



JAEA-Evaluation

2022-013

DOI:10.11484/jaea-evaluation-2022-013

令和3年度 研究開発・評価報告書  
評価課題「中性子及び放射光利用研究開発」  
(事前評価)

Assessment Report on Research and Development Activities in FY2021  
Activity: “Research and Development in Science and Technology  
Using Neutron and Synchrotron Radiation”  
(Ex-ante Evaluation)

物質科学研究センター

Materials Sciences Research Center

原子力科学研究部門

原子力科学研究所

Nuclear Science Research Institute  
Sector of Nuclear Science Research

March 2023

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Evaluation

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 JAEA イノベーションハブ 研究成果利活用課  
〒 319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地 4  
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.  
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).  
Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.  
For inquiries regarding this report, please contact Institutional Repository and Utilization Section, JAEA Innovation Hub, Japan Atomic Energy Agency.  
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan  
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

令和3年度 研究開発・評価報告書  
評価課題「中性子及び放射光利用研究開発」  
(事前評価)

日本原子力研究開発機構  
原子力科学研究部門 原子力科学研究所  
物質科学研究センター

(2022年12月16日 受理)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という）は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成28年12月21日内閣総理大臣決定）及びこの大綱的指針を受けて作成された「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」（平成29年4月1日文部科学大臣決定）、並びに原子力機構の「研究開発課題評価実施規程」（平成17年10月1日制定、令和2年4月22日改正）等に基づき、令和3年8月17日に第4期中長期計画に対する事前評価を中性子及び放射光利用研究開発・評価委員会に諮問した。

これを受けて、中性子及び放射光利用研究開発・評価委員会は、委員会において定められた評価方法に従い、原子力機構から提出された令和4年4月から令和11年3月までの第4期中長期計画における中性子及び放射光利用研究の実施に関する説明資料の検討、並びに物質科学研究センターのセンター長及びディビジョン長、J-PARC センターの副センター長及び物質・生命科学ディビジョン中性子利用セクションリーダーによる口頭発表と質疑応答を実施した。

本報告書は、中性子及び放射光利用研究開発・評価委員会より提出された事前評価の内容をまとめるとともに、「評価結果（答申書）」を添付したものである。

---

本報告書は、研究開発・評価委員会（中性子及び放射光利用研究開発・評価委員会）が「国の研究開発評価に関する大綱的指針」等に基づき実施した外部評価の結果を取りまとめたものである。

日本原子力研究開発機構物質科学研究センター（事務局）

原子力科学研究所：〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方2-4

**Assessment Report on Research and Development Activities in FY2021**  
**Activity: " Research and Development in Science and Technology**  
**Using Neutron and Synchrotron Radiation "**  
**(Ex-ante Evaluation)**

Materials Sciences Research Center  
Nuclear Science Research Institute, Sector of Nuclear Science Research  
Japan Atomic Energy Agency  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 16, 2022)

Japan Atomic Energy Agency (hereafter referred to as "JAEA") consulted an assessment committee, "Evaluation Committee of Research Activities for Research and Development in Science and Technology Using Neutron and Synchrotron Radiation" (hereafter referred to as "Evaluation Committee") for ex-ante evaluation of "Research and Development in Science and Technology Using Neutron and Synchrotron Radiation", in accordance with "General Guideline for the Evaluation of Government Research and Development (R&D) Activities" by Cabinet Office, Government of Japan, "Guideline for Evaluation of R&D in Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology" and "Regulation on Conduct for Evaluation of R&D Activities" by JAEA.

In response to the JAEA's request, the Committee assessed the research program and activities on Research and Development in Science and Technology Using Neutron and Synchrotron Radiation in Materials Sciences Research Center (MSRC) and Neutron Science Section (NSS) in Materials and Life Science Division (MLSD) of J-PARC Center during the period from April 2022 to March 2029. The Committee evaluated the management, research and development activities based on the explanatory documents prepared by MSRC and NSS and oral presentations with questions-and-answers by the Director General and the Division Heads of the MSRC and the Deputy Director General and the NSS Section Leader of J-PARC Center.

This report summarizes the results of the assessment by the Evaluation Committee with the Committee report attached.

Keyword: Research and Development in Science and Technology Using Neutron and Synchrotron Radiation

---

This evaluation report presents the result of third-party evaluation conducted based on the "General Guideline for the Evaluation of Government R&D Activities" by Cabinet Office, Government of Japan, etc.

目 次

1. 概要	1
2. 中性子及び放射光利用研究開発・評価委員会の構成	3
3. 審議経過	4
4. 評価方法	5
5. 事前評価スケジュール	6
6. 評価結果（答申書）	9
7. 評価委員会の提言に対する原子力機構の措置	20
付録 原子力機構の研究開発の取組の基本方針案（評価室作成） 事前評価資料（物質科学研究センター・J-PARCセンター作成）	27

Contents

1. Summary	1
2. Members of the Evaluation Committee	3
3. Status of Assessment	4
4. Procedure of Assessment	5
5. Time Table of Ex-ante Evaluation Meeting	6
6. Results of Assessment (Committee Report)	9
7. JAEA's Response to the Recommendations by the Evaluation Committee	20
Appendix Handouts in the Evaluation Committee	27

This is a blank page.

## 1. 概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という）は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成28年12月21日内閣総理大臣決定）及びこの大綱的指針を受けて作成された「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」（平成29年4月1日文部科学大臣決定）、並びに原子力機構の「研究開発課題評価実施規程」（平成17年10月1日制定、令和2年4月22日改正）等に基づき、第4期中長期計画における「中性子及び放射光利用研究開発」に関する事前評価を、中性子及び放射光利用研究開発・評価委員会（以下「委員会」という）に諮問した。

これを受けて委員会は、委員会において定められた評価方法に従い、原子力機構から提出された物質科学研究センターの概況、中性子及び放射光利用研究の実施に関する説明資料の検討、及び物質科学研究センター長並びにディビジョン長、J-PARCセンターセクションリーダーによる口頭発表と質疑応答を実施した。

その結果、諮問された第4期中長期計画期間の事前評価においては、概ね妥当な内容であると評価した。事前評価結果の詳細については本文に示す通りであるが、特記すべき事項として以下の点が挙げられる。

### (1) 物質科学研究センターにおける中性子利用研究開発

- ・ 世界レベルの研究用原子炉JRR-3を主体的かつ広範に活用できる研究拠点のディビジョンとして、中性子による研究開発を最優先とする妥当な課題と目標設定である。
- ・ 長期的な進展を見通す基礎物質科学研究から、社会実装への貢献を睨んだ選定課題は第4期中長期計画期間における原子力機構の目標や課題も共有しており、当ディビジョンのバランスの取れた姿勢は評価できる。
- ・ 国内外の研究機関及び大学、企業等について目が行き届いた連携を目指していると評価できる。日本のインフラ維持のためコンクリート分野でのコンソーシアム形成など、社会ニーズとイノベーション創出のために必要な連携を積極的に取り組む姿勢も見て取れる。
- ・ 中性子利用研究で得られた優れた成果と、その重要性を広く配信していくという方針は妥当である。本ディビジョンの広報戦略は、学術、産業利用、一般向け、地元対応の4つの分野に関し、バランスよく配慮されていることがうかがえる。

### (2) 物質科学研究センターにおける放射光利用研究開発

- ・ アクチノイド基礎科学、廃棄放射線の利用によるエネルギー変換材料の開発、放射性廃棄物処理、福島廃炉・環境回復問題への貢献という3つの研究分野が明確に挙げられている。いずれも本ディビジョンが独占的に利用できる放射光や装置の特性を十分に活かし、継続して行ってきた先端的分析手法の高度化・応用を基盤とした研究課題である。
- ・ 特に国民目線からは福島廃炉・環境回復問題と廃棄放射化物によるエネルギー変換材料開発などの要請は高く、廃炉計画や高濃度放射化物廃棄計画に資する成果が望まれる。またこれらの研究開発課題は原子力機構の次世代研究分野を開拓し、SDGsおよびSociety5.0の実践やカーボ

ンニュートラルの実現とも整合性が高い。

- SPring-8近隣の大学や研究機関の若手を取りこんだ次世代研究者の育成は不可欠であるので、大学院生の教育への意気込みと産業界も含めた放射光技術教育への取り組みは大いに評価できる。
- マテリアル先端リサーチインフラ事業については有効な活用をしていくことを期待している。

### (3) J-PARCセンター物質・生命科学ディビジョンにおける中性子利用研究開発

- 近年の社会情勢、さらに原子力機構の将来ビジョンJAEA2050+への取り組みも意識した計画になっており、原子力機構の中性子利用セクションの取り組みとして妥当である。またMLF全体の取り組みとしても整合性が取れており、幅広い先端的中性子利用手法の開発、量子ビームの有用性を示す先端的中性子利用研究をベースとする適切な課題選定が行われている。
- 研究レベルを世界トップレベルに保つために、継続的な実験装置の高度化、デバイス開発、ソフトウェア開発の課題設定を行っている。オペランド測定やスピン偏極解析の汎用化への新展開などに期待したい。
- 人材育成はMLFでの最優先課題の一つであるとの認識を強く持っていただきたい。世界最高強度のパルス中性子源を持つMLFにはそのような人材を受け入れ、グローバルに育てられる可能性とキャパシティがある。
- 施設を供用している組織との緊密な連携、特にJRR-3との連携（組織、装置、運用の面で）を率先して行うことは、中性子コミュニティーにおいて重要課題と考える。
- 地球規模課題への貢献、産学連携による異なる視点からの基礎研究へのフィードバック、及びその展開と、ポジティブフィードバックで、物質、物性科学が発展することに期待したい。これまでに数多くの実績があり、次の中長期計画に対しても適切な計画がなされている。



## 2. 中性子及び放射光利用研究開発・評価委員会の構成

中性子及び放射光利用研究開発・評価委員会は、以下の9名により構成される。

## 中性子及び放射光利用研究開発・評価委員会委員

(委員長を除き五十音順)

氏名	区分	所属・職位
山田 和芳	委員長	国立大学法人東北大学 名誉教授
亀井 信一	委員	株式会社三菱総合研究所 研究理事
久保 謙哉	委員	国際基督教大学教養学部 教授
櫻井 吉晴	委員	公益財団法人高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 副センター長
三倉 通孝	委員	東芝エネルギーシステムズ株式会社 エネルギーシステム技術開発センター 技監
田中 敬二	委員	国立大学法人九州大学 大学院工学研究院 主幹教授 次世代接着技術研究センター センター長
富井 哲雄	委員	日刊工業新聞社（編集局経済部） 記者
松田 雅昌	委員	米国オークリッジ国立研究所 Senior R&D Staff
森 初果	委員	国立大学法人東京大学 物性研究所 所長

### 3. 審議経過

(1) 諮問：令和3年8月17日

(2) 中性子及び放射光利用研究開発・評価委員会

令和3年9月27日（1回目） オンライン開催（Zoom）

主な議題：第4期中長期目標期間における「中性子及び放射光利用研究開発」の事前評価  
（特に評価項目1及び2に関して先行議論）

令和3年11月22日（2回目） オンライン開催（Zoom）

主な議題：第4期中長期目標期間における「中性子及び放射光利用研究開発」の事前評価  
（第3期中長期目標期間における「中性子及び放射光利用研究開発」の事後評価と同時開催）

(3) 評価結果のとりまとめ：令和3年11月下旬～令和4年2月上旬

(4) 答申：令和4年2月10日

## 4. 評価方法

以下の評価作業手順及び評価項目に従い、原子力機構から提出された物質科学研究センターの概況、中性子及び放射光利用研究の実施に関する説明資料を検討するとともに、物質科学研究センター長及びディビジョン長、並びにJ-PARCセンター副センター長及び中性子利用セクションリーダーによる口頭発表と質疑応答・意見交換を行った。

### (1) 評価作業手順

- ① 物質科学研究センター概況について、物質科学研究センター長による口頭発表及び質疑応答
- ② 物質科学研究センターにおける中性子利用研究開発について、中性子材料解析研究ディビジョン長による口頭発表及び質疑応答
- ③ 物質科学研究センターにおける放射光利用研究開発について、放射光エネルギー材料研究ディビジョン長による口頭発表及び質疑応答
- ④ J-PARCセンター物質・生命科学ディビジョンにおける中性子利用研究開発について、J-PARCセンター副センター長及び中性子利用セクションリーダーによる口頭発表及び質疑応答
- ⑤ 提出資料及び口頭発表に基づき、評価意見を評価シートに取りまとめて整理
- ⑥ 答申書の取りまとめ方針の検討

### (2) 評価項目

1. 研究開発課題の選定の妥当性（効果・効用（アウトカム）の観点を含む）
2. 方向性・目的・目標等の妥当性（効果・効用（アウトカム）の観点を含む）
  - ・イノベーション創出の可能性と創出に向けた取組計画の妥当性
3. 研究開発の進め方の妥当性
  - ・研究資金・人材（体制）等の研究開発資源の配分計画の妥当性
  - ・人材育成に関する取組の妥当性
4. 国内外他機関との連携の妥当性
5. 研究開発成果の社会的意義
  - ・社会実装に向けた取組計画の妥当性
  - ・科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性
  - ・研究開発課題／成果の社会的受容性

### (3) 評価の基準

事前評価においては妥当もしくは要改善で評定した。

5. 事前評価スケジュール

【事前評価 1回目】

1. 期日 : 令和3年9月27日(月) 13:00~15:30
2. 場所 : オンライン開催 (Zoom)
3. 議題 :
  - (1) 開会挨拶 <司会: 松林研究推進室長> 13:00-13:05
  - (2) 委員長挨拶 <以下、議長: 山田委員長> 13:05-13:15
  - (3) 資料確認 <説明: 松林研究推進室長> 13:15-13:20
  - (4) 第4期中長期目標期間における原子力機構の研究開発の取組の基本方針案について  
<説明: 原子力機構評価室> 13:20-13:40
  - (5) 第4期中長期目標期間における中性子及び放射光利用研究開発の取組の基本方針
    - 1) 物質科学研究センターにおける中性子利用研究開発 (東海地区) 13:40-14:05  
<説明: 長壁ディビジョン長>
    - 2) 物質科学研究センターにおける放射光利用研究開発 (播磨地区) 14:05-14:30  
<説明: 岡根研究推進室長代理>
    - 3) J-PARCセンター物質・生命科学ディビジョンにおける中性子利用研究開発 14:30-14:55  
<説明: 川北セクションリーダー>
  - (6) 全体討論 14:55-15:25
  - (7) 閉会挨拶 15:25-15:30

【事前評価 2回目】

1. 期日 : 令和3年11月22日(月) 13:00~17:30
2. 場所 : オンライン開催 (Zoom)
3. 議題 :
  - (1) 開会挨拶 <司会: 松林研究推進室長> 13:00-13:05
  - (2) 委員長挨拶 <以下、議長: 山田委員長> 13:05-13:15
  - (3) 資料確認 <説明: 松林研究推進室長> 13:15-13:20
  - (4) 評価の観点について <説明: 松林研究推進室長> 13:20-13:30
  - (5) 第3期中長期目標期間における中性子及び放射光利用研究開発の進捗
    - 1) 物質科学研究センター概況 <説明: 武田センター長> 13:30-13:55
    - 2) 物質科学研究センターにおける中性子利用研究開発 (東海地区) 13:55-14:45  
<説明: 長壁ディビジョン長>
  - < 休憩 > 14:45-15:00

- 3) 物質科学研究センターにおける放射光利用研究開発 (播磨地区) 15:00-15:50  
＜説明：岡根研究推進室長代理＞
- 4) J-PARCセンター物質・生命科学ディビジョンにおける中性子利用研究開発 15:50-16:40  
＜説明：脇本副センター長、川北セクションリーダー＞
- (6) 全体討論 16:40-17:25
- (7) 閉会挨拶 17:25-17:30

This is a blank page.

6. 評価結果(答申書)

令和4年2月10日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
原子力科学研究部門  
部門長 大井川 宏之 殿

中性子及び放射光利用研究開発・評価委員会  
委員長 山田 和芳 (公印省略)

研究開発課題の評価結果について(答申)

当委員会に諮問[令 03 原機(物)002]のあった下記の研究開発課題の事後評価及び事前評価について、その評価結果を別紙のとおり答申します。

記

〔諮問事項〕

1. 第3期中長期計画における「中性子及び放射光利用研究開発」に関する事後評価
2. 第4期中長期計画における「中性子及び放射光利用研究開発」に関する事前評価

以上

This is a blank page.



事前評価

評価結果を研究開発課題毎に示す。

物質科学研究センターにおける中性子利用研究

評価理由/意見	評価
<p><u>(1) 研究開発課題の選定の妥当性(効果・効用(アウトカム)の観点を含む)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 世界レベルの研究用原子炉JRR-3を主体的かつ広範に活用できる研究拠点のディビジョンとして、中性子による研究開発を最優先とする妥当な課題と目標設定であると評価できる。</li> <li>• 選定課題には、基礎基盤技術開発から社会実装、および産学官の共創によるイノベーション創出に向けた取り組みを強化する方向性が示されている。また、国内外の原子力研究をリードする原子力機構の、持続可能で強靱な社会構築を目指す将来ビジョン「JAEA2050+」の達成にも貢献するものと評価できる。</li> <li>• 課題の確実な実行には、JRR-3の継続的で安定かつ効率的運用が必要である。またJRR-3に保有する3つの装置群(材料構造物性用装置、材料ナノ構造解析装置、非破壊分析装置)をどう有効活用するかが重要だが、装置群を3つの階層に分け、それぞれの目標を明確化したことで、研究の方向付けが行いやすくなっている。</li> <li>• 選定課題は、原子力機構内部にとどまらず外部との連携を積極的かつ組織的に進めて推進する必要がある。大学を含む、各研究機関や産業界との協力強化に期待したい。また近接するJ-PARC MLFとの装置利用、研究課題の共通化など、外部ユーザーも巻き込む連携強化と、そのために必要な人材の育成と確保に注力する必要がある。</li> <li>• JRR-3の10年間の停止期間中に蓄えた情報や実力を、今後どう活かすか、10年前からの継続的施策だけでは、世界をキャッチアップしたイノベーション創出は容易ではない。ディビジョンとして新奇な発想や発想転換を誘発させる仕組みづくりが、選定課題の進展やイノベーション創出を左右する。</li> </ul>	<p>妥当</p>
<p><u>(2) 方向性・目的・目標等の妥当性(効果・効用(アウトカム)の観点を含む)</u></p> <p style="margin-left: 20px;">- イノベーション創出の可能性と創出に向けた取組計画の妥当性</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 長期的な進展を見通す基礎物質科学研究から、社会実装への貢献を睨んだ選定課題は第4期中長期計画期間における原子力機構の目標や課題も共有しており、当ディビジョンのバランスの取れた姿勢は評価できる。</li> <li>• また、世界の潮流であるカーボンニュートラルを意識したモビリティ関連技術などに新たな展開先を求めており、中長期的目標の社会実装や、幅広い分野を含む産学官の共創によるイノベーション創出への取組強化と整合し、妥当な方向性と判断できる。</li> <li>• 10年間の停止期間中の世界動向を適切に取り込むためには、12台の装置の定期的かつ継続的な評価と、世界の新技术や革新的技術の導入が必要である。また、可能な限り具体的な目標を設定する必要がある。例えば、何をどこまで達成すれば、イノベーション創出にどの程度貢献できるかなどの情報公開により、ディビジョン内外への説得力や広報効果が増すと期待される。</li> </ul>	<p>妥当</p>

<p><b>(3) 研究開発の進め方の妥当性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 研究資金・人材(体制)等の研究開発資源の配分計画の妥当性</li> <li>- 人材育成に関する取組の妥当性</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 現状のグループ再編は妥当と考えられる。また、研究のロードマップ設定は非常に良い事例である。これに沿って人材を当てはめ、年度計画を立て、達成度を内外に広報することが望ましい。</li> <li>• 安全で安定的な研究遂行には、そのために必要な研究資金と人材配置が不可欠であり、理想的にはそれに見合う運営費が交付されるべきである。しかし現状の限られたリソースで研究をスタートするには、<b>JRR-3</b>が有利とする課題を着実に実行する実施計画をたて、優先順位を明確にする必要がある。人材計画としては、この施設を運営するために必要最小限の計画になっているが、これはあくまで最小限の計画であり、人員増を確実に実現できる戦略をより具体化して実行してほしい(例:受託研究等の外部資金による博士研究員等の雇用など)。</li> <li>• 個人ベースだけではなく、組織的に大型予算への申請が必要である。さらに大学10兆円ファンドなど日本の科学技術再生を目的とした、大学や公的研究機関への人的リソース拡充政策なども注視し、それらへの積極的関与の戦略を、大学などと協力して立案、実行していただきたい。</li> <li>• 研究基盤施設として、次世代への技術継承の観点からも装置関連人材の確保は必須である。その際、必要な人材について、求められる要員の資質に関しても定義しておく必要がある。日本の現状では研究者自身が装置関連の仕事を行わざるを得ない状況にあるが、専任の装置関連人材の育成をどうするか、大学などと協力して包括的かつ継続的施策を立ててほしい。</li> </ul>	<p>妥当</p>
--	-----------

<p><b>(4) 国内外他機関との連携の妥当性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>国内外の研究機関及び大学、企業等について目が行き届いた連携を目指していると評価できる。日本のインフラ維持のためコンクリート分野でのコンソーシアム形成など、社会ニーズとイノベーション創出のために必要な連携を積極的に取り組む姿勢も見て取れる。</li> <li>JRR-3の運転再開に伴い、従来の連携研究が、より強固なものになり、さらに進化すると期待できるが、そのための新たな戦略性を、関係機関と常に煮詰めていただきたい。そのためには、JRR-3を国内外他機関との共同研究の柱とするとともに、将来の中性子施設での先端研究を担う人材と装置関連人材育成が必須である。大学を含む関係機関や学会との具体的方策を議論し、原子力機構や行政に提案してもらいたい。</li> <li>オープンファシリティプラットフォームにおける中性子利用の中核として活動するという目標も高く評価できる。今後一定時期ごとに見直しなどを検討するなど、組織の柔軟な対応に期待したい。また、この分野では国際連携が前提になっているので、的確に運営していただきたい。</li> <li>放射光との相補利用は分かり易いが、J-PARC MLFとの棲み分けが、中性子研究の専門家でなければ分かり難い場合もある。中性子科学会や施設ユーザーを巻き込んだ議論とともに、その結果をわかりやすく、量子ビームを利用するコミュニティなどに広報するのが望ましい。</li> </ul>	<p>妥当</p>
<p><b>(5) 研究開発成果の社会的意義</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 社会実装に向けた取組計画の妥当性</li> <li>- 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性</li> <li>- 研究開発課題／成果の社会的受容性</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>国内唯一の本格的な研究用原子炉JRR-3を、中性子科学や原子力科学の維持発展のために活用し、基礎学術研究から製品の社会実装に活かすことで、中性子ビームの有効活用に対する社会的理解が進む。本ディビジョンには、この点に関する十分な認識が感じられる。社会がカーボンニュートラルに舵を切っていく中で、重要度を増す水素の定量的研究に高いポテンシャルを有する中性子ビームには、学術分野ばかりでなく、産業分野からの期待も高い。本ディビジョンは、中性子が水素だけでなく、スピンなどより幅広くカーボンニュートラルに貢献できる手段であることも、研究実績を示しつつ積極的に広報していただきたい。</li> <li>中性子利用研究で得られた優れた成果と、その重要性を広く配信していくという方針は妥当である。本ディビジョンの広報戦略は、学術、産業利用、一般向け、地元対応の四つの分野に関し、バランスよく配慮されていることがうかがえる。戦略的広報による波及効果の拡大に期待したい。その際、社会実装を考える上で、「知の創造」の重要性を発信することも重要。</li> <li>SDGsに関わる人文学的・社会学的研究考察にも研究用原子炉からの情報発信やアウトリーチが必要不可欠である。加えて、大型の施設の維持運営には、「社会」からの認知や受容性が極めて重要なので、社会への成果のアピールはより一層進めていただき、中性子利用がイノベーション創出に有効であることが社会に認知されるよう、成果創出と広報活動の両方を共に推進されることを期待したい。</li> </ul>	<p>妥当</p>

物質科学研究センターにおける放射光利用研究開発

評価理由/意見	評価
<p><u>(1) 研究開発課題の選定の妥当性(効果・効用(アウトカム)の観点を含む)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• アクチノイド基礎科学、廃棄放射線の利用によるエネルギー変換材料の開発、放射性廃棄物処理、福島廃炉・環境回復問題への貢献という3つの研究分野が明確に挙げられている。</li> <li>• いずれも本ディビジョンが独占的に利用できる放射光や装置の特性を十分に活かし、継続して行ってきた先端的分析手法の高度化・応用を基盤とした研究課題である。</li> <li>• 特に国民目線からは福島廃炉・環境回復問題と廃棄放射化物によるエネルギー変換材料開発などの要請は高く、廃炉計画や高濃度放射化物廃棄計画に資する成果が望まれる。またこれらの研究開発課題は原子力機構の次世代研究分野を開拓し、SDGsおよびSociety5.0の実践やカーボンニュートラルの実現とも整合性が高い。</li> <li>• 研究課題の確実な実行と新たな展開のために、外部機関の要請に応え連携研究をより一層活発化することを期待している。</li> </ul>	<p>妥当</p>
<p><u>(2) 方向性・目的・目標等の妥当性(効果・効用(アウトカム)の観点を含む)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- イノベーション創出の可能性と創出に向けた取組計画の妥当性</li> <li>• 現中長期計画期間内に整備あるいは準備されたビームラインやホットラボ、レーザーシステム等の十分な活用を念頭に置きつつ、新たな展開に向けた研究に取り組むことが可能と評価できる。</li> <li>• 福島廃炉・環境回復研究では、Csの低コスト・高効率除去法の確率を目標とすることなど、原子力機構の取組みの基本方針を意識して検討した姿勢がうかがえる。また原発事故で生じた燃料デブリの分析などは、社会の強い要請のもとに行われるもので、イノベーション創出を目指すものではない。</li> <li>• アクチノイド基礎科学と環境・エネルギー・変換材料開発については、方向性・目的の内容は問題ないが、イノベーション創出を目指すための目標はもう少し具体性あるいは定量性を示すほうがわかりやすい。例えばアクチノイド基礎科学では、「アクチノイド・重元素のf軌道電子の性質理解に基づく物性／化学反応メカニズムの解明」とあるが、何が未解決で、どこまで理解すれば、メカニズム解明(イノベーション創出)に、どのようにつながるのか？また環境・エネルギー・変換材料開発では、「放射性廃棄物のエネルギー資源変換を目指す」とあるが、社会実装(イノベーション創出)に向けて、何がネックで、どのような方策をとるかなどなど。</li> <li>• さらにこれらの研究開発活動をさらに発展させるためには、自部門の技術的なベンチマークを行い、研究だけでなく、技術や機器開発施設の維持管理に関するロードマップを作成し、原子力機構の基本方針や中長期的な目標を具体化するために、これらの技術をどのように発展させるかを意識していくことも必要と思われる。</li> </ul>	<p>妥当</p>

<p><b>(3) 研究開発の進め方の妥当性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 研究資金・人材(体制)等の研究開発資源の配分計画の妥当性</li> <li>- 人材育成に関する取組の妥当性</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 研究のロードマップが作成されているのは非常に良い事例であり、事前の検討は十分に成されている。それに基づき、研究の現状の状況に応じたグループの再編も妥当と考えられる。また、装置管理更新に必要な計画立案にも妥当と感じられる。</li> <li>• 人員配分、人材育成の計画は概ね妥当であるが、グローバルに通用する人材の育成や産業的なインパクトのより一層大きなアウトカム創出のための人員確保などに関しても(限られたリソースの中で)考慮していただきたい。</li> <li>• <b>SPring-8</b>近隣の大学や研究機関の若手をとりこんだ次世代研究者の育成は不可欠であるので、大学院生の教育への意気込みと産業界も含めた放射光技術教育への取り組みは大いに評価できる。必要な人材の増員については、必要員に求められる素養についてもきちんと定義し、研究と同様にロードマップを作成し、達成状況や自己評価を行い問題点の洗い出しを行うことを推奨する。</li> <li>• 十分な研究資金が運営費交付金によって賄われることが本来ではあるが、本グループの研究設備や人材の活用によって初めて可能な研究には資金が投入されると期待される。マテリアル先端リサーチインフラ事業については有効な活用をしていくことを期待している。</li> <li>• <b>SPring-8</b>の高度化計画への対応には、数億の予算や人材確保(挿入光源など)が必要になるので、原子力機構内での議論を進める時期に来ていると思われる。</li> </ul>	<p>妥当</p>
<p><b>(4) 国内外他機関との連携の妥当性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 産業界、学术界との連携が図られ、成果の社会還元のためにも有効な体制が取られていると考える。グループを再編したことで、目的がはっきりとしたことも反映され、必要な外部連携が計画されていると思われる。今後一定時期ごとに見直しなども検討してもらえればよいと思われる。</li> <li>• 中性子など放射光と相補的性質のデータを取得できる国内外の施設との積極的連携は必要不可欠である。本物質科学研究センターの優位性を活かした放射光と中性子の量子ビームの連携研究の進展にも期待したい。また<b>JRR-3</b>の定常中性子のみならず、<b>J-PARC MLF</b>のパルス中性子の協奏的活用は大いに推進してもらいたい。</li> <li>• 福島環境回復研究は各地で行われており、原子力機構ならではの成果発信にも期待したい。アカデミアとの連携については、機関ごとに具体的な連携内容や連携の方向性を整理すると良い。</li> </ul>	<p>妥当</p>

