

令和 7 年度

京都大学複合原子力科学研究所

将来計画短期研究会 報告書

令和 8 年 2 月 12 日開催

京都大学複合原子力科学研究所

目次

1. 開会挨拶	(京大複合研) 三澤 毅	… 1
第一部／研究所の将来計画		
2. 研究と運営のための組織再編に向けて	(京大複合研) 黒崎 健	… 3
3. MKB 委員会での議論	(京大複合研) 杉山 正明	… 14
4. 新試験研究炉の開発に向けた検討 質疑応答	(京大複合研) 杉山 正明	… 18 … 21
第二部／KUR 以外の施設・装置を活用した教育・研究・共同利用、複合研での展望		
5. サイクロトロン加速器	(京大複合研) 田中 浩基	… 22
6. 電子線型加速器	(京大複合研) 堀 順一	… 26
7. ホットラボラトリ	(京大複合研) 山村 朝雄	… 31
8. KUCA	(京大複合研) 北村 康則	… 36
9. 多彩な小型装置	(京大複合研) 奥地 拓生	… 40
第三部／複合研に期待すること		
10. 共同利用ユーザーの視点、BNCT 研究	(東京科学大) 中村 浩之	… 43
11. 京都大学内の他部局の視点、工学研究科原子核工学専攻 質疑応答	(京大) 高木 郁二	… 47 … 50
12. 原子炉を利用する共同利用機関の視点、東京大学物性研究所 質疑応答	(東大) 佐藤 卓	… 51 … 56
第四部／全体討論		
13. 全体討論		… 57
14. 閉会挨拶	(京大複合研) 杉山 正明	… 66
<hr/>		
令和7年度 京都大学複合原子力科学研究所 将来計画短期研究会 プログラム		… 68

1. 開会挨拶

(京大複合研) 三澤 毅

開会挨拶

これより令和7年度京都大学複合原子力科学研究所 将来計画短期研究会を開催したいと思います。本日は、本研究会にご参加いただきありがとうございます。この研究は毎年この時期に行っている研究所の研究会です。皆様ご存じかと思いますが、当研究所の主要な実験施設でありました KUR は、今年4月23日木曜日で運転を停止し、廃止措置への移行が決まっております。このように所として非常に大きな転換期を迎える中での本日の研究会では、このような状況を踏まえ上での所の将来計画についてご議論頂きたいと考えております。午前中は研究所の将来計画について、午後からは、各実験装置の将来展望のお話、その後、所外の先生方から所に対するご意見等を伺うことになっております。午前中は安全管理担当の三澤が司会を務めさせていただきます。本日の研究会のご質問・ご意見等につきましては、チャットでご質問頂くことにしております。研究会の最後に所長が回答する時間を取らせていただきますので、沢山のご意見をお寄せ頂きたいと思っております。本日はよろしくお願いいたします。

京都大学複合原子力科学研究所

副所長（安全管理担当）

三澤 毅

2. 第一部／研究所の将来計画

研究と運営のための組織再編に向けて

(京大複合研) 黒崎 健

(注) 本資料に記載の内容は、現在も当研究所の協議員会等で議論を進めているものであり、確定事項ではないことをご理解いただくと幸いです。

令和7年度
京都大学複合原子力科学研究所
将来計画短期研究会

研究と運営のための組織再編に向けて

黒崎 健

2026年2月12日

オンライン

組織再編の背景 ①

目的：研究力強化・原子力／放射線分野の人材育成

社会の動き・背景

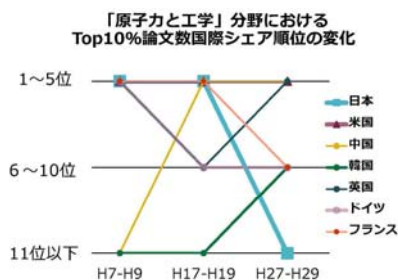
- 脱炭素社会の実現・2050年カーボンニュートラル
- 原子力・放射線分野をとりまく状況
- 2025年2月18日、第七次エネルギー基本計画閣議決定
- 国として原子力を最大限活用していくことを明確化 [1]
- 最大限活用するためには、原子力や放射線に関する研究・人材が重要
- 1F事故後の空白の14年、研究開発と人材育成どちらも停滞しておりテコ入れが必要（右図 [2]）
- エネルギー利用を越えた原子力の多様な価値創造への期待 [3]
- 日本の学术界全体を取り巻く状況
- 博士後期課程進学率低下、学術のタコつぼ化、特定の学術領域の弱体化

[1] 経済産業省ウェブサイト、エネルギー基本計画について

https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/

[2] 文部科学省第37回原子力科学技術委員会（令和6年7月31日）、【資料1-2】今後の原子力科学技術に関する政策の方向性（中間まとめ（案））概要、p. 4

[3] 内閣府原子力委員会、令和5年度版原子力白書



「原子力と工学」分野におけるTop10%論文数の国際シェア順位は、平成7年～9年、平成17年～19年はトップ5に入っていたが、平成17年～29年では11位以下に低下。

