



JAEA-Evaluation

2022-012

DOI:10.11484/jaea-evaluation-2022-012

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」
(事後評価)

Assessment Report on Research and Development Activities in FY2021
Activity: "Research and Development in Science and Technology
Using Neutron and Synchrotron Radiation"
(Ex-post 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」
(事後評価)

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3期中長期計画に対する事後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平成27年4月から令和3年10月までの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後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-post 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-post 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 2015 to October 2021. 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. 事後評価スケジュール	7
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	23
付録 事後評価資料（物質科学研究センター・J-PARCセンター作成）	29

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-post Evaluation Meeting	7
6. Results of Assessment (Committee Report)	9
7. JAEA's Response to the Recommendations by the Evaluation Committee	23
Appendix Handouts in the Evaluation Committee	29

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3期中長期計画期間の事後評価において、総合的には、適正、効果的かつ効率的な研究開発運営の下で、「研究開発成果の最大化」に向けて特に顕著な成果の創出がなされたと評価した。事後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

- JRR-3 の付加価値向上の施策や中性子利用の応用範囲の拡大など、高度化、技術開発を、停止期間中に着実に実施してきたことが、JRR-3 の運転再開後の速やかな成果創出に結びつくこと期待される。
- 限られたマンパワーのなかJRR-3の維持管理や再開準備などの対応に、関連他機関への支援などを積極的に実施していることがうかがえる。
- 原子力産業だけでなく、自動車や鉄鋼・金属などの幅広い産業界との連携が進んでいる点も評価でき、産業界に対して開発した中性子を使った分析手法を提供する姿勢に社会実装に対する取り組みの積極性がうかがえる。
- 廃棄豚骨を有害金属吸収剤に使う研究成果は、放射性廃棄物の浄化だけでなく廃棄物の有効活用という点で高く評価される。今後もこのような身近な事例の成果を発信できると良い。

(2) 物質科学研究センターにおける放射光利用研究開発

- 原子力機構のミッションのもと、放射光の特色を活かして、適正な研究目標を設定することにより、社会的に意義のある数々の優れた研究成果が創出されている。
- 顕著な社会実装に繋がる、あるいは基礎科学の進展に貢献する研究開発成果だけでなく、社会的要請の高い、福島環境回復や廃炉に関する研究開発も強力で推進しており、高く評価できる。
- 特に、福島環境回復に関する成果は重要なアウトカムである。今後、福島第一原子力発電

所からのデブリ解析が本格的に始動し、多くの成果が得られることを期待する。

- 原子力機構が取り組むべき、かつ原子力機構ならでは取り組める、アクチノイドや核分裂生成物の基礎物理的、化学的性質の解明、相互分離に貢献する研究が大いに進展している。次期においても引き続き、必要に応じて、放射光と他の量子ビーム等を連携させたマルチプローブ研究も活用し、特徴あるアクチノイド科学を発展させることを期待する。

(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

- 学術並びに産業利用の面からユーザーを先導する先端研究を実施し、内外の研究機関と連携しながら、多方面で卓越した成果が得られていると評価できる。中期計画全体として目標以上の成果を達成し、極めて顕著な成果が幅広く出ている。
- 研究開発のアウトプットとしての学術成果はもちろん、社会実装・貢献へのアウトカム創出も十分である。J-PARC MLF ユーザーとの良好な連携により、社会的意義を意識したアウトカムを創出している点も評価される。
- 企業ポスドクによる「J-PARC 企業フェロシップ」の創設など産業界と人的な交流を通じた制度を設け、タイヤゴムや燃料電池などの研究開発成果を生み出した意義は大きく、真に産業利用の発展に大きく寄与するものと期待される。
- 大型研究施設のミッションのもと、国際的な研究拠点を認識して、外部との研究員の交流など積極的に行い、幅広い人材育成の試みを行っており、その活動を高く評価したい。

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11月22日 オンライン開催 (Zoom)

主な議題：第3期中長期計画期間における「中性子及び放射光利用研究開発」の事後評価

(第4期中長期計画期間における「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. 研究開発の達成度
2. 研究開発成果の効果・効用（アウトカム）
 - ・イノベーション創出への取組の妥当性
 - ・将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討
3. 人材育成に関する取組の妥当性、若手研究者の育成・支援への貢献
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
 - ・社会実装の達成度、取組の妥当性
 - ・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

評価の基準は、以下に示すとおりである。

評価点と評価基準

評価点	評価基準
S	目的・目標・計画等に照らし、研究成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な研究開発運営の下で、「研究開発成果の最大化」に向けて特に顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められる。
A	目的・目標・計画等に照らし、研究成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な研究開発運営の下で、「研究開発成果の最大化」に向けて顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められる。
B (標準)	目的・目標・計画等に照らし、研究成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」に向けて成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められ、着実な研究開発運営がなされている。
C	目的・目標・計画等に照らし、研究成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な研究開発運営」に向けてより一層の工夫、改善等が期待される。
D	目的・目標・計画等に照らし、研究成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な研究開発運営」に向けて抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等が求められる。

5. 事後評価スケジュール

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) | <説明: 武田センター長> | 13:55-14:45 |
| | <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) | <説明: 西畑ディビジョン長> | 15:00-15:50 |
| 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 | <説明: 脇本副センター長、川北セクションリーダー> | 15:50-16:40 |
| (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.

事後評価

評価結果を研究開発課題毎に示す。なお、評価の〇内数字は評価した委員の数である。

物質科学研究センターにおける中性子利用研究開発(自己評価:A)

総合的な評価・評定

課題の 評定	評価理由/意見
A(9)	<ul style="list-style-type: none"> • JRR-3の停止により、今期ほとんどの期間で他機関での研究を余儀なくされたにも関わらず、着実な成果が挙げられている。JRR-3の停止中も装置・設備の維持、高度化に務め、今年度は特にJRR-3の運転再開、実験実施に至った点は大いに評価したい。中性子の特色を活かして、基礎から応用に亘る幅広い材料の研究開発を行い、数々の優れた成果が得られている。JRR-3の装置が定常的に稼働することにより、パルス中性子や放射光施設との連携による相乗成果が得られる基盤が整ったことは喜ばしい。今後の研究開発の進展に期待し、次のステップとして、世界的に見ても顕著な(傑出した)成果の創出を目指して欲しい。 • JRR-3の停止中も人材育成の取り組みを続けてきた点は評価できる。外部との交流には積極性がうかがえ、今後は若手育成・人材補充についての計画的、戦略的取り組みを期待したい。大学、大学共同利用機関、共同利用研究拠点等との連携強化で、各機関との重なりを大きくすることにより、装置利用・人的配置などのリソースの効率化、より高いレベルでの成果創出がなされることも期待する。 • 改善したとは言え、東日本大震災以降の原子力研究に対するイメージは福島第一原子力発電所の事故と重ねられ、多分に誤解もあり依然厳しいものがある。原子力機構に属する物質科学研究センターが進める中性子や放射光などの量子ビーム利用による研究開発は、原子力以外の幅広い分野へ波及し得るものであり、科学技術全体の発展に不可欠である。研究への理解、および将来の人材確保のためにも、原子力の負のイメージを払拭するための対応を強化することは真剣に検討すべき大きな課題である。しかし、これは広報活動の中でもかなり高度な技術を必要とするものであり、少数の職員のみで遂行することは現実的には難しいだろう。社会的コミュニケーションに長けた原子力機構や関連施設、大学や学会、さらには関連企業などの力を頼ることも含め、戦略を練って実践していただきたい。

評価の観点毎の評価・評定

評価理由/意見(下線部は、下線付きの評定に対応)	評定
<p><u>(1) 研究開発の達成度</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>JRR-3の10年間の停止期間中の、継続的な成果創出への関係者の努力に対して大いに評価したい。</u> R3年度はJRR-3装置稼働の再開と、短期間ではあるが施設供用実験をほぼ予定通り実行できている事から、JRR-3装置の性能を最大限に引き出すために精力的な活動がなされたと判断される。JRR-3の付加価値向上の施策や中性子利用の応用範囲の拡大など、<u>高度化、技術開発を、停止期間中に着実に実施してきたことがJRR-3の運転再開後の速やかな成果創出に結びつく</u>と期待される。 • <u>JRR-3以外の外部研究機関で遂行した研究、基礎物性研究から構造材料、原子力材料まで幅広い分野において著しい成果が得られている。</u> 成果のプレス発表や特許に関連し、複数の企業から受けた技術相談や技術提供依頼に対しては、ぜひ積極的に取り組んでいただきたい。 • 今後も更なる高度化や技術開発を継続し、JRR-3を主体的に利用できる状況を活かし、世界的に見ても顕著な(傑出した)成果創出を目指してほしい。 • 各課題について導入された、達成度合いの指標となるKPIに関しては、年度目標は達成しているとみなせる。しかし導入されたKPIの妥当性、年度毎の評価及び次年度へ計画再立案に、それがどのように反映されているかが明確でなく、導入効果や重要性が明確ではなかった。設定や見直しの過程も含め、達成度が示されると評価がしやすい。 	<p>S(4) A(5)</p>
<p><u>(2) 研究開発成果の効果・効用(アウトカム)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - イノベーション創出への取組の妥当性 - 将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討 <ul style="list-style-type: none"> • 研究開発により発見した新たな材料特性、開発した新材料を活用し、新規の共同研究や技術移転へ展開ができています。新たなイメージング技術や残留応力測定技術の開発など、イノベーション創出の新たな鍵となる基盤技術の提供も評価できる。中性子ならではのスピンの制御、スピン解析技術を利用した磁気PDF法や核スピン偏極技術の開発とそれを利用した物質材料研究は、中性子ならではの特徴ある成果である。また中性子の高い物質透過性を利用した、大型構造物の強度信頼性の評価研究は、安全・安心なインフラの評価の観点からも重要である。 • さらに低温、高圧下など、特殊環境下での中性子散乱については、特筆すべき装置整備が行われている。世界中で、本施設以外では整備できない、ニーズの高い測定環境を戦略的に整えることは重要であり、今後も開発を継続していただきたい。 • また計算機科学との連携により、中性子ビームの新たな活用方法の開拓や高度な知見を得る努力は、構造と機能の相関解明にも寄与することが期待され、是非継続していただきたい。 	<p>A(8)</p>

<p><u>(3) 人材育成に関する取組の妥当性、若手研究者の育成・支援への貢献</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 組織の人材が確実に高齢化し、新人の補給も乏しく若手の育成は難しい状況にもかかわらず技術継承を実施してきた努力を評価する。更に新型コロナウイルス感染症の影響による活動制限にもかかわらず、京都大学研究用原子炉など他機関での実験研究によって自グループ若手研究者を育成したことは意義深い。 <u>一方で、限られたマンパワーのなかJRR-3の維持管理や再開準備などの対応に、関連他機関への支援などを積極的に実施していることがうかがえる。</u> また中性子・ミュオンスクールなど各種スクールに、他機関と連携して取り組み、人材育成と中性子研究の啓蒙に貢献している。若手人材の育成、特にグローバルに活躍できる人材の育成に今後も継続的に取り組んでもらいたい。 東日本大震災後の社会の風潮の中で、研究の将来を担う人材を早い段階から確保することは極めて重要で、今後更に一層の工夫と尽力を期待したい。ただし、教育や人材育成の負荷が一部の研究者に偏ることのないように、配慮することも必要と思われる。そのためにクロスアポイントメントなどを積極的に行うなど他機関との連携強化も考慮すべきである。 	<p><u>S(2)</u> <u>A(7)</u></p>
<p><u>(4) 国内外他機関との連携の妥当性</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 研究交流を通じて、産業界・学术界との協力関係構築に積極性がうかがえる。更に、<u>原子力産業だけでなく、自動車や鉄鋼・金属などの幅広い産業界との連携が進んでいる点も評価できる。</u>加えて、J-PARC MLFやJRR-3で大学共同利用を実施している東京大学物性研究所、東北大学金属材料研究所との装置利用や協働体制を構築していることは重要である。 大学や量子科学技術研究開発機構(QST)、企業との連携を今後とも積極的に実施し、国内研究リソースの有効活用のため継続した連携を図っていただきたい。またグローバルに活躍できる人材の育成に向けて、国内外との連携も一層進めて欲しい。 J-PARCと並ぶ大型中性子実験施設であるJRR-3の位置付けを考えると、物質科学研究センターの活動を通じた中性子科学全体の将来ビジョンが見えてこないのは若干残念である。JRR-3の位置づけを明確化し、将来の中性子源や実験装置の検討等の前段階から関連機関と連携し、関連学会を巻き込んだ将来ビジョンの形成を行うことも、今後の重要な取り組みである。 	<p><u>S(1)</u> <u>A(8)</u></p>

<p>(5) 研究開発成果の社会的意義</p> <ul style="list-style-type: none"> - 社会実装の達成度、取組の妥当性 - 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 <p>• 社会的、経済的に必要とされている技術を見据えた研究を、短期の実用化や社会課題解決のみならず、将来を見越した基盤研究との両輪でバランス良く遂行している。産業界に対する、分析科学機器展示会等での中性子利用技術の紹介やそこで得られた成果の広報活動、さらに、<u>産業界に対して開発した中性子を使った分析手法を提供する姿勢に社会実装に対する取り組みの積極性がうかがえる。「技術」の社会実装の主な担い手は産業界であり、企業との関係構築を意識的に行っている点は高く評価したい。</u></p> <p>• ナノサイズからメートルサイズまで中性子の持つ特徴を活かした研究により、物質科学から材料科学まで実社会での開花が期待される成果が挙げられている。<u>廃棄豚骨を有害金属吸収剤に使う研究成果は放射性廃棄物の浄化だけでなく廃棄物の有効活用という点で高く評価される。今後もこのような身近な事例の成果を発信できると良い。</u></p> <p>• 中性子が得意とする、スピン、水素、高い物質透過性を活用して研究開発プログラムを組み立てて、実施してきたことは妥当であると判断できる。水素に対する感受性と高い物質透過性という中性子の特徴を活かした研究と社会的ニーズとの結びつきは理解できるが、磁気感受性を利用した研究は基礎研究に留まっているような印象を受けた。中性子ビームの特性にも関連するが、放射光などとの連携を活用した社会実装への先駆的研究にも期待したい。</p> <p>• 広報活動も活発に実施され努力が認められる。しかし、一般の方には認知度の低い中性子科学の魅力を高めるための課題は多い。東日本大震災によって損なわれた原子力全体に対する負のイメージの払拭は難しい問題であるが、更なる研究推進のためには不可欠な課題と考える。熟考を尽くした戦略的な取り組みが必要であるが、少数の広報を専任としない職員で対応するには限界もある。類似の研究機関などとの連携や、コミュニケーションの専門家を巻き込んだ施策を模索するなど、踏み込んだ策を講じることを検討する必要もある。</p>	<p>S(2) A(7)</p>
--	----------------------

物質科学研究センターにおける放射光利用研究開発(自己評価:S)

総合的な評価・評定

課題の 評定	評価理由/意見(下線部は、下線付きの評定に対応)
S(7) A(2)	<ul style="list-style-type: none"> • <u>原子力機構のミッションのもと、放射光の特色を活かして、適正な研究目標を設定することにより、社会的に意義のある数々の優れた研究成果が創出されている。顕著な社会実装に繋がる、あるいは基礎科学の進展に貢献する研究開発成果だけでなく、社会的要請の高い、福島環境回復や廃炉に関する研究開発も強力に推進しており、高く評価できる。また、研究開発結果からの多くのアウトプットの一部は、アウトカムとして波及効果の大きいものである。特に、福島環境回復に関する成果は重要なアウトカムである。</u>今後、福島第一原子力発電所のデブリ解析が本格的に始動し、多くの成果が得られることを期待する。 • より一層高い目標(世界的にも卓越した成果の創出、グローバルに通用する人材の育成、産業的なインパクトの大きなアウトカム創出)に向けて確実に計画を進めていただき、放射光を活用した原子力関連の研究分野において、国際的な連携と共同研究を主導することに期待する。若手育成・人材補充についての計画性にも期待したい。

評価の観点毎の評価・評定

評価理由/意見(下線部は、下線付きの評定に対応)	評定
<p><u>(1) 研究開発の達成度</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>原子力機構のミッションと整合性の取れた研究開発を実施し、放射光の持つ優位性を十分に活かした基礎から応用に亘る数々の優れた成果が得られており、中期計画全体として目標以上の成果を達成したと評価できる。</u> • <u>個別には、本ディビジョンが維持管理および開発するSPring-8放射光ビームラインとホットラボを活用して、セシウムや模擬核燃料由来物質の状態分析、ナノ物質、固体熱制御物質の研究などに数々の成果を上げている。また原子力機構が取り組むべき、かつ原子力機構ならでは取り組める、アクチノイドや核分裂生成物の基礎物理的、化学的性質の解明、相互分離に貢献する研究が大いに進展している。次期においても引き続き、必要に応じて、放射光と他の量子ビーム等を連携させたマルチプローム研究も活用し、特徴あるアクチノイド科学を発展させることを期待する。</u> • <u>社会的要請の強い福島環境回復に関しては、政府のエネルギー基本計画にも示されており、注目される分野である。本ディビジョンが開発した、土壌の放射性物質を効率よく除去する技術の実用化に関する研究は、社会貢献の面からも大いに評価できる。</u> • <u>論文発表や外部資金獲得という意味では、今後の発展が期待できるが、R3年度に関しては、論文成果が必ずしも多くないように思える。原因分析などにより今後の方策を立て、実行してもらいたい。</u> 	<p>S(7) A(1)</p>
<p><u>(2) 研究開発成果の効果・効用(アウトカム)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>イノベーション創出への取組の妥当性</u> - <u>将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討</u> <ul style="list-style-type: none"> • <u>アクチノイドの化学的分離抽出やレーザー多光子励起による相互分離、セシウムの土壌からの脱離方法、ウラン化合物の基礎物性に関する系統的かつ継続的な研究など、日本では本グループでしか遂行できない特徴的で重要な研究テーマが設定されている。得られた多くの成果は、社会的意義が十分に高いと評価できる。</u> • <u>特に福島環境回復に関する成果は、社会的関心度の高い重要なアウトカムである。また都市鉱山からの元素リサイクルの研究は、日本として必須となるレアアースの確保などの経済安全保障の点からも重要である。</u> • <u>高レベル廃液処理のためのアクチノイド分離材の開発の成果を、直接的に他分野に応用するにはまだまだ乗り越えなければならないハードル(例えば対象元素や想定する溶液の条件)があるのではないかと感じられる。年度計画目標の達成度を課題ごとに明確化し、息の長い着実な研究を続けていただきたい。</u> 	<p>S(5) A(3)</p>

