●放射能インベントリ評価の実習 ●放射能インベントリ評価の補足教材 ●安全評価の実習
その他の本事業で作成した教材	●シミュレータ実習教材 ●廃止措置中の発電所の資料 ●リスクコミュニケーション教材 ●プロジェクトマネジメント教材

燃料の管理と譲渡しが認可要件となっている。運転を停止した原子力発電所であっても、原子力安全の観点から、核燃料の適正な取り扱いは大変重要なものである。

核燃料が施設内に残存している状態では、原子力発電所の安全確保の基本である「止める」は不要となるが、「冷やす」と「閉じ込める」が必要とされる。ここでは、原子炉の運転停止から核燃料が原子炉から取り出し、貯蔵および施設外へ搬出されまでの適正な管理の方法および譲渡し（輸送方法）の方法などを解説する。ここでいう適正な方法とは、法令の定めるところに従った上で、残存している核燃料のリスクを考慮し、「リスクに応じた管理」をおこなっていくことを言う。

(c) 原子炉の材料

原子炉およびその周辺機器（以下「原子炉等」）で用いられる材料の種類とその性質等を取り扱う。原子炉等では、主として鋼材が用いられているが、用途や使用場所によって材料に違いがある。廃止措置の観点では、材料の違いは放射性物質による汚染（以下「汚染」）の性状と密接に関連する。また、材料の硬度などの性質は工事工法の選定に影響する。ここでは、原子炉等で用いられている主たる材料を廃止措置の観点で解説する。

② 廃止措置対象施設の状況把握

廃止措置対象施設の状況把握とは、施設の特徴性を調査し把握するものであり、廃止措置計画を立案するための準備作業において最初に行われる作業であり、また、廃止措置工事の進展に合わせ随時見直しを行っていくものである。

状況把握において行う作業には、施設の状況に関する特性調査と放射能インベントリ評価の2つがある。これら作業の信頼性が廃止措置計画の信頼性を決定すると言え、施設の状況を如何に正確に把握できるかが、廃止措置の安全かつ合理的な計画立案と工事実施に大きな影響を与える。それぞれの作業で行う

内容は次の通りである。

(a) 施設の状況に関する特性調査

- 廃止措置対象施設の範囲を明確に決定し、その範囲に存在する建屋、施設、設備、機器、配管およびその他の構造物の状況を明示するための情報を調査すること。
- 廃止措置対象施設に存在する核燃料の管理と譲渡しの方法を決定するための情報を調査すること。
- 調査結果を、廃止措置計画認可申請書または他の準備作業で効率的に利用可能となるように取りまとめること。

(b) 放射能インベントリ評価

- 中性子の照射によって建屋、設備、機器、配管およびその他の構造物の材料を構成する元素が放射化することで発生した放射性物質による汚染（放射化汚染）の性状、分布および運転停止後の経年変化を評価すること。
- 系統水中に溶存する核分裂生成物（FP）および腐食生成物（CP）が系統内表面に付着した汚染並びに系統水が系統から漏出したことによる建屋の床、壁、設備、機器、配管およびその他の構造物の外表面付着した汚染の性状、分布および運転停止後の経年変化を評価すること。

ここでは、廃止措置準備作業における状況把握作業の位置付けと他の作業との関係、特性調査およびインベントリ評価の概要を取り扱う。

③ 廃止措置の要求事項、関連法令

原子力事業に係る法律の体系は「禁止の解除」を原則としている。禁止の解除とは、法律、政令、省令および規則（以下「法令」）上、行為が禁止されている事項について、法令の要求する事項が満足されていることを示し、禁止の解除を申請し行為の許可を得るというものである。原子力発電所は、技術等の審査に合格した後、設置の許可を得て建設し、法令

に定められた検査を経て原子炉運転開始し、発電を行っているものである。発電所の運転を停止してもこの設置許可は効力を失っておらず、廃止措置を行う場合は設置許可の範囲で、廃止措置計画を立案し、その計画が法令の要求する技術的要件を満たし、安全に廃止措置という行為を行うことを示し、認可を得る必要がある。

ここでは、原子力発電事業に係る法令体系の概要を紹介し、廃止措置の認可に必要な法令の要求事項および廃止措置中も従うべき法令の要求事項を解説していく。

また、原子力安全の基本原則は、国際原子力機関 (IAEA) が定める安全要求に示されている。IAEA は運転中の原子力発電所だけでなく、運転を停止した発電所に対しても安全要求を体系的に定めている。この安全要求は、国内において法令に下にある安全審査の指針に反映されている。この安全要求を理解し、廃止措置の計画や実施に適用していくことが、安全に廃止措置を進めていく必須の条件となる。ここでは、IAEA が掲げる原子力安全の基本原則を紹介し、安全で合理的な廃止措置を計画および実施していくために必要な事項を説明する。

④ 廃止措置工事（除染工事，解体工事）の概要

廃止措置で行う行為は、大きく分けて除染工事，解体工事および廃棄物の処理の3つに分けられる。ここでは、廃止措置で実施する除染工事と解体工事を取り扱う。

(a) 除染工事

除染とは、放射性物質で汚染されたものから汚染を取り除くことを言う。廃止措置において除染を行う目的は、廃止措置工事作業に従事する者（以下「作業従事者」）の被ばく低減と廃止措置によって発生する廃棄物の放射能レベルの低減にある。この目的を効果的に達成していくため、廃止措置では除染を実施時期、実施対象および実施方法によって分類を行っていく。

実施時期については、解体工事に先立って実施するものを解体前除染と呼び、主として作業従事者の被ばく低減を目的としている。また、解体工事によって発生した解体撤去物に対して実施するものを解体後除染とよび、廃棄物の放射能レベル低減を目的として実施する。

対象に関する分類では、大まかに設備、機器に対するものと建物に対するものに分類している。前者は主として金属を対象にし、後者はコンクリートを対象とする。また、設備を対象とする場合、全体を一括して実施するものを系統除染、特定の部位に対して実施するものを機器除染と呼んでいる。除染の方法は、汚染した部位を削り取るといった機械的なもの（機械的除染）と化学薬品を用いて除去する化学的なもの（化学的除染）に分類される。化学的除染には、電気分解を用いる化学電氣的除染という方法もある。ここでは、廃止措置における除染の分類とその特徴を踏まえた適用について解説していく。

