

I. エネルギーミックスの多様な選択肢を確保するための技術の開発

「S+3E」の観点から、エネルギーミックスの多様な選択肢を確保することが重要である。このため、多様な選択肢の確保に向けた技術開発を推進する。

原子力利用における安全確保と電力の長期安定供給、発電設備の高効率化や低コスト化などに向けた技術開発に取り組むとともに、再生可能エネルギーなど地球環境保全に向けた技術開発にも取り組む。

<技術開発の取り組み事例>

1. 原子力利用における安全確保と電力の長期安定供給

エネルギー資源に乏しいわが国において、長期にわたるバランスのとれたエネルギーミックスを実現するため、原子燃料サイクルの推進を含め原子力発電を重要なベースロード電源として活用していく必要がある。

福島第一原子力発電所事故を踏まえた原子力発電の安全確保については、事業者自らが安全性向上に向けた取り組みを不断に継続し、世界最高水準の安全性を追求していく決意のもと、防護レベルを「異常発生防止」（第1層）、「異常拡大防止」（第2層）、「事故の影響緩和」（第3層）、「炉心損傷後の影響緩和」（第4層）、「放射性物質放出後の影響緩和」（第5層）の5つの層に分類して各層で有効な対策を用意する「深層防護」の考え方の徹底を図っている。これらのうち、炉心損傷の防止のための第1層から第3層に対しては、従来から対策を整備してきているが、万が一の炉心損傷の発生および進展を考慮し、第4層として格納容器破損防止、大規模な放射性物質の放出防止対策に取り組むとともに、第5層として放射性物質放出による人的被害防止、環境回復に対する対策に重点を置き、地震、津波などの外部事象まで含めた広範囲の起因事象に対応できる設備および手順や訓練などの充実化に取り組んでいる。

今後とも国内外の最新技術・知見を迅速に取り入れ、原子力発電の安全確保に全力で取り組み、世界最高水準の安全を追求するとともに、福島第一原子力発電所の廃止措置を安全かつ速やかに進めていくことなどをおして、国民の信頼回復と電力の安定供給に努めていく。

また、エネルギー資源の乏しいわが国において電力の長期安定供給という観点から原子

燃料サイクルの確立は、エネルギー資源の有効活用に加え、放射性廃棄物の減容による環境への負荷軽減も図れることから、技術開発に取り組んでいく。

これら原子力利用のための安全確保、資源確保の技術は広範な技術領域の集大成である。その技術開発にあたっては、産官学の役割分担を踏まえた協調が必要であることから、総合資源エネルギー調査会の自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループが取り纏めた「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」も踏まえつつ、国の関係機関や（一財）電力中央研究所などと協調して、以下の技術開発を計画的に進めていく。

（１）原子力発電を支える技術開発

今後とも原子力発電が重要なベースロード電源としての役割を果たすため、世界最高水準の安全性を追求していく決意のもと、安全設計技術、プラント運営技術、原子燃料技術、プラント設計技術の開発を推進する。

① 安全設計技術

既存の原子力発電所に対して、福島第一原子力発電所の事故を踏まえた地震、津波などの外部事象まで含めた広範囲の起因事象を想定して、炉心や格納容器の損傷防止・影響緩和のための電源やポンプなどのシビアアクシデント対策設備および対応手順の整備や訓練の充実化などを進めている。

原子力安全に一義的責任を有する事業者として、自主的かつ継続的に安全性向上に向けた取り組みを推進するため、これら各種対策の効果を確率論的リスク評価（PRA）により確認し、更なる安全性向上対策の検討に活用していく。また、更なる PRA の適用範囲の拡大や精度の向上に向けて技術開発を進めていく。

特に、地震や津波をはじめとする低頻度の外的事象の発生メカニズムを解明し、不確実性の大きいリスクに対する評価の手法を確立することにより、効果的な対策を実行していくことが重要となる。こうした課題は各電気事業者に共通するものであり、かつ高度な専門技術が要求されるため、専門的な立場で、一元的に研究開発や技術集積を進めていくことにより、効果的な取り組みが可能になると考え（一財）電力中央研究所に「原子力リスク研究センター」を設置し、産業界全体として更なるリスク低減に向けた取り組みを推進している。