<p><u>(3) 人材育成に関する取組の妥当性、若手研究者の育成・支援への貢献</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 次世代の研究開発を担う若手人材の育成は、待ったなしに重要であり、スクールの開催、実習生の受け入れ、連携大学院生の指導など、<u>様々な活動を通して学生、若手研究者に対する教育、啓蒙活動を行なっていることは高く評価出来る。</u> 地理的条件による生活環境の不便さを超えて学生や若手研究者が中長期的に研究活動を行えるよう積極的に活動し、その成果があがっている。今後も継続的・積極的に人材育成・支援を実施していくことに期待するとともに、さらにこの取り組みを、国内の関係機関と連携し、<u>グローバルに展開するように一層努力していただきたい。</u> <u>福島汚染土壌関連の研究で成果を創出した博士研究員等が、正職員に採用された例は、人材育成として高く評価できる。博士研究員については、次のキャリアパスも含めて育成、支援することが重要であり、原子力機構内でのキャリアパスを示した例として評価する。</u> 今後は関連機関との連携などにより、より広いキャリアパスを、幅広くディビジョン内の人材に示してほしい。 現状では少数だが、理系の女子学生や女性若手研究者、またポストコロナには海外の学生、若手研究者らの、ダイバーシティやグローバルな見地からの支援、育成は重要であり、今後も積極的な取り組みを継続してもらいたい。ただしスクールなどの人材教育で、負荷が一部の人材に偏ることのないように調整することも必要と思われる。 	<p>S(1) A(7) B(1)</p>
<p><u>(4) 国内外他機関との連携の妥当性</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 近隣の大学や研究施設のみならず、<u>国内各地の関連する研究機関の研究教育ポストを得て幅広く緊密な連携を進めている。</u>「のべ18名が国内の大学・研究機関の客員教授や客員研究員等を兼任」という状況や、学会や各種拠点への運営委員などとしての活動は、ユーザー拡大や施設の存在意義を広く示すうえでも極めて有効なものと評価できる。また、多くの機関との共同研究案件の実施も評価できる。 海外の研究機関との連携も的確に進めているが、国際共著論文数などを増やし、機関の存在をアピールすることは重要で、今後も継続して連携強化に努力していただきたい。 企業との連携は研究内容からしてまだ拡大の余地が感じられる。今後、企業との連携の必要性や可能性を含め、より戦略的な検討をしてもよいのではないかと考えられる。 外部ユーザーに関する施設利用に関しては高いアクティビティを維持しているが、理化学研究所、高輝度光科学研究センター（JASRI）、QSTとの連携以外の取り組み情報も欲しい。 原子力技術の民生利用に関する日米国際協力に日本側の放射光を用いる構造解析が貢献した成功例は大いに評価される。さらに、特徴あるアクチノイド科学の実績に基づき、放射性廃棄物のエネルギー資源化へのチャレンジは国策だけでなく世界的課題としても重要なので、国内外の幅広い連携研究を展開させることで、基礎研究からの展開を図り、将来の実用化への発展につなげてもらいたい。その意味で、放射光を用いる構造解析（日本）と熱力学実験研究（米国）での共同研究は高く評価される。 	<p>S(1) A(8)</p>

<p>(5) 研究開発成果の社会的意義</p> <ul style="list-style-type: none"> - 社会実装の達成度、取組の妥当性 - 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 <p>• <u>社会的、経済的ニーズにマッチした研究をおこなっており、研究成果が産業界の製品（片山化学(株)の抽出剤TONAADAなど）へと発展し、また技術展開も行われるなど、具体的な社会実装事例が創出されている点は高く評価したい。より一層の成果創出を期待したい。</u></p> <p>• 一方で、多くの項目で実装に関する検討がなされているものの、研究成果毎の実装が計画されているようには感じられなかった。全てを社会実装に繋げる必要はないものの、その可能性を有するテーマに関しては、今後は研究テーマごとに、ある段階でどの時期に実装を考慮してどういうことを検討していくかを考えていく必要があるかと思われる。</p> <p>• 産学連携研究、セミナー講習会など、企業や大学関係者への啓蒙活動や情報発信に積極的に取り組むなど社会への貢献も大きいですが、より広く国民向けの広報戦略なども、原子力機構の研究ディビジョンとしては検討すべきである。</p>	<p><u>S(4)</u> A(5)</p>
--	-----------------------------

J-PARC 物質・生命科学ディビジョンにおける中性子利用研究(自己評価:S)

総合的な評価・評定

課題の 評定	評価理由/意見(下線部は、下線付きの評定に対応)
S(8) A(1)	<ul style="list-style-type: none"> • <u>世界最大強度のパルス中性子MLFを活用した物質科学研究として、ハードマター分野、非晶質・ソフトマター分野、エネルギー材料分野、工学材料分野の4つの重点分野を定め、学術並びに産業利用の面からユーザーを先導する先端研究を実施し、内外の研究機関と連携しながら、多方面で卓越した成果が得られていると評価できる。得られた成果は、社会的にも意義のある優れたものと評価される。</u> • <u>さらに、企業との連携を進め、製品化につなげるなど、社会に分かりやすい形で示せた意義は大きい。また、社会的関心や要請の高い、福島第一原子力発電所の廃炉に関する研究成果を推し進めたことも評価でき、社会実装・社会貢献へのアウトカムも評価できる。また、論文数の増加や、成果に関しての各種表彰は高く評価できるが、研究課題の論文化率の向上と、論文数の増加や質の向上には、さらなる努力を継続していただきたい。</u> • <u>研究のPDCAもなされていると考えられ、この姿勢を続けていくことを期待する。</u>今後とも、論文、学会での発表と他の広報活動により、装置の性能、特色が広く知られることにより、中性子の活用が今後さらに広がることが期待できる。 • <u>初期目標を超えて顕著な研究成果が挙げられているとともに、将来の研究の進展に対応すべく施設の発展を計画している。特にMLFの中性子利用施設戦略の明確化、それに基づくビジョンを今年度内にまとめるという意識は評価できる。</u>今後、行うべき装置改造や新設に向けた装置高度化だけでなく、老朽化対策など、より具体的な課題のドリルダウンが必要で、それを完遂するための具体的なロードマップの策定とその実行が望まれる。 • <u>コロナ禍後の、ニューノーマルにおける新たな中性子利用の形態を整備し、重要な研究成果を、質の高い学術論文やイノベーション創出の種として社会に発信することが課題である。産学官連携においては、各産業分野の技術に精通した人材をJ-PARC MLFに確保することで、イノベーション創出に向けて、より密な産学官連携に発展することを期待する。</u>

評価の観点毎の評価・評定

評価理由/意見(下線部は、下線付きの評定に対応)	評定
<p><u>(1) 研究開発の達成度</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>世界最大強度のパルス中性子装置群を有効活用する物質科学研究として、ハードマター分野、非晶質・ソフトマター分野、エネルギー材料分野、工学材料分野の4つの重点分野を定め、学術並びに産業利用の面から、他機関との連携を進め、ユーザーを先導する先端研究を実施し、多方面で卓越した成果が得られている。</u> • <u>サイエンスの分野では、中性子の特徴を活かしたインパクトのある分野を先導するとともに、論文成果を着実に増加させた特筆すべき実績や、タイヤゴム製品の性能向上など産業界と直結し社会実装に貢献した成果、さらに福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発が実施され、社会に大きく貢献していると評価できる。その結果、各種の表彰にもつながっており、中期計画全体として目標以上の成果を達成し、極めて顕著な成果が幅広く出ている。</u> • <u>今後の課題として、MLF構成研究員と、装置を利用し実験課題を遂行したユーザーの学術論文化率の向上がある。問題点や課題の精査を行い、論文化率の向上による論文数のさらなる増大を期待する。</u> 	<p>S(8) A(1)</p>
<p><u>(2) 研究開発成果の効果・効用(アウトカム)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>イノベーション創出への取組の妥当性</u> - <u>将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討</u> • <u>パルス中性子ビームを利用し、物質の構造や構造と機能との相関を解明することにベースを置き、様々な分野への材料開発について、インパクトのある卓越した成果を生み出し発信している。その中でも、タイヤゴムの耐久性向上、リチウム2次電池の高性能化、固体冷媒開発など幅広い分野へ高性能材料開発の指針を得るため、種々の解析手法を開発応用し、成果を上げている。</u> • <u>研究開発のアウトプットとしての学術成果はもちろん、社会実装・貢献へのアウトカム創出も十分である。J-PARC MLFユーザーとの良好な連携により、社会的意義を意識したアウトカムを創出している点も評価される。</u> • <u>また、研究の重要性を国民が認識できる成果も生まれている。例えば代替フロンに代わる固体冷媒を用いた冷却技術開発研究は地球温暖化対策の一つであり、日本が得意とする環境技術としての利用が期待できる。</u> • <u>さらに国民の要請や関心が高い福島第一原子力発電所廃炉に必要な非破壊分析手法の開発は、中性子ビームの有効性を国民に広く示す上でも重要である。</u> 	<p>S(7) A(2)</p>

<p>(3) 人材育成に関する取組の妥当性、若手研究者の育成・支援への貢献</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>大型研究施設のミッションのもと、国際的な研究拠点を認識して、外部との研究員の交流など積極的にいき、幅広い人材育成の試みを行っており、その活動を高く評価したい。</u> • 具体的な人材の登用や育成では、ポストクや任期付き研究員から研究者任用を積極的に行うとともに、キャリアパスの提示、他機関とのクロスアポイントメントを進めることにより、研究の幅を広げることに努力しているなど、人材の登用や育成に工夫を凝らしていることが見て取れる。ユーザー側の人材を原子力機構の職員として採用するのはユーザー利用の観点から良い取り組みだと思う。 • 特に、次世代の研究開発を担う若手人材の育成は特に重要であり、若者を惹きつける様々な活動を通して学生、若手研究者に対する教育、啓蒙活動を行なっていることは高く評価出来る。人材育成にも通じる論文発表の増加、外部資金の獲得なども積極的に行っている。 • アウトリーチ活動については、一般社会や産業界、学術界向けのアウトリーチ活動として、スクール、ワークショップの開催、産学連携の情報発信などを巧みに計画して実行することにより、広報と人材育成に尽力している。 • <u>すでに豊田中央研究所や住友ゴム工業から若手研究者が派遣されるなど、産業界との人的連携や人材育成も始まっているが、今後は他の研究機関や大学などとの人材交流もクロスアポイントメントを活用するなどし、より積極的に進めてもらいたい。</u> • 組織内での長期的な視野での若手職員の育成について体系的な取り組みの紹介がなかったのでは？組織の維持・拡大のための人材確保、若手職員の育成についての体系的な取り組みが構築されているなら、それを強化継続していく必要がある。原子力機構のセクションが独自に行なっている世界的な先端研究に関して、原子力機構の更なるイメージアップに繋がる戦略的広報に期待したい。 	<p>S(2) A(7)</p>
<p>(4) 国内外他機関との連携の妥当性</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>MLF全体として、企業や国内の研究機関、および海外の主要な機関とのMOU締結などを積極的に推進している。また国内外の研究者が長期に施設で研究活動できる体制をつくり、利用者と施設間の円滑な研究協力体制を維持発展させている。これらが研究者間の交流のみならず、相互の研究発展にもつながっている。</u> • <u>特に、企業ポストクによるMLF駐在プログラム「J-PARC企業フェローシップ」の創設など産業界と人的な交流を通じた制度を設け、ゴムや燃料電池などの研究開発成果を生み出した意義は大きく、真に産業利用の発展に大きく寄与するものと期待される。また、ANSTO/J-PARC間の重水素化ラボの立ち上げ、オンラインワークショップや、欧州との協定による協力研究は評価できる。さらに、原子力機構内、特に物質科学センターとの協力も進められており、J-JOIN活動の加速化など多角的な連携には積極性が感じられる。今後も、より積極的な活動を期待したい。</u> 	<p>S(3) A(6)</p>

<p>(5) 研究開発成果の社会的意義</p> <ul style="list-style-type: none"> - 社会実装の達成度、取組の妥当性 - 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 <ul style="list-style-type: none"> • <u>大強度陽子加速器の設置とこれに基づいた中性子の利用は、当初から産業利用を柱の一つと位置付けていた。そのことが、施設の建設に対する財政当局の政策判断の一つにもなっていた。近年の成果は、この期待(コミットメント)に着実に応えるものとなっている。</u> • <u>高効率モーターや燃料電池、実際の製品の品質改善につながる研究のみならず、新冷媒など中性子を利用した特色ある材料の研究開発を行い、科学技術政策に合致した社会的にも意義のある成果を数多く上げており短期から中長期的に社会の発展に貢献する活動を行っている。これらは中性子利用の成果による社会実装を示し、今後のイノベーション創出を感じさせる成果を出したことは、将来の社会への大きな波及効果を期待させる。</u> • <u>さらに、物質・材料の評価による社会への貢献のみならず、社会課題解決に資する基盤研究による貢献、基礎科学の「知の構築」などの貢献を行っており、高く評価される。</u> • <u>情報発信する機会も多く、第3期での成果とそれを支えた体制についても振り返りがなされており、非常に良いサイクルで研究がなされ、成果も意義深いものである。</u> • 学術論文化率の向上についての課題は(1)に記述した。 	<p>S(7) A(2)</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"> • KPIに関しては、導入されたKPI内容の妥当性のほか、年度評価及び次年度計画立案へどのように反映されているかを評価し、導入効果や重要性を明確にすべき。 	<ul style="list-style-type: none"> • KPIについては、今後センター内での目標設定、計画立案、内部評価を行う際に指摘された視点に留意するとともに、研究開発・評価委員会での説明にもこれを反映させます。
<ul style="list-style-type: none"> • 教育や人材育成の負荷が一部の研究者に偏ることのないように、クロスアポイントメントなどを積極的に行うなど他機関との連携強化も考慮すべき。 	<ul style="list-style-type: none"> • センター全体として後進の育成に携わるよう、その方針や実施方法についてはセンター全体で議論する場を設けます。また、クロスアポイントメントや客員研究員制度及び兼職制度も積極的に活用して他機関と広く連携し、将来の中性子科学を担う人材育成を推進します。その際、講師派遣等が一部の研究者に固定化しないよう注意深く取り組みます。
<ul style="list-style-type: none"> • J-PARC と並ぶ大型中性子実験施設であるJRR-3における物質科学研究センターの位置付けを明確化し、将来の中性子源や実験装置の検討等の前段階から関連機関と連携し、中性子科学全体の将来ビジョンの形成に取り組むべき。 	<ul style="list-style-type: none"> • 中性子コミュニティによる将来の中性子源や中性子ビーム利用装置の構想を踏まえ、日本中性子科学会の将来ビジョン検討会での議論をフィードバックし、JRR-3における中性子科学の主たる担い手である物質科学研究センターが、国内外の中性子科学全体の将来ビジョンの形成に、関連機関と連携して主体的に取り組みます。
<ul style="list-style-type: none"> • 物質科学研究センターが取り組む基礎研究に対しても社会的ニーズとの関連を意識して遂行すべき。 	<ul style="list-style-type: none"> • JAEA2050+に貢献すべく、国の施策動向も注視し、基礎研究においても社会的ニーズとの関連を意識した研究開発を遂行します。

提言	原子力機構の措置
<p>•原子力全体に対する負のイメージの払拭は、更なる研究推進のためには不可欠な課題である。広報を専任としない少数の職員だけでの対応は困難であるので、類似の研究機関などとの連携や、コミュニケーションの専門家を巻き込んだ戦略的な施策を模索するなど、踏み込んだ策を講じることを検討すべき。</p>	<p>•原子力機構の掲げる広報戦略にJRR-3の活用を重点項目として積極的に打ち込み、広報部や研究炉加速器技術部とも密接に連携し、それらに所属する専門家を巻き込みながら、住民説明会やプレス勉強会など、これまで実施してきた広報活動を更に充実させます。これらを進めるに当たっては、試験研究炉JRR-3の価値が社会から認知され、JRR-3やJ-PARCを活用した中性子利用研究が社会にもたらす貢献を、よりわかりやすく伝えられるよう、戦略的な広報を検討し実施します。</p>

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"> ・より一層高い目標（世界的にも卓越した成果の創出、グローバルに通用する人材の育成、産業的なインパクトの大きなアウトカム創出）に向けて確実に計画を進めていただき、放射光を活用した原子力関連の研究分野において、国際的な連携と共同研究を主導することに期待する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・超ウラン元素など未踏の研究領域を開拓し、産業的なインパクトをもたらすエネルギー材料の研究を推進していくとともに、若手研究者に卓越した成果を発信させることによりグローバルに通用する人材の育成を進めます。放射性物質を定常的に取り扱うことができるというSPRING-8専用ビームラインのメリットを活かして、原子力研究分野と他分野が融合する「共創の場」の提供を目指していきます。
<ul style="list-style-type: none"> ・高レベル廃液処理のためのアクチノイド分離材の開発の成果を直接的に他分野に応用するにはまだまだ乗り越えなければならないハードル（例えば対象元素や想定する溶液の条件）があるのではないかと。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ハイテク産業に欠かせないレアアースの系列内相互分離（Pr/Nd/Sm、Tb/Dyなど）は、現状でも技術的には可能であり、世界最高レベルの性能を発揮することが分かっています。一方で、抽出剤の合成、繰り返し利用における耐久性などから算出される総分離コストは、精錬業界における現行分離システムをリプレースできるものではありません。今後、分離の性能を維持しつつ、生産コストが安く耐久性の高い類似分子の設計研究を進める予定です。
<ul style="list-style-type: none"> ・数の少ない女子学生、女性若手研究者、またコロナが落ち着いたら海外の学生、若手研究者の支援、育成も含め、ダイバーシティ、グローバルな見地での貢献も重要である。外部教育などに関して、負荷が一部の人材に偏ることのないように調整することも必要と思われる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・第3期中長期目標期間中に複数名の女性若手研究者・技術者の雇用を行なった実績があり、引き続き、雇用や人材育成の面でのダイバーシティやグローバル化の推進に努めていきます。また、第3期では講習会のような外部向けの教育業務の負担が一部の人間に集中する面も一部見受けられたので、第4期ではその点を改善するよう調整に留意します。
<ul style="list-style-type: none"> ・海外の研究機関との連携も的確に進めているように見えるが、国際共著論文などで機関の存在をアピールするなど、今後も継続して連携を強化していただくことを期待したい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・第3期中長期目標期間では国際共著論文がやや少ない傾向があったが、第4期ではこの点を伸ばし、海外の研究機関との連携を強化するよう努めます。

提言	原子力機構の措置
<ul style="list-style-type: none"> 企業との連携が多くないように感じられる。今後、企業連携することの必要性を含め検討してもよいのではないかと考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> 企業との連携については、どのようなシーズとニーズがあるかを分析し、マテリアル先端リサーチインフラ事業での企業向け講習会の開催や、放射光のトライアルユースの企業利用を促進することで関係を構築し、強化する方向で取り組んでいきます。
<ul style="list-style-type: none"> 全てでとはいわないものの、今後は研究テーマごとに、ある段階でどの時期に実装を考慮してどういうことを検討していくかを考えていく必要があるかと思われる。 	<ul style="list-style-type: none"> 社会実装に近そうな研究テーマがどれであることを組織として分析し、関連する企業との情報交換を進め、中長期的な目標設定をいつの時点でどこに置くかについて関係者間で意識共有を図るなどの取組を増やしていきます。
<ul style="list-style-type: none"> 産学連携研究、セミナー講習会など、企業や大学関係者への啓蒙活動や情報発信に積極的に取り組むなど社会への貢献も大きいですが、さらなる広報戦略も検討すべきである。 	<ul style="list-style-type: none"> 産学連携研究、セミナー講習会などに引き続き取り組んでいくとともに、参画している文部科学省「マテリアル先端リサーチインフラ」事業の中でより積極的な広報・社会発信に努めます。

J-PARC センター 物質・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"> 物質・生命科学実験施設（MLF）構成研究員と、装置を利用し実験課題を遂行したユーザーとの学術論文について、問題点や課題の精査を行い、論文化率の向上による論文数のさらなる増大に努めること。 	<ul style="list-style-type: none"> MLF構成研究員の論文については、分析を進めた上で論文の質と数の向上に努めます。ユーザーの論文については、実験課題選定方法や研究分野ごとの特徴、論文化にかかる期間などの面から論文の分析を進め、論文化率の向上を図ります。
<ul style="list-style-type: none"> 「MLF2030」を開催し、装置性能の達成状況について議論したのは有意義で、今後とも将来ビジョンの議論も含め継続的開催が望まれる。第2ターゲットステーションを含む装置の将来計画についての検討も継続し、将来の発展の礎を築くべき。 	<ul style="list-style-type: none"> 「MLF2030」におけるこれまでの実験装置に関するMLF内部での議論を踏まえ、国内専門家からの助言を受けるとともに、さらには国際的な視点からも継続的に議論を進めます。また、第2ターゲットステーション計画について、「MLF2030」の結果を踏まえ更なる検討に取り組みます。
<ul style="list-style-type: none"> 原子力機構のセクションが独自に行っている世界的な先端研究に関して、原子力機構の更なるイメージアップにつながる戦略的広報を行うべき。 	<ul style="list-style-type: none"> 原子力機構のセクションが独自に行っている「プロジェクト研究課題」について、研究課題の公開方法の改善などを行い、外部研究者との積極的な連携も含めた情報発信に取り組みます。
<ul style="list-style-type: none"> MLFにおいて、今後行うべき装置改造や新設に向けた装置高度化だけでなく、老朽化対策など、より具体的な課題のドリルダウンが必要で、それを完遂するための具体的なロードマップの策定を行うべき。 	<ul style="list-style-type: none"> 第4期中長期目標期間で実施する予定の設備計画について、施設老朽化や、装置の世界水準の維持などの具体的な課題の摘出を行い、実施予算の中で、計画的に取り組みます。
<ul style="list-style-type: none"> コロナ禍後の、ニューノーマルにおける新たな中性子利用の形態を整備し、重要な研究成果を、質の高い学術論文やイノベーション創出の種として社会に発信することが課題である。 	<ul style="list-style-type: none"> MLFの実験装置における機器の遠隔化、自動化を進めることで、作業省力化、学生や理論家等の実験参加機会の拡大、解析環境の整備を図り、質の高い研究成果の創出と社会への発信に取り組みます。

This is a blank page.