<p><b>(5) 研究開発成果の社会的意義</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 社会実装に向けた取組計画の妥当性</li> <li>- 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性</li> <li>- 研究開発課題／成果の社会的受容性</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3つの領域それぞれが、社会的意義が明確に整理されており、研究を進めるうえでの目的意識が認識されている。これらについてディビジョン内での意識の共有化も重要である。</li> <li>• アクチノイド基礎科学分野については原子力機構が牽引する分野をさらに発展させる意義がある。特に世界初の超プルトニウム元素科学、アクチノイド／ランタノイドの分離技術開発などには大いに期待したい。</li> <li>• 一方で、エネルギーや廃炉に関する研究は社会からの高いニーズがあり、原子力機構の存在意義を示す意味でも妥当と判断する。</li> <li>• また放射線を電気エネルギーに変える技術は、放射性廃棄物をエネルギー源として活用する可能性を提案するだけでなく、半永久的に動作する原子力電池を深宇宙探査など極限環境での電源に利用するといったムーンショット提案に発展する可能性も秘めている。地上での原子力利用だけでなく、今後利用拡大が期待される宇宙開発において重要な技術であり、計画は妥当である。長期的かつオールジャパン、さらにはグローバルな共同研究としての取り組みに成長させていきたい。</li> <li>• 想定される研究開発成果は原子力機構のミッションに沿ったものであり、社会的意義は大きい。技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供においても原子力機構のミッションと著しく乖離することが無いよう配慮することが必要と思われる。</li> <li>• 放射光高度分析技術データのデータ利活用システム導入も社会的意義が大きい取り組みである。</li> <li>• SPring-8に参入している多くの民間研究者との連携を深めることで社会実装に向けた研究推進が期待される。</li> </ul>	<p>妥当</p>
---	-----------

## J-PARC センター物質・生命科学ディビジョンにおける中性子利用研究・技術開発

評価理由/意見	評価
<p><u>(1) 研究開発課題の選定の妥当性(効果・効用(アウトカム)の観点を含む)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 近年の社会情勢(カーボンニュートラルの実現、SDGsへの寄与、イノベーションの創出など)、さらに原子力機構の将来ビジョンJAEA2050+への取り組みも意識した計画になっており、原子力機構の中性子セクションの取り組みとして妥当である。またMLF全体の取り組みとしても整合性が取れており、世界最高強度のパルス中性子源と、その安定な運転に相応しい研究成果をもとにした、幅広い先端的中性子利用手法の開発、量子ビームの有用性を示す先端的中性子利用研究をベースとする適切な課題選定が行われている。</li> <li>• ハードマターやエネルギー・工学材料、ソフトマター・非晶質への材料開発に加えて、時代の要請に沿ったカーボンニュートラルに向けた研究なども試行している。これらは原子力機構の基本方針とも合致し、KEKや内外の機関などとの協力関係も活発で、常に新しい方向を指向した研究開発課題の選定は妥当なものと考えられる。</li> <li>• また、装置性能、研究レベルを世界トップレベルに保つために、継続的な装置の高度化、デバイス開発、ソフトウェア開発の課題設定を行っている。オペランド測定やスピン偏極解析の汎用化への新展開などに期待したい。</li> <li>• 特に、計算科学的手法を利用するデータ駆動型研究を進めることは、先端科学の潮流として遅滞なく積極的に取り組むことが必要であり、政府の第6期科学技術イノベーション計画で重要テーマとして位置づけられており、これに関連する研究課題の選定は妥当と考える。</li> <li>• 今後も、パルス中性子源の設計値1MW出力への増強を見据えた最先端の研究の展開することは重要である。さらに中性子の利用可能性を拡げる先導性の高い研究をプロジェクト課題など施設のトップダウン型研究として実施することも意味がある。国際的にみても、中性子科学全般の発展にも寄与していくことに繋がる研究開発課題の選定になっており、妥当な計画である。</li> </ul>	妥当

<p><u>(2) 方向性・目的・目標等の妥当性(効果・効用(アウトカム)の観点を含む)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- イノベーション創出の可能性と創出に向けた取組計画の妥当性</li> <li>• 最先端のパルス中性子源と、それを利用する先端的装置、デバイスを用いて様々な分野の研究開発により、社会的意義の大きい研究成果を上げるという目標設定は適切である。</li> <li>• 各研究開発についてのロードマップと、またそれに関するインフラ整備のロードマップも策定されており、妥当な研究計画と評価できる。</li> <li>• ハードマター分野、工学材料分野、エネルギー材料分野、ソフトマター・非晶質分野における学術的・社会的意義の高い研究課題を外部との連携によりテーマ選定を行い、実施するという目標には妥当性がある。さらに、人類の共通課題である「カーボンニュートラルの推進」も踏まえた計画になっており、中性子利用での貢献に期待したい。</li> <li>• データ駆動科学の積極的取り込みについては評価できるが、効率的実験プロセスへ活用のみならず、計測データからの新たな情報抽出についても積極的活用を検討すべきである。</li> <li>• 原子力機構に属している中性子セクションとして直接的問題でないかもしれないが、MLFのライフサイエンスに関して、現状を踏まえた方向性など、MLF全体の問題として議論し、何かを示すべきではなからうか？</li> </ul>	<p>妥当</p>
<p><u>(3) 研究開発の進め方の妥当性</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 研究資金・人材(体制)等の研究開発資源の配分計画の妥当性</li> <li>- 人材育成に関する取組の妥当性</li> <li>• コンソーシアムを例とする外部資金活用、大学からの人材確保、および育成について検討されており、研究資金、人材のリソースを多様化した目標設定は妥当である。</li> <li>• 産業界との組織対組織共同研究においては、対象となる産業界の関連技術に精通した人材をJ-PARC MLF内に確保することは重要である。</li> <li>• 予算計画に関しても、トップダウン型とボトムアップ型として、個人ベースの予算を組み合わせることで研究開発を進めるということであり、妥当である。</li> <li>• 新学術領域研究、変革A研究など、グループ研究における研究、人材育成に関する連携にも期待したい。</li> <li>• 戦略的な課題である「データ駆動型科学」の推進をはじめ、新たな取り組みには、ぜひ人材を確保し拡充する方向で進めていただきたい。そのための“人材ロードマップ”を作成し、年度ごとの達成度や未達成の場合の問題点を洗い出してもらいたい。</li> <li>• 人材育成はMLFでの最優先課題の一つであるとの認識を強く持っていただきたい。日本では多くの共同利用の研究施設では、研究者や技術者の人材が非常に不足している状況で、研究開発と共同利用、さらに人材育成を行っている。そのような現状にあってMLFは少なくとも共用促進法で基本的経費や人員面で相対的に恵まれた状況にある。施設内外の学生や若い研究者が、世界に通じる成功体験をMLFで得ることは、かけがえの無い経験である。世界最高強度のパルス中性子源を持つMLFにはそのような人材を受け入れ、グローバルに育てられる可能性とキャパシティがある。</li> </ul>	<p>妥当</p>



<p><b>(4) 国内外他機関との連携の妥当性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 各研究機関、大学、産業界の連携によりイノベーションを促進していく計画により、研究分野を拡大発展させることで人材も確保しやすくなると思われる。国際連携も多方面でおこなっており妥当と判断する。J-PARCそのものが、複数のステークホルダーからなる組織であり、また国際的にオープンな運営となっており、極めて妥当な計画となっている。グローバルな中性子科学の連携の中で、J-PARCメンバーによる分野牽引に期待したい。</li> <li>• 国内外の大学・研究機関、国内企業との連携は積極的に行っていると考えられる。技術の高度さや頑健性がこのような取り組みを可能としていると考えられる。研究員の技術レベル及び施設・装置のレベル維持管理への配慮も期待したい。</li> <li>• 施設を供用している組織との緊密な連携、特にJRR-3との連携(組織、装置、運用の面で)を率先して行うことは、中性子コミュニティにおいて重要課題と考える。また中性子科学全体を俯瞰した適切な装置の入替や将来的な中性子源についての計画作成等が重要である。そのために、どのような連携組織と司令塔を持つか、MLFの中性子が深く主体的に関与する必要がある。</li> </ul>	<p>妥当</p>
<p><b>(5) 研究開発成果の社会的意義</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 社会実装に向けた取組計画の妥当性</li> <li>- 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性</li> <li>- 研究開発課題／成果の社会的受容性</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• これまでに数多くの実績があり、次の中期計画に対しても適切な計画がなされている。近年の社会情勢(カーボンニュートラルの実現、SDGsへの寄与、イノベーションの創出など)、さらにJAEA2050+への取り組みも踏まえた計画になっており、妥当である。またそれらはこれまで実施してきた研究の守備範囲の広さを維持できれば達成できるものと期待できる。</li> <li>• J-PARC MLFでのみ遂行可能な物質研究や材料研究が社会的・経済的に要求されている。地球規模課題への貢献、産学連携による、異なる視点からの基礎研究へのフィードバック、及びその展開と、ポジティブフィードバックで、物質、物性科学が発展することに期待したい。</li> <li>• 過度な期待かもしれないが、MLFの世界最高強度のパルス中性子と最先端の装置を利用した研究開発で、カーボンニュートラル対応やSDGsに対して、MLFとしての新規な提案を発信するなど、社会情勢を受け身にとらえるだけでなく、既存の提言を超えるものを目指す意気込みを持ってほしい。プロジェクト研究などトップダウン型研究では、このような新規な提案に繋がるようなムーンショット的研究なども考えてもらいたい。研究開発の守備範囲の広さを維持するだけでなく、“攻撃範囲の拡大”を期待する。そのような姿勢が、真のイノベーション創出につながるのではなかろうか？</li> </ul>	<p>妥当</p>

7. 評価委員会の提言に対する原子力機構の措置

中性子及び放射光利用研究開発・評価委員会の提言と原子力機構の措置

物質科学研究センターにおける中性子利用研究開発

提言	原子力機構の措置
<ul style="list-style-type: none"> <li>選定した課題は、J-PARCなど原子力機構内部や大学を含む研究機関や産業界との連携を強化しつつ、積極的かつ組織的に進めるべき。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>選定した課題は、J-PARCセンターや先端基礎研究センターとの連携をさらに強化し、福島研究開発部門、核燃料・バックエンド研究開発部門など他部門との連携にも広がります。大学等研究機関とは共同研究等の連携協力関係をベースにした課題の効果的な推進や、共通した中性子ビーム利用技術の高度化に組織的に取り組む体制を構築します。産業界とも共同研究や受託研究等を積極的に導入し、また、中性子産業利用推進協議会等と連携し、産業ニーズの動向を研究計画に反映させます。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>JRR-3の10年間の停止期間中の世界動向を適切に取り込むために、物質科学研究センター所管の12台の中性子ビーム利用実験装置の定期的かつ継続的な評価と、世界の新技术や革新的技術の導入、及び具体的な目標設定や情報公開の在り方について検討すべき。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中性子関連の総合的な国際会議に加え、QENS/WINS (準弾性・非弾性散乱) やISSE (試料環境) 等の専門的な国際会議にも積極的に参加し、世界の技術動向の情報収集を継続的に行い、中性子ビーム利用実験装置の高度化を含む将来計画に反映させます。その際、目標設定を明確にするとともに、それに基づいた装置更新状況を本研究開発・評価委員会にて評価していただきます。更に物質科学研究センターやJ-JOINのWEBページ、JRR-3 Twitter、学会誌などを活用して装置更新情報を広く周知します。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>リソースが限られている中、JRR-3の特徴が活かせる課題を着実に行う実施計画を立て、優先順位を明確にすべき。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>組織内各レベルの会議体（グループ会議やディビジョン会議）、センター内セミナー等の機会の場において、JRR-3の特徴が活かせる課題の実施計画や優先順位を常に念頭においた議論を広く重ね、着実な遂行を目指します。</li> </ul>

提言	原子力機構の措置
<ul style="list-style-type: none"> <li>必要な人材について人員増を確実に実現できる具体的な戦略を検討すべき。大学10兆円ファンドなど国の施策も注視し、個人ベースだけではなく、組織的な大型予算への立案を大学等と協力して検討すべき。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人的リソース拡充が期待される国の施策への積極的なアプローチや、JRR-3利用における東大物性研等との更なる協力体制構築などを通じて、個人ベースだけでなく、組織的な大型予算への立案を進めます。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>JRR-3を国内外他機関との共同研究の柱とするとともに、将来の中性子施設での先端研究や、中性子実験装置の高度化を担える人材の育成に注力すべき。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>JRR-3が国内外他機関との共同研究の柱となるべく、物質科学研究センターの研究者は、中性子を利用する自らの先端研究を進めるだけでなく、装置担当者として装置高度化技術開発に携わり、技術系職員とも更に協調する体制を強化してセンター内の技術継承を着実に遂行します。更に、博士研究員や特別研究生を積極的に受け入れるとともに、中性子スクール等も活用し、大学生等の中性子利用機会を増やします。また、日本中性子科学会における中性子科学人材育成WGとも連携し、将来の中性子科学研究者だけでなく中性子実験装置担当者（研究者・技術者）の育成にも注力します。</li> </ul>

物質科学研究センターにおける放射光利用研究開発

提言	原子力機構の措置
<ul style="list-style-type: none"> <li>特に国民目線からは福島廃炉・環境回復問題と廃棄放射化物によるエネルギー変換材料開発などの要請は高く、廃炉計画や高濃度放射化物廃棄計画に資する成果が望まれる。研究課題の確実な実行と、新たな展開のために、外部機関の要請に応え、連携研究をより一層活発化することを期待している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第4期中長期計画では、福島第一原発から取り出される燃料デブリの放射光分析と、放射線を電気エネルギーに変換する材料の研究を放射光ディビジョンの中心課題に据える計画である。燃料デブリ等の研究では、東京電力や原子力機構内の各所との緊密な連携により進めていきます。エネルギー変換材料の研究では、現在進めている英ブリistol大や量子科学技術研究開発機構との連携研究を足がかりにさらなる発展に取り組みます。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>自部門の技術的なベンチマークを行い、技術や機器開発施設の維持管理に関するロードマップを作成し、原子力機構の基本方針や中長期的な目標を具体化するために、これらの技術をどのように発展させるかを意識していくことも必要と思われる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術や機器開発施設の維持管理に関するロードマップを作成し、目指す研究内容とその実現のために必要となる技術的要素の検討を継続的に行うとともに、技術・高度化に関する外部機関との連携や共同研究も計画に入れることや、技術開発を業務の中心に据える人材の運用等に取り組みます。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>アクチノイド基礎科学は重要なテーマであり、放射光ディビジョンで実施すべきテーマであるが、「全く新しい知見」をうたうよりも、解明できていない課題を挙げてそれにアタックするとした方が、より具体的になりよいのではかと思われる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>超ウラン元素など過去に実験自体がなされていない系については「新しい知見」という性格が強くなると考えるが、例えばウラン化合物のように過去に多くの研究の積み重ねがある場合、化合物自体が新規物質であっても物性メカニズムの理解については過去の研究で解明できていない課題の延長上に乗るものがあるはずなので、今後はそこを正確に分析して研究に取り組んでいきます。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>放射光と中性子の量子ビームの連携を活かした研究にも期待したい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>これまでも進めてきた放射光と中性子の相補利用による研究テーマの探索に加え、データ利活用システム構築などマテリアルDXにおける連携などに取り組んでいきます。</li> </ul>

提言	原子力機構の措置
<ul style="list-style-type: none"> <li>必要な人材の増員については、必要員の素養に関してもきちんと定義し、年度計画を立てることなどの検討を推奨する。グローバルに通用する人材の育成や産業的なインパクトのより一層大きなアウトカム創出のための人員確保などに関しても（限られたリソースの中で）ぜひ考慮していただきたい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人材の増員については、研究計画と照らし合わせて、どのタイミングでどのような資質を持つ人材が必要となりそうかの予想を立て、適切な人員計画を立てることとしたい。研究員の国際会議での発表や外国留学を増やすことでグローバルに通用する人材の育成努めます。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>十分な研究資金が運営費交付金によって賄われることが本来ではある。マテリアル先端リサーチインフラ事業については有効な活用をしていくことを期待している。<b>SPring-8</b>の高度化計画への対応には、数億の予算確保（挿入光源など）が必要になるので、原子力機構内で予算確保の議論を進める時期に来ているかと思われる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運営費交付金だけでは施設の維持運営費を捻出するのがギリギリである状況が続いており、施設高度化費用については引き続き補正予算や外部資金を狙っていきます。マテリアル先端リサーチインフラ事業の補正予算で新しい実験装置を令和4年度に導入する計画です。<b>SPring-8</b>の高度化計画への対応資金については、予算確保の検討を進めます。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>福島環境回復研究は各機関で行われており、原子力機構ならではの成果の発信にも期待したい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子力機構の福島環境回復研究では、放射光分析などのツールの有効活用により、特異吸着点に有効に作用するCs脱離法の開発を進めることで、他ではできない研究成果を挙げて発信に取り組みます。また福島環境回復は、次世代に引き継ぐ長期事業であり、次世代の人材育成が不可欠です。原子力機構に蓄積された科学的知見と福島の実状について国内の複数の大学での講義を通じて、人材育成活動を今後も継続していきます。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>アカデミアとの連携については、機関ごとに具体的な連携内容や連携の方向性を整理すると良い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大学等アカデミアとの連携については個々の研究者が個人ベースで関係性を作っているものも多いのが現状であるが、今後も組織としてのマネジメントをしっかりと行い、より効果的な連携に導くように取り組みます。</li> </ul>

提言	原子力機構の措置
<p>・技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供においても原子力機構のミッションと著しく乖離することが無いよう配慮することが必要と思われる。</p>	<p>・放射光ディビジョンが技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供として参画しているマテリアル先端リサーチインフラ事業において、原子力機構はエネルギー変換マテリアルに関する技術領域に属しており、原子力機構ならではのエネルギー材料開発という視点を常に持ちながらプラットフォーム運営に努めます。</p>

J-PARCセンター物資・生命科学ティビジョンにおける中性子利用研究開発

提言	原子力機構の措置
<ul style="list-style-type: none"> <li>データ駆動科学の積極的取り組みについては評価できるが、効率的実験プロセスへの活用のみならず、計測データからの新たな情報抽出についても積極的活用を検討すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>データ駆動型科学のより積極的な取組として、効率的実験プロセスへの活用とともに、よりデータ駆動科学のメリットが見える研究として、計測データから新たな情報を抽出する手法の研究にも積極的に取り組みます。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>戦略的な課題である「データ駆動型科学」の推進などの新たな取組には、ぜひ人材を確保し拡充する方向で進めること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「データ駆動型科学」の推進するにあたり、国内外専門家、コーディネータからの助言を受け、共同研究を進める組織を構築し、物質・生命科学実験施設（MLF）内の研究者、装置グループ内のデータ科学の人材育成、向上に取り組みます。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>施設を供用している組織との緊密な連携、特にJRR-3との連携（組織、装置、運用の面で）を率先して行うことは、中性子コミュニティにおいて重要課題と考える。中性子科学全体を俯瞰した適切な装置の入替えや将来的な中性子源についての計画を作成することが必要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MLF2030の議論を継続しつつ、学术界における日本中性子科学会の中性子科学推進委員会、産業界における中性子産業利用推進協議会等との意見交換を重視しながら、MLFの主体的な将来計画の作成とその提示に取り組みます。その際には、JRR-3や小型中性子源などの他施設・他機関との連携を重要課題として踏まえます。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>MLFの世界最高強度のパルス中性子と最先端の装置を利用した研究開発で、プロジェクト研究などトップダウン型研究により、新規提案を進め、積極的な研究領域の拡大を図るべき。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子力機構の先導的研究を推進する枠組みとして、プロジェクト研究グループを組織し、スタッフによる発案、学术界、産業界との連携によって、社会のニーズに柔軟に対応する積極的な研究展開に取り組みます。</li> </ul>

This is a blank page.



付録

原子力機構の研究開発の取組の基本方針案（評価室作成）

事前評価資料（物質科学研究センター・J-PARC センター作成）

This is a blank page.

# 第4期中長期目標期間における 原子力機構の研究開発の取組の基本方針案

令和3年9月27日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



## 目次

### I. 原子力機構を取り巻く社会情勢の変化

1. 近年の社会情勢の変化と今後の変革へ向けた動向
2. 原子力開発・利用を取り巻く状況

### II. 原子力機構の果たすべき役割

1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の見直し内容について
2. 第3期中長期目標期間における機構業務の成果・課題と第4期に向けた方向性(案)
3. 産官学における機構の果たすべき役割

### III. 第4期中長期目標期間に向けた原子力機構の取組の基本方針案

1. 今後の原子力機構の取組に向けた基本的考え方
2. 研究開発力強化のための研究基盤・環境の構築・運営・高度化と人材育成に向けた取組

(次頁以降の凡例：第4期で新たに取組む事項及び第3期の取組を強化する事項については、オレンジ縁取り文字で示す)

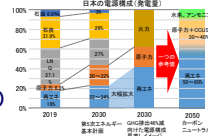


# I. 原子力機構を取り巻く社会情勢の変化

## 1. 近年の社会情勢の変化と今後の変革へ向けた動向

カーボンニュートラル実現に向けた取組が世界規模で加速している (SDGsの目標13: 気候変動に関連)

- **世界規模のカーボンニュートラルに向けた動き** (米、EU、中国等)
- **2050年カーボンニュートラル宣言** (2020年10月26日菅総理所信表明演説)
- **「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」改定** (2021年6月18日)
- **エネルギー基本計画の改定** (2021年9月4日基本政策委員会(案審議))
  - ・ 2030年エネルギーミックス目標: 原子力20~22%(現行水準維持)【脱炭素電源割合(原子力+再エネ): 約60%(現行: 約46%)】
  - ・ 原子力
    - 実用段階にある脱炭素化の選択肢
    - 安全性確保を大前提に、長期的なエネルギー需給構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源
    - 必要な規模を持続的に活用していく
- **「地球温暖化対策目標」の改定** (環境省、経済省にて検討)
  - ⇒ COP26 (2021年11月開催)までに日本のNDC (国が決定する貢献)の追加情報として国連へ提出予定
- **気候変動サミットにて2030年度温室効果ガス排出量46%削減 (2013年度比)方針を表明** (2021年4月22日)



Society 5.0 の実現を目指すための科学技術イノベーション創出が不可欠な時代となっている

- **第6期科学技術・イノベーション基本計画** (2021年(令和3年)3月26日閣議決定)
  - **Society 5.0**※
    - ⇒ 直面する脅威や先の見えない不確実な状況に対し、持続可能性と強靭性を備え、国民の安全と安心を確保するとともに、一人ひとりが多様な幸せを実現できる社会
    - ⇒ **Society 5.0の実現に必要なもの**
      - ・ サイバー空間とフィジカル空間の融合による持続可能で強靭な社会への変革
      - ・ 新たな社会を創出し、価値創造の源泉となる「知」の創出
      - ・ 新たな社会を支える人材の育成



出典: 内閣府ホームページ [https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/society5\\_0.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/society5_0.pdf)



# I. 原子力機構を取り巻く社会情勢の変化

## 2. 原子力開発・利用を取り巻く状況

政府は、原子力を確立した脱炭素電源として、安全性を大前提に一定規模の活用を目指すとしている※1

- ⇒ 国内で再稼働した原発は10基 (設置変更許可取得済: 6基、新規制基準審査中: 11基) → 引き続き、安全最優先での再稼働に向けて取組中
- ⇒ プルサーマル計画では、2030年度までに少なくとも12基 (約1370万kW※2) の実施を目指している
- ⇒ 原子力は、**高い技術自給率**を有し、**エネルギーセキュリティ、エネルギーレジリエンスの向上**(電力需給逼迫に向けた対応等)に貢献可能
  - ・ 2040年代以降、設備容量は大幅に減少する見通し
  - 2030年の設備容量を維持するためには、**新増設、リプレース**(全体で13基※3)が必要



※1 経済産業省第35回基本政策分科会資料 (2020年12月21日) から  
 ※2 電事連が公表したプラトニウム利用計画 (2021年2月26日) において、プルサーマルの実験を想定している原子炉の出力の合計  
 ※3 60年運転を仮定した場合の2030年の原子炉の設備容量を、2050年まで維持することした場合に必要な新増設、リプレースの基数  
 出典: 経済産業省第36回基本政策分科会資料 (2021年1月27日) : [https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/036/036\\_005.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/036/036_005.pdf)

脱炭素電源である原子力技術のイノベーションが期待されている

- ⇒ **高温ガス炉HTR**を活用した**カーボンフリー水素製造技術開発の推進**
- ⇒ 海外で進む**次世代革新炉開発 (小型炉 (SMR))**への参画※4 (2030年頃までに日本企業が主要サプライヤーの地位を獲得)



※4 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略に基づく

社会課題解決につながるオープン・イノベーションの推進に向けた取組※5が期待されている

- ⇒ **試験研究炉等を使用したRI製造の取組**※5
  - ・ 運用再開したJRR-3では、医療用の放射性同位体製造を再開予定
  - ・ 「常陽」は、世界的にも希少な医療用放射性同位体を、大量製造することが可能であり、先駆的ながん治療等への貢献が期待される※6

原子力人材の確保・育成強化、新たな研究開発システムの構築が求められている

- ⇒ 原子力研究開発や廃炉のための人材育成基盤は脆弱化しつつあり、**原子力人材育成の強化**が求められている
- ⇒ **人材育成・産業界への貢献のための研究開発基盤を維持・発展させたオープンファシリテイティブプラットフォーム(OPF)構築・提供**や、**研究開発のDX(Digital Transformation)化**の推進が望まれる



## Ⅱ. 原子力機構の果たすべき役割

### 1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の見直し内容について\*①

#### 中長期目標の方向性（研究開発関連）

- **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**
  - ・ 軽水炉の安全性向上等に係る研究開発
  - ・ 高速炉や高温ガス炉といった新型炉に関する研究開発
  - ・ 核燃料サイクルに関する研究開発
  - ・ 持続的なエネルギー基盤・成長基盤の構築や2050年カーボンニュートラル・脱炭素社会の実現への原子力科学技術固有の貢献
- **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**
  - ・ 高速炉や高温ガス炉といった新型炉に関する研究開発
  - ・ JRR-3やJ-PARC等の技術基盤を活用した幅広い基礎基盤研究
  - ・ 研究開発成果の社会実装や、原子力以外の分野を含む産学官の共創によるイノベーション創出への取組の強化
  - ・ 研究開発環境のDXを進めることによる革新的な原子力イノベーションの持続的創出
- **産業界や大学等と連携して我が国全体の研究開発や人材育成に貢献するために必要なプラットフォーム機能の充実**
  - ・ 大型の原子力研究施設の維持・高度化・共用や知識基盤等の整備・共同利用
  - ・ 大学や産業界と連携した原子力人材の育成
  - ・ 核燃料サイクル事業をはじめとする民間の原子力事業者への支援・連携強化
  - ・ 核不拡散・核セキュリティの強化に向けた取組をはじめとした国内外への貢献
- **東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に向けた取組の着実な推進**
  - ・ 廃炉現場の課題解決につながる基礎基盤研究の推進
  - ・ 原子力機構のバックエンド活動との緊密な連携

\*文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会（令和3年8月27日） 4



## Ⅱ. 原子力機構の果たすべき役割

### 1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の見直し内容について\*②

#### 中長期目標の方向性（研究開発関連）

- **高レベル放射性廃棄物の処理処分に関する技術開発の着実な実施**
    - ・ 幌延深地層研究センター等における研究成果の活用、総合的、計画的かつ効率的な技術開発の推進、処分に係る技術的信頼性の更なる向上
  - **安全を最優先とした持続的なバックエンド対策の着実な推進**
    - ・ 持続的なバックエンド対策を進めるために必要な体制の強化
    - ・ 長期間にわたる廃止措置マネジメントに必要な情報（リスクの把握・対応策、予算、人材育成・知識継承等）を含む具体的計画の策定
    - ・ 研究施設等廃棄物の埋設実現に向けた具体的対策（立地対策、廃棄体受入基準等）の推進
  - **原子力安全規制及び原子力防災に対する支援とそのための安全研究の推進**
    - ・ 原子力安全規制行政への技術的支援に係る業務を行うための技術的能力の向上
    - ・ 当該業務の実効性、中立性及び透明性を確保しつつ、規制技術支援機関（TSO）としての貢献
    - ・ 原子力災害時における原子炉工学、放射線防護等の専門家を派遣する指定公共機関として、技術力の向上と必要な体制維持
- ⇒ 原子力機構の果たすべき役割を具体的かつ明確に記載  
 ⇒ 達成すべき内容や水準等を分野の特性に応じて具体化した指標を設定  
 ⇒ 社会的課題の解決や多様な価値の創造に貢献できるよう、「総合知」の創出・活用の観点を重視

\*文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会（令和3年8月27日） 5



## Ⅱ. 原子力機構の果たすべき役割

### 2. 第3期中長期目標期間における機構業務の成果・課題と第4期に向けた方向性(案)①

#### 第3期の主な成果

##### ■ 研究成果

- ＜福島第一原子力発電所（1F）事故の対処＞  
福島復興のための環境中の放射性セシウム動態評価手法を開発し、復興計画策定の基盤情報に寄与した。水中のβ線リアルタイムモニタリング技術を開発し、1F現場へ実装した。また、1F廃炉を合理的に進めるため、1F現場ニーズを整理した基礎・基盤研究の全体マップを作成、更新した。
- ＜原子力規制行政支援、安全研究＞  
研究成果が米国機械学会の基準に採用される等、国際的に高い水準の研究成果を創出するとともに、原子力防災に対する支援を拡大させた。
- ＜原子力安全性向上、核不拡散・核セキュリティ＞  
事故発生リスクの低減、事故拡大防止、既設炉の廃炉の安全な実施につながる顕著な研究成果を創出し、産業界等に提供した。
- ＜原子力基礎基盤研究＞  
科学的意義の大きい成果（ローレンシウムの第1イオン化エネルギーの測定に成功等）、機構内外のニーズに適合する成果（J-PARCを用いて開発された新しいエコタイヤが住友ゴム工業（株）から製品化、アルミ酸化膜を用いた新しい不揮発メモリの電子状態の観測に成功、廃棄物骨を利用した安価で高性能な環境除染材料の開発等）を創出した。また、米国ORNLと共同で、原子特性や物理特性などが未だほとんど不明である99番元素アインスタイニウムを用いた実験を開始した。
- ＜高速炉・新型炉＞  
高速炉に関する日仏共同研究開発、ARKADIA開発、規格基準整備・国際標準化の取組を推進した。高温ガス炉技術の国際標準化に大きく貢献した。
- ＜核燃料サイクル＞  
ガラス固化処理技術の技術成熟度向上及び運転ノウハウの日本原燃への反映、新たなMA分離技術の創出、長寿命材料の開発による高速炉核変換実現に貢献した。地層処分技術に関する研究開発の成果が「科学的特性マップ」や「包括的技術報告書」に反映され、国、NUMOが進める地層処分事業に貢献した。