(b) 解体工事

解体工事は、その解体対象から機器解体と建物解体（建屋解体）に分類される。解体方法は、通常の構造物や建物などで用いられているものと変わることはないが、原子力発電所に特有の問題である残存する放射能に対する安全対策が重要な要件となる。

これは、解体工事によって発生する放射性物質を含む粉塵（放射性粉塵）などの拡散防止や作業従事者の被ばく低減に対する対策が求められるということである。

ここでは、解体工事において発生する放射性物質の拡散とその抑制方法およびこのような事項を実現するための工事工法および工事工程について解説していく。

⑤ 廃棄物の処理処分の概要

軽水炉型の原子力発電所の場合、廃止措置で発生する固体状の廃棄物の90数%が放射性廃棄物として取り扱う必要のないものである。

軽水炉型の原子力発電所の廃止措置では約 50 万トンの解体撤去物が発生する。このうちの 1 万トン程度、約 3 % 前後が放射性として取り扱う必要のあるものとされている。また、廃止措置に伴い発生する放射性廃棄物は全て低レベル放射性廃棄物に分類されるものである。さらに、この低レベル放射性廃棄物はその放射能濃度から次の 3 種類に分類される。

- 余裕深度処分対象 (L1) : 放射能レベルの比較的高い廃棄物
- 浅地中ピット処分対象 (L2) : 放射能レベルの比較的低い廃棄物
- 浅地中トレンチ処分対象 (L3) : 放射能レベルの極めて低い廃棄物

L1 廃棄物の発生はほぼ炉心周辺に限られ、BWR で 100 トン、PWR で 200 トン程度と見積もられている。廃棄物の量は L2、L3 の順で増えていきますが、いずれも数千トン程度になる。

廃棄物の処理処分で最も重要な作業の 1 つは対象物の識別である。取り扱う解体撤去物が放射性廃棄物として扱う必要のあるものであるかどうかを識別し、必要がある場合は、どの区分に分類されるかを判断する。そして、処分を適正に行うために必要な小割であるとか容器への封入、固化等の処理を行っていく。

廃棄物の処理処分について廃止措置が取り扱う範囲は、この処分を適正に行うための処理までです。処分は埋設事業という別事業となる。ここでは、固体状の廃棄物について処分を適正に行うための処理について解説していく。固体状の廃棄物の処理は、識別と区管理がキーワードになる。

廃止措置で発生する廃棄物には、固体状のもの他、液体状、気体状のものが発生する。これら 2 種類のものは運転中と同様な方法を用いて環境中に放出する。このために、排水施設および廃棄施設を適切に維持管理していく必要がある。この施設の適正な維持管理についてもここで説明していく。

⑥ 廃止措置の保安管理と安全確保

廃止措置期間を通して実施される保安管理と安全管理について取り扱う。ここでいう保安、安全とは、第一に放射線被ばくに関することであり、原子力発電所周辺公衆の被ばくと作業従事者の被ばくの管理のことを指す。また、作業従事者の労働安全、設備機器等の保全も含まれる。

原子力発電所の保安管理は法令の要求事項であり、法令の定めるところに従い JIS9000 (ISO9000) の規程に沿って品質保証体制 (QMS) を確立し、これを遵守することで進めていく。

具体的には、保安管理を行っていくための基本ルールを「保安規定」(QMS の 1 次文書) として定め認可を受ける。保安規定に定めた個々の事項を実現していくために、要項、要領、手順書などの下位文書 (QMS の 2 次文書、3 次文書) を作成し、日々の保安活動を行っていく。また、これらの文書には保安管理上作成すべき記録類が定められており、日々の活動の中でそのような記録を作成していく。

また、このような活動が適正に行われていることは法令の要求に従い 1 年に 4 回検査 (保安検査) を受けることが義務付けられている。保安検査では、QMS の文書の整合性、完備性が点検されると共に、記録が適正になされていることが確認される。検査の際になにか改善すべき点が指摘された場合は、QMS の改善活動 (PDCA, PLAN-DO-CHECK-ACTION) を行い次回までに改善をすることが求められる。

原子力発電所で行われる保安管理や安全確保は上述の有り方を基本とするが、廃止措置を開始した以降は、安全を確保するために要求される事項も変化する。運転中の原子力発電所の安全確保の大原則として、「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」がある。運転中はこの 3 項目を確実にする必要があるが、廃止措置中では既に運転を停止しているのであるから、「止める」が不要なのは自明である。また、使用済燃料の施設外への搬出が終了すれば、「冷やす」が不要になり、「閉じ込める」だけを確

保すれば良いということになる。このように、廃止措置の進展に伴い保安管理や安全確保の要件を段階的に緩和していくことが合理的な廃止措置には重要である。

どのような廃止措置工事を修了したら、どのような緩和が可能かを判断するには、廃止措置全般にわたる知識が不可欠である。ここでは、そのような判断に必要となる事項を説明していく。

(3) 実地研修

机上研修内容の理解を確にするため実施研修を行う。実施研修では、シミュレータ研修と廃止措置中の発電所視察を行っている。

① シミュレータ研修

本研修を開催する日本原子力発電㈱（以下「原電」）、総合研修センター（以下「研修センター」）が所有する原子力発電所のフルスコップシミュレータを用いた研修を実施する。この研修ではBWRとPWRの両方を対象とする。どちらの研修においても、原子力発電所の起動および停止並びに緊急停止を体験することとした。

シミュレータ研修は、廃止措置の対象である原子力発電所の概要を把握するために実施するものである。この研修を通して原子力発電所の構造、機能および運転上の特徴の理解を目指す。

② 廃止措置中の発電所の視察

この研修は、廃止措置を実施している発電所と運転中の発電所を視察し、原子力発電所の規模や構造、管理の体制などを実感すること、また、運転中と廃止措置中の現場の違いを知ってもらうことを目的とする。

東海実施の視察では、「東1」（黒鉛減速炭酸ガス冷却炉：GCR；廃止措置中）と「東2」（BWR；運転期間中（点検、改造のため停止中））を視察する。「東1」は、国内初の商業用発電原子炉で、1998年に運転停止し2001年12月から廃止措置を開始している。

