

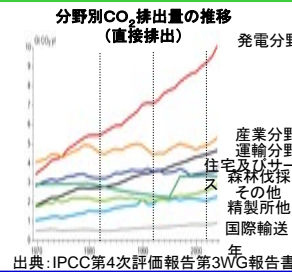
課題毎の原子力の革新的技術開発ロードマップ

平成20年4月2日

地球温暖化対策に貢献する原子力技術

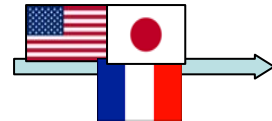
温室効果ガスの排出削減に大きく貢献している原子力技術

- 電力分野は、二酸化炭素排出量(直接排出)の約3割を占め、今後も大きな伸びが予想されている。また、低炭素技術の導入機会も多く、当該分野での削減対策は重要課題。
- 原子力は発電過程で二酸化炭素を排出しない供給技術の中で、水力と並んで、最も供給規模の大きなものの一つであり、供給基盤を担える技術。
- エネルギー安定供給を図りつつ、2050年までに世界の温室効果ガスの排出量を半減するためには、省エネの促進、再生可能エネルギーの最大限の利用と並んで、地球規模での原子力の利用の拡大が不可欠。
- 原子力の利用の拡大のためには、安全性の向上等、利用への不安に応える研究開発や更なる持続性のための研究開発が重要。

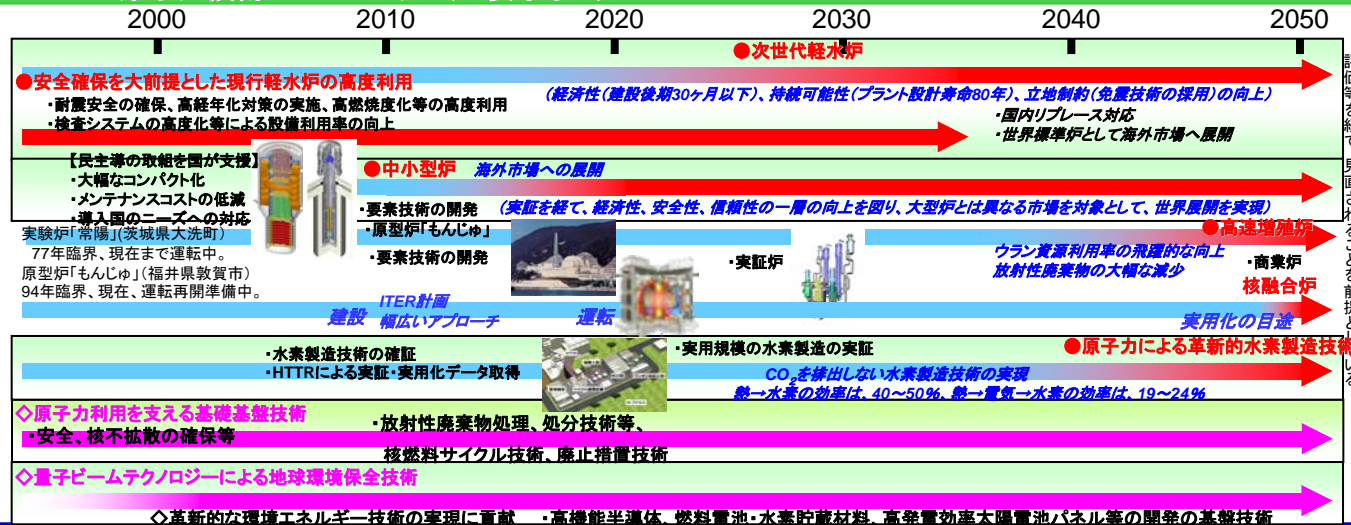


ベンチマーク/技術の意義

- 原子力発電関連技術では、これまで世界的に原子力発電所の建設が停滞していたこともあり、建設能力のある主要なメーカーは、東芝-WH(米)、日立-GE(米)、三菱、アレバ(仏)の4連合の他、アトムプロム(露)に集約。
- 日本は、産業技術力の面でやや先んじているが、米仏露の主要メーカーと比べ、海外市場への対応は遅れており、国際競争力の維持、発展が重要。
- 地球規模でのCO₂排出削減、持続的社会的構築に貢献するためには、短期では既存軽水炉の高度化、次世代軽水炉の開発による経済性等の更なる向上、中期では、高速増殖炉サイクル技術、核融合技術による持続的な安定供給確保や原子力での水素製造技術によるエネルギー供給の多様化等の取組みが求められており、日本の高い技術力を活かした積極的取組が必要。



原子力技術のロードマップ(主要なもの)



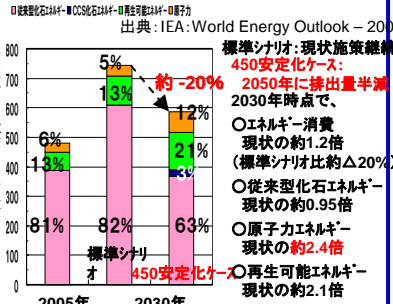
※ロードマップは現時点での見込みであり、その推進は各々の段階での評価等を経て見直されることを前提としている。

原子力技術開発が目指すビジョンと達成する技術

ビジョン	原子力技術開発が目指すビジョン	達成する技術
ビジョン1	既存原子力発電技術が温暖化対策に貢献	既存の軽水炉技術
ビジョン2	改良技術が長期的な温暖化対策に貢献	燃料サイクル技術 安全確保、核不拡散技術 次世代軽水炉技術
ビジョン3	革新的原子力エネルギー技術による貢献	高速増殖炉とその燃料サイクル技術 核融合エネルギーの研究開発
ビジョン4	原子力エネルギー技術が熱源として貢献	原子力による革新的水素製造技術 量子ビームテクノロジーの研究開発
ビジョン5	原子力科学技術が、技術革新に貢献	原子力基礎、基礎研究

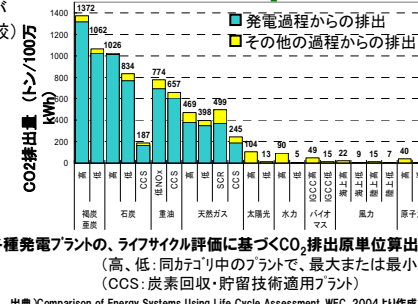
普及シナリオ/必要な措置

- IEAのWorld Energy Outlook 2007では、2030年の原子力エネルギー需要は、現状の約2.4倍になると試算されている(450安定化ケース)。この達成のために、以下の措置・取組が必要。
- エネルギー技術に関する経済性等のライフサイクル評価
- 原子力エネルギーの安全性、信頼性等についての国民との相互理解の促進
- 科学的・合理的な規制の整備
- 他のエネルギー技術分野との連携
- 原子力エネルギー利用が温暖化対策として有効であることのコンセンサスの形成促進、並びに安全、核不拡散、核セキュリティを確保する体制強化
- 我が国の科学インフラの充実のための基礎・基盤研究
- 技術移転に関するネットワーク整備、世代を超えた知的財産管理及び人材育成等に関わる適切な取組



