

戦略重点科学技術

電源や利用形態の制約を克服する高性能電力貯蔵技術

経済産業省

1. 選定理由

エネルギーの安定供給や地球環境問題に対応するためには、実用性のある再生可能エネルギーを大規模に導入することは極めて重要であるが、出力変動が激しい再生可能エネルギーを有効に利用するためには、出力変動を調整する蓄電システムが不可欠である。また、今後複雑になる電力ネットワークを安定化するためには、大規模な高性能蓄電システムが必要である。さらに、石油燃料を必要としない電気自動車の実用化、あるいは、現在普及が進むハイブリッド車の本格普及のためには、低コストで高出力・高エネルギー密度、高耐久性の蓄電システムが不可欠である。このため、従来の電力供給システムを刷新し電気の利用形態を抜本的に変えることが可能な、飛躍的に性能が向上した蓄電技術を、最新の超電導技術やナノテクノロジーなどを駆使して開発する。

施策目標体系

個別政策目標	国民が必要とする燃料や電気を安定的かつ効率的に供給する。	
成果目標	【経済産業省】高性能な電力貯蔵によって、エネルギー供給システムの高度化、新たなエネルギー利用を創出することで、我が国の電力供給安定性に貢献する。	
2010年までの研究開発目標	<ul style="list-style-type: none"> ・低コスト化(系統安定化用、負荷変動補償用のライフサイクルコストをそれぞれ5万円 / kW、14万円 / kW)、高信頼性化(冷凍機平均故障間隔2万時間以上)等を達成した SMESシステムを確立すると共に、さらなる高性能化のため、イットリウム系線材等による大容量化、高性能コイル等の基盤技術を開発する。 ・単層カーボンナノチューブの高度配向技術及び大量生産技術を確立するとともに、キャパシタ製造技術を確立することで、20Wh / kgの高エネルギー密度と耐久性を有する電気二重層キャパシタを開発する。 ・ニッケル水素系、リチウム系二次電池、キャパシタ等について、大容量化・低コスト化を進め、このような蓄電池等を活用することで、系統安定化による風力・太陽光等再生可能エネルギーの導入促進や、クリーンエネルギー自動車の性能向上を図る。 	

平成 20 年度対象プロジェクト一覧

カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト【再掲】	経済産業省	2006 ~ 2010	400(百万円)	従来の活性炭電極では不可能な高出力かつ高エネルギー密度の電気二重層キャパシタを実現するため、高度に配向した長尺の単層カーボンナノチューブの大量合成技術を開発するとともに、これを用いたキャパシタ電極の開発を行う。
次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発(系統連系円滑化蓄電池技術開発)	経済産業省	2007 ~ 2011	2,400(百万円)	新エネルギー(太陽光、風力発電)の出力を安定化させるため、キーテクノロジーである蓄電の低コスト化と高性能化を目指し、産官学の連携の下、集中的に研究開発を行う。
イットリウム系超電導電力機器技術開発	経済産業省	2008 ~ 2012	1,530(百万円)	低コストで大容量の電力供給が期待できる、イットリウム系超電導線材を用いた超電導電力貯蔵装置(SMES)、高温超電導ケーブル、高温超電導変圧器の開発を行う。

2. 施策の総合フレームワーク(PLAN)

(1) 国内外の情勢

【系統連系円滑化蓄電システム技術開発】

近年国内では、太陽光や風力などの自然エネルギー発電システムの導入が増加していますが、出力が不安定であるため、今後これらが大量に普及していった場合、連系する電力系統に悪影響を与えることが指摘されており、この問題を解決する1つの手段として、蓄電システムが注目されています。

しかし、蓄電システムには現在低コスト化や長寿命化等の課題があり、発電事業者等が蓄電池を容易に併設することが困難な状況です。

そこで本プロジェクトでは、これを克服するために蓄電池の材料開発やシステム化実証を含めた技術開発を進めています。

【イットリウム系超電導電力機器技術開発】

国内においては、電力システムの安定化を目指した大型SMESの開発は、本プロジェクトが大幅に先行しています。

海外においては、韓国KERIにおける600kJ級SMESの開発や、中国における1MJ級SMESの実証など、以前の米国に比べ、アジアにおける小型SMESシステム開発が活発化していますが、電力システムの安定化を目指した大型SMESの開発では我が国は大幅に先行しています。

また、SMESをはじめとする電力機器に用いる線材開発にあっては、国内においては、本プロジェクトが大幅に先行しておりますが、海外においては、米欧から高性能線材作製の報告も届いており、日米欧三極で熾烈な開発競争が進められています。

(2) 具体的な目標及び研究開発スケジュール

【系統連系円滑化蓄電システム技術開発】

本プロジェクトでは、低コストで長寿命な大型蓄電システムの実現を目指し、テーマを4つに分類して、それぞれで以下のような目標を設定して技術開発を行なっています。

実用化技術開発

出力安定化技術や運用管理技術、量産化技術等の研究開発を行ない、MW級の大型蓄電システムを構築して6ヶ月以上の実証試験を実施する。

要素技術開発

蓄電システムを構成する各種部材を改良してコスト4万円/kWh、寿命10年を見通し、モジュールにて性能評価を行なう。

次世代技術開発

新規材料や製法の研究開発を実施して、1.5万円/kWh、寿命20年を見通し、セルにて性能評価を行なう。

共通基盤研究

本プロジェクトで開発する各種蓄電システムに適用する標準的な各種評価手法を開発する。

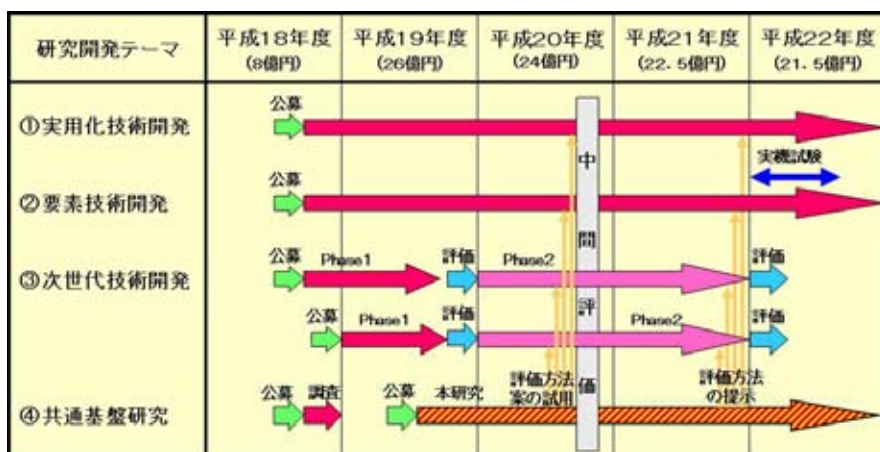


図 系統連系円滑化蓄電システム技術開発の研究開発スケジュール

【イットリウム系超電導電力機器技術開発】

SMESの技術開発においては、2010年度までに2GJ級SMESの開発を見通す高磁界かつコンパクトなコイル設計技術の開発並びにメンテナンスを容易とするコイルの伝導冷却技術開発を行い、2012年度までにSMES対応線材の安定作製技術開発及び2MJ級モデルコイルシステムを用いたSMESの動作試験を行い、高磁界コンパクトSMESの実用化に目途をつける予定です。

電力機器用線材開発においては、2010年度までに電力機器応用の長期信頼性試験等を実施する実用化技術開発の際に必要な性能及び製造速度等を満足させるイットリウム系超電導線材作製技術を開発し、2012年度までに、その安定製造技術開発を実施するとともに2020年頃を想定した電力機器の普及・導入の際のコストを含めた必要条件に耐え得る線材の作製技術を開発する予定です。

