

3. 5 エネルギー分野

近年の新興工業経済地域、とりわけ中国、インドなどのアジア諸国などの急速な経済成長、世界的なエネルギー需要の増加に伴い、資源・エネルギー需給は中長期的に逼迫、資源価格は継続的に上昇することが予想され、我が国の資源・エネルギー供給を巡る環境はますます厳しさを増している。

一方、深刻化する地球温暖化問題の解決に向けた温室効果ガス排出量の大幅削減が、国際社会において喫緊の課題となっており、エネルギー供給・利用の低炭素化に対する社会的な要請が一層高まっている。京都議定書の第一約束期間（2008年～2012年）における基準年比6%削減の達成に向けて、国を挙げてさまざまな取組が進む中、平成21年9月の国連気候変動首脳会合において、我が国は、すべての主要排出国による公平かつ実効性のある国際的な枠組みの構築と意欲的な目標の合意を前提に、温室効果ガスを2020年までに1990年比で25%削減することを目指すことを表明した。また、長期的な視点から、2050年までに世界全体で50%削減に向けて目標を明らかにしている。

中長期的な視点で環境・エネルギー問題を解決するためには、革新技术によるブレークスルーが不可欠であり、我が国は、エネルギー分野の技術開発を官民一体となって強力に推進するとともに、それらの技術を国内外に広く普及させ、地球温暖化問題等の解決に対して国際社会の指導的な役割を担うことが期待されている。

また、これらエネルギー安全保障の確保と地球環境問題解決という面のみならず、我が国の経済成長の柱として、環境・エネルギー分野の果たす役割が重要になってきている。平成22年6月18日に閣議決定された「新成長戦略」では、「グリーン・イノベーション」を我が国の強みを活かす成長分野の一つに掲げ、環境・エネルギー大国戦略の実現に向けて、再生可能エネルギーの普及拡大支援、エコ住宅やヒートポンプの普及拡大などによる住宅・オフィスのゼロエミッション化などの取組、蓄電池、次世代自動車などの革新技术開発を前倒し推進することなどが示された。

（参考： 主な政策等の動き）

- ・「新・国家エネルギー戦略」（平成18年5月、経済産業省）
- ・「原子力立国計画」（平成18年6月、経済産業省）
- ・「Cool Earth－エネルギー革新技术計画」（平成20年3月5日、経済産業省）
- ・「環境エネルギー技術革新計画」（平成20年5月19日、総合科学技術会議）
- ・「長期エネルギー需給見通し」（平成20年5月21日、経済産業省）
- ・「G8北海道洞爺湖サミット」（平成20年7月7～9日）
- ・「低炭素社会づくり行動計画」（平成20年7月29日、閣議決定）
- ・「国連気候変動首脳会合における鳩山総理大臣演説」（平成21年9月22日）

- ・「新成長戦略（基本方針）」（平成 21 年 12 月 30 日、閣議決定）
- ・「地球温暖化対策基本法案」（平成 22 年 10 月、閣議決定）
- ・「新成長戦略～「元気な日本」復活のシナリオ～」（平成 22 年 6 月 18 日、閣議決定）
- ・「エネルギー基本計画」改定（平成 22 年 6 月 18 日、閣議決定）
- ・「バイオマス活用推進基本計画」（平成 22 年 12 月 17 日、閣議決定）

（1）第 3 期の研究開発の成果等

第 3 期の研究開発の成果等について、「第 3 期の重要な研究開発課題の括り」（13 の括り）ごとに、以下の構成で取りまとめた。

- ・ 第 3 期の主要施策に係る成果例
担当省庁から提出された「主要施策の成果^(※)」の概略を記述した。
- ・ 第 3 期の評価
エネルギー P T 委員の意見に基づき、第 3 期の評価を記述した。
- ・ 第 4 期に向けて
エネルギー P T 委員の意見に基づき、第 4 期に向けたコメントを記述した。

(※) 主要施策は、以下の観点で「第 3 期の重要な研究開発課題の括り」ごとに、各省 1 ～ 3 程度を選出。

- ・ 特に重要な成果を収めたもの（国際的水準からみた重要な成果。第 4 期に資する観点を含む）
- ・ 優れた実施の仕組みやマネジメントについて特筆すべきもの（府省間連携、産学官連携、官民マッチングファンドを含む）
- ・ 第 4 期に特に留意すべき課題や反省点があるもの

（エネルギー源の多様化）

①原子力エネルギー

第 3 期の主要施策に係る成果例

次世代軽水炉の開発、軽水炉サイクルの確立に向けた MOX 燃料技術、放射性廃棄物処理処分技術等の研究開発、長期的には、高速増殖炉（FBR）サイクル技術や核融合エネルギー技術等の研究開発を進めた。その結果として得られた科学技術成果の概略は以下のとおり。

- ・ 次世代軽水炉については、産学官連携の下、要素技術開発や概念設計検討を進め、中間評価を実施した。（経済産業省）
- ・ 高速増殖原型炉「もんじゅ」について、平成 22 年 5 月に試運転を再開。炉心確認試験

- により FBR 実用化に向けての有益なデータを取得した。(文部科学省)
- ・ 高速増殖炉サイクル技術の実用化に向けた、高速増殖炉サイクル実用化研究開発 (FaCT) プロジェクトを開始し、実用化に係る要素技術の開発や、実証炉の概念検討等を行った。(文部科学省、経済産業省)
 - ・ 六ヶ所再処理工場のガラス固化施設への適用を目的とした、より高品質なガラス固化体の製造技術の開発において、ガラス素材の検討、新型ガラス溶融炉の構造技術の検討、炉底部構造モックアップ試験等を行い、新型ガラス溶融炉の設計に反映するための技術的データを取得した。(経済産業省)
 - ・ 核不拡散・保障措置分野においては、プルトニウムを用いた分析試験や非破壊測定試験等大型再処理施設に対して適用可能な保障措置に関する技術開発を実施、六ヶ所再処理施設における厳格な保障措置の実施が可能となった。さらに、MOX燃料加工施設に適切な保障措置を適用するための技術開発を実施した。(文部科学省)
 - ・ ITER (国際熱核融合実験炉) 計画は、平成 19 年 10 月に協定が発効し、11 月には超伝導コイルに関する調達取決めを他国に先駆け ITER 機構と締結した。平成 22 年 1 月には超伝導コイル導体の製造工場が竣工し、調達活動が着実に進展した。幅広いアプローチ活動については、平成 19 年 6 月に協定が発効し、平成 22 年度に青森六ヶ所村の研究サイトが完成した。これらの活動は、「核融合エネルギーフォーラム」内に設立された「ITER・BA 技術推進委員会」において、産学官のオールジャパン体制で実施した。(文部科学省)

