

研究開発評価課題 「原子力基礎工学研究」に関する 第4期中長期計画 中間評価

項目1(1)：一層の安全性・経済優位性を追求した原子力システムの研究
項目2(1)1：原子力基礎基盤研究
項目5(1)：高レベル放射性廃棄物の処理に関する研究開発

日本原子力研究開発機構
原子力科学研究所
原子力基礎工学研究センター
NxRセンター

- 第4期中長期目標
- 第4期「原子力基礎工学研究」位置づけ
 - ①原子力の安全性向上のための研究開発
 - ②原子力科学技術に係る基礎基盤研究
 - *福島第一原子力発電所事故への対処はトピックとして紹介
 - ③放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発
- センター全体で進める重点課題(デジタルツイン+)
- 新たなビジョンへの対応「Nuclear X Renewable」
- 第4期「原子力基礎工学研究」報告
 - 1. 核工学・炉工学 分野に関する研究開発
 - 2. 燃料・材料工学 分野に関する研究開発
 - 3. 化学・環境・放射線科学 分野に関する研究開発
 - 4. 放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発
 - 5. 「Nuclear X Renewable」に関する研究開発(NxRセンター)
- 参考1:研究パフォーマンスモニタリング指標

分野別に報告

目的別に報告

第4期中長期目標（R4～R10年度）前文の抜粋 （基礎工センターが重点化して取り組む課題）

機構は、その第3期中長期目標期間（平成27年4月1日～令和4年3月31日）において、国立研究開発法人として、また、我が国における原子力に関する唯一の総合的研究開発機関として、**原子力に関する基礎的研究**・応用の研究から核燃料サイクルに関する研究開発、安全規制行政等に係る技術支援、東京電力ホールディングス株式会社（以下「東京電力」という。）福島第一原子力発電所の廃炉に関する研究開発まで、幅広い分野で顕著な成果を創出してきた。これらの取組の重要性は、令和4年度に開始する今期（第4期）中長期目標期間においても**引き続き高く位置付けられるべき**ものである

令和3年6月には、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が関係省庁において策定されたところである。こうした方針に基づき、国際連携を通じて高速炉・高温ガス炉の研究開発や小型モジュール炉の技術実証等に取り組むとともに、**軽水炉の一層の安全性・信頼性・効率性の向上に資する技術開発**に取り組んでいくことが重要課題となっている。また、「科学技術・イノベーション基本計画」（令和3年3月26日閣議決定）では、政府として標榜するSociety 5.0の実現に向け、**研究開発におけるデジタル・トランスフォーメーション（以下「DX」という。）**を通じたイノベーション創出の重要性も謳われており、原子力科学技術についても例外なくDXを通じた科学的・社会的貢献が期待される。

* 国立研究開発法人審議会 日本原子力研究開発機構部会（第28回）配付資料 資料1

第4期中長期目標から原子力基礎工学研究センターが関係する箇所を抜粋

1. 安全性向上等の革新的技術開発によるカーボンニュートラルへの貢献

(1) 一層の安全性・経済優位性を追求した原子力システムの研究

軽水炉の安全性を確保しつつ長期運転を進めていく上での諸課題を踏まえ、機構が保有する技術的ポテンシャル及び施設・設備を活用しつつ、**軽水炉を含む原子力システムの更なる安全性・経済性向上のための研究開発を実施**し、関係行政機関、原子力事業者等が行う安全性向上への支援等を進める。また、得られた成果を活用し、**原子力事業者がより安全な原子力システムを構築するに当たっての技術的な支援**を行う。

2. 原子力科学技術に係る多様な研究開発の推進によるイノベーションの創出一層の安全性・経済優位性を追求した原子力システムの研究

(1) **原子力基礎基盤研究**、先端原子力科学研究、中性子利用研究及び原子力計算科学研究の推進

国際的な技術動向や社会ニーズ等を踏まえ、**原子力の基礎基盤研究を推進する**とともに、原子力分野における黎明的な研究テーマを厳選した上で、既存の知識の枠を越えた新たな知見の獲得につながる世界最先端の先導的基礎研究を実施する。

(省略)

これらの取組により、**研究開発の現場や産業界等における原子力利用を支える基盤的技術の向上や共通知的財産・技術を蓄積する**とともに、新たな原子力利用を切り拓く技術及び原子力科学の発展に先鞭をつける学術的・技術的に大きなインパクトを伴う世界最先端の原子力科学研究成果を創出する。

