

令和4年度概算要求説明参考資料

令和3年9月
資源エネルギー庁

目次

- 1. 原子力の国際協力と人材・技術・産業基盤**
- 2. バックエンドの取組**

目次

1. 原子力の国際協力と人材・技術・産業基盤

2. バックエンドの取組

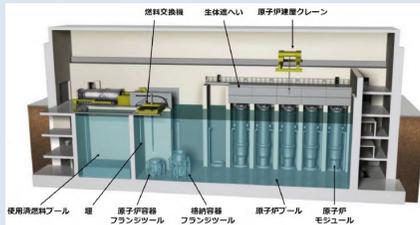
国際連携を通じたイノベーションや廃炉等における協力

- 革新的技術の原子力イノベーションに向けた研究開発（SMR、高温ガス炉、高速炉等）を進めていくにあたっては、米英仏加等の海外の実証プロジェクトと連携した日本企業の取組を積極的に支援。
- 海外事業者の技術やノウハウを活用し、日本の廃炉作業へ適切に活かすことを目的として、諸外国の有識者や事業者と情報・意見交換を行うワークショップ等を開催。事業者間での国際協力も進展。

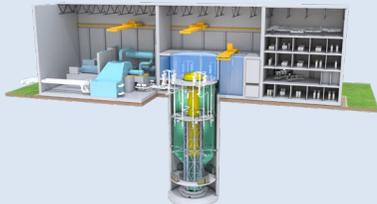
国際連携を通じたイノベーション協力の取組例

SMR協力

- ◆ NuScale（NuScale社）
- 2021年、日揮、IHIが出資を発表。メンテナンス機器等の課題について日米で共同実証を目指す。

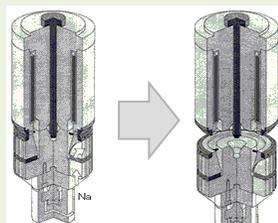


- ◆ BWRX-300（GE日立）
- 米GE-Hitachi社と日立GE社が共同で開発し、北米での実証を目指す。

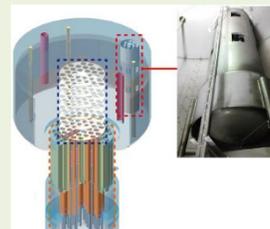


高速炉協力

【日仏協力】



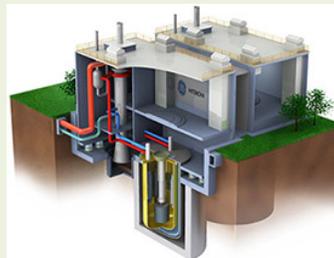
温度上昇で磁力が喪失、
制御棒が重力で落下



電源不要の自然循環による
冷却システム

<共同開発中の安全性向上技術>

【日米協力】



<多目的高速試験炉(VTR)>

廃炉協力の取組例

日米廃炉ビジネス・ワークショップ

(2020年5月・7月)

- 日米官民での交流を促進し、日米事業者間の協力可能性の模索を目的（ウェブ開催）

東芝ESS・AECOM社※（米）提携

(2019年6月)

- 東芝ESSの技術や工事实績と、AECOM社（エンジニアリング会社）の有するマネジメント経験等とのシナジーを創出



安全性、経済性等の更なる向上に向け、原子力イノベーションは重要な課題

- 軽水炉の安全性向上や高速炉はもちろん、その他革新炉の研究開発が進展。

軽水炉の安全性向上

福島事故を踏まえた安全対策

- ATF (事故耐性燃料)



事故時に水素を発生しない燃料被覆管

新技術の取り込み

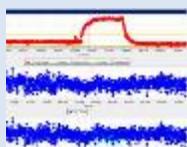
- 原子力×デジタルイノベーション
(例：ビッグデータ分析技術を活用した
プラント自動監視システム)



データ取得



自動解析



異常検知

革新的安全性向上技術の統合

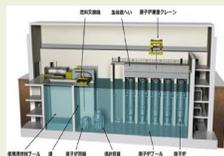
- 民間で安全性・経済性を向上する
次世代軽水炉を開発



小型モジュール炉

小型炉心で自然循環、シンプル化

- 先進国で複数の開発プロジェクト
NuScale SMR (NuScale)
BWRX-300 (GE日立, 日立GE)
UK SMR (Rolls Royce)
Nuward (CEA, EDF等) ...



NuScale SMR (NuScale)

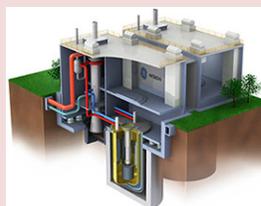
高速炉

「戦略ロードマップ」に基づき、着実に 開発を推進、放射性廃棄物対策

- 米仏とも協力
- 多様な高速炉の技術間競争の促進



高速実験炉 常陽 (JAEA)



米国で開発中の多目的
高速炉試験炉 (VTR)

高温ガス炉

水素製造等の高温熱利用

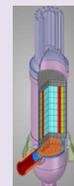
- JAEAのHTTRが世界最高温度950℃
を達成、高い安全性
- 民間でも多様な炉型開発



試験炉HTTR
(JAEA)



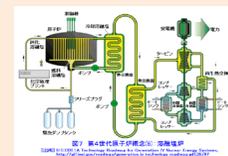
水素製造・発電用小型炉
(三菱重工、東芝/富士電機)



溶融塩炉

次世代の技術として開発が進む

- 米、加、仏等でも次世代
の技術として開発が進む。
- プルトニウム等を生成しない
トリウム資源を有効利用
する炉型も存在。



核融合

水素を燃料に発電・熱利用

- ITER計画、原型炉建設に向けた
取組を通じた技術開発を推進
- 京大発ベンチャー誕生



ITER



KYOTO-iCAP

- 軽水炉の安全性向上を効率的に実施のため、2015年、資源エネルギー庁で「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」を策定。震災後10年を経て**革新的安全性向上技術の実装・開発が進む**。

導入済みの事例

● コリウムシールド

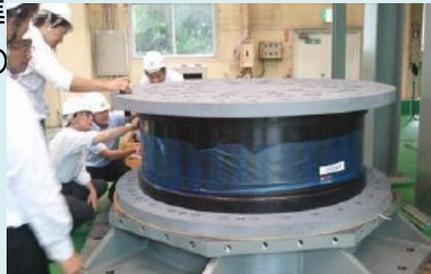
- 事故時に溶融燃料を受け止め
→ 柏崎刈羽発電所6、7号機に導入



導入された
コリウムシールド

● 免震システムの評価手法開発

- 免震技術の採用および設計標準化により、安全性確保と経済性の両立が期待される
→ 日本電気協会の免震設計技術指針に反映済



免震装置の例

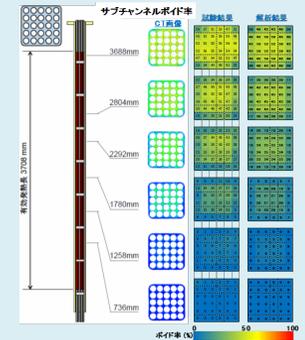
● シビアアクシデント時計装システム開発

- シビアアクシデント時もプラント重要パラメータ計測可能に
→ 女川2号機、柏崎刈羽6,7号機に導入

開発中の事例

● 気液二相流の挙動解明

- 大型熱流動試験・データベース構築により、燃料集合体内部の水・蒸気の流れを精密に解析可能に
→ R3年度に完成、燃料技術革新に貢献の可能性



● 事故耐性燃料

- 事故時に水素を抑制するクロム等のコーティング被覆管等の開発
→ 海外での照射試験の実施を計画



参考(2019年度成果): コーティングなし、1200℃、30%EGR

- 原子力の更なる安全性向上の追求のため、福島第一原子力発電所の事故の教訓も踏まえ、民間で、**シビアアクシデント時の影響抑制技術**や、**リスク情報活用**の**手法整備**等の**安全性向上技術を開発、導入**に向けた取組を実施中。こうした取組を**国も支援**。

シビアアクシデント時の影響抑制技術の例

溶融した燃料を受け止める技術

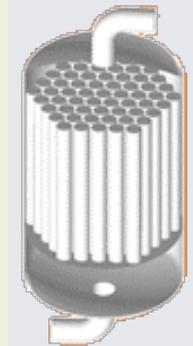
- コリウムキャッチャー
 - 事故時に溶融燃料を受け止めるシステムの開発
 - 耐熱材を選定、評価
 - 選定された耐熱材を、柏崎刈羽発電所7号機で実用化



柏崎刈羽7号機のコリウム防御堰での耐熱材導入

水素・酸素処理技術

- 電源不要の水素・酸素処理装置
 - 重大事故時に発生する水素・酸素を、化学反応で処理
 - 格納容器の容積が比較的小さいBWRでも、容器外への放出に至るリスクをさらに低減
 - 来年度までに実証試験