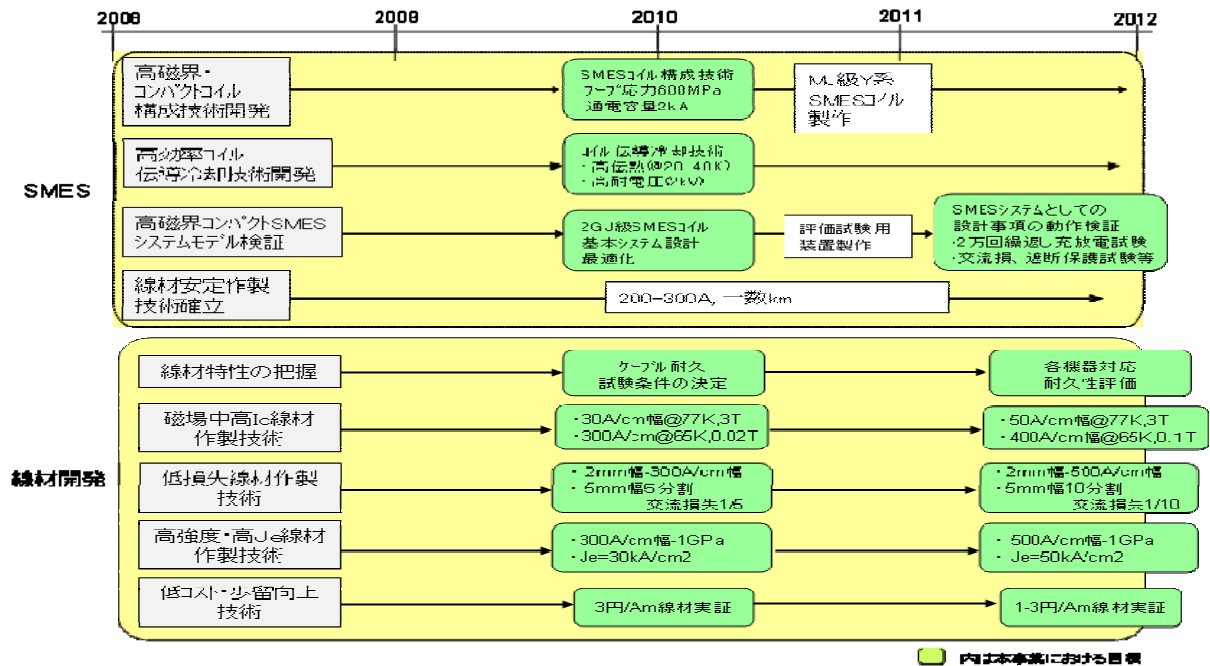


図 イットリウム系超電導電力機器技術開発 (SMES・線材部分) の研究開発スケジュール

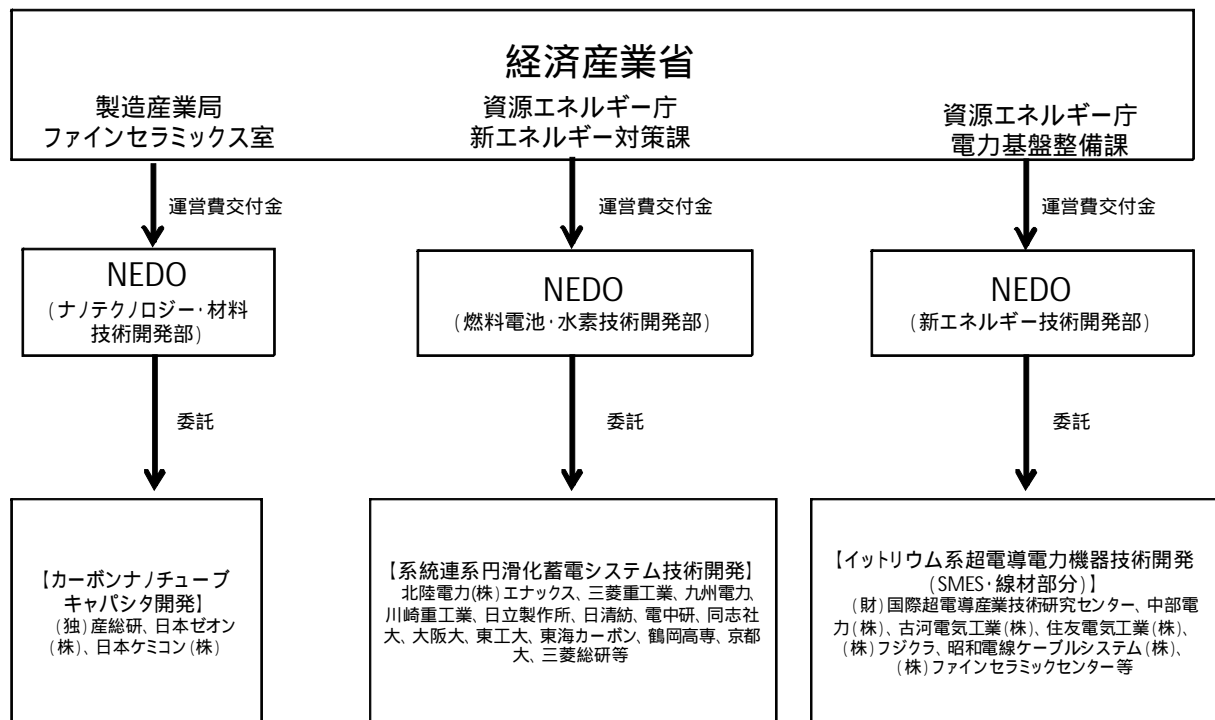
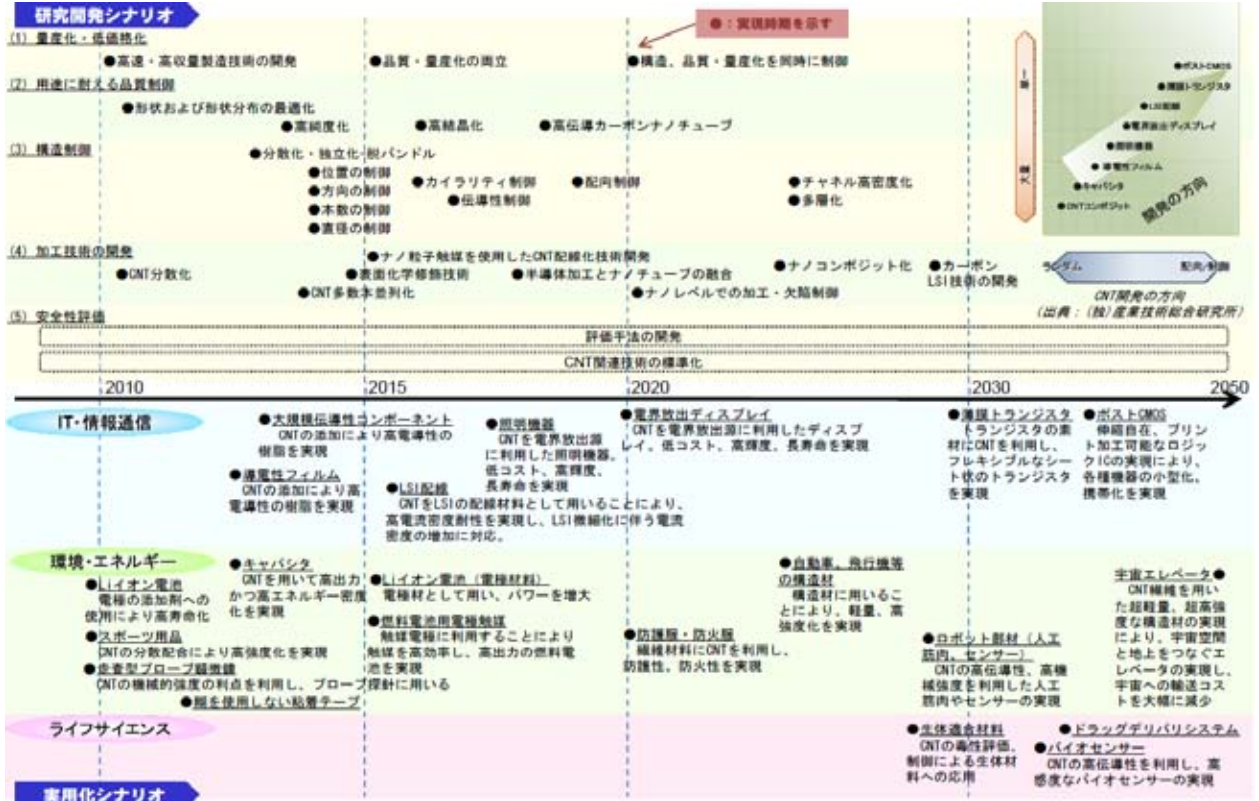


図 実施体制

(3) 技術ロードマップ

策定分野毎に NEDO 等に設置したタスクフォース等において原案を作成し、産業構造審議会産業技術分科会研究開発小委員会にて審議され、技術ロードマップを設定・決定しました。

【カーボンナノチューブキャパシタ開発】



【系統連系円滑化蓄電システム技術開発】

蓄電池に関する市場ニーズ調査を実施して技術課題等を整理することにより、各分野で利用可能な共通技術等を明確化するとともに、それを用いて今後実施する自然エネルギー発電用を中心とした蓄電池開発の方向性を決定します。

【リチウム系超電導電力機器技術開発】

超電導技術分野の技術ロードマップ(エネルギー・電力分野)