付録

事後評価資料（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

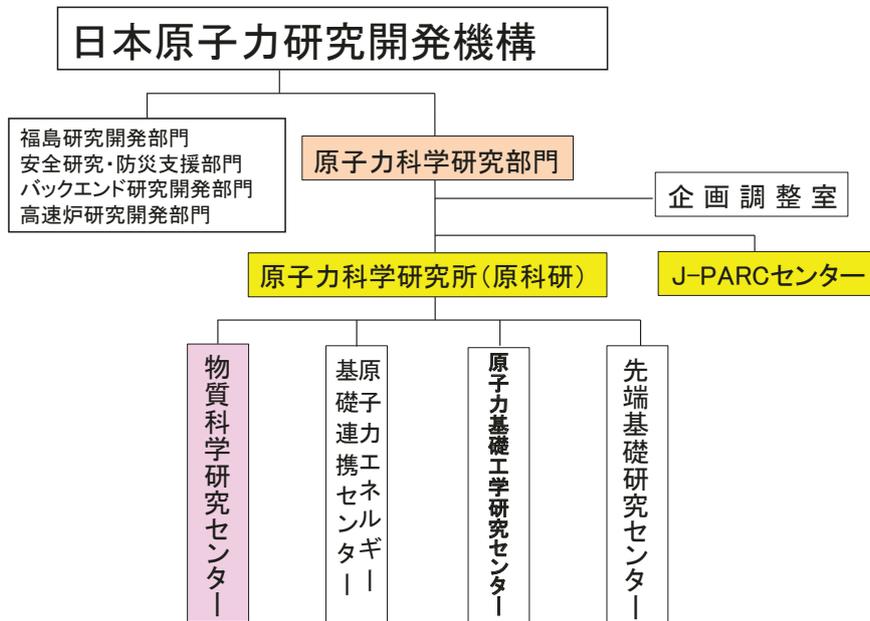
5

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



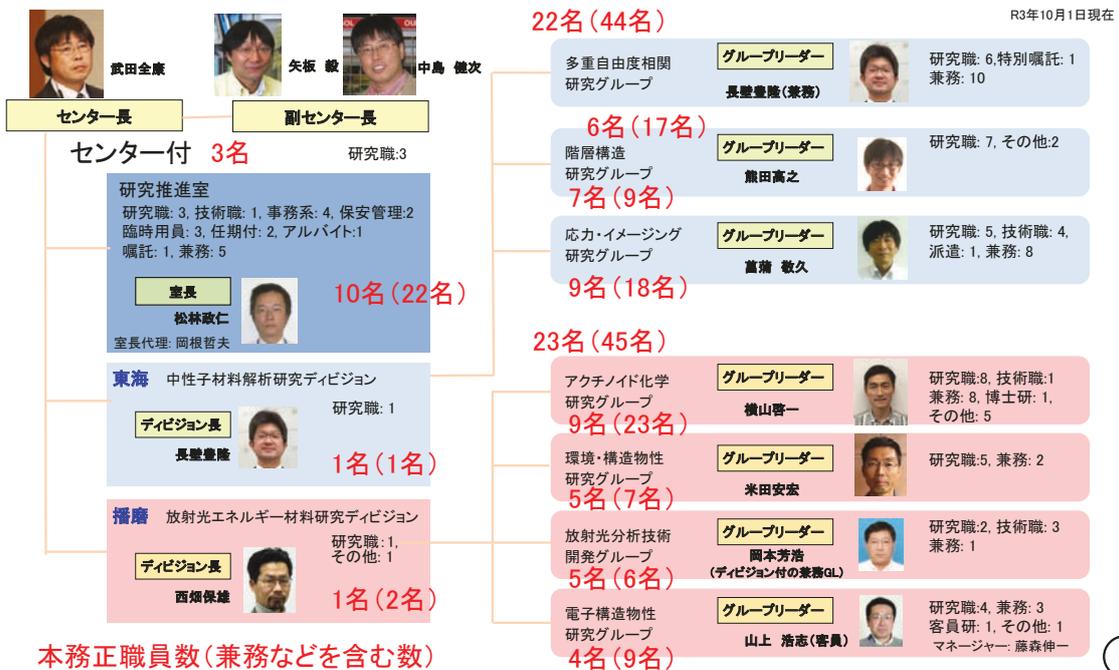
2-1: 原子力科学研究部門内組織図



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**。

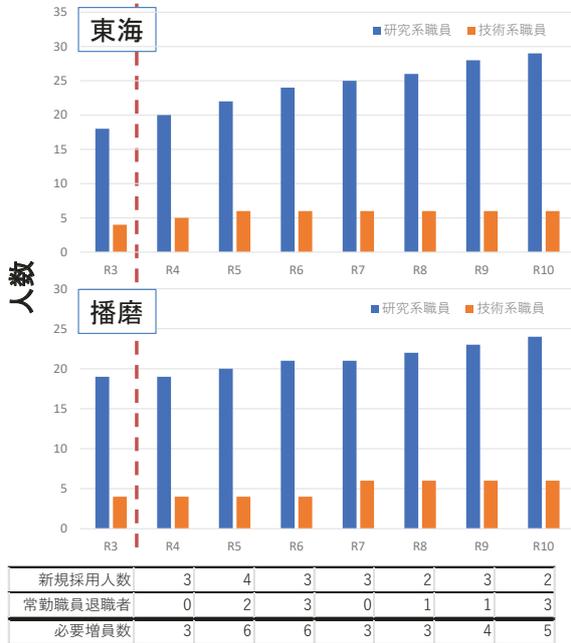
研究系職員、技術系職員ともに高齢化問題を抱えており、次期中長期に研究系職員8名、技術系職員2名が定年を迎える。

※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。

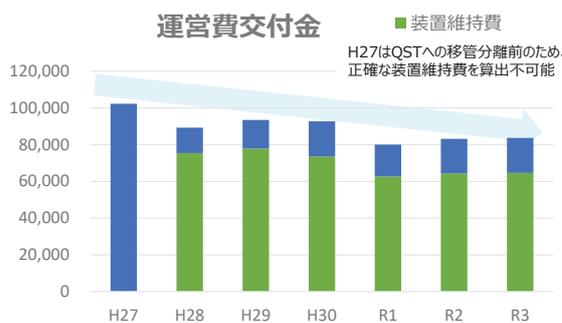
この増員要求に加え、定年退職に対応した人員補充も加味すると、各年3～6名の増員が必要。

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い。（もんじゅ跡地の新試験研究炉）

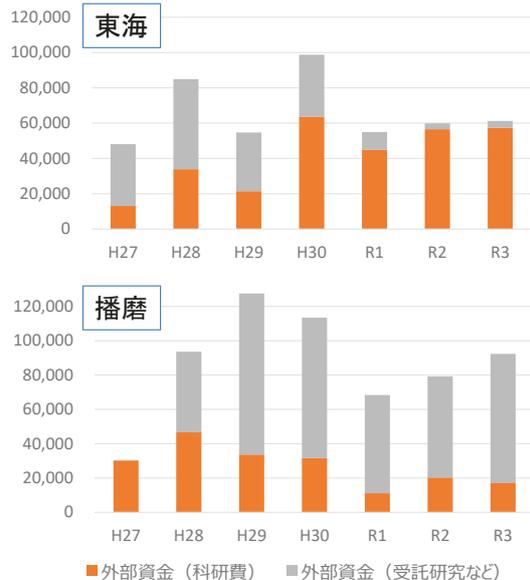
11



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。

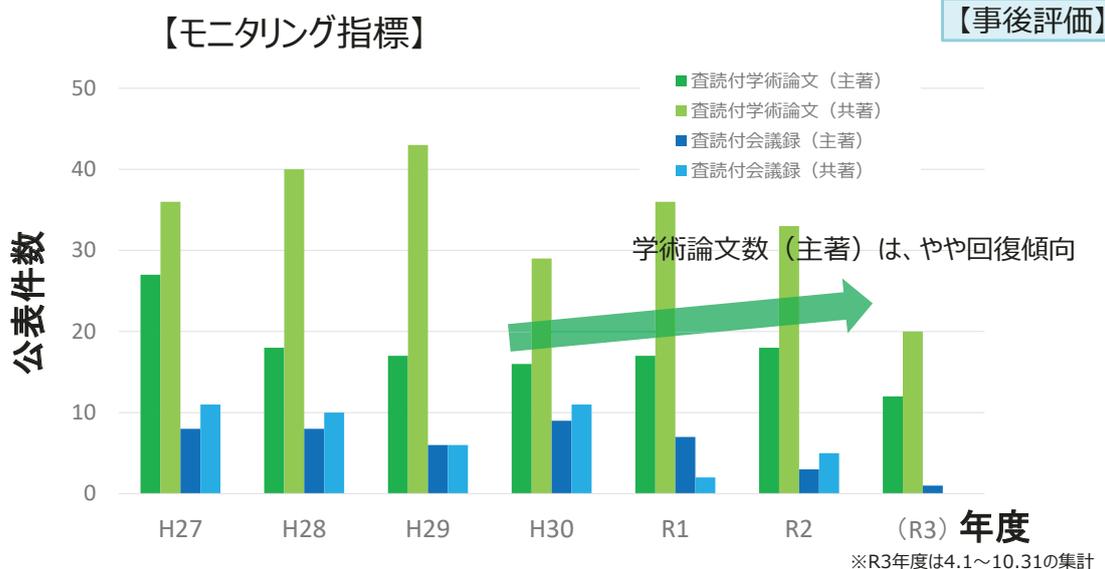
12

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

骨アバタイ
コラーゲン等有機繊維
食品廃棄骨

高炭酸含有アバタイ
重曹に浸漬
ストロンチウム
鉛
カドミウム
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」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

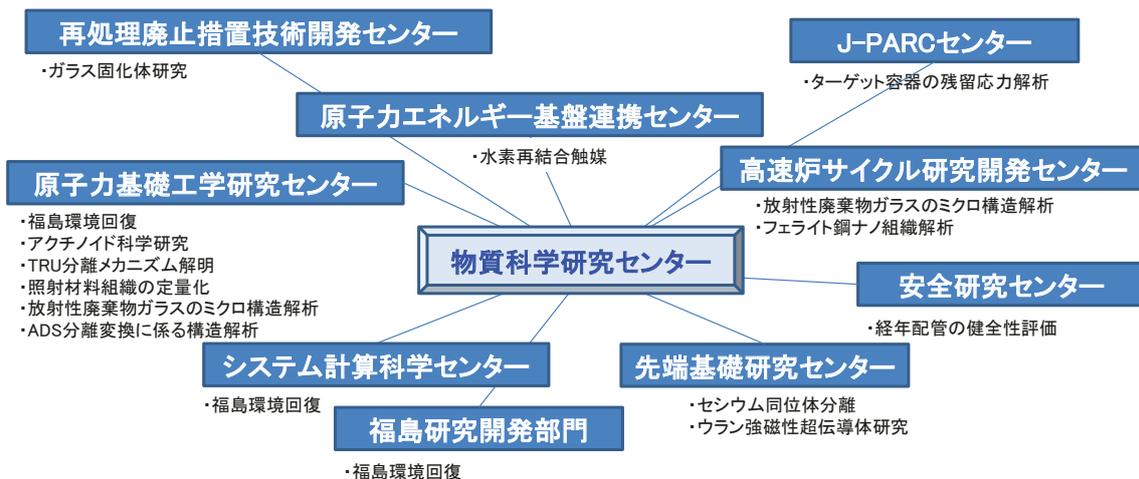
19



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。

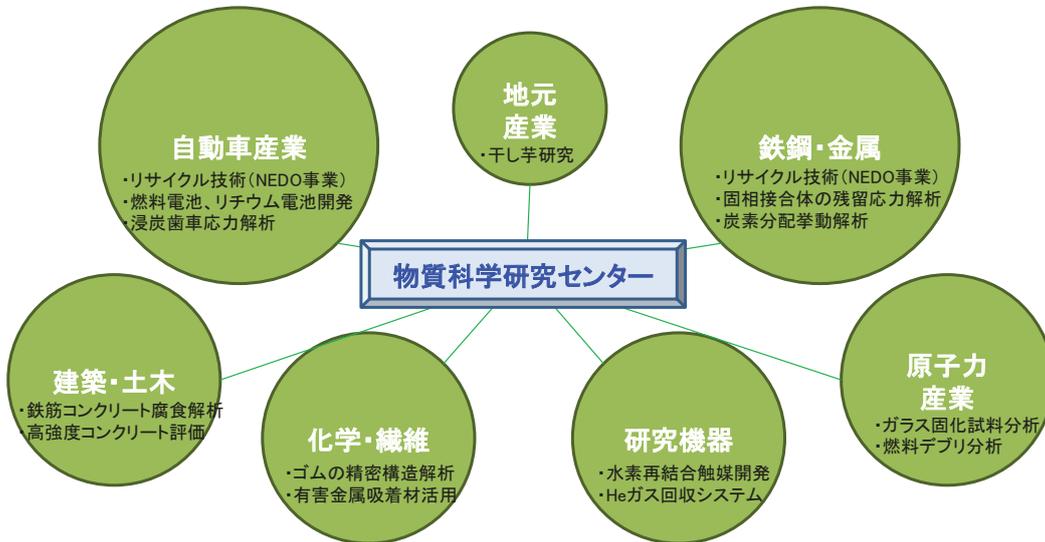
20



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(GNWG)
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, ブリストル大学
(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

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、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-PARC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開発させ、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
<p>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。</p>	<p>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。</p>

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

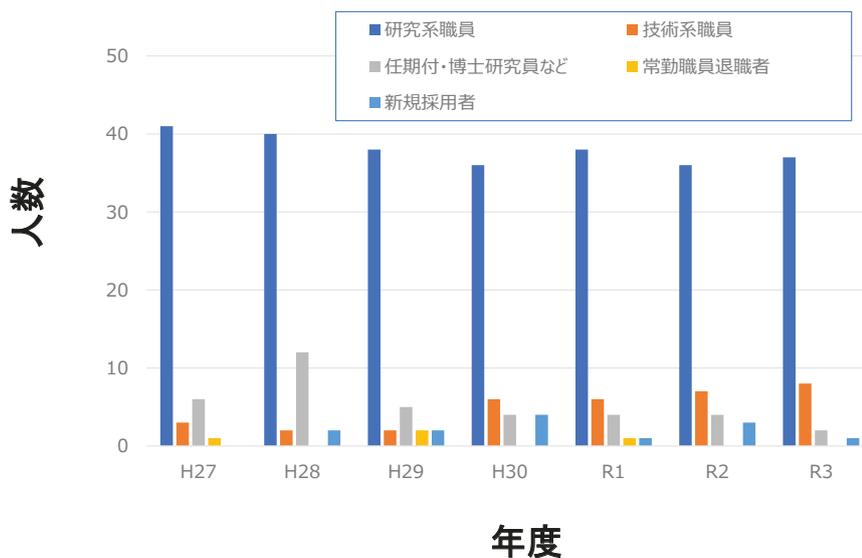
JRR-3 を活用した研究成果の最大化に資する核偏極技術の開発や、新たな中性子検出手法の評価など中性子利用技術の高度化を推進する。強相関系物質における構造や外場と機能の相関の解明や、機能性材料における環境応答メカニズムの解明、構造材料における特殊環境下の変形特性発現機構の解明を継続し取りまとめる。アクチノイド基礎科学研究では、アメリカシウム革新的分離法である短パルスレーザーアシスト分離法の高度化を推進するとともに、新奇なアクチノイド系物質の電子状態研究を推進する。廃炉・廃棄物処理における安全性向上に貢献するために、ガラス固化体の健全性評価手法の開発、高速XAFS測定法の開発及び模擬デブリ等の複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



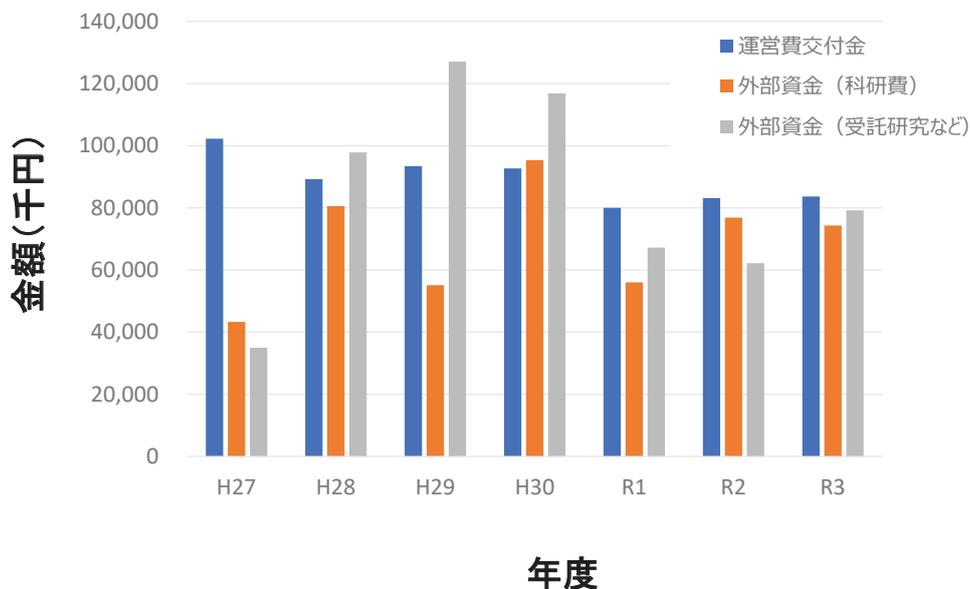
参考4-1: 人員の推移(センター全体)