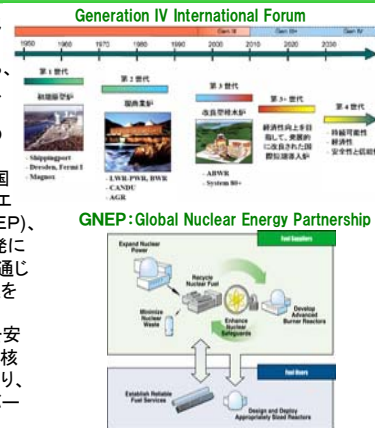
CO₂削減の技術ポテンシャル

- 現在世界に約370GWの発電容量をもつ原子力発電を、火力発電(LNG)で代替した場合と比較して、年間11億トン(世界の排出量の4%)のCO₂排出を削減。これを、国内も含めて、世界の原子力発電所が欧米並みの設備利用率で運転することができれば更に年間8000万トンのCO₂排出削減が可能。加えて、世界で建設中の34基(2780万kW)の原子力発電所が運転開始
- 各電源のCO₂排出特性
- すれば1.2億トンの排出削減が可能。(LNG火力代替との比較)
- またIEAのWorld Energy Outlook 2007では、IPCCの評価における最も低い温室効果ガス安定化レベルある450 ppmの達成のために、原子力発電の電力容量が6560TWhに増加する必要性を示唆。
- これを現実することにより、LNG火力代替との比較で、年間27億トン(2030年の世界の排出量の12%)のCO₂排出削減が可能。



技術の国際展開

- 現在、少なからぬ数の国が、地球温暖化対策の強化およびエネルギー安定供給確保の観点から、原子力発電の規模を増大したり、新たな導入を検討している。
- 我が国としては、原子力産業の国際展開を推進するとともに、第4世代原子力システムに関する国際フォーラム(GIF)、国際原子力エネルギー・パートナーシップ(GNEP)、ITER計画等、原子力の研究開発に係る二国間、多国間の枠組みを通じ研究開発の効果的、効率的推進を図る。
- また、IAEAを中心に、原子力を安定的に利用するための国際的な核燃料供給保証の議論も進んでおり、我が国はこれらに、主要なメンバーとして積極的に参画している。



各論

原子力安全確保技術 —科学的・合理的な安全規制の整備・運用—

温室効果ガス排出削減とエネルギー安定供給を同時解決

- 原子力は大規模で安定なエネルギー供給が可能。しかも発電過程で温暖化ガスを排出しないため、温室効果ガス排出削減とエネルギー安定供給に直接的に役立つ。
- 原子力安全の確保なくして、原子力を安定的かつ持続的なエネルギー供給源として利用することはできない。**
- 規制当局が**科学的・合理的な安全規制を整備・運用**するために「**原子力安全確保技術**」の開発は必須。

原子力安全確保に関する技術的課題

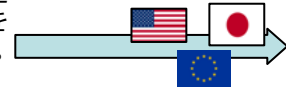
- 現行軽水炉の高度利用・・・中越沖地震を踏まえた耐震安全確保、現行軽水炉の高経年化対応、高燃焼度化

- 次世代軽水炉の研究開発・・・先進安全系、免震技術
- 高速増殖炉(FBR)サイクル技術・・・FBR安全評価技術
- 核燃料サイクル・廃止措置関連技術・・・地層処分安全評価技術

これら□については、次頁以降で記述

ベンチマーク／技術の意義

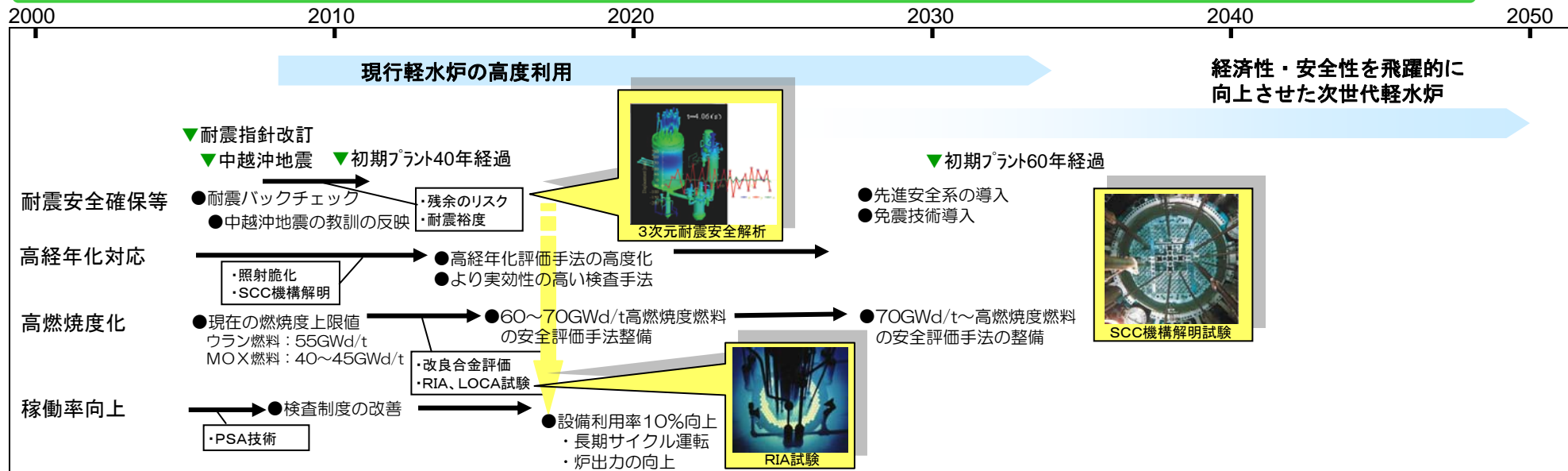
- 原子力安全の高度化は世界共通の課題であり、安全技術や運転経験等に関する知見・教訓を国際的に共有することが重要。



ほぼ同じ

- 我が国の原子力安全研究のレベルは、新設の原子炉建設が停滞していた欧米と同程度か、分野によっては我が国がリード。

技術のロードマップ（「現行軽水炉の高度利用」関係）



普及シナリオ／必要な措置

- 基本的な考え方：国の原子力安全委員会が策定する安全研究計画（**原子力の重点安全研究計画**）に沿って、重点的かつ効率的に研究を推進。
- 産学官の連携・役割分担：研究分野毎に、産学官の専門家が、共有した目標のもとで取り組むべき技術的課題、その課題への対応方法及び役割分担等を明確にして、連携して研究を推進（※）。

（※）産学官の専門家により策定した今後の安全研究課題等に関するロードマップ
燃料高度化技術戦略マップ2007、高経年化対応技術戦略マップ2007

温室効果ガス排出削減ポテンシャル

- 国内の原子力発電所の**設備利用率の10%向上により年間約2500万トンのCO₂削減**。（LNG火力代替との比較）
- 世界で建設中の34基（2780万kW）の原子力発電所が運転開始すれば、**年間約1.2億トンのCO₂排出削減**が可能。（LNG火力代替との比較）

技術の国際展開

- 安全研究分野は、**グローバル化**がかなり進行している分野。
- OECD/NEA（経済協力開発機構／原子力機関）などを通じて、多国間による安全研究国際プロジェクトが進行中。国際的に共通な安全上の課題の解決や研究の効率的推進を図っている。

