



第15回原子力機構報告会

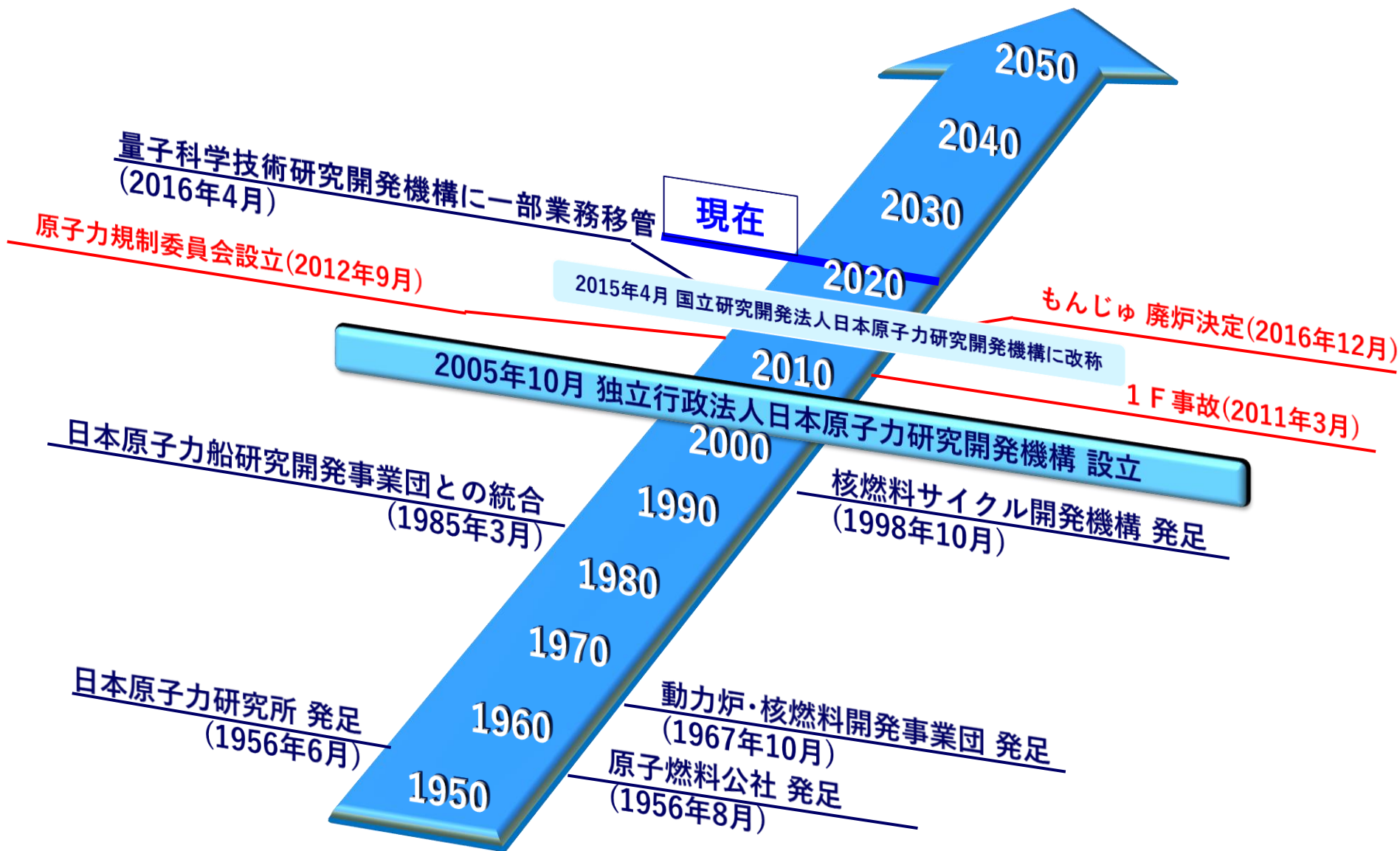
持続可能な原子力利用のために

—新原子力実現のために過去から何を受け継ぎ、何をすべきか—

令和2年11月17日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

事業計画統括部長 門馬利行



第3期中長期計画の対象期間

: 2015年度(H27年度) ~ 2021年度(R3年度) 【7年間】

現在6年目

東京電力福島
第一原子力発
電所事故の対
処に係る研究
開発

廃止措置等

環境回復

研究開発基盤
の構築

原子力安全規制
行政への技術的
支援等

原子力防災等
に対する
技術的支援

安全研究

原子力の安全性
向上のための研
究開発等

原子力の
安全性向上

核不拡散・
核セキュリティ

高速炉・新型炉
の研究開発

高速炉の実証技
術確立に向けた
研究開発

高温ガス炉と
熱利用技術研究
開発

核燃料サイクル
に係る研究開発
等

再処理・燃料製造

減容化・有害度低減

高レベル放射性廃棄
物処分技術

廃止措置・放射性廃
棄物処理処分

敦賀地区の原
子力施設の廃
止措置実証の
ための活動

もんじゅ

ふげん

産学官の連携強化と社会から
の信頼確保のための活動

イノベーション創出に向けた取組

国際協力

原子力事業者支援

原子力の基礎基盤研究と人材育成

原子力を支える基礎基盤研究

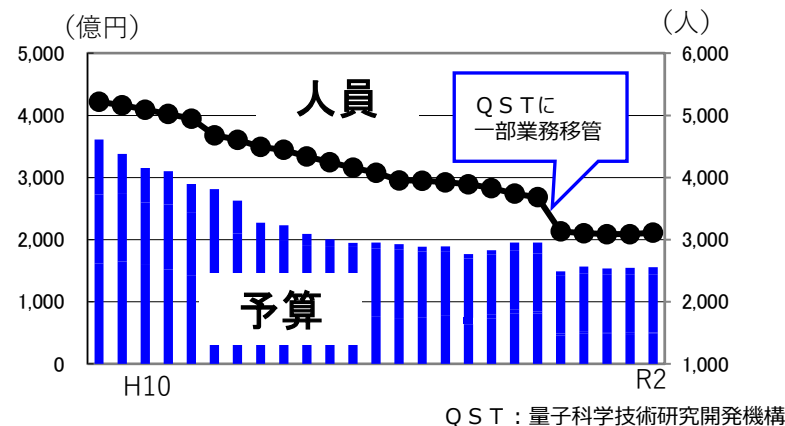
先端原子力科学研究

物質科学研究

先端原子力施設の共用(J-PARC)

原子力人材の育成と供用施設の利用促進

- ✓ 予算や人員の減少
- ✓ 新規制基準の導入、施設の老朽化の進行




施設の集約化・重点化に加え、老朽化した施設の廃止措置及び放射性廃棄物の処理処分といった「バックエンド対策」の加速が必要

- 「施設中長期計画」（2017年4月策定、毎年度末更新）において、**原子力施設の約半数を廃止措置対象にする等、施設の集約化・重点化方針を明確化**
- 「バックエンドロードマップ」（2018年12月策定）において**長期のバックエンド対策に関する方針を明確化**

一方で、

バックエンド対策のみでは、原子力の総合的な研究開発機関として目指すべき将来像が見えない！

(世の中の動向)

- ✓ 2050年に向けエネルギー転換・脱炭素化への挑戦を進めるためにあらゆる選択肢の可能性とイノベーションの追求が重要
- ✓ 今世紀後半のできるだけ早期に「脱炭素社会」の実現を目指す
「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」
 **2050年カーボンニュートラルを目指す** 「菅総理所信表明演説」
- ✓ 最先端技術を駆使した未来社会Society5.0の実現への取組を推進していく
「第5期科学技術基本計画」

将来社会へ貢献するために

➡ 原子力が秘めているポテンシャルを最大限活用



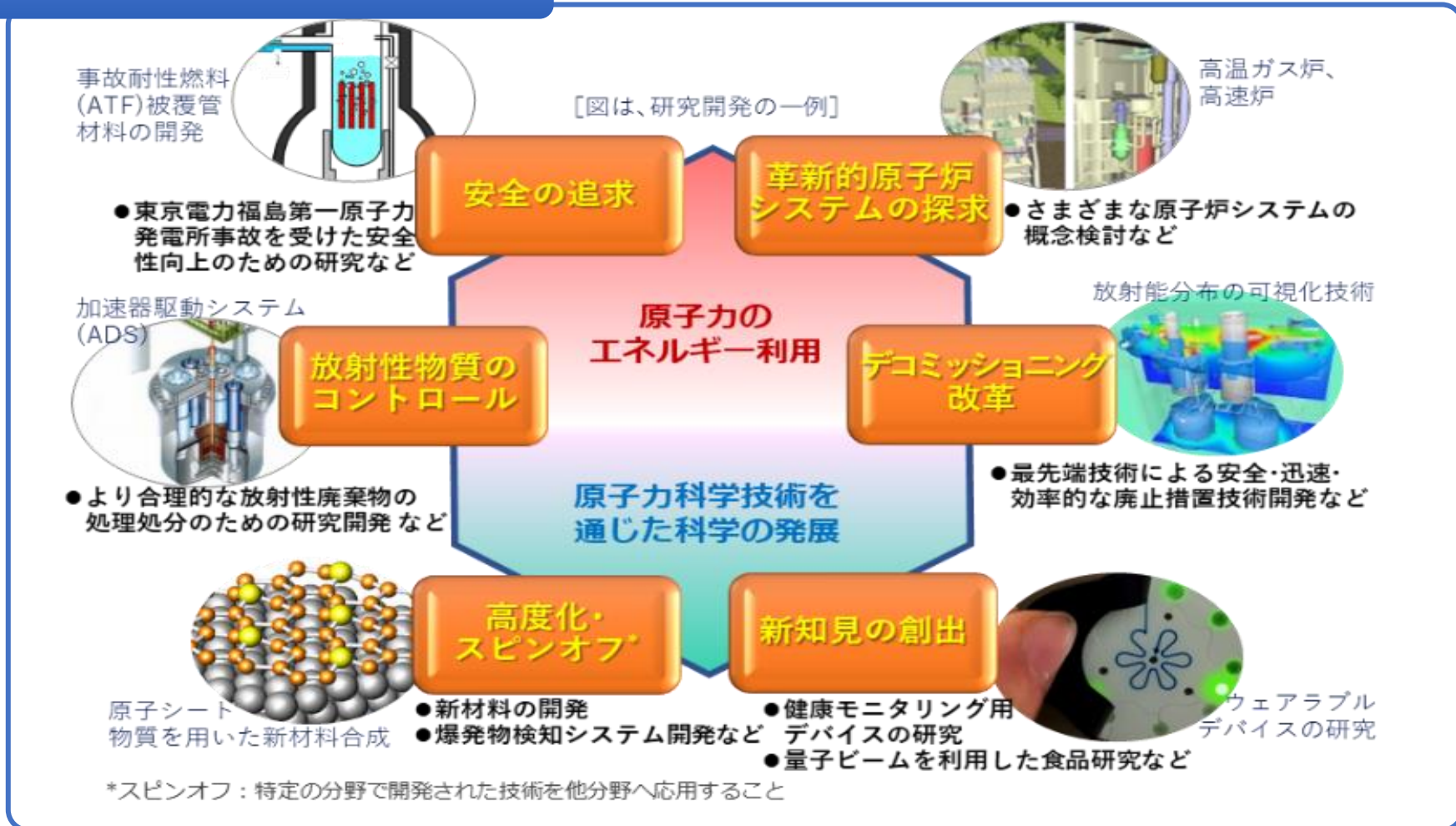
将来ビジョン **JAEA 2050 +** の策定 (2019年10月)