敦賀実施の視察では、「ふげん」（重水減速軽水冷却、高転換軽水炉：ATR；廃止措置中）と原電敦賀発電所2号機（敦2）（PWR；運転期間中（点検、改造のため停止中））を視察します。ふげんは、2003年に運転を停止し、準備期間を経た後、2008年から廃止措置に着手している。

東1もふげんもどちらも国内唯一の炉型であり、今後廃止措置を開始していこうとするBWRやPWRと全く異なった原子炉であるが、廃止措置については国内で先駆的な事例であり、それらにおける経験や実績は後続して廃止措置を行う発電所が参考にとしている。

机上研修および実施研修は表2のような日程で実施する。

(4) 事前、事後の課題

机上研修および実地研修の実を向上させるため、研修の前に研修生に対して課題を課した。また、研修の修習度の確認と知識の定着のため事後課題を課した。

事前課題は、全4問を設定し、また、最後に事前アンケートを設けた。事前課題は、研修に先立ち予備知識を身につけておくことを目的に研修生に送付するものである。

事前課題は、廃止措置とはどのようなものであるかというアウトラインの習得を第一の目的としている。事前課題の1つひとつは、研修において体験すること、講義を通して学ぶことの重要なポイントであり、研修を通して習得の必須事項である。研修生が「正解を目指す」ことはもちろんのことではあるが、各課題の説明文とそれに関連する教材の対象範囲をよく読み、その課題が扱っている分野について何が重要であるかを自分なりによく考え、何を習得すべきであるかを考えさせることに重きを置いている。また、理解できなかったこと、解決できなかったことなども漏らさず課題解答として書くことを研修生にもとめ、提出されたものを参考にしてそのような疑問等に答えられるように講義を組み立てていく。

表 2 机上研修, 実施研修, その他研修の日程例

時刻	1日目	2日目	3日目
	研修内容	研修内容	研修内容
8:30	プラント主要設備の概要(原電) ・プラント概要:原子炉・タービン設備, 電気設備,工学的安全設備,プラント起動／運転／停止,出力制御 ・プラントの出力制御:原子炉出力／圧力／水位制御,原子炉保護系,プラントインターロック プラント設計	発電所へ移動 ・廃止措置現場視察(東海:東1,敦賀:ふげん)	除染技術 ・線量の高い系統除染として実施される除染の概要 核燃料物質の管理と譲渡 ・核燃料物質管理方法,譲渡手順(輸送方法),関係法令
10:00	<シミュレータ研修>		放射性廃棄物の処理及び管理 ・放射性廃棄物の種類と数量把握,処理及び計画 ・放射性廃棄物の廃棄計画 安全確保対策 ・周辺環境に与える影響評価 ・廃止措置作業従事者の被ばく管理
12:00			
13:00	廃止措置の基本的考え方 ・廃止措置の行為,留意点・廃止措置期間中の安全確保 廃止措置の概要・廃止措置の法令等 ・廃止措置の概要,国内外の廃止措置の実例紹介,廃止措置関連法令,指針,学会標準の要求事項	・運転炉視察(東海:東2,敦賀:敦2)	安全確保対策(続き) 廃止措置期間中に想定される事故の種類,程度及び影響等 ・廃止措置中の耐震安全確保の考え方・労働安全
15:30	廃止措置対象施設の状況把握 ・廃止措置対象施設の配置構造の把握,放射性物質による汚染の把握,核燃料物質の管理と譲渡 ・核燃料物質管理方法,譲渡手順(輸送方法),関係法令 原子炉の材料 ・原子力発電所主要系統における材料の種類・性質 プラント設計	研修センターへ移動 廃止措置実施工事概要 ・除染工事及び解体工事,維持する施設,設備及び機器 ・解体撤去物取扱い,廃止措置の工事工程(放射線防護に関する安全確保,労働安全)	フォロー研修(在宅課題)の説明 → 実際に発生したトラブルを題材にして,トラブル報告書の作成を行う。 -講師との懇談
18:00	夕食	夕食	17:00 研修終了
19:00	リスクコミュニケーション(原電) ・リスクコミュニケーションの概要 ・原子力広報,原子力PA概論 プロジェクトマネジメントガイド(原電) ・「プロジェクトマネジメント」について 具体的内容・必要性等の講義	19:30 廃止措置実施状況の紹介と懇談会 21:00	
21:00			

* 研修開始日の前日夕方に集合時間を設定し,研修のオリエンテーションを実施する。

事前課題と同じ設問を事後課題として研修後に改めて提出させる計画である。研修を通して事前課題を完成させ提出させるというものである。事後課題の提出期限は,研修終了1週間後とし,講義の最中も含め研修中から課題に取り組んでいくように指導する。

なお,提出させる事前課題および事後課題は,海外研修参加者の選抜資料としても用いることとしている。

(5) 実習の概要

実習では,原子力全般にわたる知識の浅い者,廃止措置の初学者を対象とした机上研修を修了した者および原子力全般にわたる知識を有し廃止措置の概要について知識を有している者を対象に実践的な実習コースを2コー

ス実施することにした。実習は,2泊3日の日程で行っている。日程例を表3に示す。

この実習コースでは,より実務に近い知識の習得を目指し,「放射能インベントリの評価」と「安全評価」の実習を行っている。

① 放射能インベントリ評価の実習

廃止措置準備作業の実務で実際に用いられている中性子輸送計算コードと放射化計算コードを用いて,東京大学原子力工学研究施設「弥生炉」の照射試験設備を用いた実験を対象とした実習課題を設定している。

(a) 中性子輸送計算実習

汎用の中性子輸送計計算コードによる中性子束分布計算実習を実施した。研修では,中

表 3 実習の日程例

1日目(7/4(月))			2日目(7/5(火))			3日目(7/6(水))		
	研修内容	担当		研修内容	担当		研修内容	担当
8:30	オリエンテーション、自己啓発、PC等の確認、 発電所視察説明	IAE	8:30	(2)安全評価(平常時) (2-1)安全評価の概要	IAE	8:30	(3)安全評価(事故時) (3-1)事故時の安全評価概要	IAE
9:00	(1)放射能インベントリ評価		9:00	(2-2)気体状放射性物質による被ばく (a)環境放出量評価		9:00	(3-2)起因事象の事故進展検討	
10:00	(1-1)放射化放射能計算の概要		10:00	(b)被ばく評価		10:00		
11:00	(1-2)中性子束分布計算 (a)計算モデルの作成 (b)計算コード入力データの作成		11:00			11:00		
12:00	昼食		12:00	昼食		12:00	昼食	
13:00	(1-2)中性子束分布計算 (c)計算結果のとりまとめ(続き)	IAE	13:00	(2-2)気体状放射性物質による被ばく (b)被ばく評価(続き)	IAE	13:00	東海発電所、東海第二発電所視察	原電
14:00	(1-3)放射化計算 (a)計算モデルの作成	IAE	14:00	(2-3)液状放射性物質による被ばく (a)環境放出量評価	IAE	14:00		
15:00	(b)計算コード入力データの作成 (c)計算結果のとりまとめ		15:00	(b)被ばく評価		15:00		
16:00			16:00			16:00	終了	
17:00			17:00			16:30	東海駅 解散	
18:30	終了		18:30	終了				