5. 高レベル放射性廃棄物の処理処分にに関する技術開発の着実な実施

(1) 高レベル放射性廃棄物の処理に関する研究開発

国際的なネットワークを活用しつつ、**高レベル放射性廃棄物を減容化し、長期に残留する有害度の低減のための研究開発を推進**する。高レベル放射性廃棄物は MA 等を含むため、長期にわたって安全に管理しつつ、適切に処理処分を進める必要がある。幅広い選択肢を確保する観点からは、放射性廃棄物の減容化や有害度低減による長期リスクの低減等、放射性廃棄物について安全性、信頼性、効率性等を高める技術を開発することが重要である。そのため、**MA 分離のための共通基盤技術の研究開発**をはじめ、高速炉や**加速器駆動システム(ADS)**を用いた核変換技術の研究開発を推進する。これらの取組により、長期的なリスク低減等を取り入れた将来の放射性廃棄物の取扱技術について、その有望性の判断に資する成果を得る。

① 「一層の安全性・経済優位性を追求した原子力システムの研究」 [項目1(1)]

- 保有施設や人材を使って、**軽水炉の安全性・経済性を格段に向上させる取組**を産業界とともに実施し、2050年カーボンニュートラルに貢献する。
- 産官学の役割分担の下、規制の動向を意識しながら、安全性の高い原子力利用の維持・拡大に貢献する。

⇒ステークホルダーからの課題・ ニーズに的確に対応する為、優先的に人材確保を行い、主に外部資金で研究開発を進める。

② 「原子力基礎基盤研究」 [項目2(1)1)]

- 原子力研究開発の基盤技術を維持・強化し、原子力システムの「S+3E」やSociety5.0に資する。
- 新たな研究システムの構築として、計算科学技術と小規模実験による**革新的原子力システム研究開発（デジタルツイン+）**を実施する。

⇒得られた成果は異分野にも成果を反映できることから、交付金で基盤的な研究資金を確保しつつ競争的資金等を積極的に取得し、研究開発のDX化に必要な人材を確保する。

「福島第一原子力発電所事故への対処」 [項目4(3)]

⇒**福島部門からのニーズに対応**して、福島部門の運営交付金を活用して、基礎基盤研究と連携を取りながら「原子力基礎基盤研究」として実施する

③ 「高レベル放射性廃棄物の処理に関する研究開発」 [項目5(1)]

- 高速炉と**ADS（加速器駆動システム）**の各々の取組を連携

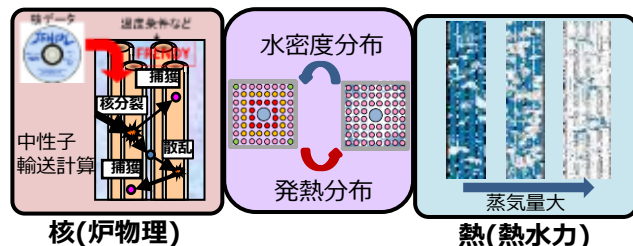
⇒社会的にニーズも高いことから交付金で基盤的な研究資金を確保しつつ、**NxRセンター**と連携を取りながら研究開発資源の分配を行う。

革新的原子力システム研究開発(デジタルツイン+)

原子力システムデジタルツイン：大型モックアップ実験施設を必要とする従来の設計手法への依存度を下げるため、デジタルツインの構築による合理的な設計手法を整備する。

仮想空間シミュレーション

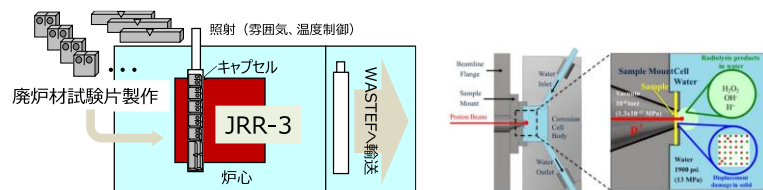
- 核・熱カップリングコード



「開発期間」と
「コスト」を低減

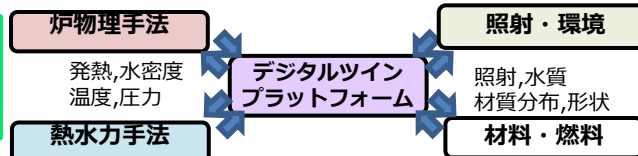
実空間データ取得(スマート評価技術)