“新原子力”：従来の取組を超えて、以下の実現をめざす新たな取組

- ✓ 一層の安全性向上を含む「S+3E」と社会的課題の解決に応える原子力科学技術システムの構築
- ✓ 他分野との積極的な融合によるイノベーションの創出

横断的かつ戦略的な研究開発



バックエンド問題への
着実な取組

国際協力・国際貢献、
地域の発展

組織づくりと人材確保・
育成

“新原子力”の実現に向けて

“新原子力”の実現に向け、 機構の強み・弱み*を踏まえた 戦略の明確化

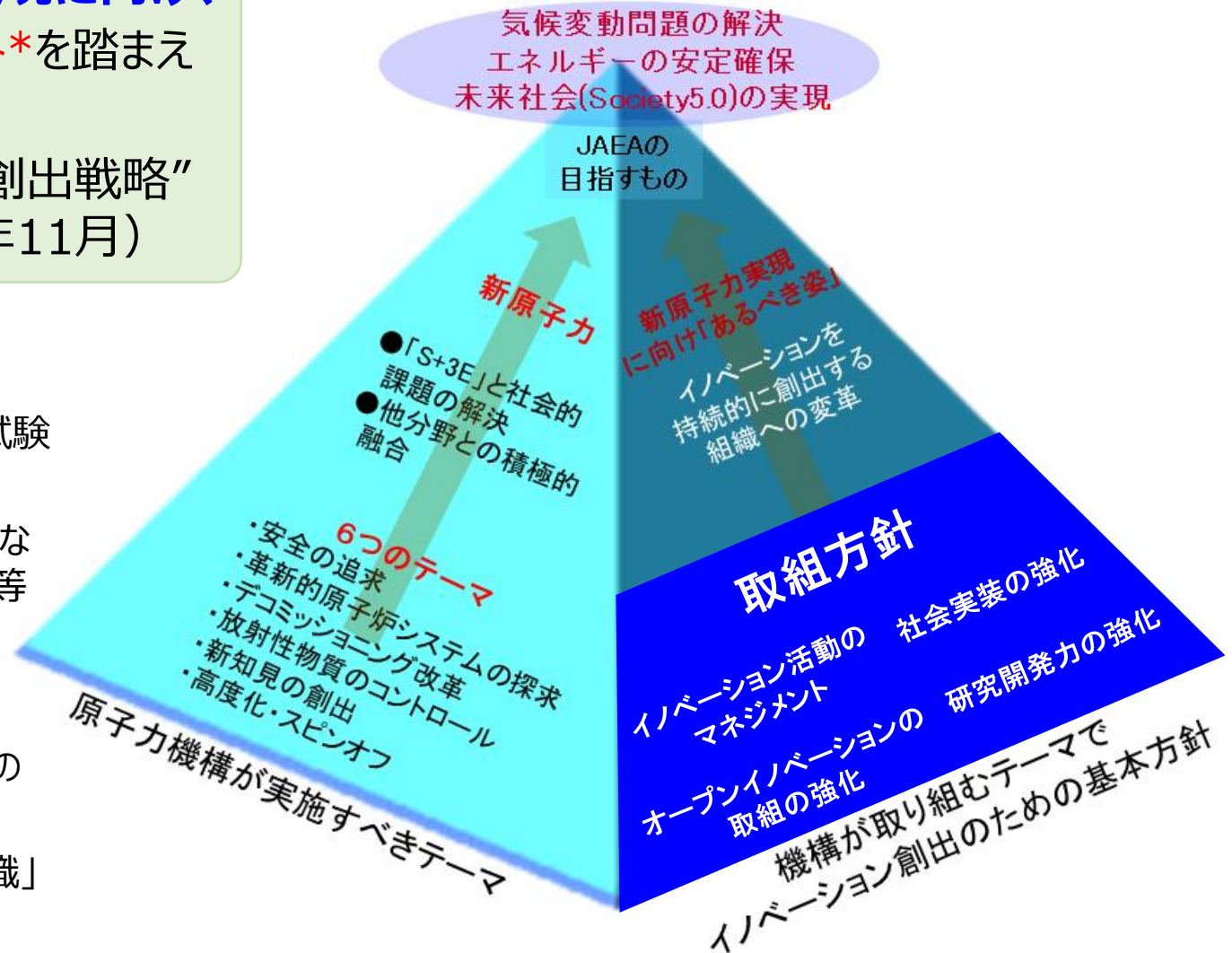
→“イノベーション創出戦略”
の改定（2020年11月）

*【強み】

- ✓ 試験研究炉、ホット試験施設等の保有
- ✓ 原子力に関する多様な知見、技術の保有 等

【弱み（課題）】

- ✓ オープンイノベーションの取組の不足
- ✓ 外部との「組織対組織」の連携の不足 等



試験研究炉の運転再開を機に、一般分析機器等も含めた機構の有する施設・設備・機器の利用促進を図り、オールジャパンでのイノベーション創出に貢献していく

OFP総合窓口WEB（ワンストップ窓口化）

- ・総合利用相談
- ・施設利用申請総合窓口
- ・一般分析機器利用申請総合窓口



- : 稼働中
- : R2.11~
- : R3.4~

中性子施設（中性子利用プラットフォーム）

- ・中性子利用相談
- ・課題システムへのガイド
- ・最新情報取得



共用法施設



供用施設



相補利用

J-PARC 課題申請システム

JRR-3 利用申請システム

J-PARC ユーザーズオフィス

JRR-3 ユーザーズオフィス

供用10施設

- ・施設固有技術相談
- ・技術支援等

光科学		
SPring-8		
質量分析	廃炉研究	ホット試験

一般分析機器

(例)



オープンイノベーションの「共創の場」としての
オープンファシリティプラットフォーム（OFP）を構築する

政府事業への参画を通じて、機構が有する技術基盤等をプラットフォームとして活用することにより、産業界との協働を進め、原子力のエネルギー利用の多様性確保に努める

NEXIP (Nuclear Energy X Innovation Promotion)イニシアティブ

技術開発支援 経済産業省 Ministry of Economy, Trade and Industry

安全性向上に資する技術開発

－事故耐性燃料、安全高度化基盤技術．．．等

革新的な原子力技術開発

－高速炉、革新炉（小型軽水炉、高温ガス炉）等

基礎・基盤研究開発 文部科学省 MINISTRY OF EDUCATION, CULTURE, SPORTS, SCIENCE AND TECHNOLOGY JAPAN

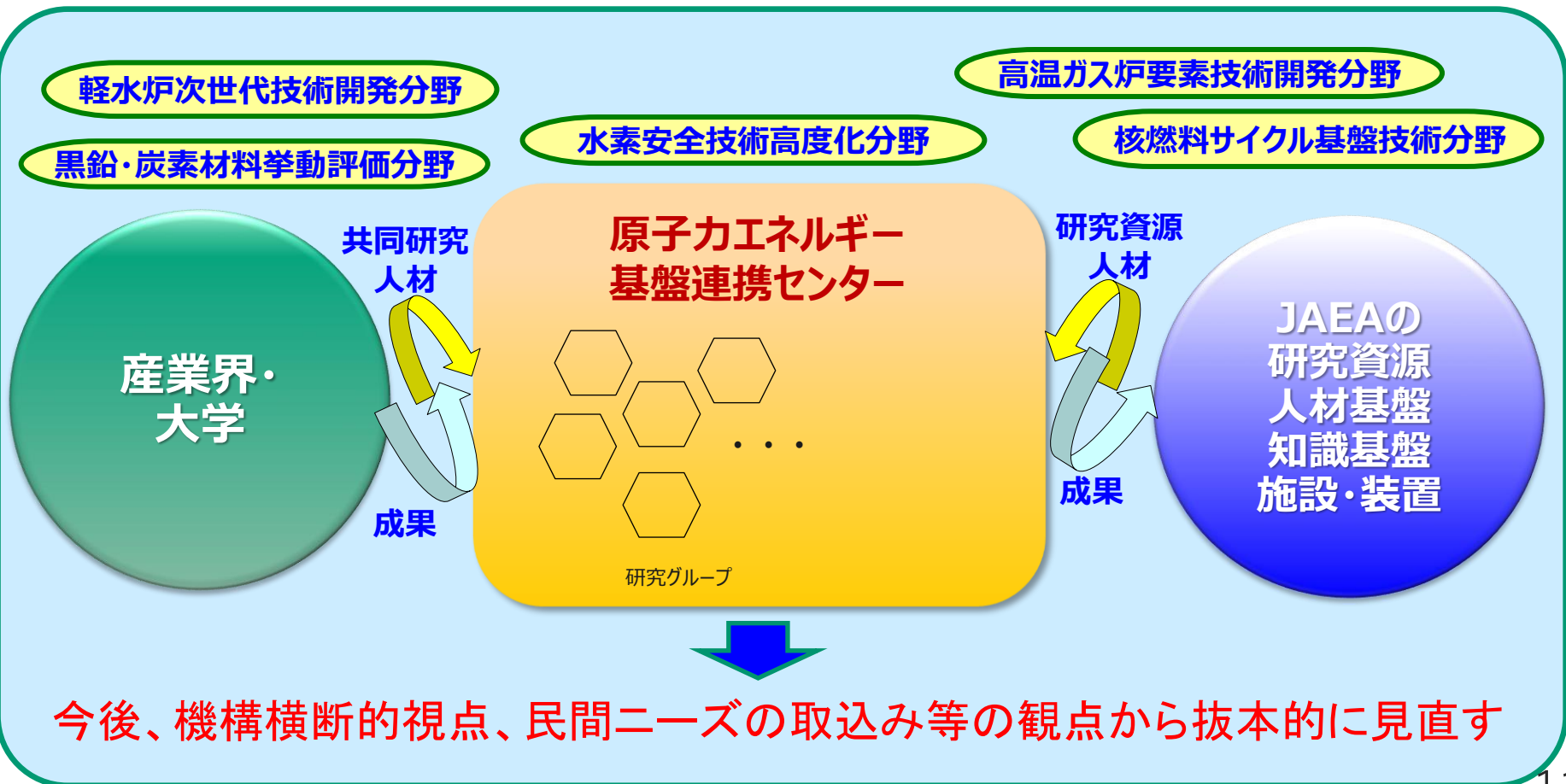
基盤チーム型

－将来の社会実装に向けたテーマ
－年間1億円以内、4年以内

ボトルネック課題解決型

－実用化のボトルネック課題解決へ向けた要素技術開発
－年間3千万円以内、3年以内

機構と産業界が資金と人とテーマを持ち寄り、組織対組織での大型の共同研究を推進し、連携拠点の形成を目指す



原子力機構が創出する研究開発成果を社会実装していくため、コーディネータの役割を見直し、コーディネート活動を活性化していく

JAEA技術サロンの開催

異分野・異種融合促進の新たな取組として、産業界で応用可能な機構の技術を研究者自らが説明し、外部有識者とともに成果の社会還元、実用化に向けた課題等の意見交換を実施



JAEA技術サロン

(本年10月オンライン開催、次回は来年2月を予定)

ビジネスマッチング活動

機構の保有技術の橋渡しチャンネルの拡大に向け、技術展示会・商談会等に積極的に出展



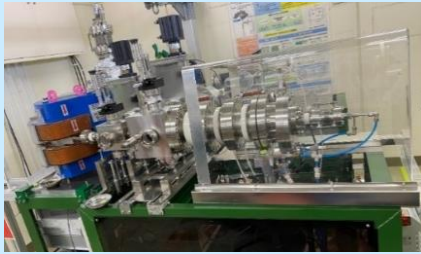
JST新技術説明会

(様々な国研、大学等と共催で
数回～10回/月程度開催
本年9月JAEA共催にてオンライン開催)

分析技術展示会

「JASIS」
(年1回開催)

【JAEA技術サロンの進展事例】



超小型加速器質量
分析装置



エマルションフロー法*による効率的分離技術

*水と油の乳濁混合状態（エマルション）による液液抽出

【技術シーズ集】

技術の特徴をわかりやすく、見やすく
紙面をリニューアル（2020.9）

<https://rdreview.jaea.go.jp/seeds/top/index.html#>



【成果展開事業製品化事例】

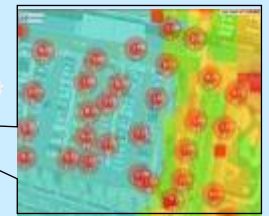
深部体温を指標とした
熱中症警告装置



レーザー遮光カーテン



放射線分布迅速
マッピング用
モバイルアプリ



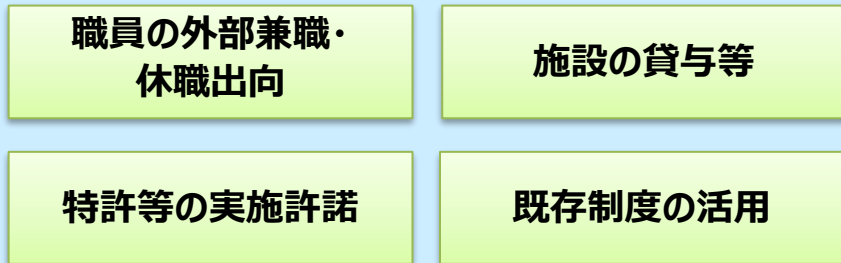
今後、イノベーション創出の観点からの研究開発力強化、外部人材の確保を含むコーディネート活動の活性化等により、社会実装事例の増加を目指す