32



参考4-2: 研究費の推移(センター全体) mSR



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



第7回中性子及び放射光利用研究開発・評価委員会

資料 7-5

R3年11月22日

第3期中長期計画 事後評価

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】
(中性子による材料の構造解析技術開発とその応用)

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. 研究開発の概要
2. 施設の現状及び利用状況
3. R3年度の研究成果
4. 現中長期期間のまとめと展望

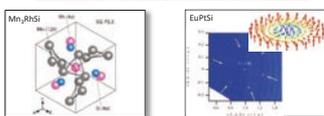
②



1-1: 研究テーマの3本柱



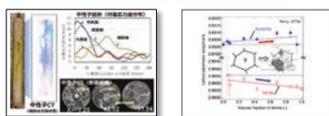
機能性材料の物性研究



相互作用競合系の磁気秩序解明 f電子新奇磁性探索

- 新奇磁性状態の発現機構
- 特殊結晶構造と磁性の相関
- 局所構造と機能の相関
- 物性物理新分野の開拓

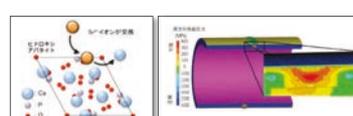
構造材料の強度研究



鉄筋コンクリート(RC)の劣化評価 鉄鋼変態中のひずみ挙動

- RCの付着評価技術の開発と応用
- 高強度材料の開発
- 持続可能社会実現への貢献

原子力材料に関する研究



Sr吸着材料の開発 残留応力持続性解析

- 残留応力解析システムの開発
- 1F廃炉用分析技術の開発
- 植物体内セシウム動態観察技術の開発
- 原子力の基礎基盤研究による社会貢献

【研究開発成果の社会的意義】・研究開発課題/成果の社会的受容性

中性子の特徴を活かし、社会が必要としている課題解決に貢献できるものとして、機能性材料の物性研究、構造材料の強度研究、原子力材料に関する研究を3本柱を設定し研究開発を進め、鉄鋼材料や機能性高分子の研究等で成果を上げた。また、それらの基盤となる装置の高度化、解析法の開発、新しい測定法の開発にも積極的に取り組み、それらを完了または実証した。

③



1-2: 中長期計画およびR3年度計画



中性子材料解析研究ディビジョン

【中長期計画】

- 1) 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。
- 2) 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。

【R3 年度計画】

- 1) 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。
- 2) 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。

④

1. 研究開発の概要
2. 施設の現状及び利用状況
3. R3年度の研究成果
4. 現中長期期間のまとめと展望

⑤



2-1: 原子力科学研究所の中性子源



J-PARCは高エネルギー加速器研究機構(KEK)と共同運営

⑥



2-2: 研究用原子炉JRR-3



- 昭和37年 初の国産原子炉として臨界
- 昭和60年 高性能化のための改造工事開始
- 平成2年 改造JRR-3 臨界
改造JRR-3利用運転開始
- 平成10年 燃料の高密度化の許可取得
- 平成22年 積算出力約6.4万MWD達成
- 平成30年 新規規制基準適合性に係る許可取得

JRR-3の仕様	
目的	中性子ビーム実験, RI製造, 放射化分析, 材料照射等
型式	軽水減速冷却プール型
燃料要素	板状燃料
最大熱出力	2万キロワット
運転形態	26日連続運転(1サイクル) 年間6~7サイクル

原子炉建家



実験利用棟
(ビームホール)

7

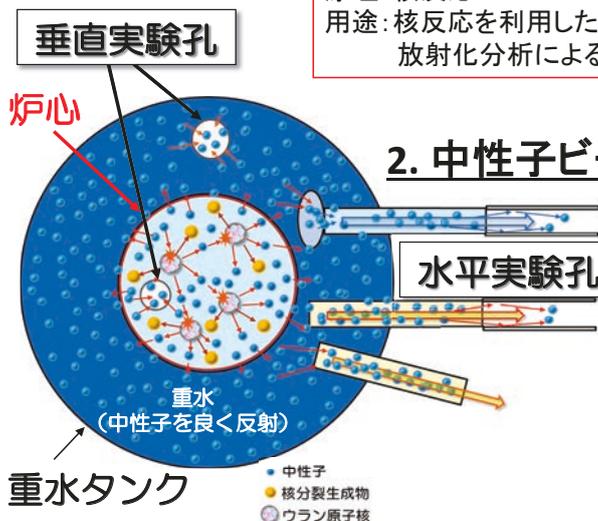


2-3: 研究用原子炉JRR-3



1. 中性子照射利用(重水タンク内)

特徴: 方向性のない中性子を利用
 原理: 核反応
 用途: 核反応を利用したRI製造, Si半導体製造,
 放射化分析による元素分析



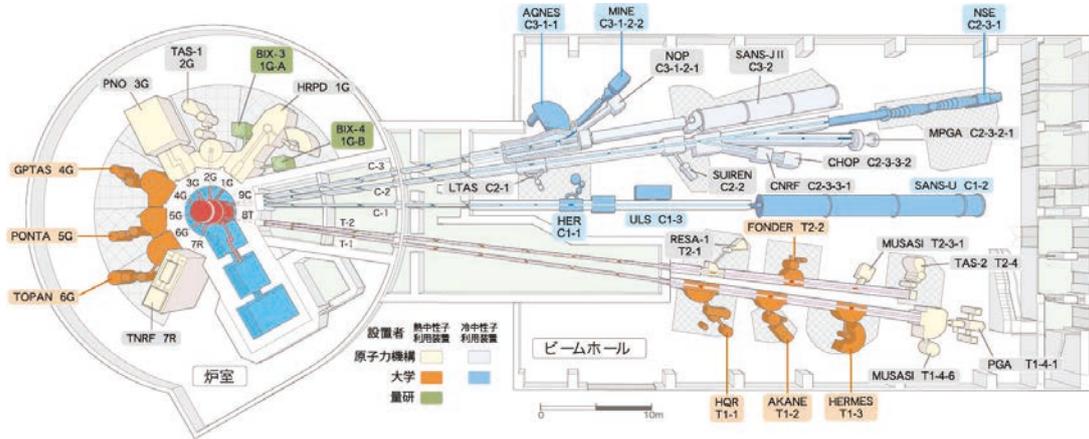
2. 中性子ビーム利用(重水タンク外)

特徴: 方向性を持つ中性子を利用
 原理: 散乱, 回折, 反射, 透過
 用途: 物質のミクロな構造解析,
 構造物内部の非破壊観察

8



2-4: JRR-3の中性子実験装置



中性子ビーム実験装置の設置台数

- 日本原子力研究開発機構保有 16台
- 量子科学技術研究開発機構(量研)保有 2台
- 大学保有 13台
(東京大学, 東北大学, 京都大学: 大学共同利用制度)

9



2-5: センター所有の中性子実験装置



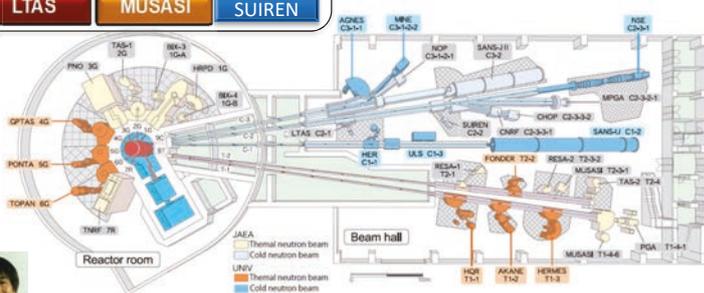
多重自由度相関研究Gr.



JRR-3

JAEA所管の16台の装置のうち、12台をMSRCで維持・管理

研究グループは、基本的に装置によるグルーピング



応力・イメージング研究Gr.



階層構造研究Gr.



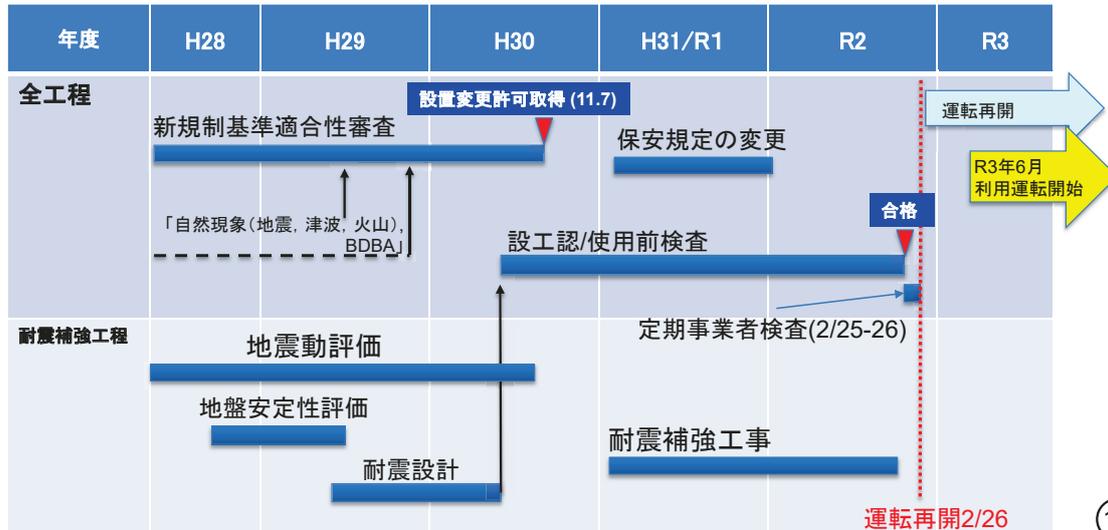
10



2-6: JRR-3の運転再開までの道のり



JRR-3は、2014年9月26日の設置変更許可申請後、ほぼ4年間に及ぶ新規制基準適合性審査を経て、2018年11月7日に設置変更許可を取得
耐震補強工事や定期事業者検査を終了し、**2021年2月26日に運転再開**
施設供用等の利用運転は6月から開始(R3年度は4サイクル 100日運転)



2-7: JRR-3の運転停止期間中の活動



J-PARC, SPring-8をはじめ国内外の中性子・放射光実験施設で研究を推進



() 内の数字は申請代表者となっている課題数
[] 内の数字は令和3年度(4月~10月)の課題数

施設利用件数 (H27年4月 - R3年10月)

- 研究炉(定常中性子) 48件[R3: 1件]
- パルス中性子施設 161件[R3: 26件]
- 放射光施設 81件[R3: 8件]

JRR-3の停止期間中は、積極的に国内外の施設を用いて研究活動を実施。近年は新型コロナウイルス感染症の影響から、海外をはじめ遠方の施設利用は困難であった。

(12)

1. 研究開発の概要
2. 施設の現状及び利用状況
3. R3年度の研究成果
4. 現中長期期間のまとめと展望

13



3-1:各研究開発課題のR3年度実施状況



中性子材料解析研究ディビジョン(1)

各課題の年度実施計画 (担当G, もしくは担当拠点等)	実施状況
<p>(多重自由度相関研究G) JRR-3 の中性子ビーム利用に関する環境整備や技術開発をするとともに、強相関係物質等において、結晶構造の特殊性や高圧・磁場等の外場が起源となる機能性を解明するための研究を継続する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 空間反転対称性を持たない新しい金属磁性体Mn_3RhSiの中性子散乱データに対して磁気PDF解析法を適用し、低温から高温まで存在する短距離磁気秩序状態の磁気構造を決定した。さらにその磁気構造が6重縮退をもつこと、その縮退状態は正三角形ユニットの面心立方格子配列によるフラストレーションに起因することを明らかにした。本研究成果は、J. Phys.Soc.Jpn.誌に主著として掲載された。(p 18) • Mn_3RhSiに対して偏極中性子散乱法を適用し、720 Kという非常に高い温度まで観測されていた磁氣的散漫散乱が低エネルギーの非弾性成分であることを明らかにし、三角格子に起因する磁気フラストレーションを示唆する結果を得た。また、同系Mn_3CoSiの粉末中性子回折を行い、低温でMn_3RhSiの長距離磁気秩序とは波数が異なる格子非整合磁気秩序を見出した。 • 室温から低温までに5段もの転移を示し、磁場下で磁気スキルミオン格子形成の可能性をもつ$EuAl_4$の単結晶中性子回折を行い、5段の転移について各相の秩序状態の観測に成功し、磁気スキルミオン形成の基本となる情報を明らかにした。本研究成果は、J. Phys.Soc.Jpn.誌に主著として掲載された。 • Sawtooth chain 物質である$Mn_2(OD)_3X$ ($X = Cl, Br$)の磁気構造解析により、低温相で両物質で異なる磁気構造であることを明らかにした。結晶格子に異なる歪みが生じている可能性があるが、追加実験のMLF・BL08での高分解能測定により低温相への相転移(2.7K(Cl),2.4K(Br))で格子が変化することを確認した。本研究成果は、Physical Review B誌に主著として投稿予定である。

14



3-2:各研究開発課題のR3年度実施状況



中性子材料解析研究ディビジョン(2)

各課題の年度実施計画 (担当G, もしくは担当拠点等)	実施状況
<p>(階層構造研究G) 中性子と熱分析による機能性材料の階層構造解析法を構築し、階層構造と熱応答メカニズムの解析から、食感などを担うマクロ物性の起源を探求する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 機能性蛋白質の分子結合に伴う階層構造の変化中性子小角散乱・中性子準弾性散乱によって明らかにし、Biophys. J.誌に掲載された。(p 19) 蛋白質結晶の水素・水和構造の水素結合状態を分子シミュレーションで解析し、中性子結晶構造解析のデータベースと合わせた解析により、蛋白質の水分量による水和構造の変化を明らかにし、Front. Chem.誌に掲載された。水分量による水和構造の変化は、食品の保存性と関わる水分活性と呼ばれる熱力学量を定める分子機構の理解に重要であることが分かった。 中性子小角散乱法により、強ひずみ加工したニッケル中に磁気異方性が増大したナノスケールの領域が形成されていることを明らかにし、Phys. Rev. Mater.に掲載された。 尿素の分子間水素結合を用いた白金族金属の分離剤を開発し、塩化白金酸(PtCl₆²⁻)を抽出するための水素結合の有用性を実証し、Sep. Purif. Technol.に掲載された。

15



3-3:各研究開発課題のR3年度実施状況



中性子材料解析研究ディビジョン(3)

各課題の年度実施計画 (担当G, もしくは担当拠点等)	実施状況
<p>(応力・イメージング研究G) JRR-3の応力測定装置、及びイメージング装置を活用し、中性子等を利用した鉄鋼材料等の構造材料における特殊環境下での変形特性発現機構を解明する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 極低温下における5Mn添加鋼の相転移は、微視組織には現れない極低温環境、特有の現象であることを明らかにした。 あと施工アンカーの接着剤充填状況の評価方法として、J-PARCよりもJRR-3を利用した中性子CT技術がより鮮明に接着剤や空隙等の細かい部分の観察に有効であることを明らかとした。 マルテンサイト組織を含む鋼は低温焼戻しにより、マルテンサイト中の炭素クラスター形成を起源として強度低下が進行することを明らかにした。 これまで解析に利用されなかった回折面を逆解析法により取り入れることで、高精度集合組織解析に成功した。(p 20) 蛍光体粉末(ZnS:Ag)を利用したオートラジオグラフィ技術を開発し、明環境下に置かれたダイズ中のCs-137動態撮像に成功し、Jpn. J. Appl. Phys.誌に掲載された。 レーザー照射による銅-鉄鋼接合材では、鉄鋼材側に引張ひずみ及び残留オーステナイト相が生成されることを明らかにし、SPRING-8利用研究成果集に掲載された。(p 21) 負荷中におけるレーザー重ね継手の内部ひずみ分布を計測した結果、有限様相解析で予測した局所的な引張ひずみと圧縮ひずみを界面近くで観測し、有限要素モデルの信頼性の確保に関して、Quantum Beam Scienceに掲載された。 中性子及び放射光を利用した応力評価技術と測定事例をまとめた本を執筆、掲載した。

16

R3年度の代表的成果

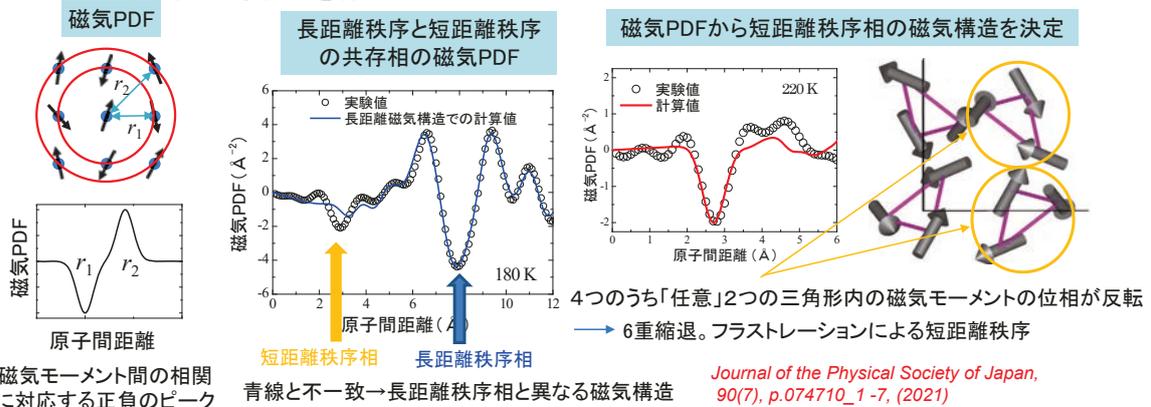
17

中性子材料解析研究ディビジョン

代表的成果(1): 磁気PDF解析を用いて長距離秩序をもたない磁気状態の磁気構造を決定

研究目的: 新しい磁気構造解析手法である磁気PDF解析法を用いて、金属磁性体で観測された常磁性相および長距離磁気秩序相との共存状態を示す短距離磁気秩序相の磁気構造を決定する。

研究成果: 金属磁性体 Mn_3RhSi では伝導電子スピンの一部が短距離磁気秩序化し、高温では常磁性相、低温では長距離磁気秩序相と共存している。磁気PDF解析法によりこの短距離磁気秩序相の磁気構造を決定し、それが長距離磁気秩序相とは異なること、この磁気構造がフラストレーションに起因するものであることを明らかにした。