151研究領域におけるTOP10%論文数の国際シェア順位推移 (7カ国比較)
JST, 2019よりデータ引用



組織再編の背景 ②

きっかけその0：実験所から研究所へ

- 原子炉実験所（1963年設立）から複合原子力科学研究所へ（2018年名称変更）
- 原子炉の場の提供から複合原子力科学研究を推進する集団へ移行
- 移行完了、さらなる発展への過渡期（集合から真の複合へ）

きっかけその1：KURの運転停止

- 研究所設立以来60年超稼働してきたKURが2026.4.23で運転停止 [4]
- 研究所の中心には常にKURがあった、今後は研究・教育のありかたが大きく変わる

きっかけその2：新試験研究炉計画

- 国策としての新試験研究炉計画（福井県・もんじゅサイトを活用） [5]
- 研究炉を用いた中性子利用に対する学术界・産業界からの期待
- 京大複合研・福井大・日本原子力研究開発機構の三者が協力協定を締結、新試験研究炉の開発・利用のあり方検討を推進中

[4] 京都大学における研究用原子炉（KUR）等の今後の在り方について
<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/news/2022-04-05-0>

[5] 日本原子力研究開発機構新試験研究炉推進室ウェブサイト
<https://www.jaea.go.jp/04/nrr/jp/index.html>

京都大学原子炉実験所

- 「原子炉による実験およびこれに関連する研究」を行うことを目的に1963年設立
- 原子炉を利用した研究推進のための「実験フィールド」の開発・提供
- 関連研究者コミュニティにとって、フレキシブルで使い勝手の良い学術研究の挑戦の場

「実験フィールド」の提供から
真の研究者集団へ・・・

複合原子力科学研究所

- 「実験フィールド」を各分野の研究をリードする「研究フィールド」に発展・成熟
- 分野融合を加速・促進する研究ユニットを立ち上げて、研究力強化を図る

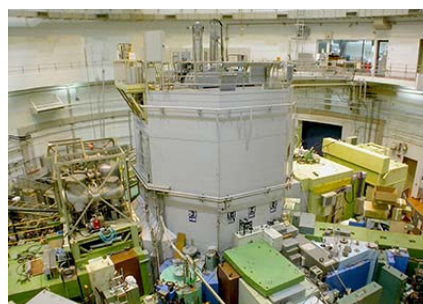
組織再編の背景 ③

KURのこれまでとこれから【1964年初臨界】

- 最大熱出力5 MWの研究用原子炉
- 年間運転時間：1,000～1,200時間
- 利用者数：3,000名超（2020年度、延べ数）
- おもに中性子源として、物理学・化学・生物学・工学・農学・医学等の幅広い分野の実験研究の場として活躍
- 2026年4月23日で運転終了予定（使用済燃料の米国への引き渡し期限、原子力規制の一層の強化対応、人員はじめ各種リソースの状況等、多角的な観点から検討した結果判断）
- 運転停止後は、安全で効率的な廃止措置に移行

新試験研究炉のこれまでとこれから

- 2016年12月21日、原子力関係閣僚会議、将来的に「もんじゅ」サイトを活用して新たな試験研究炉を設置することを決定
- 2023年3月～、JAEAを実施主体として詳細設計段階に移行（10 MW級の中出力炉、中性子ビーム炉）
- 2023年5月8日、新試験研究炉の設置に係る関係機関（JAEA、京大・複合研、福井大）間の協力協定締結、現在詳細設計中



KURから新試験研究炉へ・・・



注：これらの写真は京都大学複合原子力科学研究所ならびにJAEAのウェブサイトから入手

組織再編の理由 ①

なぜいま組織再編をするのか？

- 2018年の名称変更から現在に至るまでの内的要因と外的要因、これらの要因に対応するための組織再編
- 3部門・2センター体制を2部門・1センター体制に再編する
- 内的要因
 - ① 研究活性化のために設置したユニット制（異分野融合研究の推進制度）の充実・発展、一回り終了、一部国プロ化、これからはユニット研究で得られた成果をもとに複合原子力科学のさらなる発展に期待
 - ② 附属粒子線腫瘍学研究センターの役割終了：BNCTの臨床研究の結実、医療機関での診療・保険適用開始、BNCT研究は新たなステージへ、これからはホウ素中性子捕獲反応を基軸とした新しい学術的知見の創出に期待
 - ③ 附属安全原子力システム研究センターの役割終了：加速器を導入して行う新たな共同利用研究に備えて実施した加速器駆動未臨界炉プロジェクト（ADSプロジェクト）の終了、原子力研究は新たなステージへ、これからはエネルギー利用を越えた原子力の多様な価値創造に期待
 - ④ KURの運転停止の具体化、2026年5月に運転停止することを正式決定、安全で効率的なKURの廃止措置は必須の課題
- 外的要因
 - ① 我が国における原子力政策の大転換、原子力を最大限活用していくことの明確化
 - ② 新試験研究炉プロジェクトの開始、研究炉の付帯設備の設計・製作の面からの参画
 - ③ 原子力規制のいっそうの強化、安全管理への要求増大
 - ④ 若手・女性活躍の必然性増大