（例）我が国がリードしている研究分野
軽水炉プラント安全：OECD/ROSAプロジェクト
高経年化：OECD/SCAPプロジェクト

核燃料サイクル関連技術

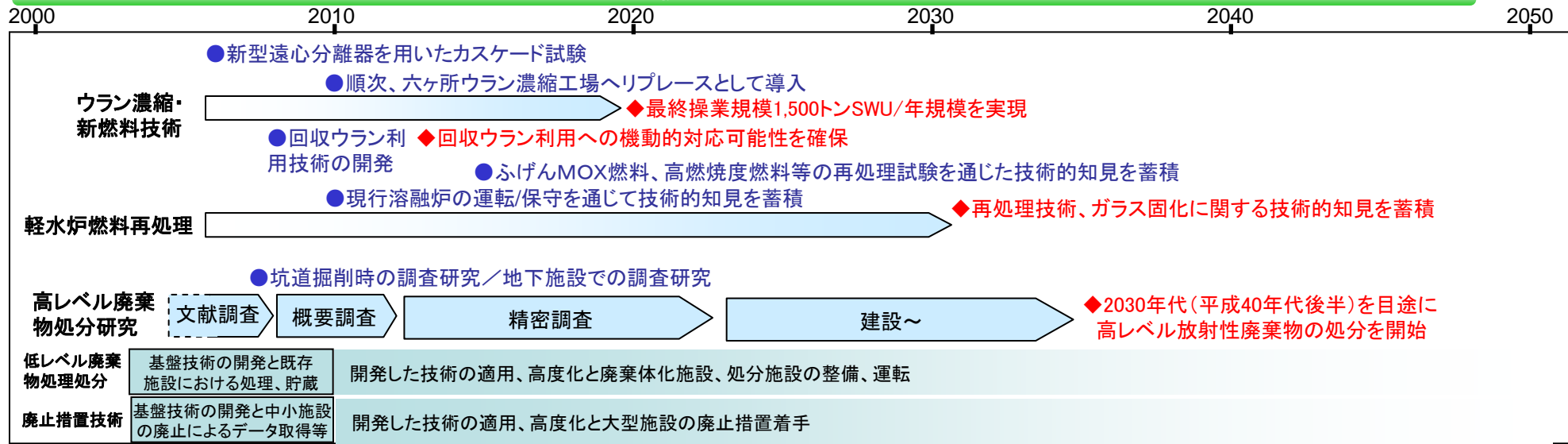
技術の概要

- 核燃料供給に不可欠なウラン濃縮について、常に最新技術を導入し、世界最高水準の性能及び経済性を実現し、相当規模(国内需要の1/3程度)の自給率を達成
- 使用済み燃料を再処理し、プルトニウム、ウラン等を回収し有効利用
- 再処理の過程で発生する高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術は、最終処分を実現していく上で不可欠
- 発生する廃棄物の安全で効率的な処理処分を実現し、廃棄物量の低減や資源の再利用につなげるために、低レベル放射性廃棄物の処理処分や原子力施設の廃止措置を安全かつ合理的に行うための必要な技術開発を実施

ベンチマーク／技術の意義

- ウラン濃縮技術については、最先端技術の融合により、国際的に比肩し得る技術レベル及び経済性を有する新型遠心分離器を開発
- 軽水炉使用済み燃料の再処理については、1990年代に仏国及び英国の大型商用再処理施設が稼働し、我が国ではそれらの技術導入と独自の技術開発・技術移転に基づき、現在六ヶ所再処理施設がアクティブ試験運転を実施
- 高レベル放射性廃棄物の処分については、各国は、自国内での地層処分を政策としており、それぞれ自国の地質環境の特性や廃棄物の仕様等を踏まえ研究開発
- 低レベル放射性廃棄物の処理処分、廃止措置については、それぞれ自国の規制等を踏まえ、安全かつ合理的な技術を確立すべく、技術開発

技術のロードマップ



普及シナリオ／必要な措置

- 機械技術として、国際的な核不拡散体制下における濃縮技術開発は、官民一体となったプロジェクト遂行が不可欠
- 再処理技術については、原子力機構が、六ヶ所再処理工場の設計・建設・試験運転に対して人的協力や技術情報の提供を行うことにより技術移転中
- 高レベル放射性廃棄物の処分については、経済産業省資源エネルギー庁が中心となって設置した「地層処分基盤研究開発調整会議」を通じ、関係研究開発機関が連携・協力して研究開発。また、処分事業の実施主体である原子力発電環境整備機構は、処分事業の安全な実施等を目的として技術開発
- 低レベル放射性廃棄物、廃止措置については、産学官の連携の基に、社会のニーズを踏まえた技術開発を推進していくことが必要

温室効果ガス排出削減ポテンシャル

- 現在世界に約370GWの発電容量をもつ原子力発電を、火力発電(LNG)で代替した場合と比較して、年間11億トン(世界の排出量の4%)のCO₂排出を削減。
- IEAのWorld Energy Outlook 2007では、IPCCの評価における最も低い温室効果ガス安定化レベルである450ppmの達成のために、原子力発電の電力量が6560TWhに増加する必要性を示唆。これを実現することにより、火力発電(LNG)で代替した場合と比較して、年間27億トン(2030年の排出量の12%)のCO₂排出削減が可能。

技術の国際展開

- 再処理技術では、日本原燃と連携し米国の進めるGNEP構想に係る協力としての技術情報提供を実施
- 高レベル放射性廃棄物の処分については、国際共同研究プロジェクトへの参加や各国の海外研究開発機関との研究協力。また、国際的な人材育成プログラムへの参加協力や東アジア諸国との情報交換を通じた技術支援
- 低レベル放射性廃棄物の処理処分、廃止措置については、OECD/NEAなどの国際協力の枠組みを活用するとともに、フランス原子力庁(CEA)等との2国間協力を実施

次世代軽水炉の開発

技術の概要

- 供給安定性に優れた原子力は、我が国で唯一のクリーンな基幹電源であり、経済成長に必要な電力を比較的低コストで安定的に供給できるため、二酸化炭素の排出削減と経済発展の両立に資するエネルギー源である。
- 2030年前後に見込まれる大規模な代替炉建設需要に対応するため、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を行う。
- 具体的な技術開発項目としては、使用済燃料の発生量を低減する技術や、免震技術等の開発を行う。

ベンチマーク／技術の意義

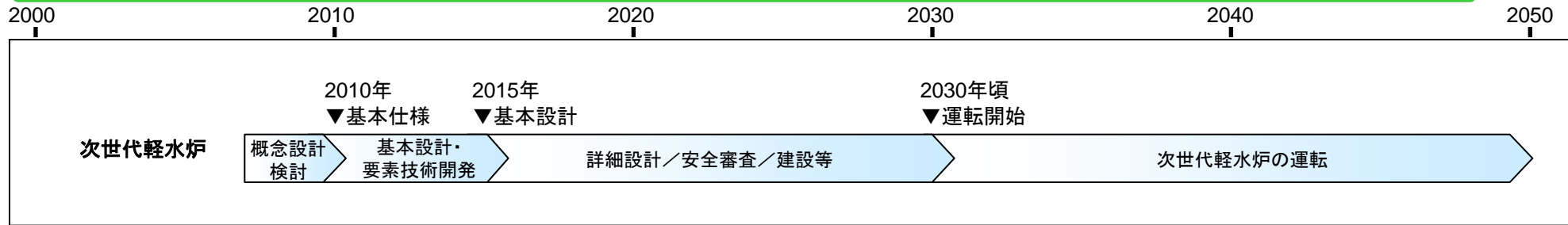
（技術の意義）

- 長期にわたる新規建設低迷期を乗り越え、2030年前後の大規模な代替炉建設需要の到来に備えるためには、今後我が国原子力産業における技術・人材の厚みを十分に維持・発展させていくことが必要である。
- 原子力産業における技術・人材は、基本的には実際のプラント建設や運転及びこれに向けた研究開発を通じてのみ維持・発展させることが可能である。

