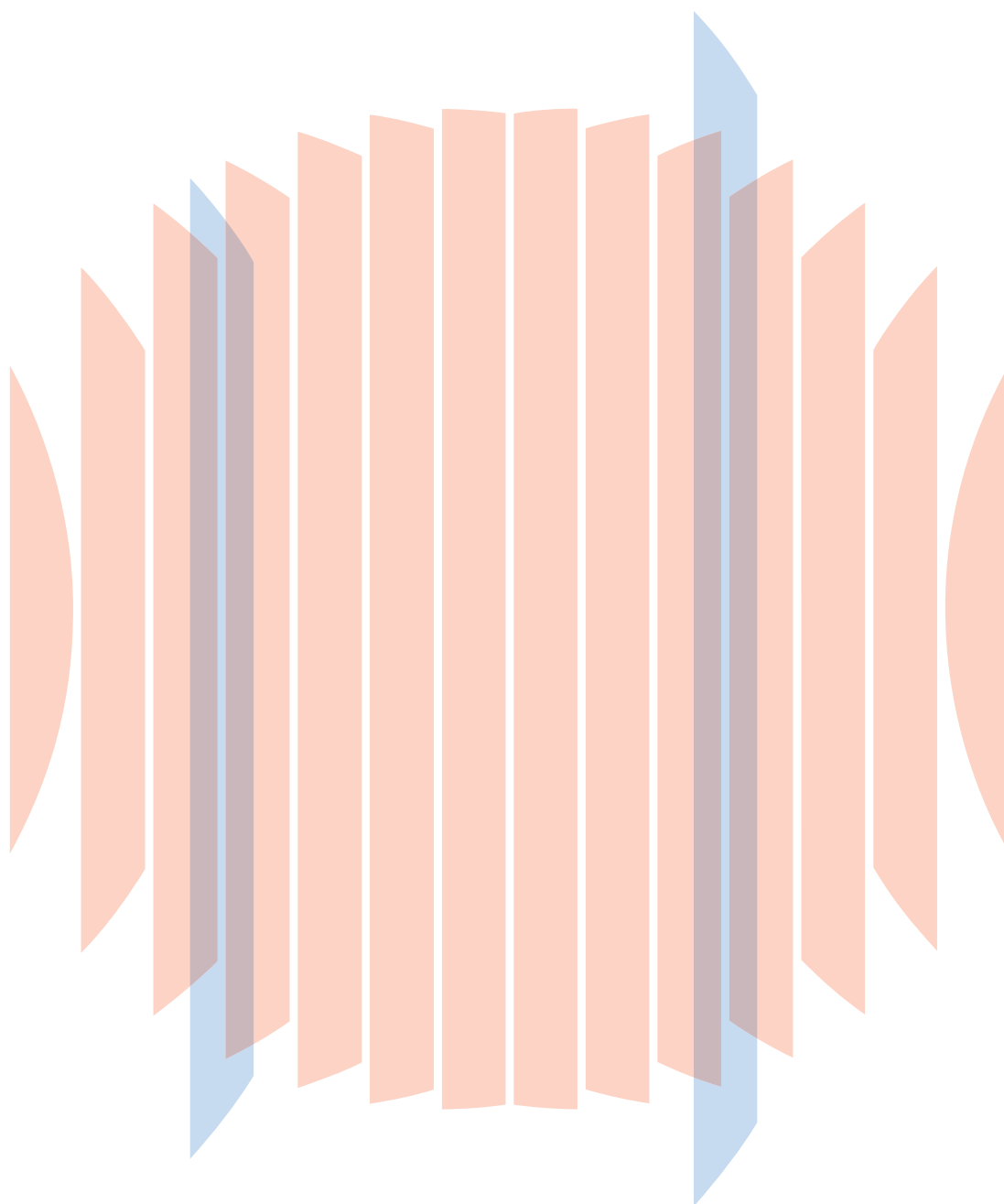


季報 エネルギー総合工学

Vol. 38 No. 1 2015. 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】

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
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
OEAJ 産業化タスクフォース・アドバイザー
OEAJ ビジネス協議会 代表幹事

木下 健
黒崎 明
高 清彦
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
元プロジェクト試験研究部 主管研究員
プロジェクト試験研究部 主管研究員
元プロジェクト試験研究部 研究員
プロジェクト試験研究部 部長・研究理事
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
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

小川紀一郎
新藤 紀一
谷内田 淳一
大内 優
蓮池 宏
谷川 博昭
中村 昭史
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

巻頭言

水素時代の幕開け

太田健一郎 (横浜国立大学工学研究院
名誉教授・特任教授)



昨年末に燃料電池車の市販が、世界に先駆けて始まった。この車は水素を燃料として使用し、走行に当たっては水しか排出せず、究極のエコカーと説明されている。確かに我々が山梨大学の本尾先生、古屋先生を手伝って1980年代に燃料電池車を作ったときと比べて格段の進歩である。この頃はリン酸形燃料電池を定置用分散型電源として開発が進められており、この二次元反応装置は大きくて重たいと言うのが常識であった。ところが最近の我が国の燃料電池車は出力密度が3 kW/L を越えている。この値は内燃機関と大差なく、燃料電池の大きくて重たいと言う欠点を自動車会社の技術が克服してくれたことになる。人気もまずまずで普通の人が手に入れようと思うと2、3年はかかりそうである。インフラの水素ステーションも4大都市圏で予定通り立ち上がりつつある。まずは順調な立ち上がりと言える。

燃料電池のもう1つの用途は定置用分散発電である。家庭用燃料電池「エネファーム」は2009年に発売が開始され、いまは11万台を越える数が日本全国で動いている。熱と電気の両方を利用できるので、合わせた総合エネルギー効率が90%にもなる。室温付近で作動するシステムとしては驚異の数値である。これも当初は1日に1回は停止するDSS運転をし、それも窒素パージをせずに停止させるとのことで、その耐久性に関しておいに心配した。実際には寿命10年、ないしはそれ以上と言うことで日本の技術力の高さに感心している。

燃料電池車、エネファームは常温作動の固体高分子形燃料電池を使っている。ここでは燃料として水素、酸化剤として酸素（空気）を使う。何れも触媒は高価で資源の限られた

白金である。この活性は特に空気極で問題である。白金に替わる材料開発は古くから研究が進められている。我々が開発を進めている4族、5族金属の酸化物をベースにした材料が白金の性能を視野に入れるまで性能は向上した。脱白金が実現できれば、これらの材料は白金より高い安定性も見込めるので、理想的な固体高分子形燃料電池が実現できると思っている。

燃料として用いる水素も、将来は一工夫ほしいところである。目下のところは天然ガス、LPGと言った化石燃料を水蒸気改質して水素を得ているのが主流である。水素は、再生可能エネルギーを利用して、水から作ったグリーン水素を使ってこそ地球温暖化を防ぐ効果大きい。グリーン水素は化石燃料に比べて環境への影響は二桁以上小さい。すなわち、地球規模でエネルギー消費が一桁大きくなっても、グリーン水素エネルギー社会が実現できれば、いまより環境への影響が一桁小さくなることになる。この持続型社会実現のため、燃料電池自動車、エネファームが先兵になって発展してほしい。

[寄稿]

海洋再生可能エネルギーの産業化促進への課題

木下 ^{*1} 健 (一社) 海洋エネルギー資源利用
促進機構 (OEAJ) 会長



黒崎 ^{*2} 明 (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)



高 ^{*3} 清彦 (OEAJ 産業化タスクフォース・
アドバイザー)

福田 ^{*4} 寿 (OEAJ ビジネス協議会
代表幹事)

1. はじめに

本稿では、まず、海洋再生可能エネルギーとして、着床および浮体式の洋上風力、潮流・海流、波力、海洋温度差 (OTEC) を考えることとする。その中で現在商用化されているものは、着床式の洋上風力のみである。商用機の実証試験中なのが浮体式洋上風力と潮流である。波力、OTEC はプレ商用機の実証試験段階であり、海流についてはデモンストラレーション機の準備中である。

一方、これら海洋再生可能エネルギーには、基礎構造物、敷設、保守管理等の海洋技術や、海底ケーブル網、拠点港等のインフラと言った共通点が多い。そこで現在、大規模開発が検討されている沖合着床式風力の成り行きが海洋再生可能エネルギー全体の行く末を担っている。開発の中心は欧州である。中で最も検討が進んでいる英国では、2010年にクラウンエステート・ラウンド3 (Crown Estate Round3) の募集が始まり、2014年7月現在24プロジェクト、総計18GWの計画が進んでいる。一方、着床式風力のコストは、立地が沖合になり、水深が大きくなるにつれ初期の予測以上に上昇してきている。そこで英国政

府が設立した非営利の独立企業カーボントラスト (Carbon Trust) 社が産官連携の研究組織として「沖合風力発電促進プロジェクト」(OWA: Offshore Wind Accelerator) を立ち上げ、沖合着床風力のコスト低減に乗り出している。

そこで本稿では、英国のOWAを紹介するとともに、浅海での着床式風力の実績が乏しく、北海での石油・ガス田での海洋技術と作業船等のインフラに富む欧州と違い、設備と経験に劣るわが国が英国のOWAをそのまま取り入れることはできない事を述べる。

また、わが国の組織すべき日本型OWA、テクノロジー・イノベーション、さらに産業化に必要な項目についても論じる。

2. なぜ再生可能エネルギーが必要か？ なぜ海洋再生可能エネルギーなのか？

地球温暖化対策、エネルギー安全保障 (シェールガス革命により複雑化しており、自給率向上、多様化が益々重要になっている)、より安全な発電への移行等の観点から、再生可能エネルギーへの比重を増やしていくことは国民全体の合意と言って良い。

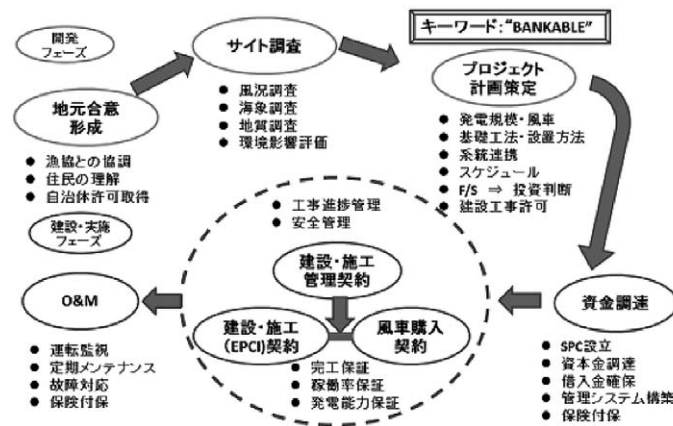


図1 洋上風力発電ファーム建設成功の要素

2030年の全電源中の再生可能エネルギー総計の目標は30%程度と見込まれている。この目標の達成には、電力制度改革、地方間の基幹系統接続の強化、揚水発電等の電力貯留の格段の強化等の大きな課題を残している。このような課題を克服したとしても2050年を見越すと、適地の関係から、太陽光、陸上風力、地熱には2030年以降の更なる大きな増加は期待できず、洋上風力、その他の海洋再生可能エネルギーが主役の一角を占めるようになると考えられている。それ故に世界は、欧州での沖合着床式風力の成り行きに注目している。

さて、洋上風力発電ファーム建設成功の鍵となる要素を開発、建設・施工、運用の各フェーズは図1のようになる。この各々の段階で障害なく進められる事が産業化にとって不可欠である。

3. 欧州（英国）の現状

欧州では、クラウンエステート・ラウンド3の展開を前に、“より大規模な開発”、“より沖合への展開”、すなわち“より深海域”、“より大出力風車化”をする中で、図2で示すように、2009年を境に一年で着床式風力のキャピタルコスト実績が2倍に跳ね上がった。

そこで、カーボントラストは、要素毎のコスト低減可能性を洗い出し25%の低減が可能と結論し、それを加速するために3分の1公的補助により、電気事業者9社とカーボントラスト自身によるOWAを始めた。25%コスト低減の内訳は、タービンで7～19%、それ以外で15～18%とされている。タービン業界は現に、大型化、高信頼化、高効率化をどんどん進めている。タービン以外の要素は、基礎

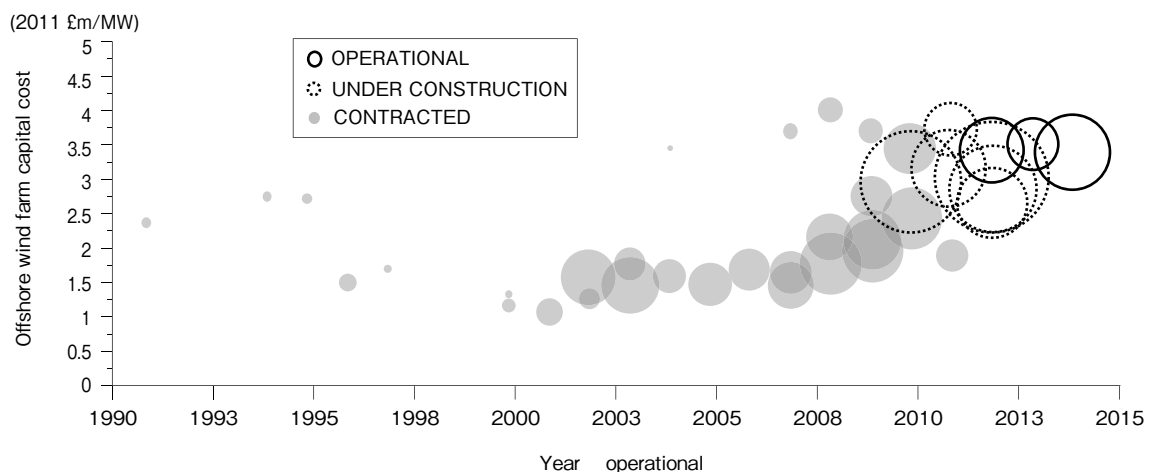


図2 欧州での洋上風力発電のキャピタルコストの推移 (1)

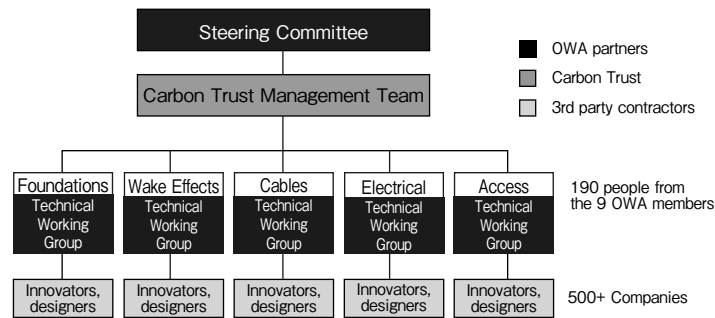


図3 OWAの実施体制

構造設計，組み立て工程，設置工程，作業船と移送システム設計，制御・電力機器，伴流影響モデル化技術等と多岐にわたり，それらは相互に関連するため革新的イノベーションはより難しい。

図3に示すように，メーカーは，OWA 自体には入っていないが，項目毎にイノベーションを公募し審査する第3者グループ（3rd Party contractors）を組織し，マーケットプル・イノベーション（利用者主導）を図っている。すなわち，伴流影響，設計，組立設置，電気システム，運転保守（O&M）の項目毎に専門家とその項目に興味のある電気事業者が加わってイノベーションを公募し，メーカーからの提案の評価を繰り返している。コスト削減にインパクトの大きい領域（アクセス・システム，ケーブ

ル敷設，電力制御，基礎，伴流影響，環境評価）に集中していることが特徴である。

欧州では 1980 年以降の陸上の近代的大型風車の急成長，1990 年以降の沿岸浅海域への展開で多くのメーカーが豊富な経験を集積している。技術領域はタービンのみならずパイルやジャケット基礎，アクセス・システム，ケーブル敷設，電力制御，伴流影響，環境評価にわたっている。そこで，OWA はイノベーション技術を，すでにデモンストレーション実証試験を終えた技術に絞り，商用システムの実海域検証までの期間と経費の最小化を狙っている。例えば，基礎構造物では 104 の応募から順に絞り，最終的に残った 2 候補に風車を載せて実証試験に臨もうとしている。図4 は最終選考残った 4 候補であり，図5 は選ばれた

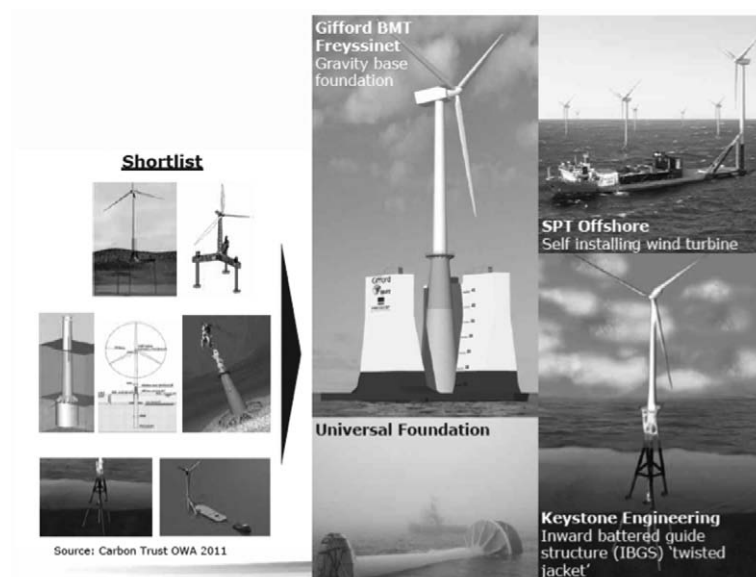


図4 基礎構造物の選抜 (2)

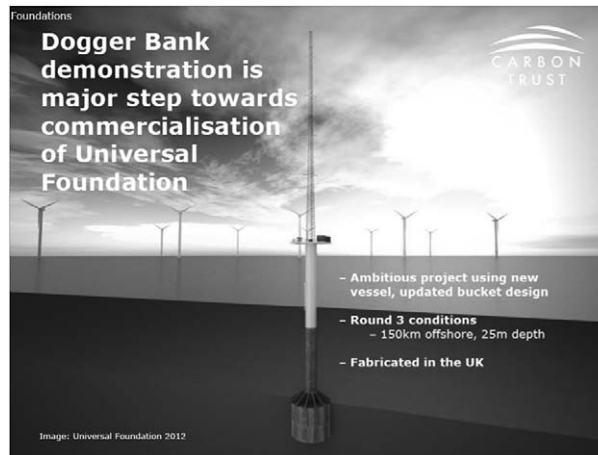


図5 Suction Bucket Jacket (2)



図6 Nauti-craft 社のアクセスボート (3)

ものの1つであるサクション・バケット・ジャケット (Suction Bucket Jacket) である。

O&M のためのアクセス・システム (船) では、30 カ国から 450 の応募があり、最終選考に 13 が残っている。図 6 はその中の 1 つ、ノーティクラフト (nauti-craft) 社のものである。現状のアクセスボートでは 1.5 m の有義波高までしか風車へアクセスできないが、目標の 3 m の有義波高までアクセスできるようになれば、彼らが設定している設置海域では、現状年間 200 日のアクセス可能日が 310 日になるとしている。

4. わが国での産業化に向けた課題

海洋再生可能エネルギーのわが国での産業

化に向けて対応すべき課題を、政府として対応すべき課題と、政府の支援で産業界が対応すべき課題とに分けて考える。

政府として対応すべき課題とは、制度、政策に関する課題であり、次の 3 点が挙げられる。

- 将来の市場規模と社会コスト削減を示すロードマップの明示、
- 固定価格買取制度と価格レベルの見直し、
- 複雑且つ時間を要する許認可制度の簡素化

設置船、アクセス船、ハブ港、送電網整備などインフラ投資が行えるような、そしてサプライチェーンの基盤整備と拡大を可能とするような目標国内市場規模の明示が本質的に大切である。導入目標達成のためのマイルストーンの明示、産業として永続するための社会コ