組織主導でのベンチャー創出と、ボトムアップでのベンチャー創出の活性化を図る

《ベンチャー支援の流れ》



《認定ベンチャーへの支援制度等》



出資に係る制度の見直しと、活性化のための支援強化を図る

自らの知識基盤、技術基盤、知財等の強みを活かす知財マネジメントに取り組む

知的財産ポリシーの考え方

特許は、取得でなく利活用が目的

権利・維持基準の具体化・明確化

- ・メーカー等の要望があるものや、中長期計画等に明記した分野の発明
- ・競争的資金の獲得や、企業との共同研究に必要な発明

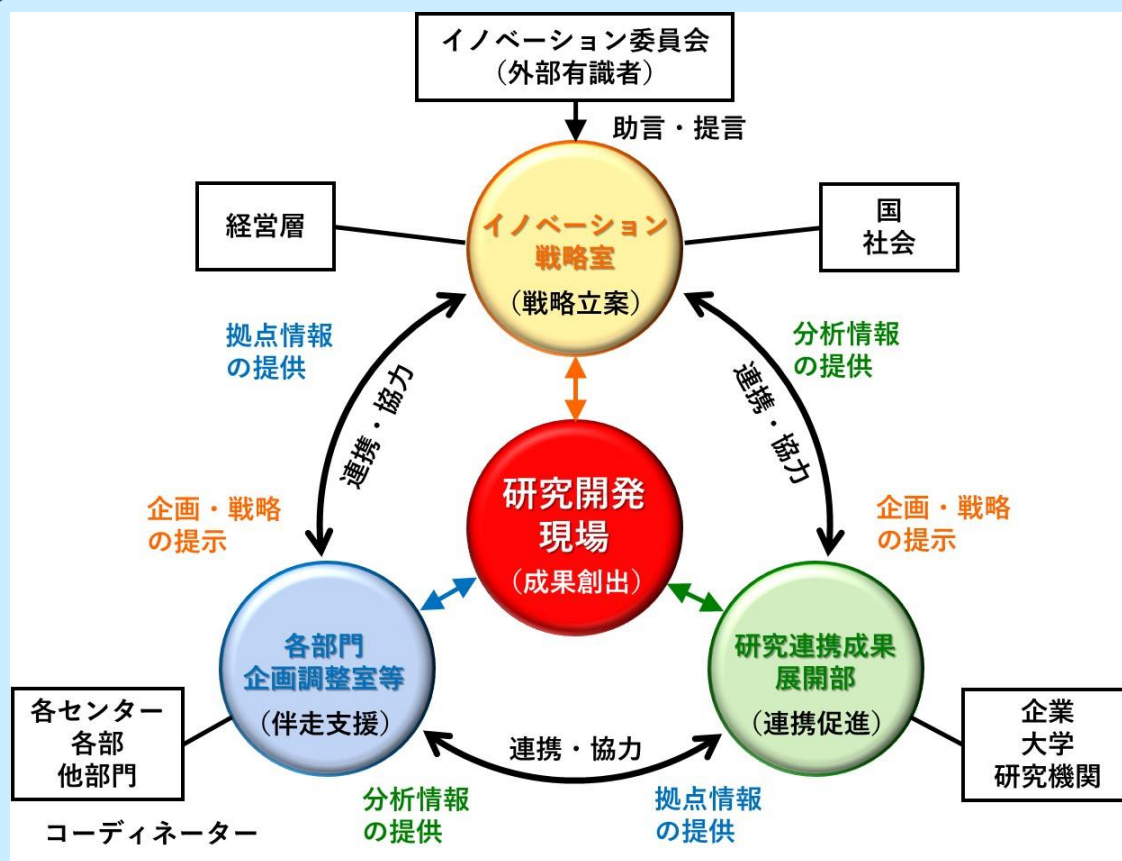


出口戦略

市場性、秘匿・公知化、ノウハウ等を考慮し総合的に判断

機構の強み分析に基づく戦略的な知財マネジメントを実施する

イノベーション創出機能の強化を図るため、組織・体制の強化、イノベーション創出までのシームレスな組織マネジメントを実施する



■ イノベーション委員会 (外部有識者)

イノベーション創出活動に対する助言、提言

■ イノベーション戦略室

イノベーション創出に係る戦略・企画立案

■ 研究連携成果展開部、各部門企画調整室等

イノベーション創出に関する研究者・技術者の支援



イノベーションマネジメント体制を構築する

イノベーション創出の観点から社会ニーズ及び顧客視点を踏まえた研究テーマを設定し、研究開発成果を持続的に創出していく

様々な組織との共創

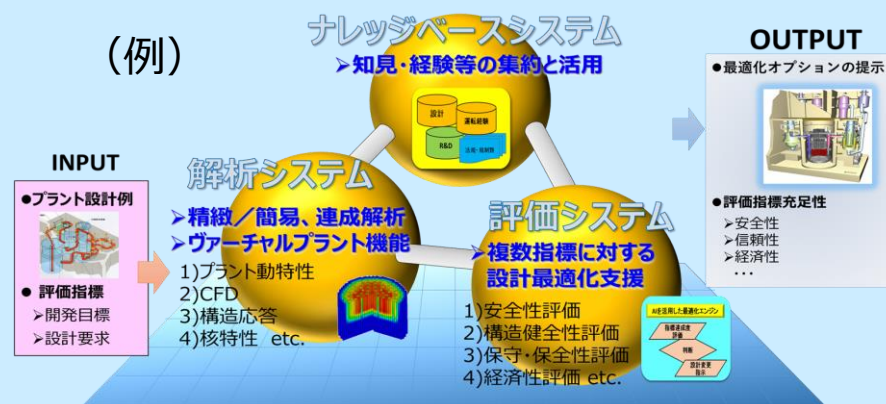
締結先	研究協力協定（機関名の記載を省略）
東京大学	連携協力の推進に係る協定書
茨城大学	連携協力に係る協定書
岡山大学	連携協力の推進に係る協定書
原子力規制委員会	原子力安全研究による人材育成に関する協力協定
福島県	環境創造センターにおける連携協力に関する基本協定
東京電力(株)	福島第一原子力発電所1号機から4号機の廃止措置等に関する連携協力協定
電力中央研究所	原子力に関する研究開発についての研究協力協定
三菱重工業(株)等	高速増殖炉主概念の研究開発実施に関する基本協定

研究開発成果の持続的創出においては、

- ・ 開発コストの削減
- ・ 開発期間の短縮 も重要



研究開発のDX化を積極的に進める



様々な組織との将来社会の議論を通じた研究テーマの設定へ

AI支援による大規模工学系設計・建設・運転最適化手法（ARKADIA）の開発

廃止措置を含めたバックエンド問題に着実に取り組み、原子力科学技術の研究開発のサイクルを構築して、社会から信頼・受容される持続的な原子力利用を進める

主な廃止措置の取組

ふげん

2008年2月 廃止措置計画 認可（2033年度終了予定）

✓ 原子炉周辺設備の解体撤去工事等を実施中

もんじゅ

2018年3月 廃止措置計画 認可（約30年工程）

✓ 燃料体の取出しを実施中

2019年10月 原子炉からの燃料体100体取出し完了

2020年6月 燃料体174体燃料池への移送を終了

東海再処理施設

2018年6月 廃止措置計画 認可（約70年工程）

✓ 高放射性廃液の処理等のリスク低減の取組み等を実施中



引き続き、「バックエンドロードマップ」、「施設中長期計画」に基づくバックエンド対策を着実に進めていく

- ✓ 国際社会の一員として、国際協力・国際貢献を進めるとともに、核不拡散、核セキュリティ体制の強化に貢献していく。また、地域の一員として、地域の暮らしへの貢献を考えていく
- ✓ 様々なセクターと連携・協働し、社会に貢献できる組織と幅広い人材の確保・育成を進めていく

「国際戦略」に基づく取組の推進

米国

- ✓ 高出力核破碎中性子源等に関する協力
- ✓ 新型炉に関する協力

新たな協力
枠組みを構築

ポーランド

高温ガス炉に関する協力

仏国

- ✓ ナトリウム冷却高速炉開発に関する協力
- ✓ ナトリウム冷却高速炉廃止措置に関する協力

シンポジウム（ワシントン）



海外事務所の活動
等を通じ、新たな国
際協力を展開



IAEA総会での
サイドイベント（ウィーン）

包括的核実験禁止条約（CTBT）への貢献等



CTBT機関との希ガス共同観測プロジェクト

「人材ポリシー」に基づく体系的かつ組織的な
人材育成

- プロフェッショナル人材の計画的な育成
- 技術力・専門能力を有する人材の確保・開発
- ワークライフバランスの維持・向上等

- ✓ 厳しい環境下で研究成果の最大化を図るため、国際協力・国際貢献に一層積極的に取組む
- ✓ イノベーション人材（イノベーションマインドを持った研究者、社会実装を支援する人材等）の確保・育成にも取組んでいく

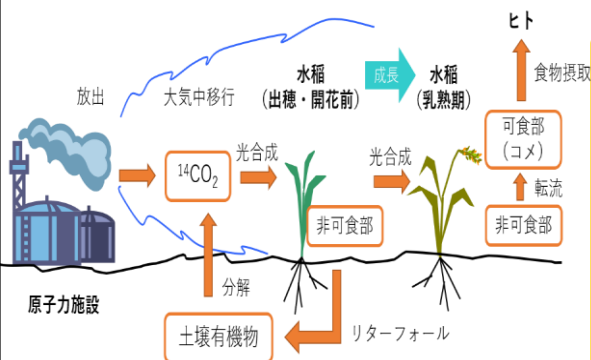
- ✓ 将来社会に“新原子力”の実現により貢献する「**将来ビジョン JAEA 2050 +**」を策定した(2019年10月)
- ✓ “新原子力”の実現に向け、横断的かつ戦略的な研究開発のための方針を明確化した(⇒イノベーション創出戦略の改定(2020年11月))
 - 機構の有する施設・設備等の利用促進等による**オープンイノベーションの強化**
 - コーディネート活動、ベンチャー創出の活性化等による**社会実装の強化**
 - イノベーションマネジメント体制の構築(**イノベーション活動のマネジメント**)
 - 様々な組織との共創等による**研究開発力の強化**
- ✓ 併せて、廃止措置を含めたバックエンド対策の着実な実施、国際協力・貢献、組織づくり・人材育成の強化等を図る

参考資料

- 主な研究開発成果 P.21~42
- 試験研究炉等の現状 P.43
- 安全確保の取組 P.44
- 「施設中長期計画」の概要 . . . P.45~47
- 「バックエンドロードマップ」の概要 . . P.48~49

原子力の基礎・基盤研究

^{14}C の大気放出と環境中移行に関する総合的研究

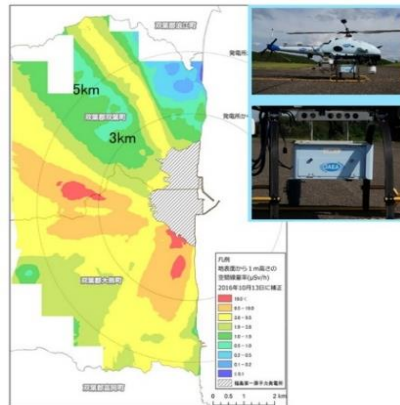


平成31年度科学技術分野の
文部科学大臣表彰受賞

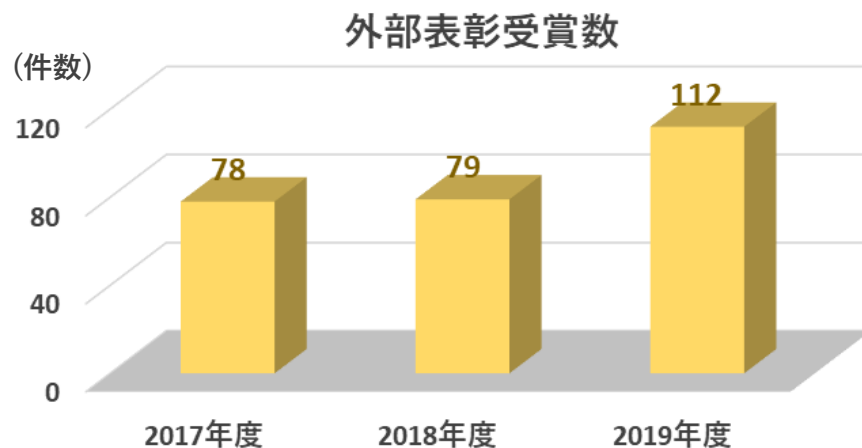
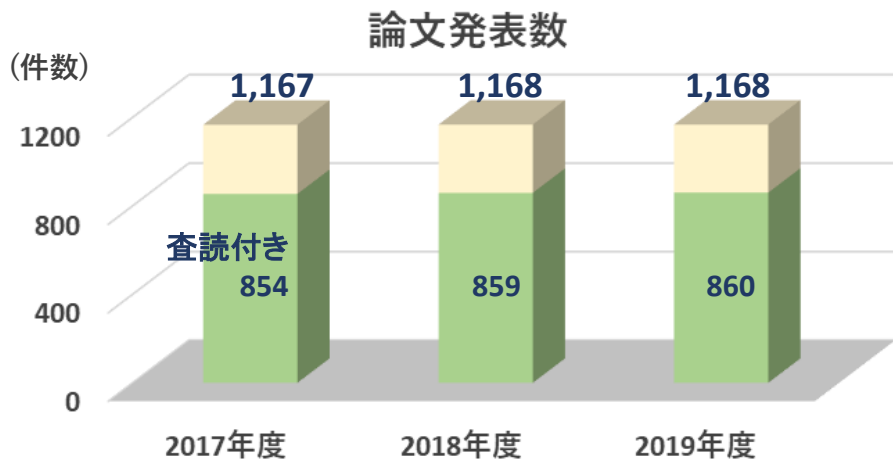
^{14}C の大気放出と環境中移行
(コメへの移行)の概念図

福島復興に向けた取組

福島での環境回復に関する環境モニタリング及び環境動態研究の取組



令和元年度防災功労者
内閣総理大臣表彰受賞



放射線を可視化し、被ばく低減 - 機構の測定技術で汚染箇所を3次元に -

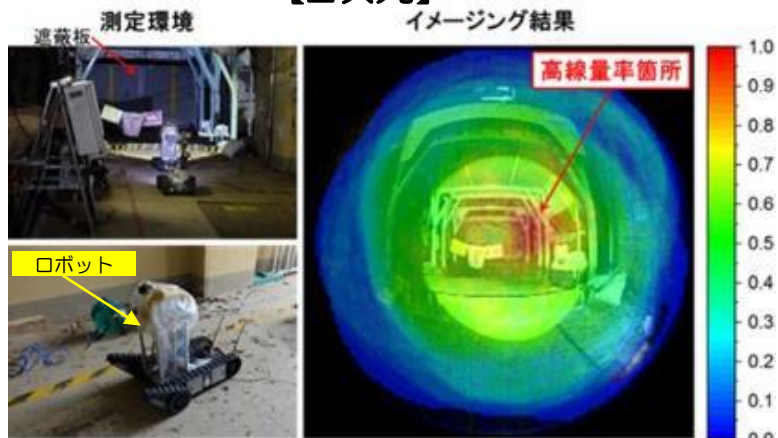
課題

東京電力福島第一原子力発電所（1F）の建屋内は、床、壁、がれきなどの場所に放射性物質が付着し、多方向から放射線が飛んでくるため、単に建屋内の放射線量を測定するだけでは、除去すべき汚染源を特定することは困難。