##### ■ 施設稼働

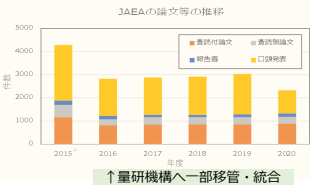
- NSRR（令和元年度）、JRR-3（令和2年度）の運転再開
- J-PARC 90%以上の稼働率を達成
- HTTRは新規基準に適合した設置変更許可等を取得し、令和3年7月に運転再開の見通しを得た

##### ■ 廃止措置

- 「もんじゅ」の廃止措置について、燃料体取出しを当初計画を上回るペースで進捗させ、余裕ある工程を実現できた。「ふげん」の解体作業等を事故トラブルなく安全に進捗させた。

##### ■ マネジメント

- 理事長によるPDCAサイクルを構築・実施し、MVS、BSCの導入、指標(KPI)による進捗確認を実施した
- 業務の合理化・IT化（QRコードによる物品管理（約8,000時間/年の省力化見込み）、事務系部門のマニュアルの整理統合（マニュアル件数 447件→320件）、機構内手続の電子化（約2万件の機構内文書の電子化を推進し、印鑑等の使用を原則廃止とした））を実施した。
- 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・発展を目指すため、「施設中長期計画」及び「バックエンドロードマップ」を策定（平成28年度、平成30年度）した。
- 将来ビジョン「JAEA 2050+」の策定、「イノベーション創出戦略」の改定を行うとともに、JAEA技術サロンを開催し、将来的に顕著な成果の創出が期待できる環境を整備した。「国際戦略」を策定し、戦略的な国際協力、機構の国際拠点化を進めた。
- 理事長裁量経費として経営資源のシースへの積極的な投資を実施（計38件）（平成30年度～）した。



6



## Ⅱ. 原子力機構の果たすべき役割

### 2. 第3期中長期目標期間における機構業務の成果・課題と第4期に向けた方向性(案)②

#### 第3期の課題

##### ■ 課題

- 業務の実施に際しては安全の確保が厳しく求められ、原子力規制委員会の厳格な基準に基づく施設の運営等が必要  
→ 他の研究開発法人とは異なるミッションを、厳しい安全確保の下で進めていくことが求められている
- 運営費交付金・職員数が横ばい状態  
→ 外部資金の確保、業務の一層の合理化・効率化によるコスト削減、欧米を中心とした国際的な連携を進めながら、安全確保を前提に、安全対策(新規基準に基づく安全対策、施設・設備の老朽化対策)を回りつつ、研究開発活動と廃止措置活動を両立していくことが今後の経営課題  
→ 原子力機構しか持ちえない大型実験施設等の技術・知識基盤を有効に活用した、多様な分野における産業界や大学の「組織対組織」の連携強化を図り、イノベーションを創出していく必要がある  
→ ダイバーシティの推進、原子力人材の他、イノベーション創出やDXに対応できる人材の育成にも取り組む必要がある

#### 第4期に向けた方向性(案)

- 我が国のエネルギー政策及び科学技術政策上の自らの役割を明確にし、安全確保を業務の最優先事項としつつ、大学、産業界との連携を強化しながら、経営資源の有効活用と全体最適化に留意し、研究開発や廃止措置を推進し、その成果を最終的に広く産業界に橋渡しするイノベーション創出活動に取り組む
- カーボンニュートラルに必須となる原子力の研究開発・利用を支える技術・知識基盤プラットフォームを構築し、原子力の持続的利用に貢献する国内の研究開発・人材育成に関する総力結集の要として、我が国全体の原子力利用に積極的に貢献していく
- 先進原子力技術の研究開発や研究開発基盤の活用等のための国際連携を推進するとともに、国内外の原子力分野の人材育成、核不拡散・核セキュリティの分野で引き続き世界に貢献していく
- 使命を終えた施設の廃止措置を、研究開発活動と両立させながら安全かつ着実に進める

7



## Ⅱ. 原子力機構の果たすべき役割

### 3. 産官学における機構の果たすべき役割

#### 持続可能な原子力利用に向けたJAEAの役割

- 我が国の政策上の課題解決に貢献するために、産官学の役割分担の下、国内の人材育成・総力結集の要として、**様々なセクターやステークホルダーとの対話(推進側/規制側)、最先端の異分野技術の取り込み、多様な分野との協働、人材交流等を進めながら将来を見据えた様々な研究開発を推進し、最終的に成果を広く産業界へ橋渡しする**

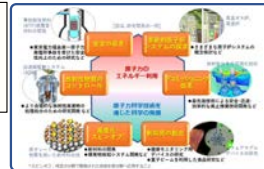
⇒民間の研究・技術開発対応を支援し、その成果を社会実装するための知識基盤・プラットフォーム(ホット施設等の供用含む)の構築・提供を行う  
⇒原子力を支える人材を育成する(大学、民間含む)



#### 将来ビジョン「JAEA 2050+」の実践に向けて、「新原子力」\*実現に向けた研究開発を横断的かつ戦略的に推進する

- ⇒2050年カーボンニュートラル実現を含む「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を目指す
- ⇒研究DX等、Society 5.0実現に向けて取り組む
- ⇒上記に必要なマネジメントを強化する

\*「新原子力」：最先端の異分野技術を取り込みつつ、原子力エネルギー分野及び放射線利用分野での研究開発を推進するとともに、非原子力分野への成果の応用も積極的に推進し、産業界への橋渡しを行う新たな取組



上記取組においては、人材確保・育成のためにも将来を見据えた原子力政策構築と、相応の資源投入が必要。国においては、引き続き確固たる原子力利用を明確にした政策構築と資源確保に向けた継続的支援を、民間においては、JAEAがニーズに応える取組のための相応の関与を期待したい。

8



## Ⅲ. 第4期中長期目標期間に向けた原子力機構の取組の基本方針案

### 1. 今後の原子力機構の取組に向けた基本的考え方

安全確保を業務運営の最優先事項として、社会的約束の履行、経営資源確保の努力等を推進しつつ、**研究開発活動・廃止措置業務を両立して推進することを目指す**

#### 研究開発活動の基本的な考え方

- 原子力以外の一般産業等における最先端の技術、研究開発手法を積極的に取り入れる(自前主義の脱却)
- 強みを伸ばし、弱みを強化
  - 強み：各種施設の保有、知見・技術の保有 等
  - 弱み：オープンイノベーションの取組不足、外部との「組織対組織」の連携 等
- シーズとニーズのバランスを考慮して活動
- 民間や大学では実施困難で開発に長期を要する研究を推進(Puの活用など)
- 民間の開発活動を支援(ニーズ調査や試験・分析データ測定、民間データとの有機的連携や知識融合を含む)、**技術・知識基盤プラットフォーム(施設・解析コード、核データライブラリ等)を高度化して民間等へ広く提供・サービス向上**



#### 廃止措置業務の基本的な考え方

- 三位一体の計画を推進
  - 研究開発機能の集約化・重点化
  - 施設の安全確保
  - バックエンド対策
- 廃止措置のプロジェクトマネジメント体制の構築及び強化
- デコミッションング改革のためのイノベーション
- 埋設に向けた廃棄体化等に必要な基準整備及び技術開発
- 埋設事業の推進

9



Ⅲ. 第4期中長期目標期間に向けた原子力機構の取組の基本方針案  
 2. 研究開発力強化のための研究基盤・環境の構築・運営・高度化と人材育成に向けた取組

(1) 研究基盤の強化と社会からの信頼の確保のための活動

① イノベーション創出に向けた取組(1/3)

「イノベーション創出戦略(改定版)」に基づき、マネジメント強化、オープンイノベーションの取組の強化、社会実装の強化、人材育成の強化に取組み、産業界への技術移転、橋渡しを推進する

□ 社会変革に必須のイノベーション創出(新たな価値の創造)のため以下に取り組む

- ① マネジメントの強化
- ② オープンイノベーションの取組の強化
- ③ 社会実装の強化
- ④ イノベーション人材育成の強化

□ 「イノベーション創出戦略(改定版)」に基づき、アクションプランを実践していく

- オープンファシリティプラットフォーム(OPF)の構築等を通じた機構の研究開発基盤の提供
- 組織対組織連携強化を含む外部との連携強化
- ベンチャー創出を目指した支援制度の充実
- 新たな価値の創出に向けた研究開発
- イノベーション人材の確保
- コーディネート活動の活性化
- 組織・体制の整備
- 機構内予算・機構外公的グラントの効率的活用



10



Ⅲ. 第4期中長期目標期間に向けた原子力機構の取組の基本方針案  
 2. 研究開発力強化のための研究基盤・環境の構築・運営・高度化と人材育成に向けた取組

(1) 研究基盤の強化と社会からの信頼の確保のための活動

① イノベーション創出に向けた取組(2/3)

第4期中長期目標期間中は、特に、オープンファシリティプラットフォーム(OPF)による「共創の場」の構築とベンチャー創出を目指した支援制度の充実に取り組む

□ オープンファシリティプラットフォーム(OPF)による「共創の場」の構築

- 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
- 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る
- 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する

□ ベンチャー創出を目指した支援制度の充実

- ベンチャー創出を促し、事業化を支援することで、研究開発成果の普及と社会実装を促進し、研究開発成果の最大化に寄与する。



11





Ⅲ. 第4期中長期目標期間に向けた原子力機構の取組の基本方針案  
 2. 研究開発力強化のための研究基盤・環境の構築・運営・高度化と人材育成に向けた取組

(1) 研究基盤の強化と社会からの信頼の確保のための活動

① イノベーション創出に向けた取組(3/3)

研究開発力とマネジメント機能を強化して、原子力以外の分野へのスピノフを含め、Society 5.0実現に向けた様々な分野におけるイノベーション創出を目指す

科学技術・イノベーション基本計画の政策において、機構に関連する項目	機構が取り組む研究テーマ例
地球規模課題の克服に向けた社会変革と非連続なイノベーションの推進	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子力エネルギー利用、水素製造等</li> <li>省エネ・蓄エネ・創エネや環境問題に貢献するスピントロニクス研究等</li> <li>循環経済への移行に向けた有用金属/有害物質の分離研究</li> </ul>
レジリエントで安全・安心な社会の構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>環境動態研究、地層処分技術に関する研究開発で培った技術の災害防止への応用</li> <li>極限環境での自動化・自立化</li> <li>核不拡散・核セキュリティ強化</li> </ul>
多様で卓越した研究を生み出す環境の再構築（基礎研究・学術研究の振興）	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子力科学技術による新発見の創出(大強度イオンビームで拓く原子核科学の新展開、新奇物質の創生等)</li> <li>医療(RI製造及びRIの核医学への応用)</li> <li>工業(中性子実験と計算科学の融合による新規材料・素材開発)</li> <li>その他多様な分野(超小型AMSの環境、材料工学、医学へ展開等)</li> </ul>
新たな研究システムの構築（オープンサイエンスとデータ駆動型研究等の推進）	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全性向上のためのデジタルツイン開発</li> <li>知識基盤のデジタル化・AI技術導入によるプラント最適化手法の整備</li> <li>1F廃炉における被ばく線量低減に向けたデジタル化</li> <li>地層処分技術に関する研究開発でのビッグデータ活用によるデジタルツイン技術開発</li> </ul>

12



Ⅲ. 第4期中長期目標期間に向けた原子力機構の取組の基本方針案  
 2. 研究開発力強化のための研究基盤・環境の構築・運営・高度化と人材育成に向けた取組

(1) 研究基盤の強化と社会からの信頼の確保のための活動

② 研究のDX化、供用施設のリモート化・スマート化

DX技術力の底上げを行い、研究のDX化、供用施設のリモート化・スマート化を推進する

□ 供用施設の高度化・利便性向上

- JRR-3及びJ-PARC MLFにおけるリモート化・スマート化の推進
- コロナ禍も踏まえ、研究開発の遠隔・自動化に取り組む

□ 原子力分野におけるDX化によるイノベーション創出を加速（新たな価値創出）

（DX関連の共通的取組）

- AI、DX等の最新技術の取り込み及び機構内への展開によるDX化の促進
- 先端的計算科学研究（分野横断的計算科学基盤技術、高精度シミュレーション技術）の推進

（個別取組）

- 原子力機構の強みを生かしたDX研究の強化、研究開発の効率化・コスト低減（デジタルツイン※の開発）  
※リアル（物理）空間にある情報をIoTなどで集め、送信されたデータを元にサイバー（仮想）空間でリアル空間を再現する技術
- AI支援型革新炉ライフサイクル最適化手法（ARKADIA）の整備
- 1F廃炉における被ばく線量低減のためのデジタル化技術開発
- 地層処分技術開発にかかるデジタル化技術の開発



13

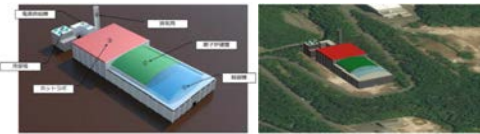


Ⅲ. 第4期中長期目標期間に向けた原子力機構の取組の基本方針案  
2. 研究開発力強化のための研究基盤・環境の構築・運営・高度化と人材育成に向けた取組

(1) 研究基盤の強化と社会からの信頼の確保のための活動

③ もんじゅサイト試験研究炉の検討、照射機能の維持強化（JMTR後継炉等）

新たな試験研究炉の検討を進めることにより、今後の社会ニーズや人材育成に必要な新たな研究基盤の早期実現を目指す



もんじゅサイト試験研究炉イメージ

- JAEAの有する試験研究炉は、科学技術、産業の発展に必要な不可欠な研究基盤施設として、原子力の研究・開発、人材育成、研究者・学生の研究・教育の他、産業、医療に利用されている
  - Society5.0の実現に向けて、多様なイノベーションを加速していくため、多様で卓越した研究を生み出す環境の再構築の一つとして、次世代の原子力の研究開発を担う新たなコンセプトの試験研究炉の創生が必要不可欠である
  - 試験研究炉を利用した医療用RI等の安定供給が期待されている
- もんじゅサイト試験研究炉の検討
  - 今後の原子力研究や人材育成を支える基盤となる中核的拠点を形成するための新たな試験研究炉の概念設計を実施中（2020～2022年度）
- 照射機能の維持強化（JMTR後継炉等）
  - 革新的な原子炉開発、RI安定供給等に資するため、国内既存炉（JRR-3、常陽）、海外炉（JHR、ATR、BR-2等）を活用し、照射機能の維持強化を図ると共に、JMTR後継炉等の早期建設に向けた検討を進める。

JAEAが有する試験研究炉等の現状

施設名 (試験研究炉等)	施設の概要	運転開始時期 (計画/稼働)	稼働状況
研究用原子炉 JRR-3	多様な産業分野で利用される高放射線炉	1998年11月	2022年10月 稼働中
原子力科学研究所 （茨城県東海村）	原子力科学研究所（東海村東海村）	1982.09 1982.04 1990.03	2018年11月 2022年10月 稼働中
原子力科学研究所 （茨城県東海村）	原子力科学研究所（東海村東海村）	1975.06	2018年1月 2022年10月 稼働中
J-PARCは東エスエルシー-3試験炉 研究炉（KEK）と共同運営	わが国初の高速中性子の実験炉	1995.02 1977.04	稼働中 —
STACY	世界最先端研究のための中性子実験 装置	1995.02	2018年1月 2022年 稼働中
タンデム 加速器 （1982.04）	世界有数の大電流加速器	1982.04	— 稼働中
Shving-8 （1997.10）	世界最高性能の放射化を生み出す 大電流照射装置	1997.10	— 稼働中
J-PARC （2008.04）	世界最大規模のシフト中性子源を 持つ大電流中性子加速器施設	2008.04	— 稼働中

【注】1期中長期目標期間における「もんじゅ」に関する主な動向  
2018年11月 原子力機構運営本部が国際標準化機構「IEC」に加盟  
2018年11月 「高速中性子の利用」及び「もんじゅ」の廃炉に関する政府方針の決定  
2019年10月 「もんじゅ」廃止後継炉第一号原子力試験研究炉「もんじゅ」の廃炉に関する基本方針の決定  
2020年3月 原子力機構運営本部が「もんじゅ」廃止後継炉計画を決定  
2020年3月 「もんじゅ」の廃炉後継炉計画が原子力規制委員会から承認



Ⅲ. 第4期中長期目標期間に向けた原子力機構の取組の基本方針案  
2. 研究開発力強化のための研究基盤・環境の構築・運営・高度化と人材育成に向けた取組

(1) 研究基盤の強化と社会からの信頼の確保のための活動

④ 国際連携の推進

最新の海外動向を踏まえ、国内外への貢献を目指して、国際連携を強化する

- 先進原子力技術の研究開発や研究開発基盤の活用のための国際連携
  - 米国、欧州諸国を中心とした戦略的な連携を推進する
  - 民間と協働した重層的国際連携により、機構技術の海外展開活動を促進する
  - 外部資金獲得のため、機構のユニークな研究施設の利用を促進する
  - 原子力安全等海外の原子力関連情報を国内関係者へ共有する体制を強化する
- 地球規模課題の克服に向けた社会変革のための新型炉等、機構が開発した原子力技術の国際展開
  - 民間SMRや高温ガス炉等の導入に関する支援機関として、連携の可能性を追求する
  - 対海外の窓口としての一元的管理の機能を担うことを目指す
- 廃止措置や廃棄物管理のための先行国の知見、インフラ等の活用
  - 機構のリソースが制約される中、海外の技術的知見等を積極的に活用する
  - 社会科学的側面も含めた廃棄物管理シナリオの国際的議論を通じて、我が国の廃棄物管理戦略に貢献する



Ⅲ. 第4期中長期目標期間に向けた原子力機構の取組の基本方針案  
 2. 研究開発力強化のための研究基盤・環境の構築・運営・高度化と人材育成に向けた取組

(2)人材育成（原子力人材、イノベーション人材）

人材確保に向けた高等教育機関との連携や、国内外の人材育成を推進し、原子力の将来を担う多様な分野で活躍できる人材の確保・育成機能を強化する

□ 将来の原子力を担う人材の確保・育成

- これまでの人材育成の取組の継続・強化 (機構内) (機構外)
  - ✓ IAEAと連携した国内外の核不拡散・核セキュリティに関する能力構築支援の推進・強化
  - ✓ 国内外の原子力技術者事業の推進 (原子力人材育成ネットワーク活動の継続的実施)
  - ✓ 機構内外の原子力防災関係者への研修等を通じた人材育成
  - ✓ 高専等に関するNPO取組等の専門技能を有する人材育成
- 大学教育でのJAEA施設の利活用促進 (機構外)
- 社会ニーズを踏まえた人材育成制度の改定の検討 (機構内)
- 廃止措置を含むJAEAの人材育成体制の整備検討 (機構内)
- 機構と他国研・大学・民間の間での人材交流活性化促進 (機構内) (機構外)
- 高専や大学生生活の早い段階からの学生へのアプローチ・原子力科学技術の魅力アピール (公開特別講座、サイエンスカフェ等の開催) (機構外)



サイエンスカフェ会場の様子

□ イノベーション・デジタル化を担う人材の確保

- 機構内部の人材育成(産業界への成果発表の機会の創出と外部有識者とのメンタリングを通じた意識向上・チャレンジ精神のある人材の育成) (機構内)
- 機構外の専門人材の活用・登用(コーディネータ、ベンチャー支援等) (機構内)
- イノベーション創出活動を奨励する人事評価の実施 (機構内)

□ 「総合知」を活用した研究開発を推進するための人文・社会科学の人材の確保



参考資料



## 【参考】国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の見直し内容について\*

### 中長期目標の方向性（研究開発関連以外）

#### ○財務内容の更なる改善

- 競争的研究資金等の外部資金の獲得や国内外の民間事業者、研究機関等との連携強化、知的財産の戦略的な創出・活用等により、安定した自己収入の確保など財務内容の更なる健全化

#### ○組織運営・マネジメントの更なる改善

- 原子力を取り巻く国内外の動向に随時向き合い、時宜を逸することなく必要な研究開発活動を組織横断的かつ機動的に実施できる法人運営
- 研究開発活動と自らの保有する施設の廃止措置及び放射性廃棄物処理処分等のバックエンド対策を両立して推進していくことが重要
- 理事長のリーダーシップの下、法人運営の在り方の不断な見直し、法人の職員一人一人の意識改革
- 組織運営・マネジメントの更なる合理化・効率化に向けた業務環境のデジタル化の推進

#### ○広報広聴機能及び双方向コミュニケーション活動の強化

- 立地地域や国民に対する丁寧かつわかりやすい情報発信や双方向的・対話的なコミュニケーション活動の推進
- DX の積極的な導入等による一層効果的な成果の普及促進

#### ○情報セキュリティ対策の推進

- 統一基準群に沿って策定した情報セキュリティ・ポリシーに基づき、サイバーセキュリティ戦略本部が実施する監査の結果等も踏まえつつ、情報セキュリティ対策を推進

\*文部科学省、経済産業省、原子力規制委員会（令和3年8月27日） 18



## 【参考】文部科学省「原子力研究開発・基盤・人材作業部会」で示された機構への期待

原子力研究開発・基盤・人材作業部会で提示された期待・ニーズを踏まえ、潜在的ニーズを発掘するため、日本原燃（JNFL）、電事連等のステークホルダーとの本格対話を進めている  
 (JNFL：3/12、電事連：5/14、電工会：3/30、4/22、6/30、原子力学会：4/20、原産協会：4/21)

	機構の役割に対するニーズ	研究開発・技術開発に対するニーズ	その他のニーズ			
			連携の仕組み	施設利用	人材育成	その他
新たな対応を検討すべきもの	-	<b>【電事連】</b> ●再処理施設の安全性向上低レベル放射性廃棄物処分 ●ウラン廃棄物の合理的なクリアランス測定技術の開発等 ●1F廃炉関連 <b>【電工会】</b> ●新型炉導入にあたっての規制検討 ●実アプリによる機器性能の検証試験	<b>【電工会】</b> ●JAEA知識基盤の整備・活用	<b>【電工会】</b> ●民間知識との融合を進めるための施設、計算コードの共同利用	<b>【電工会】</b> ●官民人材交流・共同試験の仕組み	<b>【電工会】</b> ●規制/推進が技術的に共通に議論できる場の形成と参加への期待 ●海外施設、海外デジタル基盤利用の窓口機能
これまでの取組の改善・強化を検討すべきもの	<b>【原子力学会】</b> ●原子力や資源エネルギー施策に関するシンクタンクとしての機能、事業内容の見直し <b>【電工会】</b> ●低レベル放射性廃棄物の処分事業の早期開始及び処分場建設までのJAEAでの集中管理の検討 <b>【原子力規制庁】</b> ●利用実態のない核燃料物質の集約管理 <b>【原産協会】</b> ●JAEAが民間や大学と協力・連携し、これらが独力でなし得ないような活動を期待NEXIPでの設備の提供や研究開発実施など、JAEAの役割に期待	<b>【電事連】</b> ●再処理施設の安全性向上 ●再処理廃棄物への対応 ●低レベル放射性廃棄物処分 ●高レベル放射性廃棄物等の処分 ●1F廃炉関連 ●高速炉サイクルを実用化していくための技術基盤整備 <b>【原子力学会】</b> ●原子力の安全性研究等の国際共同情報センター化や配信の拡充 ●SMRを含む軽水炉、革新炉の研究開発、実用化に向けた指導・支援 ●固体および溶液化学実験施設の必要性 ●新型炉燃料サイクル ●RI等製造供給 ●新しい研究課題対応 <b>【電工会】</b> ●軽水炉新型燃料開発の安全設計基準の適用性検討に係る各種実験・試験の推進 ●民間施設では保有していない試験設備や装置を用いた燃料物性や特性の分析・測定に関する試験技術の提供 ●金属燃料・乾式サイクル開発の日米協力等の中心的役割を期待 ●高温ガス炉安全性実証試験等のデータ拡充 ●RANDECと連携した安全な低レベル放射性廃棄物処理処分技術開発の加速 ●MOX燃料ナトリウム冷却高速炉の研究開発推進	<b>【電事連】</b> ●日本原燃との連携、新たな協定の枠組 ●研究基盤施設を活用したニーズ調査とユーザーへのサービス向上 <b>【原産協会】</b> ●革新炉・SMRに係る産官学連携の強化	<b>【原子力学会】</b> ●民間の国研利用の仕組み <b>【電工会】</b> ●国際競争力のある価格で、民間と共同で施設利用する仕組み	<b>【原子力学会】</b> ●人材育成制度(特別研究生制度改良等) ●産業界からの人材受入れ <b>【原産協会】</b> ●JAEAの人材育成活動への期待	<b>【電事連】</b> ●民間の開発の方向性に合致したJAEAと民間の試験データ等の有機的な連携 <b>【原子力学会】</b> ●DX研究 ●イノベーションは民間主導で <b>【原子力規制庁】</b> ●廃止措置の着実な実施/予算と人員の維持増強/NEATの要員配置の配慮

19



第7回中性子及び放射光利用研究開発・評価委員会

資料 7-4

R3年11月22日

第3期中長期計画 事後評価・事前評価

物質科学研究センター概況  
(東海及び播磨地区)

原子力科学研究部門 原子力科学研究所  
物質科学研究センター  
センター長：武田全康

①

1. 原子力機構における  
物質科学研究センターの位置づけ
2. 組織
3. 人員・研究費
4. 研究成果
5. 他機関との連携・人材育成
6. 課題と今後の展望

②



## 1-1: 物質科学研究センターとは



### 中性子及び放射光を利用した物質科学研究の推進



## 1-2: 第3期中長期目標での位置づけ



### 4. 原子力の基礎基盤研究と人材育成

(1) 原子力を支える基礎基盤研究, 先端原子力科学研究及び中性子利用研究等の推進

中性子や放射光利用による原子力科学・原子力を支える物質・材料科学等に関わる研究を推進

具体的には, JRR-3, SPring-8, J-PARC 等を活用し,

施設・装置等の高度化に関わる技術開発

物質・材料科学に関わる先端的研究

幅広い科学技術・学術分野における革新的成果・シーズを創出

④



## 1-3: 第3期中長期計画での位置づけ



### 4.原子力の基礎基盤研究と人材育成

- (1)原子力を支える基礎基盤研究, 先端原子力科学研究及び中性子利用研究等の推進  
3) 中性子利用研究等

構造と機能の相関解明に基づく先端材料開発や  
大型構造物などの強度信頼性評価に応用

JRR-3等の定常中性子源の特徴を活かした中性子利用技術を発展させる

廃炉・廃棄物処理や安全性向上に貢献

中性子や放射光を利用した原子力科学研究として, マイナーアクチノイド(MA)分離等のための新規抽出剤の開発や土壌等への放射性物質の吸脱着反応メカニズムの解明を実施

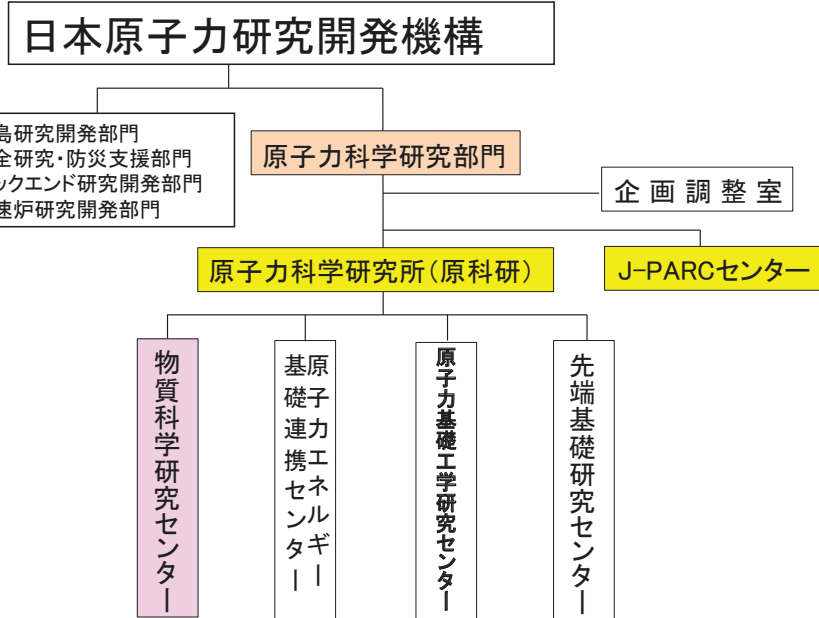
5

1. 原子力機構における  
物質科学研究センターの位置づけ
2. 組織
3. 人員・研究費
4. 研究成果
5. 他機関との連携・人材育成
6. 課題と今後の展望