スト低減ロードマップの明示（グリッドパリティを目指したコスト低減）が求められる。

次に、政府の支援で産業界が対応すべき課題とは、技術革新、インフラ整備に関する課題、すなわちトータルコスト削減を目指した戦略的技術革新の促進であり、欧州ではすでに進んでいる項目である。箇条書きすると以下のようになる。

- 港湾設備、船舶、海底送電網などのインフラ整備
- 洋上風力発電に適した環境影響評価手法の確立
- 風況、海象、地質情報の精度向上
- 地域限定による系統連系能力不足問題への対応

開発計画策定から合意形成、建設・設置、稼働までのトータルコストの削減のためにはハブ港、サプライチェーン、送電網などのインフラ整備と投資誘導が欠かせない。また、海象条件に対応できる設置船、アクセス船の開発も必要であり、O&M 態勢の整備も欧州に立ち遅れている。ドイツ、デンマークでは送電部分は国が支援して別事業化することで洋上風力発電の資本的支出（CAPEX（FIT））を抑えている。

ここまでは欧州がすでにやっていることであるが、さらに欧州に遅れを取っているわが国が欧州に追いつくための戦略的推進策として、以下の2点が挙げられる。

- 完工保証、設備稼働保証を担保する制度作り
- 不測の事態に対応する保険制度作り

想定外の事由による工期遅延、コストオーバーランに対する国の保険制度整備や、制度金融機関による投融資支援、風況変化による収益性の変化を吸収する金融手法（ウェザーデリバティブなどでのリスクヘッジ手法など）の整備、海洋保証検査制度（Marine Warranty Survey）の整備による事業継続への保険制度の拡充等、今後大いに工夫の余地がある。

もう1つの大きな課題として、地域住民、海域利用者との協調制度の構築があるが、これは、官民一体となった戦略的取り組みの中で自然にでき上がると考えられる。

5. 戦略的技術革新の加速策

わが国では欧州に比べると陸上風力の普及が遅れており、沿岸浅海域への展開はやっと緒に就いたばかりでメーカーに豊富な経験が集積しているとは言い難い。急に海が深くなる日本では、沿岸浅海域の風力発電の適地はそれほど広いわけではない。そのような状況下で、わが国が欧州並みの全電源中比率の再生可能エネルギーを目指すため、特に2050年を見越して世界の再生可能エネルギーの中心になるとされる海洋再生可能エネルギーを進めていくためには、英国以上に戦略的に加速策を練らねばならない。

欧州では陸上風力、浅海域着床式風力と順を踏んで技術開発が進んできたので、OWAは、大水深・大型化・大規模開発化へのイノベーションを図7の技術成熟レベル* TRL-4～TRL-7に焦点を絞って進めている。

しかし、わが国の場合、それらの経験が十分ではないので、TRL-0～TRL-3をも含めることや、OWAで確立された先進技術のどれを導入すべきか熟慮することも必要となるであろう。すなわち、日本の周辺海域での開発のコア技術の戦略的選択が大切な課題となる。

海洋再生可能エネルギーの各技術要素は全体システムに大きく依存する。その全体システムは、海域の既存利用者との協働関係、その要素となる環境影響、作った電力の受け入れ側の系統の条件から来る電力の量と質の問題等にも大きく依存する。そのため、電気工学、機械工学、土木工学、造船工学に加えて経済学、社会学に渡る新規の広域の複合分野に通じた新しいタイプの技術者を必要とする。しかし、わが国では特にそのような人材は企業

* Technology Readiness Level, 米国航空宇宙局（NASA）、国防省、欧州宇宙局、石油ガス産業で用いられている技術成熟度の尺度

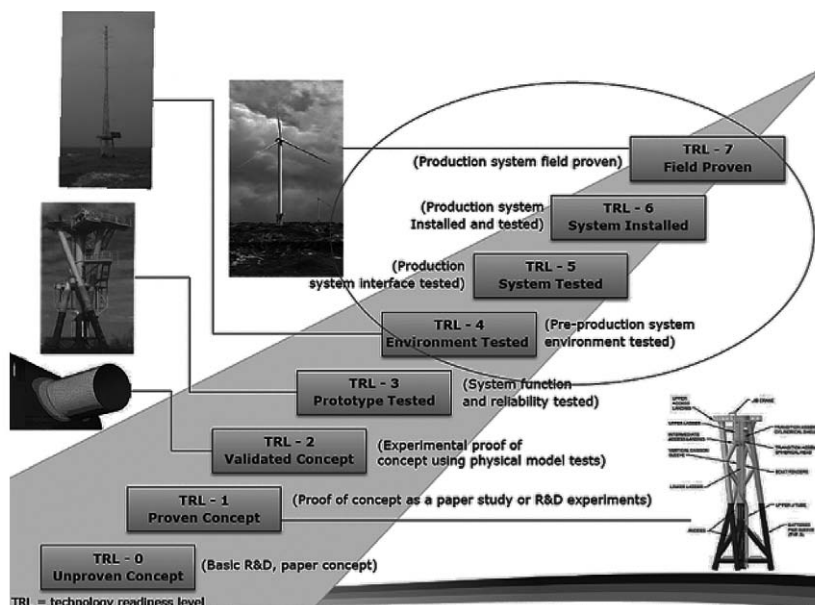


図7 対象は商業化に近いTRL-4以上の技術⁽⁴⁾

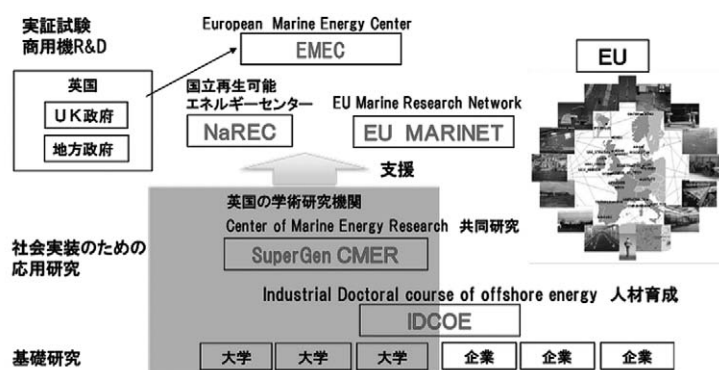


図8 英国での人材育成から共同研究，陸上ベンチテスト，実証試験までの一貫システム

内，大学内に殆ど皆無である。そこで異分野のエキスパートによる協働作業となる。

英国では図8に示すような人材育成から，共同研究，陸上ベンチテスト，実証試験までの一貫システムがある。この一貫システムが，イノベーションの基になる優れた技術が挙がってくる基礎になっていることを見逃してはならない。

6. わが国の現状

2012年，本格的な洋上風力発電所として，千葉県銚子沖の離岸距離約3.1km，水深約

11.9mの地点に重力式基礎の風車(2.4MW)が日本で初めて1基建設された。続いて，福岡県北九州市沖の離岸距離約1.3km，水深約14mの地点にジャケット重力式基礎の風車(2M)が1基建設された。

2014年には，長崎県五島沖にスパー型浮体式の風車(2MW)が1基建設され，福島沖ではコンパクトスパー型浮体と浮体サブステーション(2MW)に加え，V字型セミサブ浮体とアドバンストスパー型浮体からなる浮体式洋上windファーム(7MW)実証試験の準備が進んでいる。このように，わが国も洋上風力の実証試験が開始されたことは大変に喜

ばしい。しかし、これらは一部改良はあるとしても、2009 年を境にコストが急に高くなった着床式、あるいは 2009 年から開始されているノルウェーの HYWIND⁽⁵⁾ 等の浮体式の後追い模倣の域を脱していないと言わざるを得ない。そして、残念ながら、わが国の作業船不足等のインフラ不足も加わって、欧州でのコスト高に倍する高コストとなっているのが現状である。

その中で根本的なコスト低減を目指す試みの 1 つとして、浮体式風力・潮力の複合利用発電である SKWID⁽⁶⁾ の実証準備が進んでいることは特筆すべきである。SKWID は敷設、O&M のコスト低減のため垂直軸風車を採用していることと、従来利用していなかったカットイン以前の出現頻度の高い低速域の風力を潮力の助けを借りて利用するもので、風力と潮力を「1+1=2」として利用するのではなく、「1+1=3 とか 4」として利用するもので、今後の複合利用の端緒を開く可能性を秘めているものとして注目される。

7. 急がれる条件整備

2050 年には世界の再生可能エネルギーの重要部分を占めると言われている海洋再生可能エネルギーにとって、欧州での洋上風力の沖合展開は正念場である。現在の OWA は着床式であるが、着床式の O&M 等のコスト低減により浮体式のコストも下がり浮体式が主流になる可能性も大いにあり、英国では浮体式の OWA も検討されている。また、潮流発電他の海洋エネルギーの将来も着床式の OWA の成否に大きく依存する。

先に述べた通り、わが国の場合は、技術以前に、海洋再生可能エネルギー発電所が実現されるための条件整備が必要となる。まず、産業界が安心して国内外市場規模と投資金額を明確にできるよう、国が欧米のように次の 4 つを緊急に行う必要がある。

- 再生可能エネルギー導入の先導政策として導入目標とそのロードマップを提示する。電力制度改革、電力会社間の系統接続を強化する。電力貯留施設を抜本的に拡充する。(国家戦略)
- 商用化フィールドを設定する。
- インフラとして商用機用実証テスト場と陸上ベンチテスト場(英国の国立再生可能エネルギーセンター(NaREC)にあたる)を設置する。
- 欧米に比べてコスト高の原因除去のため、これもインフラとしてO&M用の特殊作業船、拠点港整備を行う。

わが国の特殊事情により、大手電力事業者の海洋再生可能エネルギーへの参画は難しい。そのため、政府の戦略的支援が特に不可欠である。

また、わが国の特徴として、まず、(1) 近離岸に深い海があることが挙げられる。この日本の自然環境を強みに変えるイノベーションの可能性があるとも言える。すなわち、浮体式や複数海洋再生可能エネルギーの複合技術という世界動向の先端を行く適地にあるとも言える。

次に、(2) 欧米に比べ著しい人材不足の現状がある。この事も分野横断、国際協力の良いチャンスであり、新しい時代の新しい人材育成の絶好の機会と言える。中長期的取り組みが大切である。

さらに、(3) 過疎、高齢化が加速する地方都市に溢れている。これらの地方都市こそが、成長する海洋エネルギー産業の適地であり、地方創成の 1 つの核として分野横断的に取り組み、プロトタイプの実証フィールドを活用する等、各地域に合った取り組みが考えられる。例えば、地元合意形成のしやすいサイトでのセミコマーシャル・パイロット事業を以下のように始めるのはだろうか。

- 風況、海象、海底地質を調査し、かつ地元合意形成が可能な最適サイトを選定
- 欧州での事例も参考に投資可能(Bankable)

Project) となるようなプロジェクト開発の計画と実施計画を策定

- 特別優遇FITを適用し、かつ優先系統連系を行う。
- 海外からの参加を促し、国際的視野、国際的スケールによりプロジェクトを立ち上げる。

このような成功例を作ることにより実際の課題解決手法とコスト削減策の確立を目指すこと (Lesson Learnt) ができる。

順次成功事例を示す中で、国民、特に漁業者の理解が進み、海域利用のルールが作られ、関係省庁がスムーズに連携する仕組みが構築される。

一方、わが国の場合、欧米に比べて基礎からの研究開発 (R&D) が遅れているため、R&D についてはデモンストレーション以前の TRL-0 ～ TRL-3 に対応する技術にも適切な補助事業を行うことにより、マーケットプル・イノベーションをサポートし、独自性・新規性を追求すべきである。TRL-0 ～ TRL-3 に対応する技術にはプロトタイプの実証が大切であるので、2014 年に 6 か所決められた実証試験サイトの設備整備が特に急がれる。

この TRL-0 ～ TRL-3 の R&D を 5 章で述べた図 7 の一貫システムを機能させることは、海洋再生可能エネルギー技術という新規の複合学術分野の人材育成にとって大変に重要である。

8. まとめ

まずは、日本型 OWA に先立って俯瞰的開発計画 (Program Scoping Study) を 100% 政府の資金負担で策定してはどうだろうか。俯瞰的開発計画の内容が決まったら、それに従った日本型 OWA を政府と事業者は責任をもって進める。その際、次の 2 つが大切である。

- 政府・民間での最低でも 4 年間の資金負担
- 政府の資金負担に関する手厚い支援 (英国の場合は 33%)

欧州ではカーボントラストがそのオペレーターとして全ての資金管理を行っているが、日本でも同様のアプローチができないか真剣に検討してみる価値は十分にあると考える。

その成果を眺めながら、7 章で述べたセミコマーシャル・パイロット事業を行うことで、欧州に負けないトータルコストの画期的削減を実現し、国際的競争力のある産業技術を確立できると考える。

以上、わが国では海洋再生可能エネルギーの受け入れのインフラなどが未整備のため、英国の OWA をそのまま取り入れることはできないので、日本型 OWA、テクノロジー・イノベーションに加え、わが国での海洋再生可能エネルギー産業化のために必要な項目について論じるとともに、今すぐ開始すべきアクションを提案した。

参考文献

- (1) <http://www.thecrownestate.co.uk/energy-and-infrastructure/offshore-wind-energy/working-with-us/strategic-workstreams/cost-reduction-study/>
- (2) <https://www.carbontrust.com/media/241168/universal-foundation-demo-dogger-bank-jan-2013.pdf>
- (3) <http://www.nauti-craft.com/>
- (4) <http://www.carbontrust.com/our-clients/o/offshore-wind-accelerator>
- (5) <http://innovate.statoil.com/challenges/hywind/Pages/default.aspx>
- (6) <http://www.modec.com/jp/business/skwid/>

[寄稿]

地球温暖化問題の動向

杉山 大志

(一財) 電力中央研究所
社会経済研究所 上席研究員



1. はじめに

標記について、「気候変動に関する政府間パネル (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) の報告書, 気候変動枠組条約締約国会議 (COP) における国際交渉, 国内における政策検討の順に解説する。

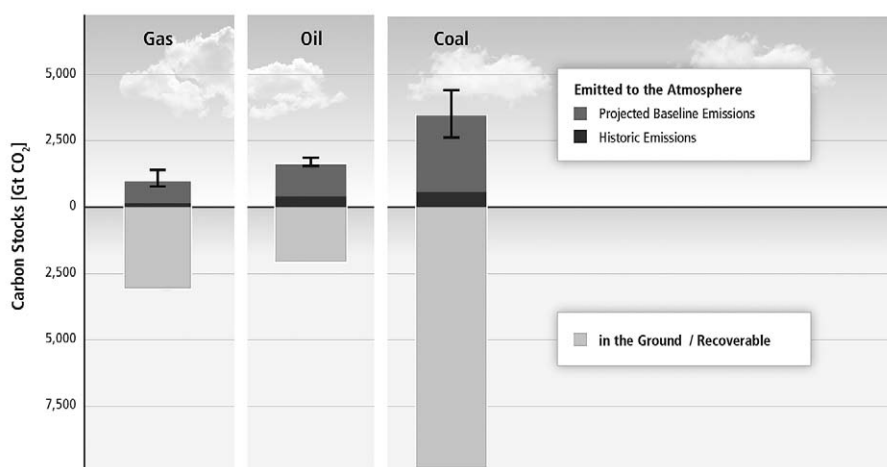
2. エネルギー消費と地球環境問題

標題について IPCC 第五次評価報告書での整理を元に概観する。IPCC は、1988 年に設立され、2013 年から 2014 年にかけて、『第 5 次評価報告書』を発表した。内訳は、資源科学的な知見 (第 1 作業部会)、環境影響評価 (第 2 作業部会)、排出削減の技術・コスト等 (第 3 作業部会) であり、筆者はこのうち第 3 作業部会で統括執筆責任者を務めた。

(1) 増加を続ける温室効果ガス排出量

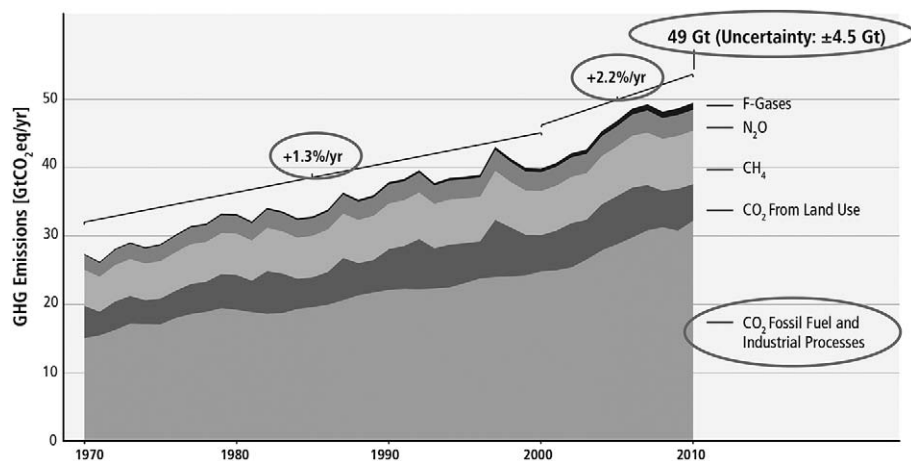
化石燃料は安価で利便性が高いため、使用量は増大してきた。これが大気中の二酸化炭素 (CO₂) 蓄積量を増やすことで、温暖化問題が懸念されている。更に、近年になって、シェールガスやシェールオイルなど、非在来型の資源の採掘可能量の見積もりが大幅に増加した。今後 100 年の間に、ガス、石油、石炭の何れについても、資源が枯渇する心配はなく、それよりは、CO₂ 排出を制約しなければならない、という見方が、今では主流となっている。図 1 には、採掘可能な地下の資源量 (CO₂ 排出量に換算) よりも、「なりゆき予想の排出量 (projected baseline emissions)」の方が遙かに大きいことが示されている。

世界の温室効果ガス排出量は増加を続けている。過去 20 年にわたって、多くの国々で温暖化対策が実施されたが、図 2 に示すように、



(出所: IPCC 第 5 次評価第 3 部会報告書)

図 1 化石燃料資源量 (CO₂ トン換算)



(出所：IPCC 第5次評価第3部会報告書)

図2 過去の世界の温室効果ガス排出量 (CO₂ トン換算)

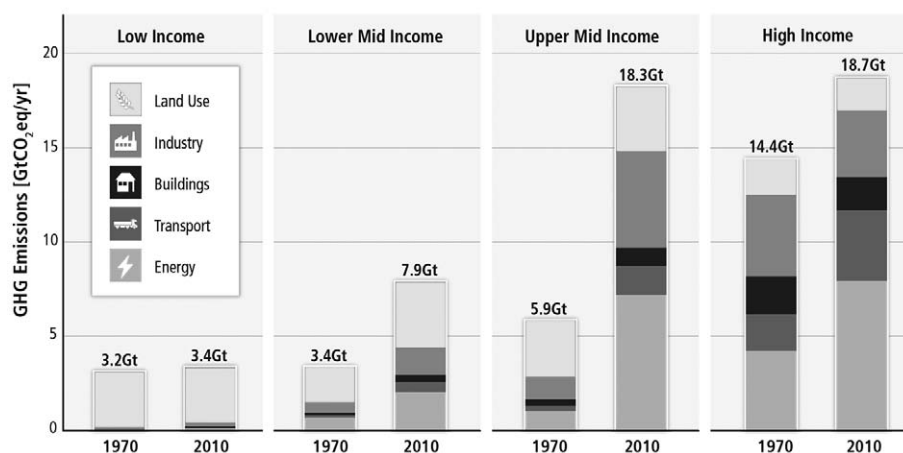
このトレンドは全く変わらなかった。とくに2000年以降は、増加の速さが2.2%/年となり、それ以前の1.3%/年を上回るペースとなった。

この背景にあるのが、中国などの新興国の急激な排出量の増加である。図3は、1970年と2010年の温室効果ガス排出量を、世界銀行の使用する4つの所得区分別に分けて図示したものである。先進国（高所得：High Income）の諸国の排出量もやや増加しているが、それ以上に、新興国（上位中所得国：Upper Mid Income）の諸国の排出量が急増していることが見て取れる。他の開発途上国（低所得：Low Income および下位中所得国：Lower Mid Income）の排出量はあまり伸びていない。温室効果ガス総量をコントロールするためには、先進国だけではな