成果

機構の放射線測定技術を応用し、高線量率箇所を遠隔で検知・可視化を可能とした。さらにその分布を3次元的に表示することにより、汚染箇所の詳細な特定による作業員の被ばく低減を可能にした。

【2次元】



小型軽量化により、ロボット搭載が可能になったことで、人が長時間立ち入れない1F建屋内の測定に成功。現状のイメージング結果では断面的にしか見えない。

【3次元】



測定した放射線の分布に基づき、作業現場を3次元モデル化。作業エリアのホットスポットを可視化した。

3次元モデル化

アウトカム

この成果により、1F建屋内の高線量率の作業環境での放射線分布が立体的に見えるようになり、現場ではホットスポットを避けて作業が可能に。この技術により、廃炉作業の円滑化と作業員の被ばく低減、除染計画の立案にも大きく貢献できる。

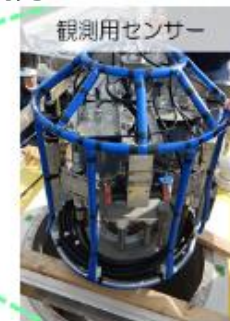
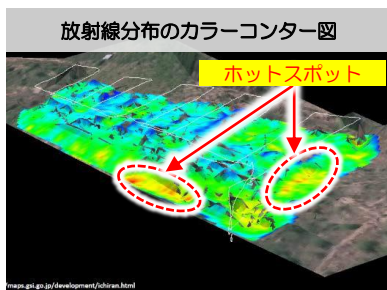
放射線量を空や陸、海から監視 - 機構の測定技術を応用し、正確にデータ把握 -

課題 福島県での放射線量の測定や放射性物質の動きの把握は、避難指示区域の見直し等をする上で重要。

成果 機構がもつ放射性物質の測定技術を無人機や船と組み合わせることで、データを短時間でかつ正確に把握できる。この研究開発は、地元企業との連携で実施した。

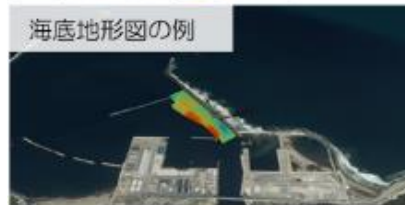
〔 企業と連携した無人飛行隊をプラットフォームとする
放射線分布の3D可視化技術の開発 〕

〔 JAMSTECや企業と連携した無人観測船による
モニタリング技術の開発 〕



放射線分布のカラーコンター図

「福島県地域復興実用化開発等促進事業費補助金事業」の課題として、(株)千代田テクノル、地元企業と連携して研究開発を実施。本システムは2019年度中に事業化。



「福島県地域復興実用化開発等促進事業費補助金事業」の課題として、(株)ウィンディーネットワーク、JAMSTECや地元企業等と連携して研究開発を実施。本無人船の販売や測量サービスは2019年度中に事業化。

アウトカム

- 実測データの提供により、避難指示区域の見直し検討データを提供。
- 開発した環境モニタリングとその評価手法を実際の測定に活用し、研究成果を技術移転も含めて実用化。測定作業の負担軽減への貢献も期待される。

福島県内の河川の放射性物質量と移動経路を推定 - 機構が開発した計算モデルで高精度化 -

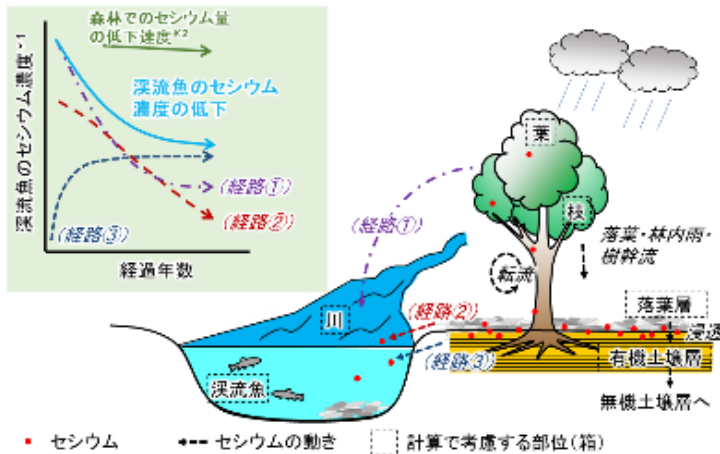
課題

福島県内の河川における放射性物質の正確な移動量と溪流魚への移動経路の把握は、地域住民の安全・安心につなげる上で重要。

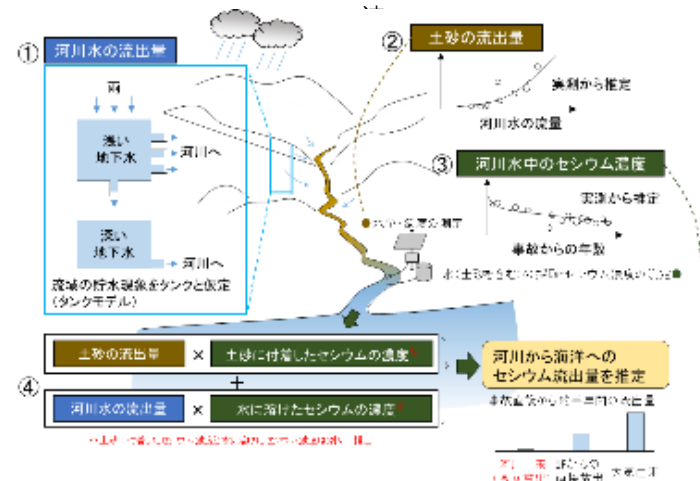
成果

機構がもつ環境中の放射性物質の移動に関する知見、観測した実測データ、計算技術を組み合わせることで、放射性物質の移動量と溪流魚への移動経路を高精度に推定できる技術を開発した。

(1) 森林内のセシウム動きと溪流魚への影響



(2) 河川から海洋へのセシウム流出量の推定方法



アウトカム

- (1) は、森林生態系を構成するきのこ類や野生鳥獣類にも適用可能。
- (2) は、環境放射能だけでなく、水や土砂流出に伴う重金属などの汚染物質の移行などへの応用も可能。世界中で利用されることに期待。

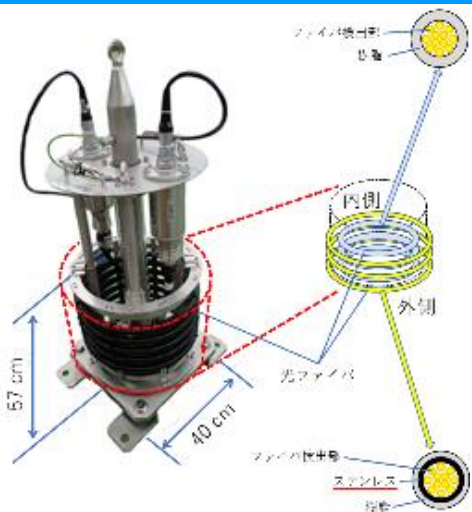
水中のベータ線核種をリアルタイムで測定可能に - 機構の技術で測りにくいベータ線を検出可能に -

課題

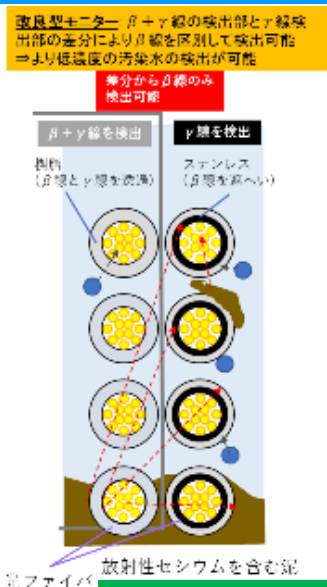
東京電力福島第一原子力発電所（1F）では、放射線の性質から測定が難しいベータ線核種を監視する必要があり、排水路の水を採取・測定しているが、労力とコストを要することから、排水路内でリアルタイムでモニタリングできる技術が求められていた。

成果

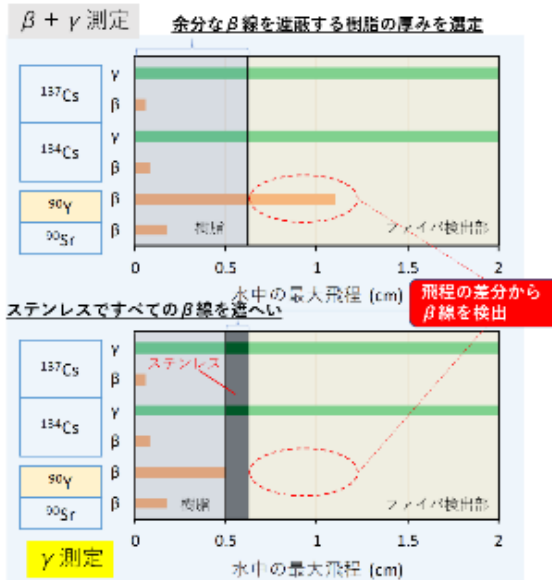
機構が培ってきたファイバを用いた放射線測定技術を1F構内の排水路でのベータ核種検出に応用し、ガンマ線とベータ線を区別してリアルタイムに測定できるシステムを開発し、実際の現場へ展開した。



JREC（日本エンジニアリング株式会社）と共同で開発したファイバ型モニタ。既に東京電力が現場に設置し、1月末より運用開始。



アウトカム



この技術により、排水路でのベータ核種のモニタリングを現場で採取・測定することなく、居室PC等で濃度の監視が可能となり、汚染水漏えい有無の判断の迅速化、作業員の負荷軽減につながる。

あらゆる方向のホットスポットの把握へ -全方位型の3次元放射線測定システム車-

課題

除染作業や廃炉作業を円滑に進めるためには、広いエリアでの放射性物質の分布把握が重要だが、これまでの測定方法では、放射線が飛んでくる方向が分からず、線量率の高い場所（ホットスポット）の探査に時間と労力が必要だった。

成果

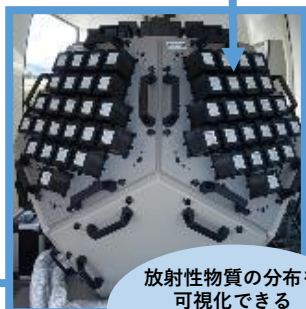
放射性物質の分布を推定できるカメラを多数配置した測定車を開発。3次元で距離を測定できるセンサを統合することにより、ホットスポットの位置や放射性物質の広がりを短時間で3次元的に推定することが可能になった。



開発した放射線イメージングシステム車
「iRIS-V」
integrated Radiation Imaging System-Vehicle



放射線源（※試験用に密閉されたもの）を搭載している車
（線量率の高いところを色付きで可視化！）



放射性物質の分布を
可視化できる
コンプトンカメラ
×144個を搭載！



放射性物質の分布を
3次元的に推定することが可能に！

アウトカム

あらゆる方向のホットスポットを素早く把握し、除染や廃炉作業における**作業者の安全**や被ばく**低減**に貢献。放射性物質の分布やその変動を迅速に可視化できる長所を活かし、今後、**次世代型モニタリングカー**としての利活用を目指す。

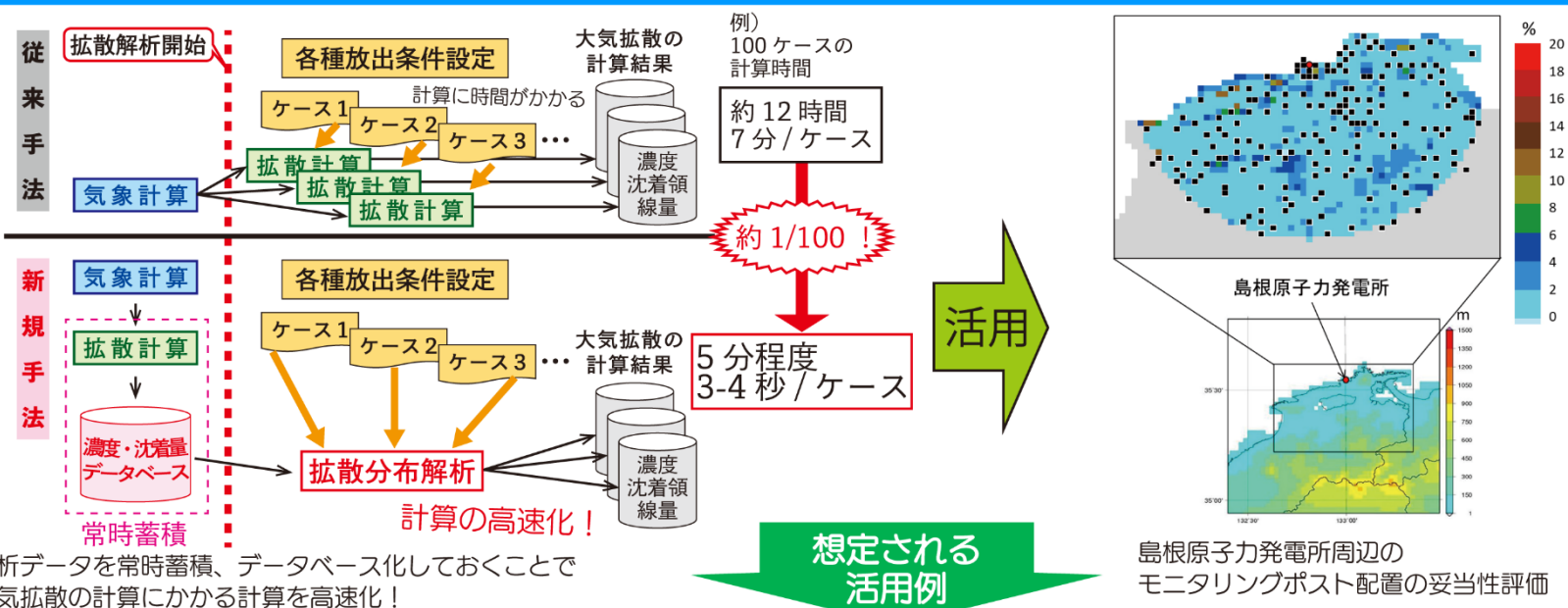
放射性物質の様々な条件の大気拡散計算を高速化 -新開発の「WSPEEDI-DB」で計算時間が1/100に！