6



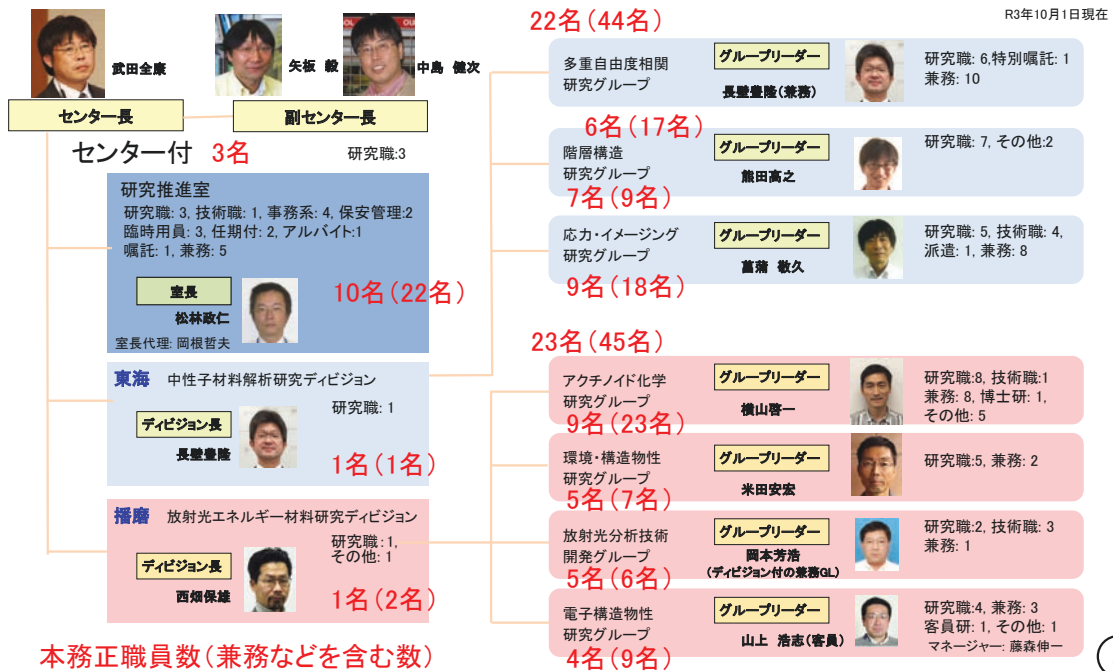
## 2-1: 原子力科学研究部門内組織図



7



## 2-2: 物質科学研究センター組織体制



8

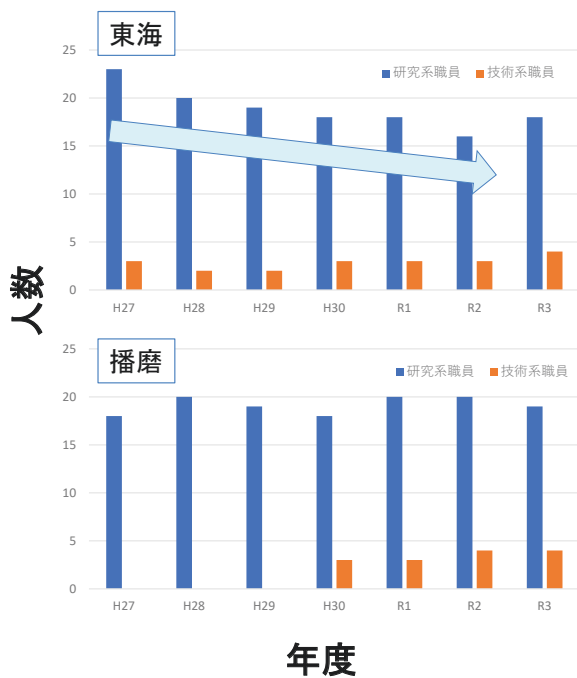


1. 原子力機構における  
物質科学研究センターの位置づけ
2. 組織
3. 人員・研究費
4. 研究成果
5. 他機関との連携・人材育成
6. 課題と今後の展望

9



### 3-1: 研究者・技術者の人員推移



#### 【事後評価】

東海では、JRR-3の運転停止の影響は大きく、**研究系職員の流出や人員確保の困難さ**を招いた。

東海・播磨ともに供用施設を運営するための技術系職員の確保にも注力しており、一定数確保してきたが、**JRR-3の運転再開に伴い、更なる技術系職員の確保も必要不可欠**。

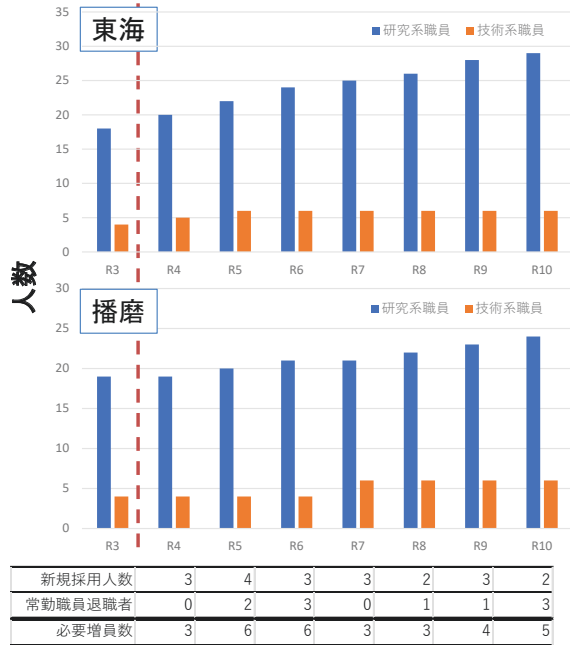
**研究系職員、技術系職員ともに高齢化問題**を抱えており、次期中長期に研究系職員8名、技術系職員2名が定年を迎える。

※センター長、副センター長、ディビジョン長、研究推進室員は人員推移に含まれておりません。

10



### 3-2: 研究者・技術者の人員要求



#### 【事前評価】

東海では、JRR-3装置担当者1装置2名体制を確保するために研究者9名を要求。また、装置の保守管理やオペレータとなる技術者2名を要求。

播磨では、マテリアルDX推進、1F廃炉研究支援、次世代光源高度化（SPring-8-Ⅱ）計画対応のため、研究者5名、技術者2名を要求。

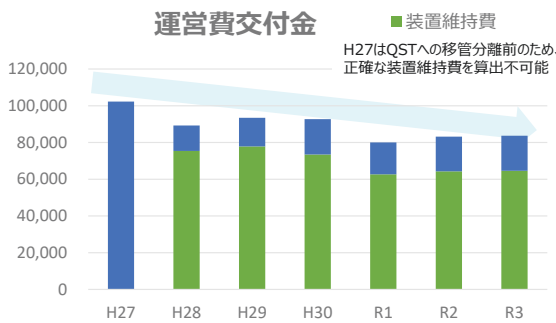
この増員要求に加え、定年退職に対応した人員補充も加味すると、各年3～6名の増員が必要。

実現するためには、JAEA内での働きかけはもちろんのこと、これまで以上に大学との連携が不可欠であり、雇用も含めた新たな人材育成プログラムを考えた。 (もんじゅ跡地の新試験研究炉)

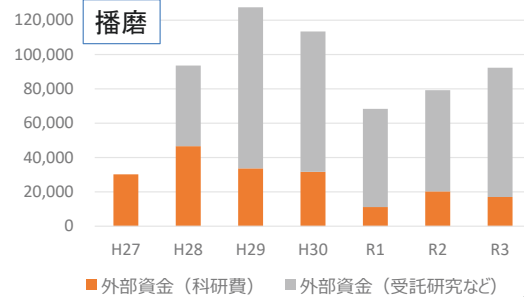
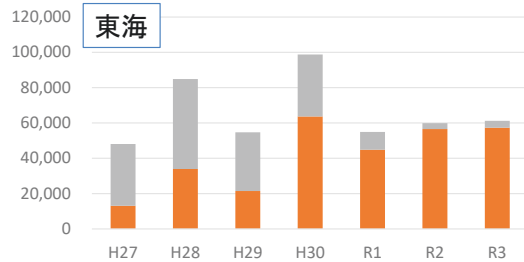
11



### 3-3: 研究費の推移(センター全体)



#### 【事後評価】



運営費交付金は徐々に減額する中、近年は、約8000万円前後を何とか維持している。しかしながら、交付金のほとんどがJRR-3およびSPring-8の装置保守管理に費やされ、実質的な研究費は外部資金に依存している。

近年では、東海では科研費の、播磨では受託費の割合が大きくなり、それぞれのディビジョンの研究の取組み方が表れている。

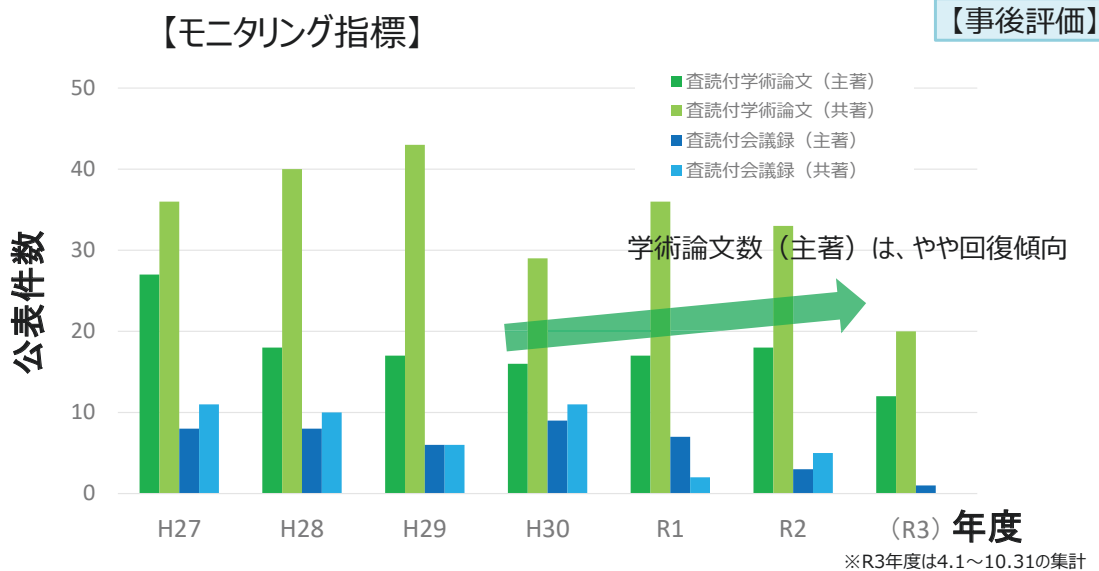
12

1. 原子力機構における  
物質科学研究センターの位置づけ
2. 組織
3. 人員・研究費
4. 研究成果
5. 他機関との連携・人材育成
6. 課題と今後の展望

13



### 4-1: 論文数の推移(センター全体)



主著より共著が多くなる傾向がある中、研究センターとして主著を増やすことが重要と指導

14



## 4-2: 研究成果の創出(論文・会議録)



【モニタリング指標】 中長期期間の論文創出数

【事後評価】

【査読付論文】	地区	主著	共著	総数
学術論文	東海	80(10)	108(15)	188(25)
	播磨	61( 2)	156( 5)	217( 7)
会議録	東海	19( 0)	25( 0)	44( 0)
	播磨	27( 1)	21( 0)	48( 1)
査読付き論文 総数		187(13)	310(20)	497(33)

( )内の数字はR3年度(4.1~10.31)の期間

15



## 4-3: 研究成果の発信・普及



【モニタリング指標】 中長期期間のプレス発表数

【事後評価】

プレス発表 : 26件 (東海 : 14件、播磨 : 12件)

※近日播磨から1件追加 (11/25報道解禁)

### R3年度 プレス発表 : 3件

R3.4.1	【東海】 核スピン偏極化試料での偏極中性子回折による構造解析法の開発 — 水素の位置情報を選択的に抽出 —	JAEA、山形大他
R3.6.21	【播磨】 磁場と圧力でマルチに冷却可能な酸化物新材料 — フェリ磁性電荷転移酸化物におけるマルチ熱量効果の実証 —	JAEA、京都大学他
R3.7.26	【東海】 最先端超伝導検出器で探るミュオン原子形成過程の全貌 — 負ミュオン・電子・原子核の織り成すフェムト秒ダイナミクス —	JAEA、理化学研究所他

**廃棄豚骨が有害金属吸着剤に**

廃棄骨を原料として、高性能なストロンチウム吸着材を簡易かつ低コストに得ることに成功

骨アハイト  
コラーゲン等有機組織  
食品廃棄骨

高炭酸含有アハイト  
重曹に浸漬

ストロンチウム  
鉛  
ガドミウム

負に帯電した表面にストロンチウム等が吸着

SPring-8(放射光)を用いてストロンチウムの吸着メカニズムを解明

●【プレス発表】「廃棄豚骨が有害金属吸着剤に」(令和3年2月)

年平均4本ペースでプレス発表を発信。

直近では、廃棄骨から高性能な有害金属吸着材を開発した成果は(左図)、NHK全国放送ニュース、テレビ朝日「スーパーJチャンネル」、新聞15社をはじめ、多くのメディアに取り上げられ、現在10社以上の食品製造業等から技術相談や技術提供依頼を受けている。関連特許は日米仏中に公開中。

16



## 4-4: 研究成果の発信・普及



【モニタリング指標】 中長期期間の特許公開・登録数

【事後評価】

国内特許

特許公開：15件（東海：8件、播磨：7件） 特許登録：9件（播磨：9件）

国際特許

特許公開：6件（東海：6件） 特許登録：3件（播磨：3件）

R3年度 特許公開		
R3.4.1	分光分析装置	日本
R3.4.22	マイクロ流路デバイスの製造方法及びマイクロ流路デバイス	日本
R3.10.11	減圧ろ過装置	日本
R3年度 特許登録		
R3.4.26	テトラアルキルニトリロ酢酸ジアセトアミド化合物の合成方法	日本、中国

中性子、放射光利用技術開発の中で創出されたもの。  
技術の展開 ⇒ JAEA2050+に繋がる。

17



## 4-5: 研究成果の発信・普及



○センターWEBページを通じた情報の発信  
分かりやすく更新しやすい仕様の新しいWEBページにリニューアル



その他、東海、播磨の両Divにおける成果の発信・普及は、別途ご説明いたします。

18

1. 原子力機構における  
物質科学研究センターの位置づけ
2. 組織
3. 人員・研究費
4. 研究成果
5. 他機関との連携・人材育成
6. 課題と今後の展望

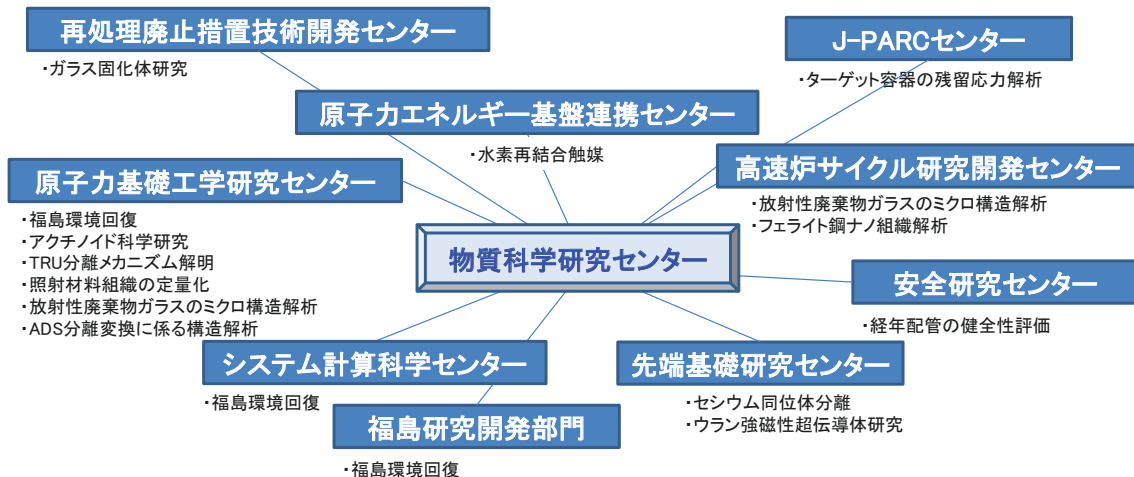
19



## 5-1:他機関との連携・人材育成(1/4)



### ○機構内研究組織との主な共同研究や運営連携



原子力科学研究部門だけでなく、他拠点他部門とも共同研究を実施。兼務を相互に掛け合い、運営会議や施設運用の連携を強化。

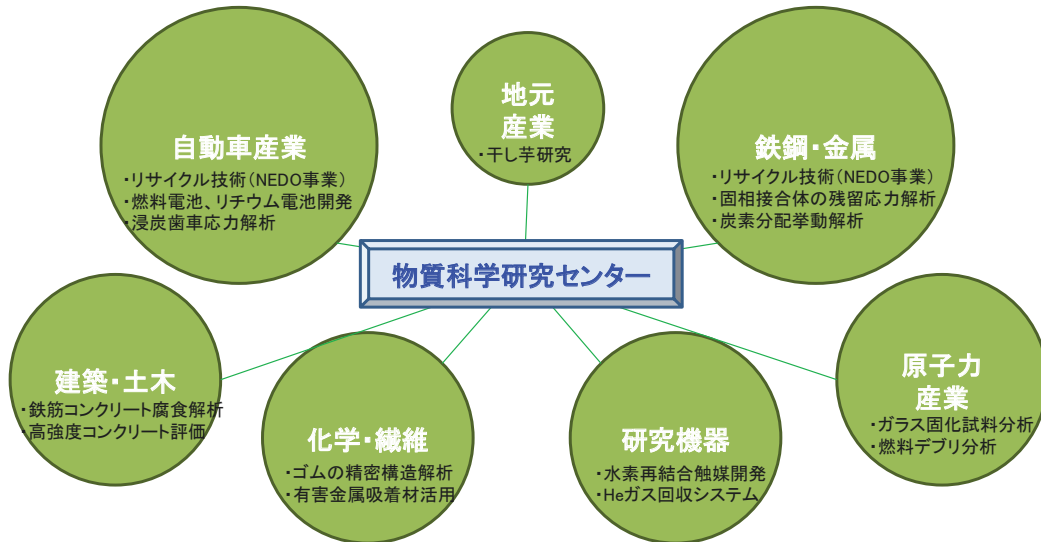
20



## 5-2:他機関との連携・人材育成(2/4)



### ○民間企業との主な共同研究・技術相談



様々な分野の企業と研究打合せを実施。

21



## 5-3:他機関との連携・人材育成(3/4)



### ○大学・研究機関等との研究協力

○ 連携大学院制度により客員教授, 講師を派遣。

### ○若手研究者の育成



22



## 5-4:他機関との連携・人材育成(4/4)



### ○主な国際交流・協力

- 「中性子散乱」分野における日米科学技術協力研究  
オークリッジ国立研究所  
(研究炉HFIRを活用した中性子散乱技術開発、中性子散乱実験装置WAND2の高度化)
- 原子力エネルギー民生利用のための研究開発のためのワーキンググループ(CNWG)  
アイダホ国立研究所, オークリッジ国立研究所  
(MA分離剤の分子設計にかかる共同研究)
- 国家課題対応型研究開発推進事業 廃炉加速化研究プログラム 日英原子力共同研究  
シェフィールド大学, プリストル大学  
(放射光による模擬デブリの性状把握)

23

1. 原子力機構における  
物質科学研究センターの位置づけ
2. 組織
3. 人員・研究費
4. 研究成果
5. 他機関との連携・人材育成
6. 課題と今後の展望

24





## 6-1: センター概況と次年度の展開



### 次年度以降の展開

センターにとって**二つの大きな出来事**

#### 東海と播磨（中性子と放射光連携の本格化）

**JRR-3の10年ぶりの運転再開**

センターの設立意義である、**中性子と放射光の相補利用の基盤がようやく実現**

➡ **機構内外に向けた相補利用がやりやすい利用制度の導入**

#### 播磨（放射光による原子力科学への貢献）

福島第一原子力発電所で採取された**1Fデブリおよび汚染物のRI実験棟への受入に向け、許認可申請を本格化**（年度内か次年度上期に規制庁に申請を行う）

➡ **放射光による原子力科学への貢献の意義を認識した研究活動  
+その解析技術の他分野への展開**

②5

## 参考資料

②6



## 参考1: 物質科学研究センターの運営



- ・機構の強みである中性子・放射光利用装置の特徴を活かした研究開発を行う（センターの原点であり全員の共通認識）
- ・自由な発想に基づく研究を推奨（ボトムアップ）  
ただし、各ディビジョンが設定した大きな研究分野の中のどこに所属しているかを意識させる（トップダウン）
- ・福島環境回復、原子力材料関係への研究展開を意識させる（トップダウンによる動機付け）  
ただし、強制するのではなく、自分の研究分野、技術の応用先として能動的に

自由な発想に基づく研究とマネジメントの強化は相容れない部分もあるが、**原子力材料分野**などでの問題を提示し、各人の**自由な発想・アプローチに基づく基礎科学的な貢献**を目指す→独自研究のみでは得られない“使えるサイエンス”を生み出すシナジー効果を期待

(27)



## 参考2: 原子力開発利用長期基本計画

(昭和31年9月6日内定)原子力委員会



### (1) 目的

わが国における原子力の研究、開発および利用について、長期にわたる基本的かつ総合的な目標、方針等を設定することにより、原子力の平和利用を計画的かつ効率的に推進することを目的とする。

(中略)

### (4) 方針

- ① 原子力の研究、開発および利用を進めるにあたっては、**動力としての利用面**と**放射線の利用面**とを平行的に促進するものとする。

(後略)



**量子ビーム応用研究**

(中性子・放射光・イオンビーム・大強度レーザー)

(28)



## 参考3: 原子力二法人の統合の基本方針



### ○原子力二法人の統合に関する報告書

平成15年9月19日 原子力二法人統合準備会議

[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/kaihatu/001/toushin/03091901/006.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/kaihatu/001/toushin/03091901/006.htm)

#### 4. 新法人の業務とその推進の方向

##### (1) 新法人の業務

新法人の使命を果たすため、新法人においては、原子力二法人が実施している業務を引き継ぐことを基本に、以下の1~8の業務を実施することが必要である。

##### 1. 原子力の基礎・基盤研究等を行うこと

日本原子力研究所が実施している**原子力に関する基礎的研究や応用の研究等の原子力の基礎・基盤研究に係る業務を実施する**。具体的には、エネルギー利用に係る基礎・基盤研究、原子力安全委員会の定める原子力安全研究年次計画に従って実施する安全研究、放射線利用の研究、核融合の研究などが含まれる。

2~6略

##### 7. 研究施設及び設備を共用に供すること

新法人以外の者が原子力に関する研究開発のために必要な研究施設及び設備を保有することが困難な状況になっている現状を踏まえ、**新法人が保有する原子力研究の基盤として重要な研究施設及び設備について、広く産学官の共用に供する**。

29



## 参考3-1: 第3期中長期目標・計画



中長期目標	中長期計画
<p>4. 原子力の基礎基盤研究と人材育成</p> <p>(1) 原子力を支える基礎基盤研究、先端原子力科学研究及び中性子利用研究等の推進</p> <p>改革の基本的方向を踏まえ、国際的な技術動向、社会ニーズ等を勘案しつつ重点化し、原子力の基礎基盤研究を推進する。特に、先端基礎科学研究においては、原子力科学の発展に直結するテーマに厳選する。また、中性子利用や放射光利用による原子力科学、原子力を支える物質・材料科学等に関わる研究を推進する。</p> <p>具体的には、核工学・炉工学、燃料・材料工学、原子力化学、環境・放射線科学及び計算科学技術について、産学官の要請等を踏まえ、今後の原子力利用において重要なテーマについて研究開発を行う。また、核物理・核化学を中心としたアクチノイド先端基礎科学及び原子力先端材料科学研究分野において、原子力分野における黎明的な研究テーマに厳選し、既存の知識の枠を超えた新たな知見を獲得するため、世界最先端の先導的基礎研究を実施する。</p> <p>さらに、J-PARCやJRR-3等を活用し、中性子施設・装置等の高度化に関わる技術開発を進めるとともに、中性子や放射光を利用した原子力科学、原子力を支える物質・材料科学に関わる先端的研究を行う。</p> <p>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開く技術及び原子力科学の発展に先鞭をつける学術的・技術的に極めて強いインパクトを持った世界最先端の原子力科学研究成果を創出する。また、中性子利用研究等により、幅広い科学技術・学術分野における革新的成果・シーズを創出する。さらに、産学官との共同作業により、それらの産業利用に向けた成果活用に取り組む。</p>	<p>4. 原子力の基礎基盤研究と人材育成</p> <p>(1) 原子力を支える基礎基盤研究、先端原子力科学研究及び中性子利用研究等の推進</p> <p>我が国の原子力利用を支える科学的知見や技術を創出する原子力基礎基盤研究、並びに原子力科学の発展につながる可能性を秘めた挑戦的かつ独創的な先端原子力科学研究を実施する。また、幅広い科学技術・学術分野における革新的成果の創出を目指した、中性子利用や放射光利用による原子力科学、原子力を支える物質・材料科学等に関わる研究を実施する。さらに、課題やニーズに的確に対応した研究開発成果を産業界や大学と連携して生み出すとともにその成果活用に取り組む。</p> <p>3) 中性子利用研究等</p> <p>高エネルギー加速器研究機構(KEK)と共同で運営するJ-PARCIに係る先進技術開発や、中性子実験装置群の性能を世界トップレベルに保つための研究開発を継続して行うことにより、世界最先端の研究開発環境を広く社会に提供する。また、それらの中性子実験装置群を有効に活用した物質科学などに関わる先端的研究を実施する。さらに、将来にわたり世界における最先端研究を維持するために、加速器の更なる大強度化や安定化に向けた研究開発を進める。</p> <p>JRR-3等の定常中性子源の特徴を活かした中性子利用技術を発展させ、構造と機能の相関解明に基づく先端材料開発や大型構造物などの強度信頼性評価に応用する。また、中性子や放射光を利用した原子力科学研究として、マイナーアクチノイド(MA)分離等のための新規抽出剤の開発や土壌等への放射性物質の吸脱着反応メカニズムの解明などを行い、廃炉・廃棄物処理や安全性向上に貢献する。</p>

30



## 参考3-2:中長期目標・計画と年度計画



中長期目標	中長期計画
なお、研究開発の実施に当たっては、目標期間半ばに研究の進捗や方向性について外部専門家による中間評価を受けて、適切に取組に反映させる。	実施に当たっては、科学的意義や出口を意識した社会的にニーズの高い研究開発に取り組み、機構内の研究センター・研究拠点間の協働を促進し、国内外の大学、研究機関、産業界等との連携を積極的に図る。こうした連携協力を軸として、科学技術イノベーション創出を目指す国の公募事業への参画も目指す。各研究開発課題については、課題ごとに達成目標及び時期を明確にし、目標期間半ばに外部専門家による中間評価を受け、その結果を研究業務運営に反映させる。

### 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の 令和3年度の業務運営に関する計画(年度計画) (令和3年4月1日～令和4年3月31日)

#### 4.原子力の基礎基盤研究と人材育成

##### (1) 原子力を支える基礎基盤研究, 先端原子力科学研究及び中性子利用研究等の推進

##### 3) 中性子利用研究等

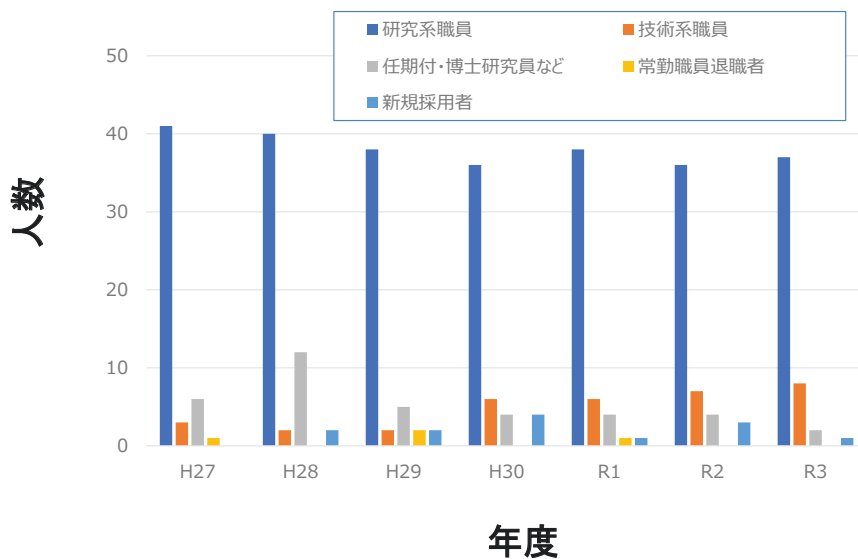
JRR-3 を活用した研究成果の最大化に資する核偏極技術の開発や、新たな中性子検出手法の評価など中性子利用技術の高度化を推進する。強相関系物質における構造や外場と機能の相関の解明や、機能性材料における環境応答メカニズムの解明、構造材料における特殊環境下の変形特性発現機構の解明を継続し取りまとめる。アクチノイド基礎科学研究では、アメリカシウム革新的分離法である短パルスレーザーアシスト分離法の高度化を推進するとともに、新奇なアクチノイド系物質の電子状態研究を推進する。廃炉・廃棄物処理における安全性向上に貢献するために、ガラス固化体の健全性評価手法の開発、高速XAFS測定法の開発及び模擬デブリ等の複雑系物質の解析を推進する。

実施に当たっては、科学的意義や出口を意識した社会的にニーズの高い研究開発に取り組み、機構内の研究センター・研究拠点間の協働を促進し、国内外の大学、研究機関、産業界等との連携を積極的に図る。こうした連携協力を軸として、科学技術イノベーション創出を目指す国の公募事業への参画も目指す。