- 代替照射技術(イオン照射、代替照射後試験)
- 自動分析技術



JRR3による高経年化対応照射技術 国内照射炉廃止を補う代替照射技術

参照解（詳細シミュレーションによって得られる高信頼予測結果）に対応した
次世代シミュレーション・コード群を開発



被覆管(ATF等)や構造材料(配管)の炉内環境下での材料応答(照射ぜい化、SCC等)について
複合環境下（放射線、高温高圧）での評価手法を確立

環境動態デジタルツイン：現実を限りなく再現した模擬環境と計測データの融合による放射性物質の放出監視・推定と高精度な影響評価、防護・影響低減対策の検討へ貢献する。

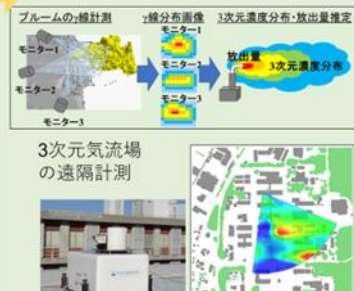
仮想空間シミュレーション

大気・海洋・陸域統合モデル



実空間データ取得

放射線イメージング



- 建物周辺の局所域から全球までのマルチスケール大気・海洋・陸域統合モデル構築
- 化学・生物過程の複雑な相互作用を導入し実環境を厳密に再現
- 気象・海象データや放射線計測データを融合しリアルタイムで再現

第4期に入り、経営層から新たなビジョン【目指す将来像】が示された。

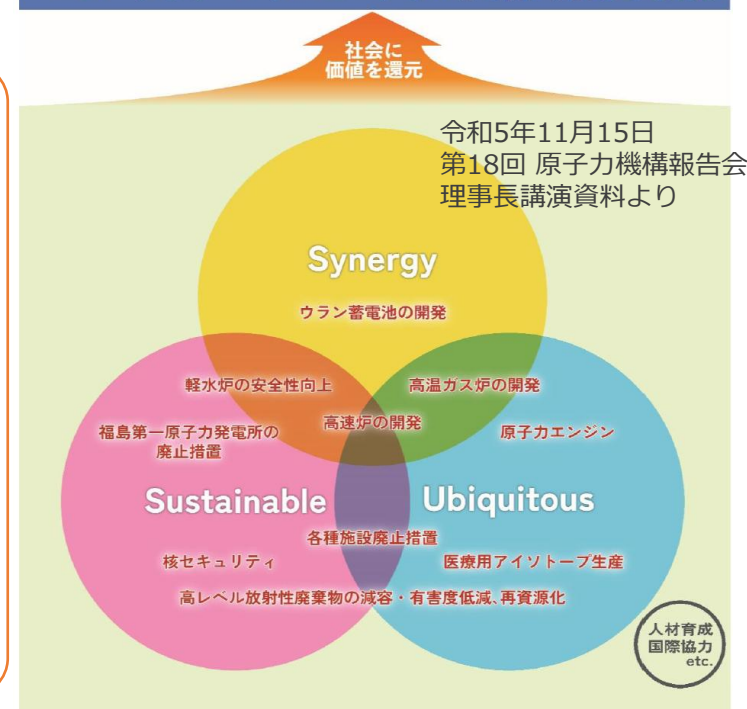
「ニュークリア×リニューアブル」で拓く新しい未来

原子力(ニュークリア)と再生可能(リニューアブル)エネルギーが二元論を乗り越え、融合することで実現する新しい持続可能(サステナブル)な未来社会が目指すべき将来像である。

目指す方針

- 機構は、あらゆる他分野(リニューアブル関連技術)との親和性を高め、協調・連携することによって将来像の実現に貢献する。
- 特に、原子力自体のサステナブルを目指し **次世代革新炉の開発、放射性廃棄物の減容、無害化、再資源化、福島復興を含む廃止措置**の完遂に取り組む。
- エネルギー分野のみならず、あらゆる分野への原子力の適用可能性を追求する。

原子力機構の**ビジョン**の達成
「ニュークリア × リニューアブル」で拓く新しい未来



○ニュークリアとリニューアブルの相乗効果(Synergy)

○原子力自体をSustainableにする

○原子力技術の多様(Ubiquitous)化

NXR開発センター

- 「ニュークリア×リニューアブル」の実現を目的とした柔組織
- 特区型プロジェクトとして、必要な予算を直接交付し外部資金獲得を図る

原子力科学研究所長

()は職員数

NXR Development Center

特区

NXR開発センター

原子力基礎工学研究センター(117)