課題

福島第一原子力発電所事故を契機に高度化された大気拡散予測システム WSPEEDI は、北朝鮮の核実験時の拡散予測などに応用されてきた。しかし、高度な予測モデルの計算には時間がかかるため、様々な条件の予測結果を比較するのは困難だった。

成果

解析データを連続的に常時蓄積し、データベース化することで、様々な気象条件と任意の放出条件に対する大気拡散の計算結果の比較・検討を飛躍的に効率化できる計算システム「WSPEEDI-DB」を開発した。



解析データを常時蓄積、データベース化しておくことで大気拡散の計算にかかる計算を高速化！

想定される
活用例

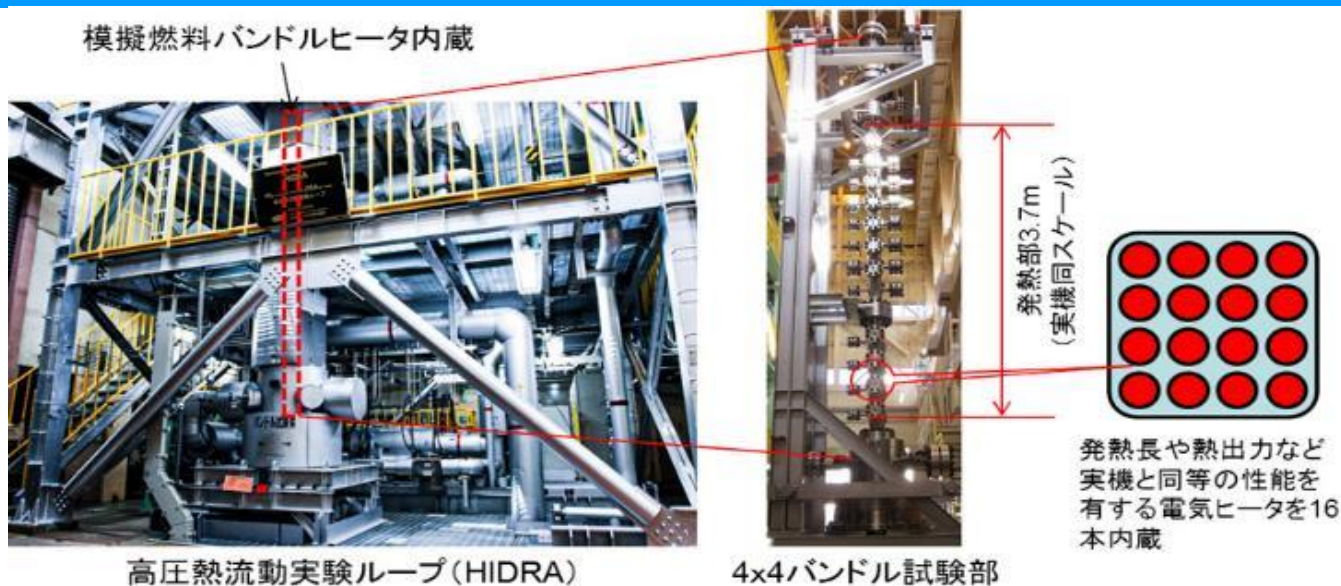
気象条件などに応じた最適なモニタリング方法の検討や、訓練用シナリオの検討と模擬モニタリングデータの作成など、地方公共団体による、放射性物質の大気拡散計算を用いた様々な検討への活用が期待できる。

課題

原子炉事故時の影響やその安全対策を評価するためには、事故時に生じる複雑な物理現象を理解する必要があり、炉内の熱や流体の動き（熱水力現象）が重要な要素となる。

成果

新たに製作した高圧熱流動実験ループ（HIDRA）を用い、沸騰水型軽水炉（BWR）の事故状況を模擬した炉心熱伝達実験を開始し、これまでに実験例がほとんどない、新規規制基準で新たに要求された多重故障条件における炉停止失敗事象での炉心冷却性能に関連するデータを取得した。



アウトカム

炉心冷却性能の評価手法を高度化し、今後の安全規制における技術的な判断に役立てられることが期待される。

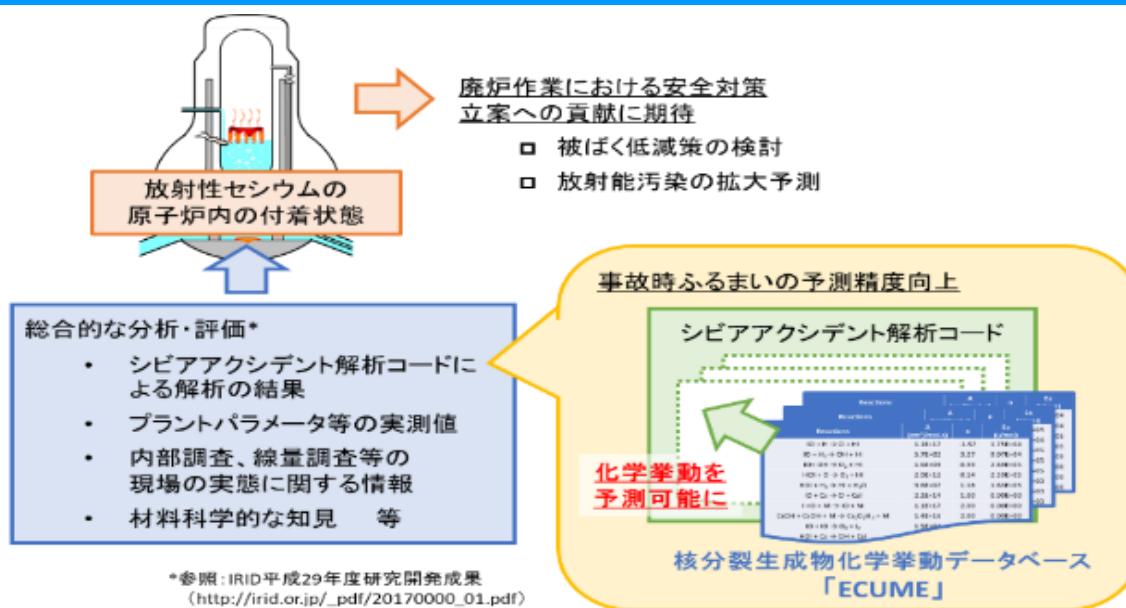
放射性物質のふるまい予測を目指す基礎研究 - セシウム等の「化学」をデータベース化 -

課題

東京電力福島第一原子力発電所の廃炉を進めるにあたっては、燃料デブリ取り出し等各種作業における被ばく管理が重要である。そのために、放射性物質の原子炉内での付着状態等を事前に正確に把握しておく必要がある。

成果

セシウム等の放射性物質の化学挙動データベース「ECUME」を開発した。



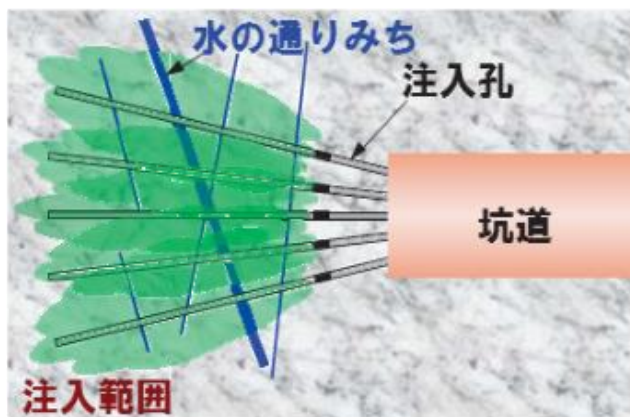
アウトカム

シビアアクシデント解析コードに適用することにより、セシウムの事故時ふるまい、セシウム化合物の付着状態等をより正確に予測することができる。

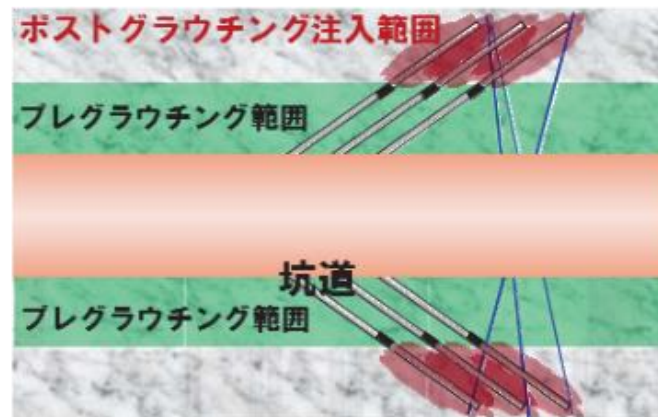
地層処分の研究開発成果 -高水圧下でも適用可能な湧水抑制技術を開発-

課題 地下深部では高圧湧水により掘削工事が困難

成果 ふたつのグラウチング技術（止水技術）の組み合わせにより湧水量を約1/100に低減。



プレグラウチング
坑道掘削に先立ち実施



ポストグラウチング
坑道掘削後にプレグラウチング
の外側に実施

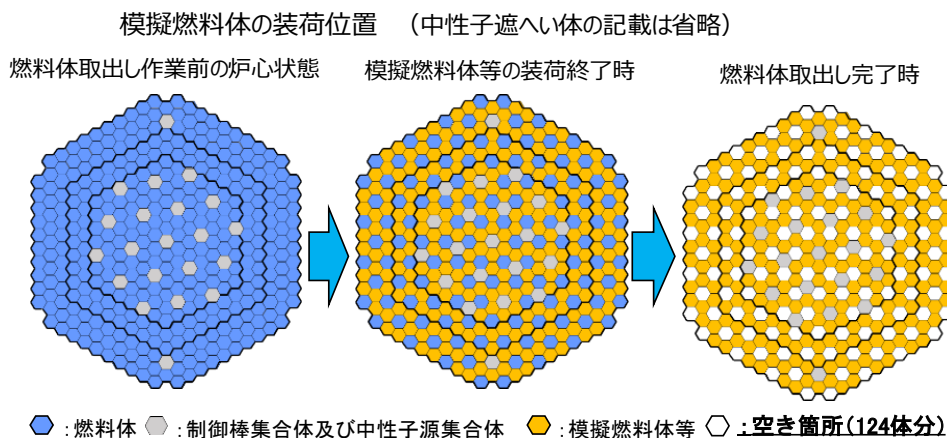
アウトカム

NUMOの処分事業への貢献
様々な学術分野の発展に貢献

廃止措置の完遂に向けて 廃止措置全体の合理的かつ効率的な実施に向けた部分装荷の実現

「もんじゅ」の燃料体取出し作業は、原子炉容器から燃料体を取り出した後に模擬燃料体を装荷しているが、今後は不具合発生の可能性低減、放射性廃棄物の発生低減の観点から、一部について模擬燃料体（124体）を装荷しない「部分装荷」とする方針とした。

部分装荷においては、隣接する燃料体の数が6体から3体に減少し、すなわち、燃料体が支え合う面が6面から3面に減少し、当初設計においては考慮していない炉心体系となることから、部分装荷とした場合の原子炉施設の安全性、燃料体の取出しへの影響について、地震時の燃料体の挙動を解析コードにより詳細に評価し、2020年5月に廃止措置計画変更認可を受けた。



アウトカム

部分装荷の実現により、今後の燃料体取出し作業やその後の**廃止措置全体の円滑な推進が期待**される。

ピタッと止まって低燃費、しかも丈夫なタイヤ - 機構の最先端技術でタイヤ市場に新風 -

課題

国内市場規模約7兆円のタイヤ業界では、多くのメーカーがしのぎを削っているが、これまで、どのメーカーもグリップ性能と低燃費、耐摩耗性を両立させることは難しかった。

成果

住友ゴムは、「SPring-8」でゴムの構造解析を、「J-PARC」で運動解析を、スパコン「京」でシミュレーションしたことで、これらを両立させる新材料開発「ADVANCED 4D NANO DESIGN」を確立