	2006	2008	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
SMES	磁気コイル	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh
	大容量化	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh
	コイルの電圧降下	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh
	高耐電圧化	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh	100kWh
磁材(RE)系	長尺化		0.9m					1.1m							1.3m		
	大容量化		貯蓄容量= 10-20MWh					貯蓄容量= 20-30MWh						貯蓄容量= 100-200MWh			
	大電流化		Ic= 300A/cm 磁 77K.GOT					Ic= 400A/cm 磁 65K.GO, T						Ic= 250A/cm 磁 77K.G3T			
	低コスト化		0-12円/Am				0-12円/Am						1-2円/Am				
	n値向上技術 (長尺化に技術)		n=20				n=40										
	高強度化(引張強度)		300-500MPa				500-1000MPa										

3. 事務・事業のマネジメント(Do)

事務・事業の実施

- 統合化

(1) 施策マネジメントの活動

【系統連系円滑化蓄電システム技術開発】

プロジェクト全体を統括管理するプロジェクトリーダー（PL）および各テーマの研究内容を管理するサブプロジェクトリーダー（SPL）を設置して、有機的な研究開発を実施しています。

有識者等からなる NEDO 技術委員会を年 2 回実施して研究開発の進捗状況や方向性等を審議し、次年度の実施計画等に反映させています。

【イットリウム系超電導電力機器技術開発】

有識者等からなる NEDO 超電導技術委員会を 4 回実施し、進捗状況の確認や課題の検討を行い、次年度の実施計画等に反映しています。

- 個別プロジェクト等の実施

(2) 新たに着手した研究開発プロジェクト

低コストで大容量の電力供給が期待できる、イットリウム系超電導線材を用いた超電導電力貯蔵装置（SMES）、高温超電導ケーブル、高温超電導変圧器の開発を 2008 年度から開始しました。

(3) 既存の研究開発事業の進捗状況

【系統連系円滑化蓄電システム技術開発】

低コストで長寿命、高安全な大型の蓄電システムを実現するためのコアとなる高精度な電池の状態検知技術や出力安定化制御技術、低コストな材料製造および電池化技術、開発品に適用可能なセルレベルでの各種評価方法などを開発しました。

【カーボンナノチューブキャパシタ開発】

カーボンナノチューブ（CNT）の基板面積当たりの収量を増加させるために、炭素源供給を最適化する合成法の開発を開始しました。結果、炭素効率 20%（前年度までは 10%）、平均収量 7.5 mg/cm²（前年度までは 1.5 mg/cm²）、比表面積 1100 m²/g を達成しました。これにより基本計画の成長効率 100,000%以上、炭素効率 10%以上、生産速度 0.03 g/h・cm² を達成しました。

また、キャパシタ開発では、大量入手可能な汎用 CNT をモデル材料として、CNT 分散技術を駆使することで、バインダーフリーにもかかわらず高い力学的強度を持つ大型 CNT シートの作成に成功しました。この結果、今まで作られた評価用 CNT キャパシタ電極面積と比べて、約 20 倍の CNT 電極の作成が可能となりました。

(4) 関連施策の取組

【系統連系円滑化蓄電システム技術開発】

次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発

2006 年の性能に対し、2015 年には性能 1.5 倍、コスト 1/7、2030 年には性能 7 倍、コスト 1/40 を目指した、系統用蓄電池技術にも転用可能な技術開発を実施しています。

革新型蓄電池先端科学基礎研究事業

蓄電池における反応メカニズム、劣化メカニズムの解明や革新型蓄電池における基礎技術の確立等、系統用蓄電池にも転用可能な技術開発を実施しています。

【イットリウム系超電導電力機器技術開発】

超電導電力機器の適用技術標準化活動を実施し、超電導線材の国際標準化を機軸とした SMES 等超電

導電力機器の国際標準化を推進しました。

また、上記超電導電力機器の国際標準化体系、国際技術動向、国際標準化ニーズ等の調査も実施し、わが国の優位技術を反映すべく国際標準化戦略の策定に資することができました。

- 横断的な活動

(5) 研究者・技術者の育成・維持

【系統連系円滑化蓄電システム技術開発】

研究テーマを3つのグループに分類して、それぞれで適宜グループ会議を開催し、グループの共通課題等について出席者全員で議論するとともに、研究者間の情報共有や連携強化を図っています。

【イットリウム系超電導電力機器技術開発】

SMES の技術開発においては、電気機器や超電導技術に関する学識経験者、重電メーカ各社、および各電力会社等からなる「超電導電力貯蔵システム研究開発委員会」を設置し、緊密な意見交換を行っています。また、「SMES 用 Y 系集合導体検討小委員会」、「SMES コイル検討小委員会」のように研究開発のテーマ毎に小委員会を設置して、研究の進捗管理や問題点の解決方法などを議論しています。

線材の技術開発において ISTEK では、実習生としての学生の受け入れ等を積極的に実施し、月例発表会等での議論や指導を通じて、超電導技術者の育成をしております。(2008 年度実績：学生 2 名、修士課程 5 名)

(6) 研究者・技術者等への情報発信

【カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト】

- ・ 第 35 回記念フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウムにてスーパーグロース：大量生産に向けた SWCNT の大面積成長について紹介しました。(2008 年 8 月)
- ・ 2009 年 第 56 回応用物理学関係連合講演会にてガスフロー制御による垂直配向 SWCNT 構造体の長尺化及び大面積成長について紹介しました。(2009 年 4 月)
- ・ Electronic Journal 第 344 回 Technical Seminar にて、スーパーグロース法による CNT 合成技術について紹介しました。(2009 年 5 月)

【系統連系円滑化蓄電システム技術開発】

成果発表会やワークショップを開催して、研究開発の成果や方向性について報告するとともに、アンケート等により、広く一般の意見を取り入れて研究開発に反映させています。

【イットリウム系超電導電力機器技術開発】

国際超電導シンポジウム(ISS 2008)(2008/10)において、SMES の充放電に伴う交流損失の評価などについて紹介しました。また、電気学会全国大会(2009/3)において、電導冷却 SMES コイルモデルの電気絶縁特性について、国際超電導シンポジウム(ISS2008)(2008/10)においては、線材の Ag 拡散法による低抵抗接続等について紹介しました。低温工学・超電導学会(2008/11)では MOCVD-YBCO 線材の機械強度特性などを紹介しました。

(7) 国民への情報発信

【カーボンナノチューブキャパシタ開発】

・ nano tech 2009 で、日本ケミコンはカーボンナノチューブを用いた電気 2 重層キャパシタを参考出品しました。また、産業技術総合研究所ではスーパーグロースカーボンナノチューブのサンプルを展示しました。

【系統連系円滑化蓄電システム技術開発】

・ 新エネルギー世界展示展やエコプロダクツ等のイベント会場にて、研究成果の紹介や展示を行っています。

【イットリウム系超電導電力機器技術開発】

テクノフェア 2008(2008/10)を名古屋市の中部電力技術開発本部において開催し、Y系トロイドミニ SMESの展示やMOCVD-YBCO超電導線材製造設備の公開を実施しました。また、超電導 EXPO2008(2008/12)において、Y系トロイドミニ SMESの展示等を実施し、超電導技術動向報告会の開催(2008/5/19)(財)国際超電導産業技術研究センター(ISTEC)の開催においては、超電導関係の研究成果、最近のトピックスを報告・討議しました。その他、ISTECでは、超電導に関する技術・事業等の普及啓発を計るため、超電導技術開発や実用化等に関する情報を毎月1回インターネット(超電導 Web 21)を通じて一般に公開しております。

評価・改善の取組

(8) 施策評価の実施

「行政機関が行う政策の評価に関する法律」第7条第1項の規定に基づき、「政策に関する基本方針」及び「経済産業省政策評価基本計画」を踏まえて、平成20年度経済産業省事後評価実施計画が定められています。計画期間は2008年4月1日から2009年3月31日までの間で、評価方法としては施策を主管する課等の長は、当該施策の特性などに応じて学識経験者の知見を活用しつつ、評価を行うこととしております。

(9) プロジェクト評価(中間・事後評価等)の実施

NEDOでは中期計画、評価実施規程及びマニュアルに基づき、評価の円滑な実施を図っています。2008年度に行われた中間評価の結果については、次のとおりです。

【カーボンナノチューブキャパシタ開発】

「スーパーグロース法をコア技術とする大面積・連続 CVD 技術の開発は量産化の視点から画期的であり、その量的生産は試料量に律速されていた研究開発を活発にし、新たな技術領域の開拓や市場創造の契機となる。また、生成する SWCNT の純度(炭素純度 99.9%以上、触媒担持率 0.005%)は世界最高水準である。さらに、開発成果は中間目標値に達しており、最終目標の突破も十分に期待できる。しかし、キャパシタ用への最適化に限らず、構造制御の視点からは SWCNT のチューブ径制御が重要であり、設定目標を複数満たす量産化技術の開発と併せて今後取組むべき課題である。」