今後の計画: 磁気PDF解析法を未知の短距離磁気構造をもつ磁性体にさらに適用していき、この手法の有用性を示す。

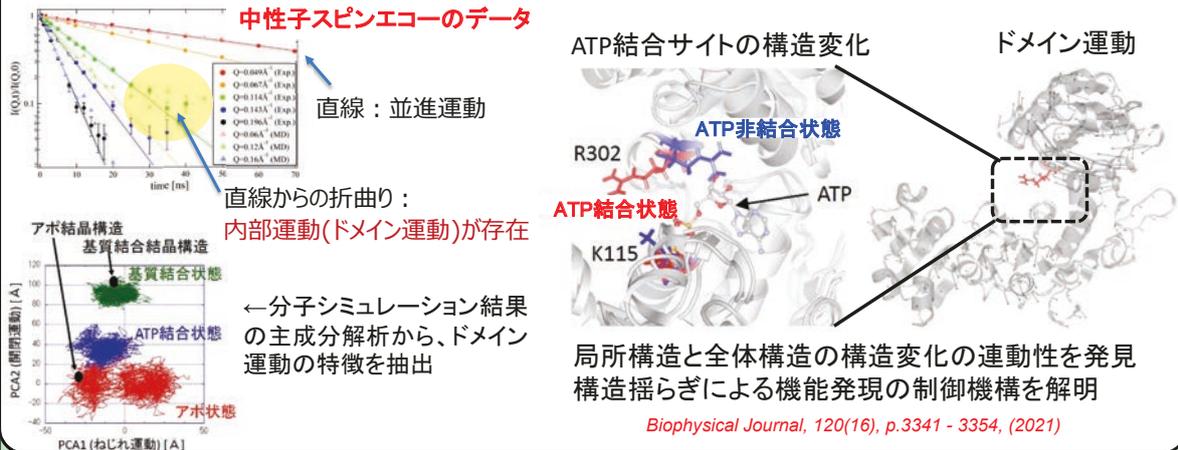
18

中性子材料解析研究ディビジョン

代表的成果(2):ドメイン構造と活性部位が巧みに運動した蛋白質の機能発現メカニズムの解明

研究目的: 計算科学的技法を援用した中性子散乱データ解析により、階層構造を持つ蛋白質の動的構造を解析し、全体構造の揺らぎと運動した活性部位の構造変化が機能発現を制御する仕組みを解明する。

研究成果: 中性子スピンエコー法、中性子背面散乱法、X線・中性子小角散乱法、動的光散乱法、分子シミュレーションを組み合わせることにより、階層構造を持つマルチドメイン蛋白質の全体構造と局所構造の運動性を発見。構造ダイナミクスによる酵素蛋白質の機能発現の制御機構を解明。



今後の計画: 蛋白質が制御する生命現象解明だけでなく、酵素活性機能向上といった生物学技術、代替プロテインの構造解析といった次世代型フードテックに資する、中性子による生体物質解析を展開。

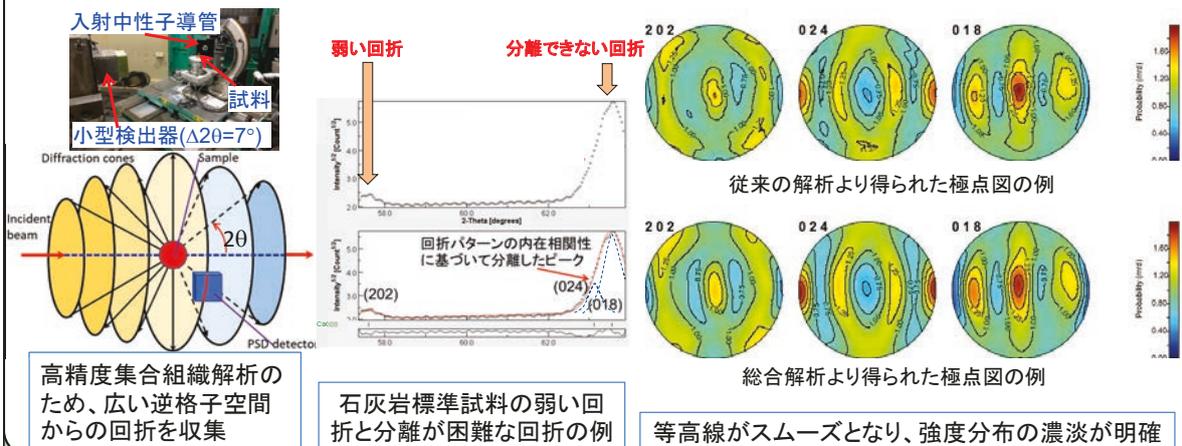
19

中性子材料解析研究ディビジョン

代表的成果(3): 角度分散型中性子回折による複雑結晶材料の集合組織定量評価

研究目的: 電磁鋼板や圧電セラミックス等の異方性構造・機能材料の配向制御研究に貢献するため、中性子応力測定装置RESAを用いた集合組織測定技術を高度化する。

研究成果: RESAで計測された回折プロファイルに対して、これまで解析に利用されなかった、(1)強度が弱い回折面、(2)プロファイル分離が困難な回折面を逆解析法により取り入れることで、高精度集合組織解析に成功した。



今後の計画: 集合組織定量評価技術を異方性構造・機能材料の配向制御研究に応用する。様々な産業利用ニーズを想定し、迅速測定のために大型検出器の導入を目指す。

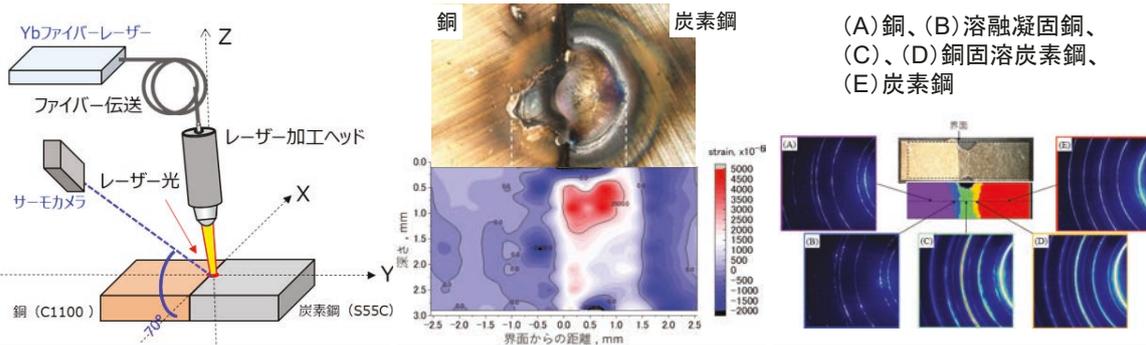
20

中性子材料解析研究ディビジョン

代表的成果(4) : 異種材料レーザー溶接部内部ひずみ評価

研究目的: 酸化器部品等で用いられる銅と鉄鋼の異種材料接合にレーザーを適用するため、溶接後に発生する残留ひずみ、組織に関する基礎データを収集する。

研究成果: 内部ひずみを評価した結果、レーザーを直接照射しなかった銅側は弱い圧縮ひずみのみが観測されたのに対して、鉄鋼材側に大きな引張ひずみ及び、溶融、対流したことを特徴づける銅固溶と推察される残留オーステナイトが観測された。 [SPring-8/SACLA利用研究成果集 9巻 5号 p. 318-323 \(2021\)](#)



レーザー照射構成。銅はレーザーを反射するため炭素鋼にレーザーを照射し、熱伝導で銅と溶接。

溶接表面部(上)及び内部ひずみ分布(下)。炭素側溶融部にのみ強い引張ひずみが存在。

薄くスライスした溶接材内部回折パターン。炭素鋼内部に銅固溶と推察される残留オーステナイトが存在。

今後の計画: レーザー照射条件の異なる材料に関して、同種の測定及びCTを用いた内部欠陥観察を行い、異材接合に関するデータの構築、シミュレーションの高度化に貢献する。

21

1. 研究開発の概要

2. 施設の現状及び利用状況

3. R3年度の研究成果

4. 現中長期期間のまとめと展望

22



4-1:第3期中長期計画および達成度



中性子材料解析研究ディビジョン

【中長期計画】

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。

評価対象	評価					
	H27	H28	H29	H30	R1	R2
全体の運営	A	A	A	-	A	A
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	A	A	A	A	A	A
放射光エネルギー材料研究ディビジョン	A	S	A	A	A	A
J-PARCセンター 物質生命科学ディビジョン						
中性子利用セクション	-	A	S	S	S	S

【研究開発の達成度】

本中長期期間はA評価をいただいております。昨年度実施した見込み評価でもA評価をいただいております。後述する年度評価資料も含め、本中長期計画内容は十分に達成したと考えています。

23



4-2:第3期中長期計画およびKPI推移



中性子材料解析研究ディビジョン

【中長期計画】

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。

	H28	H29		H30		R1	R2	R3 (10.31)
発表論文数	27件 (34件)	39件 (29件)						
科研費応募者率	-	67% (50%)						
主著論文・報告書投稿数				14件 (19件)				
科研費応募者率				74% (67%)				
主著・共著含むA-1論文の投稿件数						20件 (24件)	25件 (20件)	27件 (20件)
内・外競争的資金応募件数						21件 (13件)	24件 (8件)	19件 (15件)

() 内は年度当初の目標
■ 目標達成
■ 目標未達成

H28年度より導入されたKPI
 都度、研究モチベーションを向上させるべくKPIの内容を検討・修正してきた。
 R3年度は、論文投稿数、競争的資金応募数、ともに年度当初の目標をクリアしている。

24



4-3 中長期における研究成果



【中長期計画】

- (1) 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、
- (2) 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。

【成果一覧】

- (1a) 中性子磁気PDF法および、超高圧セルへの電気伝導測定技術の開発
- (1b) 中性子反射率法や回折法への核偏極技術の開発
- (1c) 新たなイメージング技術や残留応力測定技術の開発
- (2a) f 電子系化合物で初めての磁気スキルミオン格子発見などスキルミオン研究を加速
- (2b) Mn系化合物で非常に高温でも存在する磁気散漫散乱の発見など、新たな磁気構造を解明
- (2c) 氷微結晶成長の特性を生かした高強度セルロースゲル等、新たな機能性材料の開発
- (2d) 蛋白質における柔らかさの環境変化の解明等、中性子準弾性散乱法を用いた蛋白質の機能解明
- (2e) 中性子回折法・イメージング法による、あと施工アンカーや鉄筋コンクリートの長期安定性評価法の確立
- (2f) 中性子や放射光を用いた金属材料の集合組織評価技術を高度化



- JRR-3の利用分野の拡大、利用者の増加
- 発見した新たな材料特性や、開発した新材料を活用した、新たな共同研究や技術移転へ展開

25



4-4: 広報活動



○JAEAの重点広報戦略にJRR-3運転再開を打ち込み、各種取組みに携わった。

- ・広報動画作成「研究用原子炉JRR-3運転再開に向けて
— Science-Driven Innovation from JRR-3 —」※1
- ・JRR-3バーチャルツアー作成 ※2
- ・JAEA広報誌「未来へげんき」※3
運転再開!! 研究炉JRR-3が中性子の研究開発の針を“進める”(No.58)
- ・住民説明会(東海村、ひたちなか市、日立市)
- ・文部科学省2FロビーでのJRR-3運転再開の展示
- ・プレス勉強会およびJRR-3見学会
- ・APSTV制作(米国物理学会の広報ビデオ)



住民説明会



その他

- ・JAEA機構報告会において、JRR-3運転再開の展示
- ・JRR-3 UOによる企業訪問とアウトリーチ活動(企業相談: R3年度 23件)
- ・日本中性子科学会 JRR-3運転再開シンポジウム
- ・日本物理学会講演「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～」

※1 https://www.jaea.go.jp/atomic_portal/jaea_channel/40/

※2 <https://sv2.panocreator.net/viewerController?u=u8128980541&p=p6001226554>

※3 <https://www.jaea.go.jp/genki/>

26



4-5:人材育成



【人材育成に関する取組み、若手研究者の育成・支援】

- 若手人材の育成・支援
 - ・JRR-3運転停止の中、J-PARCセンターや京都大学原子炉実験所、量研（QST）等、様々な研究機関スタッフ（教授や主任研究員）の協力を得て、共同で若手人材の育成を行った。
 - ・専門分野外の経験を積ませるため、新たなホームページ制作など、センター運営業務からも役割を分担するとともに、他部署との交流も積極的に増やすよう指導した。
- その他、人材育成・教育に関する取組み
 - ・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）
 - ・AONSA中性子スクール
 - ・中性子実験技術基礎講習会（レベル1講習会）講演
 - ・SHH運営指導委員
 - ・クロスアポイントメント（茨城大学 教授）
 - ・茨大大学院生に対するメンター指導教育
 - ・量子線を活用した茨城県人材育成業務応用コース講師
 - ・サイエンスアゴラ講演「そもそも放射線って何？ 生活の中からお答えします！」

27



4-6:国内外他機関との連携



○J-PARCとの連携

- ・「J-JOIN」の開設（中性子・ミュオン利用ポータルサイト） <https://jrr3ring.jaea.go.jp/jjoin/>
- ・MLF施設利用委員会/CROSS選定委員会委員
- ・J-PARC運営会議、ディビジョン長会議メンバー

○大学や研究開発法人との連携

- ・東京大学物性研究所 中性子科学実験施設 運営委員会委員
- ・東北大学金属材料研究所 中性子物質材料研究センター 共同利用委員会委員
- ・SPRING-8量研専用ビームライン内部課題審査委員

○学会活動、学術界との連携

- ・日本中性子科学会
 - 中性子科学将来ビジョン討論会の企画・実施
 - 中性子施設連携活動継続準備委員会委員（中性子施設連携WG）
 - 人材育成WG、ロードマップ検討WG（試験研究炉）委員
 - ほか、中性子科学会評議員、各種委員・幹事
- ・AONSA Facility Director's Meeting Member
- ・Scientific Report (Nature Publishing Group)誌 Editor

○企業との連携

- ・中性子産業利用推進協議会 運営委員会 研究開発委員会 オブザーバ

○海外との連携

- ・日米科学技術協力事業「中性子散乱分野」 運営委員会委員

28



4-7: 研究開発成果の社会的意義



○社会実装の達成度や取組み

- ・プレスや特許として公開した成果に対して、企業等からの技術相談や技術提供依頼を受けている。
- ・JST主催の新技术説明会やJASIS（分析機器展）等にて企業等への成果プレゼンを実施。
- ・技術開発した新たな計測手法を組み込んだ機器を供用装置に導入し、外部利用者が活用。

○科学技術政策、社会的・経済的意義/ニーズへの適合性

- ・文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター 専門調査員として2名協力
- ・文部科学省 原子力課、および量子研究推進室に科学技術・学術行政調査員として研究者を派遣

29



4-8: 今後の展望



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。



30



第7回中性子及び放射光利用研究開発・評価委員会

資料 7-6

R3年11月22日

令和3年度 中性子及び放射光利用研究の進捗

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】
(放射光による材料の構造解析技術開発とその応用)

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長：西畑保雄

①

1. 研究開発の概要
2. 施設の現状及び利用状況
3. R3年度の研究成果
4. 現中長計のまとめと展望

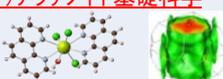
②



1-1: 研究テーマの3本柱



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。以下のように、**研究の3分野**を定めて研究開発を推進し、**持続可能な社会**へ貢献する。

<p>(1)アクチノイド基礎科学</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・マイナーアクチノイド(MA)分離等の新規抽出剤の設計・開発 ・ウラン系化合物のフェルミオロジー等、基礎物性解明 ・未踏のRa, 軽・超プルトニウム(Ac, Pa, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm)の基礎化学, リサイクル化学, 核医学への貢献
<p>(2)環境・エネルギー材料研究</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・省エネに資する機能材料, 環境やエネルギー関連物質 リデュース ・廃エネルギー変換, 放射線エネルギー変換などの研究開発 リユース ・都市鉱山からの希少金属回収のための分離剤開発 リサイクル
<p>(3)福島事故回復に資する研究(廃炉に資する研究を含む)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・汚染土壌のCs吸脱着メカニズム解明による, 低コストなCs脱離法, 減容化技術開発 ・無電源で稼働する水素再結合触媒(PAR)による原子力施設の安全高度化 ・廃炉に向けたガラス固化体, デブリ等の基礎研究推進

【研究開発の社会的意義】

SDGsや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・エネルギーの有効利用(3R)が極めて重要である。核燃料サイクルにおける抽出剤開発、放射線廃棄物の放射能のエネルギー利用などの原子力技術は、原子力レガシーの解決に止まらず、都市鉱山の開発、各種省エネデバイス、その他、新機能材料開発への応用が可能である。また、これらの知見は1F廃炉・福島環境回復へも大きく貢献する。

③



1-2: 中長期並びにR3年度計画



放射光エネルギー材料研究ディビジョン

【中長期計画】

- (1) 中性子や放射光を利用して、原子力科学研究(アクチノイド基礎科学)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を行う。
- (2) 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う。
- (3) 廃炉・廃棄物処理や安全性向上に貢献する。

【R3年度計画】

- (1)放射光とレーザーを活用し、MAの分離技術開発を進める。また、軟X線ARPES・XMCDによるウランや希土類化合物のバンド構造、フェルミオロジー、磁性状態の解明を行う。
- (2)大型回折装置とXAFS測定装置を併用し、同一試料を用いた複眼的解析技術を確立させる。またR2年度に開発した複雑系解析技術も適用して、原子炉内や環境中のCsの移行挙動の解明、ガラス固化体の構造解析による健全性の評価、模擬デブリ解析等を実施する。

④

1. 研究開発の概要
2. 施設の現状及び利用状況
3. R3年度の研究成果
4. 現中長計のまとめと展望

⑤



2-1: 大型放射光施設SPring-8の概要



SPring-8
Super Photon ring 8 GeV

X線自由電子レーザー施設 SACLA

シンクロトロン: 電子を加速(1→8GeV)

線形加速器: 電子の発生・加速 (0→1GeV)

放射光物性研究棟

蓄積リング: 電子を一定エネルギーで周回させ放射光を発生(8GeV)

**BL22XU
BL23SU
設置エリア**

実験棟

**BL14B1
設置エリア**

**BL11XU
設置エリア**

**JAEAは
BL22XU
BL23SU
を中心に
研究展開**

**QSTに移管
(2016～)
BL14B1
BL11XU**

- 設置場所: 兵庫県 播磨科学研都市(たつの市・佐用町・上郡町) ● 敷地面積: 141ha(東京ドーム球場の約30倍)
- 建設時期: 平成3年～9年(平成9年10月に供用開始)
- 建設費用: 約1,100億円(供用開始時) ※用地は兵庫県が提供
- 施設設置者: 理化学研究所(日本原子力研究所)
- 施設運転管理・利用者選定・支援: 公益財団法人 高輝度光科学研究センター(JASRI)
- スタッフ数(2020年度) 理研: 171人 JASRI: 275人
- 年間運転時間(2020年度実績): 蓄積リング運転時間: 5,205時間 ユーザー運転時間: 4,309時間
- 年間利用者数(2019年度→2020年度実績): 15,870人→9,171人
- 年間利用研究実施課題数(2019年度→2020年度実績): 2,201件→1,321件

⑥

2-2: 実験装置移設後の現在のRI実験棟

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



RI実験棟

1Fデブリ等の複雑系試料の解析に対応するため、マイクロビームを活用したイメージング技術を中心に**RI実験棟**の実験装置の集約・高度化を行った(BL22XU, BL23SU)。また、BL14B1のDXAFSは移設不可能であり、QSTと連携して研究を実施している。

蓄積リング棟

BL23SU
軟X線

BL22XU
硬X線

表面科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。

RI実験棟

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)