② プラント運営技術

重要なベースロード電源としての役割を果たすために、安全性向上に不断の努力を傾注するとともに、既設の原子力発電所を有効活用する必要がある。そのため、プラント全供用期間中における運転保守を行うプラントライフマネジメント分野においては、既設の原子力発電所の一層の安全性、信頼性の向上に向け、応力腐食割れの対策に関する研究、電気設備の経年劣化評価研究、検査モニタリング技術や予防保全・補修工法の開発・検証を進めるとともに、福島第一原子力発電所の事故から得られた教訓を反映した、技術開発などを進めていく。

また、軽水炉利用の高度化により運転の多様化に伴う炉内の腐食生成物等の挙動評価や最適な水質管理、線量率低減技術の選定と効果についての技術開発を進めていく。

③ 原子燃料技術

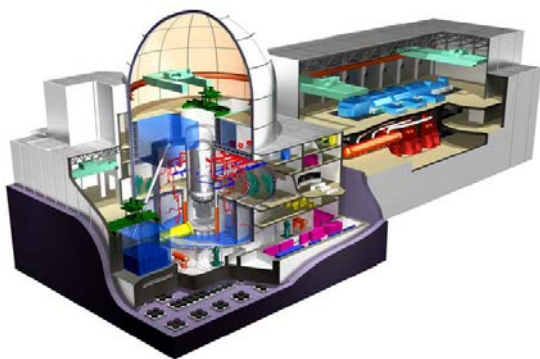
燃料性能の向上によるプラントの高度利用(安全性、信頼性などの一層の向上)を可能とするとともに、環境負荷軽減の観点から使用済燃料発生量の低減を目的として、燃料の高燃焼度化を段階的に進めていく。

また、安全性、信頼性の向上を目的として、燃料及び炉心における挙動を詳細に把握し、解析評価技術の高度化に係る研究を進めるとともに、ウラン資源の有効活用の観点から軽水炉でのプルトニウム利用推進を目的として、MOX 燃料の高燃焼度化に向けた技術開発を進めていく。

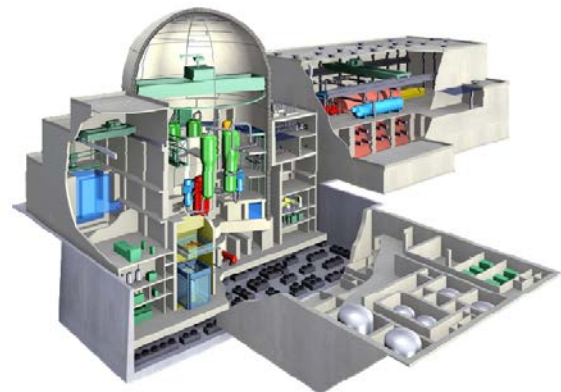
④ プラント設計技術

長期にわたるバランスのとれたエネルギーミックスを実現していくためには、既設炉のリプレースや新增設が必要となる。そのため、地震、津波などの外的事象にも強く、シビアアクシデント対策を強化するなど、安全性を向上させた次世代軽水炉の技術開発を進めていく。

また、シビアアクシデント条件下においてもプラントの重要なパラメータを計測可能とする計装システムの開発など、福島第一原子力発電所の事故の教訓を踏まえた技術開発を進めてきている。



High Performance ABWR



High Performance APWR

(出典：原子力委員会定例会議資料)

(2) 原子燃料サイクルの確立に向けた技術開発

原子力発電の持続的利用という観点から原子燃料サイクルの確立に向けて、ウラン濃縮、再処理および MOX 燃料加工など原子燃料サイクル事業を推進するための技術開発を日本原燃（株）とともに進めていく。

ウラン濃縮技術については、2012 年に生産運転を開始した新型遠心機の安定運転や、使用済み遠心機の処理技術開発を進める。

再処理技術については、ガラス固化技術の更なる高度化を図るとともに、六ヶ所再処理工場の竣工に向け、新規制基準への適合に向けた対応を進めている。また、将来操業が予想される六ヶ所再処理工場に続く再処理工場については、米英の発電炉およびサイクル施設の規制活動で積極的に活用されているリスク情報を導入することにより、定量的なリスク評価に基づく、より合理的な基準の提案に取り組んでいく。