性子輸送計算を実施するために必要な事項について実習を行っている。

(b) 放射化計算

汎用の放射化計算コードによる放射化計算の実習を行った。研修では、放射化計算を実施するために必要な事項について実習を行っている。

② 安全評価の実習

安全評価の実習では、廃止措置時の周辺公衆被ばく評価と廃止措置工事中の火災発生に関するリスク評価（フォールトツリー解析およびイベントツリー解析を実施した。本研修では、これらの実習に先立ち、廃止措置におけるIAEAの安全要求の解説をおこない、廃止措置時の安全確保における要点の整理を行っている。

(a) 廃止措置時の周辺公衆の被ばく評価の実習

事業者等が廃止措置計画認可申請書の作成時に参照している廃止措置工事環境影響評価ハンドブックを参照して仮想の発電所における周辺公衆の被ばく量の計算を行っている。

(b) 廃止措置工事中の火災発生に関するリスク評価の実習

リスク評価の実習は、研修生を4～6名を1グループとするグループ学習を実施した。

正味1日半の実習により、廃止措置工事に発生する火災のリスクについて、定性的なフォールトツリー解析とイベントツリー解析を実施し、廃止措置時におけるリスクに関する理解を深めるとともに、廃止措置工事実施時に取るべき対策についての要点の理解を図る。

(6) 海外廃止措置視察

視察の1つ目の目的は、原子力施設の廃止措置について、海外の先行事例を視察し、現地体験をすることで廃止措置の国際的動向に関する知識を確実なものにすることである。

東海および敦賀で実施した研修では、それぞれ東海発電所とふげん発電所の廃止措置の現場を視察し、講義だけでは分かりづらい廃止措置の現状の把握を目指した。

一方、海外では多くの原子力施設の廃止措置が実施中であり、また、既に廃止措置を完了した施設もある。規制のあり方といった法令等制度面の違い、原子力に対する考え方自体の違いがあるため、海外の動向を直接国内に適用していくことは必ずしも現実的ではない。しかし、異なる制度や考え方であるからこそ見習うべきものもあると言える。海外の廃止措置の視察では、制度や考え方の違いを踏まえた上で、海外の先行例についてどのような技術が国内の廃止措置に有効であるか考えることを期待する。また、海外の技術者が廃止措置をどのように考えているかを知ることも重要である。

2つ目の目的は、海外の廃止措置中の施設に勤務する技術者との技術情報交換を体験することで、廃止措置に係る海外との情報交換スキルの習得を目指すことである。

原子力に限らずどのような技術分野であっても海外の動向を常に把握していくということは重要なことである。情報の収集には、インターネットの利用や出版物の参照などが有効な方法であるが、より詳しい情報を知りたいければ直接問い合わせることが必要になる。但し、このような場合はGive and Takeが原則であり、例えば、提供される情報について金銭を対価として支払うのも1つの方法である。まずは、技術情報は無償では手に入らないという認識を持ち、仕事上関係があり、協力関係、信頼関係のある相手であれば、技術情報交換という形式で情報を入手することも大変有効な方法のひとつであるということを体験により学習する。

5. 廃止措置管理のための人材育成事業の実績

本事業は、2015年度から3年間実施する計画であり、2016年度は2年目にあたる。2015年度は初年度であることから、学生向けの机上研修および実地研修（以下「基礎コース」）を原電の東海総合研修センター（研修生9名）と敦賀総合研修センター（研修生12名）の2か所で1回ずつ計2回実施した（研修生合計21名）。この研修の事前、事後の課題を採点し、8名を選抜してフランスのマルクール原子力研究所とスペインのホセカブレラ原子力発電所の視察を実施した。

2016年度は、実習を行うコース（以下「実践コース」）を新設するとともに、社会人を対象とするコースも開設した。学生向けの基礎コースは敦賀総合研修センターで1回開催した（研修生28名）。また、社会人向けのコースは、東京大学本郷キャンパスで1回開催した（研修生29名）。実践コースは東海総合研

修センターにおいて、学生向け1回（研修生14名）、社会人は2回（研修生合計29名）実施した。

2017年度は、本事業の最終年度にあたり、学生および社会人向けの基礎および実践コース並びに海外視察研修を継続して実施する。また、これまで2年間にわたり実施してきた研修から得られた知見を集約し、廃止措置を解説する“教科書”の作成を計画している。

6. まとめ

廃止措置は、原子力発電所の最終段階で行われる事業であるが、その実施期間は30～40年を要し、費用は数百億円におよぶ。廃止措置の実施期間は、運転期間にはほぼ匹敵する長さであることから、廃止措置の事業の本質を理解した技術者の計画的かつ継続的な供給が必要である。ここで求められる技術者は、廃止措置の準備から実施そして終了までを担当していくプロジェクトマネジメント能力を持つ者であり、技術だけでなく要員管理やコスト管理等を行える能力を持つ者である。これらの能力を前提として、将来的には廃止措置の監督を行う者となりうる資質を有する人材を育成していくことが重要である。

〔謝辞〕

本事業は、東京大学岡本孝司教授を代表者として、日本原子力発電㈱と（一財）エネルギー総合工学研究所が共同で実施した。

机上、実地および実習の各研修は、日本原子力発電㈱東海総合研修センターと敦賀総合研修センターで実施した。両センターではシミュレータ研修等を実施するとともに、机上研修と実習のための教室、機材並びに宿泊施設の提供をいただいた。両センターの所長と職員の皆様のご尽力に深謝いたします。