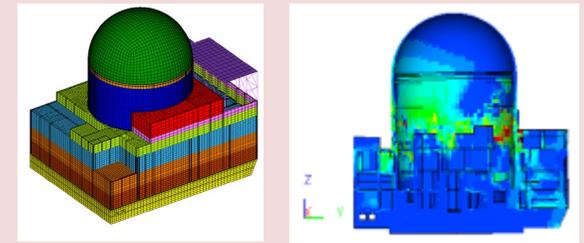


処理装置の概念図

リスク情報の活用的高度化

確率論的リスク評価 (PRA)

- 地震・津波PRAの手法開発・実証
 - 日本で特に課題となる、地震、津波を起因とする事象について、計算方法、評価手法を整備。
 - プラントでの実証を通じ、導入環境を整備。
 - 来年度までに実証試験



シミュレーションモデル (左) と地震時の解析例 (右)

◆ 原子力は、実用段階にある脱炭素の選択肢。可能な限り依存度を低減しつつ、国内での着実な安全最優先の再稼働の進展とともに、海外（米・英・加等）で進む次世代革新炉開発に、高い製造能力を持つ日本企業も連携して参画し、多様な原子力技術のイノベーションを加速していく。

	現状と課題	今後の取組
高速炉	<p>資源循環性の向上が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子力の持続的な利用には、放射性廃棄物の減容化・有害度低減、中長期的には資源の有効利用に向けた技術開発を進めることが重要。 <p>世界各国で高速炉の開発が進展</p> <ul style="list-style-type: none"> ロシアは実証炉を運転開始済みで、中国も実証炉建設中。 北米でも政府支援を得て、ベンチャー企業等による高速炉開発が加速。 	<p>国際連携を活用し開発を着実に推進</p> <ul style="list-style-type: none"> 「戦略ロードマップ」に基づき、例えば今世紀半ば頃の適切なタイミングに、現実的なスケールの高速炉の運転開始を期待。それに向けて、2023年度末頃までは多様な技術間競争を促進。<u>日仏、日米協力</u>で効率的な開発を推進。 <p>原子力研究開発機構が保有するデータ・施設を最大限活用</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>建設・運転・保守経験で培われたデータ、施設</u>を最大限活用。「常陽」の再稼働に向けた準備を速やかに進める。
小型炉 (SMR)	<p>各種要素技術の開発が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> 海外での実証プロジェクトと連携した基本設計・開発。 日本企業独自で多様なニーズを見据えた小型炉を自主開発。 <p>革新的技術の安全性や経済性を検証</p> <ul style="list-style-type: none"> 安全性は、米・英・加で許認可取得に向けたプロセスが進行中。 経済性は、量産化で追求。 	<p>国際連携プロジェクトへの参画</p> <ul style="list-style-type: none"> 2020年代末の運転開始を目指す<u>海外の実証プロジェクトと連携した日本企業の取組</u>に対し、安全性・経済性・サプライチェーン構築・規制対応を念頭に置きつつ支援を行う。海外で先行する規制策定を踏まえ、技術開発・実証に参画。 日本企業がプロジェクトの主要プレーヤーとして参画し、脱炭素技術であるSMRの安全性の実証に貢献。<u>主要サプライヤーの地位を獲得</u>。2020年代末の海外でのSMR初号機開発後、海外連携によりグローバル展開と量産体制を確立。
高温ガス炉	<p>開発・運転ノウハウの蓄積と実用化スケールへの拡張が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>高温工学試験研究炉 (HTTR) で950℃ (世界最高水準) ・50日間の高温連続運転を達成 (JAEA)。</u>安全性を実証。 日本企業が水素製造・発電コジェネプラント、蓄熱可能な発電用高温ガス炉などを開発中。 高温ガス炉と水素製造施設との接続技術の確立が必要。 	<p>HTTRを活用した試験・実証等</p> <ul style="list-style-type: none"> HTTRを活用し、<u>安全性の国際実証に加え、2030年までに大量かつ安価なカーボンフリー水素製造に必要な技術開発を支援。</u> 安全性・経済性・サプライチェーン構築・規制対応を念頭に置いた開発支援を行いながら、技術開発・実証に参画。<u>海外の先行プロジェクトの状況を踏まえ、海外共同プロジェクトを組成していく。</u> <u>日本の規格基準普及</u>に向けた<u>他国関連機関との協力を推進。</u>
核融合	<p>国内施設を通じた研究開発や核融合実験炉 (ITER) 建設に向けた製造・試験、各種要素技術の開発が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> プラズマ制御技術の高度化に向けた試験実施。 ITER本体の組立・据付開始、コイル等主要機器を日本から納入。 安全で安定稼働できる核融合原型炉の設計。 	<p>ITER計画等の着実な推進</p> <ul style="list-style-type: none"> ITER計画等の国際共同技術開発や将来的な原型炉建設計画に向けた取組を通じて<u>主要機器の実証と、出力の長時間維持技術を確立。</u>日本の核融合原型炉の建設計画に反映。2030年頃の実用化を目指す米・英のベンチャーと日本のベンチャー・メーカー等が連携を加速。 核融合炉の高温熱を活用したカーボンフリーな水素製造技術の開発を推進。

原子力産業の成長戦略「工程表」

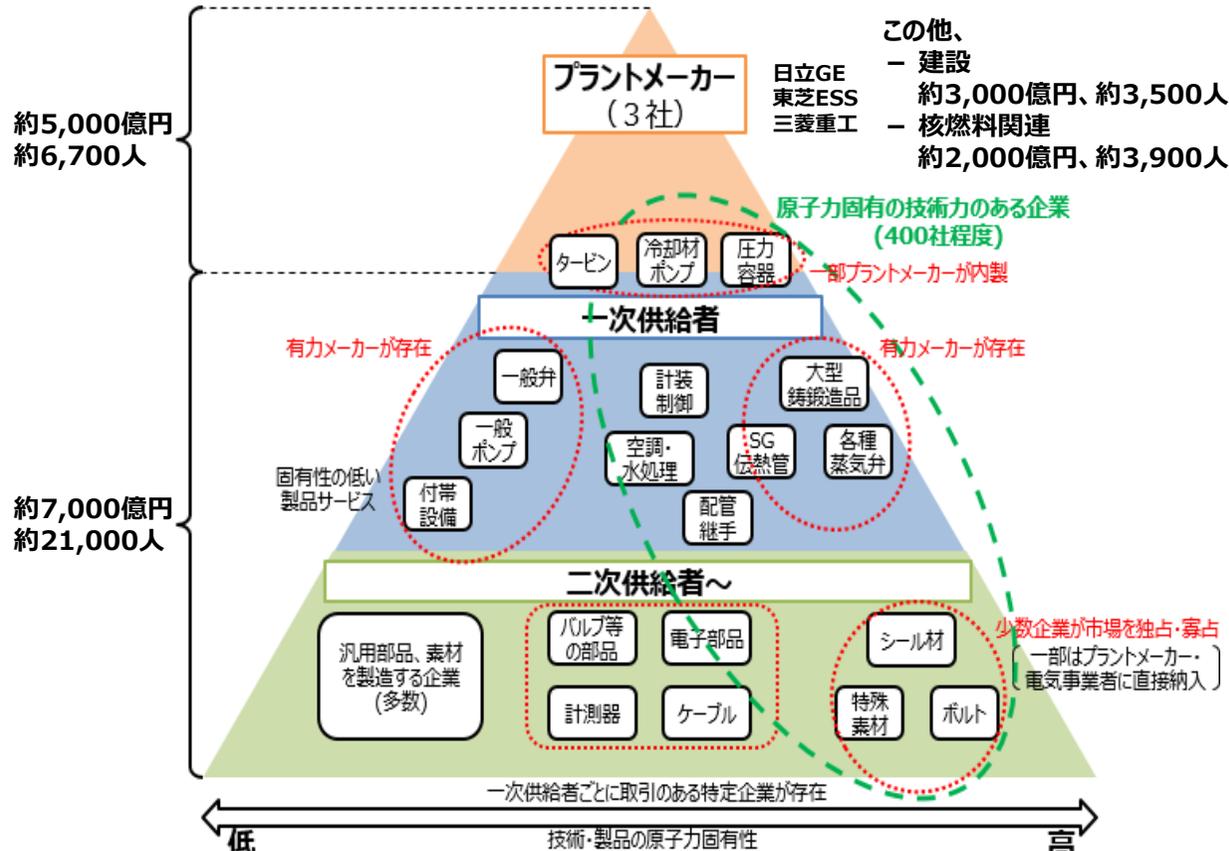
- 導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ
- 具体化するべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年	
高速炉	○戦略ロードマップに基づく開発 ステップ1 ・民間によるイノベーションの活用による多様な技術間競争を促進		ステップ2 ・国、JAEA、ユーザーがメーカーの協力を得て技術を絞り込み（常陽等の施設を活用）			一定の技術が選択される場合	ステップ3 ・工程の具体化	例えば21世紀半ば頃の適切なタイミングに、現実的なスケールの高速炉の運転開始を期待	
	・国際協力を活用した効率的な開発 ・日仏協力(安全性・経済性の向上)・日米協力(多目的試験炉等)								
小型炉 (SMR)	米国・カナダ等で2030年頃までに実用化 →日本企業が海外実証プロジェクトに参画				日本企業が主要サプライヤーの地位を獲得		販路拡大・量産体制化でコスト低減	アジア・東欧・アフリカ等にグローバル展開	
高温ガス炉 水素コスト：2050年に12円/Nm ³ の可能性	HTTR再稼働	HTTRを活用した「固有の安全性」確認のための試験		カーボンフリー水素製造に必要な技術開発			カーボンフリー水素製造設備と高温ガス炉の接続実証	販路拡大・量産体制化でコスト低減	
	世界最高温の950℃を出力可能なHTTRを活用した国際連携の推進						実用化スケールに必要な実証		
	高温熱を利用したカーボンフリー水素製造技術の確立（IS法、メタン熱分解法等）								
核融合	国際協力の下、核融合実験炉（ITER）の建設・各種機器の製作				ITER運転開始 ・核融合反応に向けたプラズマ制御試験		ITER核融合運転開始 ・重水素-三重水素燃焼による燃焼制御・工学試験 ・核融合工学技術の実証		
	・JT-60SAを活用したITER補完実験、 ・原型炉概念設計・要素技術開発				原型炉へ向けた工学設計・実規模技術開発				実用化スケールに必要な実証
	人材育成、学術研究の推進								
	米国、英国等のベンチャーが2030年頃までに実用化目標 海外プロジェクトに日本のベンチャー等が研究開発・サプライヤーとして参画、機器納入								