【系統連系円滑化蓄電システム技術開発】

「低コストで長寿命、高安全な大型の蓄電システムを実現するためのコアとなる高精度な電池の状態検知技術や出力安定化制御技術、低コストな材料製造および電池化技術、開発品に適用可能なセルレベルでの各種評価方法などを開発し開発成果は中間目標値に達している。今後については各テーマの研究開発成果をそれぞれで設定した大きさの電池を作成して、性能および機能検証を実施する。」

【イットリウム系超電導電力機器技術開発】

経済産業省技術評価指針に基づき、NEDO 技術評価委員会による中間評価を 2010 年度に行います。

4. 総合的な結果・成果(パフォーマンス)や今後の課題・計画(See)

(1) 活動の総括

【系統連系円滑化蓄電システム技術開発】

系統連系円滑化蓄電システムの低コスト化・長寿命化に資するシステム実証や性能評価を計画通り着実に実行しています。

【イットリウム系超電導電力機器技術開発】

2GJ 級 SMES コイル基本システム構成の検討を行うとともに、SMES 対応線材の安定製造技術を確立するため、コイル開発用に計約 1km の線材を作製するとともに、200m 長で 230A 以上の臨界電流の平

均値を達成しました。

本プロジェクト終了後の長期信頼性試験等の実用化技術開発に必要な線材として、高速で磁場中で高い特性（30A/cm 幅@3T）を持つ線材を高速で作製するとともに、長手方向に均一な線材を実現しました。さらに、低コスト・歩留の向上としては、3円/Am以下を実現する見通しを得ることができました。

(2) 知の産出と表彰

【カーボンナノチューブキャパシタ開発】

2008年度に発表された代表的な論文、特許は、論文数3件（累計11件）、特許出願数7件（累積13件）です。

「第18回つくば奨励賞(若手研究者部門)(業績名:スーパーグロス-革新的カーボンナノチューブ合成法)」を受賞(受賞者:畠賢治)しました(2008年10月10日)。

【系統連系円滑化蓄電システム技術開発】

2008年度は、特許出願24件、講演発表69件、論文発表18件実施しました。

また、イットリウム系超電導電力機器技術開発においては、特許出願5件(「ダブルパンケーキコイル」(中部電力)、「薄膜超電導線材の製造方法および薄膜超電導線材」(ISTEC、住友電工)等があります。)論文発表27件(ISS2008にて、菅野(京都大学助教)が発表した「Reversible strain effect on critical current at various temperatures in YBCO coated conductors」、PHYSICA C vol.468に和泉(ISTEC)等が発表した「Research and development of reel-to-reel TFA-MOD process for coated conductors」等があります。)実施しました。

(3) 今後の課題と計画

課題の概要

【イットリウム系超電導電力機器技術開発】

コンパクトで低コストな超電導電力機器の早期実用化を図るために、線材を低コストで特性向上を実現するとともに、各電力機器に適した線材を高い歩留りで製造する技術を開発する必要があります。また、磁場中での特性改善を図った線材について、線材特性を最大限に生かしたコイル構造、コイルシステムの検討とその検証試験を行う必要があります。

今後の計画

【系統連系円滑化蓄電システム技術開発】

実用化技術開発

システム保守管理技術の開発、電池セル量産化技術の開発、大型蓄電システムの作製

要素技術開発

高性能、低コスト電池の仕様決定、電池モジュールの作製、安全性能の確認、寿命性能の確認

次世代技術開発

セルでの性能検証

共通基盤研究

寿命推定方法の開発、評価試験方法の改良

【カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト】

2009年度は1,000F級デバイス作製に向けた大型SWCNT電極作製及びキャパシタセルを作製します。そして、2008年度より開始した汎用CNTを用いた技術を基に、SWCNTを用いた大型電極作製検討を開始します。また最終目標を踏まえたSWCNTキャパシタの寿命評価法の技術開発を行います。

【イットリウム系超電導電力機器技術開発】

SMES の技術開発においては、2010 年度までに 2GJ 級 SMES の開発を見通す高磁界かつコンパクトなコイル設計技術の開発並びにメンテナンスを容易とするコイルの伝導冷却技術開発を行い、2012 年度までに SMES 対応線材の安定作製技術開発及び 2MJ 級モデルコイルシステムを用いた SMES の動作試験を行い、高磁界コンパクト SMES の実用化に目途をつける予定です。

電力機器用線材開発においては、2010 年度までに電力機器応用の長期信頼性試験等を実施する実用化技術開発の際に必要な性能及び製造速度等を満足させるイットリウム系超電導線材作製技術を開発し、2012 年度までに、その安定製造技術開発を実施するとともに 2020 年頃を想定した電力機器の普及・導入の際のコストを含めた必要条件に耐え得る線材の作製技術を開発する予定です。

戦略重点科学技術

クリーン・高効率で世界をリードする石炭ガス化技術

経済産業省

1. 選定理由

石炭は、他の化石燃料に比べ単位熱量当たりの二酸化炭素排出量が多いことなど環境面の制約要因があるが、可採埋蔵量が大きく輸入価格が低位安定しており供給安定性に優れています。世界的にエネルギー需要の増大が進む中、石炭のクリーンで高効率な利用を促進することが望まれているところです。石炭を幅広い用途でクリーンに利用するためには、低コストで石炭をガス化する技術が必要です。石炭から製造される水素や一酸化炭素を主要成分とする合成ガスは、高効率なガスタービン発電に直接利用できるほか、化学原料の製造にも利用でき、液体燃料化することにより自動車用等の燃料にも利用可能であるなど、極めて汎用性が高いものです。したがって、石炭から効率的かつ経済的に合成ガスを製造する石炭ガス化技術について研究開発を行うこととしています。

施策目標体系

個別政策目標	国民が必要とする燃料や電気を安定的かつ効率的に供給する。	
成果目標	【経済産業省】 石炭ガス化による効率向上に資する技術、石炭からの水素ガス製造技術等、クリーン・コール・テクノロジーの開発等を行い、環境適合的な石炭利用の拡大を図ることによって、エネルギー安定供給の確保、環境問題への対応（CO ₂ 、NO _x 、PM排出量の削減等）を図る。	
	2010年までの研究開発目標	<ul style="list-style-type: none"> ・2009年度までに、多目的石炭ガス製造技術開発については、適用炭種拡大に向けた試験を実施するとともに、酸素吹き石炭ガス化炉から生成される石炭ガスからのCO₂分離・回収システムを確立する（適用炭種：3炭種以上、回収CO₂純度99%以上）。 ・2008年度までに、石炭部分水素化熱分解技術開発については、20t/dパイロットプラントで石炭部分水素化熱分解技術を確立する。 ・2009年度までに、石炭ガス化複合発電（IGCC）については、実証機において送電端効率40.5%（商用機46～48%相当、数値は全て（HHV）高位発熱量ベース）を達成する技術を確立する。

平成20年度対象プロジェクト一覧

噴流床石炭ガス化複合発電	経済産業省	1999～2009	2,067(百万円)	既存の石炭火力発電に比べ、飛躍的な熱効率の向上が可能な石炭ガス化複合発電技術の実現に向けた実証試験を実施する。
多目的石炭ガス製造技術開発	経済産業省	2007～2009	2,318(百万円)	2008年度はガス化炉改造、CO ₂ 分離・回収施設の据付工事を行い、その後、ガス化炉改造効果及び基本特性、CO ₂ 回収性能等の取得に向けた炭種拡大試験、CO ₂ 分離回収試験を実施する。
石炭部分水素化熱分解技術	経済産業省	2003～2008	430(百万円)	従来の石炭ガス化反応と熱分解反応を組み合わせ、軽質オイルを併産しつつ高効率で合成ガスを得る。2008年度は新規炭種試験による目標エネルギー効率の達成や長期連続運転等、プロセスの検証と安定性確認を実施する。

2. 施策の総合フレームワーク(PLAN)

(1) 国内外の情勢

石炭は他の化石燃料と比べ、燃焼過程におけるCO₂排出量が多いことや、固体としてのハンドリングのしづらさによるデメリット、石炭灰の発生等の課題を有するため、これらを克服した環境に調和した利用を行うことが求められています。そのため、環境負荷の一層の低減を目指した高効率燃焼技術や燃料転換技術等、石炭のクリーンな利用技術（クリーン・コール・テクノロジー：CCT）の研究開発が必要です。

このうち噴流床石炭ガス化複合発電技術については、飛躍的な熱効率の向上が可能な石炭ガス化複合発電技術の開発のなかで、実証試験段階に先駆けて到達するなど当該技術の開発プロジェクトが大幅に先行しています。さらに、我が国はこの技術に関し他国に比べ大幅に先行しており、欧米でも石炭ガス化複合発電技術の実証試験等を行っています。我が国のような熱効率の向上は図られていません。

