

エネルギー分野 フォローアップ 本文（素案）

(1) エネルギー源の多様化

(1-1) 原子力エネルギーの利用の推進

1) 第3期の主要施策に係る成果

我が国のエネルギー安定供給と地球環境問題への対応の観点から、原子力発電を基幹電源として位置づけ、既存軽水炉の高度利用技術、次世代軽水炉の開発、軽水炉サイクルの確立に向けたウラン濃縮技術・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・技術成果の概略を以下に記述する。

- ・ 次世代軽水炉については、産学官連携の下、我が国の総力を挙げた取組として開発を推進し、大出力化、免震技術、建設工期短縮などの世界最高水準の特徴を有する次世代軽水炉の概念設計が完了。技術の実用化の見通しを得るとともに、我が国のリプレイス需要や国際展開に的確に対応できるものと評価された。（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）プロジェクトを平成18年から開始し、平成22年には実用施設に採用することを目的とした革新的な要素技術についての採否判断を実施した。（文部科学省）
- ・ 高速増殖実証炉の概念検討により出力規模等を暫定するとともに、実証施設に必要な、SC造格納容器、高温構造材料、耐震性評価技術等の革新技術の実機への適当性を判断するための必要な試験データを取得した。（経済産業省）
- ・ 高速増殖炉サイクル技術開発においては、研究開発段階から実証プロセスへの円滑な移行に向けた「五者協議会」（文科省、経産省、電気事業者、メーカ、原子力機構）を設置（平成18年7月）し、合意された開発ロードマップ等に沿って研究開発を推進した。
- ・ 六ヶ所再処理工場のガラス固化施設へ適用を目的とした、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・保障措置に関する技術開発として、プルトニウムを用いた分析試験や非破壊測定試験等の大型再処理施設の保障措置技術開発を実施。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、今後稼働予定のMOX燃料加

工施設に保障措置を適用すべく、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 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」の下に設立された「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)

2) 第 3 期の評価

(PT 委員のご意見をもとに記載)

3) 第 4 期に向けて

(PT 委員のご意見をもとに記載)

(1-2) 原子力安全の確保

1) 第 3 期の主要施策に係る成果

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・技術成果の概略を以下に記述する。

- ・ 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、加速試験等を通じて、高経年化対策に係る基盤を整備。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)

2) 第3期の評価

(PT 委員のご意見をもとに記載)

3) 第4期に向けて

(PT 委員のご意見をもとに記載)

(1-3) 再生可能エネルギー等の利用

1) 第3期の主要施策に係る成果

エネルギーの安定供給や地球環境問題へ対応するため、無尽蔵でかつクリーンな太陽エネルギーを活用する太陽光発電や太陽熱利用技術、カーボンニュートラルなバイオマスや、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、風力発電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・技術成果の概略を以下に記述する。

- ・ 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。(特許出願 50 件、査読論文 191 件 (2008 年~2010 年 5 月実績)) (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)

2) 第 3 期の評価

(PT 委員のご意見をもとに記載)

3) 第 4 期に向けて

(PT 委員のご意見をもとに記載)

(1-4) 水素/燃料電池

1) 第 3 期の主要施策に係る成果

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・技術成果の概略を以下に記述する。

- ・ 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、プロセス・システムなどを総合的に高性能・低コスト化させた(特許申請 446 件)。(経済産業省)
- ・ 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、1kW 級の家庭用燃料電池システムを一般家庭 3,300 台以上の設置を完了した。(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)

2) 第 3 期の評価

(PT 委員のご意見をもとに記載)

3) 第 4 期に向けて

(PT 委員のご意見をもとに記載)

(1-5) 化石燃料の開発利用の推進

1) 第3期の主要施策に係る成果

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・技術成果の概略を以下に記述する。

- ・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製造技術の実証プラント運転による日産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）

2) 第3期の評価

(PT委員のご意見をもとに記載)

3) 第4期に向けて

(PT委員のご意見をもとに記載)

(2) エネルギー供給システムの高度化・信頼性向上

(2-1) 電力供給システム

1) 第3期の主要施策に係る成果

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・技術成果の概略を以下に記述する。

- ・ 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、超電導電流リードを開発し、5kA 通電及び 275kV 課電にて問題のないことを確認した。（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）、限流機能検証等を完了した。（経済産業省）
- ・ 200MVA 級超電導ケーブルの 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）

2) 第3期の評価

(PT 委員のご意見をもとに記載)

3) 第4期に向けて

(PT 委員のご意見をもとに記載)

(2-2) 電力貯蔵

1) 第3期の主要施策に係る成果

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・技術成果の概略を以下に記述する。

- ・ 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）

2) 第3期の評価

(PT 委員のご意見をもとに記載)

3) 第4期に向けて

(PT 委員のご意見をもとに記載)

(2-3) ガス供給システム

1) 第3期の主要施策に係る成果

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・技術成果の概略を以下に記述する。

- ・ 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、試験が確実にいえることを確認し、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)

2) 第3期の評価

(PT 委員のご意見をもとに記載)

3) 第4期に向けて

(PT 委員のご意見をもとに記載)

(2-4) 石油供給に係る安全対策

1) 第3期の主要施策に係る成果

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・技術成果の概略を以下に記述する。

- ・ 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。(論文 492 件、特許 104 件出願)(経済産業省)

2) 第3期の評価

(PT 委員のご意見をもとに記載)

3) 第4期に向けて

(PT 委員のご意見をもとに記載)

(3) 省エネルギーの推進

(3-1) 民生部門の対策

1) 第3期の主要施策に係る成果

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・技術成果の概略を以下に記述する。

- ・ 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)

2) 第3期の評価

(PT 委員のご意見をもとに記載)

3) 第4期に向けて

(PT 委員のご意見をもとに記載)

(3-2) 運輸部門

1) 第3期の主要施策に係る成果

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・技術成果の概略を以下に記述する。

- ・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) また、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。(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)

2) 第3期の評価

(PT委員のご意見をもとに記載)

3) 第4期に向けて

(PT委員のご意見をもとに記載)

(3-3) 産業部門の対策

1) 第3期の主要施策に係る成果

産業部門における省エネ技術として、省エネ型製鉄製造プロセス、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・技術成果の概略を以下に記述する。

- ・ 高炉法による製鉄プロセスでの二酸化炭素発生量の約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)

2) 第3期の評価

(PT 委員のご意見をもとに記載)

3) 第4期に向けて

(PT 委員のご意見をもとに記載)

(3-4) 部門横断的な対策

1) 第3期の主要施策に係る成果

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・技術成果の概略を以下に記述する。

- ・ 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1 cm³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)

2) 第3期の評価

(PT 委員のご意見をもとに記載)

3) 第4期に向けて

(PT 委員のご意見をもとに記載)

第4期に向けて：総括的コメント