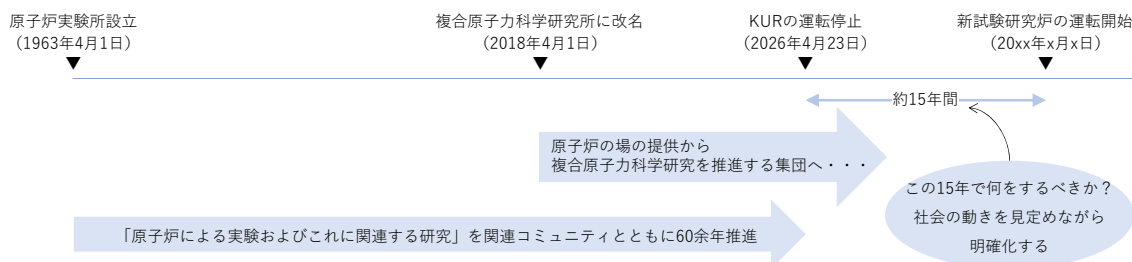
組織再編の理由 ②

なぜ3部門・2センター体制を2部門・1センター体制に再編するのか？

1. 役割を終えた現在の2つのセンターを発展的に解消する（前頁内的要因の②③）
2. 今後より注力する新試験研究炉関連でセンターを1つ設置する（前頁外的要因の②）
3. 研究所のミッションを改めて見直し、ミッション実行とユニット方式の研究推進によるミッション加速を実現するために、2部門体制を構築する

↑ 研究所の過去・現在・未来を踏まえて、これから研究所として何を行っていくか改めて明確にする

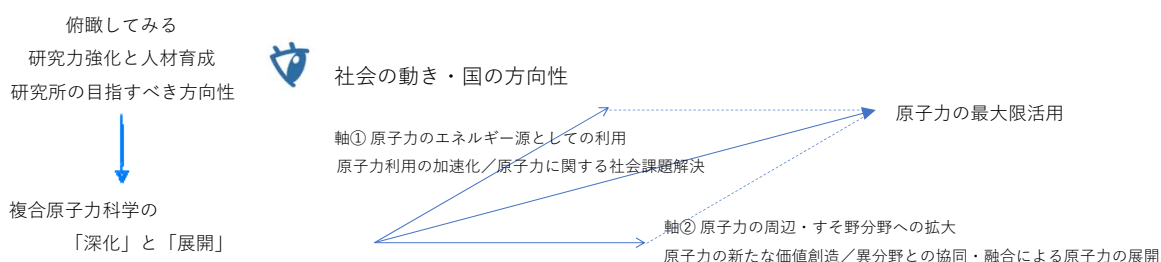
研究所の過去・現在・未来



組織再編の理由 ③

ミッションの見直し #1

- 新試験研究炉の運転開始までの15年、我々は何をしていくのか？
- 社会の動きはどうなっているか？ → 原子力の最大限活用に大きく舵切り（スライド1枚目の社会の動き・背景）
- 我が国における原子力の最大限活用に向けての方向性は大きく二つ
 - ① 原子力のエネルギー源としての利用 → 原子力利用の加速化／原子力に関する社会課題解決
 - ② 原子力の周辺・すそ野分野への拡大 → 原子力の新たな価値創造／異分野との協同・融合による原子力の展開
- 我々がすべきこと（関連コミュニティから我々に期待されていること）は、社会の動きを俯瞰しつつ、関連する分野における研究力強化と人材育成



組織再編の理由 ④

ミッションの見直し #2

- 社会の動き・国の方向性を俯瞰して、今後15年間で複合原子力科学研究所が目指すべき方向性を明確化する
 - 複合原子力科学の「深化」：原子力の基礎基盤研究／原子力・放射線技術による社会課題解決
 - 複合原子力科学の「展開」：放射線・中性子分野の新学術開拓／原子力の新たな価値創造
- 「深化」と「展開」の二つ方向性に沿って研究力強化と人材育成を推進するために、研究所のミッションを改めて見直す

これまでのミッション（1963年設立時制定）：「原子炉による実験およびこれに関連する研究」を行うこと

これからのミッション（2025年制定）：あくまで一例として示すとすれば、（新試験研究炉の運転開始を見据えて）「複合原子力科学を深め、広げる研究」を行うこと

（※ 複合原子力科学とは何か？ → （原子力や放射線に関する）幅広い分野の研究者が日常的に交流し互いに刺激しあいながら生み出された新しい研究分野（2018年の名称変更時に定義付け）