く、新興国の排出量も重要であることが分る。

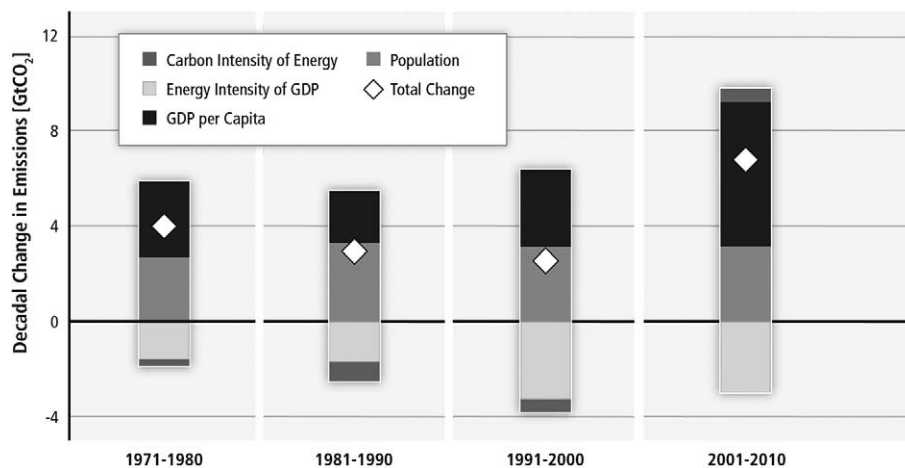
図4にあるように、温室効果ガス排出総量の増大要因を分解すると、豊かさ（一人当たりGDP）の向上と人口の増加がある。減少要因としては、経済のエネルギー効率（Energy Intensity of GDP）が改善してきたことがある。なおエネルギーの炭素強度（Carbon Intensity of Energy）は、2000年までは、石炭・石油からガス・電力（原子力を含む）の利用へのシフトなどによってCO₂の減少要因であったのだが、2000年以降は、このトレンドが逆転し増加要因になってしまった。これは、中国などの新興国で石炭利用が急激に拡大したことを反映している。

温室効果ガス排出が大気中に蓄積して、その



(出所：IPCC 第5次評価第3部会報告書)

図3 所得区分別の世界の温室効果ガス排出量



(出所：IPCC 第5次評価第3部会報告書)

図4 世界の温室効果ガス排出量変化の要因分解

結果として地球温暖化が起きると、様々な悪影響が懸念されることが、IPCC 第五次評価第2部会報告書にまとめられている。ただし、温暖化の悪影響については、科学的な不確実性も大きく、本当のところどの程度なのかはよく分っていない、と筆者は見ている*。

3. IPCC の温室効果ガス排出抑制シナリオ

(1) 概要

IPCC は第5次評価報告書において将来の排出量シナリオを整理している。近年の国際交渉においては、地球温暖化を2℃以下に抑制するという政治目標がしばしば言及されるようになった。これを反映して、IPCC 報告書でも2℃以下に抑制するシナリオ（以下、2℃シナリオ）の記述に多くの紙幅が割かれている。その骨子は以下のとおりである。

- ① 地球温暖化を産業革命前に比べて2℃以下におおむね(66%の確率で)抑制することは、2050年までに世界全体で2010年時点に比べて40%から70%の排出削減を意味する。このとき、再生可能エネルギー、原子力、CCS（発電所などから排出されるCO₂を地中に埋める技術）の合計による低排出エネ

ルギー供給は、2010年時点の3倍から4倍に達する。

- ② このような2℃シナリオが実現するための条件は、世界の国々が一致協力して排出削減に取り組むこと、および、多くの温暖化対策技術が進歩し普及することである。つまり、国際協調と技術革新の両者が条件となる。

このような結論は、統合評価モデルを用いたシナリオ分析の結果をレビューして得られた。レビューの結果は、表1および図5に要約されている。

表1について説明する。「RCP: Representative Concentration Pathway」は「参照濃度経路」と訳すが、ここでは温室効果ガス濃度シナリオのことだと理解しておけばよい。

RCP2.6がいわゆる2℃シナリオである。ここで2.6というのは放射強制力（「温室効果の強さ」と思っておけばよい）が2100年において2.6W/m²という意味である。このシナリオでは、2050年までに2010年に比べて温室効果ガス排出を41%～72%削減して、産業革命前からの温度上昇が2℃以下になる「可能性が高い」となっている。「可能性が高い」というのは、IPCCでの約束で、確率が66%以上

* これについては本稿の範囲を超えるので詳述しないが、詳しくは拙著『地球温暖化とのつきあい方』(ウェッジ社, 2014年)にまとめたので参照されたい。

表1 IPCC の温室効果ガス抑制シナリオ

2100年の温室効果ガス濃度 区分ラベル (濃度帯)	細区分	RCPとの 対応	累積CO ₂ 排出量 (GtCO ₂ (Gtは10億ト ン))		2010年比の温室効果ガ ス 排出量変化(%)		温度変化 (1850-1900年比)				
			2011-2050	2011-2100	2050	2100	2100年の 温度変化 (℃)	21世紀に下記の温度水準未満に留まる可能性(%)			
								1.5℃	2.0℃	3.0℃	4.0℃
< 430			430ppm CO ₂ 換算未満では限られた数のモデルしか研究されていない								
450 (430-480)	----- 12	RCP2.6	550-1300	630-1180	-72 to -41	-118 to -78	1.5-1.7 (1.0-2.8)	どちらかと言え ば 可能性が高い	可能性が高い	可能性が高い	
500 (480-530)	オーバーシュート なし		860-1180	960-1430	-57 to -42	-107 to -73	1.7-1.9 (1.2-2.9)	どちらかと言え ば 可能性が高い			
	オーバーシュート あり		1130-1530	990-1550	-55 to -25	-114 to -90	1.8-2.0 (1.2-3.3)	どちらかと言え ば 可能性が高い			
550 (530-580)	オーバーシュート なし		1070-1460	1240-2240	-47 to -19	-81 to -59	2.0-2.2 (1.4-3.6)	可能性が高い			
	オーバーシュート あり		1420-1750	1170-2100	-16 to 7	-183 to -86	2.1-2.3 (1.4-3.6)	どちらかと言え ば可能性が高い			可能性が高い
(580-650)	----	RCP4.5	1260-1640	1870-2440	-38 to 24	-134 to -50	2.3-2.6 (1.5-4.2)				
(650-720)	-----		1310-1750	2570-3340	-11 to 17	-54 to -21	2.6-2.9 (1.8-4.5)	可能性が高い	どちらかと言え ば 可能性が高い		
(720-1000)	-----	RCP6.0	1570-1940	3620-4990	18 to 54	-7 to 72	3.1-3.7 (2.1-5.8)	可能性が高い		どちらかと言え ば可能性が高い	
>1000	-----	RCP8.5	1840-2310	5350-7010	52 to 95	74 to 178	4.1-4.8 (2.8-7.8)	可能性が高い	可能性が高い	どちらかと言え ば可能性が高い	

(出所：IPCC 第5次評価第3部会報告書)

になることを指している。より詳しくいえば、表1のRCP2.6の温度上昇についてはカッコ内に1.0～2.8℃とある。これが気候系の科学的な不確実性を含めた幅であり、この幅の中で2℃以下になる確率が66%以上ということである。また、表1に「CO₂換算」とあるのは、CO₂以外のメタンなどの温室効果ガスをCO₂に換算して合算したという意味である。

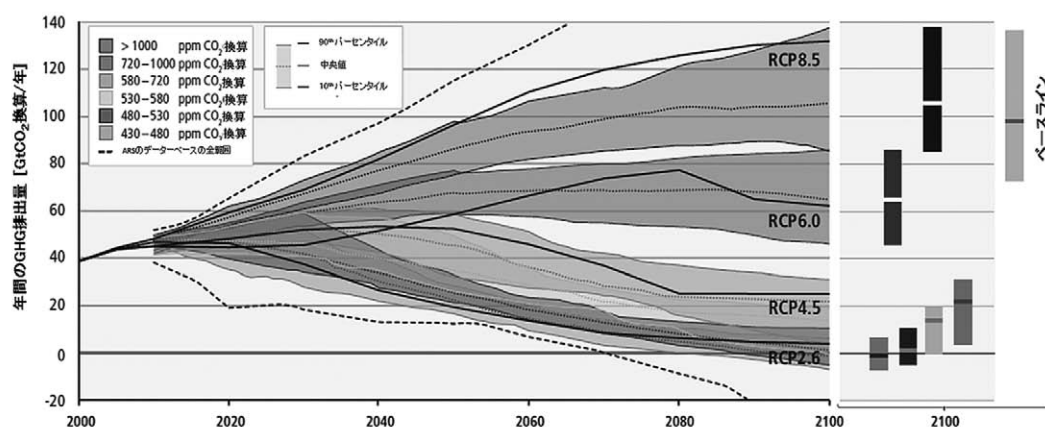
表1は入り組んでいて、全てを理解するのは容易ではない。大雑把には、以下の点が分れば十分である。すなわち、RCP2.6が2100年までに概ね「2℃以下」に抑えるシナリオであるのに対して、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5は、各々2～3℃、3～4℃、4℃以上程度の温度上昇になる可能性が高いとされるシナリ

オである。RCP2.6とRCP4.5の間に位置する500ppmと550ppmのシナリオは、だいたい「2℃前後」のシナリオになっている。

(2) "BECCS" で負の排出量を想定

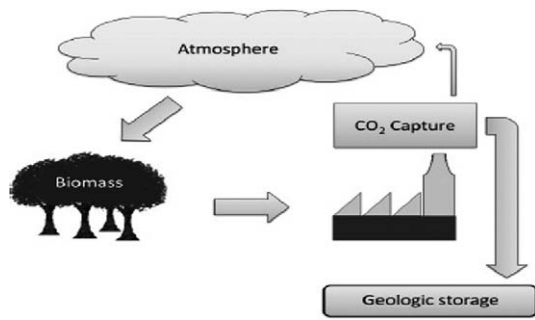
次に、図5を見る。なりゆきでは右肩上がりが増えていく世界の温室効果ガス排出量が、RCP2.6（2℃シナリオ）では、大幅に削減されて、21世紀末には排出量がほぼゼロまたは負になることが示されている。

排出量が負になるというのは、植林してCO₂を固定し、その木材を発電所で燃やしたあと、発生したCO₂を地中に埋めるという、バイオエネルギー（BE）とCO₂回収貯留技術（CCS）の組み合わせ（BECCS：ベックス



(出所：IPCC 第5次評価第3部会報告書)

図5 IPCC の温室効果ガス抑制シナリオ



(出所：Global CCS Institute 資料)

図6 バイオエネルギーと CCS の組み合わせによる BECCS の概念図

と呼ばれる)を大量に普及させるという想定による。その概念図を図6に示すが、その規模はとてつもなく大きい。発電部門において、21世紀末のBECCSによる負の排出量は、じつに2010年の排出量に匹敵すると想定されている。大きさが同じで、符号が反対である。ここでは、世界中の発電所がBECCSになるので、自動車や工場から出てくる他の温室効果ガスを全て相殺し、なお余りあるので図5での排出量が負になる、という論法である。このような大規模なBECCS利用に頼っていることが2℃シナリオの特徴である。

(3) 2℃シナリオは実現困難

さて2℃シナリオが実現するための条件としては、世界の国々が一致協力して排出削減に取り組むこと、および、多くの温暖化対策技術が進歩し普及することとされている。つまり国際協調と技術革新の両者が前提条件となる。だがこれは極めて困難であることを、順に説明する。

まず、国際協調について。IPCCのシナリオは、現実を大幅に単純化した数値モデルに依存している。そこでは、資源量や技術の効率・コスト等は考慮されている。だが安全保障と国際競争の懸念については一切考慮されていない。これは重要な限界である。なぜなら、現在の世界諸国のエネルギー選択において、この両者は最重要な要因だからだ。2℃シナリオが実現するためには、諸国が、安全

保障や国際競争の懸念無く、専ら温室効果ガス排出削減に励むことが条件になる。2℃シナリオでは、例えば中国が、安全保障について考慮することなく国内産の石炭利用を極端に減らして天然ガスを海外から大規模に輸入し、さらには、国際競争の懸念をすることなく高価なCCSや再生可能エネルギーを大規模に普及させることを想定する。残念ながら、今の世界情勢はこれとはかけ離れている。

では、技術革新はどうか。これについても、2℃シナリオには、首をかしげざるを得ない条件がついている。それは、21世紀後半において、バイオエネルギーとCCSが、現在の石炭や石油に匹敵するような規模で普及する、という想定である。これについては、IPCC報告書の記述でも慎重な意見が多い。バイオエネルギーは生態系保全や食料安全保障との衝突が懸念されている。CCSについては、いまだ商用化されておらず、コスト面でも、CO₂の貯留における社会的な受容面でも、なお課題は多いとされる。

こうしてみると、2℃シナリオは提示されたものの、その実現のためには国際協調と技術革新の両面で、現状からみると奇跡的な変化が必要であることが分かる。エーデンホーファー第3作業部会共同議長はプレスリリーでこのことを差して”the challenge is huge, huge, huge”と表現している。ここで言うchallengeとは、実現不可能とは言わないが、極めて困難というニュアンスで用いられている。

(4) コストは安いのか、無限大か？

2℃シナリオ実現のためのコストについては、国際協調と技術開発が「理想通り」進むと想定すると、2030年において世界の国内総生産(GDP)合計の1～4%程度の消費が失われるとしている。この規模感をつかむために、今の日本のGDPにあてはめて考えてみよう。日本のGDPが500兆円として、その1～4%といえは5兆～20兆円だから、相当な金

額であると分かる。だが、技術革新が停滞したり、国際協調が不完全な場合には、このコストはさらに跳ね上がる。コストは容易にこの数倍になるし、実施不可能と試算される場合も多い。以上の検討を踏まえて、2℃シナリオの実現は極めて難しいのではないかと、この見解もIPCC報告には示されている。

コストについては、「世界経済全体が成長することを考えれば、僅かである」という意見もある。例えば、2100年までに世界経済の規模は現在の3倍つまり300%になるであろうから、温暖化対策として数%を犠牲にすることは大したことではないという意見である。ただしこれも、上述のような、理想的な温暖化対策の実施を前提にした議論である。実際には、これもエーデンホーファー共同議長がプレスリリースではっきり言及しているように、国際協調や技術開発についての理想的な前提条件が崩れると「実施不可能」、すなわち「コストは無限大」となる。つまり、コストは極めて大きくなりうる。

4. 地球温暖化問題の国際動向

(1) 過去の経緯と京都議定書の評価

地球温暖化問題が国際政治で本格的に議題に上るようになったのは、1992年にリオ・サミットで気候変動枠組み条約が採択されて以来である。その後、同条約の実施状況をフォローする締約国会議(COP: Conference Of Parties)が年末に開催されることが恒例となり、これが地球温暖化問題についての国際交渉の中心的な場となってきた。

中でも1997年に京都で開催されたCOP3は通称「京都会議」と呼ばれるもので、1つの大きな山場になった。同会議で、第一約束期間(2008年～2012年)の5年間の平均で、1990年(フロンガスは1995年)に比べて、温室効果ガス排出量を削減する、という数値目標が合意された。日本の数値目標は△6%、米国は△7%、EUは△8%であった。

京都議定書の数値目標については、先進国しか対象にしておらず、途上国が対象になっていない、という問題点が当初から指摘されていた。また、ロシアなどの旧共産圏諸国は、1997年の交渉時点で、すでに共産圏経済の崩壊によってCO₂排出が基準年である1990年に比べて大幅に減っていたので、実質的には排出増加に制限がかからない数値目標になっていた。さらに米国は、当時の民主党・クリントン政権は京都議定書の採択をしたものの、国益を損なうものだとして議会は一貫して批准を拒否し続けた。やがて共和党のブッシュ政権になると、米国は京都議定書からの離脱を宣言した。

IPCC第5次評価報告書第3部会では京都議定書の総括をしている。京都議定書には、その具体的な国際枠組みの第一歩としての意義を認めており、また、先進国全体として見れば数値目標は達成された。しかしながら、数値目標が上記のように偏った設定になっていたために、その効果は限定的であった、と辛口の評価になっている。

(2) 京都議定書後の国際枠組み交渉

1997年の京都会議以降、2000年代に入ってから、新興国の経済成長がめざましく、特に2007～2008年のリーマンショック以降は、先進国は金融・債務の不安に苦しむようになった。温室効果ガス排出についても、新興国の排出量の伸びは大きく、総量でもかなりの割合を占めるようになった。このような情勢の変化を受け、また京都議定書にはあまり効果が無かったといった反省に立って、新たな枠組みの模索が行われた。

まず、2020年を目標年とする枠組みが、2016年のカンクン合意で定まった。これは各国が、それぞれ数値目標を設定して国連気候変動枠組み条約事務局に登録するというボトムアップ型のものである。これは、京都会議のような方法で数値目標についてトップダウン的に交渉して決定するという方法では、世

界各国の合意を一度に得ることはできないという、現実を踏まえたものだった。日本の数値目標は2005年に比較して△3.8%とされた。

執筆現在では、2020年以降（2025年ないし2030年）を目標年とした取組みについて、2015年末にパリで開催されるCOP21を期限として、国際的な枠組みのあり方が交渉されている。基本はボトムアップ型であり、各国が数値目標をそれぞれ宣言するものになると思われるが、いくつか重要な論点が未解決であり、未だ枠組みは定まっていない。主な交渉項目には以下のようなものがある。

- ① 目標年は2025年にするか2030年にするか。
 - ② 各国が提出した数値目標について、それを国連事務局に登録するだけにするか、それともその深掘りのために国際交渉をする手続きを設定するか。するとしたら、どのような手続きにするか。
 - ③ 数値目標の遵守状況について、どのような相互確認（レビュー）を行うか。数値目標の遵守を義務とするか、それとも努力目標とするか。
 - ④ 途上国、とくに大規模な新興国に、総量目標という正式での数値目標設定を求めるか、それとも途上国は原単位など別の形式でも可とするか。
 - ⑤ 排出削減以外の、適応、技術移転、資金援助などをどうするか。

2014年末にリマで開催されたCOP20に先立ち、その直前に電撃的に発表された米中合意が注目を集めた。これは、米国は2005年を基準年として、2025年までに26～28%の排出削減を行い、中国は2030年に排出量ピークアウト（排出の伸びをゼロにして、その後は減少に向かう）というものである。これは米国にとってはかなり野心的な排出目標であって、その達成には大きなコストがかかるが、中国にとっては、遠い将来でもあり、また排出の総量を宣言したわけでもなく、2030年までは排出量を増やしてもかまわないことにな

る。米国にとって圧倒的に不利であり、中国にとってはこれ以上望めないような、有利な条件だった。では、なぜ米国はかかる不利な条件を飲んだのか。

それは、2016年が大統領選の年であり、オバマ大統領の二期目の任期が終了することと関係がある。米国大統領は任期の最後になると、レガシー（歴史的遺産）を残すことに関心を深める。オバマ大統領の場合、中東やロシアとの外交、社会保障改革などの内政で、いずれも思ったような成果が得られず、2014年の中間選挙でもその求心力低下が鮮明に現れた。この中にあって、地球温暖化問題についてリーダーシップを発揮して名声を残したいという思いが強くなっている。このような動きに対して上下両院で多数を占める共和党は、個人的な名声のために米国の国益を（民主国家で無い）中国に対して売り渡すものであり、看過できない、として非難している。なお、国際交渉の現状についてさらに詳しくは文献（4）を参照されたい。

5. わが国の地球温暖化対策

（1）地球温暖化対策の概要

わが国の地球温暖化対策といったときに、その範囲をどこまでとるか、実は曖昧なところがある。温暖化対策を目的とする政策であっても他の目的があったり、あるいはその逆もあるからだ。そこで法学的に名目を見るだけではなく、経済学的にみて、実質的に温暖化対策はどうなっているか考えたほうが分かりやすい。