原子力産業サプライチェーン

- 原子力産業は多くのサプライヤや建設事業者等に支えられており、プラント・機器の製造・メンテナンスだけでも年間1兆円規模の巨大サプライチェーンを構築。素材及び製造技術に原子力固有の特殊性を持つ企業も数多く存在。
- また、耐放射性・遮蔽性・気密性や高い耐震性等に加え、保守・メンテナンスやトラブル対策を確実に実施するための高いトレーサビリティといった高度な品質管理が求められる。

原子力のプラント・機器製造等のサプライチェーン



原子力固有の品質管理

・高温・高圧・高放射性といった特殊環境に耐える品質性能 (高品質)

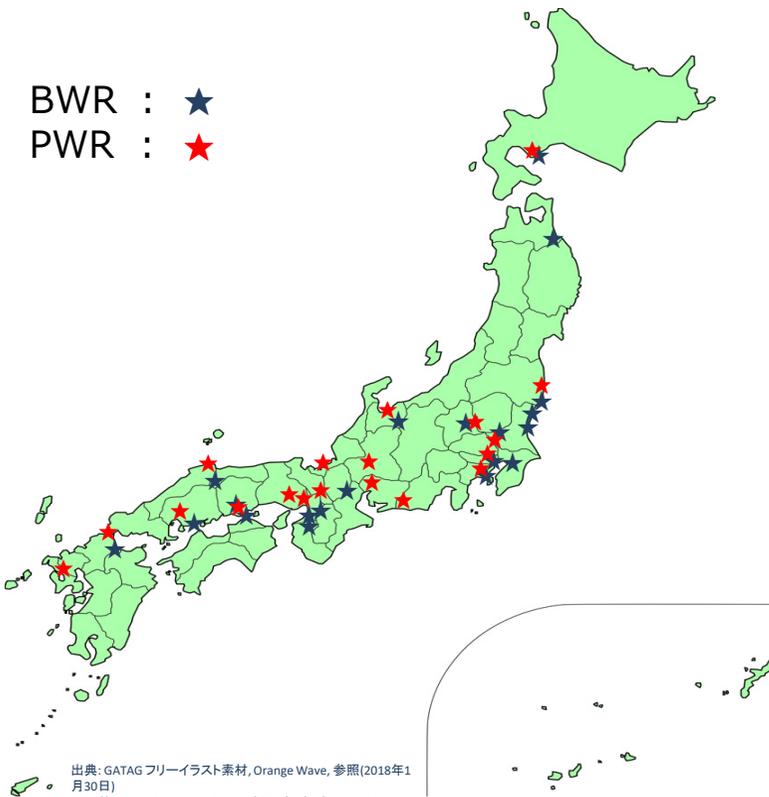
例：原子炉冷却材圧力バウンダリ内の機器等はクラス1に分類され、最も高い規制要求が求められる。

クラス1 機器等	製品例 (主要サプライヤ)
原子炉容器	原子炉圧力容器 (日本製鋼所)
管	蒸気発生器伝熱管 (日本製鉄)
ポンプ	PLRポンプ (荏原製作所)
バルブ	BWR：主蒸気逃がし安全弁 (岡野バルブ) PWR：加圧器安全弁 (東亜バルブ)
支持構造物	炉心支持構造物 (日立金属、大同特殊鋼)

- ・規制基準で求められる耐震性 (耐震性)
- ・トラブル発生時の追求可能性 (トレーサビリティ)

- 原子力の技術は、当初は海外からの機器輸入割合も高かったが、**1970年以降に営業運転を開始した原発の多くで国産化率90%を超えており、国内企業に技術が集積されている分野**である。
- 新型コロナウイルスの拡大によって、様々な産業分野でサプライチェーンの国内回帰の声もある中で、**原子力産業は、安定的に電力を供給するためのサプライチェーン（約1,000万個の部品点数）を国内に持つ強み**がある。

BWRおよびPWRの主なサプライヤマップ



原子力発電所の国産化率の推移

発電所	東海 (黒鉛炉)	美浜1号 (PWR)	高浜2号 (PWR)	美浜3号 (PWR)	柏崎刈羽5 (BWR)	柏崎刈羽7 (ABWR)
運転開始年	1966	1970	1975	1976	1990	1997
国産化率 (%)	35%	58%	90%	93%	99%	89%