- この新しいミッションを実行するために、現在の3部門・2センターを2部門1センター（「深化」と「展開」の2部門＋新試験研究炉の1センター）に再編する
- さらに、ミッションを加速するために、「深化」と「展開」の2部門において、従来の各研究分野が個別に行う研究に加えて、ユニット方式の研究を推進する

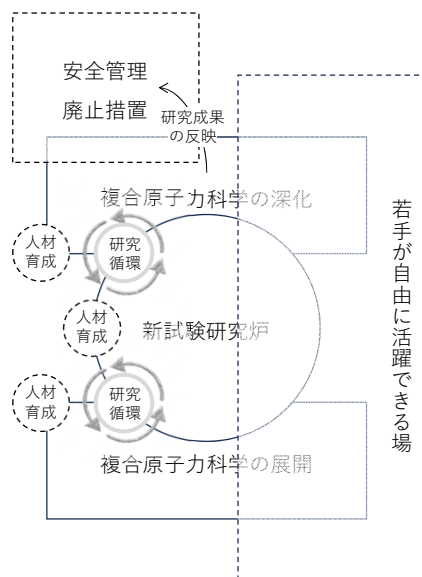
組織再編の概要 ①

方向性

- 研究の三本柱：複合原子力科学の①深化と②展開／③新試験研究炉
- 新試験研究炉をハブとした融合と連携（研究の循環・集合から複合へ）
- 原子力・放射線分野の人材育成を充実
- 若手が自由に活躍できる分野横断型の仕組みの構築（複合原子力科学フロンティア研究プロジェクトの拡大・充実）
- 安全管理とKURの廃止措置の着実な推進（複合原子力科学安全管理研究プロジェクトの拡大・充実）

期待される成果、波及効果

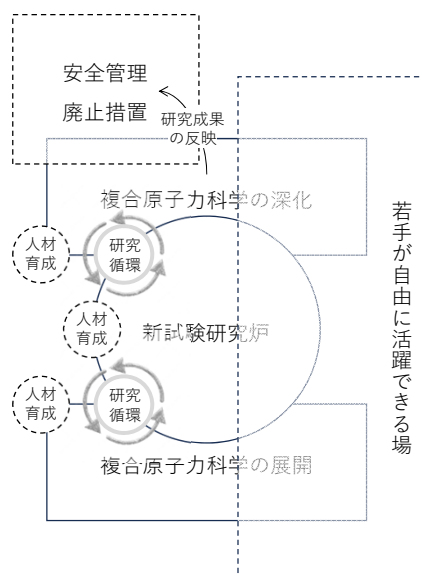
- まずは、研究力強化、原子力・放射線分野の人材育成、原子力の新たな価値創造、中性子科学の進化と深化、学際融合による新分野開拓、新試験研究炉開発への貢献、学術成果の産業利用への展開、これらにより、国が明確化した原子力の最大限活用に至る研究成果の創出・人材の輩出、ひいては脱炭素社会実現・2050年CNへの貢献
- それ以外にも、タコつば解消・若手活躍・異分野融合促進など
- 特に、若手活躍のところは、デパートメント制の完成形のモデルケース
- 安全管理とKURの廃止措置の確実な推進



組織再編の概要 ②

研究の三本柱と三つのプラスアルファのキーコンセプト

- 柱1：複合原子力科学の深化
 - 原子力の基礎基盤研究の推進、原子力・放射線技術による社会課題の解決
- 柱2：複合原子力科学の展開
 - 放射線・中性子分野の新学術開拓／原子力の新たな価値創造
- 柱3：新試験研究炉
 - 新試験研究炉の開発に資する研究開発、具体的には研究炉の付帯設備の設計・製作、ハブとしての学内外連携促進
- プラスアルファその1：若手活躍
 - 若手PI、自由に研究、研究専念、分野横断、萌芽研究
- プラスアルファその2：安全管理・廃止措置
 - 着実な安全管理、安全で効率的な廃止措置、コアな原子力との連携
- プラスアルファその3：人材育成
 - 研究所ならではの人材育成



研究の三本柱の具体的中身 ①

複合原子力科学の深化

- 原子力をエネルギー源として使っていくための研究
- 原子力の基礎基盤研究と原子力・放射線技術による社会課題解決

ユニット方式で推進する研究テーマの例

- KUCA ✕ 原子炉物理 ✕ 核データ ✕ 核燃料 ✕ 核セキュリティ ✕ 放射性廃棄物 → 核燃料の貯蔵・輸送時の未臨界特性【原子力の基礎基盤研究】
- KUCA ✕ 原子炉物理 ✕ 核燃料 → 小型革新炉のHALEU燃料炉心体系構築【原子力の基礎基盤研究】
- 中性子イメージング ✕ 原子炉工学 ✕ 熱流動 → 革新炉の受動的安全システム開発【原子力の基礎基盤研究】
- 放射能環境動態 ✕ 放射線計測 ✕ 原子力社会科学 ✕ 情報科学 → 移動体環境放射能測定技術開発・高度化と社会実装【原子力・放射線技術による社会課題解決】
- 放射能環境動態 ✕ 放射線計測 ✕ 原子力社会科学 ✕ 放射性廃棄物の処理・処分 ✕ 原子力社会科学 → 気象及び土壌に及ぼす原子爆弾の投下の影響評価【原子力・放射線技術による社会課題解決】