経済理論上、温暖化対策として、政府の果たすべき役割には3つの柱がある。第一が「炭素価格付け」といっているもので、要はエネルギー価格を上げることでその消費を抑制することである。例えば、温暖化対策税があるが、それだけでなく、揮発油税など、エネルギーには様々な税が課されている。ただし、エネルギー価格に対して企業や家庭は必ずしも合

理的に行動しないことが行動経済学で知られているので、あと2本の柱が必要になる。第二が「合理化の推進」であり、これは所与のエネルギー価格のもとで、経済合理的な省エネルギーを推進することである。これには省エネルギー法が中心的な役割を果たしているが、業界団体・企業の自主的取り組み（経団連自主行動計画、経団連低炭素社会実行計画）も重要な役割を果たしてきた。第三が「技術開発の促進」であり、これは科学技術の基礎研究の推進と、実証段階にある技術への国プロなどによる補助である。

（2）京都議定書数値目標達成計画

日本政府は、前述の諸政策の効果の総計として、京都議定書の数値目標を達成するとして京都議定書数値目標達成計画（以下、計画）を策定した。結果として、日本は△6%とい

う数値目標は達成した。しかし、当初の想定とは全くことなる形で達成されたことが、部門別に見ると明らかになる⁽¹⁾。図7、図8に示すように、特に業務・家庭部門ではそれが顕著だった。計画が2005年に策定された当時、業務・家庭部門の2002年の排出量は、基準年の1990年比で、すでに各々37%、29%の増加であることが分かっていた。だが計画ではこの傾向が反転して2010年には15%、6%まで減少するとなっていた。この数値目標は、計画の実施中の2008年に、各々27%、10%に変更された。だが結局、2012年の実績値は業務・家庭部門で各々66%、60%と、大幅に当初計画を上回る排出量増加になった。これには原子力発電停止の影響も勿論あったが、震災前の2010年時点でも各々32%、35%だったので、当初計画を大きく上回ったことには変わりはない。省エネの見通しは大きく外れた。

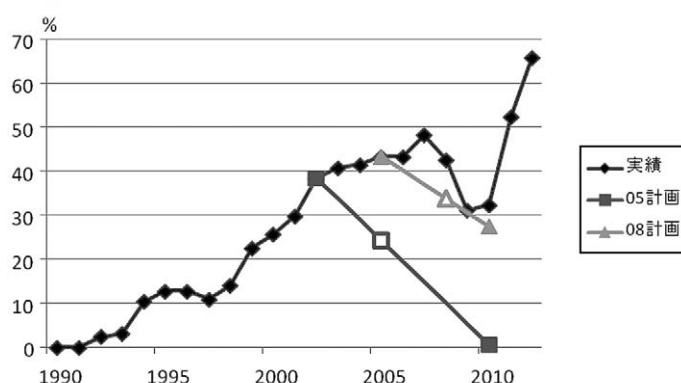


図7 業務部門のエネルギー起源 CO₂ 排出量の推移（1990 年を基準とした変化量）

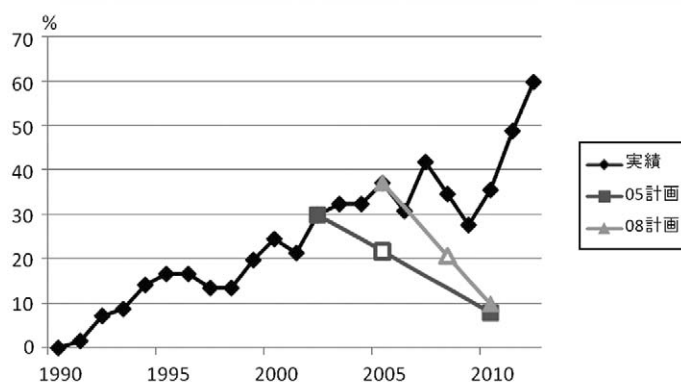


図8 家庭部門のエネルギー起源 CO₂ 排出量の推移（1990 年を基準とした変化量）

（３）今後の見通し

COP21 における交渉に向けて、日本政府も総量の数値目標を発表することになるだろう。これに先だって、電源構成（いわゆるエネルギーミックス）をはじめとして、2025 年ないし 2030 年に向けてのエネルギー需給および温室効果ガス排出量のシナリオを政府は検討しなければならない。それに当っては、どのような政策措置を実施するかといったことも、ある程度、併せて検討することになるだろう。

かつての日本は原子力発電を中心として CO₂ 削減を進めるという方針に幅広いコンセンサスがあったが、東日本大震災以来、原子力の将来については予断ができなくなった。このため、今後の排出削減についての総量の数値目標というと、石炭から天然ガスへのエネルギー転換の最中にある米国等と比較して、見劣りのするものにならざるを得ないだろう。ただし、日本は上述の温暖化対策の 3 つの柱をいずれも世界最先端の水準で実施してきたので、これについて詳しく説明することで、やるべきことはやっているということ、国際的な理解を得ていくことは十分に可能であろう。

今後の政策のあり方としては、過去の経験に学ぶことが重要である。前述の数値目標達成計画の達成結果等を踏まえ、省エネルギーや再生可能エネルギー導入に関する目標設定、制度設計に当っては、現実的でバランスのとれたものとなるよう、慎重を期する必要がある。

なお、本稿について更に詳しくは、拙著（１）をご覧ください。

参考文献

- （１）『地球温暖化とのつきあいかた』、ウエッジ社、2004 年
- （２）『IPCC 第 5 次評価第 3 部会報告書』（www.mitigation2014.org）
- （３）『IPCC 第 5 次評価第 2 部会報告書』（www.climatechange2014.org）
- （４）上野貴弘、「ハイブリッドアプローチに基づく 2020 年以降の温暖化対策の国際枠組み－2013 年の交渉動向と 2015 年の合意期限に向けた課題－」、電力中央研究所報告 Y13020、2014 年 5 月

廃棄物等利用高効率火力発電システムの 実用化研究 FS

小川 紀一郎^{*1} (プロジェクト試験研究部 参事)

新藤 紀一^{*2} (元プロジェクト試験研究部
主管研究員)

谷内田 淳一^{*3} (プロジェクト試験研究部
主管研究員)

大内 優^{*4} (元プロジェクト試験研究部
研究員)

蓮池 宏^{*5} (プロジェクト試験研究部
部長・研究理事)

谷川 博昭^{*6} (中国電力㈱ 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)

中村 昭史^{*7} (中国電力㈱ 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)

谷口 直彦^{*8} (中国電力㈱ 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)



1. はじめに

原子力発電の再稼働が困難な状況下、ますます火力発電の比重が増大してきているが、一方では、それに伴う二酸化炭素(CO₂)排出量増加および経済的理由もあり、化石燃料節減ニーズは切実なものとなっている。本稿の廃棄物等利用高効率火力発電システム(以下「本方式」)は、バイオマス、RPF[※]等を燃焼する焼却炉から発生した蒸気を火力発電所の給水系に導入し、発電所側は燃料節減、焼却炉側は従来の単独方式では到達できない高効率化を可能とするシステムである。

この度、環境省「平成26年度CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業(廃棄物等利用高効率火力発電システムの実用化研究)」を当所と中国電力㈱とで共同実施(平成26年9月29日～平成27年3月25日)し、火力発電所内にRPF焼却ボイラ設置を想定した「本方式」適用システムのフィージビリティスタディー(FS)を行ったので、その成果の一部を紹介する。

2. システムの原理と特徴

(1) システムの構成と原理

「本方式」を構成面から述べると、焼却炉発

※ Refuse derived paper and plastics densified fuel 古紙及び廃プラスチック類を主原料とした高品位の固形燃料

生蒸気を発電所の給水加熱器系統のバイパスライン中に追設された給水加熱器（以下「BP加熱器」）に導入し同「BP加熱器」にて給水の一部を加熱し、その戻り水は再度焼却炉に循環するシステムである。概念を図1に示す。原理的には「BP加熱器」の加熱量に見合って、発電所の蒸気タービンの抽気量を低減でき、その蒸気量が蒸気タービンの発電に寄与できるので、発電出力増加あるいは化石燃料使用量の低減が可能となる。本来蒸気タービンの抽気蒸気は、高レベルのエネルギーでもあり、給水加熱用としては十分すぎるエネルギーを有しており、従って後段の蒸気タービンでさらに発電利用し、一方給水加熱用蒸気には外

部からの低品位（低蒸気条件等）蒸気を利用することができれば、エネルギーの質に応じた総合利用効率の向上が図れる。「本方式」はその点に着目し、発電プラントは発電出力増加または化石燃料の節減が図れ、図2に示すように、焼却炉側は通常の廃棄物発電では達成が困難な発電効率（焼却炉基準）の高効率化が可能となる。

（２）特徴

以上で述べた点も含め本方式の特徴を挙げる。

- ① 火力発電所側は出力増加または燃料節減が図れる。例えば、焼却ボイラからの導入蒸

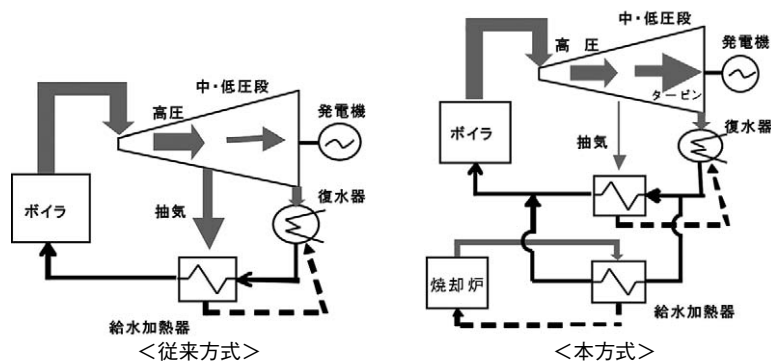


図1 システムの概念

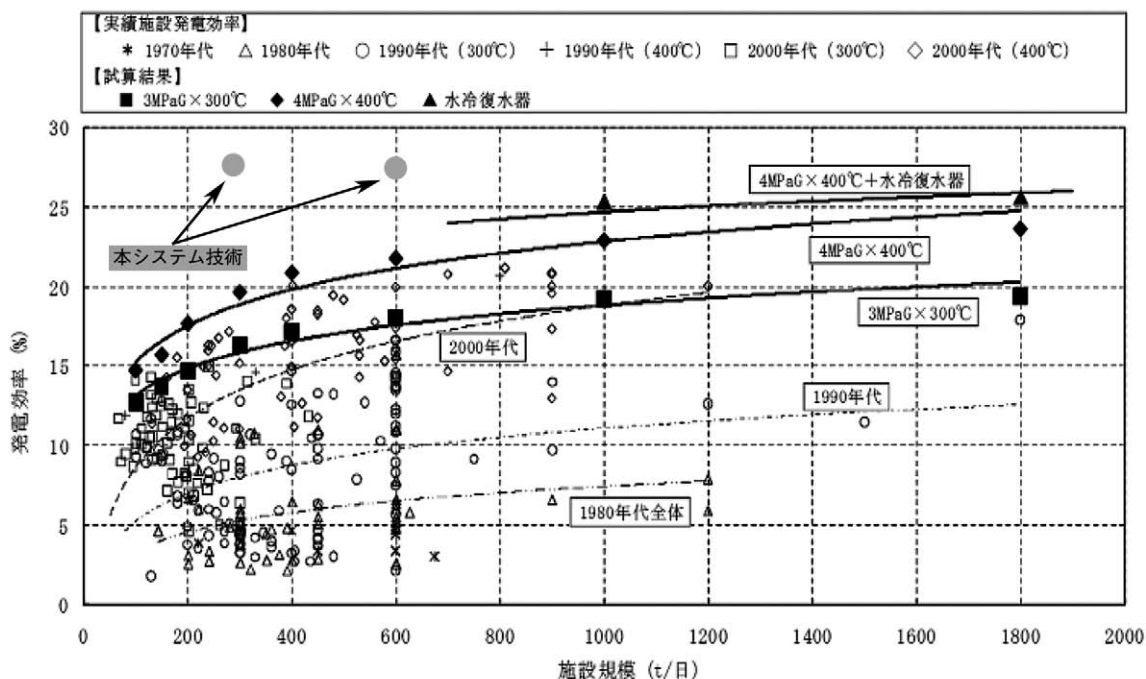


図2 廃棄物発電の効率特性

気量が約 30t/h の場合、増加発電出力は、発電プラントの規模、負荷等により差異はあるが、約 6,000 ～ 8,000kW が期待される。

- ② 焼却炉側は高効率発電が図れる。例えば、焼却炉基準の発電効率は、図 2 に示すように、従来型の廃棄物発電技術は最大でも 25% 程度（平均では 12% 弱）に対し、本方式では、事前検討によれば 27 ～ 30% レベルが見込まれた。なお、今回の FS 結果によれば、さらなる高効率が得られた。その詳細は 3 - (3) で述べる。
- ③ RPF は（紙等再生可能エネルギー成分を約 2 ～ 3 割含む）再生可能エネルギーでもあり、一般に変動の多い再生可能エネルギー電源の中でも安定した電気が得られる。
- ④ 対象火力発電所の燃料・燃焼方式を問わない。廃棄物等は、バイオマス、RPF の燃料扱いのものから、通常の廃棄物（この場合は構外設置）など幅広い適用が可能。
- ⑤ 間接加熱であるので仮にどちらかの施設でトラブルが発生しても離脱・接合の操作は容易であり、相手側に影響が及ばないようにすることができる。
- ⑥ 既存技術の組合せで、技術的ハードルは高くない。
- ⑦ 日本で技術が確立されたら、今後電力インフラと焼却炉建設が見込まれる途上国への技術支援が可能となる。

3. FS 成果の概要

(1) 基本条件

① 焼却炉と発電所の組合せ方式

本方式採用の場合、発電所と焼却施設の組合せにより「発電所構内型」と「発電所構外型」の 2 方式がある。「発電所構内型」とは、発電所構内に燃料扱いが可能なバイオマス、RPF 等の焼却施設を設置し、その蒸気を発電所に導入する方式であり、「発電所構外型」とは、発電所構外の近隣に廃棄物焼却施設がある場合、そこから蒸気配管を介して蒸気を発電所に導入す

る方式である。本 FS では、前者の「発電所構内型」を採用する。なお、「発電所構外型」については、国内における数カ所の候補を摘出したが、詳細は紙幅の都合上割愛する。

② 焼却炉側条件

- ・焼却炉形式：内部循環型流動床方式
- ・施設規模：約 80t/ 日
- ・蒸気条件：(焼却炉ボイラ出口条件)
 圧力：3MPa
 温度：300℃
 蒸気量：33 ～ 36 t/h（発電所の負荷により異なる）
- ・燃料：RPF（主体として JIS 等級 C を対象とする）（表 1、表 2 参照）

表 1 RPF の JIS 規格

等級	A	B	C
高位発熱量	25,000 KJ/kg (約 6,000kcal/kg) 以上		
水分	5%以下		
灰分	10%以下		
塩素分	0.3%以下	0.3～0.6%	0.6～2.0%以下

表 2 RPF 組成と発熱量

< 発熱量と三成分 > (湿基準)

低位発熱量		kcal/kg	6,474
		kJ/kg	27,100
三成分	水分	%	3.43
	可燃分	%	89.62
	灰分	%	6.95
合計		%	100.00

< 可燃物組成 > (乾基準)

炭素	%	58.24
水素	%	7.77
酸素	%	24.82
窒素	%	0.85
硫黄	%	0.09
塩素	%	1.04
灰分	%	7.19
合計	%	100

③ 発電所側条件 (想定)

- ・対象発電所：ガス燃焼火力発電所
- ・規模（定格出力）：約 340MW
- ・蒸気条件：16.6MPa × 566℃ × 538℃
- ・発電効率(焼却炉基準)(研究目標)：27%以上
 (効率の定義は (3) - ①参照)

- ・燃料：LNG
- ・大気温度（平均）：20℃

（２）焼却炉の FS

① 基本条件の採用理由

（a）焼却炉基本形式

焼却炉形式は、内部循環型流動床方式（ICFB）を採用したが、その理由は下記による。

- i. ストーカ燃焼方式では、火格子（ストーカ）における RPF の溶融・燃焼が生じ炉床の閉塞、焼損の原因となるため不適と判断される。また、ロータリキルンとストーカ炉の組合せは、技術的には問題ないが、機器構成の複雑さにより経済性で劣る。
- ii. 流動床燃焼でも、通常の流動床燃焼方式（FBC）あるいは外部循環型動床燃焼方式（CFB）と比較して、内部循環方式（ICFB）が適していると考え理由は下記の通りである。
 - ・CFB と異なり、高温サイクロンがないため、燃料中金属アルミニウムのサイクロンへの付着の問題がない。
 - ・平衡通風方式で焼却炉内は負圧に保たれており、燃料供給部等での高シール機能を必要としない。（通常の CFB は、フリーボード部の粒子濃度が高いため、火炉下部の燃料供給は微加圧状態であるとの理解による。）
 - ・流動層では低温燃焼、フリーボードで高温燃焼させることが可能。CFB は高温サイクロン部で高温燃焼するため低融点物質の多い廃棄物由来の灰によるクリンカトラブルが懸念される。

iii. その他

ICFB は、流動媒体の蓄熱を利用して負荷応答性（3～6%/min）が優れているが、その点も発電用との組合せに適していると考えている。ICFB 概念図を図 3 に示す。

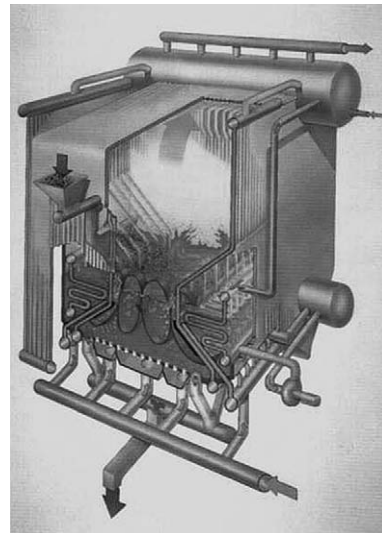


図 3 焼却炉ボイラ（ICFB）概念図

（b）蒸気条件採用理由

前述の通り、焼却炉ボイラ出口蒸気条件は、3 MPa × 300℃を採用したが、その理由は RPF（C 級）燃焼時でも、焼却炉ボイラの過熱器等に高級材を使わなくても実用上十分な耐久性が得られる条件であるとの理解による。一般に燃焼ガス中に高 HCl ガスを含む環境下では、過熱器管の管材質温度が約 350℃を超えると急速に腐食が進むことが知られているが、本 RPF 燃焼ガスは、通常の燃焼ガス雰囲気よりさらに HCl ガス成分が高いため、同温度域を避けることが重要であるとの考えによる。

なお、最近の廃棄物発電は、4 MPa × 400℃の温度条件が採用されてきているが、その場合のガス中の HCl 成分は、一般に本 FS 条件より低レベルであり、また単独の廃棄物発電でも極力高効率化を達成したい狙いによるものである。

② 焼却炉の熱物質収支

発電プラントの定格負荷（340MW）および最低負荷（105MW）に対応した熱物質収支検討を行った。発電プラントと焼却炉ボイラとの取合点における蒸気条件および蒸気量は、いずれの負荷においても一定になるよう設定したが、発電プラントより焼却炉ボイラへの戻り水温度は、発電プラントの負荷が減少す

表3 焼却炉ボイラ主要諸元

ケース	設計条件	運転下限
	105MW対応	340MW対応
ボイラ出口（圧力）	3MPa	3MPa
同（温度）	300℃	300℃
同（蒸発量）	35.4t/h	32.8t/h
ボイラー入口給水温度	178℃	176℃
ボイラープラント（脱気器）入口給水温度	141℃	177℃
燃料(RPF)投入量	3.2t/h	2.9t/h
HCl（炉出口）	460ppm (O ₂ -12%換算値)	
HCl（煙突出口）	50ppm (O ₂ -12%換算値)	