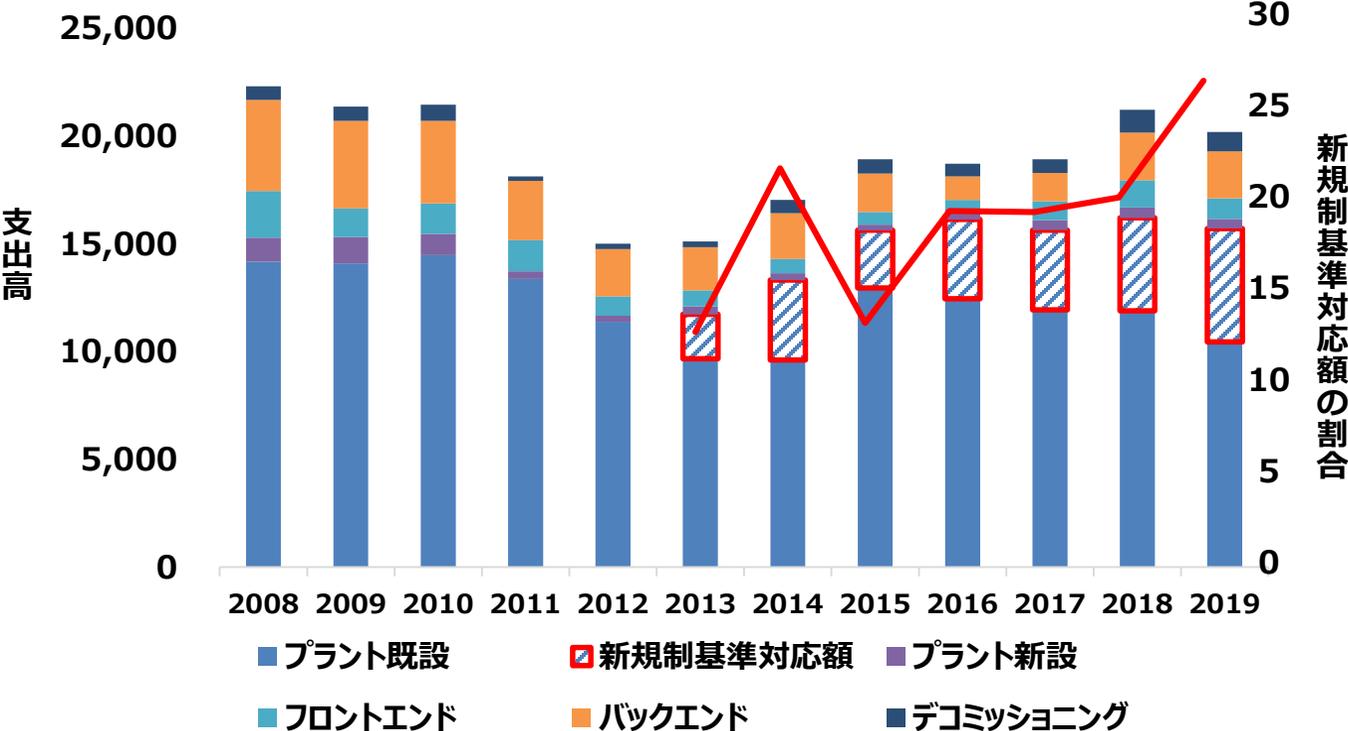
廃炉決定済

(出典) 原子力発電の効率化と産業政策 国産化と改良標準 (RIETI)、電力会社HP

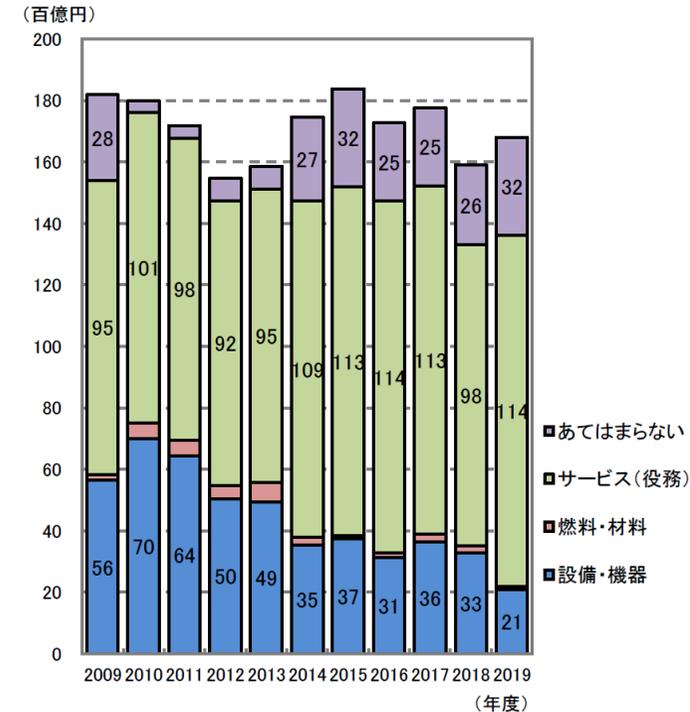
原子力産業における環境の変化

- 震災前は、原子力発電所が稼働する中で、電力会社は、安定した収入を原資に、既設プラントに加え、バックエンドの課題解決や新設に向けた投資を継続し、プラントメーカー以下の原子力産業界は設計・製造や技術開発を行ってきた。
- 震災後、原子力発電所が長期稼働停止となる中で電力会社の支出額が減少。近年は既設プラントの再稼働に向けた安全対策工事支出に注力し、総額も回復傾向。
- 原子力産業界の売り上げは震災前後で横ばいだが、項目別ではサービス（建設業等）が太宗を占め、設備・機器や燃料・材料は著しく減少。

(億円) 電気事業者による原子力関係支出高と新規制基準対応額の割合の推移 (%)



項目別の原子力関係売り上げの推移



NEXIP : Nuclear Energy × Innovation Promotion

技術開発支援、研究開発基盤の供用、人材育成・産業基盤強化を通じて原子カインノベーションを創出



技術開発支援

- ▶ 安全性向上技術開発予算：25.0億円 ⇒ 東電福島事故の教訓を踏まえ安全性向上を追求。
- ▶ 高速炉開発予算：49.0億円 ⇒ 「戦略ロードマップ」に基づき開発を推進。
- ▶ 革新技术開発予算：12.0億円 ⇒ 多様な革新的技術のF/S（フェジビリティ・スタディ）を実施。
- ▶ 水素製造技術実証：9.0億円（新規） ⇒ 原子力の超高温を活用した水素製造要素技術開発。

研究開発基盤の供用

- ▶ JAEAが持つ研究施設・解析コード・知見等の研究基盤の供用を通じ、原子カインノベーションの創出を支援。
- ▶ 産業界・大学・海外を繋ぐハブへ。

人材育成・産業基盤強化

- ▶ 産業基盤強化事業：13.0億円 ⇒ 原子力利用を支えるサプライチェーンを強化。
原子力安全の最前線を担う人材の育成。

原子力の安全性向上に資する技術開発事業

令和4年度概算要求額 25.0億円（25.0億円）

事業の内容

事業目的・概要

- エネルギー基本計画（平成30年7月閣議決定）では、「万が一の事故のリスクを下げていくため、過酷事故対策を含めた軽水炉の一層の安全性・信頼性・効率性向上に資する技術の開発を進める」こととしています。
- 東京電力福島第一原子力発電所の事故で得られた教訓を踏まえ、現在判明している知見に基づき原子力発電所の安全対策高度化に向けた対策が講じられていますが、今後も更なる安全性向上に向けて取組を加速させていくことが必要です。
- 軽水炉安全技術・人材ロードマップ（平成27年6月総合資源エネルギー調査会自主的安全性向上・技術・人材WG策定、平成29年3月改訂）において、当省が取り組むべきであり、かつ優先度が高いとされた課題の解決等に向けて、研究機関やメーカー等が実施する原子力安全の高度化に資する技術基盤の整備、技術開発を支援します。
- 令和4年度は、過酷事故時に損傷しにくい新型燃料の部材開発をはじめとした、原子力の安全性向上に資する技術開発を20件程度実施します。

成果目標

- 平成24年度から令和5年度までの事業であり、原子力の安全性を高める技術基盤を整備し、民間企業等の取組を支援することにより、本事業を通じて開発された複数件の技術について、事業終了までに、実際に利用可能な技術になることを目指します。

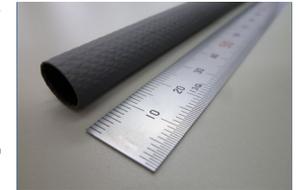
条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

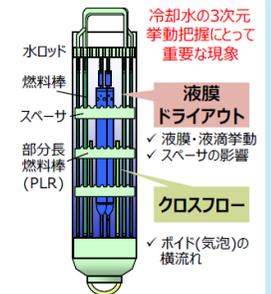
○事故耐性に優れた燃料被覆管の開発

- 過酷条件においても損傷しにくい新型燃料部材を既存の軽水炉に導入し、過酷事故時に適切な事故対応のための猶予期間を確保することを目指し、新型燃料部材を既存軽水炉で使用できる形で設計・製造するために必要となる技術基盤を整備します。



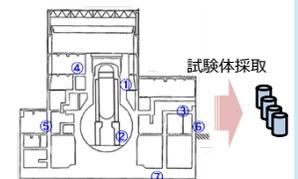
○燃料集合体内冷却水の気液二相流挙動解明に向けた研究開発

- 燃料集合体内気液二相流の挙動解明に必要な試験を計画・実施し、熱水力解析手法の高度化に資する気液二相流データベースを構築することで、軽水炉のさらなる安全性・信頼性の向上に寄与する。



○浜岡原子力発電所実機材料を用いた材料劣化調査研究

- 原子力施設の安全性を確保するため、既設原子力プラント材料の強度を正確に把握することは重要です。廃止措置プラントである浜岡原子力発電所から材料を採取し、劣化状況等の調査を行います。



高速炉に係る共通基盤のための技術開発委託事業

令和4年度概算要求額 49.0億円（43.5億円）

事業の内容

事業目的・概要

- 高速炉は資源の有効利用・放射性廃棄物の減容化・有害度低減の3つの意義を有しており、仏国や米国、ロシア、中国などの諸外国において、研究開発が進められています。
- 我が国でもエネルギー基本計画（平成30年7月閣議決定）で「高速炉等の研究開発に取り組む」とされており、本事業は、戦略ロードマップ（平成30年12月原子力関係閣僚会議決定）を受けた多様な高速炉概念に幅広く適用できる共通基盤技術の整備を目的とします。
- 令和4年度は、規格基準用試験を含む高速炉等の共通課題に向けた基盤整備、試験装置整備を含む安全性向上に関わる要素技術開発、枢要技術の確立、試験研究施設の整備、および将来の核燃料サイクルの検討に資する、使用済MOX燃料に関する開発を進めます。多目的高速試験炉等のナトリウム冷却高速炉に関する日米間協力や日仏間高速炉協力も活用し、基盤整備を効率化を目指します。

成果目標

- 平成25年度からの成果（安全設計ガイドラインの検討、日仏協力による高速炉開発）を活用し、令和2年度～6年度までの事業により、高速炉共通技術の開発を行います。本事業を通じて、原子力イノベーションに貢献する技術的な基盤や要素技術・枢要技術、試験研究施設、再処理技術の獲得・整備を目指します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