31



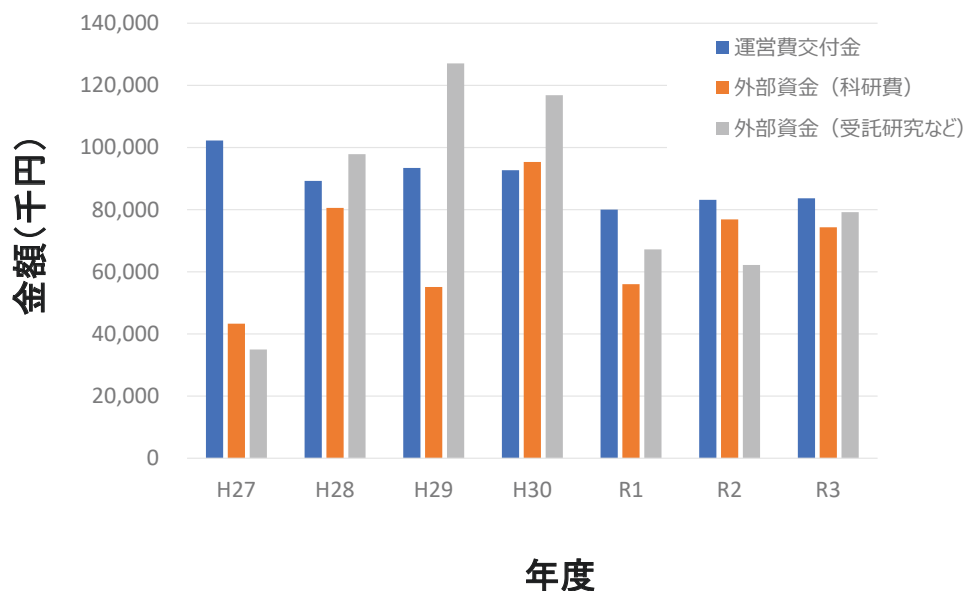
## 参考4-1: 人員の推移(センター全体)



32



## 参考4-2: 研究費の推移(センター全体)



33



## 参考4-3: 物質科学研究センターの 予算・人員: R3年度データ

所属・ディビジョン名 (構成グループ数)	職員等人員(人)			交付金 (千円)	外部資金(千円)		総額 (千円)
	職員	任期付・ 博士研等	合計		科研費	受託 研究費等	
センター・推進室	9	2	11	79,761	0	0	79,761
中性子材料解析研究D(3G)	22	0	22	2,100	57,313	3,900	63,313
放射光エネルギー材料研究D(4G)	23	2	25	1,806	17,020	75,320	94,146
総計	54	4	58	83,667	74,333	79,220	237,220

人員: R03.10.1現在

### 運営費交付金の主要使用内訳 (千円)

東海		播磨	
日米協力分担金	0 (R03特別措置)	ビームライン請負業務費	21,727
JRR-3装置維持費	30,133	ビームライン維持費	8,500
		人件費	4,250

予算額 34



## 参考4-4:他機関との連携・人材育成



### ○大学・研究機関等との研究協力

#### ・先端的な学術成果の創出:

東京大学、京都大学、北海道大学、東北大学、大阪大学、九州大学、東京工業大学、高エネルギー加速器研究機構、自然科学研究機構、茨城大学、大阪工業大学、大阪府立大学、岡山大学、関西大学、北見工業大学、岐阜大学、九州工業大学、京都産業大学、慶応義塾大学、群馬大学、神戸大学、埼玉工業大学、佐賀大学、千葉大学、筑波大学、東京海洋大学、東京農工大学、東京理科大学、同志社大学、豊橋技術科学大学、長岡技術科学大学、名古屋大学、名古屋工業大学、兵庫県立大学、弘前大学、広島大学、福島大学、三重大学、山形大学、横浜市立大学、早稲田大学、明治大学、琉球大学など

#### ・連携大学院制度等に基づく大学院・学部教育や研究指導への協力:

東北大学、茨城大学、金沢大学、関西学院大学、京都産業大学、熊本大学、神戸大学、十文字学園、千葉大学、筑波大学、東京電機大学、東京都市大学、新潟大学、兵庫県立大学、広島大学、福井大学、明治大学など

#### ・国立研究開発法人等との研究協力:

理化学研究所、量子科学技術研究開発機構、物質・材料研究機構、産業技術総合研究所、建築研究所、総合科学研究機構、茨城県農業総合センター、放射線利用振興協会など



令和3年9月27日 中性子及び放射光利用研究開発評価委員会(事前評価第1回)

# 中性子利用研究 —第4期中長期目標期間に向けて— 物質科学研究センター 中性子材料解析研究ディビジョン

1/10



- **研究開発課題：**  
「JRR-3中性子ビーム利用技術の高度化と中性子物質材料科学の推進」
- **評価の観点：**
  - (1) 研究開発課題の選定の妥当性
  - (2) 方向性・目的・目標等の妥当性

2/10



## 1. 現中長期を経ての立脚点



### □ JRR-3 2021年2月運転再開、7月供用運転開始

- 震災後の新規規制基準適合のため長期停止していた研究用原子炉JRR-3は、2021年7月に供用運転を再開
- ほぼ10年間停止していた中性子ビーム利用装置について、老朽化した設備の更新、装置健全性試験を進めつつ、安全確保を前提としてビーム利用を再開
- 第4期から本格的な装置運用が可能となる予定



### □ J-PARC MLFや国外研究炉、小型中性子源を活用した中性子ビーム利用研究と中性子利用技術の開発を推進

- JRR-3運転再開後の利用拡大と成果最大化に向け、J-PARC MLFや国外研究炉、小型パルス中性子源など多様な中性子源における各施設研究者やユーザーとの研究連携を深めると同時に、JRR-3への導入を目指して、他にない中性子利用技術の開発を推進



3/10



## 2. 中性子材料解析研究ディビジョン (中性子D)の研究施設

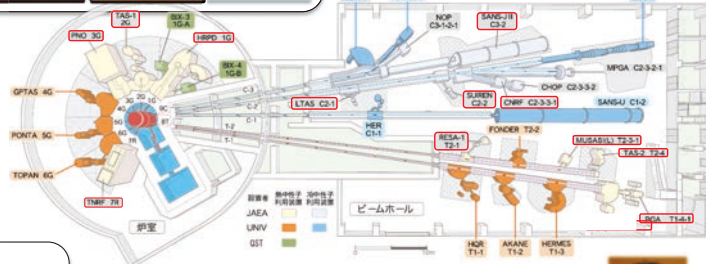


### 多重自由度相関研究Gr.



# JRR-3

JRR-3に12台の装置を設置し、物質科学研究センターの中核研究施設として運用



### 応力・イメージング研究Gr.



### 階層構造研究Gr.

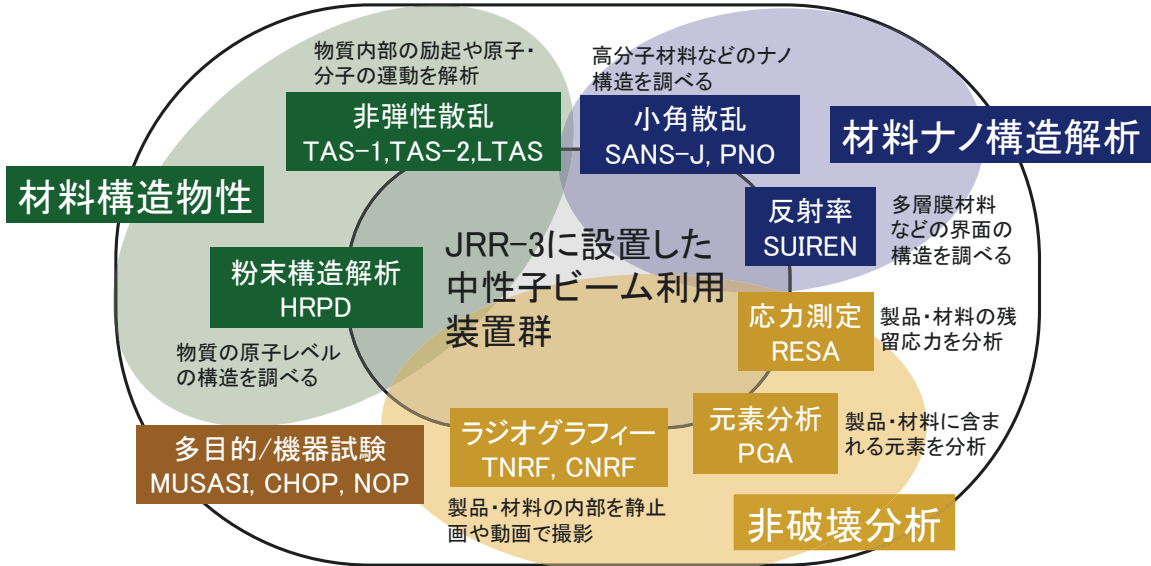


4/10





### 3. JRR-3中性子ビーム利用装置の分類



運転再開したJRR-3で運営する3つのカテゴリーの装置群と具体的な適用対象  
第4中長期でこれらの装置を本格的に活用して研究を推進

5/10



### 4. 中性子Dの第4期中長計での研究概要



中性子DがJRR-3で運営する、「材料構造物性」、「材料ナノ構造解析」、「非破壊分析」というイノベーションの3階層を担う装置群の総合的な活用およびJ-PARCや放射光との相補利用により、持続可能で強靱な社会の構築を目指す将来ビジョン「JAEA2050+」に貢献する。



6/10



## 5. 中性子Dの各研究テーマの概要



### (1) 材料構造物性に関する研究

**課題選定理由:** 物質材料分野のイノベーションの第一歩としてエネルギー材料などの構造と機能に関する新たな発見、発明が不可欠である。この目的のために極めて有効な中性子Dが運営する材料構造物性研究用装置群を中核に、新知見の創出に挑む。

**研究開発目標:** 物質材料中の結晶構造や電子スピン構造解明により、省電力メモリ材料やエネルギー変換材料、エネルギーハーベスト材料など機能材料開発につながる新知見を創出する。また、これを支える偏極中性子ビーム利用環境の整備や特殊複合試料環境技術を確立する。



**省電力メモリ候補材料の機能解明**

α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の電子状態観測      新物質での磁気スキルミオン格子探索

マルチフェロイクス物質  
Helical structure  
Electric polarization

抵抗変化型ユニバーサルメモリやレーストラックメモリ等の次世代型メモリ候補材料などの基礎研究を推進。

レーストラックメモリ

**物性研究用装置群の整備と高度化**  
装置群の特化を推進、DXへの貢献

3Heスピンフィルタ (MLF共通技術開発Se.)      磁気ミラー      3Heインサート      電気測定

ドライ10Tマグネット 10GPaセル

中性子スピン偏極装置      試料      中性子スピン解析装置

三軸分光器群(TAS-1, LTAS, TAS-2)      粉末回折装置(HRPD)

7/10



## 5. 中性子Dの各研究テーマの概要



### (2) ナノ構造と材料特性に関する研究

**課題選定理由:** 物質材料分野のイノベーションに資する実材料開発へと繋げるためには、材料のナノ構造を解明して機能をより高める必要がある。この目的のために極めて有効な中性子Dが運営する材料ナノ構造解析装置群を中核に、材料機能の高度化に挑む。

**研究開発目標:** 新規溶媒抽出材や高機能高分子ゲル等の環境回復・資源回収材料や鉄鋼材料等の高性能化への指針を得るなど、実材料開発に貢献する。また、これを支える中性子小角散乱装置の高効率化やイメージング技術、スピンコントラスト中性子小角散乱・回折技術など先端的な測定技術を確立する。



**環境回復・資源回収材料開発**

セルロースから高強度ゲルの開発      溶媒分離における金属錯体の相分離メカニズム解明

廃棄素材から高性能除染材の開発

除染材料や資源回収材料など、持続可能な社会の構築に不可欠な機能材料の開発へとつながる材料特性、高機能化研究を推進。

**材料ナノ構造解析装置群の整備と高度化**  
装置の特化、高効率化を推進、DXへ貢献

Low angle      High angle      Middle angle

小角散乱装置 (SANS-J)      偏極ビーム

マルチアングル同時測定化

動的核スピン偏極装置導入

8/10



## 5. 中性子Dの各研究テーマの概要

(3) 非破壊分析評価に関する研究



**課題選定理由**：物質材料分野のイノベーションに不可欠な実材料の社会実装を果たすには、実材料の疲労強度や機械動作などを非破壊で高精度に評価する必要がある。この目的のために極めて有効な中性子Dが運営する非破壊分析装置群を中核に、実材料の社会実装に挑む。

**研究開発目標**：実機模擬環境下における機械・構造物の高効率かつ高精度な非破壊評価技術を実用化し、原子炉溶接部や機械部品、土木・建築構造物等へ適用して、社会基盤の強靱化や長寿命化へ貢献する。また、これを支える残留応力測定装置やPGA装置の高効率化、ラジオグラフィー装置での超高速撮像など、材料内部を可視化して評価する技術の高度化を行う。



### 実機模擬環境下での非破壊評価

溶接部強度・RC構造材の非破壊評価

100mm×100mm  
厚さ10mm

20mm  
鉄筋コンクリートCT断面

溶接部残留応力分布

社会基盤の強靱化や長寿命化、製品の信頼性など社会実装段階に近い研究を推進

水素脆化機構の解明

H-II Aロケットエンジン

水素燃料による部品脆化

### 非破壊分析装置群の整備と高度化

装置の高効率化、リモート化、スマート化を推進、DXへ貢献

大面積検出器

残留応力測定装置 (RESA)

ロボットアームによる試料交換自動化

即発γ線分析装置 (PGA)

高速撮像システム (~10000fps)

熱中性子ラジオグラフィー装置 (TNRF)

9/10



## まとめ



- 第4期中長期においてJRR-3の本格運用が再開。JRR-3の特徴を活かした研究開発を推進し、持続可能で強靱な社会の構築を目指す将来ビジョン「JAEA2050+」に貢献



- 実材料非破壊分析評価に関する研究
  - ナノ構造と材料特性に関する研究
  - 材料構造物性に関する研究
- 材料開発技術を持つ産官学と連携協力して研究を推進
    - 異分野との融合・共創によるイノベーション創出
  - J-PARC MLFや大型放射光施設 (SPring-8) と有機的に連携して実験や技術開発を推進
    - 原子力機構の研究基盤強化とオープンファシリティープラットフォーム (OFP) 形成による共創の場構築

10/10

# 参考資料



## 評価軸に基づく評価項目(事前評価第1回)



### (1) 研究開発テーマの選定の妥当性(効果・効用(アウトカム)の観点を含む)

震災後の新規規制基準適合のため長期停止していた研究用原子炉(JRR-3)は、2021年2月に運転再開を果たし、7月より供用運転をしている。従って、第4期中長期計画期間では、JRR-3での中性子ビーム利用環境が本格的に整うことになる。現在物質科学研究センターは、JRR-3において以下の3種類の装置群を運営している。

- i) 材料の新奇現象を原子レベルで追究する装置群
- ii) 材料の特性をナノスケールで評価して高性能化に資する装置群
- iii) 実材料の分析評価や社会への普及に貢献する装置群

これらの装置群は、其々、材料新物性の発見、実材料への高度化、実材料の社会実装というイノベーションの各段階を担い得る装置群である。さらに、当センターは、JRR-3が停止していた第3期中長期計画期間中において、偏極水素核を用いたスピコントラスト中性子小角散乱法や超高压力下中性子回折技術、磁気PDF解析法など、オンリーワンの中性子ビーム利用技術の開発、高度化を継続してきた。

以上より、当センターが自ら運営するJRR-3装置群及び高度化した中性子ビーム利用技術を総合的に活用することで、原子力機構が2019年10月31日に取りまとめた将来ビジョン「JAEA2050 +」及びこれをベースに2020年11月に改訂されたイノベーション創出戦略で掲げた持続可能で強靱な社会の構築に貢献できることから、本研究開発課題を実施することは妥当であると考える。

一方、大強度陽子加速器施設(J-PARC) 物質・生命科学実験施設(MLF)も現在、1MW定常出力を目指して調整中であり、第4期中長期計画期間では定常中性子源JRR-3とパルス中性子源J-PARC MLFの2大大型中性子源のフルスペックでの利用環境が本格的に東海サイトに整備されることになる。中性子ビーム利用研究においては、この2つの中性子源の特徴を生かした連携・併用が必要不可欠である。この貴重な研究開発基盤を維持・強化し、独自研究利用のみならず産学官からのイノベーション創出研究に対応する上でも、JRR-3装置群を運営する当センターとJ-PARCセンターが協力し、本研究開発課題を実施することが必要である。



## 評価軸に基づく評価項目(事前評価第1回)



### (2) 方向性・目的・目標等の妥当性(効果・効用(アウトカム)の観点を含む)

本研究開発課題では、JRR-3装置群が持つ特徴を活かして、以下に示す、研究を実施する。

i) 材料構造物性に関する研究

ii) ナノ構造と材料特性向上に関する研究

iii) 実材料分析評価技術に関する研究

i) においては、主に、次世代の省エネルギーメモリ機能など将来のスピン트로ニクス/エレクトロニクスデバイス開発に繋がる材料の機能発現機構解明に資する基礎研究を実施する。当該目標達成のため、JRR-3の利点である高強度単色中性子を利用した特殊試料環境技術や中性子スピン操作・解析技術、偏極中性子実験データ解析手法の開発及び高度化を行う。

ii) においては、新規溶媒抽出材や高機能高分子ゲル等の環境回復・資源回収技術開発や鉄鋼材料等の材料高性能化への指針を得るなど、持続可能社会実現に向けた技術や材料の開発や高度化に貢献する。当該目標達成のため、ナノ構造体の空間分布を可視化する中性子小角散乱イメージング技術や、偏極水素核を用いたスピンコントラスト中性子小角散乱・回折技術など先端的な測定技術の改良や高度化を行う。

iii) においては、実機模擬環境下における機械・構造物の高効率かつ高精度な非破壊評価技術を実用化し、これを原子炉溶接部や機械部品、土木・建築構造物へ適用して、社会基盤の強靭化や長寿命化へ貢献する。当該目標達成のため、材料内部の構造・組織・変形・応力・元素等を視覚化し評価する技術の高度化を行う。

これらの研究開発は、材料開発技術を持つ産学官と連携協力しながら進めていく事により、原子力以外の異分野との融合・共創によるイノベーション創出に貢献する。また、これらの研究で実施する中性子ビーム利用技術の高度化は、測定の高効率化やリモート化、スマート化を目指すものでもあり、研究開発環境のDX化を進めることになる。さらに、JRR-3装置群の総合的な活用を促進しつつ、J-PARC MLFや大型放射光施設(SPring-8)と有機的に連携した実験や技術開発を推進する。この方向性は、原子力機構の研究基盤強化につながるものであり、第4期中長期計画で目指すオープンファシリティプラットフォーム(OPF)による共創の場の構築に大きく貢献する。



令和3年9月27日 中性子及び放射光利用研究開発評価委員会(事前評価第1回)

# 放射光利用研究 —第4期中長期目標期間に向けて—

## 物質科学研究センター 放射光エネルギー材料研究ディビジョン


1/9



### 1. 放射光エネルギー材料研究ディビジョン(放射光D) の研究施設と研究内容




**エネルギー分散型XAFS装置 (DXAFS)**



物質の局所構造、電子状態の時間変化を測定する。

**BL14B1(QST専用BL)**



**RI 実験棟**


大型放射光施設SPring-8において、2本の原子力機構専用ビームラインを運営し、物質の構造や電子状態等を調べる独自研究とユーザー支援を推進

**蓄積リング棟**

**BL23SU (JAEA専用BL)**


**軟X線**

**表面化学実験ステーション**




固体表面での化学反応の「その場」観察を行う。

**角度分解光電子分光装置 (ARPES)**




ウラン化合物などの高分解能電子エネルギー分析を行う。

**軟X線磁気円二色性装置 (XMCD)**




元素/電子軌道選択的に磁性の情報を得る。

**定套型軟X線顕微鏡 (STXM)**




高い空間分解能で元素分布や化学状態の分析を行う。

**硬X線電子分光装置 (HAXPES)**




軟X線利用に比べてより汎用性の高い電子状態解析。

**XAFS測定装置 (可搬型KBミラー)**




機能材料のメカニズム、複雑な環境試料の高分解能解析を行う。

**応力イメージング測定装置**



材料の内部歪み、応力分布を知る。

**カッパ型多軸回折計**



X線CT、粉末試料の構造、電気化学反応の解析などに適用。

2/9



## 2. 現中長期を経ての立脚点



- **SPring-8 RI実験棟の放射性物質取扱施設としての本格運用開始**

平成28年4月のQSTとの分離後JAEAとQSTの専用ビームラインに両機関の装置が混在する状況でスタートしたが、これを整理して装置の移設等を進め、RI実験棟内にはJAEAの装置だけが設置された状況とすることで、ウラン含有模擬デブリ等に対する放射光実験を開始。

- **文部科学省「ナノテクノロジープラットフォーム」事業（平成24年度～令和3年度）への参画**

SPring-8の2本の原子力機構専用ビームラインの施設供用を通じ、多くの研究成果を創出するとともに、ナノテクノロジー関連研究に携わる放射光ユーザーのコミュニティを形成し、産学官連携、異分野融合、人材育成を推進。

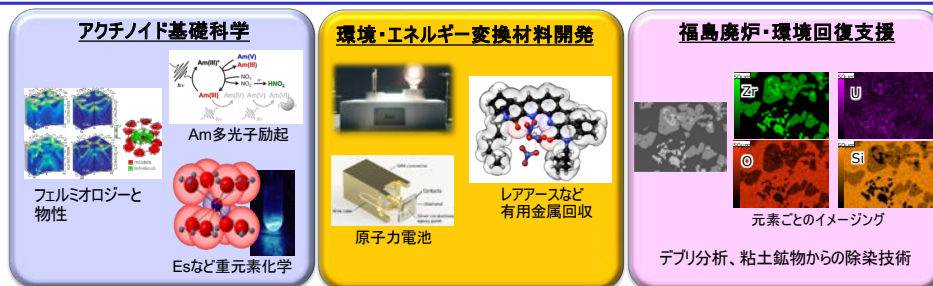
3/9



## 3. 放射光Dの次期中長計での研究開発課題



放射光を利用した先端的分析手法の高度化・応用を通じ、原子力機構で独自に醸成されたアクチノイド基礎科学や、廃棄放射線の利用などエネルギー変換材料の開発、放射性廃棄物処理、福島廃炉・環境回復問題への貢献など、次世代の原子力研究分野を開拓し、SDGsおよびSociety5.0の実践に向けた研究開発を強力に推進する。



「マテリアル先端リサーチインフラ」事業（マテリアルDXの推進, etc.）

SPring-8次世代光源計画・放射光装置高度化 (XRD, XAFS, XPS, HAXPES, XMCD, STXM, etc.)

放射光をプローブとした材料分析・開発および先端的科学の開拓により、  
**SDGsおよびSociety5.0の実践へ**

4/9



## 4. 研究開発課題 1 :アクチノイド基礎科学



**課題選定理由:** SPring-8におけるRI実験棟、東海原科研におけるホットラボ等、放射光Dのリソースの特長を最大限に活用し、他研究機関ではなし得ないアクチノイドや放射性物質の基礎科学研究を原子力機構として推進するべきである。

### 研究開発の目的・方向性:

アクチノイド化合物の電子状態・磁性状態解析

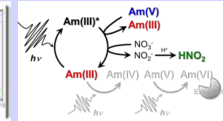
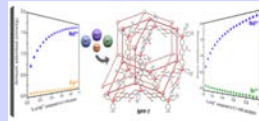
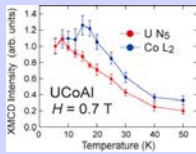
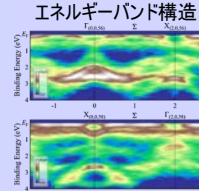
アクチノイド/ランタノイド元素分離技術開発

ウラン化合物のエネルギーバンド構造

元素分離磁化測定

分子設計による開発

多光子励起の利用



超ウラン元素への研究拡張

- > Np, Pu, Am 等の化合物の物性研究
- > Bk, Cf, Es 等の世界初の基礎研究

新奇量子物性・トポロジカル物性

**研究開発目標:** アクチノイド・重元素のf軌道電子の性質理解に基づく物性・化学反応メカニズムの解明、元素分離・抽出技術開発による放射性廃棄物処分への貢献

5/9



## 5. 研究開発課題 2 :環境・エネルギー変換材料開発



**課題選定理由:** SDGsあるいはJAEA2050+で強調されている持続可能社会実現のためには限られた資源のリサイクルが重要であるが、エネルギーリサイクルや希少金属リサイクルは原子力機構のノウハウが活かせる分野であり、放射光Dが培ってきた要素技術はこの分野の研究に極めて有効である。

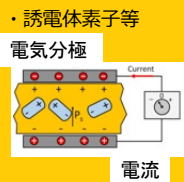
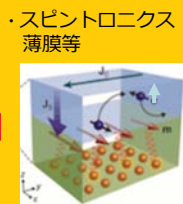
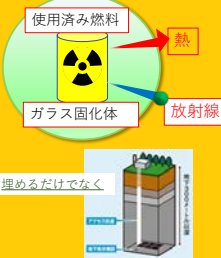
### 研究開発の目的・方向性:

捨てられているエネルギーを資源に変える

利用可能なエネルギー源

熱回収素子

放射線エネルギー変換素子



同一材料による階層的評価・データベース構築

物質・材料設計へフィードバック

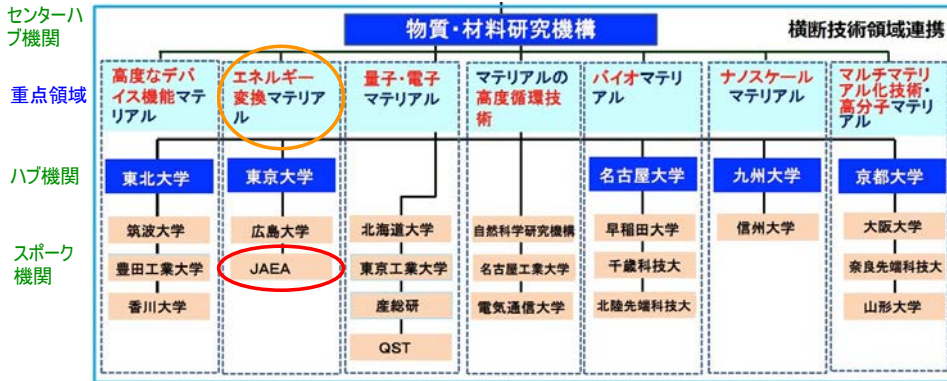
**研究開発目標:** 放射性廃棄物からの放射線・熱のエネルギー変換利用技術の開発、原子力電池の開発、熱発電や光エネルギー変換デバイスへの応用、希少金属リサイクル技術の開発

6/9





6. エネルギー変換材料領域での文科省「マテリアル先端リサーチインフラ」事業(令和3年度～令和12年度)への参画



- ▶ 高品質なマテリアルデータを創出、収集、蓄積、構造化し、データ中核拠点と本事業のデータ基盤を接続させ、データを登録
- ▶ 産学官の利用者に対して、本事業で創出されたデータを効率的に活用できる仕組みを構築・提供し、重要技術領域を中心とするデータ駆動型マテリアル研究開発の推進に貢献

当初は放射光Dの実験施設だけで参画 → 将来的に中性子D実験施設との連携を目指す



7. 研究開発課題 3 : 福島廃炉・環境回復支援

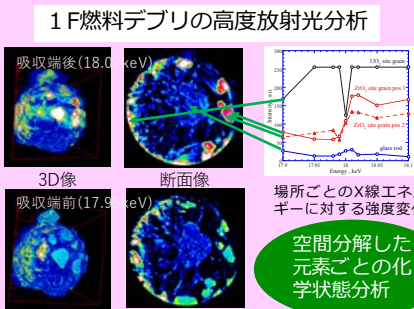


**課題選定理由:** 福島第一原発(1F)の廃炉および福島環境の回復を実現するためには、福島部門などと連携してオールJAEAで取り組むことが求められており、ホットラボと放射光の利用を可能とする施設を有する放射光Dはこの課題に大きな貢献が可能である。

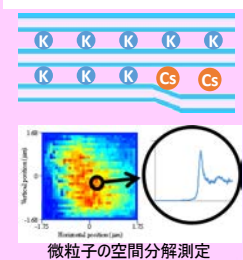
研究開発の目的・方向性:

SPring-8 RI実験棟の核燃使用許可取得

放射光イメージング技術の開発・高度化



希薄試料・微小試料のセシウム吸着構造解析



**研究開発目標:** 1F燃料デブリの化学性状把握に基づく事故進展シナリオ解明や廃炉技術開発への貢献、土壌の放射性セシウム吸着機構解明に基づく除染技術開発による福島環境回復への貢献



## 8. まとめ



# 放射光Dの研究開発課題

アクチノイド基礎科学    環境・エネルギー変換材料開発    福島廃炉・環境回復支援





## J-PARC概況及び物質・生命科学ディビジョンに おける中性子利用研究・技術開発 第4期中期計画に向けて

日本原子力研究開発機構 原子力研究開発部門  
J-PARCセンター  
副センター長 脇本 秀一

物質・生命科学ディビジョン  
副ディビジョン長・曾山和彦  
中性子利用セクションリーダー・川北至信  
共通技術開発セクションリーダー・奥 隆之  
中性子基盤セクションリーダー・中村龍也