るにつれ低くなるので、最低負荷（105MW）の時に焼却炉所要熱量は最大となる。従って、焼却炉の設計条件は発電プラントでは最低負荷、すなわち 105MW 発電負荷時となり、焼却炉の運転下限は発電プラントでは最大負荷に対応したものとなった。焼却炉ボイラ主要諸元を表3に示す。

（3）発電所側のFS

① 結合位置の最適場所の検討

まず、焼却炉蒸気と給水系の結合位置に関し、次の3ケースを対象として検討した。

ケース1: 焼却炉蒸気を発電所の高圧給水系のみに結合

ケース2: 焼却炉蒸気を発電所の高圧給水系および低圧 給水系の一部に結合

ケース3: 焼却炉蒸気を発電所の高圧給水系および低圧 給水系の全部に結合

詳細は省略するが、検討の結果、ケース1が経済性のみでなく、性能面（例、焼却炉基準発電効率）でも優れていることが判明した

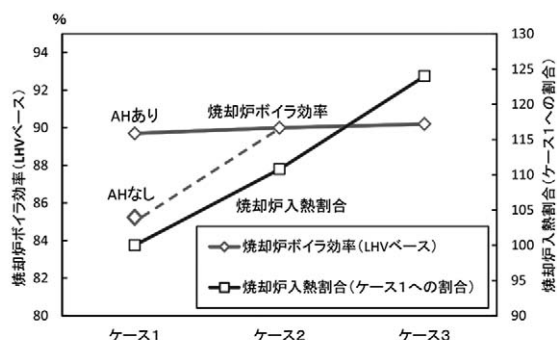


図4 各ケースの焼却炉ボイラ効率等

ので、本FSでは、ケース1を採用した。

ただし、ケース1の場合、BP 熱交から焼却炉への戻り水温度は、各ケースの中で最も高くなり、そのままでは焼却炉ボイラ効率が低下するので、焼却炉は空気予熱器（AH）付を採用している。それぞれの試算結果を、図4および図5に示す。図4に見られるように、ケース1でも AH ありとすることで、他のケースと同等のボイラ効率が得られることが分かる。

ちなみに、本稿で使用する効率は、低位発熱量（LHV）基準を採用し、下記の式によって算出している。

$$\text{発電効率(総入熱基準)} = \frac{\text{発電出力} \times 3600}{\text{ボイラ入熱量} + \text{焼却炉入熱量}}$$

$$\text{発電効率(ボイラ基準)} = \frac{\text{発電出力} \times 3600}{\text{ボイラ入熱量}}$$

$$\text{発電効率(焼却炉基準)} = \frac{\text{焼却炉蒸気による発電出力増加量} \times 3600}{\text{焼却炉入熱量}}$$

② 発電プラントのヒートバランス

本方式採用システムの系統と発電プラントにおけるヒートバランスの例（出力 340MW）

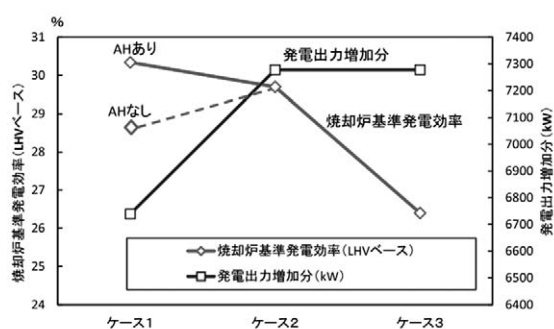


図5 各ケースの焼却炉基準発電効率

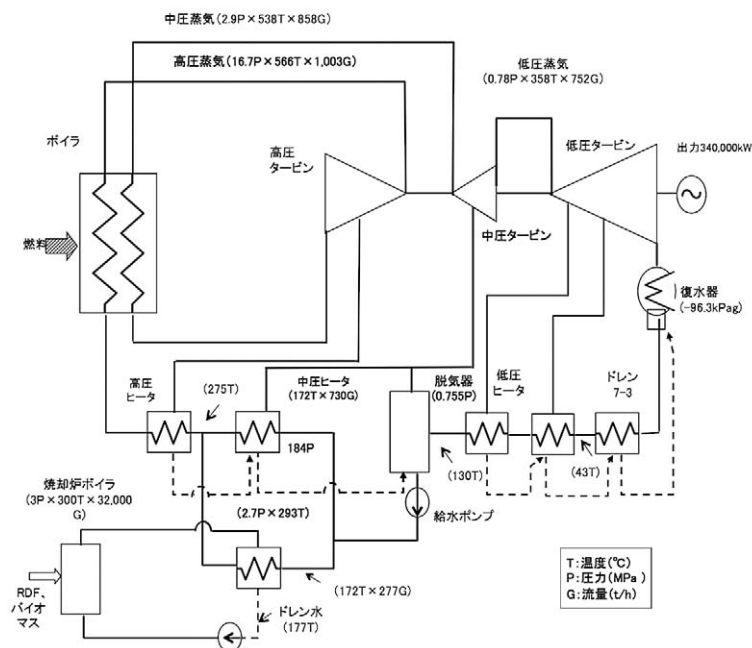


図6 プラント系統およびヒートバランス例

を図6に示す。

さらに、発電所の部分負荷特性に対応して計算した結果を図7に示す。

同図に見られるように、340MW、260MW、175MW、および105MWの各負荷にて、(焼却炉基準)発電効率は、30%を超え、研究の目標として掲げた同効率は27%以上を十分クリアすることが確認できた。

なお、焼却炉基準発電効率は部分負荷になるほど高くなる傾向になるが、105MWにおいては最終段高圧給水加熱器の入口給水温度(バイパス給水加熱器出口給水合流後)が出口給水

温度よりも高くなることから抽気量がゼロとなり、焼却炉発生蒸気による抽気量低減効果を最大限に活かせるようになるが、効率向上量は頭打ちとなる。

4. 経済性検討

(1) 検討条件

- ① システム：発電所と焼却炉の位置関係は構内型
- ② 発電プラント：発電規模 340MW
(亜臨界圧、LNG 燃焼) 発電所モデル
- ③ 経済性検討用発電出力：7,240kW
(70%負荷時の外部蒸気による出力増加分)
- ④ 焼却プラント：約 80 t / 日 (RPF 燃焼)
新設プラント
- ⑤ 利用率(発電所および焼却炉とも)：70%
(同数値はパラメータ変化させている)
- ⑥ 燃料価格(消費税含まず)
 - ・LNG 価格：93,570 円 / t
(経済性検討ではパラメータ変化)
 - ・RPF 価格：4,500 円 / t (製造業者提示価格)
 - ・重油価格(参考)：63,400 円 / t
 - ・石炭価格(参考)：10,260 円 / t

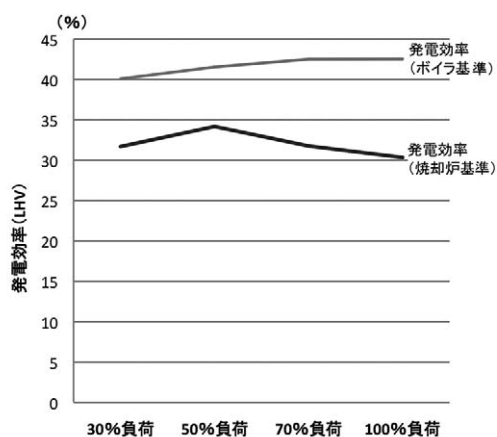


図7 各ケースの焼却炉ボイラ効率等

⑦ 建設費（消費税含まず）

上記条件に基づき算出した建設費（焼却施設、配管、発電プラント改造費、BP 熱交換器、ドレンタンク他）（消費税抜き）は、約 42 億円とした。

なお、上記建設費は、本システム採用の LNG 火力適用の初号機を想定したもので、後述の試算結果に示す LNG 火力 2 号機以降あるいは重油火力初号機適用の建設費は、LNG 初号機の約 75%と仮定した。

（２）試算結果

① 年間燃料節減額および設備の単純償却年数

LNG 火力に適用した場合の年間燃料節減額を図 8 に示す。

図 8 に見られるように、LNG 価格を 93,570 円/t、プラント利用率 70%とした場合、年間

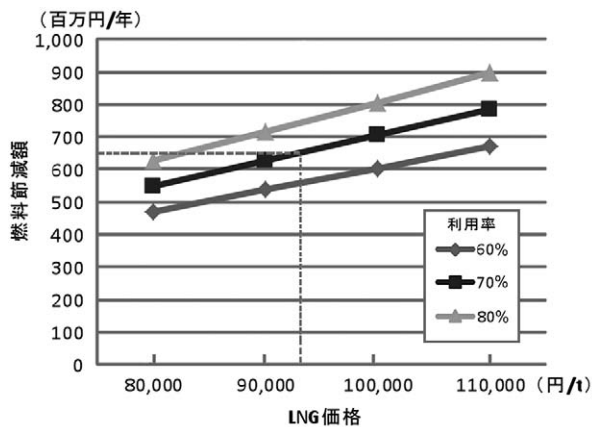


図 8 年間燃料節減額

約 6.5 億円の節減が見込まれる。一方、プラントの年間経費は、年間約 2 億円と見込んだので、正味の節減額は年間 4.5 億円となる。同正味節減額で、上述設備費を除いた単純償却年数を、補助金の有無とその割合に応じて検討した結果を図 9～11 に示す。

上図に見られるように、前述条件下において、本システム導入（初号機）の場合、補助金なしで約 9.4 年、1/3 補助で 6.3 年、1/2 補助で 4.7 年という試算結果が得られた。

② 発電所の燃料の種類による相違

次に、LNG に代わり発電所が重油燃焼の場合についての経済試算を図 12 に示す。基本的には、LNG の場合と同様単純償却年数で示すが、比較が容易なように LNG との対比で示す。なお、LNG 火力（2 号機）の建設費は、前述

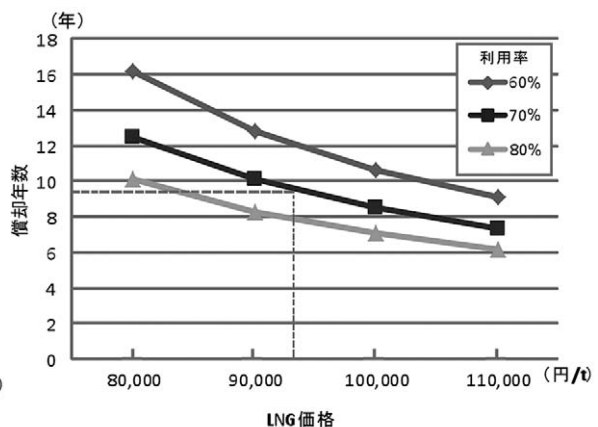


図 9 単純償却年数（補助金なし）

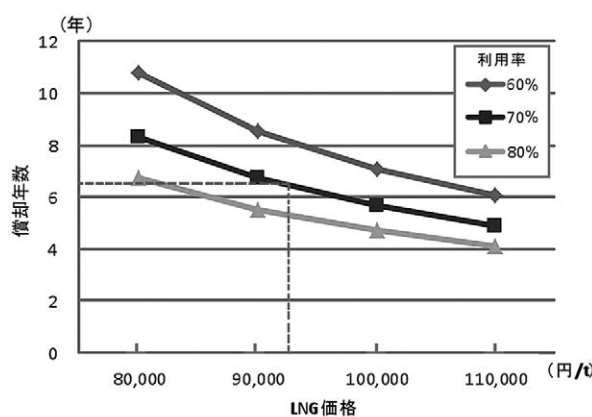


図 10 単純償却年数（1/3 補助）

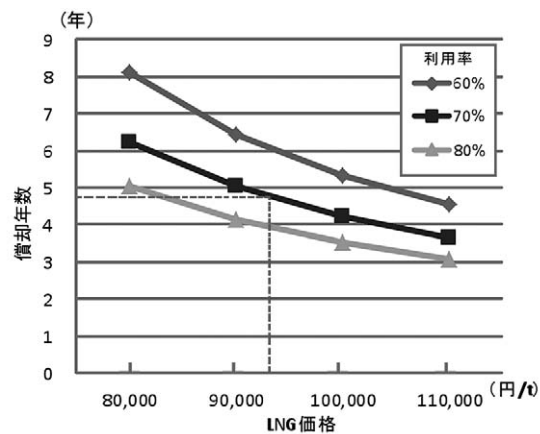


図 11 単純償却年数（1/2 補助）

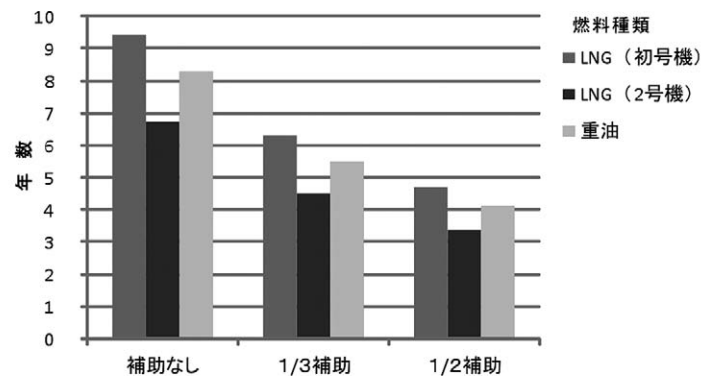


図 12 燃料種別毎の単純償却年数

の通り初号機の 75%と仮定している。また、重油火力の場合の建設費は、基本的には今回の新設機器（焼却炉）および改造・追設箇所（給水系）が、燃料に係らず一定であることから、LNG 火力の 2 号機と同じと設定した。

上記に見られるように LNG 火力（2 号機）および重油火力の単純償却年数は、補助なしで 7～8 年、補助の程度により 3～6 年の間と試算された。ちなみに、石炭火力の場合にも同様の計算を行っているが、石炭の場合は燃料費が他の化石燃料より安いこともあり、単純償却年数（補助なし）で 40 年強（1/2 補助でも 20 年強）となる試算を得ている。しかし、石炭火力の場合は、CO₂ 削減効果が大きいこと、あるいは一般の電力会社は困難であるが、卸電力会社等のように FIT（再生可能エネルギー固定価格買取制度）を適用することができれば、RPF の非化石燃料分を FIT 電力収入に加算することによって、経済性でもかなり好転する可能性があると考えられる。

5. CO₂ 削減効果の検討

（1）検討条件

- ① システム：発電所と焼却炉の位置関係は構内型
- ② 発電プラント：発電規模 340MW
（亜臨界圧、LNG 燃焼）発電所モデル
- ③ 経済性検討用発電出力：7,240kW
（70%負荷時の外部蒸気による出力増加分）

- ④ 焼却プラント：約 80 t / 日

（RPF 燃焼）新設プラント

- ⑤ 利用率（発電所および焼却炉とも）：70%
（ただし、同数値はパラメータとして変化）
- ⑥ CO₂ 排出原単位
 - ・ LNG：2.70 t - CO₂/t （環境省発表値）
 - ・ 重油：3.00 t - CO₂/L （≒ 3.33 t - CO₂/t, 比重 0.9 と仮定）（同上）
 - ・ 石炭（一般炭）：2.33 t - CO₂/t（同上）
 - ・ RPF：RPF 組成表（表 2）より計算

（2）試算結果（年間 CO₂ 削減量）

① 構内型適用のケース

RPF 焼却炉を LNG 火力に構内型として適用した場合の年間 CO₂ 削減量を図 13 に示す。

同図の LNG-1 では、CO₂ 削減量が負の値となっているが、これは LNG と RPF との単純な燃料組成の相違によるものである。既存の発電所で、その程度の CO₂ 増加が問題とならない場合はそのままでも成り立つと考えられる。しかし、多少とも増加は認められない場合の考えとして、RPF 中の非化石燃料相当分（紙、バイオマス等）を最大限に増加した場合（例、45%）が LNG-2 である。これによると、CO₂ の発生量は殆ど変わらない。なお、RPF 中の非化石燃料相当分は現状 20～30%といわれ、これを約 50%に増加した RPF の製造は可能であることおよび価格もほぼ変わらない見込みであることを製造業者に聴取している。

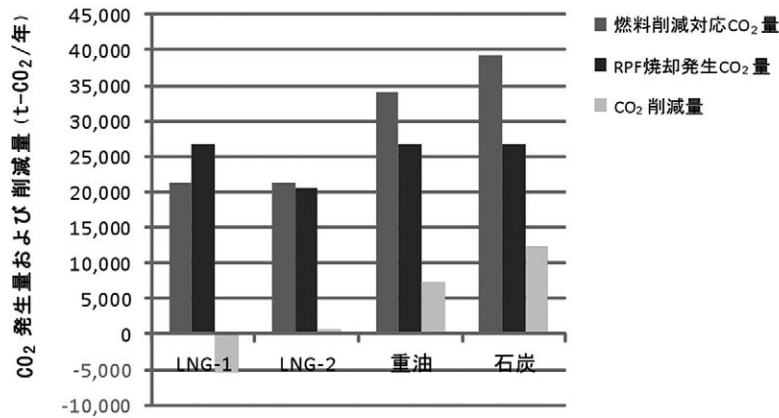


図 13 燃料別 CO₂ 削減量（構内型）

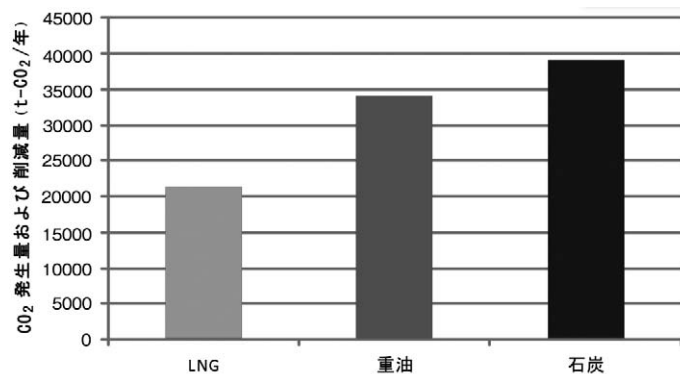


図 14 燃料別 CO₂ 削減量（構外型）

② 構外型適用のケース

焼却炉と発電所の構成が、構外型の場合は、焼却炉は既に存在しており（CO₂ も焼却炉側で排出しているの）、発電所としては燃料削減分がすべて CO₂ 削減として考慮できる。その試算結果を図 14 に示す。

6. 許認可事項の検討

一般に火力発電所を設置する際の規制については、環境関係では大気汚染防止法、水質汚濁防止法、電気事業法、県条例、県・市協定等がある。また、保安防災・安全関係では、消防法、石油コンビナート等災害防止法、危険物関係法令、労働安全衛生法等多岐にわたった規制に係る。

火力発電所に本開発の廃棄物等利用高効率発電システムを設置する際は各種許認可の申

請、届出等が必要と考えられる。なお、発電所ごとに立地区域や監督官庁の指導等により規制が異なる項目があり、本 FS においては某発電所について検討した。大綱的には、発電所を設置する際に行う許認可の大半を実施することになる可能性が指摘されたが、具体的には発電所毎にさらなる検討が必要である。

7. その他関連事項

本 FS においては、その他の検討項目として、国内における RPF（特に C 級）供給可能量、構外型適用を想定した場合の発電所と焼却炉の位置関係調査、構外型および構内型共通での本方式適用候補先へのアンケート調査などを行ったが、それぞれの内容も紙幅の都合上割愛する。

8. まとめ

本方式は、RPF・バイオマス等燃焼用焼却炉ボイラの発生蒸気を火力発電所の給水系に結合し、発電所側では燃料節減、焼却炉側では通常廃棄物発電では困難な高効率発電を達成可能とするところに特徴を有すものである。本研究にて実施した340MWLNG 焚き火力発電所モデルとRPF 焼却炉との結合システムのFSにおいて、技術面（特に発電効率）、経済性面、および環境特性面を含む定量的な検討を行うことができた。特に、廃棄物発電分野では、従来発電効率（低位基準）25%以上を達成するのは困難視されているが、本方式採用により同効率30%以上でも十分達成可能であることを明らかにすることができた。本方式は所定目標である化石燃料節減に寄与し、かつ経済性に優れ、開発のハードルも高くなく、昨今のエネルギーと環境問題に資する技術であると考えらる。