国内の高速炉開発の技術基盤を維持

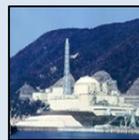
i. 共通課題に向けた基盤整備

- 炉型によらない課題に対応するための評価・シミュレーションツール（熱流動を解析するコード等）を整備
- 安全基準や構造・材料等の規格基準を整備

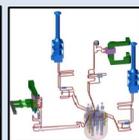
ii. 安全性向上に係る技術開発

- 自然循環による除熱や、炉心損傷事故対策など高速炉の安全性を向上させる技術開発
- 高出力化等による経済性向上技術開発

iii. 枢要技術の確立



もんじゅ



日仏協力

実験データ
運転データ
設計データ 等

- 将来の高速炉で重要となる技術を確立し、将来活用できる形で知見・ノウハウを集約。

iv. 試験研究施設の整備



大洗・AtheNa

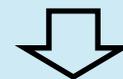


燃料試験設備

- 民間企業の開発を支える、熱流動や燃料の試験のための研究施設を整備

v. 再処理技術開発

- 様々な使用済MOX燃料に関するデータ整備



アウトカム：民間企業等の開発に活用

枢要技術やデータベースの利用、試験研究施設を利用した試験、評価ソフトウェアの利用、要素技術の適用により、様々な革新炉の可能性を発掘

基盤整備を効率化

日米協力

多目的試験炉等、米国のリソースを活用

日仏協力

ソフトウェア・試験データ
高速炉運転経験

社会的要請に応える革新的な原子力技術開発支援事業

令和4年度概算要求額 12.0億円（12.0億円）

事業の内容

事業目的・概要

- エネルギー基本計画（平成30年7月閣議決定）において、原子力の技術開発については、「再生可能エネルギーとの共存、水素製造や熱利用といった多様な社会的要請の高まりも見据えた原子力関連技術のイノベーションを促進するという観点が重要」としています。
- 本事業では、原子力技術の高度化に資する技術開発を支援することにより、安全性の更なる向上に加え、再生可能エネルギーの導入拡大や電力自由化の進展といった、社会的な環境変化に対応できる原子力技術の開発を目的とします。

成果目標

- 令和元年度から令和9年度までの事業であり、原子力の革新的な技術を開発する民間企業等の取組を支援することにより、開発された技術について、補助終了後概ね10年以内に規格基準への適用を目指します。

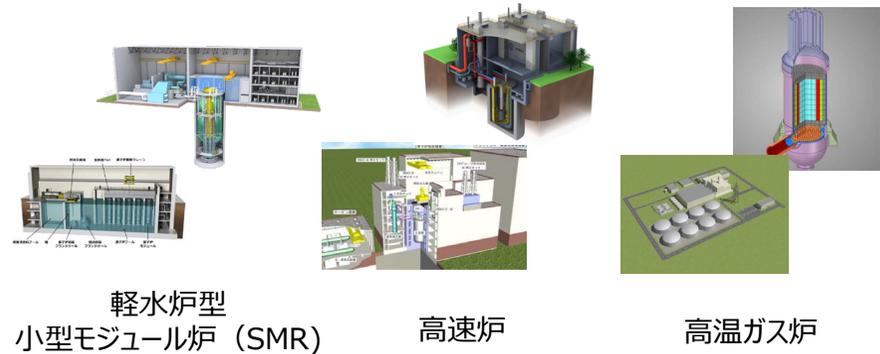
条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

(1) 社会的要請に応える革新的な原子力技術開発支援事業

- 安全性・信頼性・効率性の一層の向上に加えて、多様な社会的要請にも応える原子力技術のフェージビリティスタディ・開発を10件程度実施します。

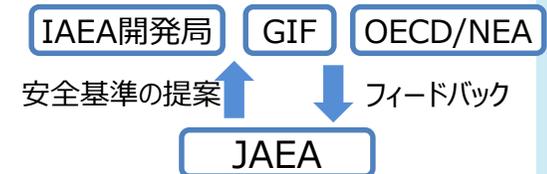
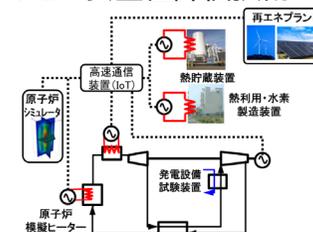


(2) 革新的原子力技術のための共通基盤技術開発事業

- 民間企業等がイノベーションを進めるのに必要となる、共通基盤技術の開発を、これまでの原子力開発に関する知見や、施設を有するJAEAにおいて実施します。

熱貯蔵・熱利用を含む革新的システムの安全性評価技術の開発

革新的原子力技術の技術戦略・安全基準案の作成



超高温を利用した水素大量製造技術実証事業

令和4年度概算要求額 **9.0 億円（新規）**

事業の内容

事業目的・概要

- 世界が脱炭素に舵を切る中、脱炭素資源に限られる我が国の産業がグローバルサプライチェーンで生き残るためには、ゼロカーボン水素を安定供給することが重要な課題。特に鉄鋼や化学を含む産業部門のCO2排出量は国内総排出量の約25%を占めることから、水素還元製鉄等が進められており、大規模かつ経済的な水素供給が必要。
- 2050年には、800℃以上の脱炭素高温熱源（例えば、高温ガス炉、太陽熱、核融合等）を活用したIS法やメタン熱分解法等のカーボンフリーな水素製造法によって、約12円/Nm³で大量の水素を安定的に供給する可能性を念頭に、製鉄や化学等での産業利用に繋げることを目標とする。
- 本目標を達成するため、2030年までに、800℃以上の高温を利用したカーボンフリーな水素製造法（IS法やメタン熱分解法、高温水蒸気電解等）のFSを実施しつつ、800℃以上の脱炭素高温熱源とまずは商用化済みのメタン水蒸気改質法による水素製造技術を用いて高い安全性を実現する接続技術・評価手法を確立する。その際、水素製造量評価技術を開発するため、高温熱源として世界最高温度950℃を実現した高温ガス炉試験炉HTTRを活用して水素製造試験を実施。加えて、将来的な実証規模のカーボンフリーな水素製造施設との接続を見据え、接続に関する機器の大型化の実現性及び成立性を確認するため、機器の概念設計を行う。

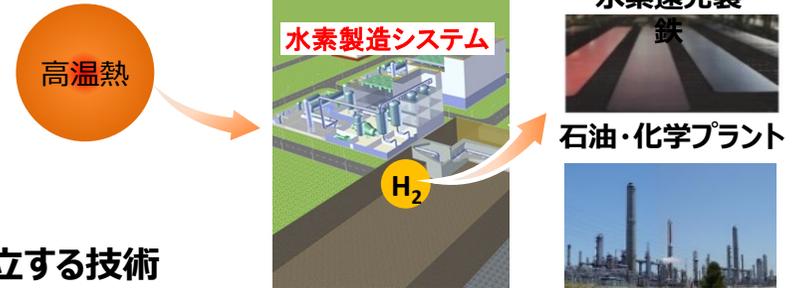
成果目標

- 2030年までに、高温熱源と水素製造プラントの接続技術を確立し、水素製造が可能なことを実証する。また、カーボンフリーな水素製造法（IS法やメタン熱分解法、高温水蒸気電解等）の技術成立性を見通しを得る。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ



確立する技術

- 800℃以上に耐える大型隔離弁等の接続技術を開発、HTTRを高温熱源に活用し水素製造試験を実施することで、水素製造量評価技術を確立
- 実用化スケール向けの接続設備機器の概念設計を実施し、実現性及び成立性を確認
- 2050年の製鉄等の脱炭素を念頭に、800℃以上の高温を利用したカーボンフリーな水素製造法（IS法やメタン熱分解法、高温水蒸気電解等）のFSを実施し、技術コンセプトが確認された水素製造技術を対象にシステムレベルで技術を実証（目標TRL5）

2030年：超高温を活用したカーボンフリーな水素製造技術の技術的成立性に見通しを得た上で、高温ガス炉と水素製造プラントの接続技術を確立

2050年：大量かつ経済的なカーボンフリー水素を安定供給（約12円/Nm³の可能性）、2050年政府目標（水素流通量2000万トン/年、水素コスト20円/Nm³）に貢献

原子力産業基盤強化事業

令和4年度概算要求額 13.0 億円 (12.5 億円)

事業の内容

事業目的・概要

- エネルギー基本計画（平成30年7月閣議決定）では、「実用段階にある脱炭素化の選択肢である原子力」に関して、「人材・技術・産業基盤の強化に直ちに着手」することとしています。
- 本事業では、原子力利用の安全性・信頼性を支えている原子力産業全体の強化のため、
 - ①世界トップクラスの優れた技術を有するサプライヤーの支援、
 - ②技術開発・再稼働・廃炉などの現場を担う人材の育成 等に取り組みます。令和4年度は、10件以上の新技術開発等を支援し、また、技能向上のための人材育成事業を10件程度実施します。
- 原子力利用先進国として我が国が有する人材・技術・産業基盤を維持・強化することで、不断の安全性追求と技術力向上に取り組む原子力産業を実現します。