国内の廃止措置施設視察では、日本原子力研究開発機構のふげん発電所、日本原子力発電㈱東海発電所、そして敦賀発電所を訪問した。各

発電所の所長および施設の視察に対応いただいた発電所所員の皆様に深謝いたします。

さらに、海外研修では、下記の施設を訪問した。技術交換会議および施設の視察に対応してくださった各施設の職員の方に深謝いたします。

- フランス：マルクール原子力研究所
- スペイン：ホセカブレラ原子力発電所
- 英国：The Dalton Nuclear Institute at The University of Manchester, National Nuclear Laboratory, Sellafield 原子力施設
- ドイツ：Greifswald 原子力施設

参考文献

- (1) 東海発電所の廃止措置, 日本原子力発電㈱ホームページ
<http://www.japc.co.jp/haishi/tokai.html>
- (2) ふげんの廃止措置計画について, 日本原子力研究開発機構 原子炉廃止措置研究開発センター (ふげん) ホームページ
<https://www.jaea.go.jp/04/fugen/haishi/plan/>
- (3) 浜岡発電所 1, 2 号機の廃止措置の計画について, 中部電力㈱ホームページ
http://www.chuden.co.jp/energy/hamaoka/hama_pickup/haishi/
- (4) 新規制基準について, 原子力規制委員会ホームページ
https://www.nsr.go.jp/activity/regulation/tekigousei/shin_kisei_kijyun.html

平成 29 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、昨年の国民投票による英国の EU 離脱の決定や本年 1 月の米国新政権誕生、今春に予定されている仏国大統領選挙等諸外国の政治動向、さらには中国経済の減速など、国際政治・経済に対する不透明感が増す中、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、昨年 12 月の石油輸出国機構 (OPEC) と非加盟主要産油国との協調減産の合意、アジア新興国におけるエネルギー需要の拡大、エネルギー市場の自由化等と相まって、急激に変化している。これらに加え、国連気候変動枠組条約第 22 回締約国会議 (COP22) において、昨年 11 月に発効した、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

るパリ協定について、その実施のための詳細ルール策定作業が開始された。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。

わが国では、一昨年 7 月に決定された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の実現を図るため、徹底した省エネ、再エネの拡大等を内容とするエネルギー革新戦略が昨年 4 月、経済産業省において決定され、さらに、2050 年を見据え、温室効果ガスの削減ポテンシャル・インパクトが大きい有望な革新技術の創出を目指すエネルギー・環境イノベーション戦略が同月、内閣府総合科学技術・イノベーション会議において策定された。今後、これらの戦略等を踏まえた取組が進められることとなる。

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。昨年 12 月に「原子力災害からの福島復興の加速のための基本指針」が閣議決定され、住民の方々の帰還に向けた取組や、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、四国電力伊方発電所 3 号機の運転が再開されたほか、関西電力高浜発電所 1・2 号機及び美浜発電所 3 号機の運転期間延長が認可されるとともに九

州電力玄海原子力発電所3・4号機の新規制基準への適合性が確認され、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。この他の適合性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。

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、未来の水素社会の到来を目指した取組が精力的に進められている。

また、エネルギーに関する規制・制度面では、本年4月には、新たな認定制度の創設や買取価格の決定方法の見直し等をはじめとする改正FIT法（電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法）が施行されるほか、エネルギー市場の一体的な制度改革を目指し、昨年4月の電力の小売全面自由化に続き、都市ガスの小売自由化が実施される運びとなっている。さらに、電力システム改革を貫徹するため、更なる競争の活性化や、市場原理のみでは解決が困難な公益的課題の克服を図るための施策の検討が進められている。

地球環境問題については、昨年5月に地球温暖化対策計画が閣議決定され、温室効果ガスの排出削減について、2030年度において2013年度比26%減とする中期目標の達成に向けて着実に取り組むとともに、長期的目標として2050年までに80%の排出削減を目指すこととされている。

なお、今後、第四次産業革命が進展する中で、新たな社会システムのビジョンが求められている。わが国においても「Society 5.0」として、

「超スマート社会」の実現に対応した科学技術イノベーションの総合戦略が策定されている。このような社会システムの急激な動向に目を向けて、エネルギーバリューチェーンの最適化を図っていく必要がある。

3. 平成29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・分析を行ってきた。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、3E+S（安定供給、経済効率性の向上、環境への適合、安全性）の視点に加えグローバルかつ倫理的視点も併せ、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・環境に関する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。なお、これらの調査研究に当たっては、第四次産業革命がもたらすエネルギーバリューチェーンのあり方を継続的に検討し、その結果を適宜反映させることとする。

(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

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や地球環境問題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）、CO₂の分離・回収・利用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、これまで実施してきた既設の軽水炉の安全向上に有効な技術開発の評価を行うとともに、欧米の動向調査を踏まえ更なる安全向上のための研究開発に関する検討を行う。

さらに、軽水炉の廃止措置について、工程、技術、制度に関する調査及び課題への対応策の検討や、標準整備に向けた調査研究、人材育成事業等を行うとともに、国内外の動向を踏まえ新型軽水炉、核燃料サイクル、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。民生部門の省エネルギー化の目標とされるゼロエネルギービル（ZEB）やゼロエネルギーハウス（ZEH）を実現するための技術、及び需要機器の制御によって電力需給調整に貢献するダイヤモンドリスポンス技術に関する調査研究を行う。

また、平成 23 年 6 月に発行され、来年改訂が予定されている ISO50001（エネルギーマネジメントシステム）の普及を引き続き推進する。

(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や CCS（CO₂ 回収・貯留）、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、エネルギー技術や気候変動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、事業収支均衡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工学の視点に立った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に対し、当研究所が積極的に社会貢献していることへの理解促進を図る。

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

環境・エネルギーを巡る状況を見ると、国際的には、昨年11月にモロッコ・マラケシュで開催されたCOP22において、21世紀末までに温室効果ガスの排出をゼロにすることを世界が約束したパリ協定に関するルール作りが開始された一方、米国では、トランプ新大統領の就任を受け、環境・エネルギー情勢が大きく変動する可能性がある。国内では、2014年に策定されたエネルギー基本計画について、3年が経過し次期計画の検討の年を迎えるほか、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、新たにエネルギー分野における重要課題を議論する「エネルギー戦略協議会」及び環境やインフラなどの幅広い分野を含めて討議する「エネルギー・環境イノベーション戦略推進ワーキンググループ」が設置され、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。また、これらのイノベーションを達成するために、世界中で最も先進的な知見を共有し、各国政府、産業界、アカデミアの力を結集することが必要とされている。