1



## 目 次



1. J-PARCと研究開発・評価委員会の所掌範囲  
について
  2. 第4期中期計画で目指すもの
  3. まとめと展望
- 参考資料
4. 物質・生命科学実験施設の現状
  5. 第3期中期計画の7年間
  6. 国際協力・国内連携

2



# 1. J-PARCと研究開発・評価委員会の 所掌範囲について

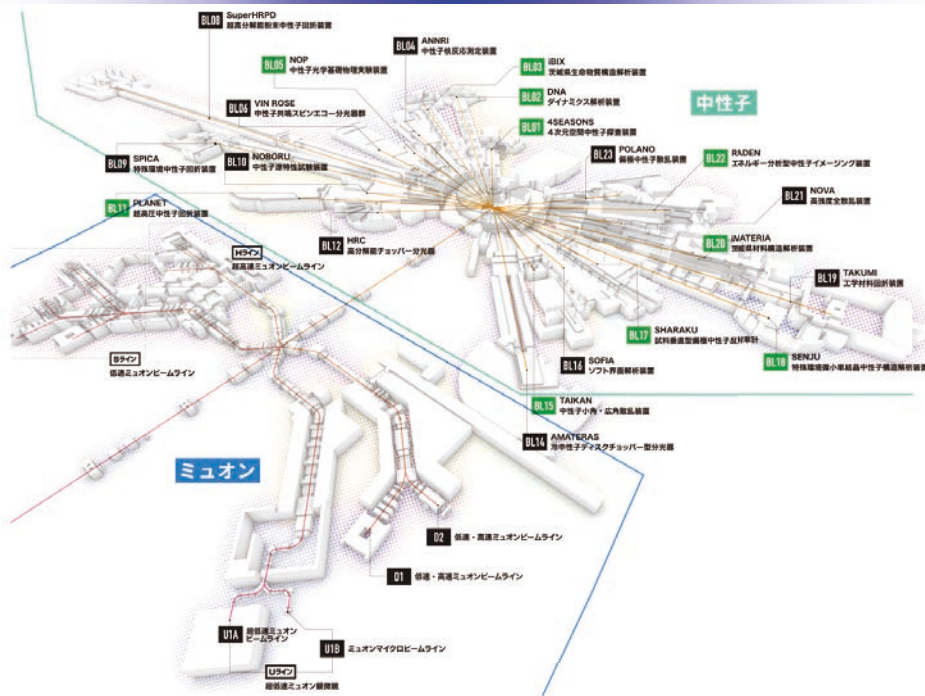


## 大強度陽子加速器研究施設(J-PARC)





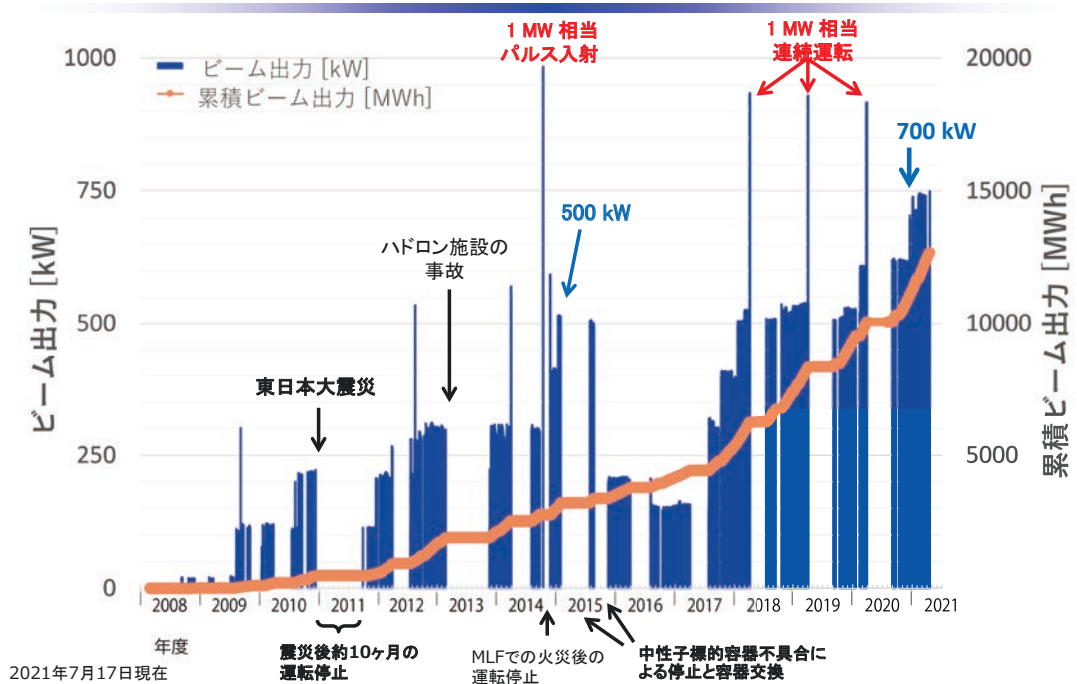
# 物質・生命科学実験施設の実験装置群



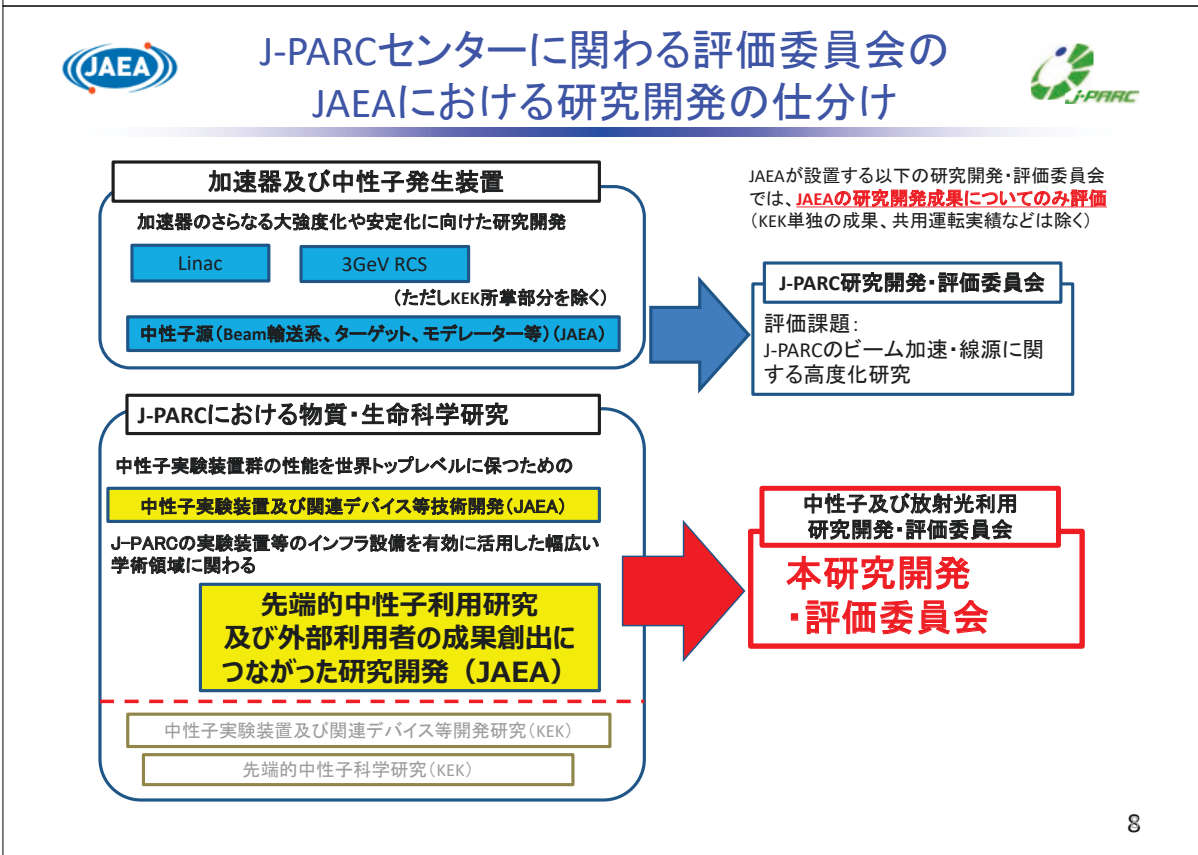
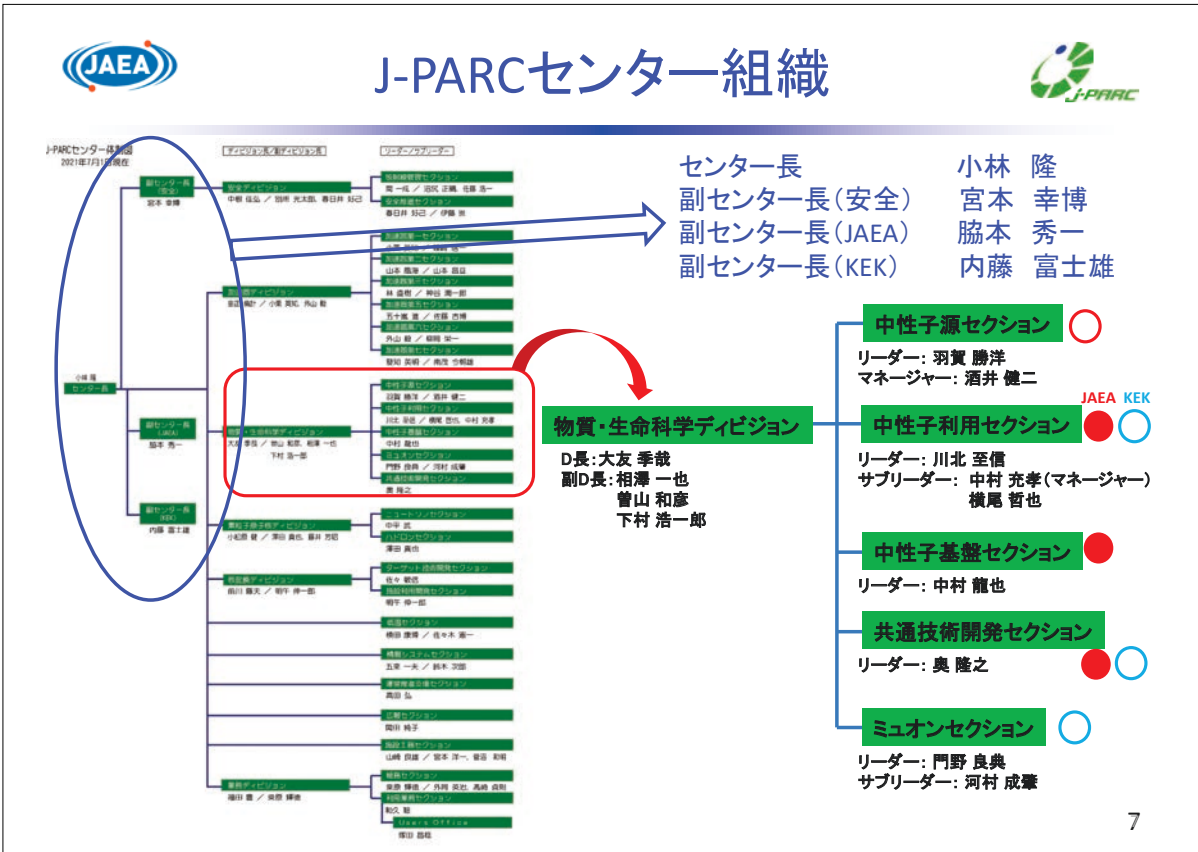
5



# MLF中性子源のビーム運転履歴



6





9




## 第3期中長期計画期間における研究開発




	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
<b>研究成果</b>	タイヤ用新材料開発技術「ADVANCED 4D NANO DESIGN」を確立 住友ゴム工業 (BL02.14) 	高圧水に新たな秩序状態を発見 Scientific Rep. (BL11) 	次世代型太陽電池材料の特性を解明 Nature Commun. (BL02, 14) 	地球深部における含水鉱物の物性変化 Scientific Rep. (BL11) 	固体冷媒を用いた新冷却技術 Nature (BL14) 	ハイエントロピー合金メカニズム Science Adv. (BL19) 			幅広い 学術研究
<b>装置整備</b>	中性子源不具合 ▼ BL22 螺鈿ユーザー供用開始 ▼ BL19 匠ストロボスピニング測定	200kW ▼ BL04 ANNRI TOF-PGA解析	150kW 300kW 400kW ▼ BL10 NOBORU 白色ホログラフ	1MW ▼ BL17 写真二次元MWPC検出器実装	500kW ▼ BL01 四季検出器フル整備 ▼ BL01 四季高耐久性TOチョンバー設置	600kW ▼ BL15大鏡検出器80%整備 ▼ BL02 DNA Si111アナライザフル整備			先端的中性子利用手法の開発 先駆的中型科学、遠隔化・自動化の推進 データ駆動型科学、遠隔化・自動化の高度化 実験装置・デバイスの高度化 先端的中性子利用研究
<b>デバイス開発</b>	検出器	▼ BL17 MWPC 高ガス圧動作 実証	▼ BL19 2次検出器(背面バンク)設置	▼ 高分解能シンチ検出器 試作	▼ 新カソード電極 実証	▼ BL18 新検出器 開発(斜下散乱バンク)			
スーパーミラー	▼ 1次元集光 (gain 6)		▼ 偏極ミラー 実証 (95%, 1≤m≤5)		▼ BL17 斜入射小角散乱 (1次元集光型) 試作				
<sup>3</sup> He偏極子	▼ 整備・高度化・試験研究		▼ <sup>3</sup> Heガス充填設備整備	▼ BL04, 10 ユーザー利用開始	▼ 高性能化 ( <sup>3</sup> He偏極度85%達成)				

10



## 研究開発の基本方針

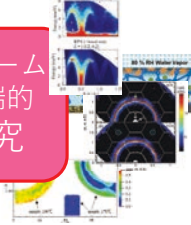
### －中性子利用研究－



先端中性子  
測定技術開発


↻

技術を生かし量子ビーム  
の有用性を示す先端的  
中性子利用研究




- (1) KEKと共同で運営するJ-PARC物質・生命科学実験施設の中性子実験装置群を世界トップレベルに保つ**先進技術開発、データ駆動型科学を活用**しつつJ-PARCのインフラ設備を有効に活用した**幅広い学術領域に関わる先端的中性子利用研究を実施**。
- (2) 施設横断的な研究課題を促進しつつ、**国の公募事業への参画**も含めて社会的要請にも十分配慮し、**科学的意義の高い研究成果および科学技術イノベーション創出**を目指す。
- (3) 機構内の研究センター・研究拠点間の協働を促進するとともに、国内外の大学、研究機関、産業界等との連携を積極的に図る。さらに、**国際連携を積極的に活用する**。

11



## 先端中性子測定技術開発

### －第4期中期計画でチャレンジしていく研究開発課題－

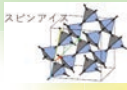


**JAEA2050+**  
原子力科学技術を通じた  
科学の発展・新知見の創出

カーボンニュートラル  
 ✓ 新たなエネルギー物質開発・スピントロニクスなど新磁性デバイス  
 ✓ 水素社会へ向けた研究開発（水素貯蔵、燃料電池、プロトン伝導）  
 ✓ グリーンイノベーションへの貢献

ハードマター

乱れた系構造プロジェクト

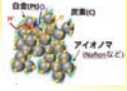


量子スピン液体  
マルチフェロ  
イック

学理  
制御  
外場応答

工学材料

NEDO燃料電池プロジェクト



触媒層形成プロセス  
燃料電池スタックの  
水分布


複合材料  
実材料  
その場観察  
電場・温度環境  
イオンペラド

先端的中性子利用研究

ソフトマター・非晶質

組織制御  
繰り返し応力  
温度履歴  
その場観察

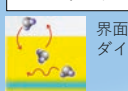
工学材料プロジェクト



新学術  
ミルフィーユ構造

調湿調温環境  
電場印加  
in situ  
応力・流動場

ソフトマター埋もれた界面  
プロジェクト



界面のナノ構造と  
ダイナミクス

先端的中性子利用手法の開発

偏極中性子手法開発

3次元実空間解析

オペラド計測

データ駆動型科学、遠隔化・自動化の推進

MLF電腦班活動

- 機械学習材料分析、
- データ取得効率化、超解像化
- 実験データの統計的補強

実験装置・デバイスの高度化+維持・老朽化対策

実験装置・デバイスの高度化

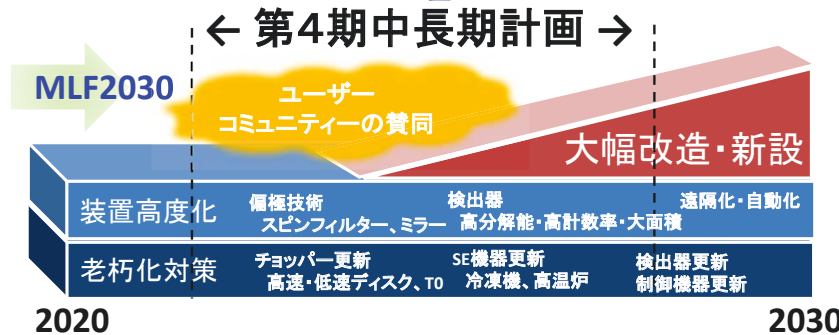
12





## 先端中性子測定技術開発

—実験装置・デバイスの高度化+維持・老朽化対策



- 装置高度化** 各BLに偏極中性子手法の実装／検出器：設計性能の到達に加え質の向上／装置制御・試料環境機器の自動化・遠隔化
- 老朽化対策** 建設時のパーツの製造中止やメーカーの撤退などがあり、単純な更新では済まない場合が多く、**開発要素のある難しい作業**。
- 大幅改造** MLFが稼働して10年を超え、**10年後も世界の最先端であり続けるために大幅改造は必須**。ユーザー**コミュニティのコンセンサス**を得る必要。

### MLF2030

- ・世界が大強度パルス中性子時代へ突入している状況で、MLFの**中性子戦略**を明確化。
- ・実験装置・デバイスの過去を振り返り、現状を認識し、将来を方向付ける。
- ・**将来ビジョン**を2021年度内にまとめる。**次世代への技術伝承・人材育成**。

13



## 情報発信



### プレスリリース・プレスレク



### J-PARC施設公開

2020年はオンライン公開  
YouTubeによるライブ配信



### JASIS科学機器展出展

R2.11.11～13 幕張メッセ  
日本分析機器工業会・日本科学機器協会主催の**アジア最大級分析・科学機器の展示会**  
中性子を用いた分析について紹介  
(JRR-3と共同で出展)



### J-PARCメディア懇談会

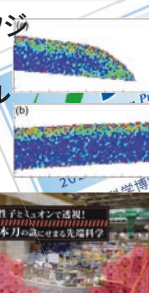
メディア各社にMLFを知ってもらう



中性子イメージング技術と応用について説明  
**第6回メディア懇談会 (R2.9.30)**  
報道機関 7社9名が参加

### 日本刀研究のメディア紹介

『ガリレオX』BSフジ  
R2.12.3 放送  
R3.2.7 アンコール  
中性子回折実験と中性子イメージング実験により古刀の作刀技術の謎を明らかに



### J-PARC News

科博企画展—加速器—  
6月25日発行  
「中性子とX線」

日刊工業新聞特集記事  
原子力機構の“いま-これから”

14



### 3. まとめと展望



15



### まとめと展望



- **MLFにおける先導研究**  
 装置を最大限活かし新たな測定手法・解析手法・測定限界などに挑む研究（中性子科学の適用拡大と深化）  
 データ駆動型科学の積極的活用
- **中性子実験装置の高度化・維持・老朽化対策**  
 設計性能への到達、新たな測定手法に応える高度化、  
 世界トップクラス性能の維持・老朽化対策
- **デバイス技術開発**  
 先導研究、実験装置高度化を支える不断の技術開発  
 中性子検出、中性子偏極、中性子光学、特殊環境
- **MLFの先導研究を支える整備・運用**  
 省力型試料環境機器の導入、自動化・遠隔化  
 サイドラボ（重水素化ラボ、分析ラボ）の運用開始
- **MLF2030 将来ビジョン**  
 10年後も世界をリードする施設であり続けるために  
 中性子実験装置の大幅改造へのコンセンサスづくり

16



令和3年11月22日 中性子及び放射光利用研究開発評価委員会（事前評価第2回）

# 物質科学研究センターにおける 中性子利用研究

—第4期中長期目標期間に向けて—

物質科学研究センター  
中性子材料解析研究ディビジョン

1/13



主務大臣による原子力機構の見直し内容



※ 「物質科学研究センターにおける中性子利用研究開発」に関連する部分の抜粋

## □ 中長期目標の方向性

社会的課題の解決や多様な価値の創造に貢献できるよう、「総合知」の創出・活用の観点も重視。

- 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
  - 高速炉や高温ガス炉等の新型炉に関する研究開発、**JRR-3やJ-PARC等の技術基盤を活用した幅広い基礎基盤研究を進めるとともに、その成果の社会実装や、原子力以外の分野を含む産学官の共創によるイノベーション創出に向けた取組を強化する。**あわせて、原子力科学技術の推進基盤の強化・高度化に向け、**研究開発環境のDXを進めることで、革新的な原子力イノベーションの持続的創出につなげていく。**
- 産業界や大学等と連携して我が国全体の研究開発や人材育成に貢献するために必要なプラットフォーム機能の充実
  - 大型の原子力研究施設の維持、高度化及び共用、知識基盤等の整備及び共同利用を進めるとともに、国内外の研究機関や大学、産業界とも連携した原子力人材の育成や、核燃料サイクル事業をはじめとする民間の原子力事業者への支援・連携強化に取り組む。**

2/13



## 研究開発課題と評価の観点



### □ 研究開発課題：

「物質科学研究センターにおける中性子利用研究開発」

### □ 評価の観点：

1. 研究開発課題の選定の妥当性
  2. 方向性・目的・目標等の妥当性
- } 第1回事前評価委員会
- ✓ イノベーション創出の可能性と創出に向けた取組計画の妥当性
  3. 研究開発の進め方の妥当性
    - ✓ 研究資金・人材（体制）等の研究開発資源の配分計画の妥当性
    - ✓ 人材育成に関する取組の妥当性
  4. 国内外他機関との連携の妥当性
  5. 研究開発成果の社会的意義の検討
    - ✓ 社会実装に向けた取組計画の妥当性(技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む)
    - ✓ 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性
    - ✓ 研究開発課題／成果の社会的受容性(社会へ及ぼす影響度の想定)

3/13



## 現中長期を経ての立脚点



### □ JRR-3 2021年2月運転再開、7月供用運転開始

- 震災後の新規制基準適合のため長期停止していた研究用原子炉JRR-3は、2021年7月に供用運転を再開
- ほぼ10年間停止していた中性子ビーム利用装置について、老朽化した設備の更新、装置健全性試験を進めつつ、安全確保を前提としてビーム利用を再開
- 第4期から本格的な装置運用が可能となる予定



### □ J-PARC MLFや国外研究炉、小型中性子源を活用した中性子ビーム利用研究と中性子利用技術の開発を推進

- JRR-3運転再開後の利用拡大と成果最大化に向け、J-PARC MLFや国外研究炉、小型パルス中性子源など多様な中性子源における各施設研究者やユーザーとの研究連携を深めると同時に、JRR-3への導入を目指して、他にない中性子利用技術の開発を推進



4/13



## 中性子Dの第4期中長計の研究概要



中性子DがJRR-3で運営する、「材料構造物性」、「材料ナノ構造解析」、「非破壊分析」というイノベーションの3階層を担う装置群の総合的な活用およびJ-PARCや放射光との相補利用により、気候変動問題や持続可能で強靱な社会の構築を目指す将来ビジョン「JAEA2050+」に貢献する。



## 3. 研究開発の進め方

研究資金・人材(体制)等の研究開発資源の配分計画



### 中性子ディビジョンの組織体制



- 第4期中長期計画開始に合わせ、**管理業務人員を削減して研究開発業務に集中できるようにするための研究グループ再編を実施**。但し、研究開発効率を最大化するため、装置に関連する人員単位は分割せずに再編。
- 装置やビーム利用技術の高度化は、これまで通りディビジョン全体で連携して進める。
- 中性子ディビジョンがJRR-3に設置している全12台の装置の健全な管理運営のために増員が必要。



### 3. 研究開発の進め方

研究資金・人材(体制)等の研究開発資源の配分計画



JRR-3ビーム利用装置における人員配置計画 (7年間)



(例) ORNL HFIR

全12台中性子ビーム利用装置



HFIR PTAX (HB-1)

- 各装置平均4名の専門スタッフとこれを支える約20名の技術スタッフ

JRR-3

- 産業利用等の外部ユーザー利用件数が多い装置、また特殊試料環境装置利用が多い装置を4人態勢とし、それ以外の装置も2人体制を目指す。
- 技術職の補充と増員が喫緊の課題
- 新卒、キャリア採用以外にも、機構内公募制度、クロスアポイント制度の活用。また、装置管理業務の一部をアウトソーシング化して負荷の低減

7/13



### 3. 研究開発の進め方

研究資金・人材(体制)等の研究開発資源の配分計画



東海ディビジョンの予算状況 (R3年度)

	交付金 (千円)	外部資金(千円)		総額 (千円)
		科研費	受託研究費等	
中性子D研究費	2,100	57,313	3,900	63,313
JRR-3維持費および日米協力事業費	30,133	※ R3は特別措置で日米事業費がゼロであり、左記予算を運転再開したJRR-3装置維持更新に使用。		

- 現状の定常的な予算リソース
  - 職員1人当たり10万円/年
  - 装置1台あたり100~250万円/年
- 東海ディビジョンは個人ベースの研究が多く科研費の割合が多い。
- JRR-3運転再開に伴い、受託研究のさらなる獲得や国の基盤研究施設強化資金への応募など、研究開発リソースの確保のための努力を続ける。

世界の中性子ビーム利用施設の整備計画 (ILLの例)

**Millennium Programme (2000-2018)**  
装置1台あたり数千万~数億円規模の予算で順次更新

**Endurance Upgrade Programme**  
Phase-1 (2016 - 2020) 総額34億円  
Phase-2 (2019 - 現在) 総額52億円  
各Phaseで試料環境やガイド管、ソフトウェアなど主に中性子散乱実験のための基盤設備を更新

限られた予算、人員規模を想定し、JRR-3の特徴や利点を活かせる装置やテーマにリソースを重点化

- ✓ 小角散乱 (核偏極技術)
- ✓ イメージング (高速度撮影, CT)
- ✓ 材料応力評価 (高効率計測)
- ✓ 偏極中性子利用
- ✓ 極限試料環境
- ✓ 核燃試料

8/13



### 3. 研究開発の進め方

研究開発のロードマップ



項目	年度	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029-2035	2036-2045
JRR-3基盤設備		JRR-3既存設備の整備・更新・高度化				JRR-3装置最適化、新装置建設・運営			次期研究炉での利用研究準備	
非破壊分析評価技術に関する研究		<b>高効率・高速・自動計測技術の開発・導入</b> > ロボットアーム、自動サンプルチェンジャーなどスマート化技術開発 > 大量データ解析システム構築 実機模擬環境下における機械・構造物の内部可視化・評価技術の開発 > イメージング・応力等、計測技術融合による材料変形機構評価システム開発				<b>達成目標</b> 材料内部顕微計測技術の高度化を図り、産学官と連携することで、社会実装・社会貢献に資する研究開発・評価を先導			国土・基盤設備の強靱化、長寿命化や機械等の軽量化、高性能化によるJAEA2050+の実現に貢献	
ナノ構造と材料特性に関する研究		<b>マルチスケール計測技術の開発・導入</b> > SANS-Jへの検出器追加導入による超小角から高角散乱の高効率同時計測技術の確立 > 同技術導入に伴う階層構造形成過程の時分割測定の実現 <b>核スピンの偏極技術の開発・導入</b> > SANS-Jへの核スピンの偏極技術、 <sup>3</sup> Heスピンの導入				偏極技術と幅広い散乱角の同時測定技術の導入を通じて金属・溶液・高分子・食品・生体材料に至る先端材料の開発を先導			高エネルギー効率材料、低炭素消費機能性材料の開発、フードロス削減手法の開発などを通じてJAEA2050+の実現に貢献	
材料構造物性に関する研究		<b>特殊試料環境技術の開発・導入</b> > 無冷媒冷凍機、マグネット導入、低温超高压下同時測定技術開発など <b>偏極中性子利用技術の整備と展開</b> > J-PARCとの偏極技術協力、偏極磁気PDF法の開発				省電力磁気メモリ候補材料の構造解明など、磁性材料のさらなる高機能化につながる多数の新知見の創出			省電カメモリ材料やエネルギー変換材料、エネルギーハーベスト材料等の機能材料開発によるJAEA2050+の実現に貢献	
実験施設		中性子・放射光ビーム実験施設連携・コンソーシアム参加							量子ビーム実験施設の一体的利用環境構築	

9/13



### 4. 国内外他機関との連携



JRR-3がハブ機関の一つとして機能。オープンファシリティプラットフォーム (OFP)制度も含め、分野融合による共創の場の構築とイノベーションの創出

10/13



## 5. 研究開発成果の社会的意義



### 学術分野

- ・物質科学研究センターWEB (2021リニューアル)
- ・中性子ミュオンスクール (MLF、中性子、中間子学会との共同開催)
- ・APSTV制作
- ・日本中性子科学会「JRR-3運転再開シンポジウム」企画
- ・日本物理学会「磁性・強相関電子系分野の中性子散乱研究の新展開 ～JRR-3再稼働を見据えて～」講演



### 産業利用分野

- ・最先端科学・分析システム&ソリリユーション展(JASIS2019～)出展
- ・中性子実験技術基礎講習会(レベル1講習会)講演
- ・JRR-3 UOによる企業訪問とアウトリーチ (企業相談：R3年度 23件)



JRR-3 ユーザーズオフィス (UO) (研究炉部、研究連携成果展開部、物質科学研究センター協力体制、R2.4-)

JRR-3中性子ビーム利用の分野や利用者拡大、人材育成・確保

### 情報発信 広報 アウトリーチ

JRR-3中性子ビーム利用による成果の社会実装につなげる。

### 一般向け

- ・JAEAチャンネル「Project JAEA」
- ・広報誌「未来へげんき」
- ・プレスリリース (R2年度 3件)  
「廃棄豚骨が有害金属吸着剤に—廃材を利用した安価で高性能な金属吸着技術を実現—」(R3.2.4)
- ・JRR-3記者勉強会
- ・サイエンスアゴラ
- ・はやぶさ2試料分析



プレス発表

### 地元対応

- ・原科研施設公開 (JRR-3施設公開)
- ・JRR-3に関する住民説明会
- ・笠間焼の小角散乱
- ・干し芋の水分が関与する長期間保存メカニズム (東海村名産品、茨城県農業総合センター)