（ベンチマーク）

- 我が国は、継続的に軽水炉建設を行ってきており、設計・製作、建設、運転のいずれの分野においても、世界最高水準の技術レベルを維持している。

技術のロードマップ



性能目標：プラント設計寿命：80年、建設工期：約30ヶ月以下、耐震性：免震技術の採用等

普及シナリオ／必要な措置

- 次世代軽水炉の開発成果を世界展開するには、我が国原子力産業が保持する枢要技術の知的財産を適切に管理しつつ世界展開を図る必要がある。他方、次世代軽水炉の世界展開を実効的に進めるためには、この知的財産の戦略的な活用についても考慮する必要がある。
- 開発と一体的に、次世代軽水炉に必要な規格基準を整備する。また、次世代軽水炉に適合した規制制度について提案するとともに、安全当局との連携を図り、規制高度化を一体的に推進することが重要である。

温室効果ガス排出削減ポテンシャル

- 現在世界に約370GWの発電容量をもつ原子力発電を、火力発電(LNG)で代替した場合と比較して、年間11億トン(世界の排出量の4%)のCO₂排出を削減。
- IEAのWorld Energy Outlook 2007では、IPCCの評価における最も低い温室効果ガス安定化レベルである450ppmの達成のために、原子力発電の電力量が6560TWhに増加する必要性を示唆。これを実現することにより、火力発電(LNG)で代替した場合と比較して、年間27億トン(2030年の排出量の12%)のCO₂排出削減が可能。

技術の国際展開

- 30年前、世界に十数社あった原子力プラントメーカーも現在は5グループのみであり、三菱重工、日立、東芝がこれらのグループの中心的存在である。
- 我が国では、既に最新鋭のABWRが複数機運転実績を有する他、米国等での建設計画もある。また、APWRは国内で建設準備中であり、米国向けに一部仕様を見直したUS-APWRの建設計画などがある。

中小型炉の開発

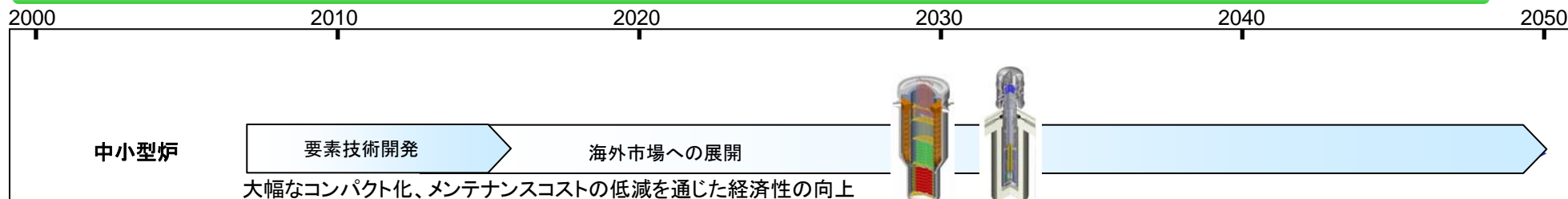
技術の概要

- 供給安定性に優れた原子力は、我が国において現段階で唯一のクリーンな基幹電源であり、経済成長に必要な電力を比較的低コストで安定的に供給できるため、二酸化炭素の排出削減と経済発展の両立に資するエネルギー源である。
- 途上国や島嶼国等における中小規模の発電需要に対応可能なコンパクトで安全性の高い中小型炉を開発することにより、原子力発電導入国の多様なニーズに対応し、国際的な原子力の利用拡大に貢献。
- 現在、民間を中心に最適な炉型等について検討が行われており、国はこれらの取組について支援を行うこととしている。

ベンチマーク／技術の意義

- 我が国の原子炉メーカーは、90年代以降、世界の原子力市場が停滞した時期も国内において建設を継続してきたため、現在は一定の競争力を有している。
- 多様なニーズに対応可能な原子炉を提供することにより、世界の温暖化対策及びエネルギー安全保障に一層貢献することが可能となる。

技術のロードマップ



普及シナリオ／必要な措置

- 原子炉メーカーが研究機関等と協力しながら研究開発を実施。開発リスクが高い研究開発や波及効果の大きい研究開発について、提案公募方式により、国が支援。

温室効果ガス排出削減ポテンシャル

- 現在世界に約370GWの発電容量をもつ原子力発電を、火力発電(LNG)で代替した場合と比較して、年間11億トン(世界の排出量の4%)のCO₂排出を削減。
- IEAのWorld Energy Outlook 2007では、IPCCの評価における最も低い温室効果ガス安定化レベルである450ppmの達成のために、原子力発電の電力量が6560TWhに増加する必要性を示唆。これを実現することにより、火力発電(LNG)で代替した場合と比較して、年間27億トン(2030年の排出量の12%)のCO₂排出削減が可能。

技術の国際展開

- 中小型炉技術については、日米協力の枠組みの中で、IAEA等が行った途上国のニーズ調査等を基に設計要件をとりまとめ、既に検討されている設計概念を調査する。また、中小型炉に関する互恵的な技術分野で共同研究開発の検討を進めるとともに、研究成果の活用を通じて、途上国等への我が国の原子力発電技術の国際展開を促進し、もって原子力産業の一層の国際競争力強化を目指す。

高速増殖炉(FBR)サイクル技術

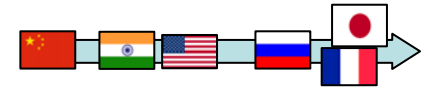
技術の概要

○高速増殖炉(FBR)サイクル技術は、発電過程で二酸化炭素を排出しないという原子力発電共通の特長を有するとともに、ウラン資源の飛躍的な有効活用を可能とし、長期的なエネルギー安定供給に大きく貢献するものであり、放射性廃棄物の潜在的有害度の低減に貢献できる可能性を有する。

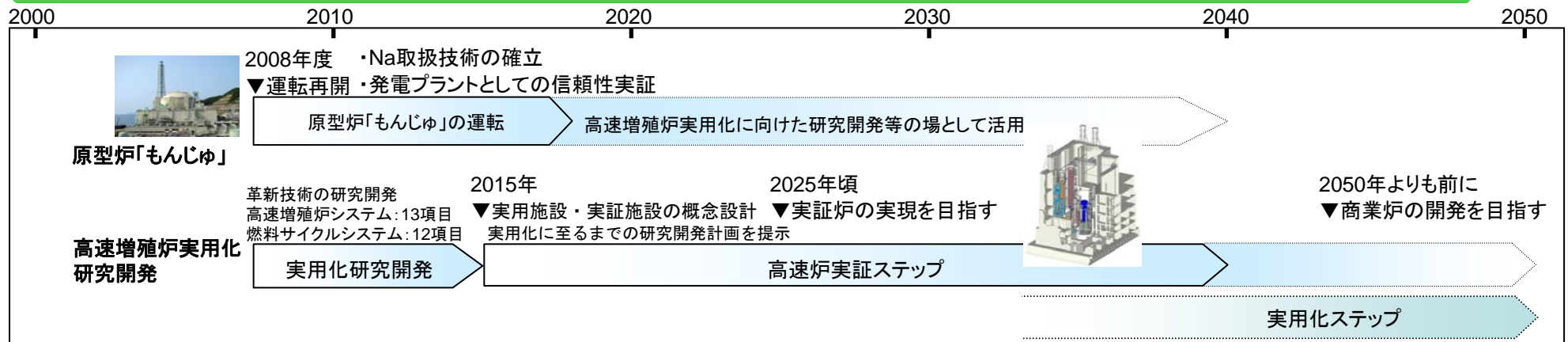


ベンチマーク／技術の意義

- 世界各国が高速増殖炉サイクル技術の研究開発をスローダウンした間においても、我が国では、着実に研究開発を進めてきた。
- 我が国は運転中の実験炉「常陽」と運転再開周辺の原型炉「もんじゅ」並びに高速炉用の燃料製造施設を保有し、豊富なインフラを有している。