今後、本FS成果を活かして、関係者一同早期に実機採用へ向けて、さらなる努力を行う予定であるが、管轄官庁ご関係者をはじめとして、関係機関・企業の一層のご理解・ご協力を頂ければ幸甚である。

[謝辞]

本稿は、冒頭にも述べたように環境省からの委託事業「平成26年度CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」の成果の一部を紹介したものである。まずは環境省廃棄物対策課のご関係者に深甚なる謝意を表す。

次に、中国電力㈱の久保田晴仁氏（元同社エネルギー総合研究所マネージャー、現同社電源事業本部マネージャー）および内山一郎氏（元同社エネルギー総合研究所専任係長、現同社電源事業本部 岩国発電所 副長）には、本研究採択から途中実行まで大変ご尽力いただいた。ご両氏にも深甚なる謝意を表したい。

最後に、本方式の検討には、重電メーカーおよび焼却炉メーカーの協力が不可欠であったが、その点

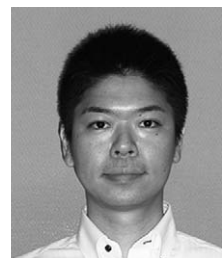
でご協力頂いた三菱日立パワーシステムズ㈱および荏原環境プラント㈱のご関係者にも、本誌を借りて深甚なる謝意を表したい。

参考文献

- (1) 環境省、高効率ごみ発電施設整備マニュアル、環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課、平成21年3月（平成22年3月改訂）
- (2) 小川紀一郎他、再生可能エネルギー利用火力発電システム、火力原子力発電 No.693, Vol.65（2014）

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

橋倉 裕 (プロジェクト試験研究部
主任研究員)



1. はじめに

2012年7月の固定価格買取制度（FIT）の開始に伴い、太陽光や風力などの再生可能エネルギーの導入が進展している。特に太陽光の増加は著しく、2014年11月末時点における導入容量は1,950万kWに達し、まだ導入されていないものの経済産業省の認定を受けた設備は7,000万kWを超えている状況にある。

太陽光などの発電設備を電力系統に接続する際は、接続の条件に関する電力会社との協議（以下「連系協議」）が必要となるが、接続申込の急増に伴い連系協議に費やす労力も増えているため、関係企業・団体からは効率化を望む声がある。一方、発電設備は電力系統の安定性を損なわないよう、技術要件を確実に満たすことを十分に確認する必要がある。

そこで、当研究所では、信用度の高い太陽光発電設備を効率的に普及させることに貢献するべく、連系協議の現場で生じている問題の解決に取り組んだ。

なお、本稿は、経済産業省資源エネルギー庁／(株)三菱総合研究所による新エネルギー等共通基盤整備促進事業（平成24～26年度）の一環として、(独)産業技術総合研究所と共同で実施した「太陽光発電用大規模パワーコンディショナの標準ミニモデルに関する研究」の成果をまとめたものである。

2. 大規模太陽光発電設備の機能評価における問題点

発電設備の系統連系に関する技術要件は、JEAC9701「系統連系規程」に定められており、太陽電池などで発電した直流電力を交流電力に変換する装置であるパワーコンディショナ（PCS：Power Conditioning Subsystem）の系統連系用保護機能も規定されている。この機能の中にFRT（Fault Ride Through）機能と単独運転検出機能がある。

FRT機能とは、送電線事故による系統の瞬時電圧低下や周波数変動（系統じょう乱）に対して、発電設備の運転を維持させる機能である。太陽光発電設備などが大量に連系した系統において、瞬時電圧低下などの発生により発電設備が一斉に解列すると、系統全体の電圧や周波数を適正に維持できなくなるおそれがある。このような事態を防ぐためにFRT機能が必要となる。

単独運転とは、系統故障などに伴い電力会社の電源から切り離された系統において、太陽光発電設備などが運転を継続し、当該系統の負荷に電力を供給している状態を言う。単独運転になると、公衆や事故点を探索、除去する作業員などの感電災害につながるおそれがあるため、PCSは単独運転を確実に検出し、すみやかに系統から解列する機能を備える必要がある。

しかし、大規模な太陽光発電設備（いわゆるメガソーラ）になるとPCSの容量は数百kW級になり、FRT機能と単独運転検出機能を評

価するには大掛かりな試験設備が必要となる。特に PCS が定格運転している状態で交流電源の電圧や周波数を急変させるには、大規模な発電機設備などが必要となり、現実的でない。

このため、大容量の PCS の試験方法として、JEC-2470「分散形電源系統連系用電力変換装置」では“主回路をスケールダウンしたミニモデルと制御装置とを組み合わせ、同様の試験を行う”ことができるとしている。これをもとに、PCS メーカーではミニモデルを用いて FRT 機能などを評価し、試験データを連系協議に活用しているが、次のような問題点がある。

- ミニモデルの試験データは、実機の試験データがないため妥当性に懸念が残る。
- ミニモデルの設計方法や試験方法は特に規定がなく、PCS メーカーごとに異なる。
- 電力会社ごとに、あるいはその支店や営業所ごとに連系協議で求める試験データなどが異なる。

そこで、大容量 PCS のミニモデルを試作して実機との性能比較を行い、ミニモデルの妥当性を評価するとともに、そこで得た知見をもとに大容量 PCS の FRT 機能および単独運転検出機能をミニモデルで試験する方法を規格化することで、問題解決を図ることとした。

3. 供試ミニモデルの概要

供試ミニモデルは、機器の回路構成や %リアクタンス、制御装置などを実機と同一にすることを基本とし、(a) 交流電圧を実機と同一にして交流電流を 1/25 にスケールダウンするモデル（以下、「電圧一定・電流 1/25 モデル」と、(b) 交流電流を実機と同一にして交流電圧を 1/2 にスケールダウンするモデル（以下「電流一定・電圧 1/2 モデル」）の二種類とした（表 1 参照）。

電圧一定・電流 1/25 モデルの検証では、試験設備の制約などから 250kW の実機を用意し、これに対する 10kW のミニモデルを試作して、両者の性能比較を行った。ミニモデルの容量は、市場にある主要な三相 PCS の最小

表 1 供試ミニモデルの設計概要

(a) 電圧一定・電流 1/25 モデル		
	実機	ミニモデル
交流電力	250kW	10kW
交流電流	I	I/25
交流電圧	V	V
回路構成、%リアクタンス、制御装置など	***	実機と同じ

(b) 電流一定・電圧 1/2 モデル		
	実機	ミニモデル
交流電力	250kW	125kW
交流電流	I	I
交流電圧	V	V/2
回路構成、%リアクタンス、制御装置など	***	実機と同じ

規模や PCS メーカーなどで試験可能な規模を考慮して決定した。

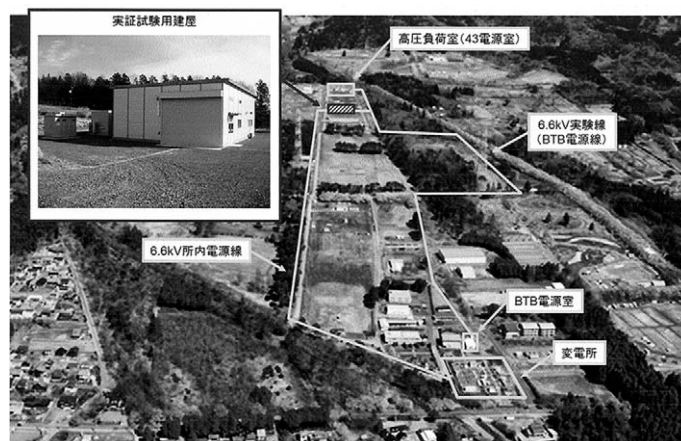
また、電流一定・電圧 1/2 モデルの検証では、回路構成などが同じで定格交流電圧が 380V と 210V の PCS を用意し、一方がもう一方の電圧 1/2 のミニモデルとして性能比較を行った（試験時は交流電圧を 400V と 200V に調整）。

4. 実証試験設備

実機とミニモデルの性能比較を行うための試験設備（以下「実証試験設備」）は、実機を試験できる高圧配電設備と、瞬時電圧低下などの系統じょう乱を模擬できる BTB (Back-to-Back) 電源装置を所有する（一財）電力中央研究所 赤城試験センターに構築した。

実証試験設備の概略（図 1 参照）、FRT 機能に関する試験回路（電圧一定・電流 1/25 モデル）（図 2 参照）、実証試験設備の主なポイントを以下に示す。

- 電圧一定・電流 1/25 モデルの検証では 5 メーカーの対になる実機とミニモデルを、電流一定・電圧 1/2 モデルの検証では 1 メーカーの実機 2 台を使用した。
- 供試 PCS を高圧配電線に連系するための変圧器（実機用 300kVA、ミニモデル用 12kVA）は、PCS の定格交流電圧がそれぞれ異なる（420V、210V、200V）ため、低圧側の電圧タップを各々に切り替えできる



(出所：電力中央研究所 赤城試験センターホームページ
(www.denken.or.jp/jp/akagi/index.html) 上の資料を基に作成)

図1 実証試験設備の概略

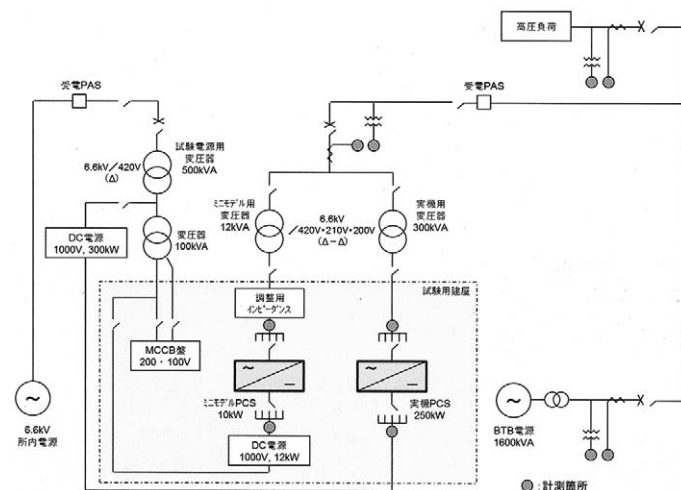


図2 FRT機能に関する試験回路（電圧一定・電流1/25モデル）

仕様とした。また、実機用はトップランナー変圧器の仕様を参考とした。ミニモデル用は実機用を等比縮小するとともに、調整用インピーダンスを追加して実機用と % インピーダンスを合わせた。

5. 試験方法および結果

実機とミニモデルについて FRT 機能および単独運転検出機能に関する試験（以下、それぞれ「FRT 試験」、「単独運転試験」）を行い、両者の試験データを比較してミニモデルの妥当性を評価した。その結果、供試ミニモデルは実機の FRT 機能および単独運転検出機能を十分に再現し、その有用性を確認した。

FRT 試験および単独運転試験の主なポイントを以下に示す。

(1) FRT 試験

- FRT 試験では、瞬時電圧低下および周波数変動について試験を行った。瞬時電圧低下の試験は条件を組み合わせ実施した（表 2 参照）。
- 電圧一定・電流 1/25 モデルの検証では、実機とミニモデルを個々に試験して FRT 機能と単独運転検出機能の両立性を確認した後、両者の動作（動作時限を含む）および過渡的な応答の一致度合を評価した。評価の際は、両者の試験環境をなるべく合わせるために、両者を同時に運転した状態での試験も行っ

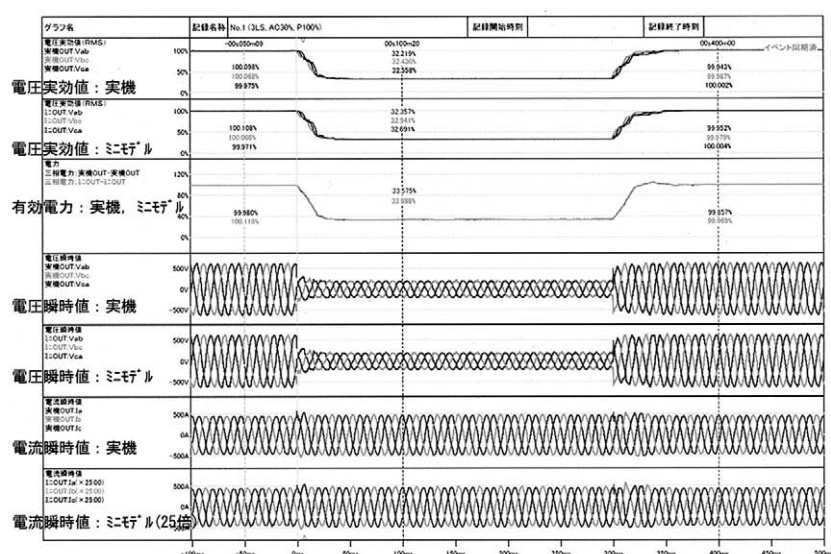
表 2 瞬時電圧低下試験条件

項目	試験条件
事故時の残電圧	80%, 30%, 25%, 20%, 15%, 10%, 0%
事故継続時間	240ms, 300ms, 3000ms, 100ms (再開路)
故障様相 (上位系統)	三相短絡, 二相短絡 (Δ側), 二相短絡 (Y側)
事故発生タイミング (電圧基準)	0°, 90°
PCS出力	100%, 25%
負荷力率	100%, 遅れ85%, 進み95%

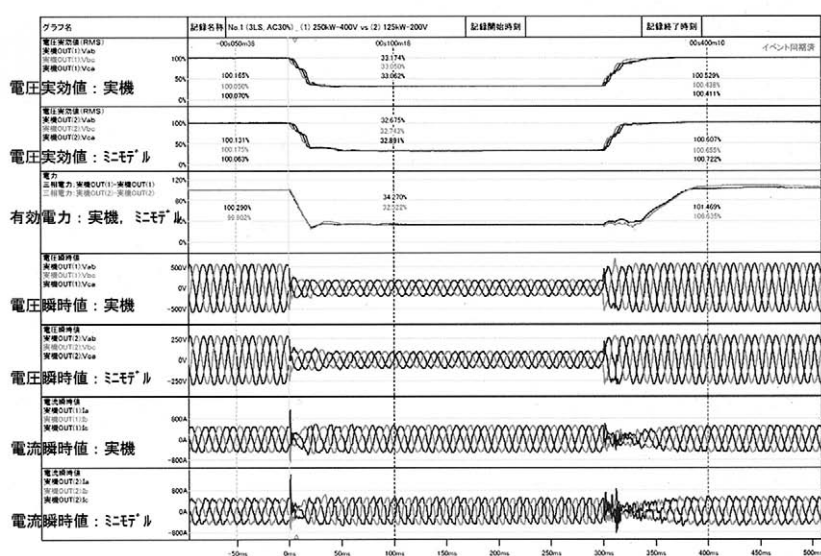
た。一方、電流一定・電圧 1/2 モデルの検証では、試験設備の制約から個々に試験を行い、結果を評価した。

- 電圧一定・電流 1/25 モデルおよび電流一定・電圧 1/2 モデルの試験結果によると、どちら

の設計方法においても、ミニモデルの動作は実機と一致するとともに、出力波形（有効電力）は実機の±10%に収まる水準であった(図3参照)。



(a) 電圧一定・電流1/25モデル [A社]



(b) 電流一定・電圧1/2モデル [B社]

図 3 実機とミニモデルの波形例 (三相短絡故障, 残電圧 30%)

(2) 単独運転試験

- 単独運転試験では、PCS の出力と負荷をバランスさせて単独運転を模擬するために、出力や負荷の微調整が必要となる。試験設備の制約上、実機は FRT 試験と同じ回路で、ミニモデルは低圧負荷を用いた回路で個々に試験を行った（図 4 参照）。
- 実機とミニモデルで試験回路や負荷設備が異なることから、ここでは実機とミニモデルの単独運転検出機能が確実に動作することを確認した。供試 PCS の単独運転検出方式と、試験結果の一例を示す（表 3、表 4 参照）。

6. ミニモデルに関するガイドラインの策定

前述の試験結果などをもとに、ミニモデルの設計方法、およびミニモデルを用いた FRT 機能・単独運転機能に関する試験方法をまとめたガイドライン『太陽光発電システム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』を策定した。

ミニモデルの設計方法は、検証に用いた各ミニモデルの設計値などをもとに策定した。また試験方法は、JIS C 8962「小出力太陽光発電用パワーコンディショナの試験方法」および JIS

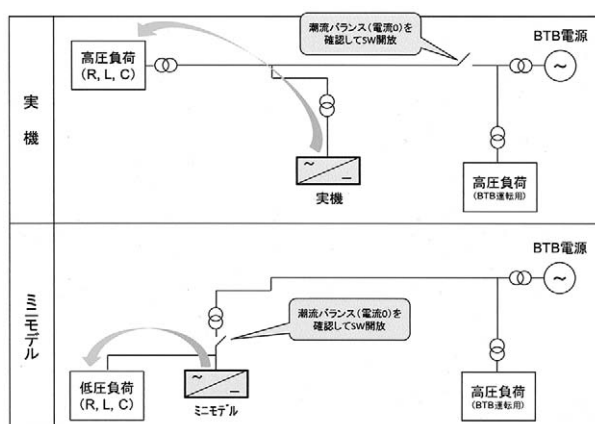


図 4 単独運転試験回路

表 3 供試 PCS の単独運転検出方式

		1	2	3	4	5
検出方式	受動	電圧位相 跳躍	電圧位相 跳躍	電圧位相 跳躍	周波数 変化率	周波数 変化率
	能動	周波数 シフト	無効電力 変動	高調波 注入	周波数 シフト	無効電力 変動

表 4 単独運転試験結果の一例

試験条件：受動的方式ON，能動的方式ON [単位：ms]

機種	試験回数	潮流点バランス (P, Q)				
		(0, 0)	(0, +4)	(+4, 0)	(0, -4)	(-4, 0)
実機	1	430	396	429	455	432
	2	434	396	426	455	432
	3	442	394	422	455	435
ミニモデル	1	427	405	413	459	495
	2	426	405	418	465	505
	3	430	403	412	463	506

C 8963「系統連系形太陽光発電システム用パワーコンディショナの単独運転検出機能の試験方法」を基本に、FRT 試験などから得られた知見を反映して策定した。

ここでは、ガイドラインに規定したミニモデルの設計方法の概要を示す。

① 回路構成

ミニモデルは、次の主回路構成を実機と同一にする。

- 逆変換器 • 変換装置用変圧器
- フィルタ回路 • 制御装置
- 直流変換器 • 制御電源

② 定格

ミニモデルの定格交流電力・定格交流電流・定格交流電圧は、次のとおり設計する。

$$P_m = \frac{P}{a \cdot b} \quad \dots\dots\dots(1)$$

P_m : ミニモデルの定格交流電力 (kW)

P : 実機の定格交流電力 (kW)

$$I_{m,ac} = \frac{I_{ac}}{a} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$I_{m,ac}$: ミニモデルの定格交流電流 (A)

I_{ac} : 実機の定格交流電流 (A)

$$V_{m,ac} = \frac{V_{ac}}{b} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$V_{m,ac}$: ミニモデルの定格交流電圧 (V)

V_{ac} : 実機の定格交流電圧 (V)

ただし、 $1 \leq a \leq 25$ 、 $1 \leq b \leq 2$ とする (以降、同じ)。

③ 交流フィルタ

ミニモデルの交流フィルタのリアクトルおよびコンデンサは、自己容量基準の % リアクタンス (%X) が実機と同一となるように設計する。

また、リアクトルのインダクタンスおよびコンデンサのキャパシタンスの裕度は、設計値の $\pm 10\%$ 以下とする。

④ 直流フィルター-直流リアクトル

ミニモデルの直流リアクトルのインダクタン

スは、次のとおり設計する。

$$L_{m,dc} = \frac{L_{dc} \cdot a}{b} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$L_{m,dc}$: ミニモデルの直流リアクトルのインダクタンス (H)