なお、国内 MOX 燃料工場の竣工に向け、製品ペレット製造条件の確認を進めている。

(3) 高速増殖炉サイクルの実用化に向けた技術開発

高速増殖炉サイクルは、電力の長期安定供給という観点から有力な選択肢であり、将来の実用化に向け国が主体となり電気事業者およびメーカーも参画の下、研究開発が進められている。高速増殖炉の実用炉概念発電プラントについては、福島第一原子力発電所の事故

を踏まえシビアアクシデント対策を強化したプラント概念の検討や実用化に必要な要素技術の研究開発等に取り組んできている。

高速増殖炉サイクル技術は、長期的なエネルギー安定供給に加え、放射性廃棄物の減容や潜在的環境影響の低減に貢献できる可能性を有することから、技術開発を進めていく。



ナトリウム冷却高速増殖炉の概念
(出典：日本原子力発電株式会社)

(4) 福島第一原子力発電所を含む廃止措置技術の開発

福島第一原子力発電所の廃炉を、安全の確保を最優先に1日も早く完了させるよう、国内外の叡智を結集し、業界全体として廃止措置技術の開発に取り組んでいく。

福島第一原子力発電所の廃止措置については、国の「原子力災害対策本部」の下に、経済産業大臣をチーム長とする「廃炉・汚染水対策チーム」を設置して、今後実施すべき技術開発やそれらの位置づけを定める中長期ロードマップの策定・進捗管理を行うなど、研究開発体制の強化が図られている。さらに、原子力損害賠償支援機構を原子力損害賠償・廃炉等支援機構へ改組し、廃炉等技術の研究開発に関する企画、調整および管理を実施している。

また、国内外の叡智を結集して廃止措置に関する研究開発に取り組むため、原子力発電

所を所有する電気事業者、メーカー、国（国立研究開発法人）の参画のもと「技術研究組合国際廃炉研究開発機構」を設立し、一元的な研究体制を整備するとともに、国内外の企業・研究機関、専門家の力を最大限に活用して、技術開発を進めていく。

（５）放射性廃棄物の合理的な処理処分の具体化に向けた技術開発

原子力事業に伴い発生するすべての放射性廃棄物が安全かつ合理的に処分できるよう、国際レベルの規格基準などとの整合性を念頭におき、各放射性廃棄物の性状に応じた合理的処分を目指した検討および技術開発を進めていく。

2. 高効率発電技術

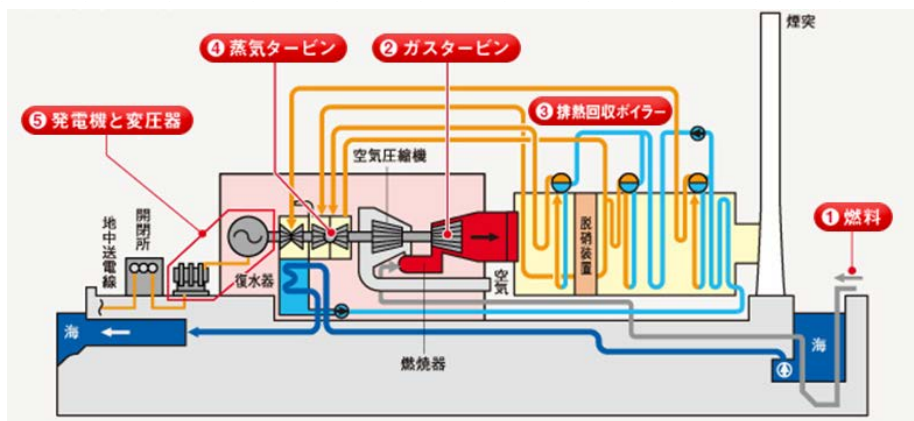
火力発電の熱効率向上による化石燃料利用の更なる高効率化のため、次世代の高効率化技術として期待される高効率 LNG 火力発電や高効率石炭火力発電などに重点を置いて技術開発を推進する。

(1) 高効率 LNG 火力発電

高効率ガスタービン

LNG 火力においては、熱効率の優位性からコンバインドサイクルが主流となっており、ガスタービンの燃焼温度を上昇させることなどで高効率化を図ってきた。これまでに翼部分の冷却技術、材料技術、NO_x 抑制技術を開発するとともに、ガス温度をより高温化した 1,600℃級ガスタービン（コンバインド発電効率 約 60%（発電端、低位発熱量基準））が商用化されている。