第 3 期の評価

第 3 期において、次世代軽水炉の開発、高速増殖炉サイクル研究開発、核融合エネルギー研究開発、原子力基礎研究分野等の研究開発が進展した。

次世代軽水炉開発においては、2010 年に中間的総合評価が実施され、プラント概念の成立性が見通しが得られた。また、ガラス固化技術においては、高度化の見通しが得られつつあり、着実に研究開発が進展している。

「もんじゅ」が、平成 22 年 5 月に試運転の再開にこぎ付けたことは評価できる。しかし、その後の点検期間中に発生した炉内中継装置の落下トラブルにより性能試験に遅れが生じている。また、「常陽」のトラブルで国内において高速中性子の照射試験が実施できない状況となっている。これら様々なトラブルを着実に克服することが重要であり、それを広く研究開発として捉えることが必要である。

高速増殖炉サイクルの実用化研究開発については、原子力機構がメーカーや電気事業者の協力を得つつ進められた。

核不拡散、保障措置の技術開発については、大型再処理施設等の稼働に備え着実に進めてきた。また、2010 年 12 月に核不拡散・核セキュリティ総合支援

センターが設置されたこともあり、今後大学や産業界とも連携しつつ核不拡散・核セキュリティ分野が一体となった取組が期待される。

ITER 計画等については、協定の発効を踏まえて、幅広いアプローチ活動ともに着実に進みつつあり、ITER・BA 技術推進委員会において専門家コミュニティの意見を集約していることも評価できる。今後、核エネルギー開発の中での位置づけを今一度明確化することが期待される。

高レベル放射性廃棄物等の地層処分技術については、2つの深地層研究施設の建設がほぼ順調に進んでいる。今後は、深地層研究施設、実験室等での研究開発の位置づけと課題を今一度明確にし、オールジャパンで取り組まなくてはならない。

②原子力安全の確保

第3期の主要施策に係る成果例

高経年化対策をはじめとする原子力施設の安全評価技術の高度化や、放射性廃棄物の処理処分に当たっての安全評価に係る研究など、原子力安全委員会が定める「原子力の重点安全研究計画」等に沿って研究開発を推進した。その結果として得られた科学技術成果の概略は以下のとおり。

- ・安全規制の整備・運用に必要な技術的知見を実プラント環境下、加速試験等を通じ、高経年化対策に係る基盤を整備した。その成果は、OECD/NEA が取りまとめている、応力腐食割れやケーブルの経年劣化管理を行う際に参考とする「推奨経年劣化管理プログラム」に活用された。（経済産業省）
- ・軽水炉の長期利用、核燃料サイクル施設の本格操業、各段階で発生する放射性廃棄物の処分実施などに際して、十分な安全性が確保されることを確認・実証するための研究を実施し、その成果は、原子力安全委員会の「ウラン取扱施設におけるクリアランスレベルについて」（平成21年10月）などの形で規制に反映された。
- ・RI 汚染物等のクリアランスに係る判断手法等に関する調査を実施し、その成果は放射線障害防止法の改定に活用された。（文部科学省）
- ・長期発がん研究、自然起源の放射性物質の利用に伴う被ばく線量評価研究、低線量放射線影響評価に関わる基礎的および疫学調査を実施し、その成果は、UNSCEAR（原子放射線の影響に関する国連科学委員会）や ICRP（国際放射線防護委員会）、WHO（世界保健機関）等が発行した放射線防護分野における先導的文書に引用される等、放射線規制の妥当性検証等に寄与した。（文部科学省）

第3期の評価

高経年化対策、安全研究ともに、大学、研究開発機関、産業界などの産学官

連携で、研究が行われている。

原子炉施設の高経年化対策については、き裂進展評価手法、き裂のサイジング技術、ケーブルの経年劣化評価手法等に関する最新の知見が整備されてきた。

安全研究においては、燃料の高燃焼度領域における事故時挙動の高精度評価、また耐震安全評価における活断層評価手法の整備、耐震解析手法の高度化やコードの整備等が行われている。

③再生可能エネルギー等の利用

第3期の主要施策に係る成果例

エネルギーの安定供給や地球環境問題へ対応するため、非枯渇性かつクリーンな太陽エネルギーを活用する太陽光発電、風力発電、カーボンニュートラルなバイオマスエネルギー利用技術や、未利用エネルギーとして有望な廃棄物エネルギー利用技術などの技術開発を推進した。その結果として得られた科学技術成果の概略は以下のとおり。

- ・革新型太陽電池の開発においては、大学、企業等を含めたコンソーシアム形式の体制による国際研究拠点を整備し研究開発を実施し、Ⅲ-V族化合物太陽電池において非集光時変換効率 35.8%（世界最高値）を達成した。また、量子ドット超格子型太陽電池において変換効率 16.1%（世界トップレベル）を達成した。さらに、太陽電池セルのメカニカル接合に成功し、異なる太陽電池セルを透明導電層で接合し、太陽電池として動作することを実証した。（経済産業省）
- ・ワイドギャップ半導体であるⅢ-V族窒化物薄膜で太陽電池特性を得ることに成功、また、色素増感型太陽電池で蓄電機能を得ることに成功した。（文部科学省）
- ・高効率球状シリコン太陽電池の製造技術開発において、金属シリコンから均一サイズのシリコン球を製造する技術を開発し、シリコン使用量約 1/5、15 万円/kW の低コスト化を実現した。（環境省）
- ・洋上風力発電の開発においては、産学官連携体制の下、洋上風力賦存量や風況等の調査を実施、その結果に基づき、国内における本格的な洋上風車の実証研究（銚子沖と北九州沖の2海域）を開始した。（経済産業省）
- ・バイオマスについては、セルロース系エタノールに関する技術確立のため、資源作物の栽培からエタノール製造に至る一貫生産システムの試験プラントの詳細設計が完了し、建設に着工した。（経済産業省）
- ・厨芥と紙類を原料とする乾式メタン発酵法による都市型エネルギーシステムの実証研究を実施し、処理規模が 10 トン/日以上であればエネルギー収支がプラスとなること、エネルギー回収率が 80%程度になることなどを確認した。（環境省）
- ・下水汚泥の高効率エネルギー利用技術においては、石炭の 6~7 割の総発熱量を保有す