技術のロードマップ



普及シナリオ／必要な措置

- 原子力発電を、世界レベルでの温室効果ガスの排出量削減に役立てていくためには、ウラン資源の利用効率を飛躍的に高める高速増殖炉サイクル技術の導入が必要となる。将来的に、我が国の技術を世界的に展開することができれば、環境問題での国際貢献を果たすことが期待される。核不拡散などの課題に留意した、GIF、GNEPなどの多国間協力の中で、検討を進める。
- この研究開発は、独立行政法人である原子力機構を中核として進められている。今後、必要な資金や要員を確保していくために、研究開発型独立行政法人の制度等の改革を、引き続き検討していく必要がある。

温室効果ガス排出削減ポテンシャル

- 現在世界に約370GWの発電容量をもつ原子力発電を、火力発電(LNG)で代替した場合と比較して、年間11億トン(世界の排出量の4%)のCO₂排出を削減。
- IEAのWorld Energy Outlook 2007では、IPCCの評価における最も低い温室効果ガス安定化レベルである450ppmの達成のために、原子力発電の電力量が6560TWhに増加する必要性を示唆。これを実現することにより、火力発電(LNG)で代替した場合と比較して、年間27億トン(2030年の排出量の12%)のCO₂排出削減が可能。
- 高速増殖炉は、現在把握されている利用可能なウラン資源だけでも二千年以上にわたって、発電過程でCO₂を発生しない原子力発電を利用できるとの試算がある(OECD)。

技術の国際展開

- OGIFやGNEPといった国際的枠組みを活用し、高速増殖炉サイクル技術の研究開発に関わる国際連携を進めるとともに、我が国の技術を国際標準とするべく、アピールを行っている。
- 本年度運転再開予定の原型炉「もんじゅ」を国際的な研究の場の中核として使用する。

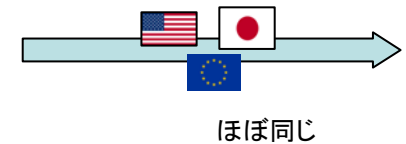
原子力エネルギーの着実な利用に資する基礎基盤研究

技術の概要

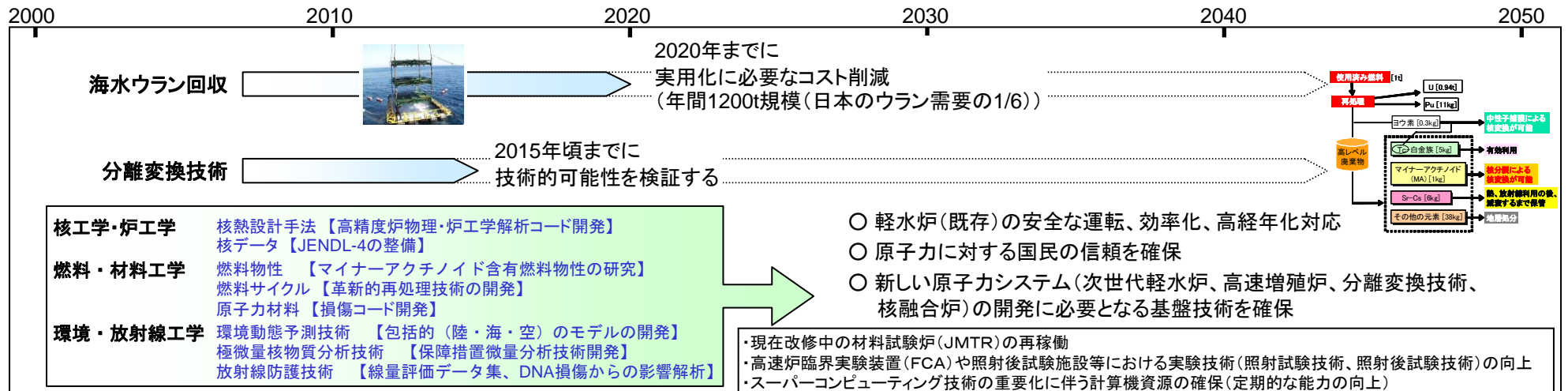
- 原子力の持続的な発展に資する、海水からウラン等の有用金属を回収する捕集材の開発、長寿命核種の短寿命化等による放射性廃棄物処分の負担を大幅に軽減させるための分離変換技術等の研究開発。
- 原子力エネルギーの着実な利用に資するため、原子力施設の設計やその基礎となる核工学・炉工学の研究、燃料・材料工学の研究、環境・放射線工学の研究など、原子力の基礎・基盤技術の研究開発。

ベンチマーク／技術の意義

- 近年、先進各国は原子力研究をスローダウンさせ、なかでも国立研究所の民営化(営利化)等の動きの中で基礎研究が一段と削減を受けている状況では、我が国の原子力基礎工学研究ポテンシャルは、国際的にも極めて重要な位置づけを得ている。



技術のロードマップ



普及シナリオ／必要な措置

- 日本原子力研究開発機構は、我が国で唯一の原子力の総合研究機関として、照射済み試料、核燃料物質、及び放射性物質を取り扱える基礎・基盤研究施設の維持ならびに最新の高度分析技術を用いた試験研究装置の適時の導入・整備を行い、これを基盤に、基礎研究から応用研究までを一体的に推進するとともに、大学、民間等と連携する原子力技術開発のプラットフォームを提供する。また、産業界等の要請に応えた研究を効率的に進めるため、原子力エネルギー基盤連携センターの機能を強化し、産業界と一体的に推進できる体制を整備する。
- 研究開発型独立行政法人の制度等の改革を、引き続き検討していく必要がある。

温室効果ガス排出削減ポテンシャル

- 原子力エネルギーシステムの発展をととして、長期間にわたって温室効果ガスの排出抑制に貢献。
- 現在世界に約370GWの発電容量をもつ原子力発電を、火力発電(LNG)で代替した場合と比較して、年間11億トン(世界の排出量の4%)のCO₂排出を削減。
- IEAのWorld Energy Outlook 2007では、IPCCの評価における最も低い温室効果ガス安定化レベルである450ppmの達成のために、原子力発電の電力量が6560TWhに増加する必要性を示唆。これを実現することにより、火力発電(LNG)で代替した場合と比較して、年間27億トン(2030年の排出量の12%)のCO₂排出削減が可能。

技術の国際展開

- 今後予想されるアジア地域等での原子力エネルギー技術の急速な展開に対応するため、各国で行われる技術者研修の指導者を育成するための研修体制を整備し、最先端の技術を備えた世界の原子力研修センターとして国際貢献し、原子力技術者の育成に努める。
- IAEA、OECD/NEAなどの国際機関の活動に積極的に参加・連携し、学術的及び工学的視点から国際社会を先導することで国際貢献するとともに、技術の普及を図ることで国際標準化を目指す。