国内3大共用施設を使って下記的なタイヤを実現。
J-PARCでは、複雑なゴムの動きを解明した。



「ADVANCED 4D NANO DESIGN」
採用第一弾商品 ダンロップ製
「エナセーブNEXT II」

2016年 日本ゴム協会受賞
2017年 Tire Technology of the year
受賞



アウトカム

この技術はDUNLOP「エナセーブNEXT II」に採用。転がり抵抗性能とグリップ性能で最高グレードを達成し、耐摩耗性能も従来品から51%向上させた。

衝撃に強い新鉄鋼材料の謎を解明 - 機構の最先端技術で自動車などの新素材を提供 -

課題

鉄鋼の国内市場規模は約16兆円に達しており、その多くが自動車用鋼板として生産しているが、現在、衝撃吸収に優れ自動車などに使われる先端鉄鋼「TRIP鋼」※が注目されている。しかし、なぜ衝撃時に強度が増すのかは謎だった。

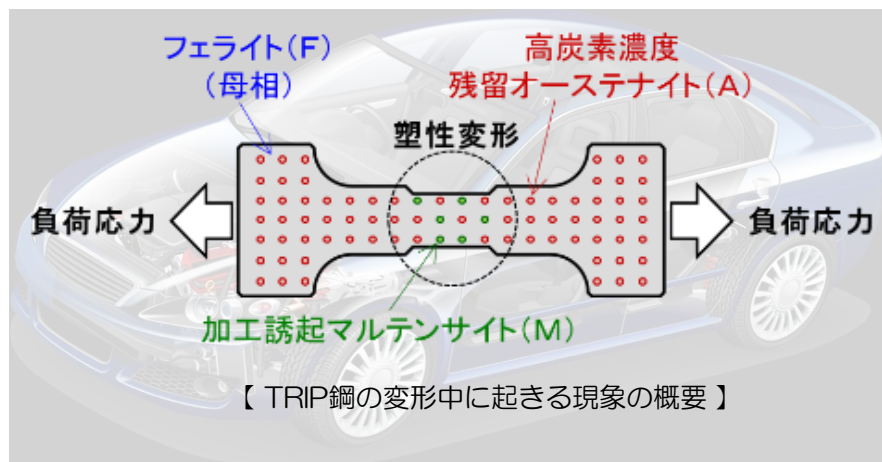
※TRIP鋼 (Transformation Induced Plasticity) は、外的な力が加わった際に金属組織の変態を誘発する構造をもった鋼。

成果

機構は、J-PARCの実験装置を使ってその謎を解明。衝撃時の変形によりTRIP鋼の中で強度が高い特殊な組織構造が出現することがわかった。



実験に用いたJ-PARCの中性子実験装置 BL19「匠」



アウトカム

TRIP鋼で起きている現象をより詳細に解明することで、TRIP鋼のさらなる軽量化や衝突安全性が向上し、自動車や航空機、電車など、輸送インフラに広く使われるとともに、社会の安全への貢献も期待できる。

鋳鉄はなぜ強くなるのか

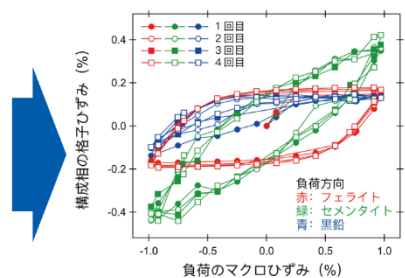
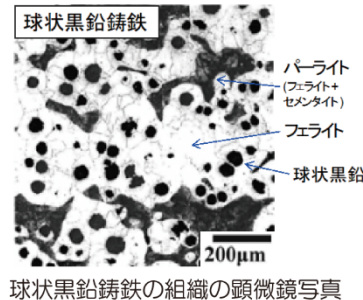
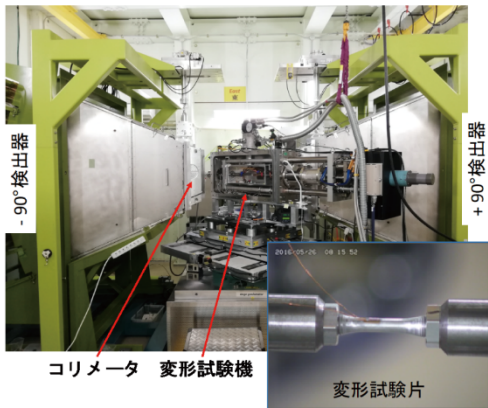
- 大強度中性子ビームでメカニズムを解明、新たな鋳鉄材料開発へ -

課題

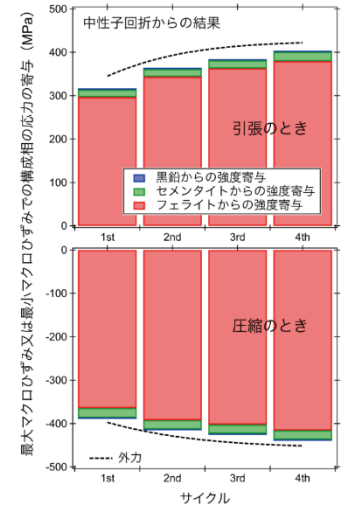
自動車の部品や建設機械に使われる鋳鉄（球状黒鉛鋳鉄）は、大きな外力に耐えながら過酷な環境下で長い寿命での使用が求められてる。鋳鉄を、繰り返し引張圧縮変形させると強度が増加するが、そのメカニズムは不明だった。

成果

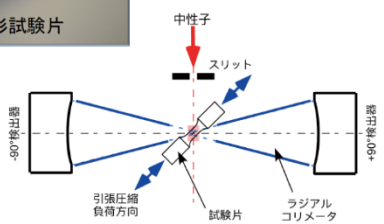
「その場中性子回折実験」という手法で、鋳鉄を繰り返し引張圧縮変形させながら鋳鉄の構成相それぞれの外力に対する応答を観測した。その結果、構成相の一つ「フェライト」に結晶欠陥が蓄積されることが、鋳鉄全体の強度の増加に大きく寄与していることを明らかにした。



フェライトの寄与が大きいことを解明。サイクル数が増えるとさらに寄与が大きくなる。



上：J-PARCの工学材料回折装置「TAKUMI」
中：解析に用いた変形試験片
右：繰り返し引張圧縮試験下でのその場中性子回折の概念図



想定される
活用例

鋳鉄の特性の理解が進んだことで、鋳鉄の材料設計にフィードバックが可能となり、使用環境に適した鋳鉄の材料開発への貢献が期待できる。

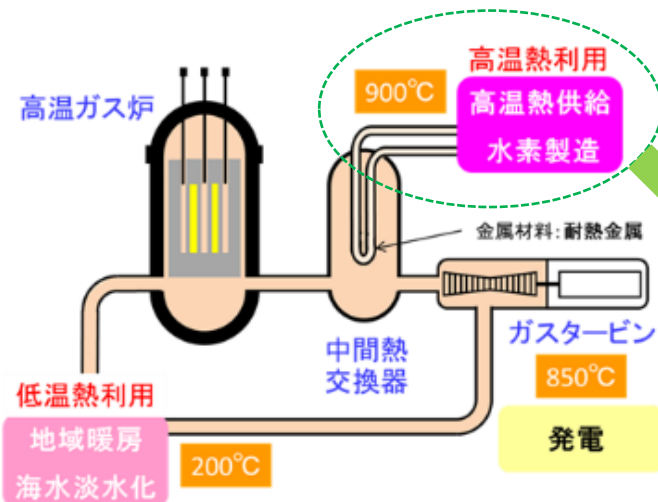
CO₂を発生させない水素製造 - 脱炭素実現の切り札となる機構の高温ガス炉 -

課題 従来の水素製造法は、石油化合物を分解して製造するため、環境負荷の要因となる二酸化炭素を発生させてしまう難点があった。

成果 機構の高温ガス炉で世界に例がない950℃の高温を利用することで石油化合物ではなく「水」を分解するため、二酸化炭素を発生させず、かつ長時間の連続水素製造が実現。世界で初めて工業化への見通しを得た。



950℃の高温ガスを取り出し、高温の熱利用を可能とする高温工学試験研究炉（HTTR）。どんな場合でも炉心溶融や大量の放射能放出事故が起きる恐れのない、極めて安全な原子炉である。



長時間の水素製造が可能な装置

高温ガス炉の熱利用で水素製造する仕組み

アウトカム

将来は水素を安定的に、かつ安く提供することで、「脱炭素・水素社会」の実現に向けて大きく貢献することが期待される。

画期的な冷却技術に道筋

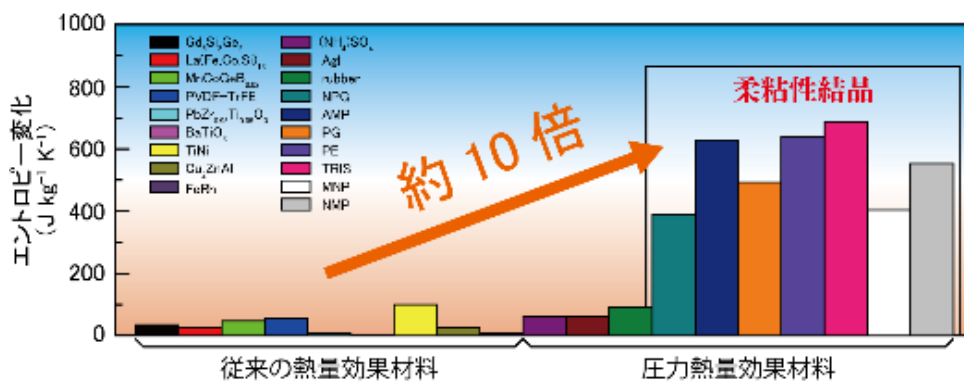
– 機構の最先端技術で新しい冷媒実用化へ期待 –

課題

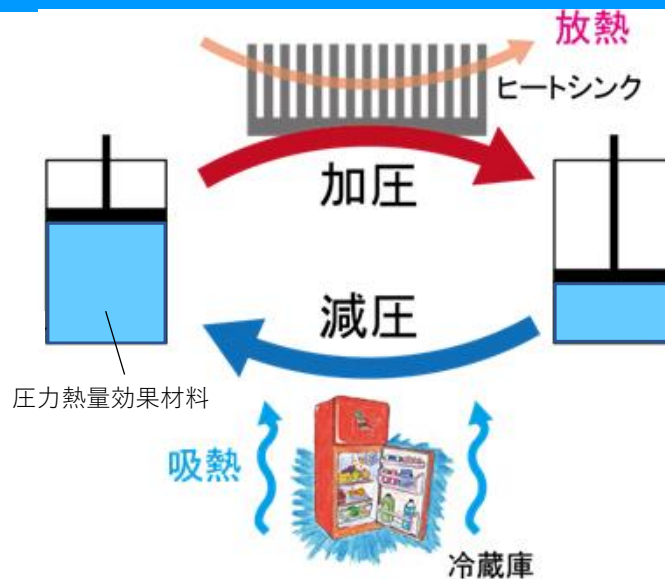
世界市場規模約25兆円の冷媒業界では、ガス冷媒が主流。しかし温室効果ガスのため地球温暖化が進む要因となり、代替冷媒の開発が切望されている。

成果

液体と固体の間である柔粘性結晶が、他の代替冷媒の10倍の性能をもつことと、機能発現のメカニズムをJ-PARCの中性子を使って世界で初めて解明。画期的な冷却技術に道筋。科学雑誌「nature」に掲載。



柔粘性結晶は、従来の材料と比べて大きな熱量効果をもつ。その機能発現のメカニズムをJ-PARCの中性子実験装置BL14「AMATERAS」を用いて解明。



圧力熱量効果を用いた冷却方式の模式図

アウトカム

これが実用化されれば小型化、省力化だけでなく、環境負荷（温室効果）が圧倒的に小さい世界を実現することが期待できる。

「軽量化」を実現するヒントをものづくりの現場に！ - 中性子線を使った材料分析で革新的な製品開発に貢献 -

課題

自動車など輸送機器の軽量化には、高強度・柔軟に変形可能な材料が必要である。材料の特性を把握するためには中性子を使った測定が有効であるが、この測定には大型の装置が必要で、現場で扱うことのできる技術開発が求められていた。

成果

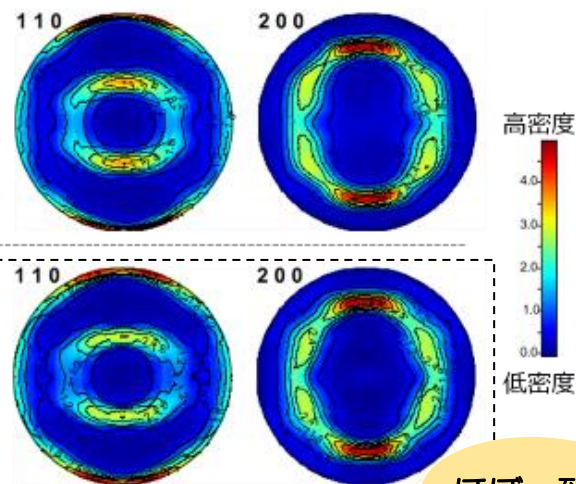
JAEAが開発する中性子回折法による測定技術と、理研の開発するシステムを組合せ、ものづくり現場で実現できるサイズの技術開発に世界で初めて成功。大型実験施設での測定結果とほぼ一致し、技術の有効性が示された。