キーワード：KUCA、革新炉、原子力安全、放射線計測

コアな原子力を構成する基礎基盤研究

- 原子炉工学／熱流動
- 放射線計測
- 原子炉物理／核データ
- アクチノイド元素の化学と物理
- 核燃料／原子力材料
- 放射能環境動態
- 放射性廃棄物の処理・処分
- 原子力社会科学 など



U-Mo合金HALEU燃料を用いた未臨界実験体系
出典：複合研ウェブサイト

研究の三本柱の具体的中身 ②

複合原子力科学の展開

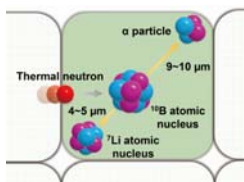
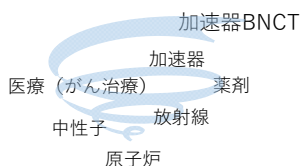
- エネルギー利用を超えたところに原子力を広げていくための研究
- 放射線・中性子分野の新学術開拓／原子力の新たな価値創造

ユニット方式で推進する研究テーマ（案）

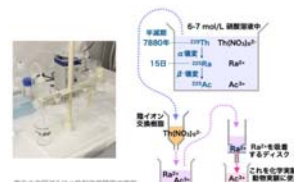
- 放射性同位元素 (RI) ✕ 粒子線照射 ✕ 薬剤 ✕ 医療 → 医療用RIの製造と利用【原子力の新たな価値創造】
- 原子炉 ✕ 中性子 ✕ 放射線 ✕ 医療（がん治療） ✕ 薬剤 ✕ 加速器 → 加速器BNCTの高度化【原子力の新たな価値創造】
- 中性子 ✕ 生化学 ✕ 計算科学 ✕ タンパク質 → 量子ビーム生体高分子統合研究【粒子線・中性子分野での新学術開拓】



タンパク質の高効率・多段階連結反応を実現、
出典：複合研ウェブサイト



原子炉・中性子・放射線に関する多彩な研究分野の連携と融合が加速器BNCTの社会実装を実現した（出典：複合研ウェブサイト）



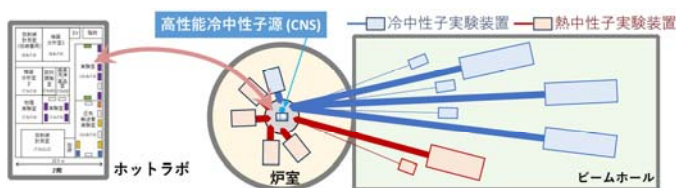
粒子線照射を駆使して医療用RIを製造する、
出典：複合研ウェブサイト

研究の三本柱の具体的中身 ③

(本頁の図の出典：コンソーシアム会合資料)

新試験研究炉

- 福井県の「もんじゅ」サイトに設置予定の新試験研究炉
- 京大・複合研、日本原子力研究開発機構、福井大の三者で詳細設計中
- 本センターのタスク
 - 新試験研究炉に付帯する先端的な実験装置群設置に関する検討
 - 幅広く活発かつ円滑な利用に資する運営体制の検討
 - 研究炉利用人材の育成に資する方策の検討
 - 産業利用活性化実験装置群に関する調査
- ハブとしての学内外連携促進



京大・複合研の役割は、幅広い利用の運営、とくに、新試験研究炉の炉心周辺に付帯する実験装置群の検討 (JAEAは原子炉の設計・設置・運転、福井大学は地元関係機関との連携構築)



実験装置を検討・議論するために、実験装置ごとに一つのタスクフォースを設置、タスクフォースには、研究炉や中性子科学のコミュニティから参画、今後、学内の関連部局に展開

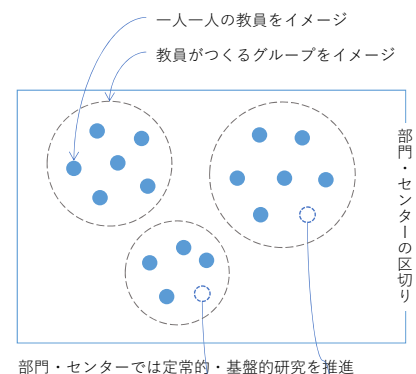
優先設置装置	炉周辺装置
ビーム 中性子小角散乱	ビーム 三軸分光
ビーム 中性子イメージング	ビーム 素粒子原子核物理
ビーム 中性子粉末回折	ビーム 研究用RI製造
ビーム 中性子反射率	ビーム 陽電子ビーム
ビーム 中性子放射化分析	ビーム 材料照射
	ビーム 生物照射