元素選択的に磁性の情報を得る。

走査型軟X線顕微鏡 (STXM)



都市鉱山からの資源回収等、極微量の分析を行う。

硬X線光電子分光装置 (HAXPES)



試料のより深い場所からの光電子の情報を得る。

XAFS測定装置 (可搬型KBミラー)



機能材料、環境試料の高分解能解析を行う。

応カイメージング測定装置



材料の内部歪み、応力分布を知る。

カップ型多輪回折計



X線CT、粉末試料の構造、電気化学反応の解析などに適用。

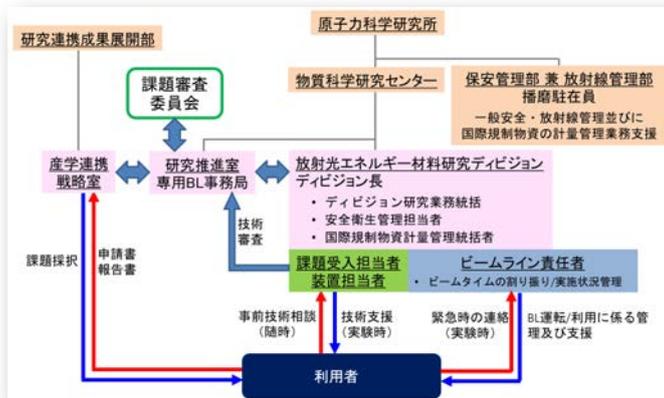
⑦

2-3: 外部ユーザーによる施設利用

○ナノプラットフォーム課題(成果公開型)

JAEAとQSTは文科省ナノテクノロジープラットフォーム事業を受託し、微細構造解析プラットフォームの実施機関として、大学、企業等と共同研究を行っている(3年以内論文を公表する)。なお、本事業はR3年度より、マテリアル先端リサーチインフラ事業の「革新的なエネルギー変換を可能とするマテリアル領域」(東大・広島大・JAEA)に参画している。

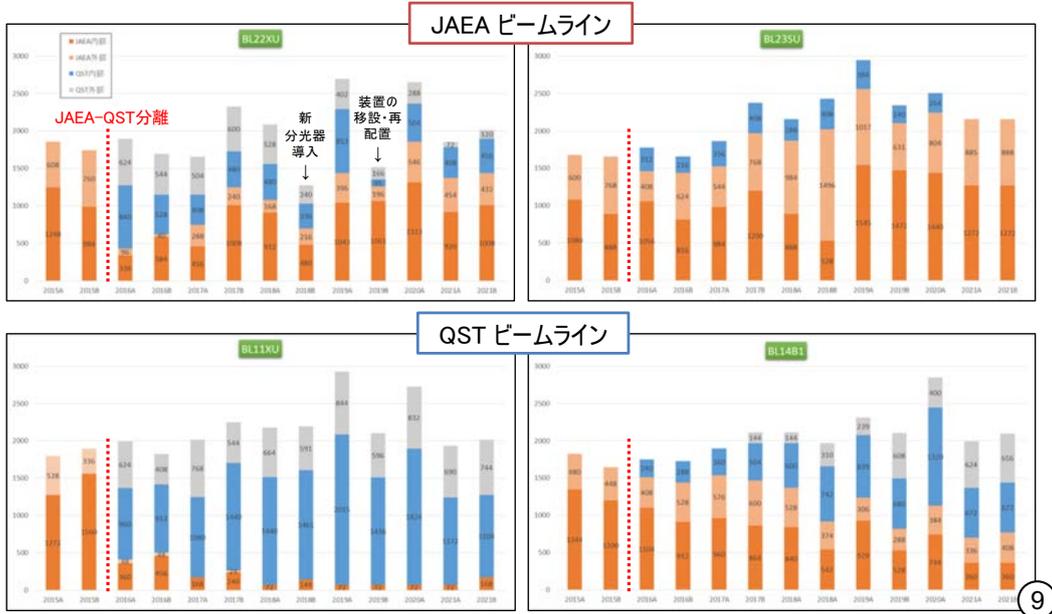
○JAEA施設供用(成果占有型)



⑧



2-4: 放射光利用状況(時間)



1. 研究開発の概要
2. 施設の現状及び利用状況
3. R3年度の研究成果
4. 現中長計のまとめと展望

各研究開発課題のR3年度実施状況 (1)

KPI目標	実績(10月末現在)
第一著者として論文投稿又は学会発表: 20人	14人
プレス発表: 3件	1件(うち外部機関主体1件)

年度実施計画(担当G)	実施状況
<p>(アクチノイド化学研究G) (1) 放射光とレーザーを活用し、MAの分離技術開発を進める。また、軟X線ARPES・XMCDによるウランや希土類化合物のバンド構造、フェルミオロジー、磁性状態の解明を行う。</p> <p>(2) 大型回折装置とXAFS測定装置を併用し、同一試料を用いた複眼的解析技術を確立させる。またR2年度に開発した複雑系解析技術も適用して、原子炉内や環境中のCsの移行挙動の解明、ガラス固化体の構造解析による健全性の評価、模擬デブリ解析等を実施する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> レーザーを用いた共鳴多光子励起によりAm(III)からAm(V)への酸化を観測した。5f電子系元素での共鳴多光子酸化還元を観測は世界初であり、MAの精密相互分離技術開拓に繋がる重要な成果である。(p. 14) 分離抽出剤開発では鑄型分離法のメカニズム解明のためのNMR測定及び4座配位の新規PTA系配位子PTdAの評価を行った。また、独自開発の配位子TONAADAの社会実装に向けて企業との連携を進めた。 大阪大学、東京大学、情報システムセンターと連携して世界初のラジウムのXAFS測定を行い、錯体構造に関する知見を得た。 放射光XPS表面分析装置などにより銅単結晶表面の酸化反応や酸化チタン表面の酸素欠陥制御に関する新たな知見を得た。 STXM測定系の改善に取り組み、ランタノイド鑄型錯体のXAFSスペクトルの測定に成功した。 福島各地の実土壌に対して放射性セシウムの脱離試験を実施し、陽イオン添加ボールミル粉碎により80%を超える脱離率を計測した。 土壌からの熱電材料創成を目指した研究では、セシウム吸着風化黒雲母の熱電物性(ゼーベック係数、導電率、熱拡散率)評価技術を確立した。 1F原子炉内の環境を模擬したXAFS測定により、Uの電子状態を評価し、Uの安定性に関する知見を得た。

11

各研究開発課題のR3年度実施状況 (2)

年度実施計画(担当G)	実施状況
<p>(環境・構造物性研究G) (2) 大型回折装置とXAFS測定装置を併用し、同一試料を用いた複眼的解析技術を確立させる。またR2年度に開発した複雑系解析技術も適用して、原子炉内や環境中のCsの移行挙動の解明、ガラス固化体の構造解析による健全性の評価、模擬デブリ解析等を実施する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 回折実験とXAFSからHAXPESやSTXMへと同じサンプルでの実験が可能か実験を進めている。PDFとSTXMの試料の共通化を進めた。 XAFSでは電池の充放電観測のためのボルタンメトリー、水素吸蔵合金や触媒の雰囲気制御のためのQ-massなどを時分割XAFS実験の際に同時に計測するシステムを完成させた。 チタン酸バリウムのナノキューブが強誘電体であることを構造的に実証した。(p. 15) フェリ磁性体がマルチ熱電効果により、固体熱制御材料となることを実証した。(p. 16)
<p>(放射光分析技術開発G) (2) 大型回折装置とXAFS測定装置を併用し、同一試料を用いた複眼的解析技術を確立させる。またR2年度に開発した複雑系解析技術も適用して、原子炉内や環境中のCsの移行挙動の解明、ガラス固化体の構造解析による健全性の評価、模擬デブリ解析等を実施する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 2本の専用ビームラインの維持管理を滞りなく行いながら、RI実験棟の許認可申請に対応するべく、同棟内の整備を推進した。 ピンホールカメラの原理を応用した高速XAFS測定手法を開発した。 R2年度に開発したKBミラーにより作られるマイクロビームを使用した分析を推進した。模擬デブリ中のセリウムを対象とした測定(廃炉環境国際共同研究センターとの協力)、ガラス固化体で課題になっているイエローフェーズを対象とした測定(再処理廃止措置技術開発センターとの協力)に着手し、約1 μmに絞られたビームによる効果を確認できた。

12

各研究開発課題のR3年度実施状況 (3)

年度実施計画(担当G)	実施状況
<p>(電子構造物性研究G) (1) 放射光とレーザーを活用し、MAの分離技術開発を進める。また、軟X線ARPES・XMCDによるウランや希土類化合物のバンド構造、フェルミオロジー、磁性状態の解明を行う。</p> <p>(2) 大型回折装置とXAFS測定装置を併用し、同一試料を用いた複眼的解析技術を確立させる。またR2年度に開発した複雑系解析技術も適用して、原子炉内や環境中のCsの移行挙動の解明、ガラス固化体の構造解析による健全性の評価、模擬デブリ解析等を実施する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 3次元ARPESにより、隠れた秩序転移と超伝導を示すURu_2Si_2の電子状態を明らかにした。(p. 17) ARPESにより、価数揺動を示す$EuNi_2P_2$の電子状態とEuの価数状態を明らかにした。 XMCDにより、超格子中において圧力制御をした磁性超薄膜の磁性状態を明らかにした。 大洗研究所(FMF)に実験室光源を用いたHAXPES装置を移設・整備し、1F建屋内で採取した燃料由来ウランを含有した微粒子の化学状態分析を開始した。

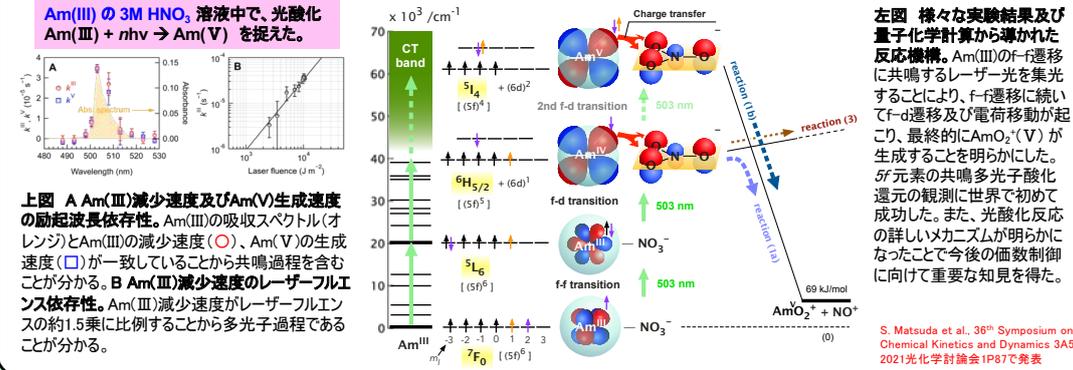
13

放射光エネルギー材料研究ディビジョン

代表的成果(1):アクチノイドの共鳴多光子励起により価数変化を起こすことに成功

研究目的: 共鳴多光子励起によりアクチノイドなどf電子系元素に対する価数制御を実現できれば革新的分離原理となる可能性がある。まずは、実際に光酸化もしくは還元が起きる条件を見出すことを目指す。

背景: 化学的手法によるf電子系元素同士の相互分離は容易ではない。一方、可視光領域の吸収スペクトルは正確に元素峻別が可能な線幅の狭い多数のピークで構成されており、光励起を利用した精密分離の可能性を予感させる。しかし、1光子励起では光子エネルギーが足りず化学反応を起こせなかった。そこで、集光レーザービームにより共鳴多光子励起を起こすことで、高い元素選択性を保持したまま価数を変化させることを試みた。



今後の計画: f電子系元素の価数を可視光で変化させることにより、混合溶液中で特定の元素を狙い撃ちにした錯体生成反応を起こしAm/Cm等の難分離性元素同士の精密相互分離を実証する。

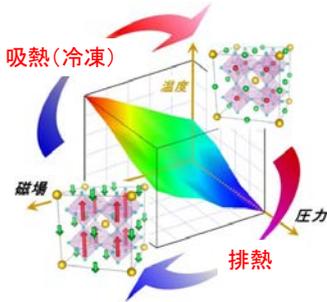
14

放射光エネルギー材料研究ディビジョン

代表的成果(2): 複数のパラメーターを利用して高効率な冷凍法を提供する新奇酸化物材料の発見

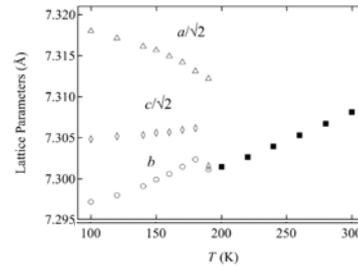
研究目的: 従来のガス圧縮式冷却よりも効率が高い、固体の熱量効果を利用した新奇な材料を開拓し、環境・エネルギー研究に寄与する。

背景: 世界の電力消費の25~30%は冷却に使われており、高効率な冷却・冷凍法の開発は環境・エネルギー問題の解決において重要である。



マルチ熱量効果を示すためには、詳細な磁化率の変化と構造歪みを分析する必要がある。構造歪と磁気転移が同じ温度(190 K)で起こるため、2つの異なる秩序を使った高効率な冷凍が可能となる。

本試料は磁気及び歪みによる熱量効果が比較的大きく、環境負荷が小さい特徴がある。



電荷転移を示すフェリ磁性酸化物 $\text{BiCu}_3\text{Cr}_4\text{O}_{12}$ が2つの異なる外場で熱量効果(=マルチ熱量効果)を示すことを見出した。磁性と歪みという2つの秩序(パラメーター)を利用することにより、高効率な冷凍材料を設計する新たな開発指針を示した。

Y. Kosugi (京大) et al., *Scientific Report* 11, 12682 (2021) 掲載、プレスリリース(2021年6月18日)

今後の計画: X線吸収分光などの手法を活用し、各元素の歪みと冷凍性能の情報などから、さらに冷凍効率の高い新物質探索を行う。上記系は磁性を持つことから、中性子との相補利用による研究展開を行う。

15

放射光エネルギー材料研究ディビジョン

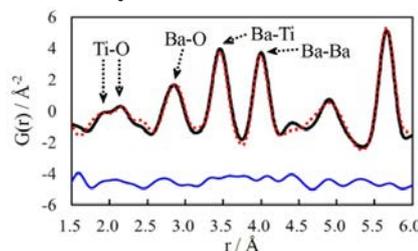
代表的成果(3): 放射光、中性子、走査型電子顕微鏡の相補的利用によるナノスケール構造解析

研究目的: 粒子表面が再構成されたチタン酸バリウムのナノキューブの構造解析を行い、強誘電性発現のメカニズムを解明する。

背景: 一般的に、チタン酸バリウム(BaTiO_3)はサイズ効果により、小さい粒径では立方晶となることが知られているが、 $80^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ の低温で核成長を制御して作成された BaTiO_3 ナノキューブ(37nm)は、正方晶となって強誘電性を示す。



BaTiO_3 粒子表面の電子顕微鏡観察により、最表面は2層のTiカラムで覆われていることが分かった。



放射光によるPDF(2体相関関数)解析では、 TiO_6 八面体の歪みに相当する2本のTi-O結合とBa原子変位を伴った複数の原子間距離を考慮してフィッティングすることができた。

ナノキューブの表面は再構成され、Tiカラム層で覆われていることが分かった。一方、内部の構造は強誘電性の起源となる結晶構造の歪みが存在していることが分かった。

K. Nakashima (茨城大) et al., *ACS Omega* 2021, 6, 14, 9410-9425 掲載、プレスリリース(2021年3月31日)

今後の計画: 粒子表面への格子欠陥の導入による原子配列の制御を行い、誘電特性の高性能化、高性能小型電子デバイスの開発へつなげる。更に放射光STXMにより、ナノスケールでの電子状態分布も明らかにしていく。

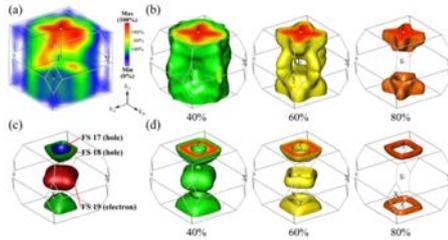
16

放射光エネルギー材料研究ディビジョン

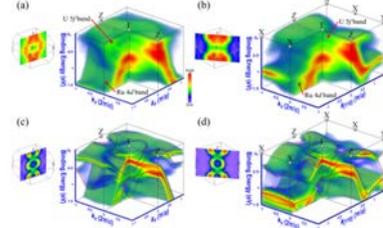
代表的成果(4):ウラン化合物の3次元的な電子状態を明らかにすることに成功

研究目的: 新たに開発を行った3次元角度分解光電子分光を、「隠れた秩序」転移を示すウラン化合物超伝導体 URu_2Si_2 に対して適用し、その立体的な電子状態を明らかにする。

背景: 従来は2次元的な測定が主であった角度分解光電子分光測定を3次元的に拡張し、物性物理学における35年来の謎である「隠れた秩序」転移を示す URu_2Si_2 に適用して、その3次元的な電子構造を初めて明らかにした。



3次元ARPES法によって可視化したフェルミ面の電子状態
 実験データ(上段)とバンド計算(下段)の比較。3次元的な電子構造を持つことが明らかとなり、バンド計算によって定性的に説明できることが明らかとなった。



Copyright 2021 By IOP Publishing

3次元ARPES法によって可視化したバンド構造
 実験データ(上段)とバンド計算(下段)の比較。U 5fバンドとRu 4dバンドが3次元的に混成し、U 5f電子は3次元的なバンド構造を形成していることが明らかとなった。

理論計算との比較を行って、「隠れた秩序」転移の解明に必要な電子構造のモデル構築に繋がった。

S. Fujimori et al., *Electronic Structure* 3, 024008 (2021) (Electronic Structure of 4f and 5f Systems 特集号) 掲載

今後の計画: 今回開発を行った3次元角度分解光電子分光をウラン化合物のみならず、様々な物質系にも適用し、その電子状態を明らかにして物性の起源の解明に繋げる。

17

1. 研究開発の概要

2. 施設の現状及び利用状況

3. R3年度の研究成果

4. 現中長計のまとめと展望

18



4-1: 中長期における成果(見込を含む)



【中長期計画】

- (1) 中性子や放射光を利用して、原子力科学研究(アクチノイド基礎科学)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を行う。
- (2) 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う。
- (3) 廃炉・廃棄物処理や安全性向上に貢献する。
- (4) その他、JAEA2050+に則るイノベティブな研究

【成果一覧(見込を含む)】

- (1a) 高レベル廃液処理のためのアクチノイド分離剤の開発
- (1b) レーザー多光子励起による分離法の開発
- (1c) 種々のU化合物の電子状態の解明
- (2) 福島県土壌中のセシウムの吸着脱離メカニズムの解明と減容法の開発
- (3a) 1Fデブリ解析のための研究開発(播磨SPring-8, 大洗FMF)
- (3b) 無電源で稼働する水素処理装置PARの開発
- (3c) ガラス固化体の健全性評価法の開発
- (4) 新しい機能材料・物性発現メカニズムの解明