先端基礎、物質科学等・・・他組織

戦略ユニット(3)

兼務者として協力

- ・戦略機能(国際戦略の立案、外部連携、計画のブラッシュアップ、外部資金獲得、知財マネジメント、地元・規制対応機能)

**RI電池熱源開発
特別チーム(2)兼務10**

【当面の研究開発目標】

2028年度までに少量(数g)の試料を試作

**大容量蓄電池開発
特別チーム(3)兼務4**

【当面の研究開発目標】

2028年度までに小規模URF蓄電池を完成

**分離・利用技術開発
特別チーム(2)兼務9**

【当面の研究開発目標】

2028年度までに数百gの実廃液から有用資源分離を達成

センター長
副センター長

研究推進室

核工学・炉工学 D

- 核データ研究 G
- 炉物理・熱流動研究G
- 原子力センシング研究 G
- 核変換システム開発 G

燃料・材料工学 D

- 防食材料技術開発 G
- 照射材料工学研究 G
- 燃料高温科学研究 G
- 燃料サイクル科学研究 G

化学・環境・放射線 D

- 環境動態研究 G
- 放射線挙動解析研究 G
- 原子力化学研究 G

新たなビジョンへの対応として

- 研究グループをフラット化
- 再資源化等に係るホット試験を技術的にサポートする原子力基盤技術開発Gを設置

○原子力基盤技術開発G(8)
実施項目：②③④+再資源化

センター長、副センター長(3)

研究推進室(7) ()は職員数

○核データ研究 G (8)
実施項目：②

○炉物理・熱流動研究G (13)
実施項目：①②③

○原子力センシング研究 G (9)
実施項目：①②③④

○防食材料技術開発 G (8)
実施項目：①②③④

○照射材料工学研究 G (14)
実施項目：①②③④

○燃料高温科学研究 G (15)
実施項目：①②③④

○環境動態研究 G (14)
実施項目：①②③

○放射線挙動解析研究 G (13)
実施項目：②

○核変換システム開発 G (5)
実施項目：④

○原子力化学研究 G (8)
実施項目：②③

実施項目

- ①項目1：
一層の安全性・経済優位性を追求した原子力システムの研究
- ②項目2：
原子力基礎基盤研究
- ③項目4：
福島第一原子力発電所事故の研究開発に関する基盤の構築・強化
- ④項目5：
高レベル放射性廃棄物の処理に関する研究開発 (ADS)

参考)第4期 基礎工センターの研究開発の方向性

「ニュークリア×リニューアブル」

原子力のエネルギー利用

安全の追求

安全性向上研究
(SA、ATF、
防災モニタリング)
核セキュリティ
向上等

革新的原子炉 システムの探求

SFR、高温ガス炉、
SMR 等
国内・国外
連携

放射性物質の コントロール

より合理的な放
射性廃棄物処分
(P&T)

デコミ改革

安全・迅速・効
率的な廃止措置
技術開発等

社会実装

原子力科学技術を通じた科学の発展

高度化・ スピノフ

宇宙・医療・環境・産業分野等

新知見の創出

異分野連携

人材育成

基盤技術

基礎的研究成果を基に、原子力研究開発の基盤となる革新的基盤技術開発と
シミュレーション技術の高度化と安全・迅速・効率的な廃止措置技術開発等

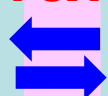
デジタルツイン+ (JAEAの持つ知見・技術を集結)

シミュレーション技術の高度化

- ☐ 革新的デジタルツイン技術開発
 - ✓ 核・熱・構造カップリング
 - ✓ マルチフィジクスシミュレーション
- ☐ 放射線挙動
- ☐ 環境シミュレーション
- ☐ 基盤 DB (核データライブラリ等)

実験・経験ベース → サイエンスベースモデルの高度化
個別コード → 統合化

V&V



革新的基盤技術開発

- ☐ 次世代スマート燃料材料評価技術
- ☐ 革新的化学分析技術
- ☐ 核物質・放射性物質の非破壊測定技術
- ☐ 核データ測定

基本原理・現象の理解とそのための計測技術等の開発
→マクロ現象の予測

知のフロンティア開拓

DX化

基礎研究

核物理

炉物理

熱流動

材料工学

燃料工学

放射線影響

環境動態

放射化学

アクチノ
イド化学