成果目標

- 令和2年度から令和6年度までの5年間の事業であり、原子力関連機器・サービスの安全性・信頼性向上、原子力分野の人材の技能向上と専門性強化を目指します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

1. 原子力利用を支えるサプライチェーン強化

- 世界トップクラスの技術力や経験・実績を有している国内プラントメーカー・サプライヤー等による原子力関連機器・サービスの安全性や信頼性向上に資する技術開発等を支援
- 持続可能な原子力産業基盤の実現に向けた課題の検討に複数の事業者が連携して取り組むこと等を促進することで、原子力の安全性や信頼性を支えるサプライチェーン全体を強化



安全性や信頼性に優れた原子力発電所向け機器の開発

2. 原子力安全の最前線を担う人材の育成

- 現場技術者の運転保守業務の技能向上、事故への対応能力強化、技術開発力の強化等のための講義や実習等を実施
- 技術開発・再稼働・廃炉など原子力のあらゆる現場で安全を担う人材を育成



実習による技能向上

目次

1. 原子力の国際協力と人材・技術・産業基盤

2. バックエンドの取組

核燃料サイクルの確立に向けた取組の進展

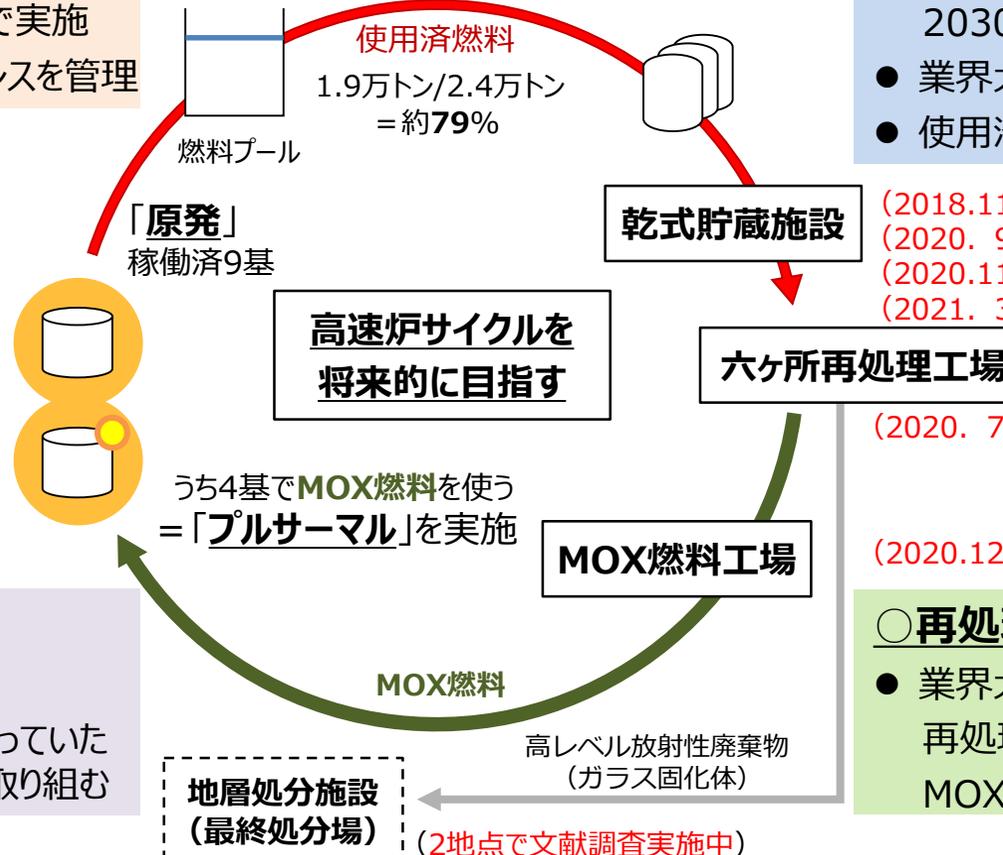
- 核燃料サイクル施設の事業変更許可や最終処分取組など、核燃料サイクルの取組が大きく前進。
- 核燃料サイクル確立に向けて、①六ヶ所再処理工場・MOX燃料工場の竣工、②使用済燃料対策の推進、③最終処分の実現、④プルトニウムバランスの確保等の取組を加速することが重要。

○プルトニウムバランスの確保

- 新たなプルスーマル計画に基づき、2030年度までに少なくとも12基で実施
- プルトニウムの回収と利用のバランスを管理

○使用済燃料対策の推進

- 業界全体で貯蔵能力の拡大を推進
2030年頃に容量を約3万トンへ
- 業界大の連携・協力を推進
- 使用済MOX燃料の技術開発を加速



- (2018.11 使用済燃料対策推進計画 改訂)
- (2020. 9 伊方 許可)
- (2020.11 RFS 許可)
- (2021. 3 玄海 審査書案了承)

(2020. 7 許可)

(2020.12 許可)

○再処理工場・MOX工場の竣工

- 業界大で原燃の審査・竣工を支援
再処理：2022年度上期
MOX：2024年度上期

(2018. 7 我が国におけるプルトニウム
利用の基本的な考え方)

(2020.12 プルスーマル計画)
(2021. 2 プルトニウム利用計画)

○最終処分の実現

- 複数地点で文献調査を実施中
- できるだけ多くの地域で関心を持っていただけるよう、全国での対話活動に取り組む

(2地点で文献調査実施中)

六ヶ所再処理工場・MOX燃料工場の竣工に向けた取組

- 使用済燃料を再処理し、MOX燃料として再利用する核燃料サイクルを進める上で、六ヶ所再処理工場とMOX燃料工場は中核となる施設。昨年、両工場が事業変更許可を取得したことは、核燃料サイクル政策において大きな前進。
- 現在、業界をあげて、審査体制の支援や技術力の維持・向上等に関する取組が進展。今後、両工場の竣工・操業に向けて、こうした取組を一層強化していくことが重要。

六ヶ所再処理工場の経緯

1993年4月 着工
1999年12月 使用済燃料搬入開始
2006年3月 アクティブ試験開始 →ガラス溶融炉の試験停止
2013年5月 ガラス固化試験完了
2014年1月 新規制基準への適合申請
2020年7月 事業変更許可
2020年12月 初回設工認申請
→安全対策工事や使用前事業者検査を経て竣工

2022年度上期 竣工目標



使用済燃料の最大処理能力：800トン/年

MOX燃料工場の経緯

2010年10月 着工
2014年1月 新規制基準への適合申請
2020年10月 審査書案の了承
2020年11月 パブコメ終了
2020年12月 事業変更許可
初回設工認申請
→安全対策工事や使用前事業者検査を経て竣工

2024年度上期 竣工目標



最大加工能力：130トン-HM（ヘビーメタル*）/年

* MOX中のPuとUの金属成分の重量を表す単位

「戦略ロードマップ」に基づく高速炉開発の推進

- **高レベル放射性廃棄物の減容化、有害度低減、資源の有効利用**といった核燃料サイクルの効果を高める高速炉開発を推進。
- 2016年12月、「『もんじゅ』の取り扱いに関する政府方針」とともに、高速炉開発の目標や原則を定めた「**高速炉開発の方針**」を決定。本方針に基づき、2018年12月、研究開発政策の在り方やプレーヤーの役割を定めた「**戦略ロードマップ**」を策定し、ロードマップに基づく高速炉開発を推進中。

「戦略ロードマップ」（2018年12月21日 原子力関係閣僚会議決定）

<スケジュール>

- “**高速炉の本格的利用**が期待されるタイミングは**21世紀後半のいずれかのタイミング**”
- “**例えば21世紀半ば**の適切なタイミングにおいて、技術成熟度、ファイナンス、運転経験等の観点から**現実的なスケールの高速炉が運転開始**されることが期待”

<開発の進め方>

【ステップ1：競争の促進】

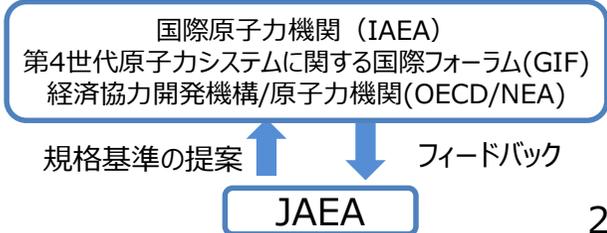
“**当面5年間程度**は、これまで培った技術・人材を最大限活用し、民間によるイノベーションの活用による**多様な技術間競争を促進**する。”