理研が開発する小型加速器中性子源システムRANS（ランス）
（提供：理化学研究所）

+ JAEAが開発する
中性子回折法による
集合組織測定技術

測定結果



大型実験施設での
測定結果

ほぼ一致！

アウトカム

研究室や工場レベルで集合組織の測定が可能となり、ビーム強度がより強い大型実験施設との相補利用によって、革新的な材料開発・製品開発が進むことが期待される。

細胞から宇宙まで、放射線解析ならPHITSにお任せ - 異分野融合で切り拓く新たな放射線科学 -

課題

放射線のふるまいを調べることは、原子力分野のみならず医療や宇宙科学など幅広い分野で不可欠。しかし、その解析には高度な知識と技術が必要とされていた。

成果

核反応モデルや核データライブラリなど原子力分野で培ってきた基盤技術を1つのパッケージに集結させ、誰でも簡単に放射線のふるまいをコンピュータの中で再現可能とする計算コード「PHITS」※を開発。

※PHITS (Particle and Heavy Ion Transport code System) <https://phits.jaea.go.jp>

原子力分野で培った基盤技術

高速計算化技術

誘導放射能計算・人体モデル技術

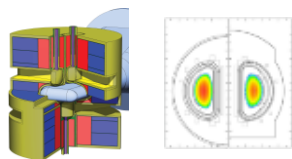
核反応モデル・核データライブラリ

PHITS

コードの利用分野

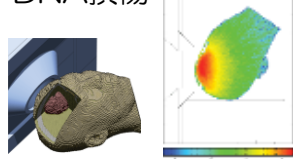
放射線施設設計

- 加速器 (J-PARC, RIBF)
- 核融合 (JT-60)
- 廃炉



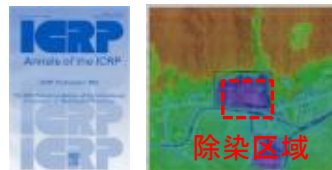
生物・医学物理計算

- 粒子線治療
- CT診断線量評価
- DNA損傷



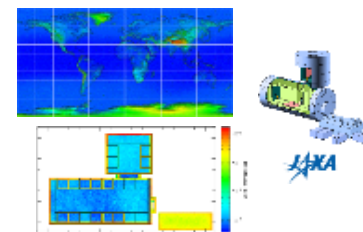
放射線防護研究

- 線量換算係数
- 福島原発事故対策



宇宙線・地球科学

- 宇宙線誘発半導体エラー
- 宇宙線被ばく評価



アウトカム

国内外**4,000名以上**の研究者・技術者が工学・医学・理学の様々な分野でPHITSを活用し、**異分野融合研究を促進**。

超伝導のしくみ解明へ道筋 - ウランを使える機構の技術を最大限活用 -

課題

世界市場規模約7兆円の超伝導業界。超伝導技術は、既に実用的な現象として利用されているが、高いコストで極低温の環境をつくる必要があり、これに代わる常温超伝導技術の開発が切望されている。

成果

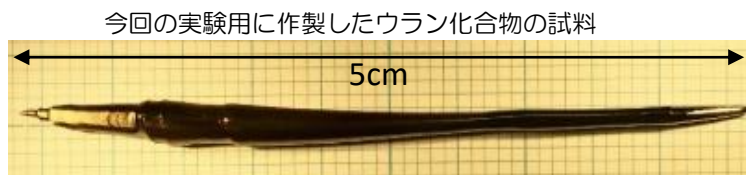
強い磁場でも超伝導が壊れないしくみをウラン化合物を使って解明。超伝導のしくみ解明に大きく前進。



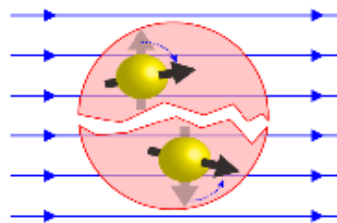
例：超伝導技術の代表例（リニアモーターカー）



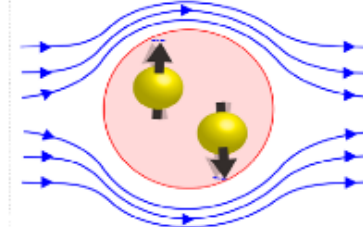
例：加速器で使用する超伝導電磁石



強磁場にかけて壊れる超伝導



強磁場にかけて壊れない超伝導URu₂Si₂
新しい電子状態が出現



アウトカム

超伝導の
新素材の探索
・開発へ

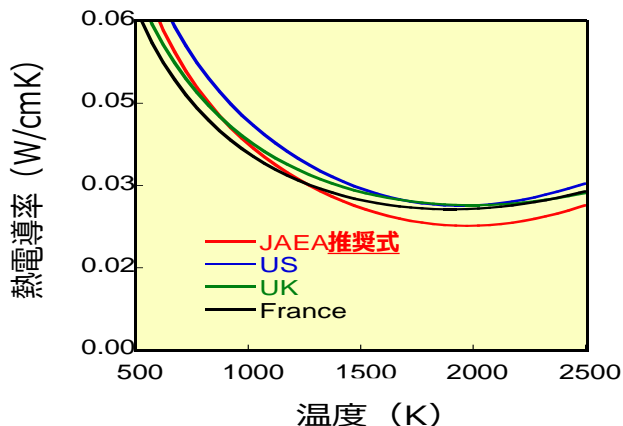
常温超伝導は、人類社会にとっての夢の一つ。しかし、超伝導のしくみは今もまだ、詳細に解明されてはいない。今回のこの解明は、より実用的な超伝導体素材の探索・開発に道筋をつけるもので、常温超伝導の実現に一步近づいた。

課題

放射性廃棄物の減容化・有害度低減等に向け、MA含有酸化物（MOX）燃料の基礎的な物性データの取得が求められている。

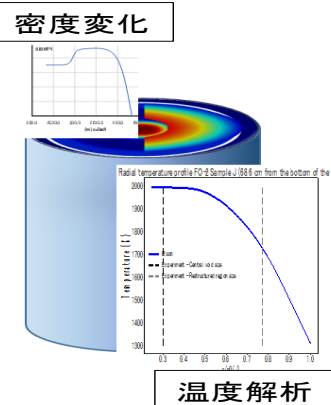
成果

高速炉燃料の照射挙動解析コードの信頼性向上を目的としたOECD/NEAの国際専門家会合において、機構が提示したMOX燃料の6種類（融点、熱伝導率、酸素ポテンシャル等）の物性値に関する測定データベースと物性関係式が、推奨値及び推奨式として採用された。



各国の基礎物性関係式の例

アウトカム



照射挙動解析コードによる評価例

今後、各国におけるベンチマーク試験において、各国の照射挙動解析コードにより、燃料温度、組織変化等の燃料挙動が評価・比較される予定である。

照射挙動解析コード用の推奨物性関係式への採用により、酸化物燃料の基礎物性に関する国際標準化に貢献した。また、高速炉を用いた核変換技術の実現に向けた技術基盤の整備に貢献した。

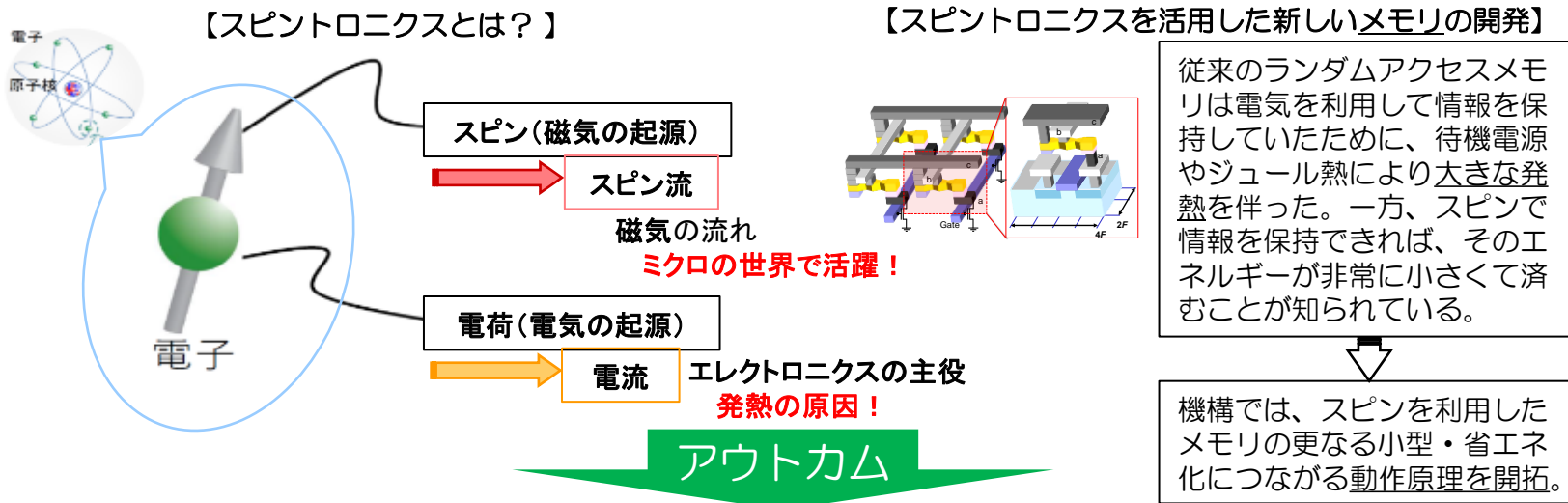
電子の磁気を利用した未来技術 - 大幅な省エネを実現する「スピントロニクス」 -

課題

情報通信社会を支える基盤技術であるエレクトロニクス。電気の大半は、電子機器の発熱としてムダに浪費され、さらにこれを冷やすためのエネルギーも必要。これらエネルギーのムダを抑えるためには、電子機器の発熱ロスが課題。

成果

電気の流りに代わって「磁気（スピン）」を利用するスピントロニクスを用いることで、発熱ロス等のエネルギー浪費を抑えた不揮発性ランダムアクセスメモリをはじめとする様々な未来技術が実現され、課題の解決に。電子のスピンを利用した新しい動作原理と基本的な設計デザインを提供。



- スピンの原理を利用することで、**発熱ロスを大幅に抑えたエネルギーの有効利用が可能**。この研究が進めば、ノートPCやスマホなど携帯端末の電池も飛躍的に長持ちに。
- スピンは電子と比べて放射線に強い特性をもつため、スピントロニクスの宇宙空間での利用や、放射線耐性の高い半導体などへの活用も期待できる。

スパコンの可視化処理を約 100 倍高速化

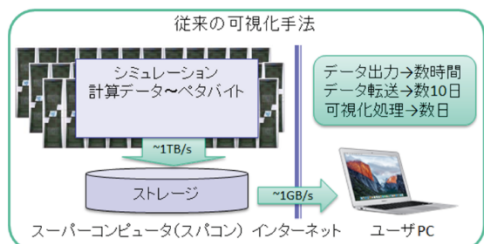
- 新開発のソフトウェアで大規模な原子炉シミュレーションをリアルタイムに可視化 -

課題

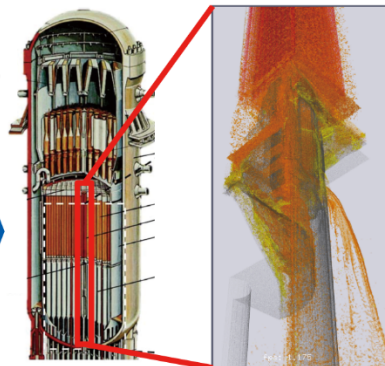
スパコンの高性能化に伴いシミュレーションが大規模化し、大容量（～ペタバイト、 10^{15} バイト）のデータを従来手法で可視化するには膨大な時間が必要となり、可視化処理が困難になっている。

成果

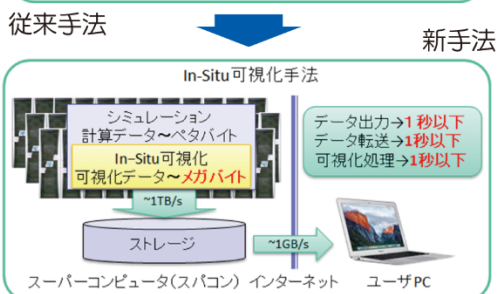
スパコン上で、シミュレーションと同時に可視化処理を実行することで、圧縮された可視化データを出力する可視化ソフトウェア「In-situ PBVR」を開発。可視化処理を従来から約 100 倍高速化した。さらにデータ転送量を約 10 億分の 1 に圧縮したことで、大規模な原子炉シミュレーションのリアルタイム可視化を実現した。



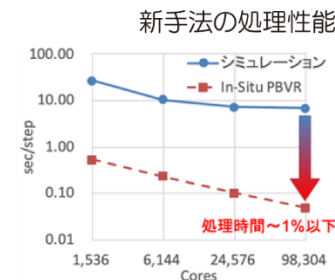
計算データ（～ 10^{15} バイト）
→ストレージに出力（～ 10^{12} バイト / 秒）
→ユーザ PC に転送（～ 10^6 バイト / 秒）
可視化処理を実行するのに数日以上