環境・エネルギー情勢の先行きが不安定な時代に、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。さらに、世界トップクラスの政策担当者、ビジネスパーソン、研究者が、それぞれの垣根を越えて気候変動問題解決のイノベーションを促進する国際会議の運営に関与するなどし、調査の成果をロードマップ等にまとめ世界に発信する。

（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。これに対し、COP21において合意されたパリ協定により、産業革命前からの世界平均温度上昇を2度とする目標に向けて、各国は自主的な削減の取組について報告し、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。また、世界全体でその取組を集約し、2度目標の達成を加速するとしている。

平成29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、気候工学の各分野における分析にも用いてきたGRAPEモデルを活用し、2度目標の実現に向けての分析を行うとともに、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。また、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を用いて、2050年CO₂大幅削減の実現可能性を評価する。

- ① G 統合評価モデル GRAPE による世界長期分析
- ② エネルギーモデル TIMES-Japan を用いた日本のエネルギーシステム分析

(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た。また、昨年 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し、小売電気事業者の登録数は 374 件（平成 29 年 1 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及び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制御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 29 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及び変動電源である太陽光発電の出力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。省エネルギーに関しては、高効率空調システムや未利用エネルギーの活用技術の調査研究、省エネルギーに関する国際比較研究を行う。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系統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事業促進に関する研究
- ⑥ エネルギー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研究
- 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 高効率空調システムに関する調査研究
- ② 廃熱、地中熱等の未利用エネルギーの活用に関する調査研究

(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。リアリティの高い水素普及シナリオを構築する上で、エネルギー輸送媒体としての水素系キャリアの評価、水素利活用技術の探索、及び水素の電力貯蔵技術としてのポテンシャル評価が必須であると考えられる。

平成 29 年度においては、下記の調査研究を実施する。

(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 の分離・回収・利用までの全体システムに関し調査研究を行う。

平成 29 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市場調査及び課題の検討を行う。また、CO₂ の分離・回収・利用技術の分野では、火力発電からの CO₂ の有効利用法を検討する。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 CCT の海外への普及活動を行う。

(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・普及する上での市場調査及び技術課題の検討

(イ) CO₂ の分離・回収・利用技術の検討

- ① 火力発電から回収した CO₂ の各種有効利用法の検討
- ② 再生可能エネルギーの変動に伴う余剰電力を利用した CO₂ の有効利用法の検討

(ウ) 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 CCT の海外展開のプロジェクト検討

(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きた。

平成 29 年度は、これまでの技術開発の評価を行うとともに、欧米の研究開発動向調査を踏まえ更なる安全向上のための研究開発に関する検討を行う。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 29 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、廃炉作業の円滑な実施を図るため、福島第一原子力発電所の事故前に蓄積された放射能について評価する。

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 29 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あり方、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、新型軽水炉開発のあり方に関する検討を進めるとともに、革新的原子力システムに関する国際的な研究開発動向調査を行う。

軽水炉の廃止措置については、工程、技術、制度に関する調査に基づき課題を把握するとともに対応策を検討する。また、廃止措置に係る標準整備に向けた調査研究を引き続き進めるとともに、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や廃止措置人材の育成事業を行う。

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 福島第一原子力発電所の事故前の放射能評価
- 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における原子力の役割に関する調査研究
- ④ 原子力の人材育成のあり方に係わる調査研究及び教育の実施
- ⑤ 世界の原子力開発利用動向に関する調査
- ⑥ 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 革新的原子力システム開発の国際動向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、制度に関する調査と課題への対応策の検討
- 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・処分にに関する調査 検討

- ① 放射性廃棄物の処理・処分にに関する海外
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について情報提供を行う。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して以来、その普及・促進のための活動を行ってきており、平成 29 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）の改訂版が発行されたことから、改訂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 年度においてはバーチャルパワープラント構築実証の補助金事業を実施したが、平成 29 年度においても当該事業を継続実施する。

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。

- ① 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
- ② CCS の CO₂ 削減量定量化・検証及び横断的事項関連
- ③ 太陽熱発電技術関連

研究所のうごき

(平成 29 年 1 月 2 日～4 月 1 日)

◇ 第 11 回理事会

日 時：3 月 9 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 29 年度事業計画および収
支予算について

報告事項 業務執行の状況について
その他

◇ 月例研究会

第 363 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. 低炭素電力供給に関する内外動向と今後の課題
(一財) 電力中央研究所 社会経済研究所
主任研究員 永井雄宇 氏)
2. 再生可能エネルギー導入に伴う配電分野における課題と今後
(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 河瀬和貴)

第 364 回月例研究会

日 時：2 月 24 日 (金) 14:00 ～ 16:00

場 所：航空会館 5 階 501・502 会議室

テーマ：

1. 水素社会への道
(SIP「エネルギーキャリア」サブ・プログラ
ムディレクター, 住友化学(株)主幹 塩沢
文朗 氏)
2. 世界と日本のエネルギーシステムにおける
水素技術導入の意義
(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 主管研究員 石本祐樹)

第 365 回月例研究会

日 時：3 月 31 日 (金) 14:00 ～ 16:00

場 所：航空会館 5 階 501・502 会議室

テーマ：

1. 高温ガス炉に関する研究開発の現状
(国研) 日本原子力研究開発機構 原子力

科学研究部門 高温ガス炉水素・熱利用研
究開発センター 小型高温ガス炉研究開発
ディビジョン 安全設計グループ リーダー
大橋 弘史 氏)

2. 溶融塩炉の歴史とプラント実現への動き

(NPO トリウム溶融塩国際フォーラム 理
事長, 東京大学 人工物工学研究センター
客員研究員 木下 幹康 氏)

◇ 外部発表

[講演]