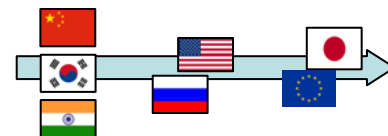
核融合エネルギー

技術の概要

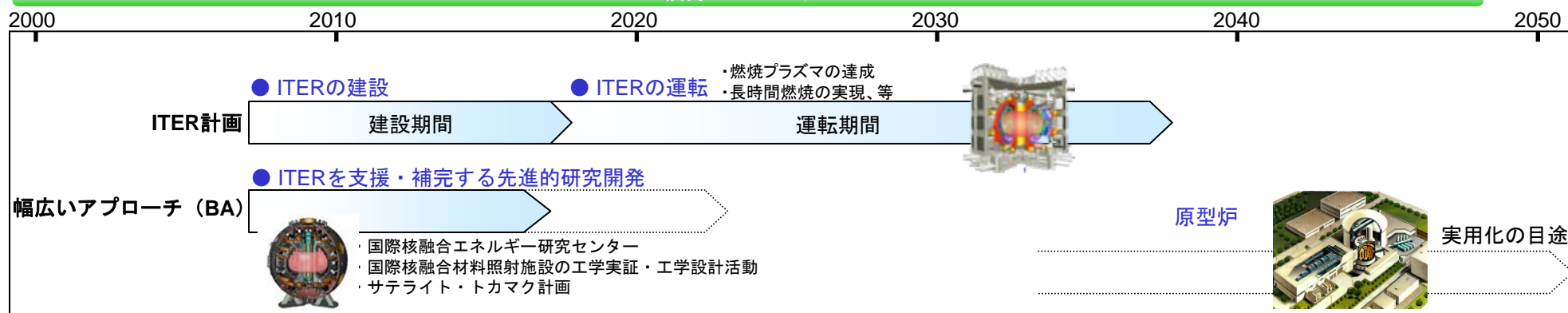
- 核融合エネルギーは、軽い原子核同士を融合させた際に発生する莫大なエネルギーを取り出し利用する。
- 軽水炉、燃料サイクル技術等の既存原子力技術と比して、核融合エネルギーでは、反応が連鎖的に起こる恐れがなく安全性に優れる点、燃料が豊富で地域偏在性がない点、高レベル放射性廃棄物が発生しない点において、将来のエネルギーとして優位性を有する。
- 化石燃料を使用する発電に比して、温暖化ガスを排出しない点、燃料枯渇の恐れがない点で、絶対的な優位性を有する。

ベンチマーク／技術の意義

- 国内研究では、JT-60Iによる世界最高性能の実証を行うなど、世界をリード。
- ITER計画において、ホスト極である欧州とともに、日本は準ホスト国として、先端機器調達において大きな貢献をするなどして主導。
- 原型炉実現に向けて、日欧協力により幅広いアプローチを我が国で実施し、世界をリード。



技術のロードマップ



普及シナリオ／必要な措置

- 研究機関や大学、産業界、行政等で構成する核融合エネルギーフォーラムにおいて、国内意見を集約し、国内における産学官相互の連携を図っている。また、国内の連携だけではなく、ITER計画や幅広いアプローチにおける多国間の国際協力を推進しているほか、米国・欧州・韓国・中国と二国間の研究協力協定を結び、アジアそして世界の拠点として、研究者交流や共同研究を推進。
- ITER計画及び幅広いアプローチについては、政府として協定に署名し、国際約束に基づく事業として必要な資源配分を行い、推進。

温室効果ガス排出削減ポテンシャル

- 核融合発電が実用化された場合、CO₂排出源単位において、石炭火力発電、石油火力発電による排出量の90%以上を削減することができる。
- 核融合反応の原燃料は海水中に豊富に存在するため、燃料の枯渇を恐れることなく、エネルギー生産を続けることが可能。

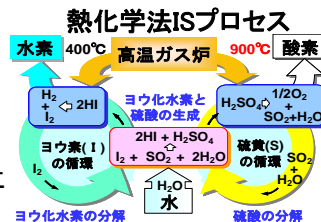
技術の国際展開

- 国際共同プロジェクトとして実施し、参加国間で経費を分担し、成果を共有する意義が大きいことから、ITER計画を、日本・欧州・米国・ロシア・中国・韓国・インドの7極の国際協力プロジェクトとして実施している。我が国は、ITER機構に機構長等を派遣しているほか、ITERの主要機器の調達を担当し、我が国の技術が多く採用されているなど、ホスト極である欧州とともにITER計画を先導している。
- ITER計画を補完・支援する先進的核融合研究開発である「幅広いアプローチ」を日欧協力により我が国で実施している。原型炉設計等を他国に先駆け日欧で行うことにより、当該技術の国際標準化が見込まれる。

原子力による革新的水素製造技術

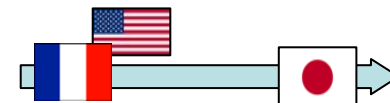
原子力エネルギーの多様な利用 — CO2を排出せずに水素を製造 —

- 炭酸ガス排出量の削減のためには、水素は化石燃料代替の有力候補である。2020、2030年以降、大量の水素需要に応える新たな水素供給設備が必要。
- 既存技術による水素製造(水蒸気改質法)は、製造プロセスで大量の炭酸ガスを排出。
- 温室効果ガスを排出せずに、経済的、大量かつ安定に製造することができる、高温ガス炉からの高温熱を用いる革新的水素製造技術

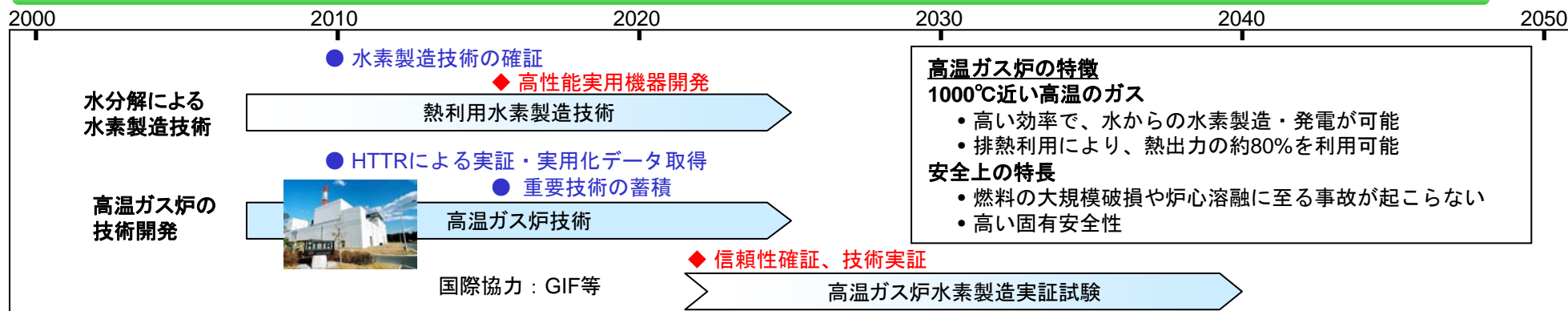


ベンチマーク／技術の意義

- 水を熱分解して水素を製造する技術であるISプロセスの運転制御法を開発し、2004年に毎時30リッター規模の連続水素製造を達成した。また、2005年に実用材料(セラミックス)製反応器の試作に成功した。
- 米仏はISプロセスの共同研究を進めており、本年、実用材料製装置による毎時200リッター規模試験を行う計画である。