る下水汚泥固形燃料化手法を確立し、固形燃料の安全性判定のための指針を整備した。下水汚泥炭化燃料化施設は、すでに東京都で実稼働、複数の自治体で事業検討されている。(国土交通省)

第3期の評価

科学技術の観点からは一定の成果が得られている。一方で、イノベーションを創出するという観点からは技術分野ごとに施策として改善が望まれる点が多く見られる分野である。

革新型太陽電池は技術展開につながる研究成果が出ていると評価できる。しかしながら、各施策を見た場合、多様な方式により技術展開されており、プロジェクトの途中で国全体における資源配分の見直しが行われるべきである。また、これらの研究成果の実用化、大量導入、普及を実現するための市場展開が重要であることから、基礎から出口までの全体を最適化すべく、省庁間連携や産学官連携をもっと積極的に進めることも考えるべきである。

セルロース系エタノールの技術開発は着実に進展しており、プラントスケールの実証過程に到達している点は評価できる。今後、原料調達などがその事業化において必須であることから、この技術を国内・海外でどのように利用・展開することが最も効率的かつ経済的であるのかを明確にするべきである。

洋上風力発電は第3期において資源量や課題が把握できた。この分野においては設置コストの目標をもっと明確にすべきであるのは当然であるが、設置による周辺環境への影響、並びに系統への接続コスト負担など経済性が大きな障壁になりうることを考慮して、開発の段階で各利害関係者が協議する場を設定しておくべきである。

今後(H23～)の取組

再生可能エネルギー等の利用を推進するためには、効率向上、耐久性確保など現在の導入の最大の課題である経済性を抜本的に解決するための長期的な革新技術開発が最も重要であるが、それに加えて現状技術の改善、コスト低減、並びにその導入を強く視野に入れた、国による研究開発誘導や導入推進施策が極めて重要である。さらに、各再生可能エネルギーはその特性により、科学技術課題だけでなく地域環境への影響、或いは地域固有の条件による経済性などその適合性に関する評価も必要である。一方でこれらの経済的・地域的課題が存在する反面で、地域振興などの社会への波及効果による利点があることから、各省や地方自治体や住民などが連携して課題解決に取り組むべきである。その際に、一定の効果があると判断される技術に対して、その判断根拠を数字で明瞭に示すと同時に、利害関係者の協議のもと、速やかに実証研究を推進できる

よう社会的に合意形成を図ることも重要である。また、太陽光発電など市場獲得において国際競争が激化している分野では、国際的なマーケットニーズに対応できるように技術開発を柔軟に行っていく必要がある。

④水素／燃料電池

第3期の主要施策に係る成果例

本領域は世界に先駆けて、定置用燃料電池及び燃料電池自動車を普及させるとともに、必要な水素供給インフラを十分な安全対策を講じた上で整備することにより、運輸部門及び民生部門を中心に大幅な省エネ及び二酸化炭素排出削減を図ることを目標にして施策を進めた。その結果として得られた科学技術成果の概略は以下のとおり。

- ・従来の Ru-Pt 触媒の電池に対して電流密度 2 倍でさらに反応電圧を大幅に増大できる性能を有する Ru 無使用かつ Pt 量が従来の 1/6 に低減された触媒を開発した。(文部科学省)
- ・白金族元素を含まず触媒特性と耐熱特性の 2 つの特性に優れた Ni₃Al 金属間化合物箔が、メタノール、メタンから水素を製造する反応に対して高い触媒活性と選択性を有することを見出した。(文部科学省)
- ・固体高分子型燃料電池のスタック・セルの劣化メカニズムの解明からその耐久性を確保する技術を確立。さらに、高性能化・低コスト化を可能とする電解質膜・電極接合体 (MEA)、電極触媒、周辺機器、改質器等の先端的な要素技術を開発。(経済産業省)
- ・1 kW 級の家庭用燃料電池システムを一般家庭 3,307 台設置し、定置用燃料電池のコストを約 60%削減するとともに環境性及び二酸化炭素削減効果を実証した。(経済産業省)
- ・PEFC と SOFC の複合型燃料電池及び太陽光発電を、大学キャンパス内の複数需要家で相互にエネルギー融通・貯蔵を行った場合の最適モデル検討を行い、CO₂ の 23.7%削減が検証された。(国土交通省)
- ・水素のみを選択的に吸蔵精製するシステムを開発した (ラボスケールにて 93%の回収率)。(環境省)
- ・水素ステーション 15 箇所、水素・燃料電池自動車延べ 140 台を運用した。(経済産業省)
- ・実居住の集合住宅にて、ステンレス鋼管を使用した水素供給配管において、常温、ゲージ圧力 10kPa 以下の条件で溶接部や継手部分における水素漏洩が 1 年間なく、安全に供給できることが検証された。(国土交通省)

第3期の評価

第3期において技術開発からその市場化まで産学官の連携が最も成功した分野である。導入初期市場において国の支援が明確であったことにより、直接的・間接的に技術開発に大きな促進効果がもたらされた。また、市場を見据えた競合技術との差別化戦略やインフラ整備による関連科学技術発展への波及という点においても高い効果が得られた。

定置用燃料電池の研究開発においては、その市場化を目的とした明瞭な開発目標を立て、関係業界が一丸となったことで製品コスト削減と性能向上を達成した。その結果として、2009年度の世界に先駆けた市場化や、市場化以降、約1万台以上という相当量の導入実績を上げた点が極めて高く評価できる。実証事業や補助金などの施策も、システムの性能向上だけでなく、当該分野の技術開発、製品開発に効果的であった。また、国と企業や関連研究所などの連携がスムーズに働いた、今後の環境（グリーン）イノベーションの先行的な成功事例である。