発表者：相澤 芳弘

テーマ：水素関連の海外動向

発表先：平成 28 年度第 2 回水素社会における下
水道利活用検討委員会

日 時：1 月 6 日

発表者：都筑 和泰

テーマ：2050 年に向けたエネルギービジョン及び
その中での原子力の役割

発表先：電エネルギー問題に発言する会「エネル
ギー座談会」

日 時：1 月 19 日

発表者：松井 一秋

テーマ：Features and Specs required for Gene-
ration-IV

発表先：The 2nd US-JP Workshop on the Future
of Nuclear Energy

日 時：1 月 20 日

発表者：松井 一秋

テーマ：トランプ新政権下の米国エネルギー政策

発表先：高温ガス炉プラント研究会 第 11 回定期
講演会「高温ガス炉の拓く未来社会」

日 時：1 月 30 日

発表者：小野崎 正樹

テーマ：Feasibility of Thar Coal Utilization for
Fuels and Chemicals

発表先：Symposium on “Innovative Thar Coal
Value Chain” (主催 Pakistan Academy
of Engineering)

日 時：2 月 4 日

発表者：入谷 淳一

テーマ：諸外国の電源開発計画などから見える石炭火力の動向

発表先：日本学術振興会，石炭・炭素資源利用技術，148 委員会 / 第 158 回研究会

日 時：2 月 21 日

発表者：坂田 興

テーマ：低炭素社会実現に向けた CO₂ フリー水素システムの役割

発表先：産業総合研究所 第 3 回水素戦略会議

日 時：2 月 21 日

発表者：坂田 興

テーマ：低炭素社会実現に向けた CO₂ フリー水素システムの役割

発表先：第 13 回 国際水素・燃料電池展（FC EX PO2017）専門技術セミナー

日 時：3 月 1 日

[学会発表]

発表者：石原 正浩，河瀬 和貴，徳田 憲昭，馬場 旬平，飯岡 大輔，太田 豊，浅野 浩志

テーマ：次々世代の配電系統における太陽光発電のホスティングキャパシティに関する検討～その 1 課題抽出～

発表先：電気学会・全国大会（富山）

日 時：3 月 16 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：次々世代の配電系統における太陽光発電のホスティングキャパシティに関する検討～その 2 欧米事例をふまえた解析手法の提案～

発表先：電気学会・全国大会（富山）

日 時：3 月 16 日

発表者：三浦 幸也，飯岡 大輔，町田 舞，今中 将輝，馬場 旬平，太田 豊，徳田 憲昭，浅野 浩志

テーマ：次々世代の配電系統における太陽光発電のホスティングキャパシティに関する検討～その 3 PV が集中導入された場合～

発表先：電気学会・全国大会（富山）

日 時：3 月 16 日

発表者：菊池 翔太，町田 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：次々世代の配電系統における太陽光発電のホスティングキャパシティに関する検討～その 4 PV 分散導入時の電圧上昇要因分析～

発表先：電気学会・全国大会（富山）

日 時：3 月 16 日

発表者：町田 舞，菊池 翔太，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：次々世代の配電系統における太陽光発電のホスティングキャパシティに関する検討～その 5 PV 分散導入時の制約と損失～

発表先：電気学会・全国大会（富山）

日 時：3 月 16 日

発表者：高木 雅昭，坂東 茂，田頭 直人，永田 豊，浅野 浩志，野極 日出男，石原 正浩，徳田 憲昭，馬場 旬平，飯岡 大輔，太田 豊

テーマ：次々世代の配電系統における太陽光発電のホスティングキャパシティに関する検討～その 6 フィーダー単位の経済性評価～

発表先：電気学会・全国大会（富山）

日 時：3 月 16 日

発表者：高木 雅昭，坂東 茂，田頭 直人，永田 豊，浅野 浩志，野極 日出男，石原 正浩，徳田 憲昭，馬場 旬平，飯岡 大輔，太田 豊

テーマ：次々世代の配電系統における太陽光発電のホスティングキャパシティに関する検討～その 7 変電所単位の経済性評価～

発表先：電気学会・全国大会（富山）

日 時：3 月 16 日

発表者：蓮池 宏，日浦 俊哉 他 8 名

テーマ：蓄エネルギー技術を用いた出力制御技術の開発

発表先：電気学会全国大会シンポジウム

発表日：3月17日

[寄稿]

寄稿者：蓮池 宏

テーマ：多様化する電力貯蔵システムの用途

寄稿先：電力時事通信 新年特集号（第7460号）

寄稿者：加藤 悦史 他23名

テーマ：Compensatory water effects link yearly
global land CO₂ sink changes to temperature

寄稿先：Nature（1月26日発行）

寄稿者：酒井 奨

テーマ：研究グループ紹介

寄稿先：日本エネルギー学会誌 1月号

寄稿者：川村 太郎, 三町 博子（三井造船(株)）,
竹谷 敏（産業技術総合研究所）

テーマ：メタンハイドレートIV ガスハイドレートの利用技術と今後の展開

寄稿先：日本エネルギー学会機関誌えねるみくす
（第96巻1号）

寄稿者：坂田 興

テーマ：低炭素社会構築に対する水素の貢献の可能性

寄稿先：（公社）日本下水道協会機関誌『再生と利用』（Vol.41, No.154）

◇人事異動

○1月31日付

（定年退職）

岡田英俊 原子力工学センター部長（副主席
研究員）

○2月1日付

（嘱託採用）

岡田英俊 原子力工学センター部長（参事）

○3月17日付

（海外勤務）

都築宣嘉 原子力工学センター主管研究員
テキサスA&M大学

○3月31日付

（出向解除）

守家浩二 プロジェクト試験研究部 主管研究員
鯨井寛司 プロジェクト試験研究部 主管研究員
相澤芳弘 プロジェクト試験研究部 主任研究員
福見拓也 プロジェクト試験研究部 研究員
竹次秀一 原子力工学センター 主任研究員

○4月1日付

（出向採用）

茶木雅夫 原子力工学センター 部長（副主席
研究員）

山下 敏 プロジェクト試験研究部 主管研究員
平井一裕 プロジェクト試験研究部 主管研究員
鈴木 守 プロジェクト試験研究部 主任研究員
松岡成樹 プロジェクト試験研究部 主任研究員

（海外勤務）

石本祐樹 SINTEF Energi AS

第 39 卷 通 卷 目 次

VOL. 39, No. 1 (2016.4)

【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

VOL. 39, No. 2 (2016.7)

【巻頭言】

これまでのエネルギー政策からの脱皮

中小企業庁 事業環境部長

(前資源エネルギー庁 資源エネルギー政策統括調整官)