また、欧州では、2010年代前半を運転開始のターゲットとして、500～1,000MW級の石炭ガス化複

合発電に炭素回収・貯留（CCS）を組み合わせたシステム等が計画されており、これらは「2020 年前後に相応の経済性を有する商業機を普及させる」との EU ロードマップの一環として位置付けられています。加えて、米国の FutureGen プロジェクトやインドネシアにおける天然ガスから石炭への原燃料転換奨励令など、海外においても温暖化対策やエネルギーセキュリティに資する石炭のクリーンな利用に関する関心は高くなっています。

(2) 具体的な目標と研究開発スケジュール

石炭部分水素化熱分解技術開発については、2007 年度までに本パイロットプラントを用いた運転標準炭による運転研究で事業目標を達成し、2008 年度までに 20t/d パイロットプラントで石炭部分水素化熱分解技術を確立します。

また、多目的石炭ガス製造技術開発については、2009 年度までに適用炭種拡大に向けた試験を実施するとともに、酸素吹き石炭ガス化炉から生成される石炭ガスからの CO₂ 分離・回収システムを確立します（適用炭種：3 炭種以上、回収 CO₂ 純度 99% 以上）。

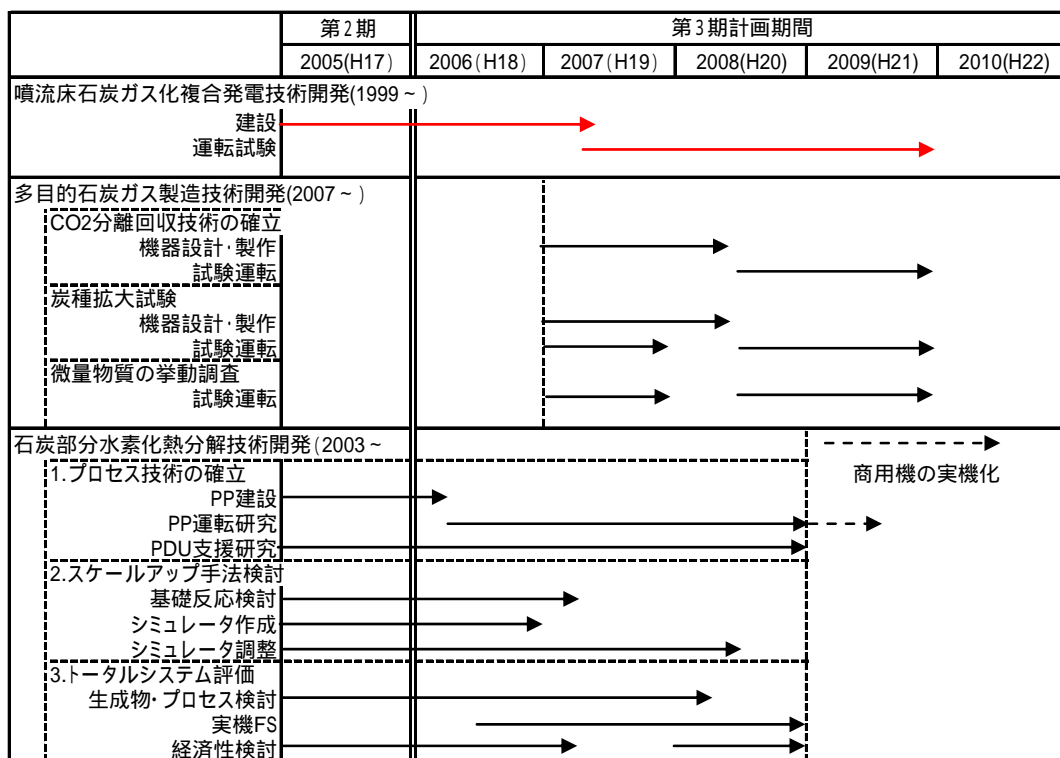


図 戦略重点科学技術(石炭ガス化技術)の開発スケジュール

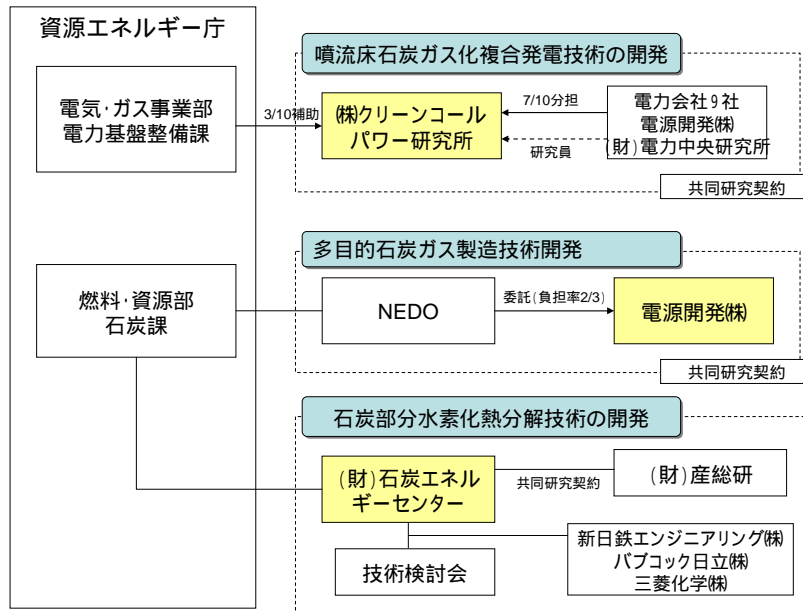


図 戦略重点科学技術の開発推進体制

なお、戦略重点科学技術の対象となっているプロジェクトについては、それぞれ次の委員会等でプロジェクトの目標設定やスケジュールの設定等を実施しています。

噴流床石炭ガス化複合発電技術開発	有識者等からなる技術評価委員会
多目的石炭ガス製造技術開発	有識者等からなる EAGLE 技術検討会
石炭部分水素化熱分解技術開発	JCOAL ¹ 内の有識者等からなる技術検討委員会

(3) 技術ロードマップ

エネルギー技術戦略検討委員会等において原案を作成し、産業構造審議会産業技術分科会研究開発小委員会にて審議され、技術ロードマップを策定・決定しました。このロードマップは資源エネルギー庁のホームページ²で公開されています。



図 石炭ガス化に関する技術ロードマップ

3. 事務・事業のマネジメント(Do)

事務・事業の統合化の活動

(1) 国内外の情報の収集活動

¹ JCOAL: 財団法人石炭エネルギーセンター

² 資源エネルギー庁 (<http://www.enecho.meti.go.jp/policy/energy-technology/fuel.pdf>)

多目的石炭ガス製造技術開発については、NEDO 海外事務所（ワシントン、パリ）において逐次海外動向をウォッチしており、ガス化に限らずエネルギー、環境等広く定期的に海外レポートとしてホームページにて情報化されています。また、登録者には、デイリーNEDO レポートとして情報発信されています。

プロジェクトの実施

(2) 既存の研究開発事業

噴流床石炭ガス化複合発電技術開発については、2007年9月に石炭ガス化複合発電実証設備の建設を完了しました。その後実証実験に移り、2008年6月から9月にかけて2,000時間の連続運転を実施しました。

燃料電池用石炭ガス製造技術開発については、酸素吹き石炭ガス化技術は発電用燃料以外に化学原料、水素製造等幅広い用途への適応が可能であることから、2007年度以降は「多目的石炭ガス製造技術開発」とし、あわせて新たに高灰融点炭ガス化に向けた炭種拡大、ゼロエミッション化に向けたCO₂分離・回収等の研究に着手し、追加・改造設備の設計製作据付等を行い、2008年度下半期より運転研究を開始しました。

石炭部分水素化熱分解技術開発については、2008年度に、パイロット試験設備による新規炭種（低炭化度炭）を用いた運転研究を実施し、更なるエネルギー効率の向上（79%）による実機規模での世界最高効率達成に目処を得、900時間超の長期連続運転によるプロセス安定性の確認等を実施しました。

横断的な活動

(3) 研究者・技術者との対話

現場サイドにおける開発環境等を把握するため、年に1～2回程度、担当者が現場調査を実施し、開発現場の担当者等と対話、意見交換等を行っています。

(4) 研究者・技術者等への情報発信

多目的石炭ガス製造技術開発の状況等について、2008年9月4日の2008クリーンコールデー国際会議、2008年10月10日に開催された第45回石炭科学会議での発表等を実施しました。

また、石炭部分水素化熱分解技術開発の状況等について、2008年8月に九州大学が実施している石炭等化石資源中核人材育成事業の実習授業としてプラントの見学とプロセス紹介・技術協議等を実施しました。