燃料電池自動車においては電気自動車との競合関係から当初の楽観的な予測を改めて、研究開発戦略を立て直したことが評価できる。水素インフラ整備は、リーマンショック後の景気低迷期にありながら、燃料電池自動車の研究開発を継続させ、実用化の目途が立つ程度にまで進展することに、間接的ながら、大きく貢献した。また、産学官連携が計画的に行われたことで研究開発効果は大きいものとなったといえる。一方で、具体的にどの成果にどう結び付いたのかという評価を明確にしていくことが重要である。

今後（H23～）の取組

定置用燃料電池においては、トータルコストを従来型給湯器同等に低減することを目標とした技術開発を優先的に促進することが重要である。ただし、研究の裾野を広げつつも、市場競争の領域にある技術として官と民の役割分担を明確にした投資戦略を練らなくてはならない。また、海外市場に進出する際には、地域ごとの燃料特性などによって必要となる技術が異なることから、現地とのあらゆる面での連携も念頭に置きながら展開ロードマップを検討することが大切である。施策運営に関しては、第3期同様に産学官の優れた連携を進めて行き、他の分野でのイノベーション創出のマネジメント法として展開されることが望まれる。

燃料電池自動車においては、実用化に向けて従来車同等の性能を有する車両の開発とともに、水素製造・貯蔵・供給に係る技術・制度・規制を最適化したうえでエネルギー消費効率及び経済性に優れた水素供給インフラの構築が最重要課題である。このような実用的かつ環境性能に優れた供給インフラ整備が、今後の燃料電池自動車に関する科学技術の展開を推進・実現させる。欧米

諸国を始め国際的な技術水準や開発状況を踏まえた上で、規制や国際標準や関連技術についての協力体制を強化していくことが大切である。

⑤化石燃料の開発利用の推進

第3期の主要施策に係る成果例

今後もエネルギー供給の主要な部分を担うことになる化石燃料について、石油やガス体エネルギーについての安定供給の確保、石炭の環境負荷の低減等それぞれのエネルギー源が抱える課題を解決しつつ、バランスの取れた活用を図るための必要な研究開発を実施した。その結果として得られた科学・技術成果の概略は以下のとおり。

- ・重質油から石油化学原料等を得るための革新的な石油分離プロセスの実証化装置（3,000 B/D）の詳細設計の完了と建設開始、さらに原油重質化に対応した高度分解・有用化技術の触媒実用化検討などを完了した。（経済産業省）
- ・噴流床石炭ガス化複合発電（IGCC）実証機における2,000時間連続運転及び5,000時間運転の確認により年利用率70%以上の見通しが得られ、また目標を上回る送電端効率40.6%（HHV）の達成、微粉炭火力に適合しにくい低灰融点炭を使用した安定運転などを確認した。（経済産業省）
- ・天然ガスに含まれるCO₂を除去せず原料として活用する我が国独自のGTL技術について、実証プラントの運転により日産500バレルを達成した。（経済産業省）
- ・CO₂分離膜の新規膜材料の開発や膜モジュールの開発による、分離回収コスト1,500円台/t-CO₂の達成に必要となる、高圧化での分離膜CO₂/H₂選択性（30達成）などの性能を達成した。（経済産業省）
- ・LNG火力発電用超耐熱合金材料の新規開発により耐用温度世界最高1120℃に到達。天然ガスコンバインドサイクル用単結晶タービン翼鑄造に成功した。LNG火力発電（現状1400℃級）から1700℃級での高効率稼働の実現につながり、従来の石炭火力発電に比べ発電量当たりのCO₂排出量を半分以下に抑制することが期待される。（文部科学省）

第3期の評価

所期の研究開発目標を着実に達成しており、世界と対抗できる日本発の新技術開発成果が見られる。また、商業化に必須となる実証化も計画的に進捗していると評価できる分野である。

重質油を石油資源原料として利用する技術として、世界初となる反応器を使用した実証機の建設まで至った点は大きい。新興国などにおけるエネルギー源不足と重質油の余剰の両方を同時に解決できる可能性がある。

噴流床石炭ガス化複合発電では、実証試験が計画通り進み、世界最高水準の

開発目標を達成するためのデータが得られたことから、着実に計画を進めていることが高く評価される。

我が国独自の GTL 技術(天然ガスを原料として石油製品を製造する技術)は、二酸化炭素を原料として利用できる世界初の技術であり、先行する海外企業の技術と比較しても、高い競争力を持つ。

今後（H23～）の取組

国内のエネルギー供給の安定化と化石燃料使用に伴う二酸化炭素排出量の削減を、第3期に引き続き、着実に進めることが重要である。化石燃料は国の一次エネルギー源として占める割合が最も大きいことを十分に理解した堅実な施策運営が極めて強く求められる。また、世界規模で化石燃料の使用量が大幅に増えていくことは明らかなので、その効率的な利用技術を開発することは、我が国では必ずしも適応できない技術であっても、地球レベルでの温室効果ガス増加抑制に大きく貢献する技術であれば、なおざりにするべきではない。

石油資源については、今後さらに新興国を中心に需要が伸びていくにも拘らず、利用困難なために余剰が目立つ、重質油の高度利用を国が重点的に支援していくべきである。

石炭資源については、高効率発電（IGCC）の実証研究の成果により、技術面で世界最高水準を維持するとともに、経済性を明らかにすることが大切である。

ガス資源については、エネルギー源の多様化によるエネルギー供給のリスクを低減させるために、ガス液化技術（GTL）については引き続き商業化に向けた技術検討等を進めることが望まれる。また、日本周辺海域に相当量の賦存が期待されるメタンハイドレードを将来のエネルギー資源として利用可能にするため、世界に先駆けて商業生産のために必要な技術整備を行うべきである。これらの技術開発については、長期にわたる取組が必要とされるため、国民の理解を得ることが特に重要である。

化石燃料の利用に伴い発生する二酸化炭素の回収貯留（CCS）については、国による研究開発や実証研究を着実に進めるとともに、関連法令の整備、社会的受容性の確保などにも継続して取り組む必要がある。