吉野 恭司 ……………1

【寄稿】

シェール・ガス革命, シェール・オイル革命が

日本経済と世界経済に与える影響

和光大学 経済経営学部 教授

岩間 剛一 ……………3

【寄稿】

地熱・地中熱の利用技術～見えない地下の見える化を目指して～

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

再生可能エネルギー研究センター 総括研究主幹

安川 香澄……………19

【調査研究報告】

福島第一原子力発電所の現状と廃炉に向けての活動

原子力工学センター 副センター長

内藤 正則 …………… 31

【調査研究報告】

CO₂ フリー水素普及シナリオ研究～ IAE 自主研究会の活動概要～

プロジェクト試験研究部 水素グループ 参事

笹倉 正晴 ……………37

【事業報告】

平成 27 年度 事業報告の概要 (一財)エネルギー総合工学研究所 ……………46

【研究所のうごき】 …………… 48

【編集後記】 …………… 52

VOL. 39, No. 3 (2016.10)

【巻頭言】

エネルギー事業の「5つのD」と非連続な進化

東京電力ホールディングス(株) 常務執行役
経営技術戦略研究所長

岡本 浩1

【座談会】

電力貯蔵の展望と課題～技術面及び制度面からの検討～

明星大学 理工学部 電気電子工学系 教授
(一財) 電力中央研究所 次世代電力需給マネジメント
特別研究チーム 研究戦略・推進担当
(国研) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)
スマートコミュニティ部 総括研究員
(一財) 日本エネルギー経済研究所 戦略・産業ユニット
電力・ガス事業グループ 兼 省エネルギーグループリーダー
(株)日立製作所 IoT推進本部
グローバルプロジェクト推進本部 担当本部長
司会 (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 部長

伊庭 健二

池谷 知彦

諸住 哲

小笠原潤一

杉田 博昭

蓮池 宏 3

【寄稿】

セルロースナノファイバーの展望～基礎・応用・課題～

(国研) 産業技術総合研究所 中国センター
機能化学研究部門 セルロース材料グループ グループ長

遠藤 貴士 23

【寄稿】

バイオエネルギー活用による水素社会構築の意義

九州大学 水素エネルギー国際研究センター 客員教授

田島 正喜 35

【調査研究報告】

新しい再生可能エネルギー：風力熱発電 (WTES)

プロジェクト試験研究部
新エネルギーグループ 主管研究員

岡崎 徹 44

【調査研究報告】

諸外国の電源開発計画と電力事情および石炭火力を巡る動向

プロジェクト試験研究部 化石燃料グループ 主管研究員
参事
主管研究員

橋崎 克雄

入谷 淳一

酒井 奨 57

【研究所のうごき】 69

【編集後記】 71

第31回エネルギー総合工学シンポジウム
ー 2050年に向けたエネルギー技術ビジョンー

平成28年10月7日(金) 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1】	長期的視点に立った地球温暖化問題解決のためのエネルギー技術 米国エネルギー省 パシフィック・ノースウエスト国立研究所 チーフ・サイエンティスト ジェームズ・エドモンズ		…… 5
【基調講演2】	エネルギーシステムインテグレーション〜ビジョンと計画の策定に向けて〜 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特任教授	荻本 和彦	……12
【基調講演3】	エネルギー・環境イノベーション戦略〜 2050年に向けた科学技術の方向性について 〜 (国研) 産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域 研究戦略部イノベーションコーディネーター	西尾 匡弘	……26
《 講演：2050年に向けたエネルギー技術ビジョン 》			
【講演1】 GRAPEによる中長期的な温室効果ガス削減に向けたエネルギーシステム分析 プロジェクト試験研究部 環境グループ 主管研究員	加藤 悦史	……35	
【講演2】 エネルギー需要の削減(民生部門を例にとり) 水素グループ 研究員	水野 有智	……42	
【講演3】 次世代火力発電技術 化石燃料グループ 主管研究員	酒井 奨	……46	
【講演4】 再生可能エネルギー 新エネルギーグループ 主管研究員	森山 亮	…… 52	
【講演5】 水素・燃料電池技術 水素グループ 主管研究員	石本 祐樹	……57	
【講演6】 原子力 原子力グループ 主管研究員	都筑 和泰	……65	
【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	……72
【研究所のうごき】	…… 74		
【編集後記】	…… 77		

編集後記

最近、職場や自宅周辺でビルや住宅の建て替え工事の現場に遭遇する場面が増えた。住宅の場合は戸建てからマンションへの建て替えが多く、これはマンション需要の増加や資産形成対策が主な理由と考えられるが、ビルの場合、同様の理由に加えて老朽化対策も大きな要因ではないだろうか。

かねてより、高度経済成長期に集中的に整備された社会資本ストックの老朽化対策が大きな社会的課題となっている。国土交通省によれば、道路や橋、河川管理施設等では、今後20年以内で建設後50年以上を経過する施設が50%を超えするという。実際、5年前の中央自動車道笹子トンネルにおける天井崩落をはじめ、老朽化による事故は現実のものとなり、今後の増加が懸念されている。

また、考えなければならないのは、耐用年数だけではない。これらのインフラが建設されて以降、累次の見直しを経て強化された耐震基準等への対応も必要である。本年1月に発表された文部科学省地震調査研究推進本部の評価では、マグ

ニチュード8～9クラスと推定される南海トラフを震源とする巨大地震の発生確率については、30年以内は70%程度と変わらないが、10年以内が20%程度から20～30%程度へと引き上げられた。加えて、地震に伴う津波による災害に対しても、防災や減災のための対策が求められる。

これらの課題に対し、今後、熟練技術者の不足や維持管理費用の増加が見込まれる中、多数のセンサーから得られるビッグデータを用いた橋等の監視・予兆保全や、ドローンを活用した送電線の工事・保守に向けた取組が進められるなど、新たな技術の活用が有効な手段となっている。例えば、これらの技術を用いて適切な予防保全を図ることにより、施設の長寿命化や維持管理費用の抑制が期待できる。

人口構成だけでなく、街並みを含めた国全体が高齢化に向かう今、将来世代にどのような社会を残していくのかについて、分野を超えた総合的な検討を進め、その実現を目指して取り組んでいくことが望まれる。

編集責任者 重政弥寿志

季報 エネルギー総合工学 第40巻第1号

平成29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。