干し芋の長期保存に関する経験知との融合

多様な価値観の下に、JRR-3中性子ビーム利用の社会的な価値を示す。生活知や経験知と自然科学の融合による「総合知」の活用。

4つの分野について、バランスよく情報発信やアウトリーチ活動を継続する。

11/13



## 5. 研究開発成果の社会的意義



JRR-3装置群の総合力を発揮して、自動車部品から社会基盤設備までモビリティに関するイノベーションを創出し、将来ビジョン「JAEA2050+」に明記されている気候変動問題の解決や持続可能な未来社会の構築に貢献する。



(参考) R4概要要求  
「JRR-3とJ-PARCの協奏による学術・産業イノベーションの創出  
モビリティ・イノベーションによるカーボンニュートラルへの貢献」

- 社会実装に向けた取組
  - ・鉄筋コンクリート産学連携コンソーシアム
  - ・量子ビーム分析アライアンスなど
- 産業界との強い連携を構築。
- 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性
- 研究開発課題／成果の社会的受容性(社会へ及ぼす影響度の想定)
  - ・基礎物性研究による科学的意義
  - ・エネルギー利用に係るイノベーションによるカーボンニュートラルへの貢献
  - ・社会インフラの強靱化による安全安心な社会の実現への貢献
- 国の政策や社会的ニーズに適合し、成果の産業界への波及効果も高い。
- J-PARCと連携して中性子ビーム利用の有用性を示す。

12/13





## まとめ



- 第4期中長期においてJRR-3の本格運用が再開。JRR-3を総合的に活用した研究開発を推進し、気候変動問題の解決や持続可能な未来社会の構築を目指す将来ビジョン「JAEA2050+」に貢献
- JRR-3の特徴を生かせる研究開発にリソースを集中し、研究開発を先導
  - 小角散乱 (核偏極技術) / イメージング (高速度撮影、CT) / 材料応力評価 (高効率計測) / 偏極中性子利用 / 極限試料環境 / 核燃試料
- 特殊計測技術や材料開発力、中性子科学を担う人材を輩出する産官学との連携協力を重視して研究開発を推進。
- オープンファシリティプラットフォーム(OFP)制度も含めて多くの利用者が集うJRR-3を分野融合による共創の場に。
- 中性子利用研究の社会的意義の提示や成果の社会実装を実現するため、情報発信やアウトリーチ活動を継続する。

13/13



令和3年11月22日 中性子及び放射光利用研究開発評価委員会(事前評価第2回)

# 放射光利用研究 —第4期中長期目標期間に向けて—

物質科学研究センター  
放射光エネルギー材料研究ディビジョン

1/11



研究開発課題と評価の観点



## □ 研究開発課題：

「物質科学研究センターにおける放射光利用研究開発」

## □ 評価の観点：

1. 研究開発課題の選定の妥当性
  2. 方向性・目的・目標等の妥当性
- } 第1回事前評価委員会
- ✓ イノベーション創出の可能性と創出に向けた取組計画の妥当性
3. 研究開発の進め方の妥当性
    - ✓ 研究資金・人材（体制）等の研究開発資源の配分計画の妥当性
    - ✓ 人材育成に関する取組の妥当性
  4. 国内外他機関との連携の妥当性
  5. 研究開発成果の社会的意義の検討
    - ✓ 社会実装に向けた取組計画の妥当性(技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む)
    - ✓ 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性
    - ✓ 研究開発課題／成果の社会的受容性(社会へ及ぼす影響度の想定)

2/11

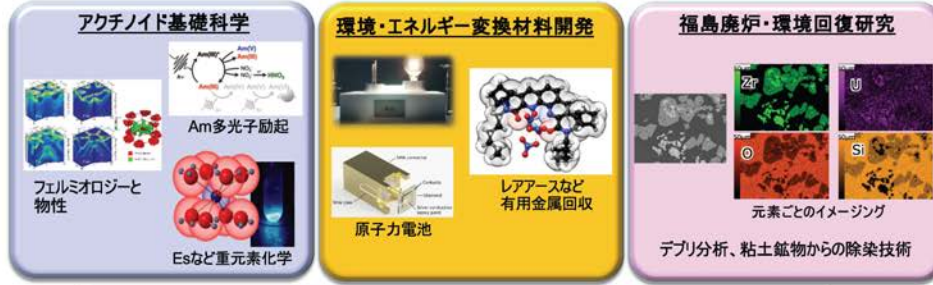


## 放射光Dの次期中長計での研究開発課題



[前回(事前評価第1回)での説明内容]

放射光を利用した先端的分析手法の高度化・応用を通じ、原子力機構で独自に醸成されたアクチノイド基礎科学や、廃棄放射線の利用などエネルギー変換材料の開発、放射性廃棄物処理、福島廃炉・環境回復問題への貢献など、次世代の原子力研究分野を開拓し、SDGsおよびSociety5.0の実践に向けた研究開発を強力に推進する。



「マテリアル先端リサーチインフラ」事業(マテリアルDXの推進, etc.)

SPring-8次世代光源計画・放射光装置高度化 (XRD, XAFS, XPS, HAXPES, XMCD, STXM, etc.)

放射光をプローブとした材料分析・開発および先端のサイエンスの開拓により、SDGsおよびSociety5.0の実践へ

3/11



### 3. 研究開発の進め方 ー 研究開発・機器開発のロードマップ ー



年度	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029-2035	2036-2045
項目	<p><b>SPring-8専用ビームライン</b></p> <p>▲ BL評価                      ・ SPring-8 IIIに最適化された挿入光源の検討                      ・ 集光光学系のアップグレード                      ・ BL22B2新設の検討</p> <p><b>SPring-8 高度化</b></p> <p>次世代放射光施設における原子力研究の展開</p>								
アクチノイド基礎科学	<p>アクチノイド/ランタノイド抽出分離材の開発と分離メカニズム解明 多光子励起によるAm分離法開発 超プルトニウムのXAFS測定 ラジウム、アクチニウムサイエンス</p> <p>ARPEX-XMCDの自動測定化 基礎研究 ARPEX-XMCDの顕微分光化 →核医学、新原子力</p> <p>新奇量子物性やトポロジカル物性を示す新しいアクチノイド物質研究の推進 超ウラン化合物の電子状態測定環境を確立 超ウラン化合物研究の推進</p>								<p>重元素科学の学術的理論体系の構築から新原子力によるパラダイムシフトを実現しJAEA50+を推進</p>
環境・エネルギー変換材料開発	<p>希少金属リサイクル技術開発 発光分光装置のアップグレード 発明した抽出材の社会実装・製品化</p> <p>基礎研究/応用研究 材料開発、産業利用</p> <p>熱とガンマ線の重量利用が可能な放射線利用材料の開発 省エネルギー材料の開発 光電子分光装置のオペランド測定化 材料の動作時環境下測定によるデバイス開発</p>								<p>エネルギー回収材料の開発や放射性廃棄物をエネルギー資源へ活用する応用研究によりJAEA50+を推進</p>
福島廃炉・環境回復研究	<p>模擬デブリの放射光分析(経年変化研究, etc.) 微小試料・極微量元素分析のための放射光集光技術の導入によるXAFS装置アップグレード 応用研究 1F廃炉・福島環境回復への貢献 除染後土壌の再生利用法の研究 汚染土壌の減容法の開発</p>								<p>先端的かつ複合的な放射光分析を展開することで、安全の追求や放射性物質のコントロール、デコミッション改革の点でJAEA2050+を推進</p>
実験施設	<p>中性子・放射光ビーム実験施設連携・コンソーシアム参加</p>								<p>量子ビーム実験施設の一体的利用環境構築</p>

※ 内容の詳細については参考資料に記載

4/11



### 3. 研究開発の進め方 － 国際的位置付けと達成目標 －

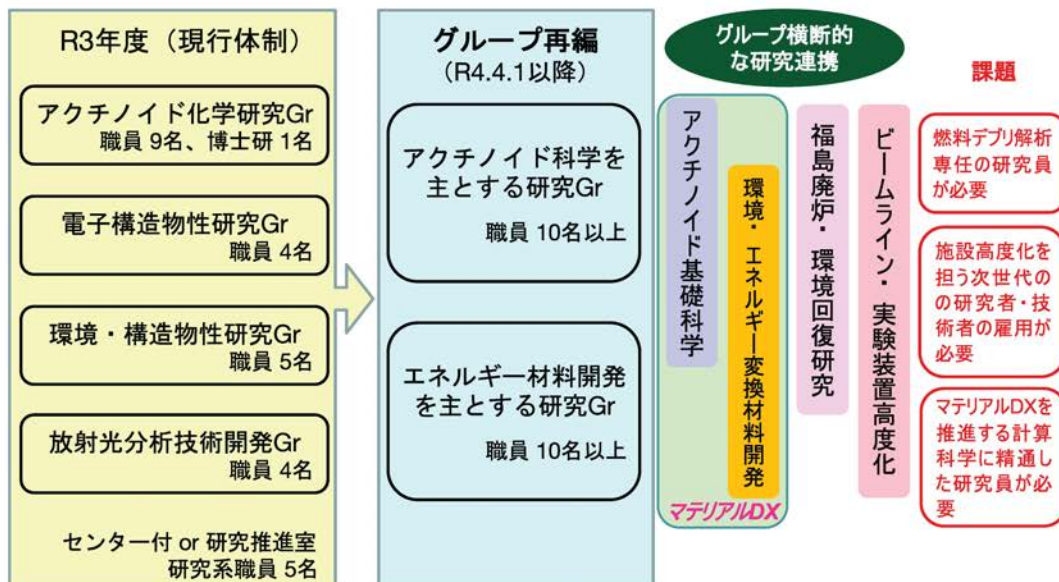


研究開発課題	研究開発項目	世界での開発状況と 当ディビジョンの立ち位置	第4期の達成目標
アクチノイド 基礎科学	<ul style="list-style-type: none"> <li>アクチノイド化合物の電子状態・磁性状態解析</li> <li>アクチノイド/ランタノイド元素分離技術開発</li> <li>超ウラン元素科学</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一箇所にまとまった複合分析装置群を放射性物質および核燃料物質に対して集中的に運用できるという点で国際競争力のある施設となっている。</li> <li>超プルトニウム元素等に対して世界初のデータを発信することで、世界をリードする研究を展開できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>新奇アクチノイド物質の電子状態の理解に基づく<b>物性発現機構</b>の解明</li> <li>より高効率な<b>アクチノイド/ランタノイド分離剤</b>の開発</li> <li><b>Bk, Cf の水和構造やイオン半径</b>についての世界初のデータ創出</li> </ul>
環境・エネルギー変換材料開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱電変換材料開発</li> <li>ガンマ線・ベータ線変換材料開発</li> <li>希少金属リサイクル技術開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内・国外ともアルファ線(熱電変換)、ベータ線利用研究が先行し、ガンマ線利用研究は立ち遅れている。</li> <li>JAEA先端研と共同で耐放射線性熱電変換材料について成果発信するとともに、プリストル大(ダイヤモンド電池)やNIMS(鉛太陽電池)、QST(SiC系電池)との連携を開始している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線廃棄物からの<b>ガンマ線と熱</b>を重畳利用する<b>耐放射線性の高いエネルギー変換素子</b>の開発</li> <li><b>レアメタル抽出材の構造</b>解明と、その<b>金属選択性</b>との相関関係の解明</li> </ul>
福島廃炉・環境回復研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>1F燃料デブリの高度放射光分析による化学性状把握</li> <li>土壌等のセシウム吸着構造解析と除染・減容化技術開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本国内で発生した原子力事故に対して、日本唯一の原子力研究機関として解決への道筋を定めるとともに、得られた原子炉事故の分析や汚染土壌の除染や減容化に関する有用な情報を世界に発信する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>福島第一原発の<b>実燃料デブリ</b>の世界初の放射光分析データの発信</li> <li>実用レベルの<b>セシウム分離法</b>の開発</li> </ul>

5/11



### 3. 研究開発の進め方 － 各研究開発課題への人員配置 －



6/11



### 3. 研究開発の進め方 - 資金計画/人材育成 -



#### 【資金計画】

- ✓ マテリアル先端リサーチインフラ事業
- ✓ 科研費等外部資金の積極的応募
- ✓ 大型受託研究の獲得

放射光ディビジョンの予算状況 (R3年度)

	交付金 (千円)	外部資金(千円)		総額 (千円)
		科研費	受託研究費等	
放射光D研究費	1,806※	17,020	75,320	94,146

※ ビームライン維持費、ビームライン請負業務費、人件費等をセンター運営費として執行した後の、グループの研究費として配分できる金額。人頭費として年10万円/人に満たない。

課題: SPring-8 II 高度化計画の資金調達

#### 【人材育成】

- ✓ 大学との連携講座(神戸大学、兵庫県立大学)
- ✓ SPring-8夏の学校・秋の学校等
- ✓ JAEA夏期実習生受け入れ
- ✓ マテリアル先端リサーチインフラ事業での利用者講習会等

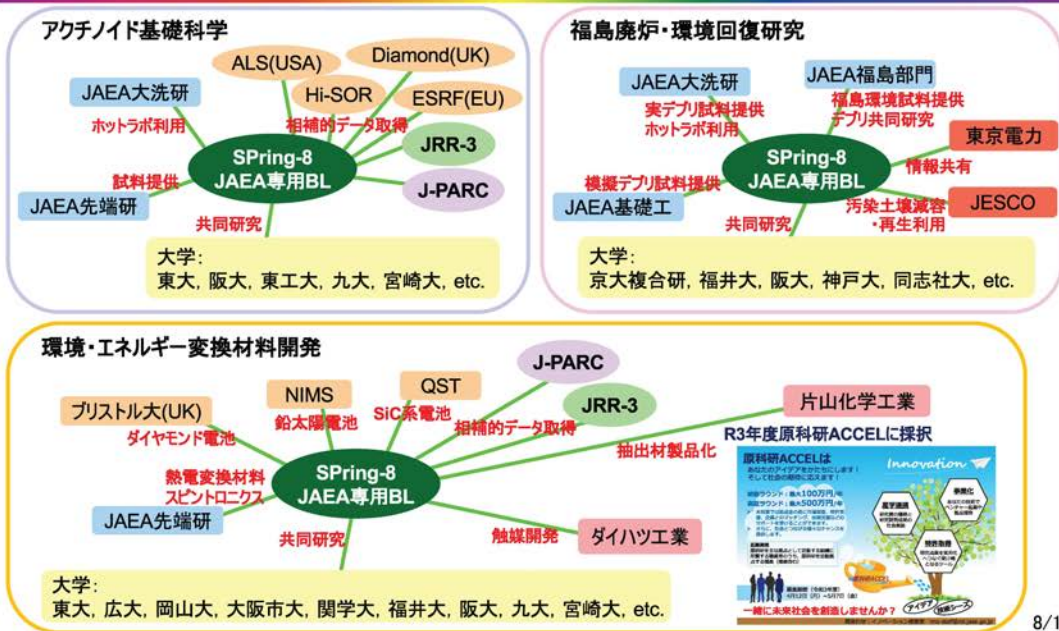


目標: 産官学の参加による地域的コンソーシアムの形成等により若い人材の流動・循環を促進し、SPring-8に常駐する学生の増加を図る。

7/11



### 4. 国内外他機関との連携



8/11

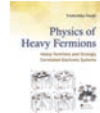


## 5. 研究開発成果の社会的意義 — 各研究開発課題からのアウトカム —

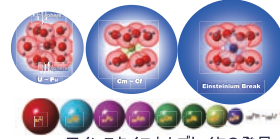


### アクチノイド基礎科学

- ・教科書を書き換えるような基礎的知見の創出
- ・放射性廃棄物の処理プロセスを確立するための元素分離剤開発とその社会実装
- ・超重元素を含めたアクチノイド化学の新理論体系構築



BL23SUのデータが固体物理の教科書の表紙に採用



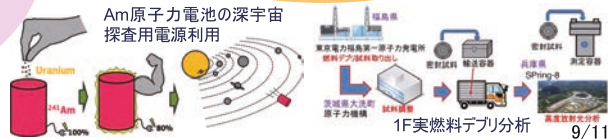
アインスタイニウムブレイクの発見

### 環境・エネルギー変換材料開発

- ・処理処分が問題となっている放射性廃棄物をエネルギー源として活用する可能性を提案
- ・半永久原子力電池の宇宙探査など極限環境下での利用
- ・新規デバイスの創成により省エネルギーに寄与
- ・材料劣化メカニズムの解明や経時変化予想の実現による高効率なプロセスの実現
- ・レアメタル等の精錬・リサイクル技術

### 福島廃炉・環境回復研究

- ・燃料デブリの効率的かつ安全な取り出し方法・処分方法の開発への貢献
- ・1F事故進展シナリオ分析に有用な情報を提供
- ・低コストで環境負荷の少ない汚染土壌減容技術の実現
- ・除染後の土壌の再生利用・有効活用



## 5. 研究開発成果の社会的意義 — 技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供としての — 「マテリアル先端リサーチインフラ」事業 [R3-R12年度]





まとめ



□ 研究開発課題の3つの柱に則って「JAEA 2050+」を推進

- アクチノイド基礎科学
  - ➔ 教科書的知見、放射性廃棄物処理プロセス、超重元素科学
- 環境・エネルギー変換材料開発
  - ➔ 放射性廃棄物のエネルギー利用、原子力電池、省エネルギー技術、レアメタルリサイクル
- 福島廃炉・環境回復研究
  - ➔ 燃料デブリの取り出し方法・処分方法、1F事故進展シナリオ解析、汚染土壌減容化技術



□ 技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供としての「マテリアル先端リサーチインフラ」事業を展開し、データ利活用サービスの充実によるデータ駆動型マテリアル開発を推進する。



## J-PARC概況及び物質・生命科学ディビジョンに おける中性子利用研究・技術開発 第4期中期計画に向けて

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門  
J-PARCセンター

物質・生命科学ディビジョン

1



## 目次



1. 研究開発・評価委員会の所掌範囲について
2. 第4期中長期計画で目指すもの
3. 人材育成と登用の計画
4. 国際協力・国内連携
5. 研究開発成果の社会的意義
6. まとめと展望

2

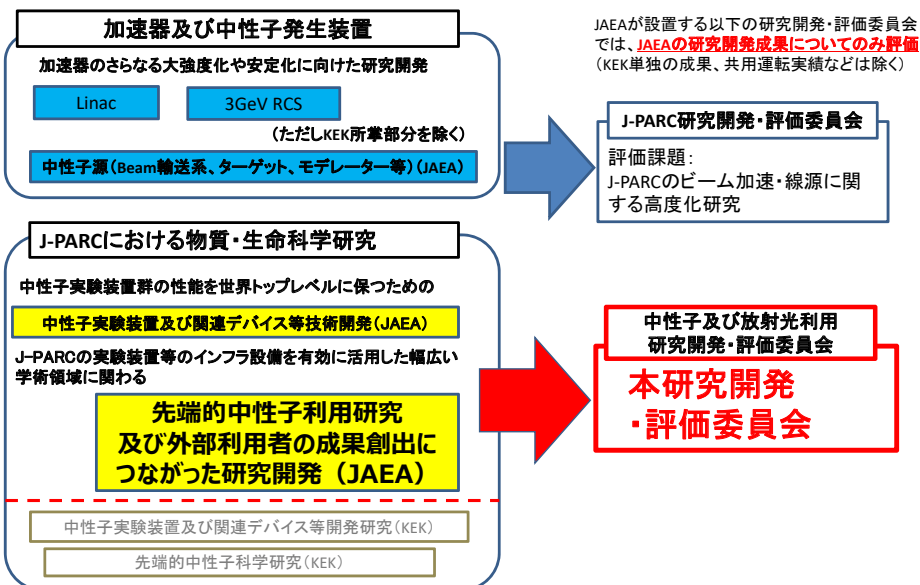




# 1. 研究開発・評価委員会の所掌範囲について

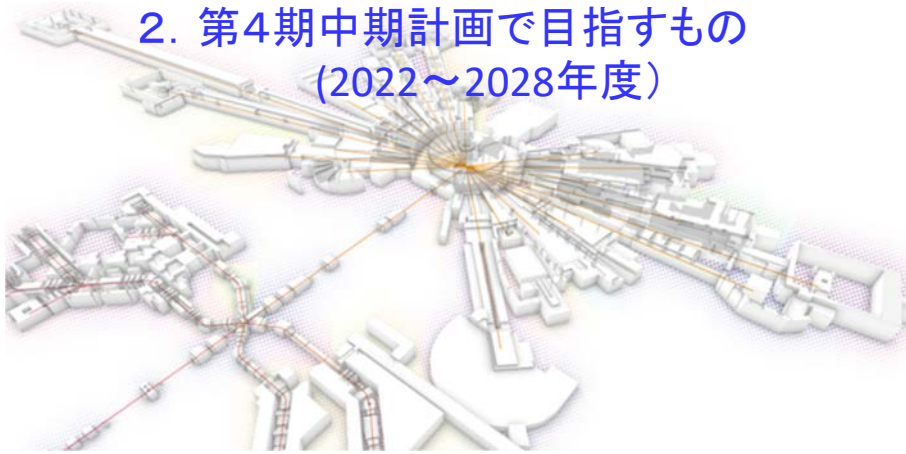


## J-PARCセンターに関わる評価委員会のJAEAにおける研究開発の仕分け





## 2. 第4期中期計画で目指すもの (2022~2028年度)



5



## 第3期中長期計画期間における研究開発

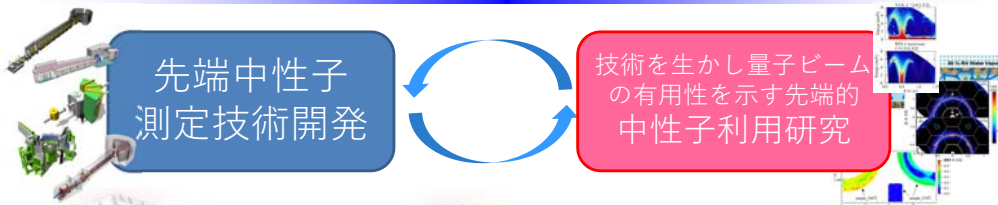


	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
研究成果	タイヤ用新材料開発技術「ADVANCED 4D NANO DESIGN」を確立 住友ゴム工業 (BL02,14)	高圧水に新たな秩序状態を発見 Scientific Rep. (BL11)	次世代型太陽電池材料の特性を解明 Nature Commun. (BL02, 14)	地球深部における含水鉱物の物性変化 Scientific Rep. (BL11)	固体冷媒を用いた新冷却技術 Nature (BL14)	ハイレントロピー合金メカニズム Science Adv. (BL19)		幅広い 学術研究
装置整備	中性子源不具合	200kW	150kW 300kW	400kW	500kW	600kW		
デバイス開発	検出器 スーパーミラー <sup>3</sup> He偏極子	▼ BL17 MWPC 高ガス圧動作 実証 ▼ BL19 2次元検出器 (背面バンク) 設置 ▼ 1次元集光 (gain 6) ▼ 整備・高度化・試験研究	▼ BL10 NOBORU 白色ホログラフィ	▼ BL17 写実 二次元MWPC検出器 実装 ▼ 高分解能シンチ検出器 試作 ▼ 偏極ミラー 実証 (95%, 1≤m≤5) ▼ <sup>3</sup> Heガス充填 設備整備	▼ BL01 四季 検出器フル整備 ▼ BL01 四季 高耐久性TO チョッパー設置 ▼ 新カソード電極: 実証	▼ BL15大観 検出器80%整備 ▼ BL02 DNA Si111アナライザ フル整備 ▼ BL18 新検出器 開発 (斜下散乱バンク) ▼ BL17 斜入射小角散乱 (1次元集光型) 試作 ▼ 高性能化 ( <sup>3</sup> He偏極度85%達成)		先進的中性子利用手法の開発 データ駆動型科学、遠隔化・自動化の推進 実験装置・デバイスの高度化 先端的中性子利用研究  科学技術 イノベーション 創出

6



## 研究開発の基本方針 － 中性子利用研究－



- (1) KEKと共同で運営するJ-PARC物質・生命科学実験施設の中性子実験装置群を世界トップレベルに保つ**先進技術開発**、**データ駆動型科学を活用**しつつJ-PARCのインフラ設備を有効に活用した**幅広い学術領域に関わる先端的中性子利用研究を実施**。
- (2) 施設横断的な研究課題を促進しつつ、**国の公募事業への参画**も含めて社会的要請にも十分配慮し、**科学的意義の高い研究成果および科学技術イノベーション創出**を目指す。
- (3) 機構内の研究センター・研究拠点間の協働を促進するとともに、国内外の大学、研究機関、産業界等との連携を積極的に図る。さらに、**国際連携を積極的に活用する**。

7

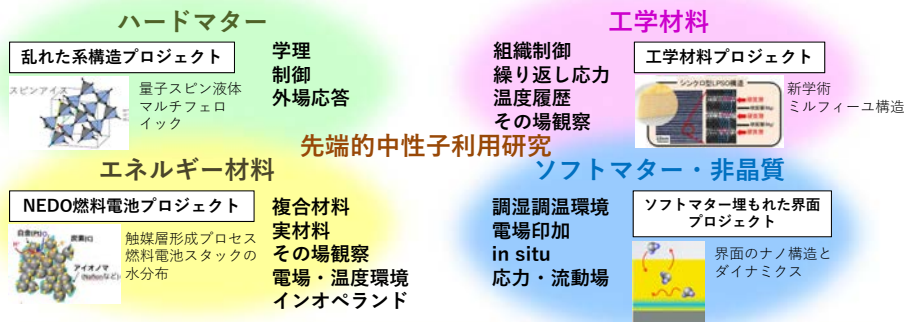


## 先端中性子測定技術開発



－第4期中期計画でチャレンジしていく研究開発課題－

カーボンニュートラル ✓ 新たなエネルギー物質開発・スピントロニクスなど新磁性デバイス ✓ 水素社会へ向けた研究開発（水素貯蔵、燃料電池、プロトン伝導） ✓ グリーンイノベーションへの貢献	JAEA2050+ 原子力科学技術を通じた 科学の発展・新知見の創出
---	--



先端的中性子利用手法の開発 偏極中性子手法開発 3次元実空間解析 オペランド計測

データ駆動型科学、遠隔化・自動化の推進 MLF電腦班活動

- 機械学習材料分析、
- データ取得効率化、超解像化
- 実験データの統計的補強

実験装置・デバイスの高度化+維持・老朽化対策 実験装置・デバイスの高度化

8



## データ駆動型科学 — 計算科学で取り組む課題と開発Gr醸成 —



<p><b>現在まで：</b> MLF装置群による広範なデータ取得能 + 統一データフォーマット</p>	<p><b>今後：</b> 先進計算環境のソフト面・ハード面の拡充に基づく機械学習材料 診断・データの効率的取得・解析対象物の超解像化・統計補強</p>
<p style="border: 1px solid red; display: inline-block; padding: 2px;">期待される成果：分析結果確度向上・解析効率化・異分野融合</p>	
<p style="text-align: center;"><b>機械学習材料分析</b></p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: small;"> <p>小角散乱での 粒子形態の 機械学習推定</p> <p>粒子形態 スピン相互作用 原子間相互作用 } 推定</p> </div> </div>	<p style="text-align: center;"><b>データ取得効率化</b></p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: small; margin-right: 10px;"> <p>効率的特性マッピング 歪 温度</p> </div> <div style="font-size: small;"> <p>レーン断面の歪マップ の効率的取得</p> </div> </div>
<p style="text-align: center;"><b>超解像</b></p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: small;"> <p>反射率模擬データ のポアソンノイズ 除去</p> <p>計測高速化・材料の 動的挙動観察</p> </div> </div>	<p style="text-align: center;"><b>実験データの統計的補強</b></p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: small; margin-right: 10px;"> <p>中性子散乱確率密度 の精密推定</p> </div> <div style="font-size: small;"> <p>QENSプロファイルに おけるアダプティブ カーネル密度推定</p> </div> </div>

先行研究  
原子炉中性子小角散乱のベイズ最適サンプリング  
約20分の1の計測時間で同等のノイズレベルの  
強度分布を推定  
→歪マップにおいて同等の効率化が期待

9



## データ駆動型科学 — 計算科学で取り組む課題と開発Gr醸成 —



### 主要人員・組織構成

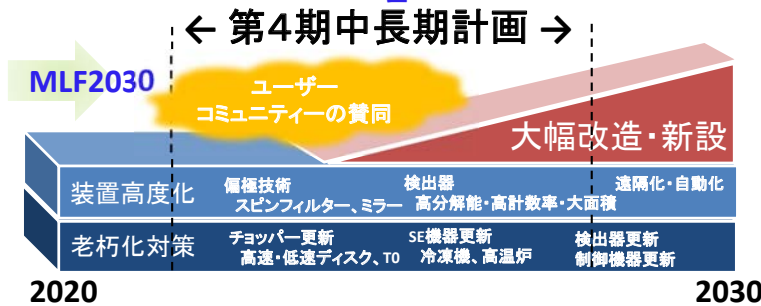
- ・ **MLF 電腦班 (巽一蔵)**  
電子顕微鏡分光理論計算  
新学術疎性モデリング公募班('14-15, 16-17)
- ・ **国内専門家**  
島崎秀昭准教授 (北大)  
田中宏志教授 (島根大)
- ・ **コーディネーター**  
小野寛太教授 (阪大)
- ・ **MLF 装置Gr・計算センター**

10



## 先端中性子測定技術開発

— 実験装置・デバイスの高度化+維持・老朽化対策



**装置高度化** 各BLに偏極中性子手法の実装／検出器：設計性能の到達に加え質の向上／装置制御・試料環境機器の自動化・遠隔化

**老朽化対策** 建設時のパーツの製造中止やメーカーの撤退などがあり、単純な更新では済まない場合が多く、**開発要素のある難しい作業**。

**大幅改造** MLFが稼働して10年を超え、**10年後も世界の最先端であり続けるために大幅改造は必須**。ユーザー**コミュニティのコンセンサス**を得る必要。

**MLF2030**

- 世界が大強度パルス中性子時代へ突入している状況で、**MLFの中性子戦略**を明確化。
- 実験装置・デバイスの過去を振り返り、現状を認識し、将来を方向付ける。
- **将来ビジョン**を2021年度内にまとめる。
- **次世代への技術伝承・人材育成**も兼ねた将来計画検討プロジェクト。