さらなる高効率化が期待できる 1,700℃級ガスタービンや高温分空気利用ガスタービン（AHAT）の開発などの将来技術についても、国家プロジェクトを中心に開発を推進する。



コンバインドサイクル発電の概念図

(出典：東京電力フュエル&パワー株式会社)

(2) 高効率石炭火力発電

① 高効率微粉炭火力発電

従来型の石炭火力発電（微粉炭燃焼方式）については、熱効率の向上のため蒸気条件（温度、圧力）の向上を図っており、現在、600℃級の超々臨界圧火力発電（USC）が商用化されている。

さらなる高効率化が期待できる先進超々臨界圧火力発電（A-USC）の開発などの将来技術についても、国家プロジェクトを中心に開発を推進する。

② クリーンコールテクノロジー

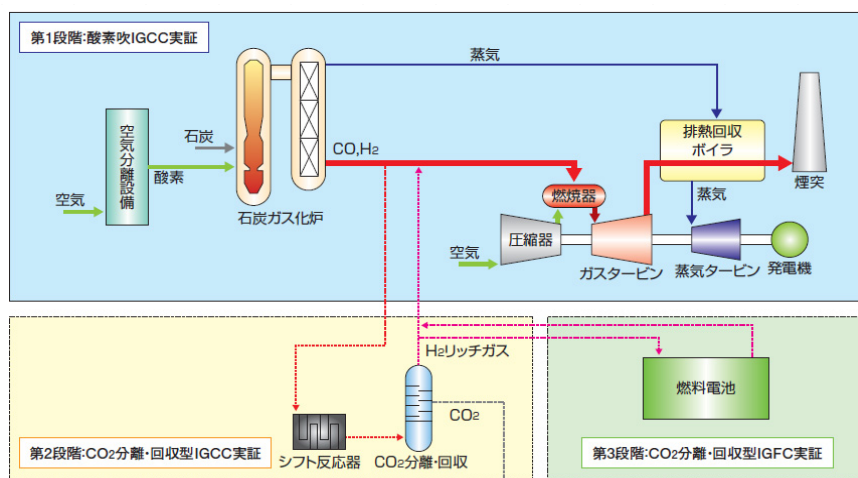
石炭ガス化複合発電(IGCC)・石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)

石炭ガス化複合発電（IGCC）は、石炭をガス化し、ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせて発電する方法で、従来型の石炭火力発電（微粉炭燃焼方式）より高い 48~50%程度（送電端、低位発熱量基準）の発電効率が見込まれることから、2012年度まで電力共同で空気吹き IGCC の技術開発*に取り組み、成果を得た。今後は、これまでの技術開発で得た成果を踏まえ、更なる高効率化などを推進する。

※商用機の 1/2 規模の空気吹き IGCC 実証機（250MW 級）を建設し実証試験を実施。

石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）は、石炭をガス化し、ガスタービン、蒸気タービンおよび燃料電池を組み合わせて発電する方法で、石炭ガス化複合発電(IGCC)より高い 55%（送電端、高位発熱量基準）の発電効率が見込まれる。

EAGLE プロジェクト（電源開発（株） 若松研究所にて実施）における酸素吹ガス化炉や CO₂ 分離回収試験などの開発成果を活用し、大崎クールジェン（株）においては、IGFC を見据えた酸素吹 IGCC 大型実証試験（166MW 級）、CO₂ 分離回収試験、および石炭ガス化ガスの燃料電池への適用試験を進める予定である。



IGFC実証試験設備の概要

(出典：大崎クールジェン株式会社)

(3) 高温形燃料電池

固体酸化物形燃料電池（SOFC）については、燃料電池単体の発電効率が固体高分子形燃料電池（PEFC）を大きく上回ること、石炭ガス化ガスなどの多様な燃料の利用が可能ること、さらにコンバインドサイクルとすれば60%を超える発電効率が期待できることから、将来の高効率電源の一つとして技術開発を推進する。

3. 環境保全技術

(1) 再生可能エネルギーに関する技術

電力各社は、CO₂ 排出抑制に積極的に対応するために、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの設備導入を進めており、今後も引き続き、着実な開発と普及を目指していく。