検討を進めている新試験研究炉の付帯実験設備・装置

三つのプラスアルファの具体的中身 ①

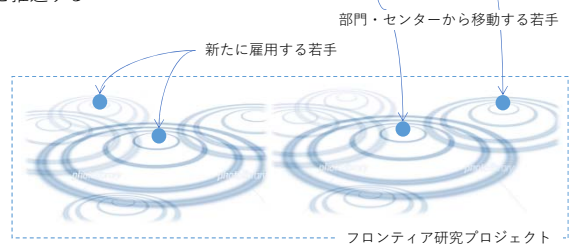
若手PIが活躍する場、フロンティア研究プロジェクト

- 若手研究者に対して、従来の分野所属型に加えて新たにPI型の立場を設ける
- 既存の複合原子力科学フロンティア研究プロジェクト (現在2名の女性准教授が活躍中) を拡大・充実して、再編後の部門・センターを横断する形で内部組織として新たに設置する
- 設置したプロジェクトに、プロジェクト付として、助教・准教授層をPIとして採用する、7年任期再任無とする
- プロジェクト付若手PIは、分野・部門・センターを横断する形で研究所内の研究者と自由に交流し、分野横断・異分野融合型の萌芽研究を推進する



PI特性の高い助教・准教授が、部門・センターからフロンティアプロジェクトに移動

新たに雇用する若手含め、互いに影響を及ぼしながら、PIとして、分野横断型萌芽研究を推進



三つのプラスアルファの具体的中身 ②

着実な安全管理と安全で効率的な廃止措置を推進するために

- 「管理」に大きくエフォートを割く教員ポストを新たに設ける
- 既存の複合原子力科学安全管理研究プロジェクト（R6年まで1名の特定教授が所属）を拡大・充実して、内部組織として新たに設置する
- 設置したプロジェクトに、プロジェクト付として、「管理」に特化した教員を採用する、主に教授層を対象とする
- プロジェクト付の教員は、安全管理と廃止措置に関する管理業務と研究を推進する
- 当該プロジェクトに、複合原子力科学の深化部門の教員を兼任として受け入れる、情報共有や成果の相互反映・活用を図る

KURが運転を停止しても必要な管理業務

- 原子炉施設や放射線施設の維持・管理
- 放射線モニタリング等の放射線管理
- 放射性廃棄物の処理
- KUCAや加速器施設の運転
- 核燃料物質の計量管理
- 核燃料物質や特定RIのキュリティ対策
- 品質管理
- KURの廃止措置
- 上記全てにおける規制対応 など



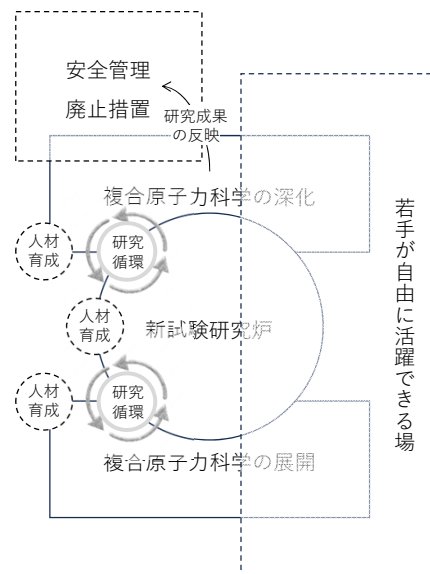
原子炉施設の廃止措置のイメージ
(電事連ウェブサイトより引用)

- 国内発電炉では、廃止措置完了まで数十年の時間を要している
- メガワット級の研究炉の廃止措置は、国内で初めての取り組みとなる

三つのプラスアルファの具体的中身 ③

研究所ならではの人材育成とは？

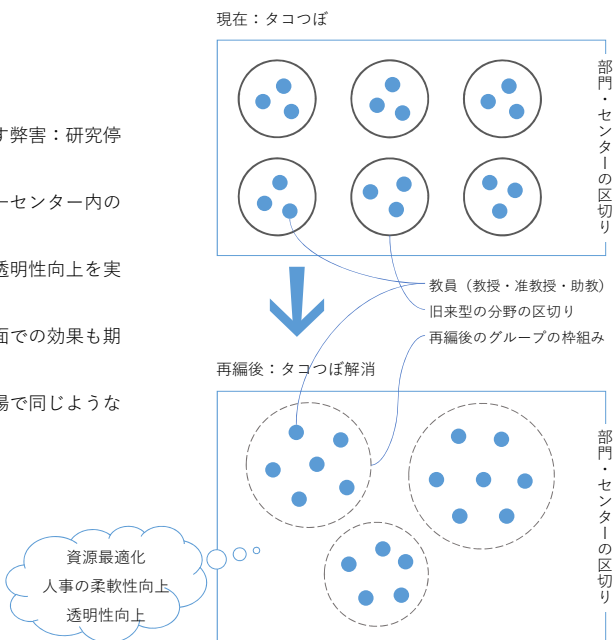
- 研究所における人材育成の必要性
 - 研究科の教育では手薄になっているが、国として今後力を入れていくことが明確化されている分野（まさに原子力や放射線の分野）の人材育成への貢献
- 研究所ならではの高度な専門職人材育成に期待
 - 唯一無二の特殊な研究設備を使った人材育成
 - 学内外の研究者と連携しての人材育成
 - プロジェクトベース（例えば、研究炉の付帯設備の設計開発）の人材育成
- 京都大学全体の大学院教育への波及効果に期待
 - 京都大学において将来の大学院教育のあり方を考える際のモデルケースになりうる
- 我が国全体の原子力・放射線教育への波及効果に期待
 - コンソーシアムANECへの積極的な参画
 - 新試験研究炉の開発に資する人材の育成