L_{dc} : 実機の直流リアクトルのインダクタンス (H)

なお、直流リアクトルのインダクタンスの裕度は、設計の $\pm 10\%$ 以下とする。

⑤ 直流フィルター-直流コンデンサ

ミニモデルの直流コンデンサのリアクトルは、次のとおり設計する。

$$C_{m,dc} = \frac{C_{dc} \cdot b}{a} \quad \dots\dots\dots(5)$$

$C_{m,dc}$: ミニモデルの直流コンデンサのキャパシタンス (F)

C_{dc} : 実機の直流コンデンサのキャパシタンス (F)

なお、直流コンデンサのキャパシタンスの裕度は、設計の $+ 20\%$ 以下とする。

⑥ 逆変換器

ミニモデルの逆変換器の基本構成およびスイッチング周波数は、実機と同一にする。

また、ミニモデルの半導体バルブデバイスは、実機と同種 (IGBT, MOSFET など) とし、次のいずれかとする。

- 実機と同一のデバイスを使用する。
- 主回路の電圧および電流のスケーリングに合わせてデバイスを選定する。その際、実機と同様の I-V 特性およびスイッチング特性となるように考慮する。

⑦ 変換装置用変圧器

ミニモデルの変換装置用変圧器は、次のとおり設計する。

- 実機と同じ材質の鉄心を使用する。
- 漏れインダクタンスの自己容量基準の % リアクタンス (%X) が実機と同一となるように設計し、裕度は設計値の $\pm 10\%$ 以下とする。
- 磁束密度が実機と同一になるように設計し、裕度は設計値の $\pm 20\%$ 以下にする。

⑧ 制御装置

ミニモデルの制御装置（ハードウェア、ソフトウェアおよび制御定数）は、実機と同一にする。

また、ミニモデルの電圧検出回路および電流検出回路は、次のとおり設計する。

$$I_{m,det} = \frac{I_{det}}{a} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$I_{m,det}$ ：ミニモデルの電流検出回路で検出する電流 (A)

I_{det} ：実機の電流検出回路で検出する電流 (A)

$$V_{m,det} = \frac{V_{det}}{b} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$V_{m,det}$ ：ミニモデルの電圧検出回路で検出する電圧 (V)

V_{det} ：実機の電圧検出回路で検出する電圧 (V)

7. 主な検討事項

(1) 回路インピーダンスの裕度

ミニモデルの回路インピーダンスの裕度を規定するにあたっては、検証に用いた各ミニモデルの設計値を考慮するとともに、一般的な PCS のモデルを用いたシミュレーションによる検討も行った。

供試ミニモデルの各設計値に対する裕度が ± 10% 程度であったため、各項目について ± 20% でシミュレーションを行い、出力波形への影響が見受けられたものについて ± 10% で再計算し、規定の補完を行った。

シミュレーション結果の一例を示す（図 5 参照）。

(2) 変換装置用変圧器の設計

変換装置用変圧器を内蔵する PCS のミニモデルは、FRT 試験において、系統電圧復帰時における変換装置用変圧器の励磁突入電流の挙動を実機と一致させることが望ましい。

このために考慮すべき変圧器の設計要素は、漏れインダクタンス (%X)、抵抗 (%R)、励磁特性となる。このうち、漏れインダクタンス (%X) については、ミニモデルの設計値を実機と同一にすることは比較的容易である。

一方、抵抗 (%R) については、一般的な設計では小容量の変圧器の方が大容量よりも大きくなるため、実機用（大容量）の変圧器と抵抗成分が等価になるようにミニモデル用（小容量）を設計する場合、変圧器が大型化しコストが増加する。

また、励磁特性は変圧器の飽和状態に関係するため励磁突入電流に大きな影響を与える。励磁特性は鉄心材料に依存するが、機械加工や組み立て方法によっても特性が変化するため、設計時および製造時に注意が必要である。

これらの理由から、ミニモデルの変換装置用変圧器の設計による FRT 応答への影響を確認するために、3つの変換装置用変圧器を

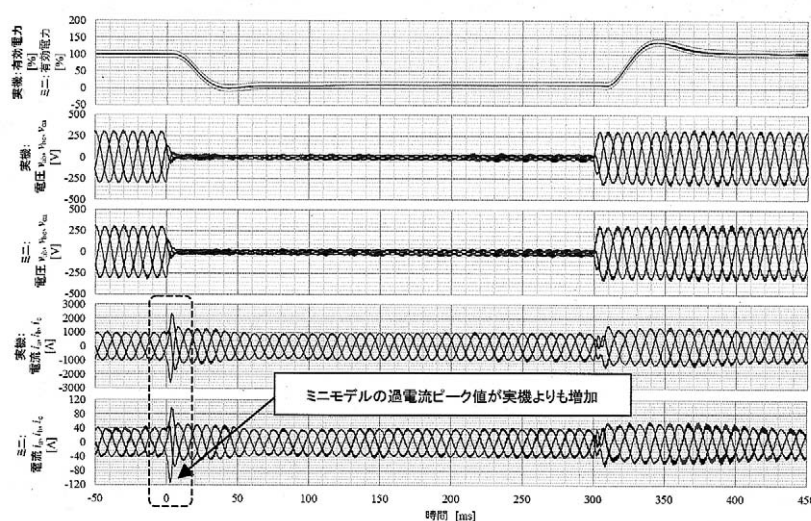


図 5 シミュレーション結果の一例（ミニモデルの交流フィルタリアクトル：－20%）

それぞれミニモデルと組み合わせて、実機との比較試験を行った（表5参照）。

- 試験結果から得られた知見は次のとおり。
- ミニモデル [Tr1] と実機の試験結果から、両者の磁束密度の差が± 20% 程度であればミニモデルの妥当性を確保できる（図6（a）参照）。
 - ミニモデル [Tr2] と実機の試験結果から、変換装置用変圧器の %R が %X に対して十分に小さく、%Z が実機の変圧器とほぼ一致

する場合は、%R を2倍にしても FRT 応答への影響は小さい。

- ミニモデル [Tr3] と実機の試験結果から、ミニモデルと実機の磁束密度の差が大きくなるほど、系統電圧復帰時における両者の励磁突入電流の挙動に差異が生じる（図6（b）参照）。

（3）調整用インピーダンスの設定

ミニモデルを用いて試験する際（図7参照）は、線路や連系用変圧器などのインピーダンス

表5 検証に用いた変換装置用変圧器の設計概要（実機の数値を1.0とした場合）

種類		%R	%X	%Z	磁束密度
実機		1.0	1.0	1.0	1.0
ミニモデル	Tr1	1.0	1.1	1.1	1.2
	Tr2	2.0	1.0	1.0	1.0
	Tr3	1.0	1.0	1.0	0.6

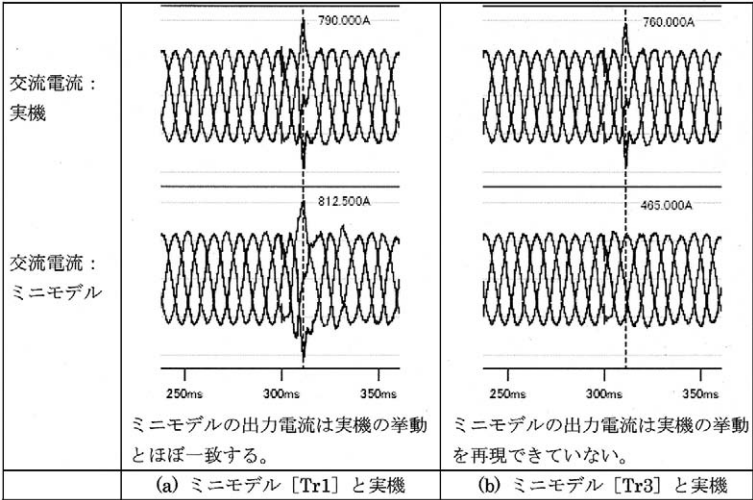


図6 変換装置用変圧器設計の検証結果

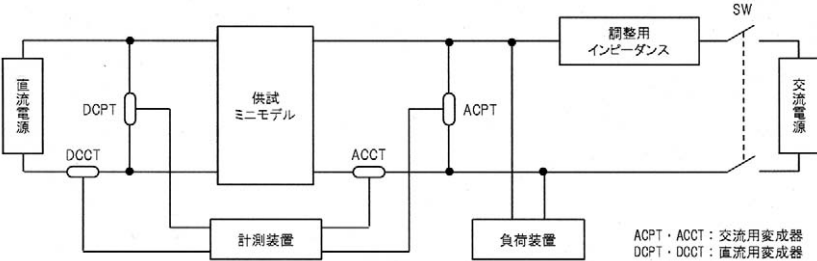


図7 ミニモデルを用いた試験回路

値を適切に模擬して、実システムのPCSの環境に近付けることが望ましい。このため、調整用インピーダンスを試験回路に接続することをガイドラインに規定した。ここはJIS C 8962などに規定されている試験回路と異なる点である。調整用インピーダンスの設定にあたり、次のことを踏まえておく必要がある。

系統で瞬時電圧低下が発生した際、PCSの出力側に過電流が発生する場合がある。この過電流の大きさはPCSの出力電圧（位相）と系統電圧の差、およびPCSが連系する回路（系統を含む）のインピーダンス値に依存する。FRT要件ではこれを考慮して、電圧低下の発生した瞬時2サイクル以内のゲートブロック（2サイクル以内に復帰するゲートブロック）が許容されている（図8参照）。

このため、ミニモデルを用いて試験する際、試験回路のインピーダンス値を必要以上に大きくすると過電流が抑制され、瞬時2サイクル以内のゲートブロックが動作せず、実システムのPCSの挙動と乖離が生じるおそれがある。

（４）直流電源の応答特性の影響

図7の直流電源には、瞬時電圧低下時などPCSの出力が急変した際、これに応じて速やかに電力を供給する性能が求められる。なぜなら、直流電源からの電力供給が滞るとPCSの交流出力応答が遅れ、FRT要件に規定されている系統電圧復帰時の出力復帰動作に影響するためである。

例えば、同一ミニモデルで仕様の異なる直流電源を使用した場合の出力波形例（図9 (a), (b)

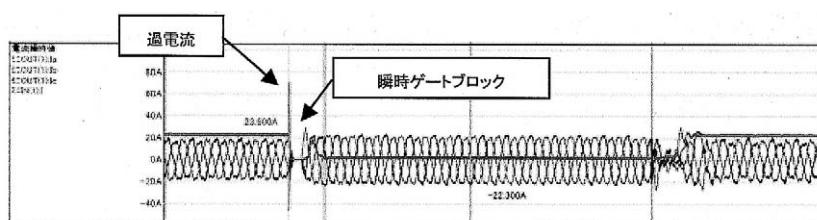
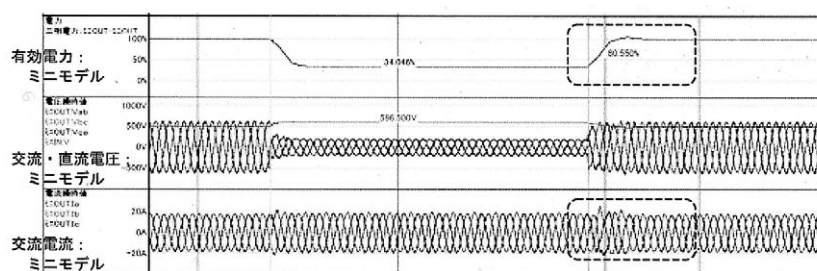
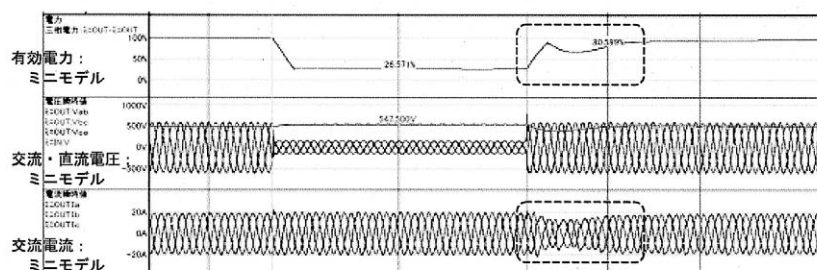


図8 過電流による瞬時ゲートブロックの例



(a) 直流電源 A を用いた場合



(b) 直流電源 B を用いた場合

図9 直流電源の違いによるミニモデルの波形比較

参照) では、(a)の方が(b)よりも点線枠内の有効電力および交流電流の立ち上がりがスムーズであることがわかる。

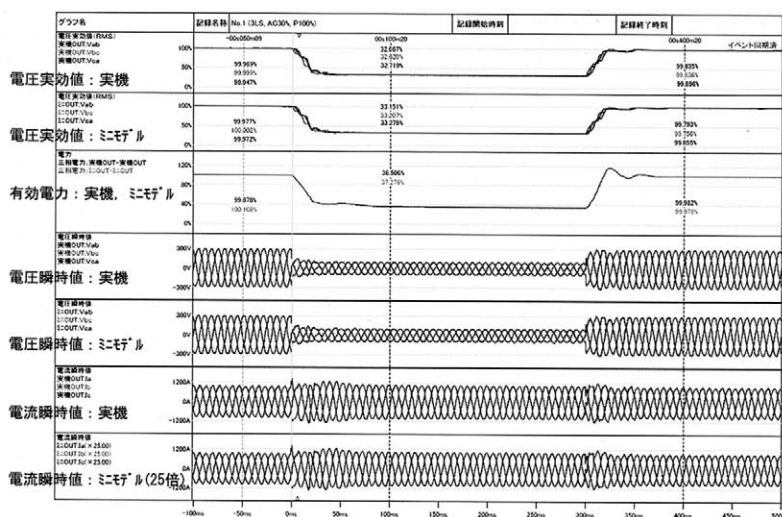
このように、ミニモデルの試験結果を分析・評価する際は、使用する直流電源の性能によって交流出力応答が異なってくる場合があることにも留意する必要がある。

8. 検討課題となった事項

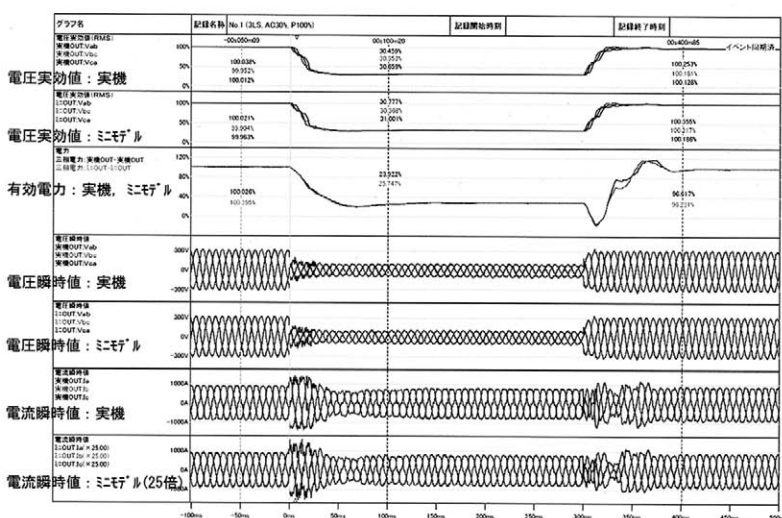
定格交流電流のスケールダウン比率の規定値 ($1 \leq a \leq 25$) について、今後のPCS単機容量

の大容量化に備えて、これを更に拡大できないかを検討した。

電圧一定・電流 1/25 モデルの検証では、ミニモデルの半導体バルブデバイスを (a) 実機と同一にしたものと、(b) 主回路のスケールリングに合せてデバイスを選定したもの二種類を試験した。その結果、デバイスの設計方法の違いによってミニモデルの妥当性に差異は見受けられなかった (図 10 参照)。このことから、デバイスの並列数を減らすことで定格交流電流のスケールダウン比率を拡大できる (例えば 1/50) との意見もあった。しかし、他の



(a) 実機と同一のデバイスを選定 [C 社]



(b) 主回路のスケールリングに合わせてデバイスを選定 [D 社]

図 10 実機とミニモデル [電圧一定・電流 1/25 モデル] の波形例 (三相短絡故障, 残電圧 30%)

表6 ミニモデルの基本設計

項 目	実 機	ミニモデル 設計 1		ミニモデル 設計 2		ミニモデル 基本設計
定格交流電力	P	P/a ($1 \leq a \leq 25$)	×	P/b ($1 \leq b \leq 2$)	⇒	P/ab ($1 \leq a \leq 25, 1 \leq b \leq 2$)
定格交流電流	I	I/a		I		I/a
定格交流電圧	V	V		V/b		V/b
回路構成, %リアクタンス, 制御装置など	***	実機と同じ		実機と同じ		実機と同じ

設計要素への影響など課題検討を十分に尽くしておらず、これまでの試験と同等の結果が得られるかの疑義が残るため、スケールダウン比率の拡大にあたっては検証が必要であるとの結論に至った。

一方、電流一定・電圧 1/2 モデルについても検証を行い、この設計方法によるミニモデルも妥当性を有する結果を得た。これにより、電流 1/25 と電圧 1/2 を組み合わせて定格容量を 1/50 にスケールダウンすることも可能とした(表6 参照)。

9. 今後の展開

今後は、本ガイドラインの規格化に向けて、一般社団法人日本電機工業会において更なる技術的な検討・審査が進められる予定である。

この規格が成案し、太陽光発電設備の効率的な普及に寄与することに期待する。

〔謝辞〕

「太陽光発電用大規模パワーコンディショナの標準ミニモデルに関する研究」に取り組むうえで、多大なご支援・ご協力をいただいた検討委員会委員および参加企業・団体の皆さまに心より感謝申し上げます。

参考文献

- (1) 経済産業省資源エネルギー庁ホームページ「固定価格買取制度 情報公表用ウェブサイト」(http://www.fit.go.jp/statistics/public_sp.html)
- (2) JEAC9701「系統連系規程」
- (3) JEC-2470「分散形電源系統連系用電力変換装置」
- (4) JIS C 8962「小出力太陽光発電用パワーコンディショナの試験方法」
- (5) JIS C 8963「系統連系形太陽光発電システム用パワーコンディショナの単独運転検出機能の試験方法」

平成 27 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、欧州・中国の景気の減速や石油輸出国機構（OPEC）総会（昨年 11 月）における生産目標据え置き等を受けた原油価格の下落傾向継続、新興国におけるエネルギー需要の急増、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、本年末開催予定の国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議（COP21）での 2020 年以降の温室効果ガス排出削減の新たな枠組みの採択に向け、国際交渉が進められるなど、地球環境問題への対応も、積極的な貢献が必要である。エネルギー技術立国を目指すわが国としては、これらに的確に対応して

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。また、事故炉の廃止措置に向けた長期に亘る対応が必要となっている中、汚染水対策が着実に進められている。さらに、国内の原子力発電所が全て停止している今、従来の原子力発電を肩代わりしているのは、再生可能エネルギーの導入促進が図られてはいるものの、現実的には火力発電であり、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やこれによる貿易収支、経常収支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新規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。

昨年 4 月に閣議決定されたエネルギー基本計画などの国の方針に沿って、今後、化石燃料や原子力、再生可能エネルギーそれぞれの特徴を生かし、多層化・多様化した柔軟なエネルギー需給構造の実現を目指して取組が進められることとなる。また、本計画の方針に基づき、エネルギーミックスの検討が開始されたところであり、バランスのとれたエネルギー需給構造の将来像が示さ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、本年は、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に関する法案が提出されることとなっている。

地球環境問題については、2013年11月のCOP19において、2020年以降の将来枠組みとして、先ずは各国が自主的な削減目標を提出すること等が合意され、COP20での議論を経て、本年12月のCOP21（パリ）における将来枠組みの合意に向けた準備が整えられた。わが国の2020年度のCO₂削減目標については、2005年度比3.8%減とすることが2013年に決定されたが、今後、エネルギー政策やエネルギーミックスの検討の進展を踏まえて見直されることとなっている。