(5) 国民への情報発信

多目的石炭ガス製造技術開発については、NEDOのホームページで公開しており、パンフレットをダウンロードできるようにしています。また、実施者主催による施設開放を年1回行っており、地元及び近郊の市民を対象にプラント見学の受け入れを実施しています。

石炭部分水素化熱分解技術開発については、JCOAL や新日鉄エンジニアリング(株)のホームページで公開している他、九州経済産業局刊行の「クール九州プロジェクト」や北九州市刊行の「環境首都レポート」へのプロジェクト掲載、鉄鋼新聞や「Engineering Business」誌、「月刊エネルギー」誌等への掲載による情報発信を実施しています。

(6) 国際協力の推進

石炭部分水素化熱分解技術開発については、産炭国（インドネシア、豪州等）の政府機関や関連企業における石炭ガス化技術導入ニーズの調査等を実施しています。

評価・改善の取組

(7) プロジェクト評価(中間・事後評価等)の実施

石炭ガス化に関わるプロジェクトの評価スケジュールについては、以下のとおりです。

	直近実施した評価	次の評価時期
噴流床石炭ガス化複合発電技術開発	2007 年度(中間評価)	2010 年度(事後評価)
多目的石炭ガス製造技術開発	2007 年度(中間評価)	2010 年度(事後評価)
石炭部分水素化熱分解技術開発	2005 年度(中間評価)	2009 年度(事後評価)

多目的石炭ガス製造技術開発については、2008 年 3 月 27 日開催の NEDO 第 17 回研究評価委員会において、中間評価を実施し、優良の判定を得ています。

4. 総合的な結果・成果(パフォーマンス)や今後の課題・計画(See)

(1) 活動の総括

噴流床石炭ガス化複合発電技術開発については、商用化に向け順調に実証実験を実施しております。

多目的石炭ガス製造技術開発については、2006 年度までに酸素吹き石炭ガス化技術に関する基本性能等の目標を達成し、2007 年度以降は CO₂ 分離回収試験等に向けた確認試験、追加・改造設備の製作・据付を行い、2008 年度試験運転を開始し、目標 CO₂ 回収純度 99%以上の目処を得ています。

石炭部分水素化熱分解技術開発については、これまで 13 回の運転研究を実施し、運転標準炭や新規炭種を用いたプロセスの確証と技術目標の達成、900 時間超の長期連続運転によるプロセス安定性の確認など、当初より設定された開発目標は達成できています。特に重要な目標であるエネルギー効率は、目標であった 78%を達成し、1000t/d 以上の実機におけるエネルギー効率 85%を達成する目処がつき、次ステップである実証機へのステップアップ段階に到達しました。

(2) 知の産出と表彰等の評価

当該技術の研究開発に関し、2008 年度は論文 14 件、特許出願 7 件(海外申請含む。)ありました。内訳は、噴流床石炭ガス化複合発電技術開発について論文 6 件(累積 26 件)、学会発表 12 件(累積 52 件)、特許出願 2 件(累積 10 件)、多目的石炭ガス製造技術開発について論文 8 件(累積 61 件)、特許出願 4 件(累計 32 件)、石炭部分水素化熱分解技術開発について特許出願 1 件(累計 5 件)です。

その他、噴流床石炭ガス化複合発電技術開発について、読売新聞をはじめ各紙、専門誌等で 2008 年 4 月から 21 年 3 月にかけて総計 16 回紹介されています。2008 年 10 月には、「(社)日本機械学会動力エネルギーシステム部門 社会業績賞」を受賞しました。また、多目的石炭ガス製造技術開発について、電気新聞をはじめ各紙、専門誌等で 2008 年 4 月から 2009 年 3 月にかけて総計 14 回紹介されています。

[2008 年度に紹介された主な記事]

- ・2008 年 9 月 25 日「商用化への挑戦 石炭ガス化複合発電の取り組み」と題し、実証機の試験状況を紹介(福島民報)
- ・2008 年 10 月 7 日「新石炭発電 商用化めど 長時間運転に成功 いわきの研究所」と題し、2000 時間の長時間運転を紹介(読売新聞他 8 件)
- ・2008 年 11 月 7 日「CO₂ 分離回収、J パワーが試験開始」と題し、EAGLE における CO₂ 分離回収試験の試験開始について紹介されました。(日刊工業新聞)
- ・2009 年 1 月 27 日「火力発電 カギのカギ 石炭ガス化複合発電技術」と題し、実証機プロジェクトの概要を紹介(電気新聞)

- ・ 2009年2月27日「クリーンコール 石炭火力の発電効率向上進む」と題し、EAGLEを含めた高効率技術の取組みが紹介されました。(日本経済新聞)
- ・ 2009年3月25日「第38回日本産業技術大賞 内閣総理大臣賞 IGCC(石炭ガス化複合発電) 実証機夏場の連続運転に成功 先行する欧米に肩並ぶ」と題し、夏場の連続運転を行い IGCCの信頼性に目処をつけたことを紹介 (日刊工業新聞)

(3) 今後の課題と計画

課題の概要

多目的石炭ガス製造技術開発の今後の課題は、石炭ガス化炉で生成される石炭ガスからの CO₂ 分離回収技術の確立、幅広い石炭への炭種拡大などです。

石炭部分水素化技術の今後の課題は、事業化に向けた取得してきた技術の集積や PP で構築したシミュレータ等を用いたスケールアップ技術の確証、事業化検討の推進などです。

今後の計画

噴流床石炭ガス化複合発電技術開発については、2008年度に、2,000時間の連続運転実験を実施しました。2009年度には計画どおり5,000時間の耐久運転試験等の実証試験を開始する予定です。

多目的石炭ガス製造技術開発については、2008年度までに開始した CO₂ の分離・回収試験及び高灰融点炭を利用した多炭種対応試験を2009年度までに行い、各種検討・評価を実施する予定です。

石炭部分水素化熱分解技術開発については、2008年度に開発目標の達成をもって国庫事業を完了し、2009年度は自己資金により次ステップである実証・実用化へ向けた検討を実施する予定です。

戦略重点科学技術

安全性・経済性に優れ世界に普及する次世代軽水炉の実用化技術

経済産業省

1. 選定理由

世界では、石油などの化石燃料を巡って資源獲得競争が繰り広げられており、また地球環境問題は今後ますます深刻化が予想されています。こうした問題を同時に解決するためには、今後とも原子力発電の推進が不可欠です。国内では、今後20年程度は原子力発電の新規建設は多くは望めませんが、2030年前後になると多数の代替炉需要が見込まれています。こうした代替需要に備え、高い安全性、経済性等を有する次世代軽水炉の開発が必要です。近年世界的には、原子力利用拡大の気運が高まり、海外市場で通用する競争力の高い国産新型軽水炉の開発が必要になってきました。このため、2030年前後から始まる国内の代替炉建設需要をにらみ、メーカー主導で世界市場も視野に入れつつ、官民一体となって、世界最高水準の安全性、経済性等を備えた次世代軽水炉技術の研究開発を行う必要があります。

施策目標体系

個別政策目標	世代を超えて安全に原子力エネルギーを利用する。	
成果目標	【経済産業省】 我が国のエネルギーの安定供給及び地球環境問題への対応の観点から、2030年以降も、原子力発電を基幹電源と位置づけ、現在と同じ発電電力量の3～4割程度もしくはそれ以上を担うことを目標とする。	
	2010年までの研究開発目標	2007年度までに、高い経済性・安全性等を備え、世界市場にも通用する次世代炉技術を選定し、開発のための中長期的研究開発戦略を策定する。

平成20年度対象プロジェクト一覧

次世代軽水炉等技術開発費補助事業	経済産業省	2008～2010	1,250(百万円)	今後、国内における原子力発電所の新規建設需要は当面低迷する一方、2030年頃からは大規模な代替炉建設需要が見込まれており、我が国原子力産業の技術・人材を維持・向上していくことが喫緊の課題となっている。他方、世界的な原子力回帰や国際協調が進む中、米国、中国をはじめとする海外市場はさらに拡大する方向である。このような状況を踏まえ、国内の代替炉建設需要に対応でき、世界標準を獲得し得る高い安全性と経済性、信頼性等を有する次世代軽水炉の技術開発を行う。
------------------	-------	-----------	------------	---

2. 施策の総合フレームワーク(PLAN)

(1) 国内外の情勢

今後20～30年にわたり、国内における原子力発電所の新規建設は低迷する見込みです。また、プラントメーカーの売上高も急激に落ち込んでおり、原子力関係の研究費や技術者数も減少してきています。一方で、2030年前後からは、現在稼働中の原子力発電所の大規模な代替建設需要が発生する見込みであり、それまでの間、原子力分野の技術・産業・人材の厚みを維持・発展できるかどうかという深刻な課題に現在直面しています。