【ステップ2：2024年以降に採用する可能性のある技術の絞り込み・重点化】

【ステップ3：今後の開発課題及び工程についての検討】

イノベーションによる技術間競争と基盤整備の取組

- 令和元年度より、補助事業において民間企業による多様なイノベーションを推進
 - ✓ 令和2年度は高速炉を含む12のフェーズビリティスタディを支援
 - ✓ 令和2年度末に技術評価を実施し、継続案件を精査
- JAEAにおいて、イノベーションの基盤を整備
 - ✓ **常陽（実験炉）**

多様な材料への照射が可能
 - ✓ **革新炉の規格基準策定**


国際原子力機関（IAEA）
第4世代原子力システムに関する国際フォーラム（GIF）
経済協力開発機構/原子力機関（OECD/NEA）

規格基準の提案 ↑ ↓ フィードバック
JAEA

最終処分の実現に向けた取組状況

- 北海道の**寿都町**、**神恵内村**において**文献調査を開始**。今月より、「**対話の場**」を立ち上げ、最終処分に限らず、**地域の発展ビジョン**などを含め、**地域住民との対話活動**を行っていく。
- 引き続き、地域の御理解と御協力を得ながら、**全国のできるだけ多くの地域で、最終処分事業に関心を持っていただき、文献調査を受け入れていただけるよう**、全国での対話活動に取り組んでいく。

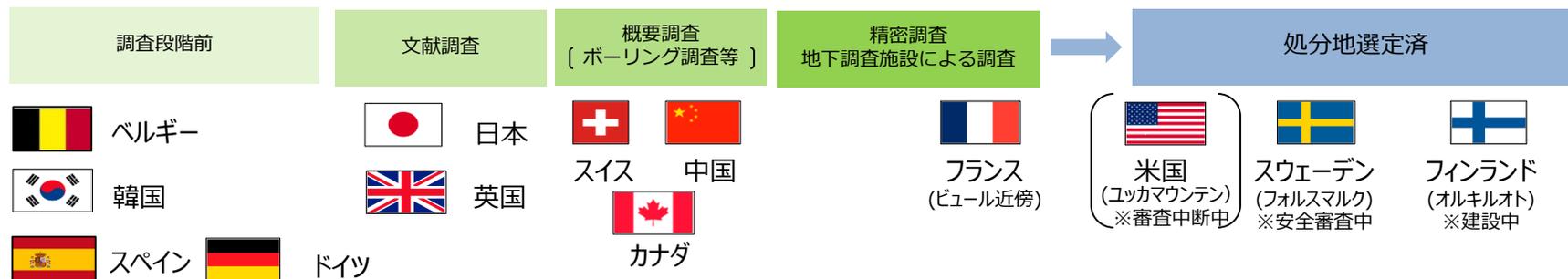
<寿都町・神恵内村>



<最終処分法に基づく処分地選定のプロセス>



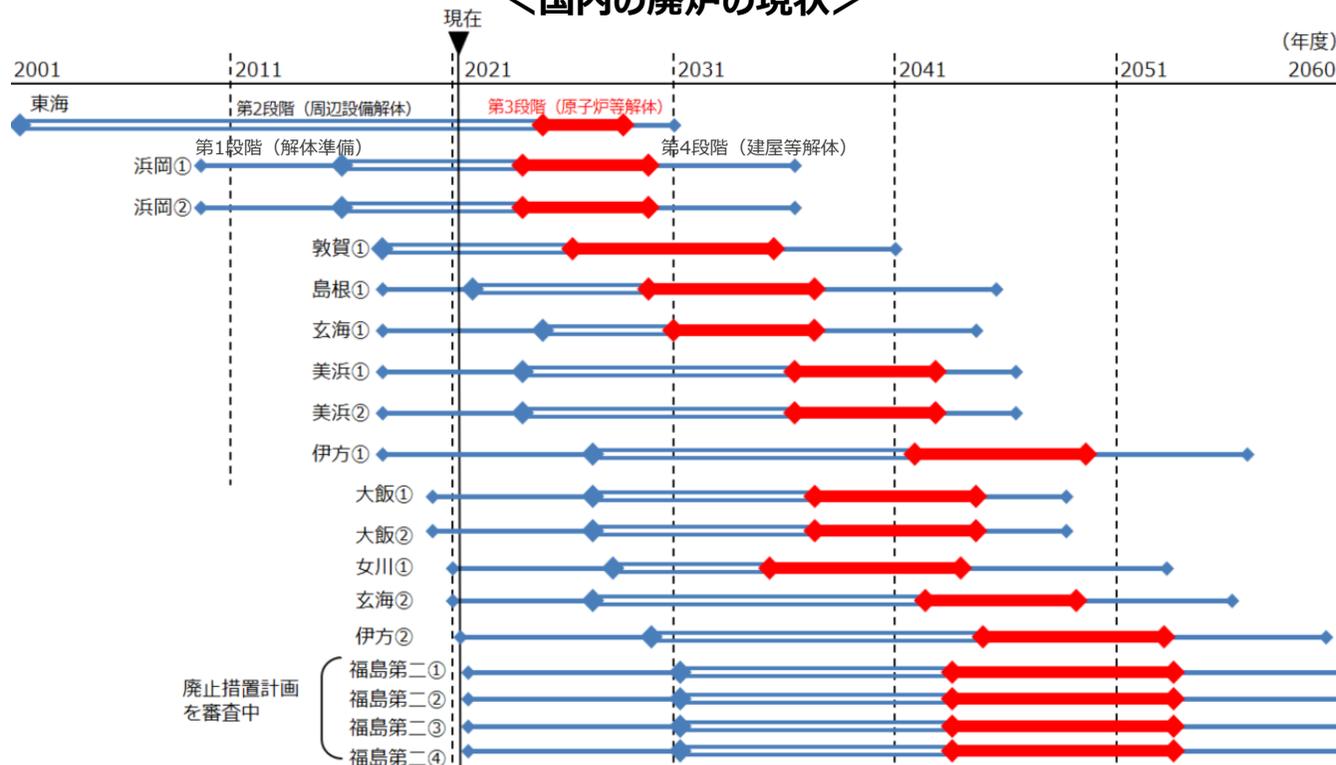
<各国の最終処分地の選定状況>



原子力発電所の廃炉の現状

- 日本にある原子力発電所60基（建設中含む）のうち、**24基が廃炉を決定済み**。2020年代半ば以降、原子炉等の解体が本格化していく見通し。
- 安全かつ円滑な廃炉の実現に向けて、①**電力各社の連携・海外事業者の技術・ノウハウ活用**、②**クリアランス物の再利用促進**、③**共通プロセスの標準化**等に引き続き取り組んでいく。
- 原発立地地域においては、**廃止措置の技術改善や産業創出**を目指し、**地元企業や大学と連携した検討や研究開発**等を実施するための取組が行われており、国としても、**県や事業者等としっかりと連携**していく。

＜国内の廃炉の現状＞



＜立地地域と連携した取組の例＞

嶺南Eコースト計画推進会議 (福井県)

- ◆ 原子力をはじめ、再エネを含む様々なエネルギーを活用した地域経済の活性化やまちづくりを目指すことにより、人・企業・技術・資金が集まるエリアの形成を図る「嶺南Eコースト計画」について、国や電気事業者も連携・推進。
- ◆ 同計画では、「**デコミッションングビジネスの育成**」を基本戦略の一つに位置付け、廃止措置工事等への地元企業の参入促進や、解体廃棄物の再利用等のビジネス化に向けて取り組んでいる。

令和4年度概算要求額 10.2億円（10.0億円）

事業の内容

事業目的・概要

- 原子力発電所の使用済燃料を再処理する際には、再利用できない高レベル放射性廃液※¹を、ガラス固化体※²の形で処分することとしています。これにより、放射性物質を長期間安定的に閉じ込めておくことができ、かつ廃棄物の体積を減らすことが可能となります。
- このガラス固化体の製造技術を改善し、高レベル放射性廃棄物の含有率を高めていくこと（高充填化）は、今後、地層処分を効率的に進めていくために必要不可欠です。
- 本事業では、放射性廃棄物のガラス固化技術の確立のため、以下の事業を行います。
 - ① 高充填化に最適なガラス組成の選定・評価
 - ② 高充填化を妨げる原因となる白金族元素の凝集やイエローフェーズを抑制する技術等の開発
 - ③ ガラス溶融炉の運転制御技術の開発 など

成果目標

- 令和6年度までに、MOX燃料を含む様々な種類の使用済燃料を再処理する際に発生する廃液に応じて、溶融・固化プロセスを改善し、高充填化を妨げる白金族元素の凝集やイエローフェーズの生成を抑える技術等を開発します。
- さらに、令和6年度までに、使用済MOX燃料を安全・安定的に処理するため、施設の安全性向上や処理性能向上を図るための基盤技術を開発します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）