（エネルギー供給システムの高度化・信頼性向上）

⑥電力供給システム

第3期の主要施策に係る成果例

送電時の電力ロス大幅削減のための、高性能・低コスト・長尺な超電導線材

製造技術、超電導線材を用いた送電ケーブル、変圧器等の機器開発、また電力供給システムの高度化に資する、電力系統安定化や負荷平準化のための制御技術、系統安定化機器の低コスト化、高信頼性化のための材料技術等の開発を実施した。その結果として得られた科学・技術成果の概略は以下のとおり。

- ・ イットリウム系超電導線材の開発において、大電流（66kV/5kA）ケーブル及び大電圧（275kV/3kA）超電導ケーブルの実用化を見通す、超電導ケーブル・モデル導体を開発し、5kA 通電及び 275kV 課電にて支障がないこと並びに送電損失の低減を確認した。（経済産業省）
- ・ イットリウム系超電導線材を用いた変圧器の開発において、400kVA 短絡モデル変圧器で、実用機 20MVA と同等の耐短絡強度の検証（世界初）を行った。また、デモ機で変圧機能とともに過電流を定格電流 3 倍以下に抑制する限流機能の検証を行った。（経済産業省）
- ・ 200MVA 級ビスマス系超電導ケーブルの 66kV 実系統における変電所内実証に際し、30m ケーブルシステムによる定格課電・通電、熱的・機械的特性の評価等を実施し、送電実証の事前検証を完了した。（経済産業省）

第 3 期の評価

日本が世界に対して優位性を持っている超電導技術の応用として確実に進展してきたと言える。また、プロジェクトの遂行に当たりメーカーだけでなくユーザーも参加し、外部委員会による進捗評価がなされることで効率的な研究開発が行われた点も高く評価できる。

現在、電圧 66kV、長さ 200～300m の実系統試験開始に向けた工事が進んでおり、これは世界的にも大きく注目されている。第 3 期において実用化に向けて合理的に歩を進めてきたが、実現するには基礎から応用まで多くの課題を解決することが必要である。従ってこれまでの技術レベルを正確に評価した上で、やや長期的な視点で基礎から応用につなげる基盤技術開発計画が必要である。

今後（H23～）の取組

送電時の電力損失を大幅に低減することだけでなく、太陽光発電並びに風力発電などの出力が不安定な、再生可能エネルギーの大量導入を可能にする次世代送配電ネットワークの構築も主要課題に設定すべきである。

前者に対しては、超電導送電技術の実証研究において着実に成果を出すことだけでなく、冷却システムの技術開発等の再検討も早急に進めなくてはならない。後者に対しては、電力系統へ与える影響を最小限に抑えるために系統安定化技術などに関する研究開発の推進が必要である。また、国内市場だけでなく

成長する海外市場の獲得に向けて、国際標準化の推進や協力体制の構築を支援することが望まれる。

⑦電力貯蔵

第3期の主要施策に係る成果例

電力システムの制御、再生可能エネルギー等の不安定な電源の連系などの課題の解決のために重要な、電力貯蔵システムについて、低コスト化、高出力化、高エネルギー密度化、信頼性向上等のための要素技術、効率的なシステム構築技術等の開発を実施した。その結果として得られた科学・技術成果の概略は以下のとおり。

- ・低コスト化・コンパクト化を実現する、イットリウム系超電導線材を用いた系統安定化電力貯蔵装置（SMES）コイル技術等の開発において、高磁界・大電流に耐えうるコンパクトコイル構成要素技術を確立し、さらに 20～40K 領域でのコイル伝導冷却技術等を確立した。（経済産業省）
- ・蓄電池の大幅な高性能化を実現する革新型蓄電池の開発においては、基礎研究拠点を京都大学におき、オールジャパン技術の集中化を図り、大学と自動車メーカー、電池メーカーの協働体制と仕組みを構築して研究開発を実施した。高度解析技術開発のためのビームライン建設、各種ラボレベル装置の設計・製作、試験を実施した。（経済産業省）

第3期の評価

技術開発目標に対して着実に成果を上げて来ている分野である。ただし、世界競争の熾烈さや技術展開の応用幅の広さに対処するために、資源配分方針や知財戦略を特に重視すべきである。

SMES については技術開発の進捗は順調であるが、その目的や実効性などについて現在の進捗状況を踏まえて、そのときの状況に適したプロジェクト運営を行うべきである。施策運営では、広く関係者を集めてその成果や課題についてのレビューも継続的に進められたことが評価される。

二次電池の研究開発については、基礎に立ち返った各種のツールを駆使した研究開発が、電池の性能改善やコスト低減だけでなく、将来のシーズを育てる可能性もあり重要である。この観点から、基礎研究拠点を大学や自動車メーカーや電池メーカーによる協業体制の元で形成した点は評価できる。

今後（H23～）の取組

この分野は、電気自動車や再生可能エネルギーの余剰電力貯蔵など、技術の応用展開幅が広いのと同時に過剰な国際競争が見られるので、国が支援した研

究開発であってもその成果や内容の全公表はただちに適切とはいえず、施策運営や成果のレビューについてはこの状況を理解した上で効果的な管理方針をとるべきである。グローバルなビジネス環境を見極めた上で国としての技術開発戦略を立てなくてはならない。

⑧ガス供給システム

第3期の主要施策に係る成果例

天然ガスへの転換のためのインフラ整備の促進のため、天然ガスハイドレートを利用した輸送技術や天然ガス岩盤高圧貯蔵技術の研究開発を進めた。その結果として得られた科学・技術成果の概略は以下のとおり。

- ・天然ガスの利用拡大に資する供給インフラ整備を目的とした、天然ガスを高圧で貯蔵するライニング式岩盤貯蔵施設に関する技術開発を実施、小規模岩盤貯槽による実証試験の結果から、設計、建設、試験が確実にできることを確認し、ガス事業法の下での建設を想定した技術基準案を作成した。（経済産業省）

第3期の評価

次世代天然ガス高圧貯蔵設備は、高圧かつ大容量の天然ガスの貯蔵を可能とし、貯蔵コストの大幅引き下げを可能とするものであり、次世代天然ガス高圧貯蔵技術開発事業においては、岩盤が強度を負担し、鋼製のライニング材が気密性を確保するという「鋼製ライニング式岩盤貯槽」の開発が行われ、所期の成果が得られたことは評価できる。