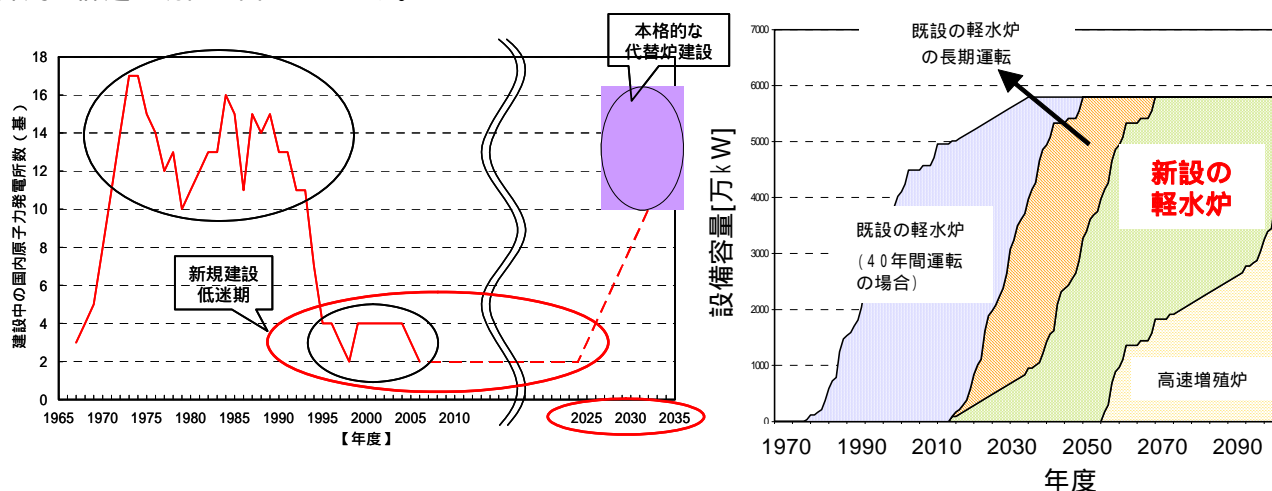


図 建設中の国内商業用原子炉基数の推移と商業用炉の中長期的な方向性(出典:資源エネルギー庁調べ)

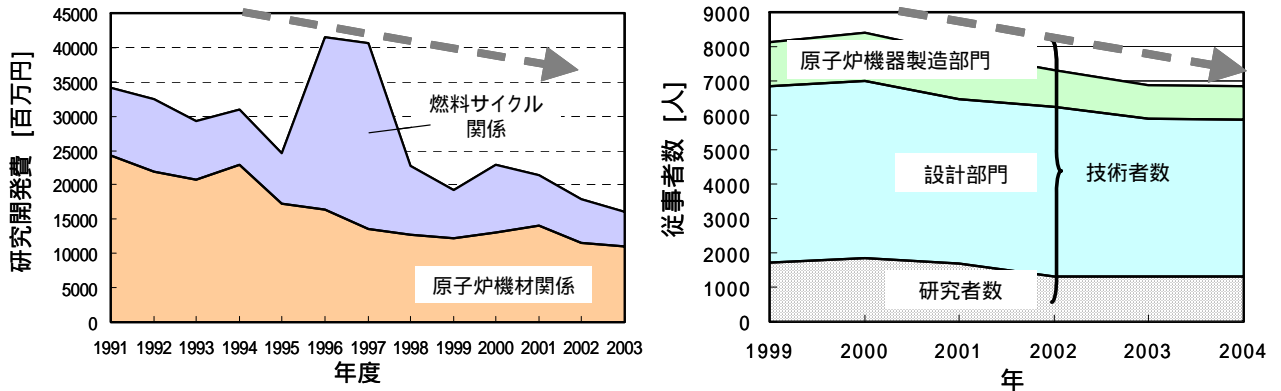


図 メーカーの研究開発費の推移と原子炉の設計・製造等に関わる技術者の推移¹

これまで我が国では、少ないながらも新規建設が継続されてきたため、我が国メーカーは設計、製造、建設技術面で圧倒的な優位性を有しており、また、これを支えるコア部品では強い裾野産業を有しています。このため、米国メーカーにおける新型炉開発においても、我が国メーカーは重要なパートナーとなっています。

他方で、これまで国内市場への対応が中心であったため、海外市場への対応は遅れており、また我が国独自開発の炉の国際的な認知度は低く、このため日本全体としての原子力発電機器に関するブランド力は高くありません。また、これまで国内電気事業者各社の個別の要請に応じ、サイトごとにカスタマイズされた原子力発電所を設計・建設してきたことから、欧米では一般的となっている炉型の標準化は進んでいません。

さらに、国内における原子炉の新規建設は当面低迷する一方で、米国、中国等の海外市場は拡大する見込みです。電気事業者としては、需要の伸び悩みにより、原子炉の国内新規建設が当面低迷することや、電力自由化によるコスト圧縮努力の拡大により、研究開発費を大幅に圧縮せざるを得ない状況となっており、以前のように原子炉開発を主導することが困難な状況となっています。

米国	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力発電所の新規建設支援措置を含む「原子力2010プログラム」及び2005年エネルギー政策法等により、原子力発電所新設に向けた取組を官民一体で推進。 ・1970年代以降約30年間、原子力発電所の新規建設はなかったが、現在、30基以上の新規原発建設が計画されている。
中国	<ul style="list-style-type: none"> ・2020年までに、現在の原子力発電容量約800万kW(10基)から約4000万kWにまで引き上げる予定。なお、建設中の原子力発電所は5基、約430万kW。
インドネシア	<ul style="list-style-type: none"> ・2015年～16年に初号機の運転を開始し、2025年までに計4基の原子力発電所を建設する計画。
ベトナム	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力発電導入可能性の予備的調査の結果、2017～2020年の間に、設備容量200～400万kWの原子力発電所を建設することが示された。現在、この調査の承認手続き中。

表 海外の原子力発電所新規建設への取組(例)

¹ 出典:原子力産業会議 2003年度原子力産業実態調査報告

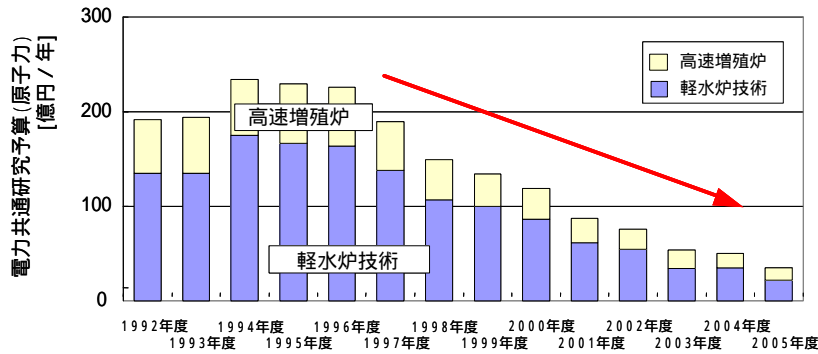


図 電力共通研究予算

1979年のスリーマイル島事故や1986年のチェルノブイリ事故以降、長期間にわたり世界的に新規建設が低迷してきました。しかし、近年の化石燃料の需給逼迫の顕在化や、地球温暖化対応の必要性の高まりを背景として、欧米各国での原子力発電の見直しやリプレース計画の現実化、あるいは途上国での原子力発電の新規導入といった動きが加速してきています。こうした情勢を背景として、世界の原子力発電所の新規建設需要は、今後さらに拡大の方向にあります。

一方で、欧米メーカーにおいては、長期間にわたった需要低迷期において、総合産業である原子力産業として必要な企業規模を維持していくために、メーカー間で国境を越えた再編・集約化が進行しました。この結果、海外の原子力産業は寡占化しています。