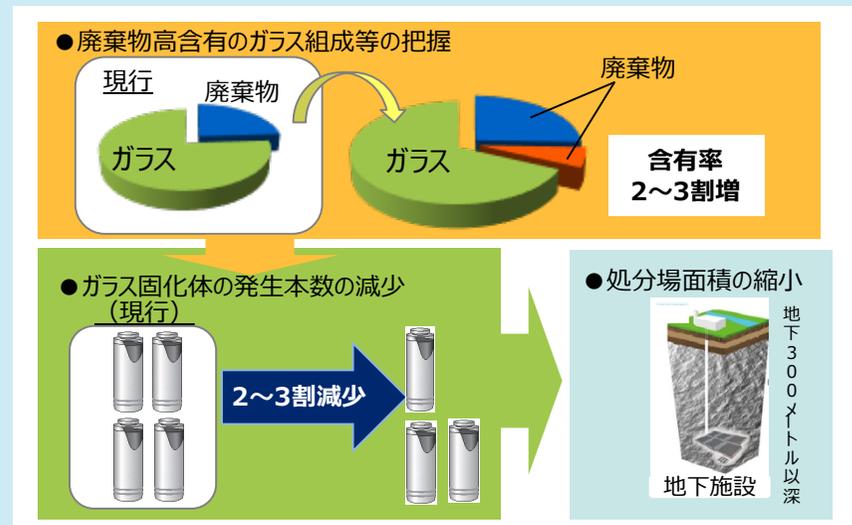


事業イメージ

【ガラス固化の技術基盤】



【高充填化による効果（イメージ）】



※¹ 高レベル放射性廃液は、使用済燃料の再処理により、再利用できないものとして残った放射能レベルの高い放射性廃棄物であり、組成、放射能レベル等は様々です。
 ※² ガラスは、水に溶け難く、化学的に安定しているという特長があるため、放射性物質をガラスの構造の中に取り込み、長期間安定に閉じ込めておくのに適した材料です。ガラス原料と廃棄物を高温で融かし合わせ、容器の中で冷やし、固体とします。

低レベル放射性廃棄物の処分に関する技術開発委託費

令和4年度概算要求額 2.2億円 (2.2億円)

事業の内容

事業目的・概要

- 本事業では中深度処分*1の円滑な実施に向けた技術開発や廃炉等で発生するクリアランスレベル*2金属廃棄物の有効利用促進に向けた実証試験を行います。
 - *1:一般的な地下利用に対して十分余裕を持った深度（地下70m以深）に埋設する処分方法です。
 - *2:放射能濃度が極めて低く放射性廃棄物として扱う必要が無いレベルのことです。
- 具体的には、大規模な坑道や地下空洞型処分施設などを建設する上で必要な、岩盤にかかる圧力（地圧）の三次元的な分布を把握する技術や、大規模地下空洞への地震動の影響を評価する手法の開発を行います。また、クリアランスレベル金属廃棄物の再利用に係る実証試験を実施します。
- 令和4年度は、地下70m以深の実規模試験施設を活用した測定装置の詳細設計を実施します。また、クリアランスレベル金属廃棄物の安全な加工方法等を実証します。

成果目標

- 処分施設建設の事前検討に必要な地下環境を把握する技術の開発を行い、中深度処分の円滑な実施を目指します。また、令和4年度中に、クリアランス金属廃棄物を安全に再利用できることを実証します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）

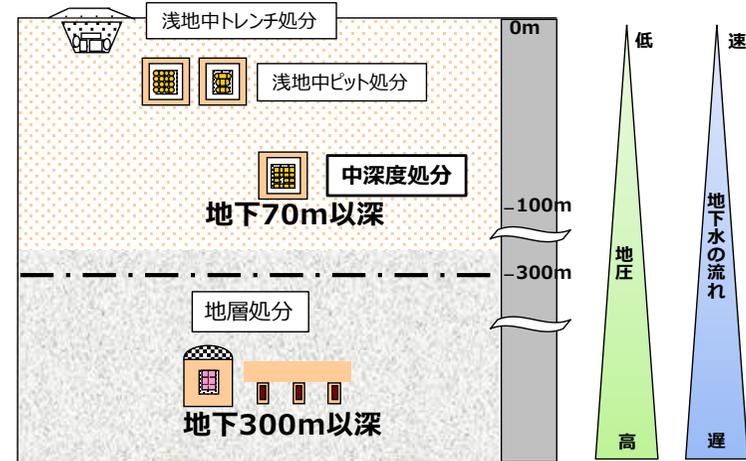
国

委託

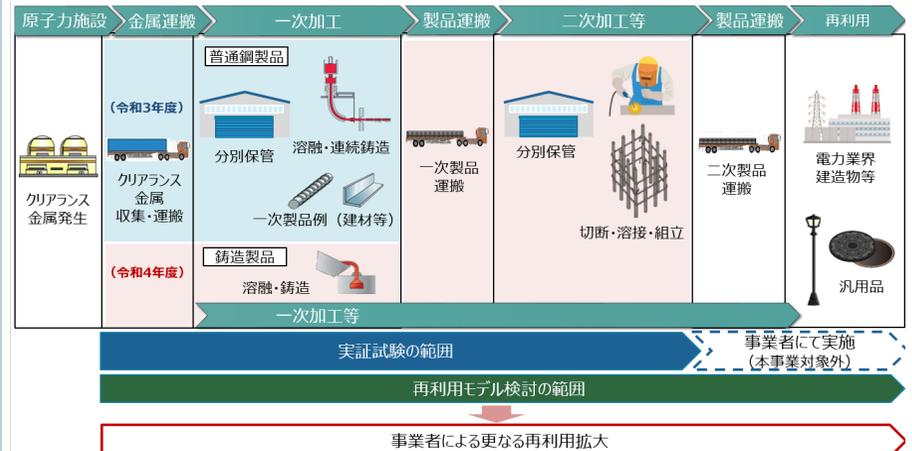
民間企業等

事業イメージ

地下環境の一般的な特徴



クリアランスレベル金属廃棄物の有効利用促進のイメージ



高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発委託費 令和4年度概算要求額 35.0億円（37.9億円）

事業の内容

事業目的・概要

- 我が国においては、原子力発電に伴い発生する使用済核燃料を再処理し、ウラン・プルトニウムを回収した後に生ずる高レベル放射性廃棄物をガラスで安定的な状態に固形化し（ガラス固化体）、冷却のため貯蔵・管理した上で、地下300m以深の地層に埋設処分（地層処分）することとしています。
- こうした高レベル放射性廃棄物の地層処分技術の信頼性・安全性のより一層の向上や幅広い選択肢の確保に向け、天然の地質環境・人工バリア*1の機能の評価方法や、廃棄物の回収可能性、使用済燃料の直接処分*2等の代替処分方法に関する調査・研究などを行います。

*1:放射性物質の移動を抑制するために工学的な対策として人工的に構築するバリアで、放射性物質の閉じ込め機能や遮水機能などを有する。

*2:日本では、使用済燃料を再処理せずに地中に廃棄する方式のことを指す。

成果目標

- 高レベル放射性廃棄物の地層処分技術の信頼性・安全性の向上に向けて、令和4年度までに、高レベル放射性廃棄物の地層処分における人工バリアの健全性や地質環境の長期的変化を評価する技術の確立等を目指します。

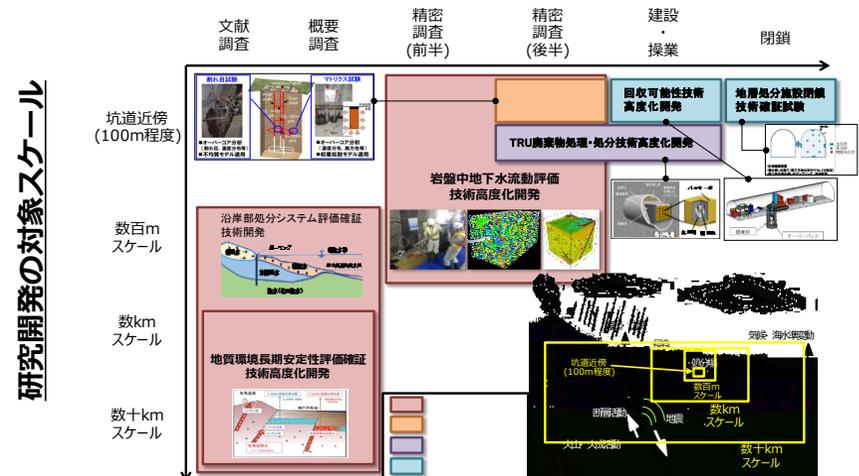
条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ



研究開発成果の主な反映先



技術開発の課題一覧

これらに加えて、直接処分等代替処分技術に係る技術開発を実施