今後（H23～）の取組

平成21年～22年度に進展したシェールガスなどの新規供給源が立ち上がってきたことを踏まえると、今後、低炭素化に向けた重要なエネルギー源として、天然ガスの安定供給に資する技術開発について、要素研究、実証試験、及び実用技術の設計技術の確立が求められる。

また、天然ガスパイプラインの整備を促進するための方策のあり方については、包括的検討が進められており、国による技術開発支援もその中に明確に位置づけられて実施されることが望ましい。

⑨石油供給に係る安全対策

第3期の主要施策に係る成果例

石油供給に係る設備の腐食対策、貯蔵時の安全対策等、石油の安定供給を確保するために必要な基盤的な技術開発を推進した。その結果として得られた科学・技術成果の概略は以下のとおり。

- ・南海地震及び千島海溝沿いの地震を想定した、石油タンクサイト、石油備蓄基地等の地震動シミュレーションを実施し、サイト固有の地震動波形及び地震動特性を評価、これらを含め計4か所の地下構造モデルを作成した。これにより石油関連施設の安全増強のみならず、原子力発電所等の各種インフラの振動予測にも資するものとなった。
(経済産業省)
- ・高耐久性の石油タンクシーリング材等の材料技術の確立を目的とし、接着信頼性を飛躍的に向上する制御技術、簡便な塗装工程による透明かつ超撥水性の機能表面作成技術などを開発した。(経済産業省)

第3期の評価

石油供給に係る安全対策の研究開発については、初期の目標は達成できていると評価できる。「長周期震動耐震性評価研究」においては、地震動シミュレーションに対する各サイト固有の地震動波形及び地震動特性の評価が行われ、対応地域の地下構造モデルの作成などの成果が得られている。同プロジェクトは既に、産業構造審議会産業技術分科会で、評価報告書がまとめられており、同事業の目的、政策的位置づけ、成果・目標達成度は妥当と評価されている。

今後(H23～)の取組

国民の安全・安心につながる石油の安定供給を確保するため、設備の保守・点検の効率化、計量技術の高度化等に必要な基盤的な技術開発が重要である。

石油の安定供給は、大規模備蓄の安定操業を基礎に成り立っている。特に設備は、相当時間が経過しており、長期にわたって安全対策が必要となるため、今後も、地震対策等の技術成果を実行していくための取組を実施していくことが必要である。

(省エネルギーの推進)

⑩民生部門の対策

第3期の主要施策に係る成果例

家庭用電化製品の普及などによりエネルギー消費量が増加傾向にある民生部門の省エネ化に向け、住宅・建築物に係る省エネ促進技術、ヒートポンプや

LED 照明などの高効率空調・給湯・照明技術、平面パネルディスプレイの省エネ化などの高効率情報家電技術、高速通信ネットワーク技術、都市全体のエネルギー有効利用のためのシステム技術などの省エネ対策技術の研究開発を進めた。その結果として得られた科学・技術成果の概略は以下のとおり。

- ・有機発光機構を用いた高効率照明技術の開発において、デバイス技術として世界トップレベルの平均演色評価数 95 以上、輝度 1,000cd/m² 以上、効率 37lm/W 以上などの成果を達成した。さらに製造プロセス技術として、薄膜塗布形成時の不均一領域幅 5mm 以下、薄膜 30nm±3%以下などの目標を達成。国内での有機 EL 照明の実用化に向けて大きく進展した。(経済産業省)
- ・省エネ型白色 LED 照明機器の開発において、従来の LED 照明器具と比較して、消費電力約 1/5、価格約 1/7 の白色 LED の開発に成功し、商品化された。(環境省)
- ・次世代高速通信機器の開発として、ルータ・スイッチの 40Gbit/s 超の高速化技術、1 秒以下の回線障害回復技術、エネルギー使用効率従来比 2 倍化などを実現する省電力回路技術を開発し、これらの技術を適用したスイッチが商品化された。(経済産業省)
- ・住宅と設備の総合的な省エネ評価手法の開発において、戸建住宅にも適用可能な環境性能評価手法 (CASBEE-すまい (戸建)) を開発、ライフサイクル CO₂ の評価を導入した 2007 年度版を公開した。また、既存住宅の断熱性能診断技術及び改修技術を取りまとめたガイドラインを発行した。(国土交通省)
- ・都市における建物間の熱融通の普及に向け、建物間熱融通普及促進マニュアルを策定し、HP にて普及促進に努めた。また、高効率で低コストの排水処理技術として、好気処理と嫌気処理を組み合わせた省エネルギーな排水処理システムを開発、実証した。(国土交通省)

第 3 期の評価

民生部門は我が国における低炭素社会実現の鍵であり、省エネルギーにおいて世界をリードする技術成果が得られている。今後は、海外も含めた普及拡大に向けた取組が重要な分野である。

利便性と省エネ性能を兼ね備え、環境負荷を最小限に抑えた関連技術として、高効率照明、情報通信機器、ヒートポンプシステム等の住宅・建築物で使用される機器等の技術開発が着実に進展している。特に、有機 EL 照明については、世界トップレベルの性能成果を挙げ、実用化に向けて大きく進展したこと、世界に先駆けて開発した CO₂ 冷媒ヒートポンプ式給湯機が国の補助金施策により約 270 万台の普及拡大に至った点は評価できる。また、住宅の環境性能評価ツールの開発や、都市のエネルギー面的利用促進に向けた建物間融通などの普及に向けた開発・実証が進展している。

民生部門の省エネは、複数業種にまたがる関連事業者による技術開発が求め

られ、品質管理、量産技術の整備とともに、システムとしての技術の開発等、普及に向けた技術開発が重要である。また、先進的な技術については、国際市場展開を念頭に置いた標準化活動も重要である。