- 有用元素のリサイクルと利活用
- 新機能性材料設計への指針
- 廃棄物の健全性と安全性の向上

19



4-2: 放射光エネルギー材料研究ディジョンの展望と課題



JAEA2050+の考え方に則り、以下のように研究の3本柱に沿って進める。同時に、マテリアル先端リサーチインフラ事業を推進し、DX化に積極的に取り組む。

(1) アクチノイド基礎科学

更なる高効率・高選択性の元素分離法の開発とリサイクル研究、放射性物質の環境挙動研究を推進するとともに、核医学などの新しい研究分野を開拓する。また、ウラン等を含む固体の磁性・電子状態の解明を進め、新しい機能性材料の開発に資する。

(2) 環境・エネルギー材料研究

放射性廃棄物からの放射線エネルギーを廃熱回生や電気へ直接変換するための固体素子等の特性評価・開発を行う。

(3) 福島事故回復に資する研究(廃炉に資する研究を含む)

今後、大洗・東海・播磨が連携し、1Fデブリの放射光解析を行い、安全な廃炉に貢献する。ガラス固化体や水素再結合触媒の研究は継続し、複合材料の健全性評価、来たるべき水素社会の安全性向上に貢献する。

20



物質・生命科学ディビジョンに おける中性子利用研究

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

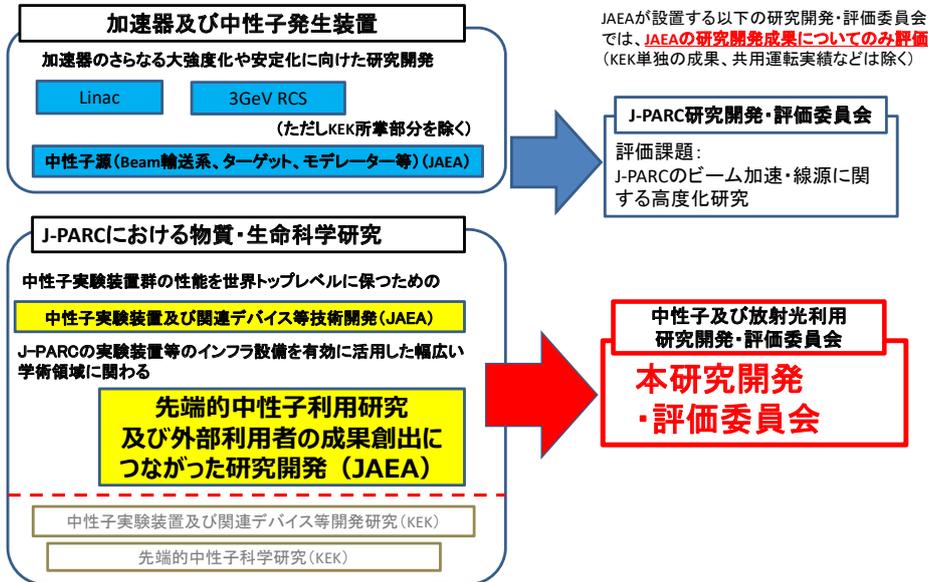


1. 研究開発・評価委員会の所掌範囲について
2. 第3期中長期計画概要
3. 第3期中長期目標期間中の実績
4. 第3期中長期目標期間中の自己評価
5. 2021年度の活動状況
6. 2021年度の自己評価
7. 参考資料

2



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



3



第3期中長期計画概要



第3期中長期計画より抜粋

高エネルギー加速器研究機構(KEK)と共同で運営する① J-PARC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②物質科学などに関わる先端的研究を実施する。

実施に当たっては、科学的意義や出口を意識した③社会的ニーズの高い研究開発に取り組み、④機構内の研究センター・研究拠点間の協働を促進し、⑤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⑥国の公募事業への参画も目指す。

次頁以降、①～⑥にかかる代表的な実績について説明する。

4



第3期中長期目標期間中の実績

2015年度～2021年度

5



第3期に設定した4つの重点研究エリア



中性子の特徴を活かした、サイエンス及び産業利用にインパクトのある分野を先導

1 ハードマター分野

応用分野

MLFの分光器
(強い強度と広いダイナミックレンジ)

BL01 SHIRAZ BL02 DNA BL14 AMATERAS BL11 PLANET

2 非晶質・ソフトマター分野

応用分野

MLFの分光器
(広いQ領域とスローダイナミクス)

BL15 TAIKAN BL02 DNA BL17 SHARAKU

3 エネルギー材料分野

応用分野

MLFの分光器
(高分解能と高強度)

BL02 DNA BL18 SENJU BL17 SHARAKU

4 工学材料分野

応用分野

MLFの分光器
(広範囲な試料環境と高効率測定)

BL19 TAKUMI BL22 RADEN BL15 TAIKAN

6



第3期における主な成果



1 ハードマター分野

- 超伝導体中の特異な磁気励起の観測
Scientific Report (2016)
- フラストレーションと量子効果が織りなす新奇な磁気励起の全体像を中性子散乱で観測
Nature Communications (2017)
- 地球深部で含水鉱物における水素結合の対称化を初めて直接観察
Scientific Report (2018)
- 量子磁性体でのトポロジカル準粒子の観測に成功
Nature Communications (2019)
- 低温高圧下で新しい氷の相(氷XIX)を発見
Nature Communications (2021)

2 非晶質・ソフトマター分野

- タイヤゴムの飛躍的な性能向上
Journal of Physics (2015)
- シリコンを使わない太陽電池の設計に道筋
Nature Communications (2018)
- 液体の振舞いが熱電材料の高性能化の鍵に
Nature Materials (2018)
- 固体冷媒を用いた新しい冷却技術の開発
Nature (2019)
- 中性子で人工ガラス膜境界面の意外な機能「高い接合性」に迫る
Polymers (2020)

3 エネルギー材料分野

- 固体電解質内Liイオン伝導の直接観察
Physical Review Applied (2015)
- 中性子と計算機を相補的に利用したイオン液体のイオン伝導機構の解明
J. Phys. Chem. Letter (2017)
- アパタイト型酸化物イオン伝導体における高イオン伝導度の要因を解明
J. Mater. Chem. A (2018)

4 工学材料分野

- 先端鉄鋼のTRIP鋼の特性を中性子回折で解析
Scientific Report (2017)
- 3次元中性子偏極度解析を用いた磁場イメージング技術の開発と応用
Scientific Report (2018)
- 周期的に変化する外場に対する物質構造の応答を観測する手法の開発
J. Appl. Cryst. (2018)
- 鑄鉄が強化されるメカニズムを大強度中性子ビームで解明
Acta Materialia (2020)



第3期における研究開発の展開



	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
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)	ハイトロピー合金メカニズム Science Adv. (BL19)	磁気ボンビークの観測 Scientific Rep. (BL14)	
施策	第3期プロジェクト課題 10件			第4期プロジェクト課題 8件			第5期プロジェクト課題 5件	
体制	職員:18人 PD+学生:5人	職員:19人 PD+学生:8人	職員:19人 PD+学生:9人	職員:21人 PD+学生:6人	職員:22人 PD+学生:9人	職員:21人 PD+学生:11人	職員:22人 PD+学生:15人	
装置整備	中性子源不具合	200kW	150kW	300kW	400kW	500kW	600kW	700kW
	▼ BL22 螺釘ユーザー供用開始 ▼ BL19 匠ストロボスコピック測定	▼ BL04 ANNRI TOF-PGA解析	▼ BL10 NOBORU 白色ホログラフィ	▼ BL17 写実二次元MWPC検出器実装	▼ 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	▼ BL15大鏡検出器80%整備 ▼ BL02 DNA: Si111アナライザフル整備	▼ BL17写実反射率イメージング ▼ 遠隔化・自動化の進展	

JAEA 高エネルギー効率モーターの開発に貢献
 — 第3期における代表的成果 ① —



① J-PRAC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

電気モーターの課題:

設計で予測した効率を製品が実現しない

⇒ 実製品が発する漏洩磁場の評価技術が必要



国内電力の
57%を消費

損失: 563億 kWh/年
 ⇒ 1%の効率改善により、
 CO₂排出量 210万トン/年
 の削減効果

中性子磁気イメージングによる稼働状態のモーターが発する漏洩磁場の観察

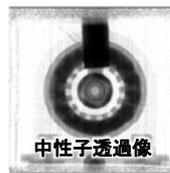


BL22 RADEN
(螺綫)

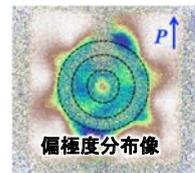
廣井 他, J. Phys.: Conference
 Series 862 (2017) 012008



小型モデルモーター



中性子透過像



偏極度分布像

本実験で得られた磁場情報は、メーカーでの磁場設計モデルの高度化に活用され、新製品の開発を加速



実製品の稼働状態下での漏洩磁場を可視化(世界初の手法開発)

⇒ 主なエネルギー損失要因の定量的評価につながるデータを取得

9

JAEA 固体冷媒を用いた新しい冷却技術に貢献
 — 第3期における代表的成果 ② —



② 物質科学などに関わる先端的研究

LETTER Nature 567, 506–510 (2019)

被引用数: 110 <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1042-5>

Colossal barocaloric effects in plastic crystals

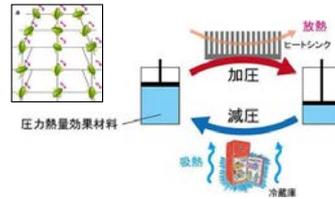
Bing Li¹, Akihiro Kawakita¹, Shih Ohira¹, Kazumasa Takeshi Sugahara¹, Hai Wang^{1,2}, Jingfan Wang¹, Yunya Chen¹, Saori I. Kawaguchi¹, Shogo Kawaguchi¹, Koji Ohara¹, Kuo Li¹, Dehong Yu¹, Richard Mole³, Takao Hattori¹, Tatsuya Kikuchi¹, Shin-ichiro Yano¹, Zhao Zhang^{1,2}, Zhe Zhang^{1,2}, Weijun Ren¹, Shangchao Lin^{1,2}, Osami Sakata¹, Kenji Nakajima¹, Zhidong Zhang¹

圧力によって吸熱・発熱が誘発される物質が重要



柔粘性結晶の圧力効果に着目

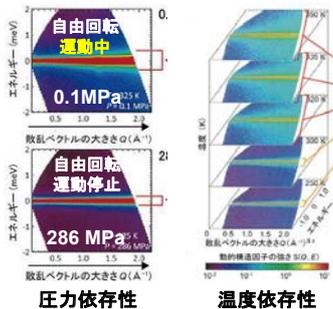
※ 結晶内で分子は規則正しく並ぶが、
 各々の位置で分子は重心を中心に自由
 に回転する物質



中性子弾性散乱実験による柔粘性結晶のダイナミクス解析



BL14
AMATERAS



圧力依存性

温度依存性



柔粘性結晶の巨大圧力熱量効果メカニズム解明(学術的成果)

⇒ 環境にやさしい次世代冷却技術への応用に貢献(社会的成果)

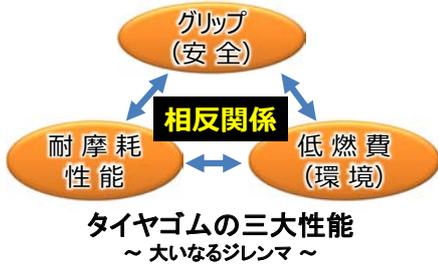
10



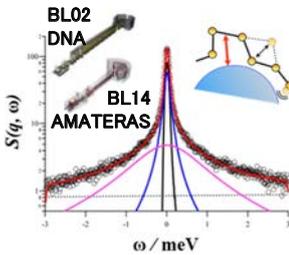
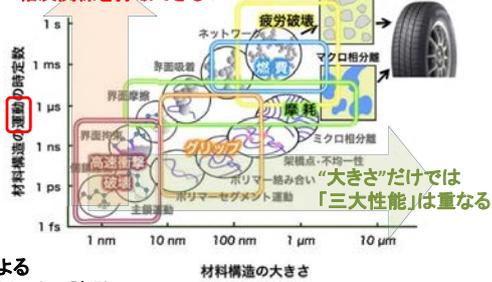
タイヤ用新材料開発技術確立に貢献 — 第3期における代表的成果 ③ —



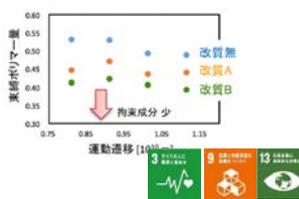
③ 社会的にニーズの高い研究開発



“運動”の視点を加えることで
相反関係を打破できる!



中性子準弾性散乱実験による
「シリカ界面ポリマーのダイナミクス計測」



J-PARC利用成果によるエコタイヤ製品化

11



福島第一原子力発電所(1F)廃炉への貢献 — 第3期における代表的成果 ④ —

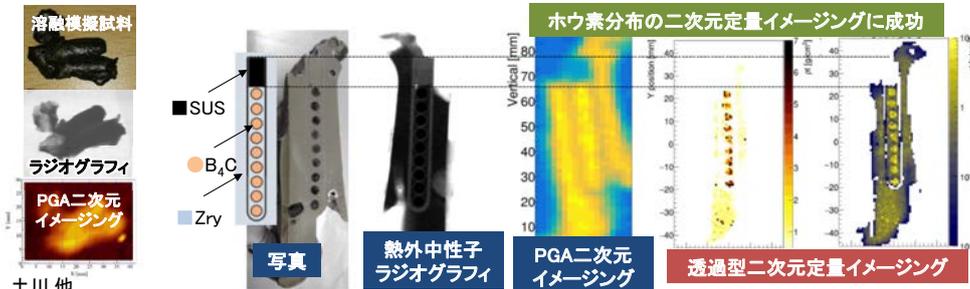


④ 機構内の研究センター・研究拠点間の協働

機構内プログラム 1F廃炉研究開発推進費『基盤型廃炉研究開発プログラム』

「エネルギー分析型中性子イメージング及び即発γ線の同時測定による溶融模擬燃料集合体中のホウ素の三次元分布可視化技術の開発」(代表: 甲斐哲也)

共同研究: JAEA福島研究開発部門 廃炉国際共同研究センター
JAEA高速炉・新型炉研究開発部門 高速炉基盤技術開発部



土川 他

JPS Conf. Proc., 011074 (2021)

中性子イメージング技術の高度化により1F廃炉作業に
重要となるデブリ中ホウ素の分布予測に貢献

12



国内連携の状況 — 第3期における代表的成果 ⑤ —



⑤ 国内外の大学、研究機関、産業界等との連携

住友ゴム: 中性子散乱測定手法の開発とその高機能材料研究への展開

外来研究員: 1名

J-PRAC / 住友ゴムフェローシップ 任期付研究員の募集

豊田中研: 燃料電池およびPCUに関する中性子応用特性評価技術 イメージング、小角散乱、準弾性散乱、反射率

特定課題推進員: 2名、外来研究員: 2名

NIMS: 中性子散乱を利用した無機材料酸化物の物性

QENS エネルギー幅

NEDO燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業

KEK委託業務「共通課題解決型基盤技術開発 / プラットフォーム材料の解析及び解析技術の高度化の技術開発」の中で、「中性子イメージングによる水分分布の計測」研究課題を実施する。

2015～2021年度: 共同研究契約 20件、受託研究 3件



国際連携の状況 — 第3期における代表的成果 ⑤ —



⑤ 国内外の大学、研究機関、産業界等との連携

ANSTO-J-PARC Collaboration

研究協力に関する覚書手交式 (豪州マンリー) 2015年7月

1st WS for MOU, 東海 2016年3月

ANSTO 重水素化施設NDFへ若手研究者派遣 2017年1～3月

DNAとEMUの間の装置担当者の相互訪問 2019年7月 EMUへ 2019年10、11月 DNAへ

ESS-J-PARC Collaboration

Report on J-PRAC - ESS collaboration workshop 2016/6/1-6/2 J-PRAC, Japan

研究協力に関する覚書手交式 2017年7月9日

第2回 (スウェーデン Lund) 2018年1月18日～20日

第3回 (J-PRAC) 2018年11月13日～15日



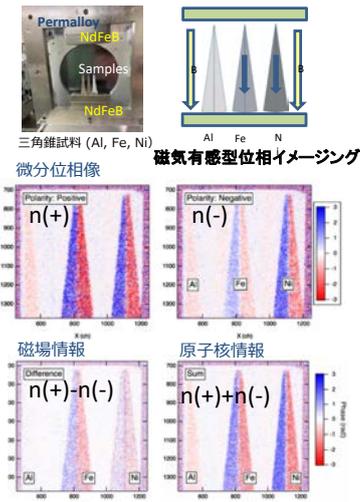
国の公募事業への参画状況 — 第3期における代表的成果 ⑥ —



⑥ 国の公募事業への参画

ERATO 百生量子ビーム位相イメージングプロジェクト「中性子線位相イメージング技術の開発」H27-R01

光・量子科学研究拠点形成に向けた基盤技術開発「光・量子融合連携研究開発プログラム」H25-H29

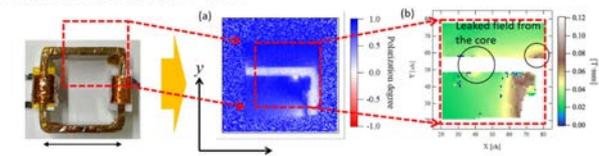


【代表機関】 JAEA
【参画機関】 北海道大学、東京都市大学、トヨタ自動車、日立製作所、KEK

「実用製品中の熱・構造、磁気、元素の直接観測による革新エネルギー機器の実現」



RO RADENでの交流磁場イメージング



NEDO 燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」R02-R04(06)

KEK委託業務「共通課題解決型基盤技術開発プラットフォーム材料の解析及び解析技術の高度化の技術開発」の中で、「中性子イメージングによる水分分布の計測」研究課題を実施する。



15



第3期における人材の活用と育成



積極的な人材登用

- 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)

AONSA Young Research Fellow 受入

- Saleh, Adel, Ahmed (豪州 ウーロンゴン大)
2017/10/1-2017/12/24 @BL19
- Xingxing Zhang (中国 中国科学院)
2018/11/1-2018/12/27 @BL19
- Chi-Hung Lee (台湾 国立中央大)
2020/2/3-2020/2/26 @BL14

若手キャリアアップ支援にも貢献

- 菊地 龍弥: JAEA任期付研究員
→ (2017年度) 住友ゴム工業株式会社
- リ ビン: JAEA博士研究員
→ (2018年度) 中国科学院・教授
- スー ユツファ: JAEA特定課題推進員
→ (2018年度) JAEA共通技術開発セクション
- 上野 若菜: JAEA特定課題推進員
→ (2018年度) マイクロンメモリジャパン合同会社
- 山下 享介: JAEA博士研究員
→ (2020年度) 大阪大学接合科学研・助教
- 關 義親: JAEA特定課題推進員
→ (2020年度) 大阪電通大・特任准教授

特別講義・公開講座

- 大阪府立大 (2016)
- 名古屋大 (2016, 2017)
- 茨城高専 (2017)
- 鹿児島大 (2017)
- 茨城大 (2018-2021)
- 岐阜大 (2018)
- 分子研 (2018)
- 大阪大 (2018)
- 筑波大 (2019)
- 早稲田大 (2021)

客員研究員

- 村井 直樹: 理研・客員研究員
2018/4/1-2019/3/31
- 河村 聖子: 理研・客員研究員
2018/4/1-2022/3/31
- 稲村 泰弘: 東大物性研・客員准教授
2021/4/1-2022/3/31