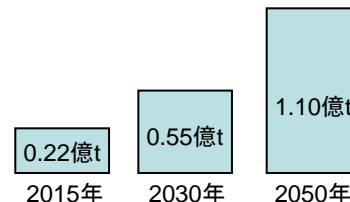
技術のロードマップ



普及シナリオ／必要な措置

- 研究開発は基盤研究から実証研究へ移行しつつあり、水素製造装置を製作する化学プラントメーカー、及び、燃料電池自動車等に水素を供給する水素供給会社、並びに水素還元製鉄等を行う製鉄会社等の水素ユーザーとしての産業界と強く連携をとりつつ、基盤技術の確立、実証試験に至るまで、政府方針の下、産学官が一体となった研究開発体制が必要。なお、製鉄においては、地球温暖化対策として水素を利用した還元製鉄技術の開発が進められている。
- 実用化に向けては、水素循環社会の実現のための社会基盤・制度の整備が必要。

温室効果ガス排出削減ポテンシャル



- それぞれの年の水素需要予測(自動車・定置用燃料電池)
2015年: 246億m³、2030年: 610億m³、2050年: 1220億m³
それが全て天然ガス水蒸気改質プロセス(0.9kgCO₂/水素1m³)で製造されていると仮定し、それを全て本技術で製造したと仮定した場合の推定値。

技術の国際展開

- ISプロセスについては、2008年から、第4世代原子カシステム国際フォーラム(GIF)において、超高温ガス炉(VHTR)に関する水素製造プロジェクト(日、米、仏、韓、カナダ、ユーラトム)を開始する。また、フランス原子力庁、韓国原子力研究所、中国清華大学と、それぞれ、水素製造に関する情報交換を実施している。

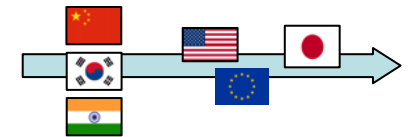
量子ビームテクノロジーによる地球環境保全技術の開発

技術の概要

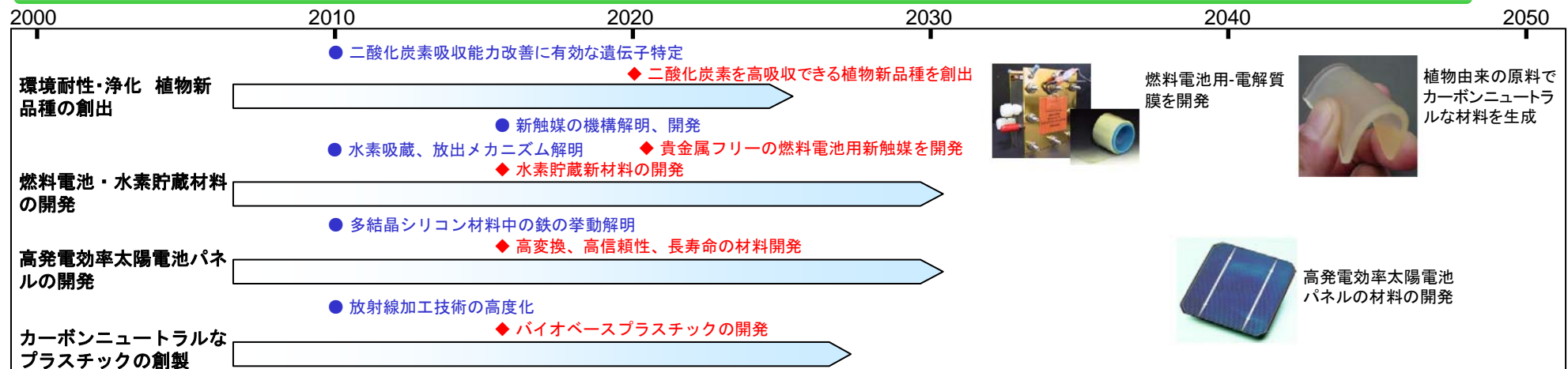
- 量子ビームは、材料改質や微細加工に優れた電子・イオン・RIBビーム、微小試料の構造解析に優れた放射光(X線)、軽元素や磁性体の解析に優れた中性子線といった物質・材料を原子レベルで「みる」「つくる」ことが可能な基盤技術である。
- 量子ビームテクノロジーを高度化・活用することにより材料開発にブレークスルーをもたらし、燃料・太陽電池や水素貯蔵用の高機能性材料、海水からウラン等の有用金属を回収する捕集材の開発、さらには、環境耐性・浄化能力に秀でた植物品種の創出などにより、地球環境保全に貢献する技術開発を行う。

ベンチマーク／技術の意義

- 我が国では世界最高レベルのビーム強度を有する放射光施設、中性子線施設が稼働中、もしくは、まもなく稼働予定。
- 各種量子ビームの利用技術に関しては、我が国が世界をリードしているが、欧米やアジア各国の追い上げも激しい。



技術のロードマップ



普及シナリオ／必要な措置

- 量子ビーム施設を有する独立行政法人等の研究機関と産業界や大学との連携研究体制のもと行う。特にSPRING-8、大強度陽子加速器施設(J-PARC)、フォトンファクトリー(PF)、RIBビームファクトリー(RIBF)等の先端的な量子ビーム施設を中核的な拠点として研究開発を推進し、得られた研究成果は産業界によって迅速に実用化できる連携体制を構築する。
- 関係する研究機関や民間企業との連携強化が必要である。そのためには民間企業等による各種量子ビーム施設の横断的かつ積極的な利用を促進・支援することが必要。
- 社会的な認知度を向上させるためには、研究成果の速やかな実用化(商品化)が何よりも重要であるため、強力な産学官の連携体制を構築する。

温室効果ガス排出削減ポテンシャル

- 各技術毎に温室効果ガス排出削減ポテンシャルを見積もることは困難。目的とする実用化技術(燃料電池、太陽電池等)の温室効果ガス排出削減ポテンシャルに依存する。

技術の国際展開

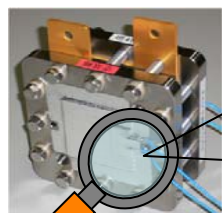
- 各種量子ビーム施設を国際公共財として、外国人研究者にも開放する。
- 既に、アジア原子力協力フォーラムの枠組みで、放射線利用技術の普及・推進を行っているが、更に加速する。