今後（H23～）の取組

第3期では、有機EL照明等の研究開発で大きな成果が得られているが、低炭素社会の実現に向けて、息の長い取組が求められる分野である。今後は、省エネ機器の導入補助などの普及拡大に向けた支援策とともに、省エネ機器のさらなる高効率化や、大気熱などを利用したヒートポンプのようなシステムとしての技術開発、住宅・建築物の環境性能評価ツールの開発等の取組が期待される。また、住宅・建築物のエネルギーマネジメントを構築するための技術開発も重要であり、エネルギーマネジメントの対象（電気／熱）、目的（省エネ／CO₂排出削減）、インセンティブ（行動変容を促す仕組み）を明確にした取組が必要である。

また、この分野の成果は、我が国産業の国際競争力を維持・強化させる観点からも重要であり、国際標準化の獲得など、成果の国際普及に向けた取組が求められる。今後、経済発展をする国々における省エネの促進を図ることも視野に入れ、各国の実情に合わせた活用を図ることのできる技術の開発が必要である。

⑪運輸部門

第3期の主要施策に係る成果例

石油依存度の低減および地球環境問題への対応の視点から、運輸部門の省エネ技術として、次世代自動車技術、省エネ型航空機・船舶技術、物流効率化技術の研究開発を実施した。その結果として得られた科学・技術成果の概略は以下のとおり。

- ・蓄電池の大幅な高性能化を実現する革新型蓄電池の開発においては、基礎研究拠点を京都大学におき、オールジャパン技術の集中化を図り、大学と自動車メーカー、電池メーカーの協働体制と仕組みを構築して研究開発を実施した。高度解析技術開発のためのビームライン建設、各種ラボレベル装置の設計・製作、試験を実施した。（経済産業省）
- ・軽量かつ高強度など航空機の省エネに資する先進材料の開発として、高コスト加熱プロセスに替わる複合材非加熱成形技術、軽量化を目的としたマグネシウム合金、チタンの難加工性を改善するための新チタン合金の疲労特性の確認などを実施し、軽量化やエンジン性能向上のための材料の製造・加工技術が進展した。（経済産業省）
- ・蓄電池の高出力化の基盤となる薄膜界面作製技術を確立、また高エネルギー密度化に

- つながる高容量負極反応を確認した。(文部科学省)
- ・ジェットエンジン用の耐熱材料を開発した。(2012 年にはボーイング 787 にて商用飛行に使用される可能性大)(文部科学省)
 - ・産学官連携の取組みにより、非接触給電ハイブリッドバス、DME 自動車、FTD 自動車等の次世代低公害車の車両開発・走行実証試験を実施、技術指針案を策定し、実用化を促進した。(国土交通省)
 - ・船舶からの CO₂ 排出削減のため、スターリングエンジン及び循環流動層排熱回収システム、空気潤滑法、船舶摩擦抵抗低減塗料の開発などを実施。空気潤滑法により 3~6%の省エネ効果を確認、さらに船底塗料の摩擦抵抗低減の有効性等を確認した。(国土交通省)
 - ・実海域性能評価技術(海 10 モード)を開発、実用化に向けては船級協会と連携し、第三者認証用の鑑定ガイドラインを開発・運用した。(国土交通省)

第 3 期の評価

次世代自動車、省エネ型航空機・船舶、物流効率化に関して、当初の技術開発目標を達成するなど、着実に成果が挙げられている。今後の取組においては、産学官の役割分担の明確化や連携強化が一層重要になる分野である。

革新型二次電池の研究開発は、産学官の強力な連携の上に進められている。ポストリチウムイオンのみならず、現存電池のコスト低減、性能向上などの視野も入っており、今後の進展が大いに期待される。

我が国の二次電池技術の研究開発は世界トップレベルにあり、その成果として世界で初めて本格的電気自動車が完成し市場化が始まっている。その普及に不可欠な充電インフラの整備について、急速充電器の普及拡大や充電方式の標準化を図ることを目的に、国、地方自治体を含めた協議会が平成 22 年 3 月に設立されており、今後の電気自動車の普及促進が期待される。

非接触給電ハイブリッドバス等の次世代低公害車の開発においては、大型車両の技術開発が進展し、その後の補助金の導入もあり普及が進んでいる点で評価できる。

航空機関係の技術開発については、産学官の連携のもと、次世代輸送機器開発に重要な要素技術の開発、軽量化、エンジン性能向上技術等の開発が効率的に実施されている。特に材料関係、計測関係、加工技術などは大学の個別技術が生きやすい分野であり、その分担は適当である。

船舶においては、官民協力体制で排熱回収システム等の省エネ技術研究や性能評価手法の開発が実施され、海上物流最適化システム開発と併せて輸送効率の良い海運振興に資する技術開発が着実に進展していると評価できる。

今後（H23～）の取組

今後も引き続き、運輸部門のエネルギー利用のさらなる高効率化と低炭素化のための技術開発を着実に推進することが必要である。特に、運輸部門のCO₂排出量の約9割を占める自動車部門における対策が強く求められる。

次世代自動車の技術開発に関しては、蓄電池、燃料電池等の性能向上、低コスト化のための技術開発のみならず、充電器や水素ステーションなどのインフラ整備、高度道路交通システム(ITS)などの交通流対策等も併せて推進していくことが必要である。

蓄電池、燃料電池の研究開発に関して、先導的立場にある我が国の知的財産を十分に保護するとともに、公平な技術開発競争とその優位性を確保するための国際標準化戦略が重要であり、産学官連携による国内協調の下、海外との国際標準の分野における戦略的な提携関係を構築することが必要である。

⑫産業部門の対策

第3期の主要施策に係る成果例

産業部門における省エネ技術として、省エネ型製鉄プロセス、省エネ型化学素材製造プロセス、省エネ型非鉄金属製造プロセス等に係る技術開発、機械加工システムに係る技術等の技術開発を実施した。その結果として得られた科学・技術成果の概略は以下のとおり。

- ・高炉法による製鉄プロセスでの二酸化炭素排出量の約3割削減を実現させるための要素技術（コークスの一部代替として水素で鉄鉱石を還元する技術、高炉ガスからCO₂を分離・回収するための技術等）の確立に向けた技術開発を実施し、ラボレベルでの鉄鉱石還元試験等により、高炉への投入炭素量の約10%を削減できる見通し、またラボ段階においてCO₂分離回収エネルギー2.5GJ/t-CO₂以下を達成する化学吸収液を開発した。（経済産業省）