組織再編に際しての改革・工夫

タコつぼ化の解消とそれによる運用面での効果

- タコつぼ化（一つの分野内での閉じた形での運営）が及ぼす弊害：研究停滞、人事硬直、偏った資源と既得権益、人間関係・・・
- これまでの分野自治のあり方を見直して、同一部門内・同一センター内の2～3の分野で一つの集団を構成する。
- これにより、資源の最適化、人事の柔軟性向上、分野間の透明性向上を実現し、組織運用面での効率改善を図る
- 加えて、異分野融合による研究推進の活性化といった研究面での効果も期待できる（次頁で説明）
- 将来的には、部門やセンターの垣根を超えたより広範囲な場で同じようなことをしたい（そのモデルケースが、前述の若手PI制度）



効果的な組織再編につながる複合研のつよみ

研究分野の多様性

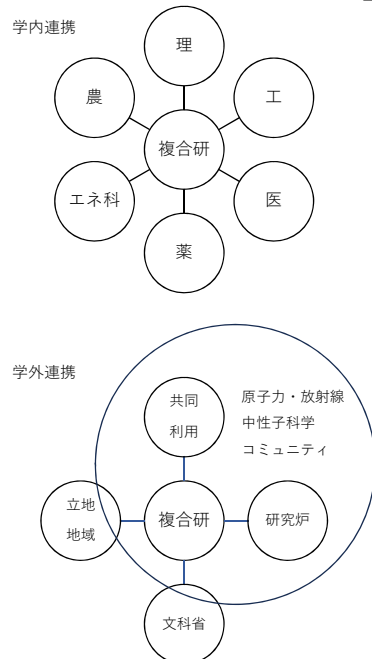
- 複合原子力科学を基軸として多様な分野が集まる組織
- 異分野連携・融合がしやすい下地の醸成、BNCTといった成功例

幅広い学内連携

- 六研究科（工・理・医・エネ科・農・薬）との協力講座体制
- 学生の受け入れや専攻運営などを通じての強固なつながり

関連するコミュニティとの良好な関係

- 関連コミュニティと共に歩んだ60年超にわたる原子炉利用研究
- 原子力・放射線・中性子科学分野での指導的立場
- 共同利用研究を通じて得られた学外諸機関との連携体制
- 研究炉や放射線施設を保有する他の事業者との協力・連携
- 立地・周辺自治体（大阪府、熊取町、泉佐野市、貝塚市）との信頼関係
- 我が国全体としての原子力・放射線分野の人材育成や新試験研究炉開発プロジェクトの視点からの国（文科省）からの期待



まとめ、組織再編のタイミング、本学の動きについて

まとめ

- 組織再編の目的は、研究力強化
- 内的要因（KURの運転停止等）と外的要因（社会の動き、新試験研究炉など）を踏まえて、研究所が（今後15年間）進んでいく方向性を明確にする
- その方向に進みやすい組織、進みながらも研究力強化につながる組織をつくりあげる

組織再編のタイミング

- 2026年4月23日、KUR運転最終日
- 2026年夏から秋、組織再編の方向性、細かなところ含めた中身の案の策定、本学との調整本格化
- 本学とのやり取りを通じて軌道修正しつつ、2027年4月1日、新たな体制でスタート