11



## 第4期中長期計画期間における研究開発

— 中性子検出器の開発 —



1MWの大強度パルス中性子を最大限に活用し、MLFの中性子散乱実験装置群を世界トップレベルに保つための<sup>3</sup>Heガス型およびシンチレータ型中性子検出器の技術開発を進める。

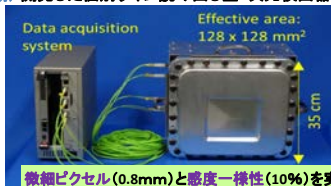
### <sup>3</sup>Heガス型2次元検出器

MLF独自の高圧<sup>3</sup>Heガス封入/個別ライン信号読み出し技術を進歩させ、全性能に優れた**マルチワイヤ2次元検出器**を開発する。

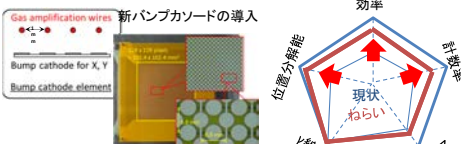
### シンチレータ型2次元検出器

MLFが世界に先駆けて実用化したシンチ/波長シフトファイバ技術为基础として、装置要求を満足するテーパーメードな**2次元シンチレータ検出器**を実現する。

(第3期) 開発した個別ライン読み出し型2次元検出器システム



微細ピクセル(0.8mm)と感度一様性(10%)を実現



(第4期)

さらなる**高感度・高位置分解能・高計数率化**を進め、中性子反射率計(BL17)の測定性能を向上する

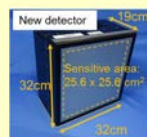
(第3期) 開発した中分解能の2次元シンチレータ検出器 Detectors



中分解能(2.5mm)、高効率である検出器を開発

新設置のレイアウト案

(第3期) 開発した薄型、高効率の2次元検出器 (BL18)



新型の真空散乱槽下へ4台を**設置**

従来比6割の薄型・高効率検出器により装置狭窄部への実装が可能とした

(第4期)

さらなる**高位置分解能・大面積化**を進め、単結晶回折装置(BL18)の測定性能を向上する

12



## 第4期中長期計画期間における研究開発 — 中性子スーパーミラーの開発 —



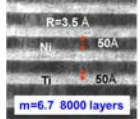
### 集光スーパーミラー

これまでに蓄積した精密基板加工、製膜技術を基礎として、装置に最適化した**楕円型集光スーパーミラー**を開発する。

#### ・中性子スーパーミラー

Ni/Ti等の多層膜を層厚を変えながら形成することで、連続して異なる波長の中性子の反射を可能とする光学デバイス

Ni/Tiスーパーミラー  
(TEM像)



イオンビームスパッタ (IBS) 製膜装置

#### (第3期) 開発した楕円集光型スーパーミラー(Ni/TiC)



★集光ビーム: 2.0 mm(V) x 1.15 mm(H)  
★焦点間距離: 7430 + 3620 mm  
★試料-検出器: 2500 mm

中性子強度ゲイン~6を実現

#### (第4期)

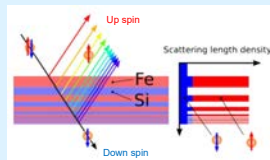
ゲイン増大のため**大面積化・積層化**を進め、中性子反射率計(BL17)での高SNな斜入射小角散乱の実現を目指す

### 偏極スーパーミラー

MLFの先導的な中性子偏極実験に必要な世界トップクラスの高臨界角、高偏極率、低磁場駆動である**偏極スーパーミラー**の実現を目指す。

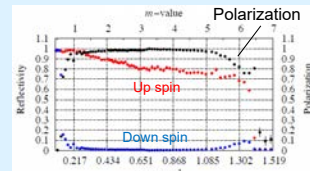
#### ・偏極スーパーミラー

中性子スーパーミラーを磁性/非磁性層の多層膜で形成し、磁気ブラッグ反射を利用してスピン偏極を実現する光学デバイス



#### (第3期) Fe/Ge多層膜による偏極スーパーミラー

薄膜における磁性層間磁気結合を利用することで薄膜においても磁気オーダーを保持できることを発見



世界最高の臨界角 (Ni全反射角の6倍)を実現

#### (第4期)

磁性/非磁性多層膜の物理的理解を進め、**高臨界角・高偏極率・低磁場駆動化**、大面積化を進める。

13



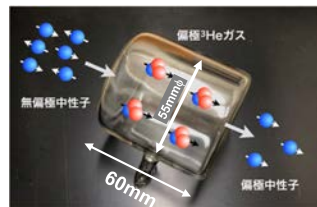
## 第4期中長期計画期間における研究開発 — <sup>3</sup>Heスピンフィルター —



1MWの大強度パルス中性子を最大限に活用し、MLFの中性子散乱実験装置群を世界トップレベルに保つための<sup>3</sup>He型中性子偏極装置(<sup>3</sup>Heスピンフィルター)の開発と利用研究を展開する。

#### 開発:

- ・より広いエネルギー範囲の中性子の高効率偏極を目指す。
  - ・冷中性子から熱外中性子まで偏極
- ・大立体角をカバーする技術開発(<sup>3</sup>Heガスセルの大型化、湾曲セルの開発)
  - ・直径: >~100mmf、長さ>~100mm



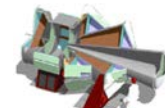
J-PARCで作製した<sup>3</sup>Heスピンフィルター。特殊なガラスセルに<sup>3</sup>Heガスとアルカリ金属を封入した中性子偏極デバイス。

#### 利用研究の展開:

- ・偏極<sup>3</sup>He供給力の増強。
  - ・現在の2-4倍までの増強を段階的に進める。
- ・多くの中性子ビームラインで<sup>3</sup>Heスピンフィルターを用いたユーザー実験を実現を目指す。



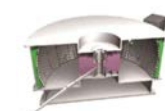
中性子小角・広角散乱装置 (BL15 大観)



高強度全散乱装置 (BL21 NOVA)



特殊環境微小単結晶中性子構造解析装置 (BL18 千手)



ダイナミクス解析装置 (BL02 DNA)

他

対象ビームラインの例

14



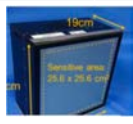
## 先端中性子測定技術開発 — 中性子デバイス性能の継続的な向上を目指して —



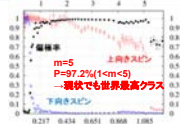
分類	デバイス	R4 2022	R5 2023	R6 2024	R7 2025	R8 2026	R9 2027	R10 2028
中性子検出	ガス検出器	高感度化			高位置分解能化			
	シンチ検出器	大面積化				高位置分解能化		
中性子偏極	偏極ミラー	高臨界角			低磁場駆動化			
	<sup>3</sup> He偏極子	汎用化			大立体角化			
中性子光学	集光ミラー	大面積化			高臨界角化			
		積層化						



ガス検出器



シンチ検出器



偏極ミラー



<sup>3</sup>He偏極子



集光ミラー

15



## 先端中性子測定を支えるインフラ整備 試料環境 / 电脑班活動 / サイドラボ



	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
省力型SE機器整備		Dry2Kクライオ 製作・運用		Dry400フランジマグネット 製作・運用			Dry800フランジマグネット 製作・運用			
SE機器の遠隔化	既存機器への対応			新設機器の遠隔化						
遠隔環境開発・整備	遠隔実験実装		遠隔解析 ストレージ・データベース 戦略検討・運用体制構築		クラウド運用 クラウドへ移行・高度化		クラウド高度化			
データ活用	測定へのフィードバック応用					外部機関からの利活用				
実験データの統計的補強	開発	提供準備 高次元化			提供					
データ取得効率化、超解像化	ベイズ推定による計測効率化		開発		ポアソン過程に基づく信号推定・計測効率化		提供準備			
機械学習材料分析	材料情報推定		対象系 協議		計算スペクトル拡充 ・推定・補修		提供準備			
	分析機器整備		一般利用システム構築							
重水素化ラボ	スタッフ及び外部ユーザー共研利用				プロポーザル公募等一般利用へ展開					
分析ラボ	機器導入		利用申込システム構築			ユーザー利用へと展開				

XRD (粉末・4軸・微小)・レオメーター・表面分析・試料合成など

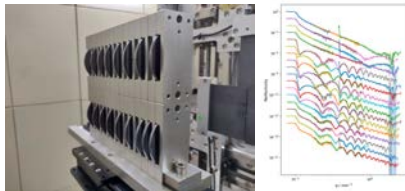
16



## 高度化（遠隔・自動化）と老朽化対策

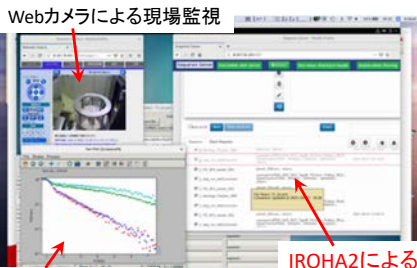


BL17 SHARAKU



自動試料交換機の高度化  
水平・垂直稼働により36枚搭載可能

VPN接続によるリモートデスクトップ画面



Webカメラによる現場監視  
空蟬でデータ解析 IROHA2による Sequence測定

BL02 DNA

●インストール済み Si(111) -30<2θ<150  
○インストール済み Si(311) -150<2θ<47 (-150<2θ<54 in 2021)  
Si311の導入は2021年夏でほぼ完了

Si311による研究展開

ガーン型Li伝導体 $\text{Li}_{0.5}\text{La}_{0.5}\text{Zr}_{1.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_{12}$

QENS width  
● 110  
▲ 001  
▲ 111

direction  
[hkl] plane  
single crystal

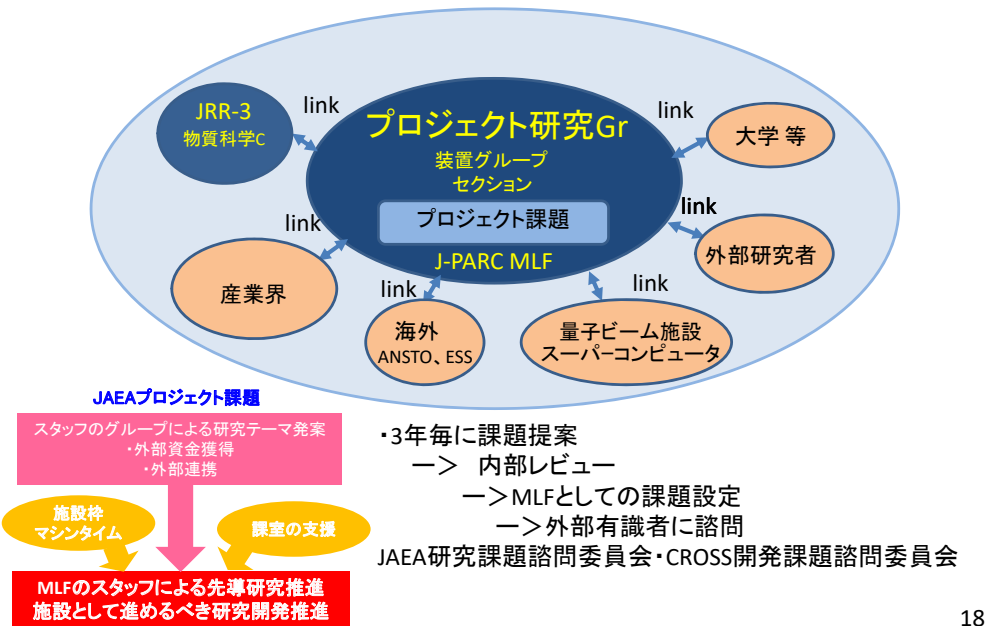
QENSスペクトル幅のシミュレーション結果

球面精度30μm 円状のズレ  
強度ムラ 分解能ムラ  
Si111老朽化対策  
Gd溶射ミラーから  
Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>溶射ミラー  
へ順次置き換え



RABBIT生体試料用  
20試料自動試料交換機  
(2021年夏整備中)  
(物質科学研究センターとの協力)



## JAEAの先導研究を支える枠組み






**JAEAプロジェクト研究第5期 (2021-2023)**
  
 J-PARC MLF 設置者チームタイム枠を活用した研究

代表者 (Gr内訳)	研究課題	BL	BT (R3)
鬼柳 亮嗣 (内部J-6名、C-3名、外部4名)	Development of methodology for studying disordered material utilizing polarized neutrons (乱れた系構造プロジェクト)	BL18 BL19	3 1
ハルヨ ステファヌス (J-5名、外部3名)	Elucidation of the mechanism of kink formation and strengthening by structural analysis of millefeuille structural materials (工学材料プロジェクト)	BL19	9
大友季哉 (内部K-2名、J-3名、C-4名、外部9名)	Analysis of catalyst layer formation process for automotive fuel cells (NEDO燃料電池プロジェクト)	BL15	4
青木 裕之 (内部J-2名、C-3名、外部4名)	Nano-structure and Dynamics at Buried Interfaces of Soft Matters Revealed by Neutron Experiments (ソフトマター埋もれた界面プロジェクト)	BL02 BL17	4 6
奥 隆之 (内部J-26名、K-1名、C-1名、外部7名)	Development and Application of Neutron Optical devices and Detection System (光学デバイス検出器開発プロジェクト)	BL10 BL15 BL17	36 9.5 5

19



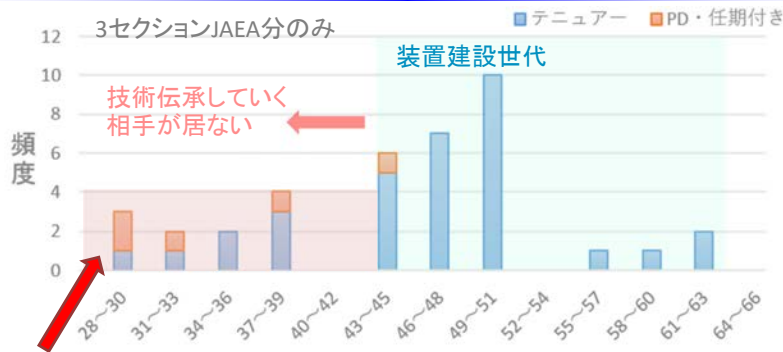
### 3. 人材育成と登用の計画



20



## スタッフの年齢構成



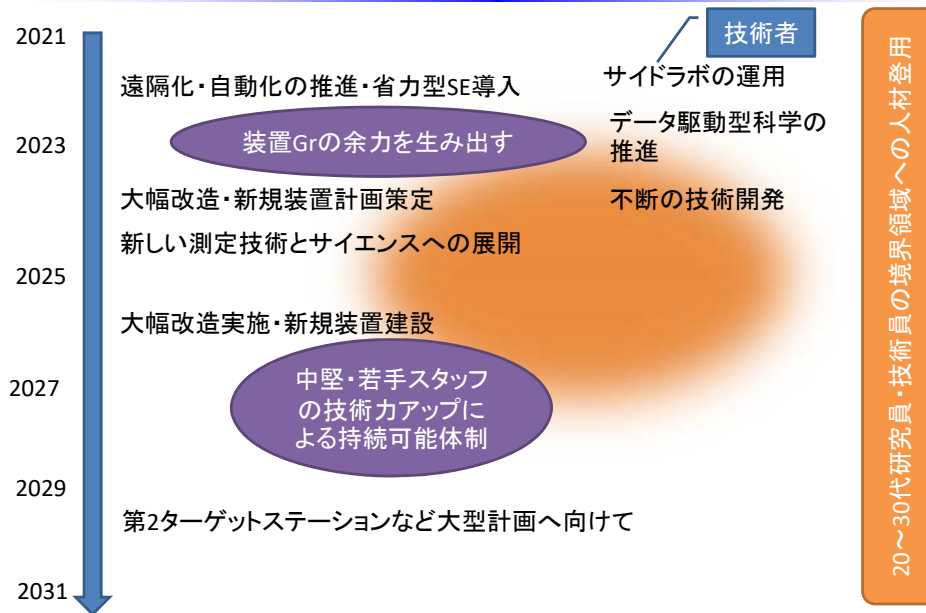
この層の人材登用およびテニユアー化を図っていくことが、SustainableなMLFを形作る上で必要不可欠。

### 積極的な若手登用

- 青木 裕之: 京都大学准教授 → 2016.4.1 JAEA副主任研究員 (BL17担当)
- 廣井 孝介: JAEA特定課題推進員 → 2018.4.1 JAEA研究員 (BL15担当)
- 村井 直樹: JAEA博士研究員 → 2019.4.1 JAEA研究員 (計算環境 & BL14担当)
- 古府 麻衣子: JAEA任期付研究員 → 2019.8.1 JAEA副主任研究員 (BL14担当)
- ゴン ウー: 京都大学研究員 → 2021.4.1 JAEA副主任研究員 (BL19担当)
- 巽 一徹: 名古屋大学准教授 → 2019.4.1 JAEA主任研究員 (計算環境担当)
- 蘇 玉華: JAEA特定課題推進員 → 2018.4.1 JAEA研究員 (試料環境担当)
- 長谷美 宏幸: アドバンスソフト(株) → 2021.4.1 JAEA研究員 (計算環境担当)
- 小峰 良太: 九大大学院修士 → 2019.4.1 JAEA技術職員 (実験施設担当)

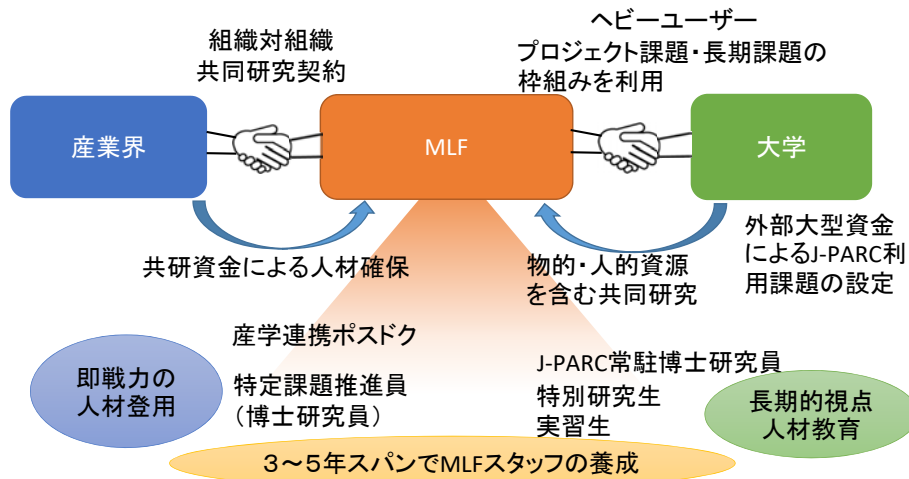


## 第4期中長期計画における人員計画





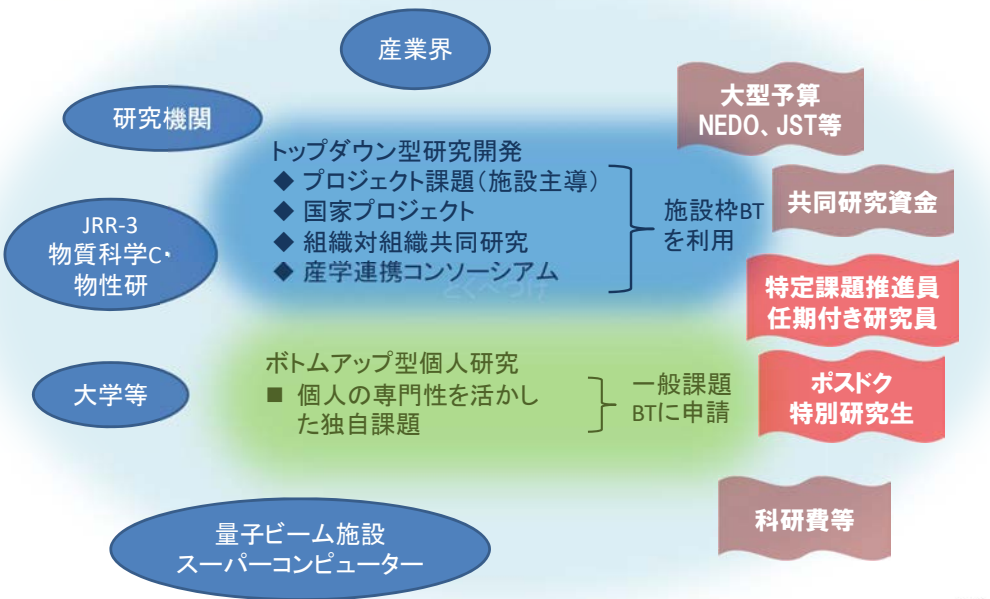
## 人材育成と登用



R3学生受入実績 JAEA特別研究生 8名 学生実習生2名 夏季実習生4名  
 KEK総研大大学院生 6名 CROSS中性子科学研究センター研究生4名  
 R3PD受入実績 JAEA任期付き研究員 1名 JAEA博士研究員 2名 特定課題推進員 2名  
 R3産業界からの外来研究員 4名

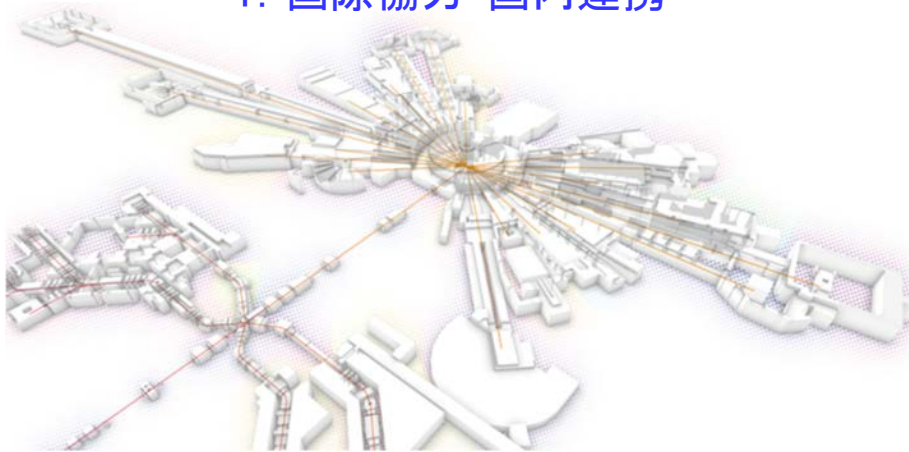


## 研究開発の進め方





## 4. 国際協力・国内連携



25



## 国内連携の計画



### 産業界を含む連携

国家プロジェクト、組織対組織共同研究、コンソーシアムなどあらゆるチャネルを利用した産業界との連携の強化・深化を通じたイノベーション創出

### 大学・学术界との連携

長期課題・プロジェクト課題の見直しにより外部との連携を強化  
 学术界との連携: 新たなサイエンスを切り開く中性子科学のアイデア、装置改良、新装置提案  
 ヘビーユーザーを装置運営に取り込めるシステムづくりにより  
 大学・学术界と中性子装置Grとの連携強化

人材育成での大学との連携: 特別研究生

26



## 国際協力の状況 例



### ANSTO/J-PARC Workshop Series (Oct. – Nov. 2021, zoom)

Organized by N. de Souza, M. Matsuura, H. Aoki

- Dynamics Characterization N. de Souza / Y. Yokoo
- Structure Characterization
  - Atomic scale (diffraction) A. Studer / R. Kiyanagi
  - Large scale 1 (SANS) E. Gilbert / K. Oishi
  - Large scale 2 (NR) A. Le Brun / N. Miyata
  - Engineering U. Garbe / S. Harjo
- Neutron Ancillary Techniques
  - Sample environments R. White / S. Karamura
  - Deuteration T. Darwish / H. Aoki
  - Computation A. Sokolova / Y. Inamura
  - Polarization A. Manning / R. Maruyama
  - Industry engagement A. Paradowska / H. Iwase

■ANSTOとの中性子科学分野の相互協力に関するワークショップの開催 (7月30日)

オーストラリア原子力科学技術機構 (ANSTO)、高エネルギー加速器研究機構 (JAEA) は、中性子科学分野の相互協力に関する取決めを新たに追加した4年間の新しい協力取決めを締結しました。新しい取決めの締結を記念し、オンラインによるANSTOとのワークショップを開催しました。ワークショップの成果を振り返ると、測定装置及び中性子関連技術の交換も活発に行っている。



### ICND2021

・世界の主要な中性子施設の検出器開発研究者が集まり、各施設における検出器開発について議論する国際コラボレーション会合。J-PARCは毎年参加。

ICND: International Collaboration on Neutron Detector  
ESS, FRM II, FZ Julich, PSI, ILL, STFC, J-PARC, NIST, SNS



## 国際協力の計画



- 世界規模の海外中性子施設と対等な研究協力の実施
- 研究取決めに基づく積極的な技術開発情報交換・人員交流
- これまでの協力関係を基盤としてさらに深化

たとえば、ANSTO-J-PARC(JAEA、KEK、CROSS)間の国際協力では

方針

同種装置間での測定方法・試料環境技術・データ解析に関して、課題を共有し解決方法を共に見出していく技術協力へ

メリット

A-J Workshop Series: 施設の多くのメンバーが参加してWeb会議施設、ユニットGr、少人数仲間の多層的な協力関係を構築する。  
ANSTOの定常源とJ-PARCのパルス源の相補性に加えて、重水素化ラボ、試料環境、組織的な機能などANSTOには学ぶべき部分がある。

ESS-J-PARC(JAEA、KEK)間の国際協力に関しては、R4年度確実に取決めを更新する。

方針

2024年にファーストビームを計画しているESSの装置建設・コミッショニングに参加する。相互交流(\*)を含む技術協力

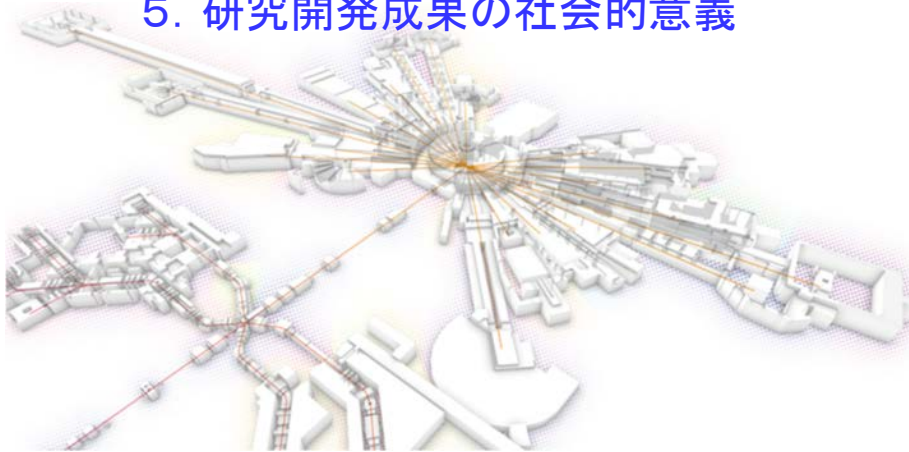
メリット

ESS側: 装置コミッショニングのやり方を学び取る。  
J-PARC側: ESSの中性子装置建設・胎動は生きた教材 若手世代に装置建設やコミッショニングを学ばせたい。

\* SAKURA project (スウェーデン政府の日瑞間人材交流プログラム)を活用



## 5. 研究開発成果の社会的意義



29



## 研究開発成果の社会的意義



### カーボンニュートラル

- ✓ 新たなエネルギー物質開発・スピントロニクスなど新磁性デバイス
- ✓ 水素社会へ向けた研究開発（水素貯蔵、燃料電池、プロトン伝導）
- ✓ グリーンイノベーションへの貢献

JAEA2050+  
原子力科学技術を通じた  
科学の発展・新知見の創出

- ◆ **物質科学・材料科学・生命科学を通じてイノベーションに貢献**  
新しい研究手法を開発する先導研究の中で、その実証に社会的インパクトの大きな研究テーマを選定して実施 ex. 新エネルギー材料 先進工学材料
- ◆ **新知見の創出(自然科学的アプローチ)を通じてイノベーションに貢献**  
新しい量子状態の観測、制御 スピントロニクス
- ◆ **中性子分析の手法を通じてイノベーションに貢献**  
分析センターとしての中核を担う  
ex 高分子コンソーシアム、分析アライアンス、燃料電池NEDO
- ◆ **産業界とのコラボを通じてイノベーションに貢献**  
産業界の未解決問題に直接アプローチ  
ex 組織対組織共同研究 豊田中研 住友ゴム
- ◆ **国家プロジェクトを通じてイノベーションに貢献**  
課題解決型アプローチ ex 燃料電池NEDO

30



## 6. まとめと展望



31



## まとめと展望



- **MLFにおける先導研究**  
装置を最大限活かし新たな測定手法・解析手法・測定限界などに挑む研究（中性子科学の適用拡大と深化）  
データ駆動型科学の積極的活用
- **中性子実験装置の高度化・維持・老朽化対策**  
設計性能への到達、新たな測定手法に応える高度化、世界トップクラス性能の維持・老朽化対策
- **デバイス技術開発**  
先導研究、実験装置高度化を支える不断の技術開発  
中性子検出、中性子偏極、中性子光学、特殊環境
- **MLFの先導研究を支える整備・運用**  
省力型試料環境機器の導入、自動化・遠隔化  
サイドラボ（重水素化ラボ、分析ラボ）の運用開始
- **MLF2030 将来ビジョン**  
10年後も世界をリードする施設であり続けるために  
中性子実験装置の大幅改造へのコンセンサスづくり

32

This is a blank page.