原子炉圧力容器内部における、冷却材の喪失により高温になった核燃料の溶融シミュレーション（「In-Situ PBVR」で可視化）。
左：圧力容器の断面図
右：燃料集合体の溶融挙動



計算データ（～ 10^{15} バイト）
→可視化データ（～メガバイト）に
スパコン上で圧縮、出力、転送。
→リアルタイム可視化処理を実現。



想定される
活用例

最先端スパコンでのエクサスケール（ 10^{18} ）シミュレーションに不可欠な基盤ソフトウェアとしての活用が期待される

研究用原子炉 JRR-3

原子炉安全研究炉 NSRR

タンデム加速器

大強度陽子加速器施設 J-PARC

燃料サイクル安全工学研究施設 NUCF

原子力研究所 (茨城県東海村)

J-PARCは高エネルギー加速器研究機構(KEK)と共同運営

Spring-8 ビームライン BL22XU

播磨放射光RIラボラトリ (兵庫県佐用町)

高温工学試験研究炉 HTTR

高速実験炉 常陽

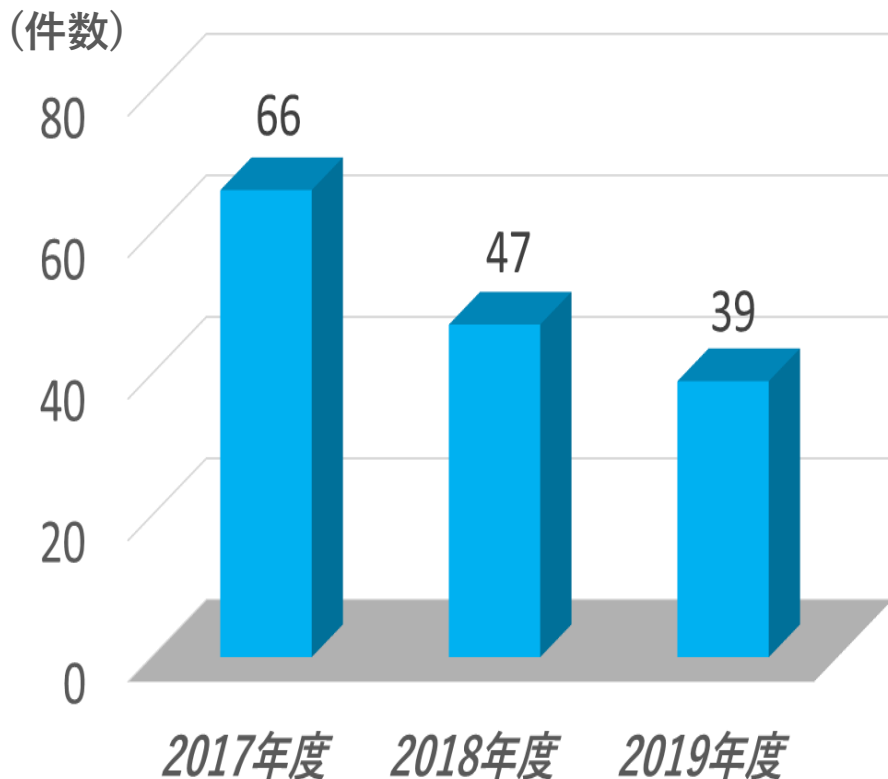
大洗研究所 (茨城県大洗町)

施設名 (運転開始年月)	施設の概要	変更許可	再開時期 (予定含む)
HTTR (1998.11)	多様な産業利用が見込まれる高温ガス炉	2020.06	2021年度
STACY (1995.02)	臨界安全研究のための臨界実験装置	2018.01	2021年度
JRR-3 (1962.09) JRR-3M (1990.03)	炉心内での照射実験と炉心外での中性子ビーム利用実験が可能な研究炉	2018.11	2020年度
常陽 (1977.04)	わが国初の高速増殖炉の実験炉	審査中	2022年度
NSRR (1975.06)	原子炉暴走事故(反応度事故)を模擬したパルス運転が可能な研究炉	—	稼働中
タンデム 加速器 (1982.04)	世界有数の大型静電加速器	—	稼働中 [定期整備中]
SPring-8 (1997.10)	世界最高性能の放射光を生み出せる大型放射光施設	—	稼働中
J-PARC (2008.04)	世界最大強度のパルス中性子源を有する大強度陽子加速器施設	—	稼働中

事故・トラブルの発生防止のための主な対策

事故・トラブル事象の件数

(規制庁・文科省へ通報した件数の推移)



安全主任者/作業責任者認定制度の導入

- 安全スタッフとして指導、助言を行う安全主任者の認定制度の導入・運用
- 現場作業の管理を行う作業責任者及び現場責任者の認定制度の導入・運用

現場密着型の作業監視・評価の実施



管理者等が、作業や現場の状況を一定時間観察し、あるべき姿との差を確認、気づき点を指導し、現場の改善に反映

事例研究の実施

事件事例について自らのこととして捉え、自らの職場の改善に繋げる活動を請負作業員も含めた全従業員を対象に実施

背景

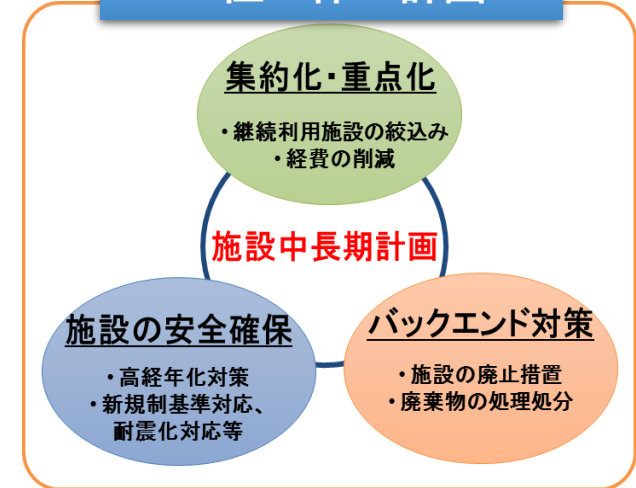
- 保有する**原子力施設の老朽化**
（約8割（75%）が築年数40年以上）への対応
- 3.11震災以降**見直された規制基準等への対応**
- 廃止措置を含む**バックエンド対策の実施**

限られた資源で、これまでどおりの施設運用は困難な状況

三位一体の当面の計画（～2028）を具体化

**スリム化した施設の強靱化（安全強化）
+バックエンド対策の着実な実施により、
研究開発機能の維持・発展を目指す**

三位一体の計画



- 2017.3末に「施設中長期計画」を策定
- 計画の実施状況、2020年度予算等を踏まえ計画を改定
- 今後も、年度末を目安に計画を改定予定

施設の集約化・重点化

【集約化・重点化方針】

- 国として、最低限持つべき原子力研究開発機能の維持に
必須な施設は下記を考慮した上で可能な限り継続利用
- 試験機能は可能な限り集約化
- 安全対策費等の視点から継続利用が困難な施設は廃止等

機構の原子力施設を選別

- 継続利用施設：46施設
- 廃止施設：43施設

【詳細は別表1】

施設の安全確保

- 新規制基準・耐震化対応
- 高経年化対策
- 東海再処理施設のリスク低減対策

施設
ごとに
具体化

バックエンド対策

- 廃止措置計画
（核燃料物質の集約化を含む）
- 廃棄物処理施設等の整備計画
- 廃棄体（処分体）作製計画

施設
ごとに
具体化

- : 主要な研究開発施設
- : 小規模研究開発施設(維持管理費<約0.5億円/年)及び拠点運営のために必要な施設(廃棄物管理、放射線管理等)
- : 継続利用施設であるが、施設の一部を廃止する施設

- : 廃止措置中/計画中の施設
- : 廃止措置が終了した施設(施設中長期計画策定(20.17.4)以降に廃止措置が終了した施設)

継続利用施設、廃止施設【全原子力施設マップ】

2020.4.1現在

	継続利用施設				廃止施設(廃止措置中及び計画中のものを含む)*				
	原科研	核サ研	大洗研	その他	敦賀	原科研	核サ研	大洗研	その他
原子炉施設	JRR-3 原子炉安全性研究炉(NSRR) 定常臨界実験装置(STACY) 放射性廃棄物処理場		常陽 高温工学試験研究炉(HTTR)		ふげん もんじゅ	高速炉臨界実験装置(FCA) 過渡臨界実験装置(TRACY)	軽水臨界実験装置(TCA) JRR-2 JRR-4	材料試験炉(JMTR) 重水臨界実験装置(DCA)	青根関施設(むつ)
核燃料使用施設	燃料試験施設(RFEP) バックエンド研究施設(BECKY) 廃棄物安全試験施設(WASTE) ホットラボ(核燃料物質保管部)	Pu燃料第一開発室(Pu-1) Pu燃料第三開発室(Pu-3) Pu廃棄物処理開発施設(PWTF) 第2Pu廃棄物貯蔵施設(第2PWSF) M棟 ウラン廃棄物処理施設(焼却施設、UWSF、第2UWSF)	照射装置組立検査施設(IRAF) 照射燃料集合体試験施設(FMF) 固体廃棄物前処理施設(WDF)	人)廃棄物処理施設		Pu研究1棟 ホットラボ(解体部) 放射性廃棄物処理場の一部(汚染除去場、液体処理場、圧縮処理施設)	高レベル放射性物質研究施設(CPF) J棟 Pu燃料第二開発室(Pu-2) B棟 Pu廃棄物貯蔵施設(PWSF) 東海地区ウラン濃縮施設(第2U貯蔵庫、廃水処理室、廃油保管庫、L棟)	照射材料試験施設(MMF) 第2照射材料試験施設(MMF-2)(核燃部分を廃止) 照射燃料試験施設(AGF) JMTRホットラボ 燃料研究棟	人)製錬転換施設 人)濃縮工学施設
再処理施設	タンデム加速器建家 第4研究棟 高度環境分析研究棟 放射線標準施設 JRR-3実験利用棟(第2棟) RI製造棟	安全管理棟 放射線保健室 計測機器校正室 洗濯場	安全管理棟 放射線管理棟 環境監視棟	人)開発試験棟 人)解体物管理施設(旧製錬所) 青)大洗施設研究棟		トリウムプロセス研究棟(TPL) バックエンド技術開発建家 核融合中性子源施設(FNS)建家 再処理特別研究棟 保障措置技術開発試験室 ウラン濃縮研究棟 核燃料倉庫 JRR-1残存施設	応用試験棟 燃料製造機器試験室 A棟	Na分析室 燃料溶融試験材料保管室(NUSF)	
その他(加工、RI、廃棄物管理施設等)	リアック建家 FEL研究棟 大型非定常ループ実験棟 第2研究棟 原子炉特研	地層処分放射化学研究施設(QUALITY)	第2照射材料試験施設(MMF-2)(RI使用施設として活用) 廃棄物管理施設	東濃)土岐地球年代学研究所 人)総合管理棟・校正室	重水精製建屋	環境シミュレーション実験棟	東海再処理施設 リスク低減や今後廃止措置に必要な施設等は当面利用する。(TVF、処理施設(AAF,E,Z,C)、貯蔵施設、等)		人)ウラン濃縮原型プラント

* 一部の廃止施設は、廃棄物処理や外部ニーズ対応等の活用後に廃止。

人)：人形峠環境技術センター、青)：青森研究開発センター、東濃)東濃地科学センター

背景

- 施設中長期計画では、2028年度までの計画（施設の集約化・重点化、施設の安全確保、バックエンド対策）を具体化。しかし、バックエンド対策は、TRPの廃止措置に70年を要するなど、長期にわたる
- 原子炉等規制法の改正により、年末までに廃止措置実施方針を作成し公表する

現存する原子炉等規制法の許可施設を対象に、バックエンド対策に係る長期（約70年）の方針を策定

「バックエンドロードマップ」

主な記載項目

- ・ 廃止措置
- ・ 廃棄物処理・処分
- ・ 核燃料物質の管理
- ・ バックエンド対策に要する費用
- ・ 効率化・最適化に向けた取組

- 2018.12末に策定・公表
- バックエンド対策の進捗状況等を踏まえ、必要に応じて見直し予定

【対象施設】

現存する原子炉等規制法の許可施設
(核燃料物質の取扱量が少ない政令第41条非該当施設も対象)

79施設が対象
(2018.12時点)

バックエンド対策の推進

(約70年の方針)

- 廃止措置
- 廃棄物処理・処分
- 核燃料物質の管理



3期に区分し
施設ごとに具体化

➤ 第1期 (～2028年度) 約10年

当面の施設の安全確保(新規制基準対応・耐震化対応、高経年化対策、リスク低減対策)を優先しつつ、バックエンド対策を進める期間

➤ 第2期 (2029年度～2049年度) 約20年

処分の本格化及び廃棄物処理施設の整備により、本格的なバックエンド対策に移行する期間

➤ 第3期 (2050年度～) 約40年

本格的なバックエンド対策を進め、完了させる期間

バックエンド対策に要する費用

- 施設の廃止措置、廃棄物の処理処分に要する費用を試算

約1.9兆円 (約70年間)

効率化・最適化に向けた取組

- 長期間、多額の費用が必要となるバックエンド対策の効率化・最適化に向け、技術開発、マネジメント体制等に係る取組方針を記載