3. 平成 27 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、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 27 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、クリーンコールテクノロジー（CCT）、CO₂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、太陽光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、大量導入時における系統運用に関する調査研究も行うこととする。

(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企画を進める。また、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）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、高温ガス炉、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

- ① エネルギー技術開発戦略に関する調査研究
東日本大震災後、多層化・多様化した柔軟なエネルギー需給構造が求められている。エネルギー需給構造のあり方に関する調査研究を基に、新たなエネルギー基本計画などの国の方針に沿って、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、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。

② 地球規模でのエネルギーシステムに関する調査研究

地球環境問題は、途上国と先進国の利害対立などもあり、国際合意形成は容易ではない。気候変動枠組条約締約国会議において、2020年以降の温室効果ガス削減枠組作りの作業が始まっており、各国は自主的な長期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調整が行われている。

平成27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。

- 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
- 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た。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27年度には、次世代の電力ネットワークのあり方、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太陽光発電、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調査研究
- 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調査
- 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研究
- ② 太陽光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
- ⑤ 国内の中高温太陽熱利用可能性の調査研究

(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) に係る技術の導入シナリオの作成

- ① 水素系キャリアの供給コストの調査及び普及シナリオの策定
- ② 新規な水素キャリア製造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 フリー水素チェーン実現に向けたアクションプラン研究会の運営
- ② 水素発電を含む水素の利活用のあり方に関する調査

(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 27 年度においては、石炭ガス化複合発電 (IGCC) などの石炭火力発電の高度化検討

に始まり、発生する CO₂ を回収し貯留 (CCS) するまでのトータルシステム、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、化石燃料等と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調査研究を行う。

また、CO₂ 回収コスト低減に向けて CO₂ 分離・回収工程が不要となる新燃焼技術、いわゆるケミカルルーピング燃焼に係る技術開発に関する調査研究、石油関連プラント設備等の寿命予測に関する調査研究等を実施する。

(ア) 化石燃料の高度転換技術 (CCT, CCS 等) を核としたエネルギーシステム研究

- ① IGCC などの先端的高効率石炭火力発電と CCS によるゼロエミッション化に関する調査研究
- ② 非在来型天然ガス・油の社会的影響評価
- ③ CSP 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

(イ) 化石燃料利用に関する新技術に関する研究等

- ① CO₂ 収型化学燃焼 (ケミカルルーピング燃焼) に係る技術開発に関する調査研究
- ② 石油精製・石油化学設備の寿命予測システム (LRDC) に関する調査研究

(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 27 年度は、前年度からの技術開発を継続し、最終成果とりまとめを行う。

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、米国の国立研究所との共同研究事業の企画を進める。

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 27 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の下で検証を行うとともに、国際的な情報共有を図る。

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、新たなエネルギー基本計画や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 27 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、エネルギー供給シナリオにおける原子力の寄与や核燃料サイクル・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、新型軽水炉に係る研究を進めるとともに、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 核燃料サイクルのバックエンドに関する研究
- 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 高温ガス炉及び原子力多目的利用に関する調査研究
- ③ 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

(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 25 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 年度において、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）の改定が予定されていることから、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. 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 27 年 1 月 2 日～4 月 1 日)

((一財) エネルギー総合工学研究所 耐震
・廃止措置グループ 特任研究員 林道 寛)

◇ 第 6 回理事会

日 時：3 月 12 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 27 年度事業計画および収支予算について

第二号議案 臨時評議員会の開催について

報告事項 業務執行の状況について
その他

◇ 第 4 回評議員会 (書面決議)

決議があったとみなされた日：3 月 24 日 (火)

議 題：

第一号議案 役員候補者選考委員会委員の選任について

◇ 月例研究会

第 341 回月例研究会

日 時：1 月 30 日 (金) 14:00 ～ 16:00

場 所：航空会館 5 階 501・502 会議室

テーマ：

1. 電気自動車に関する技術状況など最新情報と将来展望
(早稲田大学 環境総合研究センター客員教授 廣田壽男 氏)
2. 急速充電器と V2H がつくる電動車両の大量普及？時代～電力会社の期待と取り組み～
(東京電力(株) 技術統括部 技術開発センター 電力貯蔵ソリューショングループ マネージャー 田代洋一郎 氏)

第 342 回月例研究会

日 時：2 月 27 日 (金) 14:00 ～ 16:00

場 所：航空会館 5 階 501・502 会議室

テーマ：

1. 福島第一原子力発電所の廃炉の現状と原子力損害賠償・廃炉等支援機構の取り組み
(原子力損害賠償・廃炉等支援機構 執行役員 廃炉総括グループ長 鈴木一弘 氏)
2. 欧州の原子力発電所等の最近の廃止措置実施状況

第 343 回月例研究会

日 時：3 月 27 日 (金) 14:00 ～ 16:00

場 所：航空会館 5 階 501・502 会議室

テーマ：

1. 新しい街づくりにおける我が国初のスマートエネルギーネットワークの実現について
(田町駅東口北地区)
(株)エネルギーアドバンス 代表取締役社長 圓角健一 氏)
2. 省エネルギーの一層の推進に向けた NEDO の役割と取り組み
(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 省エネルギー部長 島 昌英 氏)

◇ 外部発表

[講演]

発表者：小川 紀一郎

テーマ：高効率空気タービン発電システム

発表先：(一社) 日本エネルギー学会 第 10 回バ
イオマス科学会議

日 時：1 月 14 日

発表者：蓮池 宏

テーマ：再生可能エネルギー電源の系統接続を巡る動向

発表先：(公社) 自動車技術会 第 4 回エネルギー
部門委員会

日 時：1 月 15 日

発表者：徳田 憲昭

テーマ：大規模 HEMS 情報基盤整備事業の狙い
～電力利用データを利活用したエネルギー
マネジメント社会構築に向けた実証
事業～

発表先：東京大学 第 25 回スマートエネルギー
ネットワーク研究会 (SENS)

日 時：1 月 22 日

発表者：松井 徹, 黒沢 厚志

テーマ：水素等に関する日本の中長期エネルギー
システム分析

発表先：(一社) エネルギー・資源学会 第31回
エネルギーシステム・経済・環境コンファ
レンス
日 時：1月27日

発表者：黒沢 厚志

テーマ：気候変動対策に関する国際動向－科学、
政策、CCS

発表先：(公社) 低温工学・超電導学会 2014年
度第6回冷凍部会例会
日 時：1月30日

発表者：石本 祐樹

テーマ：エネルギーシステムにおける水素エネ
ルギーの位置づけ

発表先：特定非営利活動法人 日本プロフェッ
ショナルエンジニア協会 第265回CPD
セミナー
日 時：1月31日

発表者：福田健三

テーマ：WE-NET が目指した社会と今

発表先：(独) 新エネルギー・産業技術総合開発
機構 NEDO FORUM
日 時：2月12日

発表者：坂田興

テーマ：液化水素の最近の動向と将来ビジョン

発表先：液化水素技術国際ワークショップ (SIP
エネルギーキャリア事業)
日 時：3月2日

発表者：蓮池宏

テーマ：圧縮空気による電力貯蔵

発表先：(公社) 電気化学会 第82回大会シンポ
ジウム：電力貯蔵技術の新しい展開
日 時：3月15日

発表者：小野崎正樹

テーマ：新プロセス開発における物性の重要性
－石炭液化プロセスの設計・運転の経験
から－

発表先：(公社) 化学工学会基礎物性部会 「化学
工学物性定数の最近の動向」講演会、化

石燃料・エネルギーをめぐる物性とその
諸問題分離技術会

日 時：3月13日

[論文]

発表者：益田 泰輔, フォンセカ・ジョアン,

大関 崇, 村田 晃伸

テーマ：太陽光発電区間予測に基づく電力系統需
給運用の評価

発表先：(一社) 電気学会 電力系統技術研究会
(名古屋)

日 時：1月14日

発表者：益田 泰輔, 田川 芳洋, 小池 雅和,

石崎 孝幸, 井村 順一, フォンセカ・ジョ
アン, 大関 崇, 村田 晃伸

テーマ：区間解析に基づく蓄電池充放電計画の系
統運用シミュレーションによる評価

発表先：(一社) 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 (沖縄)

日 時：2月19日

[寄稿]

発表者：杉山 昌広, 朝山 慎一郎, 岩崎 杉紀,

小杉 隆信, 原口 正彦, 森山 亮

テーマ：気候工学 (ジオエンジニアリング) 国際
会議

寄稿先：(公社) 日本気象学会 「天気」1月号

発表者：坂本 茂樹

テーマ：非在来型ガス開発の現況とエネルギー分
野に及ぼす影響

寄稿先：(独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構
「石油天然ガスレビュー」2015.1Vol.49
No.1 (1月26日)

発表者：石本 祐樹

テーマ：世界及び日本におけるCO₂フリー水素
の導入量の検討

寄稿先：(一社) 日本エネルギー学会 「日本エネ
ルギー学会誌」(2月1日)

発表者：小野崎 正樹, 牧野 尚夫 (電力中央研究所),
持田 勲 (九州大学名誉教授, 九州環境管

理協会)

テーマ：総説特集：CO₂回収型次世代 IGCC 技術
開発 I, 「CO₂回収型次世代 IGCC 技術開
発：Oxy-fuel IGCC」プロジェクトの意義
と概要

寄稿先：(一社) 日本エネルギー学会 日本エネ
ルギー学会誌 (3月号, 5月号)

◇人事異動

○3月31日付

(辞任・解嘱)

三代真彰 副理事長兼プロジェクト試験研究部
長 (主席研究員)

(出向解除)

新藤紀一 プロジェクト試験研究部主管研究員
木村公隆 プロジェクト試験研究部主管研究員
溝内秀男 原子力工学センター主管研究員
白井浩嗣 原子力工学センター主管研究員
松井 徹 プロジェクト試験研究部主管研究員
中村正志 プロジェクト試験研究部主任研究員
坂本茂樹 プロジェクト試験研究部主任研究員
油江宏明 原子力工学センター主任研究員
高橋淳郎 原子力工学センター主任研究員
大内 優 プロジェクト試験研究部研究員

○4月1日付

(採用)

都築宣嘉 原子力工学センター主管研究員
水野有智 プロジェクト試験研究部研究員

(出向採用)

鯨井寛司 プロジェクト試験研究部主管研究員
中村雅人 技術開発支援センター主管研究員
大塚晋吾 原子力工学センター主管研究員
松本武志 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
山根陽子 原子力工学センター主任研究員

(嘱託採用)

後藤新一 プロジェクト試験研究部参事
安久 恵 技術開発支援センター参事
山本元彦 技術開発支援センター参事
山中俊幸 技術開発支援センター参事

坂本茂樹 プロジェクト試験研究部副参事
(昇格, 異動)

蓮池 宏 研究理事 (主席研究員) に任用

重政弥寿志 プロジェクト試験研究部長兼務

岡田英俊 原子力工学センター部長 (副主席
研究員)

酒井 奨 プロジェクト試験研究部主管研究員

Marco Pellegrini 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

田中健一 原子力工学センター参事

(技術開発支援センター兼務)

佐藤憲一 センター長

蓮池 宏 部長

徳田憲昭 部長

坪井 仁 部長

岡村秀彦 部長

入谷淳一 参事

谷内田淳一 主管研究員

日浦俊哉 主管研究員

川野光伸 主任研究員

橋倉 裕 主任研究員

第 37 卷 通 卷 目 次

VOL. 37, No. 1 (2014.4)

【巻頭言】 想定外について考えて見た

JX 日鉱日石リサーチ(株) 代表取締役副社長執行役員 吉田 正寛 …………… 1

【寄稿】 電気自動車用ワイヤレス充電—実証評価と標準化の最新動向

公益社団法人 自動車技術会
ワイヤレス給電システム技術部門委員会 幹事 横井 行雄 …………… 3

【寄稿】 バイオマスエネルギー産業の現状と将来展望

三菱商事(株) 地球環境・インフラ事業グループ
CEO オフィス 環境エネルギー政策担当 澤 一誠 …………… 11

【寄稿】

光電極およびレドックス光触媒反応を用いたソーラー水素製造
(独) 産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 首席研究員
(兼務) 太陽光エネルギー変換グループ長 佐山 和弘 …………… 26

【調査研究報告】

核燃料サイクル技術の安定性に関する検討

プロジェクト試験研究部 原子力グループ 部長 藤井 貞夫
プロジェクト試験研究部 原子力グループ 参事 波多野 守 …………… 36

【調査研究報告】

シェールガス／オイルについて

プロジェクト試験研究部 化石・環境グループ 参事 水田 美能
プロジェクト試験研究部 化石・環境グループ 副参事 埴 雅一 …………… 49

【事業計画】

平成 26 年度 事業計画 (一財)エネルギー総合工学研究所 …………… 61

【研究所のうごき】 …………… 68

【第 36 巻通巻目次】 …………… 71

【編集後記】 …………… 75

VOL. 37, No. 2 (2014.7)

【巻頭言】

エネルギー基本計画の実行にむけて

経済産業省 資源エネルギー庁 長官

上田 隆之 ……………1

【座談会】

本格化する水素社会へのアプローチ

(公財)地球環境産業技術研究機構 理事

地球環境産業技術研究所長

山地 憲治

(独)産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所長

大和田野芳郎

トヨタ自動車(株) 技術総括部 主査

広瀬 雄彦

J X日鉱日石エネルギー(株) 中央技術研究所 フェロー

斎藤健一郎

川崎重工業(株) 技術開発本部 技術企画推進センター

水素プロジェクト部長

西村 元彦

千代田化工建設(株) 技術開発ユニット 兼

水素チェーン事業推進ユニット 技師長

岡田 佳巳

司会 (一財)エネルギー総合工学研究所 参事

プロジェクト試験研究部 部長

坂田 興 …………… 3

【寄稿】

シェール・ガス革命, シェール・オイル革命の2014年における動向

和光大学 経済経営学部 教授

岩間 剛一 …………… 24

【寄稿】

2030年に向けたコージェネレーション普及拡大の展望

一財)コージェネレーション・エネルギー高度利用センター

普及促進部長

杉浦英太郎 …………… 33

【調査研究報告】

中長期リスク要因を考慮したエネルギーシステムのあり方

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 …………… 44

【調査研究報告】

微細藻類バイオ燃料について

プロジェクト試験研究部 環境グループ 主管研究員

松井 徹 …………… 54

【事業報告】

平成25年度 事業報告の概要 (一財)エネルギー総合工学研究所 ……………64

【研究所のうごき】 …………… 66

【編集後記】 …………… 69

VOL. 37, No. 3 (2014.10)

【巻頭言】

中国の太陽熱発電開発を目の当たりにして

新潟大学 工学部 化学システム工学科 教授 児玉 竜也 ……………1

【寄稿】

A-USC 石炭火力高効率化技術の内外における最新動向

三菱日立パワーシステムズ(株) 電力計画部 主管技師 齊藤 英治 ……………3

【寄稿】

バイオマス専用粉碎方式による既設微粉炭焚きボイラでの

混焼技術の実用化開発（混焼率増大技術の開発）

バブコック日立(株) 呉事業所 呉ボイラ技術部 主管技師 金本 浩明 …………… 12

【調査研究報告】

福島第一事故後の安全確保の考え方について

～各分野の専門家との意見交換から～

原子力工学センター 次世代軽水炉開発グループ 主管研究員 久田 司 …………… 23

【調査研究報告】

環境適合型・高効率バイナリー発電の技術開発

プロジェクト試験研究部 部長 蓮池 宏

プロジェクト試験研究部 参事 小川紀一郎

プロジェクト試験研究部 研究員 大内 優

元プロジェクト試験研究部 特別嘱託研究員 堀口 章

(株)アーカイブワークス 代表取締役 松尾 栄人

(株)アーカイブワークス 製造部長 松尾 雅智 …………… 32

【調査研究報告】

米国と中国の IGCC の現状

理事・プロジェクト試験研究部 部長 小野崎正樹

プロジェクト試験研究部 主管研究員 坪井 繁樹 …………… 44

【研究所のうごき】 …………… 54

【編集後記】 …………… 57

VOL. 37, No. 4 (2015.1)

第 29 回エネルギー総合工学シンポジウム
—多層的な供給構造を支えるエネルギー技術—

平成 26 年 10 月 7 日 (火) 千代田放送会館
総合司会 原子力工学センター部長 笠井 滋

【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	渡邊 宏	3
【基調講演】	エネルギーの新地政学と日本の戦略 (一財) 日本エネルギー経済研究所 研究顧問	十市 勉	5
【基調講演】	電気エネルギー供給システムのスマート化 ～自由化と生活との関わり～ 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授	横山 明彦	17
【講演】	今後の普及が期待されるエネルギー技術 (1) ～これからのエネルギー技術～ 理事・プロジェクト試験研究部 部長	小野崎正樹	27
【講演】	今後の普及が期待されるエネルギー技術 (2) ～地球温暖化への関心の高まり～ プロジェクト試験研究部 部長	黒沢 厚志	33
【講演】	今後の普及が期待されるエネルギー技術 (3) ～日本の電力供給を考える～ プロジェクト試験研究部 主任研究員	酒井 奨	40
【講演】	今後の普及が期待されるエネルギー技術 (4) ～原子力に求められているものは何か～ 理事・原子力工学センター長	田中 隆則	47
【講演】	今後の普及が期待されるエネルギー技術 (5) ～シェール革命の影響を読む～ プロジェクト試験研究部 参事	水田 美能	51
【講演】	今後の普及が期待されるエネルギー技術 (6) ～太陽熱を使う～ プロジェクト試験研究部 参事	吉田 一雄	58
【講演】	今後の普及が期待されるエネルギー技術 (7) ～水素エネルギーの本格的導入に向けて～ プロジェクト試験研究部 部長	坂田 興	65
【閉会挨拶】	(一財) エネルギー総合工学研究所 副理事長	三代 真彰	72
【研究所のうごき】			74
【編集後記】			76

編集後記

2年ほど前から、近所のジムに通っている。当初こそ週に3回ほどのペースであったが、最近は逆転して3週間に1回程度なので、効果のほどは知れている。家から徒歩2分、24時間年中無休という便利さなのだが、出無精な性質ゆえ帰宅後に支度を整えて改めて外出することに少なからず葛藤をおぼえるのである。

それはさておき、元々の動機は総合的な体力の低下、特に足腰の衰え対策である。体力低下は加齢によるものと割り切っているが、足腰が弱ってきたのはやはり、歩く機会が減ったせいであろう。平日はもとより、週末に一駅先まで出かける時でさえ交通機関を利用しては、さすがにいけない。

このため、ジムでは主に電動ランニングマシンのお世話になっている（もっとも100mも走ると危ないので、もっぱら歩いているが）。極端な言い方をすれば、エネルギーを消費して樂をし、それが一因となって弱った体力を取り戻すのにまたエネルギーを消費しているとも言えなくはない。せめて、ジムのトレーニング器械

がエネルギー回生型であれば少しは氣が楽になるのだが。

省エネルギーの重要性が叫ばれてから久しい。確かに、わが国は産業部門におけるエネルギー効率や省エネへの取り組みは世界トップクラスであり、民生部門でも空調や照明、その他電気製品等の省エネ性能の向上にも目を瞞るものがある。一方で、例えば家電製品の場合、ライフスタイルの変化を背景に、製品の種類や世帯当たり台数の増加、大型化等が進んでいる。

考えるべきは、このような生活環境において、如何に個々人がエネルギーの無駄遣いを抑えつつ快適で豊かな生活を実現するかであろう。省エネバリアの解消に向けた技術的・制度的方策が進みつつあるが、個人においても価値観の多様化や生活様式の変化等を踏まえつつもエネルギー利用に配慮した行動を積み重ねていくことが、ひいては社会全体のエネルギー使用の無駄を削ぎ落とし、成熟した社会の体力の向上、足腰の強化につながるのではないだろうか。

編集責任者 重政弥寿志

季報 エネルギー総合工学 第38巻第1号

平成27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。