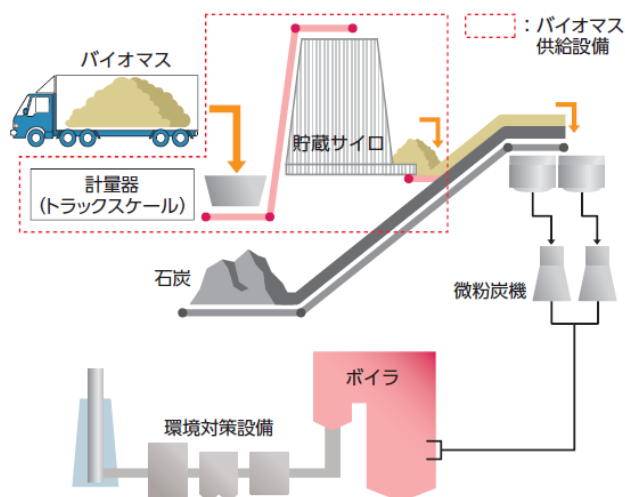
太陽光発電については、MW 級発電所（メガソーラー発電所）の実証研究などを通じて技術開発に取り組み、MW 級発電所の導入が進んでいる。引き続き、関連する技術開発を推進していく。また、洋上風力や地熱発電に関する技術開発の進展や導入状況についても注視していく。



メガソーラー発電所
(出典：関西電力株式会社)

(2) バイオマス発電

再生可能エネルギー活用の一環として、石炭火力発電所において木質バイオマスなどの混焼を実施している。石炭火力への混焼発電における共通知見の把握や、実運用におけるバイオマス種、混焼方法など、個々の設備の特性にあわせて検討していく。

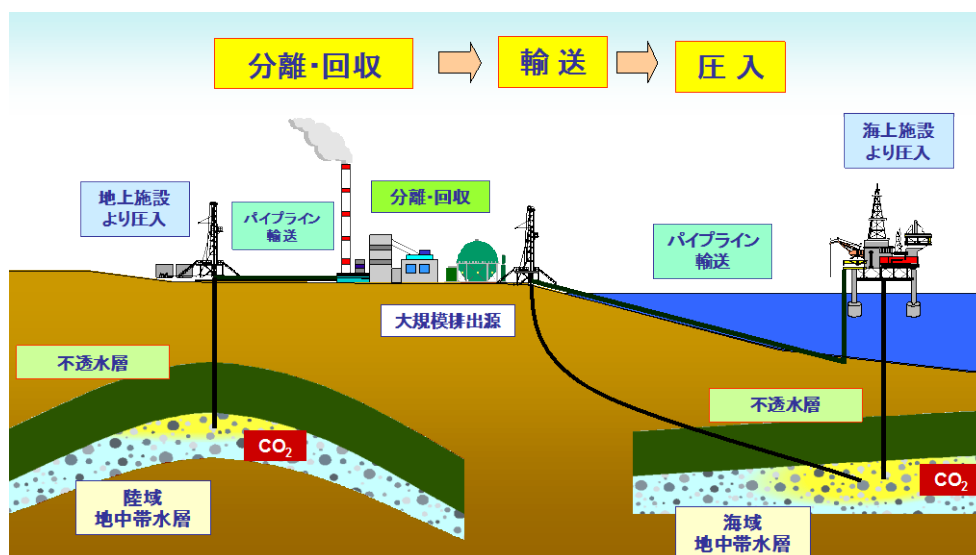


バイオマス発電の仕組み (例)
(出典：中国電力株式会社)

(3) CO₂回収・貯留 (CCS)

CO₂回収・貯留 (CCS) は、国内外において地球温暖化防止対策の有効な革新的技術として位置づけられている。

電力各社はこれまでも、先駆的に火力発電所排ガスからの CO₂分離回収技術について研究開発を行ってきた。今後の CCS の実施に向けては多くの課題も存在する。これら課題の克服、さらには潜在する課題を明らかにするため、国が主導する大規模な実証試験の実施が重要であるとの認識のもと、これに積極的に協力しつつ CCS に関連する技術開発を推進していく。



CCS(CO₂回収・貯留)のイメージ

(出典：公益財団法人 地球環境産業技術研究機構)

4. その他

将来にわたるエネルギー・セキュリティの確保に向けて、未利用エネルギー資源の利用技術や、21世紀のエネルギーとして期待を集めている水素エネルギーに関して、調査・検討を進めていく。