第3期の評価

産業部門の省エネルギー化とそれによる低炭素化に向けて、着実に研究開発の成果が挙げられている。

環境調和型製鉄プロセス技術開発において、水素還元技術、CO₂分離回収技術の研究開発が順調に進み、CO₂分離回収技術の開発では、優れた技術的知見をベースにして世界最高レベルのCO₂回収エネルギーの低減化の見通しが得られ、この分野におけるわが国の優位性の維持・向上に大きく貢献できる成果が得られたことは大いに評価できる。

今後（H23～）の取組

今後も引き続き、エネルギー利用のさらなる高効率化と低炭素化のための技術開発を着実に推進することが必要である。

特に、我が国の産業部門の中で最大のCO₂排出業種である鉄鋼業における取組は重要であり、我が国の高い国際競争力の維持・発展の観点でも、水素還元技術やCO₂分離回収技術などの先進技術を、世界に先駆けて実現させることが重要である。今後のスケールアップ試験を通じたシステムレベルでの実証などを着実に推進し、製鉄プロセスの低炭素化技術について、世界をリードし、国際展開を図っていくことが期待される。

⑬部門横断的な対策

第3期の主要施策に係る成果例

民生・運輸・産業すべての部門での省エネに貢献できる省エネ対策技術として、高効率熱電変換モジュールなどの熱有効利用技術、情報通信機器やシステム構成機器の一層の省エネルギー化、ネットワークシステム全体の最適制御に関する技術開発を実施した。その結果として得られた科学・技術成果の概略は以下のとおり。

- ・大型電動冷凍機の主流であるターボ冷凍機について、二重冷凍サイクルや高速ギアレス圧縮機を開発し、ターボ冷凍機としては世界最高レベルの超高効率 COP7.0（従来比15%向上）を達成した。（経済産業省）
- ・超高密度ナノビット磁気記録技術の開発において、2.5Tb/inch²の密度のHDDの実現に必要な媒体のサブナノメートルレベルの微細加工技術の位置精度、HDD媒体表面凹凸精度を達成した。（経済産業省）
- ・空調・冷却効率を50%以上改善可能な高効率冷却システム、IT機器全体の消費電力を20%以上削減可能な電源システムの基本技術、さらに転送性能を1ms以下で4段階に変化させて省電力化を図るルータ性能制御の基本技術等を開発した。（経済産業省）
- ・次世代大型有機ELディスプレイの開発において、低損傷大面積電極形成技術、大面積透明封止技術、有機層製膜技術の開発を実施し、膜厚均一性等の設定目標を達成した。（経済産業省）
- ・LSIチップの低消費電力化に向けた、極低電力回路・システム技術開発に関して、ロジックとメモリ技術において従来技術に比べて消費電力30%減達成などの成果を得た。（経済産業省）
- ・SiCパワーデバイスの開発において、SiC-FETの特性向上やその適用機器の効率向上を進め、特に、高温実装技術等の開発成果として1cm³あたり20W（500cm³で10kW）という世界最高パワー密度のオールSiCインバータの動作を実証した。（経済産業省）

第3期の評価

ヒートポンプやインバータの活用などエネルギー利用機器の効率化としての成果が挙げられている。

大型電動冷凍機の開発は目的、成果が明確であり、相当の効率向上を達成したという点で評価できる。企業主体の技術開発と思われ、いわゆる研究開発というよりは目的を明確にした技術開発プロジェクトと位置づけられるものである。

グリーンITプロジェクトも着実に進展しているが、多くの個別技術開発が並列している印象を受ける。全体としての目標、成果、効果を明確にするとともに、個別研究の相互の関係や連携を含めた全体像、ロードマップなどを明確にする必要がある。今後の推進に当たっては、これらの観点でのチェックアンドレビューが必要である。

今後（H23～）の取組

今後も、半導体デバイス、情報通信機器（サーバ、ルータ、ストレージ等）、ヒートポンプのように各部門に応用・展開することが可能で省エネに貢献できる技術について引き続き研究開発を推進して行くことが必要である。

また、大気熱や工場排熱などを利用したヒートポンプの高温技術のような、産業部門の熱利用プロセスの省エネ化に向けた取組も重要である。

ITを活用したグリーン化については、電力供給システムにおけるスマートグリッド関連技術開発を含めて、開発を進めることが重要である。また、エネルギー利用技術・システムは多様であるので、産業界との連携を一層強化して官民分担を明確にし、効率的・効果的に進める必要がある。

（2）第4期に向けて：総括的コメント

第3期においてエネルギー分野は国が科学技術予算として総額約2兆4千6百億円を投入することで、環境を強く意識した、世界をリードする多くの科学技術が創出された。しかしながら、「国内外でのエネルギー消費量が増加するなかで温室効果ガス総排出量を大きく削減する」という難題を解決するには充分とは言い難い。一方で、近年の環境問題やエネルギー安全保障に対する世界的な関心、及びグリーン産業としての市場拡大可能性から、世界中で研究開発が活発化している。言い換えれば、エネルギー分野は人類の高度な文明活動と地球環境保護の両立だけでなく、科学技術を基本手段とした自国の雇用創出・経済活性化を目指して世界規模で競争

が激化しているのである。すなわち、我が国がイニシアティブを発揮し存在感を高めつつ勝ち残るためには、国を挙げて国際競争に立ち向かわなければならない。

そのために、各省は科学・技術における基礎・応用・実証のフェーズに留まることなく、「標準化」「知財」「国際協力」「規制整備」「導入補助」「海外市場開拓」などの幅広い観点で施策立案することが必要である。また、施策の効果を高めるために、「産学官連携」「人材育成」「PDCA サイクル」などの視点や手段を効果的に組み込んで運営するべきである。

なお、今後、科学技術・イノベーション政策における東日本大震災への対応策を検討していく際に、原子力発電所の事故原因について徹底的な検証の上で、再生可能エネルギー等の普及、大規模災害時における適切な品質・量の石油製品の供給やガスの安全供給のシステム整備の観点を含む、エネルギー政策全体についての議論を踏まえ、今後の重要課題への取組を進める必要がある。