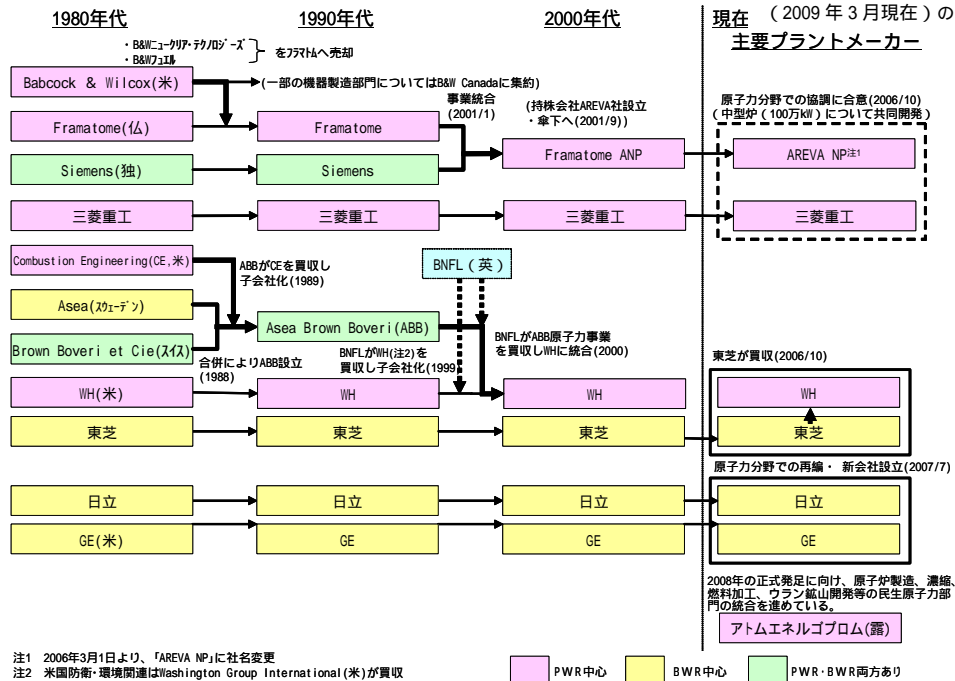


図 世界の主要原子力発電プラントメーカーの変遷

こうした状況の中で、主要メーカーとして生き残った GE 日立ニュークリア・エナジー（米国）、WH（米国）、AREVA（フランス）は、それぞれ ESBWR、AP1000、EPR（欧州加圧水型原子炉）といった新型軽水炉を開発し、これを武器として世界中に売り込み合戦を展開しています。また、韓国や中国では、海外から導入した技術をもとに、国産炉の開発を進めているところです。

(2) 戦略重点科学技術を推進する体制



次世代軽水炉の開発にあたっては、国、電気事業者、メーカー及び学識経験者等から構成される次世代軽水炉等技術開発推進委員会（以下推進委員会）並びにその下部組織である次世代軽水炉等技術開発連絡調整会議（以下連絡調整会議）を設置して検討を実施しています。

具体的なプラント概念や、開発スケジュール、開発成果等について、エネルギー総合工学研究所が事務局となった連絡調整会議にて検討しています。その検討結果を、上位機関である推進委員会において審議し、次世代軽水炉開発に向けたコンセプト等の最終的な決定を図ることとしています。

また、研究開発を効果的かつ効率的に実施するため、学識経験者、学協会及び安全当局を含む国等から構成される次世代軽水炉等技術開発評価委員会を設置し、中核機関が実施する研究開発活動に対する第三者評価を行い、研究開発活動に的確に反映させることとしています。

(3) 具体的な目標と研究開発スケジュール

2030年以降も原子力発電を我が国の基幹電源として利用していくため、国内の既設炉の大規模な代替建設需要や海外市場の動向を踏まえつつ、国、電気事業者、メーカーが一体となって、世界標準を獲得し得る次世代軽水炉の技術開発のための検討を行っています。

中長期的なスケジュールとしては、2006,2007年度に実施したフィージビリティスタディ（FS）における、プラント概念や、開発体制、開発スケジュール等の検討結果を踏まえ、2008年度から本格開発段階（8年間程度）に移行しています。

次世代軽水炉を実現するコアコンセプトとして、

世界初の濃縮度5%超燃料を用いた原子炉系の開発による、使用済燃料の大幅削減と世界最高の稼働率実現

免震技術の採用による、立地条件によらない標準化プラントの実現

プラント寿命80年とメンテナンス時の被ばく低減を目指した新材料開発と水化学技術の融合

斬新な建設技術の採用による、建設工期の大幅短縮

パッシブ系、アクティブ系の最適組合せによる、世界最高水準の安全性・経済性の同時実現

稼働率と安全性を同時に向上させる、世界最先端のプラントデジタル化技術

を設定し、開発を進めています。

2008,2009年の2年間で、次世代軽水炉の概念設計検討を進めるとともに、上記6つのコアコンセプトに係る開発課題を解決する要素技術開発を行い、2010年度にその成果、進捗状況等を多面的かつ

総合的に評価し、それ以降の全体開発計画への反映・見直しを実施します。

(4) 技術ロードマップ

次世代軽水炉等技術開発は、技術戦略マップ 2008¹ のエネルギー分野において、原子力利用の推進とその大前提となる安全性の確保に寄与する技術のうち、「原子炉・核燃料サイクル」に位置付けられています。

このロードマップの策定や管理については、経済産業省では NEDO 等の協力の下、技術戦略マップの改訂作業を行っています。検討にあたっては、省外の有識者を招いたタスクフォース・ワーキングの場で議論し、取りまとめ結果について産業構造審議会産業技術分科会研究開発小委員会で審議しています。

	2010	2015	2020	2025	2030～
軽水炉	軽水炉発電所リプレース需要				
次世代軽水炉	基本設計・安全審査・建設・次世代軽水炉初号機運転				
	フュージビリティスタディ 概念設計・要素技術開発				

図 次世代軽水炉のロードマップ

3. 事務・事業のマネジメント(Do)

事務・事業の統合化の活動

(1) 施策マネジメントの活動

政策レベルでの検討として、総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会²にて、当該技術の開発の骨幹となる原子力立国計画がとりまとめられています。

また、次世代軽水炉等技術開発評価委員会においては、委員の他にオブザーバーとして、安全当局学協会等からも参加して頂き、連携を図っています。

当該技術の開発事業は、経済産業省の施策の1つである研究開発プログラム「イノベーションプログラム³の原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保」に位置づけられており、総合的に推進する仕組みを整えています。

個別プロジェクト等の実施

(2) 新たに着手した事業

2008年度に次世代軽水炉軽水炉の本格開発に着手しました。次世代軽水炉の概念検討を実施するとともに、次世代軽水炉の実現に必要な燃料、免震、材料、水化学、建設、安全系、プラントデジタル化に関わる新技術開発を実施しています。2008年度は、各開発テーマにおいて、設計検討、要素試験、予備解析等を実施し、2010年に実施する技術の成立性や実現見通しの評価に資するためのデータを取得しました。

¹ 経済産業省では、様々な分野の技術戦略マップを公開しています。技術戦略マップ 2008(平成 20 年 4 月) 2-6 エネルギー分野
他 http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2008.html

² 資源エネルギー庁: <http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/commit11.htm#nuc>

³ 経済産業省では、平成 20 年度から「イノベーションプログラム制度」を創設・実施。「イノベーションプログラム」とは、政策目標を定め、これを達成するために必要な研究開発と、成果の市場化に必要な関連施策(規制改革、標準化等)を一体にした総合施策パッケージを指す。経済産業省の研究開発はこの研究開発プログラムによって、政策目標を明確に位置付け、効果的・効率的な研究開発施策を遂行している。

(3) 関連プロジェクトの取組

提案公募方式により、原子力分野において、革新的、実用的な技術を発掘し、原子力発電及び核燃料サイクルの安全性・経済性を向上させるための技術開発に関する補助事業を2000年度から実施しています。本事業のこれまでの成果としては、制度創設以降、延べ67件の優れた研究開発テーマを採択し、補助を行ってきました。既に終了した56件の事業のうち、31件は事業終了後も事業者が独自に研究開発を進めており、有望な技術シーズの発掘に資しております。さらに次世代軽水炉の技術開発事業でも反映されております。

評価・改善の取組

(4) プロジェクト評価(中間・事後評価等)の実施

経済産業省における技術に関するプロジェクト等については、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」を踏まえ、経済産業省技術評価指針を策定するとともに、本技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準を定め、これらに基づき評価を実施しています。具体的には、2010年度に中間評価を実施する予定です。

4. 総合的な結果・成果(パフォーマンス)や今後の課題・計画(See)

(1) 活動の総括

国内の代替炉建設需要に備え、高い安全性・経済性、信頼性等に優れ世界標準を獲得し得る次世代軽水炉の技術開発のための本格開発に着手し、沸騰水型原子炉(BWR)及び加圧水型原子炉(PWR)の各炉型について次世代軽水炉の概念検討及び次世代軽水炉の実現に必要な技術開発を実施しました。

(2) 今後の課題と計画

課題の概要

2030年頃に世界最高水準の安全性と経済性を有し、社会に受け入れられやすく、現場に優しい、国際標準プラントという次世代軽水炉の概念案を策定するとともに、概念を構成する新技術の基本特性把握試験データ等を採取することが課題となっています。

今後の計画

本格開発段階として、2010年度までに、次世代軽水炉の実現に必要な要素技術開発等及びプラント概念の成立性について見通しを得るための概念設計検討や新技術の開発を実施します。