クロスアポイントメント

- 青木 裕之: KEK・特別教授 2019/10-
- 佐野 亜沙美: KEK・特別教授 2019/4 -



第3期における表彰実績



日本原子力研究開発機構理事長表彰 研究開発功績賞

- 2015/11 超高圧中性子回折装置による高温高圧中性子回折実験の実現 (服部・佐野、他)
- 2016/11 J-PARC工学材料回折装置の設計・建設・先導研究の完遂 (ハルヨ・川崎、他)
- 2017/11 ダイナミクス解析装置DNAの建設とそれによる先導研究 (川北・柴田、他)
- 2018/10 エネルギー分析型中性子イメージング装置の建設と先導研究 (及川・篠原・甲斐・廣井)
- 2019/10 J-PARC大強度中性子実験計算環境開発研究の完遂 (稲村、他)

学協会表彰

- 2016/9 高分子学会 学術賞 (青木)
- 2018/9 国際中性子放射線学会 WCNR-11 Poster Award (廣井)
- 2020/3 日本鉄鋼協会 澤村論文賞 (ハルヨ・川崎、他)
- 2021/8 日本結晶学会 学術賞 (大原)

2021年度日本結晶学会学会賞受賞者決定のお知らせ

2021.08.31

日本結晶学会会長

2021年度日本結晶学会学会賞受賞者決定のお知らせ

学術賞

大原典子氏 (日本原子力研究開発機構 J-PRACセンター 研究員)

「超短時間高分解能中性子回折法による有機分子構造の高精度解析」



日本中性子科学会表彰

- 2015/12 技術賞 (服部・佐野、他)
- 2016/12 技術賞 (柴田・川北)
- 2018/12 奨励賞 (川崎)
- 2018/12 波紋 President Choice (篠原・甲斐、他)
- 2019/12 功績賞 (新井 元中性子利用Sc・リーダー)
- 2019/12 奨励賞 (Bing Li 元中性子利用Sc・博士研究員)
- 2020/11 技術賞 (及川、他)



2019年12月10日、日本中性子科学会第12回年次大会において、2019年度日本中性子科学会功績賞を受賞した新井元氏(左)と新井博氏(右)。



先鋒研明会長から表彰状を受け取る川崎卓郎氏

17



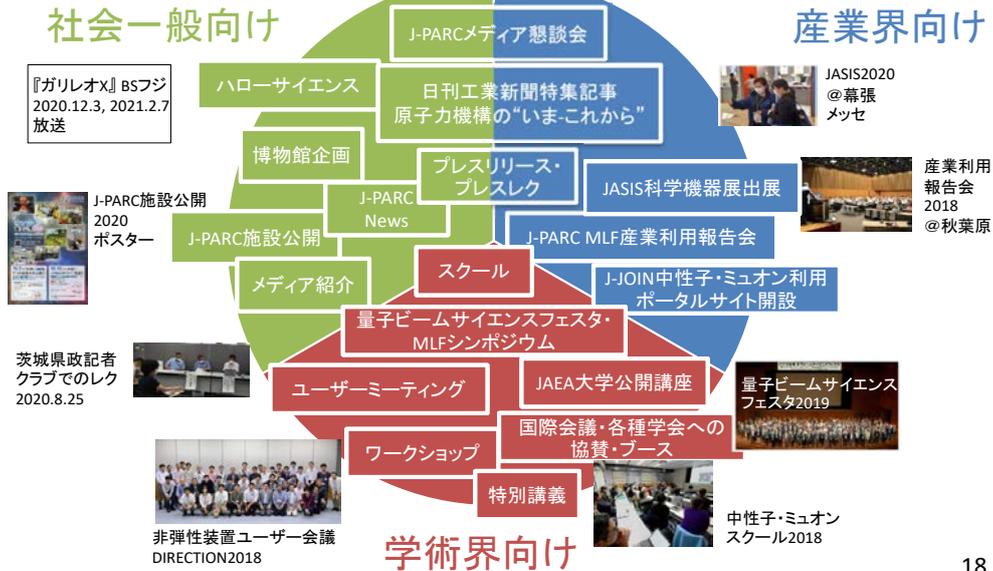
第3期に実施したアウトリーチ活動



積極的なアウトリーチ活動を継続的に展開

社会一般向け

産業界向け



18



第3期に実施した将来計画検討



MLF第2ターゲットステーションの検討

マスタープラン2017

「中心メンバーによる企画段階」として提出ヒアリングまで進んだが、「重点計画」に選ばれなかった。

マスタープラン2020

中性子科学会、中間子科学会の全面的協力
学会でのサイエンス検討WGの開催
施設での毎月の技術的検討会の開催
進捗報告と全体討議：MLF将来計画検討開催



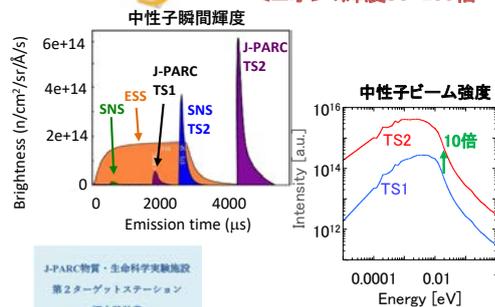
2019.3.22 概念設計書(113頁)の作成と公開

<http://j-parc.jp/researcher/MatLife/ja/publication/files/TS2CDR.pdf>

一体化した中性子・ミュオン標的



中性子：輝度20倍
ミュオン：輝度50~100倍



J-PRAC物質・生命科学実験施設
第2ターゲットステーション
概念設計書
(2019年3月22日)
第1.1版



第3期中長期目標期間の自己評価



研究開発の達成度：S

- ① 研究開発の達成度、当初の研究開発計画の妥当性
社会的ニーズの高い4つの重点分野を定め、パルス中性子を活かして、タイヤゴム製品性能の向上や、高エネルギーモーターの開発、福島第一原発の廃炉技術などの指針設計技術の開発に成功し、極めて顕著な成果が得られた。
- ② 研究開発成果の効果・効用の把握・普及の程度
中性子によって物質の構造と機能を解明し、材料開発の指針を創る手法により、耐摩耗性を200%向上させたエコタイヤ「エナセーブNEXTII」の商品開発につながった。本アプローチはさらにリチウム二次電池、固体冷媒など幅広い分野での材料開発設計指針の構築で進んでいる。
- ③ 人材育成に関する取組の妥当性、若手研究者の育成・支援への貢献
中性子・ミュオンスクール、産業利用成果報告会・研究会、ユーザーズミーティング、MLFシンポジウム、J-PRAC施設公開などを通じて、学術及び産業界の人材育成を図った。
- ④ 国内外他機関(原子力以外の分野を含む)との連携の妥当性
住友ゴム工業との「J-PRAC企業フェロウシップ」をはじめ、企業との組織対組織の共同研究、豪州ANSTO、欧州ESSなど大型研究施設との各層に亘る国際協力が相互に積極的に実施されている。
- ⑤ 研究開発成果の社会的意義
中性子による新しいイノベーション創出技術は、タイヤゴムの高性能化、リチウムイオン電池の高出力化・高エネルギー化、高効率モーター開発など、脱炭素化、グリーンイノベーションの科学技術政策に合致し、MLFは世界を牽引している。



2021年度の活動状況

－ 第4期中長期計画への助走 －

21



2021年度の研究活動概要

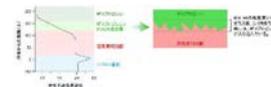
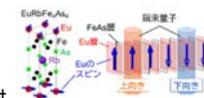
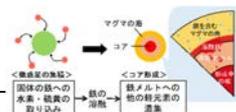


本年度も順調に研究成果を得ている

■ 査読付論文数：計64報（前回報告2021.2.26---2021.10）
（令和3年度 査読付論文数 29報）

■ プレス発表：5件

- 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－（2021.4.1 BL15）
- 化学的圧力で単結晶の欠陥を制御して最低熱伝導率を達成－中性子ホログラフィーでマグネシウム錫化合物にドーブしたホウ素の役割を解明－（2021.5.11 BL10）
- 地球形成初期、鉄への水素の溶け込みは硫黄に阻害されていた（2021.6.24 BL11）
- 超伝導体においてスピン配列の制御を実現－高速・低消費電力な超伝導メモリーなどへの応用に期待－（2021.9.7 BL18）
- 中性子で人工ガラス膜境界面の意外な機能「高い接合性」に迫る－偏極中性子反射率法によるガラスコーティング膜の非破壊精密分析－（2021.9.21 BL17）



■ 外部資金：31件、計76,047千円

- 学術研究助成基金助成金 9件 (20,532千円)
- 科学研究費補助金 19件 (32,636千円)
- その他共同研究契約収入 3件 (22,879千円)

22



2021年度の代表的成果 ①



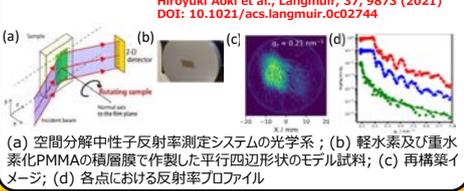
中性子反射率イメージング法の開発 —不均一な試料の微小領域に対する界面構造解析を可能に—

背景： 中性子反射率は薄膜状試料の表面・界面に対して法線方向の物質分布を評価する強力な手法であるが、その情報は数cm四方の領域の平均情報であり、面内方向に不均一性を有する試料に対する測定が不可能であった。

方策 2次元中性子検出器及びシート状に成形した入射中性子ビームを用いた空間分解中性子反射率計測法の開発とコンピュータグラフィックによって反射中性子によるイメージング技術を開発した。面内方向に0.6 mmの空間分解能での反射率イメージングに成功。様々なqでのイメージから反射率プロファイルを構築してSLD分布解析を行い、0.1 mm²の微小領域での界面構造解析を可能にした。

結果 様々なqでのイメージから反射率プロファイルを構築してSLD分布解析を行い、0.1 mm²の微小領域での界面構造解析を可能にした。

意義 不均一な界面に対する測定が実現し、従来では測定することが不可能であった様々な系に対して中性子反射率解析が適用可能となる。



今後： 光学系の最適化、信号処理における機械学習の導入により、計測の高速化・高分解能化を進め、電気化学分野、材料化学分野への応用展開を行う

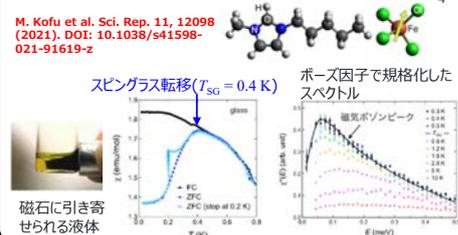
構造ガラス上で発現するスピングラス相の 磁気励起を中性子非弾性散乱により観測

背景： スピングラスは、ランダムネスとフラストレーションを有する広範囲の磁性体に遍在する。その特徴は複雑な磁気緩和現象であり、実験・理論両面から研究が進められてきた。一方、スピングラス状態の磁気励起についての知見は殆ど得られていない。

方策 磁性イオン液体は原子配置の乱れたガラス状態を形成し、低温でスピングラスを発現する。この構造ガラス上のスピングラスの磁気励起を中性子非弾性散乱により探査する。

成果 スピングラス転移温度以下で、ボース因子でスケールされる局所磁気励起を観測した。これは、構造ガラスにおける局所振動励起（ボソニック）と類似した特徴を有している。

意義 スピングラスで局所励起（磁気ボソニック）が存在することを示す重要な結果である。磁性イオン液体C4mimFeCl₄



今後： 他のスピングラス物質を調べ、局所磁気励起がスピングラスに普遍的な現象であるか明らかにする。

23



2021年度の代表的成果 ②



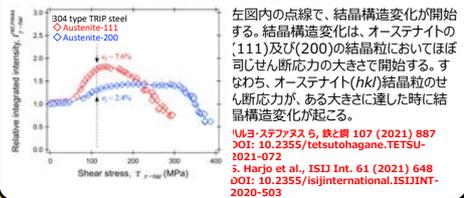
先端TRIP鋼の変形中の結晶構造変化挙動の解明 —変形中の内部応力が構造変化の駆動力—

背景： TRIP鋼は、含有している準安定なオーステナイト組織が変形中に結晶構造変化することで強度・延性が向上した先端鉄鋼材料である。変形中に発生した内部応力がオーステナイト組織の結晶方位にどのように分配し、また、結晶構造変化にどのように影響を及ぼすかに関する詳細は未解明であった。

方策 引張及びクリープ変形中のその場中性子回折実験を行い、オーステナイト組織内の結晶方位依存性の内部応力及び結晶構造変化量を定量的に評価し、両者の関係性を調べる。

結果 結晶構造変化の開始は、オーステナイト組織の結晶方位によらずほぼ同じせん断応力で起こる。

意義 TRIP鋼の変形中の結晶構造変化に関する新しい基礎知見を得たと同時に、機械特性がより優れた結晶構造変化を利用する鉄鋼材料の開発及びその応用への安全性の設計に資する。



今後： 変形中のその場中性子実験に試験片形状変化の同時観察を行い画像相関法により結晶構造変化が起こる場合の不均一変形を評価し、TRIP鋼の結晶構造変化に関する理解をより深めていく。

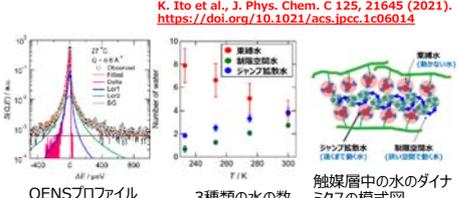
中性子準弾性散乱による 燃料電池触媒層中の水のダイナミクス

背景： 燃料電池の性能を向上させるためには、触媒層中の「プロトン」を反応場までいかに供給するか重要である。さらに、触媒層中のプロトンの動きやすさが発電性能を左右する。しかし、触媒担持カーボン表面を被覆するナフィオン薄膜中の水のダイナミクスは明らかになっていない。

方策 実際の燃料電池触媒層中の水のダイナミクスを中性子準弾性散乱(QENS)法で調べた。

結果 触媒層中の水には運動性の異なる3種類の水（束縛水・ジャンプ拡散水・制限空間水）が存在することを明らかにした。各成分の強度からそれぞれの水の個数を見積もることができた。230Kの低温下においてもジャンプ拡散水は存在することを明らかにした。

意義 燃料電池触媒層における水のダイナミクスは、プロトン伝導を最適化する触媒層の設計に対する指針を与え、燃料電池の出力向上に貢献する。



今後： 材料や工程が異なる触媒層に展開し、プロトン伝導度と触媒層中の水のダイナミクスとの相関を明らかにする。

24

JAEA 2021年度のアウトリーチ活動・人材育成 **J-PARC**

若手研究者・学生の受入

2021年度受入実績

- ✓ 任期付研究員(1名)
- ✓ 博士研究員(2名)
- ✓ 特別研究生(6名)
 - + 総研大 D1 4/1--3/31
 - + 名大 D1 4/1--3/31
 - + 諏訪東京理科大 D2 4/1--3/31
 - + 摂南大 D2 4/15--7/15
 - + 東北大 D3 4/1--6/30
 - + お茶大 M1 10/1--1/31
- ✓ 学生実習生(1名)
 - + 東北大 D3 5/10--6/30



若手勉強会

今年度より、若手職員2名が幹事となり、若手向け(茨大・KEKの学生・PDを含む)の勉強会をスタート



JASIS2021への出展

2021年11月8～10日@幕張メッセ セクション員3名を説明要員として派遣

J-PARCオンライン施設公開



2021年11月13日
10:00～
ライブ配信

中性子・ミュオンスクール



2021年12月6～9日
@オンライン
BLでのリモート実習を予定

25

JAEA 2021年度にスタートした国内外連携 **J-PARC**

JRR-3の運転再開を受けて、物質科学研究センターとの連携が加速中



JRR-3 独自利用課題 採択実績

- ・ 課題番号449: 梶本・中村・村井(J-PARC) - 金子(JRR3) @TAS-1
- ・ 課題番号414: 廣井(J-PARC) - 大場(JRR3) @SANS-J
- ・ 課題番号483: 川崎(J-PARC) - 金子(JRR3) @CHOP



中性子やミュオンの利用に係わる情報発信の一元化
<https://jrr3ring.jaea.go.jp/jjoin/>



J-JOIN が目指すもの

1. 中性子やミュオンをとりまく支援組織をつなぐ場
2. 中性子やミュオンをもって学术界・産業界の悩みを解決する場
3. 産学官の異業種・異分野の人材が集い、新しい連携を創出する場
4. J-PARCやJRR-3における学術利用・産業利用に関する情報を集約し提供する場

ANSTO/J-PARC ワークショップシリーズ

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Dynamics Characterization 10/15 N. de Souza / Y. Yokoo • Structure Characterization 11/1 • Atomic scale (diffraction) A. Studer / R. Kiyonagi 10/29 • Large scale 1 (SANS) E. Gilbert / K. Oishi 10/28 • Large scale 2 (NR) A. Le Brun / N. Miyata 11/4 • Engineering U. Garbe / S. Harjo | <ul style="list-style-type: none"> • Neutron Ancillary Techniques 10/27 • Sample environments R. White / S. Karamura 11/11 • Deuteration T. Darwish / H. Aoki 11/18 • Computation A. Sokolova / Y. Inamura 11/9 • Polarization A. Manning / R. Maruyama 11/29 • Industry engagement A. Paradowska / H. Iwase |
|---|---|



26



2021年度にスタートした将来計画検討

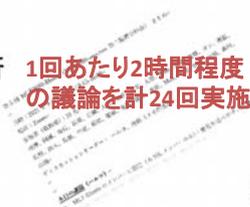


MLF2030

「あなたの装置(グループ)10年後にどうしますか？」

- 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

- 2021年5月～8月：全ビームライン21台のレビューを実施済 **1回あたり2時間程度の議論を計24回実施**
- 2021年8月～10月：デバイス関係のレビューを実施済
偏極、計算環境、試料環境、チョッパー、真空排気系、検出器
- 2021年11月～：各分科会で若手を中心とした議論



27



2021年度の自己評価



研究開発の達成度：S

- ① 研究開発の達成度、当初の研究開発計画の妥当性
基礎科学から産業利用に亘る重要な査読付き論文26報(前回評価委員会からは64報)を発信し、MLF中性子群を有効に活用した貴重な物質科学研究を実施しており、極めて顕著な成果が得られた。
- ② 研究開発成果の効果・効用の把握・普及の程度
豊田中研の外來研究員の研究成果が、第70回高分子討論会において高分子学会広報委員会パブリシティ賞「燃料電池内部の水素イオンの通り道を見える化」を受賞し、学会よりプレス発表。
- ③ 人材育成に関する取組の妥当性、若手研究者の育成・支援への貢献
若手研究者・学生を積極的に受け入れるとともに、中性子ミュオンスクールによるオンライン講義及び実習の実施。また、J-PARCオンライン施設公開を行い約1.1万人の多くの視聴者を集めた。
- ④ 国内外他機関(原子力以外の分野を含む)との連携の妥当性
ANSTO/J-PARCワークショップを10回にわたりリモートで開催。JRR-3の運転再開を受けて、物質科学研究センターとの協力研究、J-JOINの活動を加速した。
- ⑤ 研究開発成果の社会的意義
当該年度の成果である、不均一試料の面内構造解析法、中性子準弾性散乱による燃料電池触媒層中の水のダイナミクス解析等は、新たなイノベーション創出の手法であり、カーボンニュートラルにつながる極めて重要な成果である。

28

This is a blank page.