量子ビームの活用による水素社会の実現

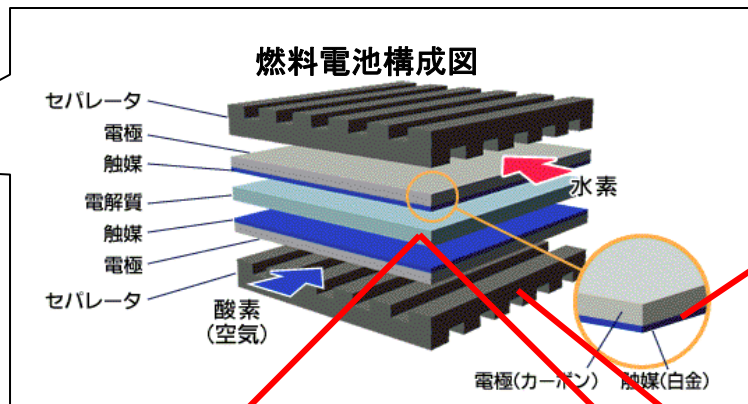
—燃料電池・水素貯蔵材料の開発—

- ①高耐久性・高性能の燃料電池材料
- ②貴金属フリーの触媒
- ③水素貯蔵用の新材料

を開発する必要



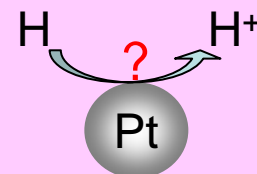
固体高分子型燃料電池



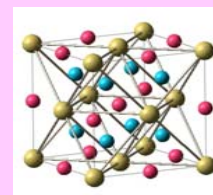
放射光

放射光による触媒機能の解明
水素吸蔵機構の解明

②触媒中の
貴金属の低
減・代替技術
の開発



触媒機能の観察



水素吸蔵材料の構造解明

③水素貯蔵用の
新材料開発

「量子ビームでつくる」

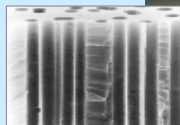
量子ビームで「つくる」

①高耐久性・高性能の燃料電池材料の開発

イオン

電子

高性能電解質膜の開発

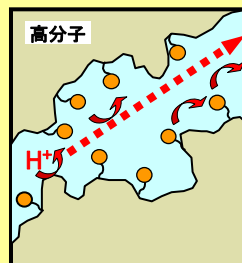


イオンビームや電子線による
ナノサイズの水素伝導路の
導入

中性子

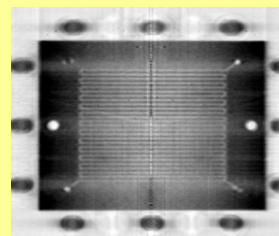
中性子による燃料電池内部の生成水・水素の直接観察

中性子小角散乱法



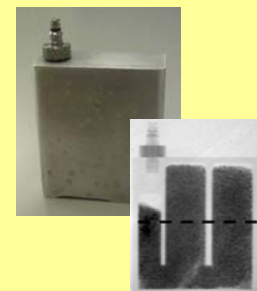
水素の挙動解析

中性子ラジオグラフィ



生成水の分布観察

水素吸蔵タンクの可視化



中性子ラジオグラフィ

RIビームの活用による高発電効率太陽電池パネルの開発

○物質にRI(マンガン-57等)を注入し、RIが崩壊してできる鉄-57の γ 線エネルギーを超高精度に測定することにより、温度、光、電場によって鉄原子の挙動がどのように変化するかを調べることができる。

○同手法を用いて太陽電池用シリコン結晶に製造過程で混入され、太陽電池の性能に大きな影響を及ぼす鉄不純物の挙動を精密に調べることにより、長寿命、高発電効率の太陽電池の開発を目指す。

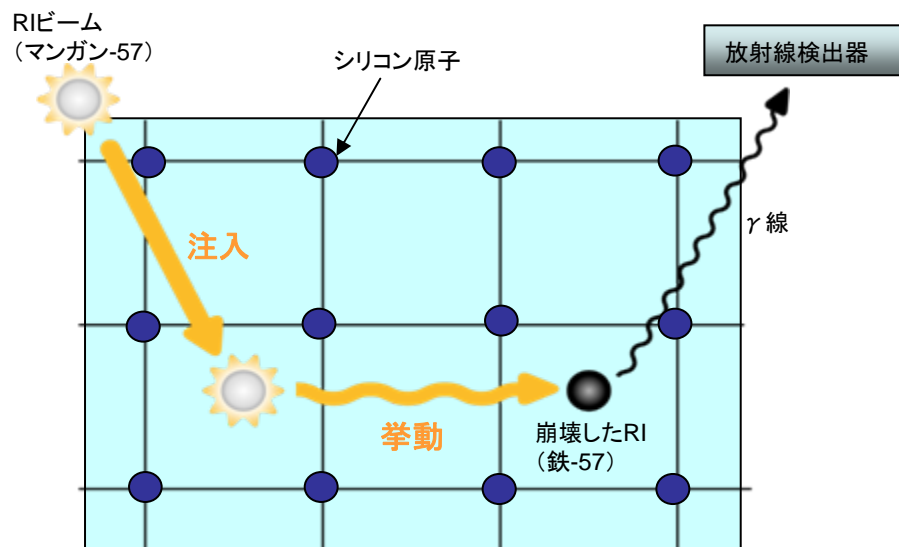
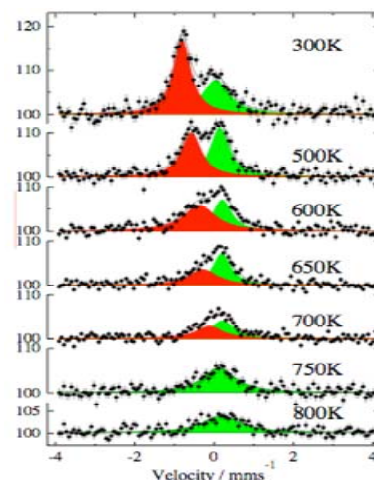


図: RI注入のイメージ



図:
シリコン型太陽電池パネル



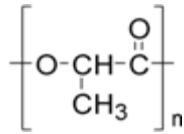
(成果例)

図:
単結晶のシリコンに埋め込まれた鉄原子核から出る放射線(ガンマ線)のエネルギー分布。
赤色は格子間、緑色は格子内にある鉄原子を表す。
下へ行くほど試料が高温であり、鉄原子の動きが激しくなっていることが分かる。

バイオベースプラスチックの開発

(例)軟質塩化ビニルに替わるポリ乳酸の開発

ポリ乳酸



- 植物由来で環境に優しい
カーボンニュートラル材料
- 強度や透明性が高い
- 生体適合性がある
- 放射線分解型
- 室温で硬くて脆い

柔らかいポリ乳酸の特長

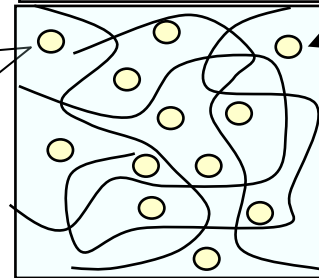
- 高濃度の可塑剤の内部保持により柔軟性と透明性を維持
- 環境に優しく、弾力性に富む
- 生体適合性を保持

柔らかいポリ乳酸の応用分野

- 軟質塩化ビニルの代替材料(壁紙等の建材、パッキン、電線被覆材、自動車用部品等)
- コンピュータや携帯電話等の家電内部の防振材
- カテーテル等の医療材料

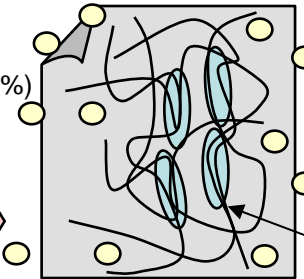


柔軟化ポリ乳酸



可塑剤(20%)

100℃で
30分加熱

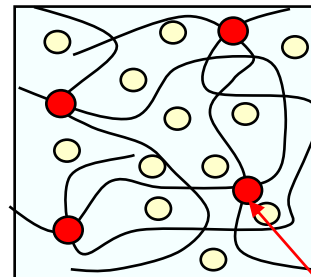


再結晶化

ポリ乳酸が再結晶化してしまい、可塑剤が染み出して、ポリ乳酸が白濁化し、硬くなる



電子線照射

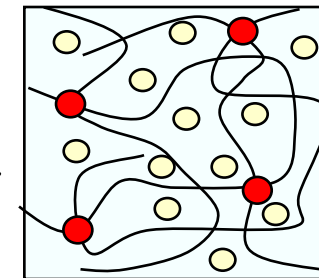


橋かけポリ乳酸

橋かけ点

橋かけにはトリアリルイソシアヌレート (TAIC) が必要

100℃で
30分加熱



橋かけ構造によりポリ乳酸が再結晶化せず、可塑剤を保持し、柔軟化ポリ乳酸として形状保持



80℃で1週間加熱しても、可塑剤がほとんど染み出さない



可塑剤増加(40%)
で弾力性向上