本学の動き

- 国際卓越研究大学、認定候補から候補へ
- 京大ビジョンの策定やデパートメント制への移行との連動の重要性

ご清聴ありがとうございました。

ご連絡は、下記まで↓

kurosaki.ken.6n@kyoto-u.ac.jp

3. 第一部／研究所の将来計画

MKB委員会での議論

(京大複合研) 杉山 正明



将来計画委員会(MKB委員会)報告 — KUR停止後を見据えた研究所の将来像 —

杉山正明

MKB委員会委員 (職位は委員会開始時)
教授:奥地拓生 杉山正明 日野正裕 堀 順一
准教授:井上倫太郎 八島 浩 渡邊 翼

当委員会は、所長の委託に基づき、研究所の将来計画
(※組織再編は除く)について検討することを使命としている。

MKB: Make KURNS Better



将来計画委員会(MKB委員会)報告 — KUR停止後を見据えた研究所の将来像 —

杉山正明

MKB委員会委員 検討グループ
ハード班:日野正裕 堀 順一 八島 浩
ソフト班:奥地拓生 井上倫太郎 渡邊 翼

今、「将来計画委員会」の意義

今とは？ KUR停止 × 研究所の再定義

- 2018年、本研究所は
「京都大学原子炉実験所」
→「京都大学複合原子力科学研究所」へ改称
- これは「実験の場の提供」から、
「**所員自身が研究を主導し、
関連分野を牽引する研究所**」
へという意思表示
- 2026年4月、KURは運転停止
- これは単なる施設停止ではなく、
研究所の存在意義を問い直す構造転換点
→複合原子力科学の推進を、
改めて研究所の中核に据え直す時

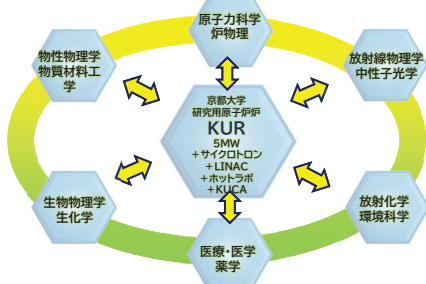
「将来計画委員会」における最初の問と答え

1. 我々は何であるか

研究炉および種々の装置を用いて積み重ねてきた
多様な放射線・放射性物質を用いた装置・測定技術およびこ
れらを用いた最先端学術研究を行う専門家集団である
すなわち我々は**複合原子力科学の推進者たちである**

複合原子力科学とは？

複合原子力科学とは放射線・粒子線・中性子といった原子力基盤技術を共通の学術基盤として、物理・化学・生命・医療・環境などの分野が相互に関連しながら新たな学術領域を創出する研究体系、およびその総称である。



これは、既存分野を束ねた名称ではなく、放射線・粒子線・RIという
“共通の方法論”によって学術が自然に交差する状態そのものを指す。

ポストKUR時代の現実

残るハードはある。しかし、盤石ではない

- KUR停止後の施設の基盤：
KUCA、サイクロトロン、HL、LINAC
いずれも本研究所の独自性を支える重要資産
- 問題点
 - 運転経費の確保
 - 老朽化対策・更新
 - 長期ロードマップは、まだ十分に整理されていない
- **ハードの維持は目的ではなく、
複合原子力科学の学術とどのように連携し、それを発展させていくかを明確にする必要**
- 今後、各装置の委員会を立ち上げ（もしくは現委員会を拡充）、個別最適化ではなく、複合原子力科学という共通シナリオの下で将来計画を検討する必要がある

「将来計画委員会」における次の問と答え

1.我々は何であるか

研究炉および種々の装置を用いて積み重ねてきた
多様な放射線・放射性物質を用いた装置・測定技術およびこれらを用いた最先端学術研究を行う専門家集団である
すなわち我々は**複合原子力科学の推進者たちである**

2.今後どうあるべきか

多様な放射線・放射性物質を用いる専門家同士が、分野を超えて協業・共創することで、これまでの学術の発展と新たな学術の創成を目指す
→**複合原子力科学のさらなる推進**

- 施設としては共同利用・研究拠点を維持を目指す。(大型ではなく)
- 施設のみならずソフト(試料作成等)の独自性も伸ばす
- 上記の目的のため所内施設の再活性化・外部施設との連携構築
- 放射線および原子力関連教育

複合原子力科学:学術基盤整備と連携

放射線・量子ビーム・RI・原子力を“共通言語”とした学術基盤
→所内には、例えば以下の学術基盤が存在

※ 以下は一例(網羅的な分類ではない)

- 量子ビーム物質・材料科学
- 量子ビーム生命科学
- BNCT・医療応用
- 中性子光学・ビーム設計
- 原子力システム・核データ・3S
- アクチノイド・同位体科学
- 論文数・研究費獲得も充実
- 若手研究者育成も必要

これらの“知を束ね”、
分野横断的に連携させていくことが重要

- 研究室の集合から、機能的な研究グループへ
- 様々な融合研究を推進
- 京大のデパートメント構想とも親和性が高い
- 研究所としての“先取りモデル”になり得る

複合原子力科学:研究フローの構築

小型装置群 × 所内装置 × 外部施設

- 小型装置群を学術基盤の起点とする
- 所内装置により分野横断的連携を構築する
- 外部施設との連携により、さらなる展開を図る
- ※ 小型装置群のみでも、分野横断的な融合研究の起点となり得る



研究の発展段階において、外部施設との連携は重要

- JRR-3、J-PARC/MLFとの組織的連携
- 装置運営・人材育成・技術継承への参画
- 将来炉に向けた実地訓練の場

現在から将来への展開:



忘れてはならない重要事項:人材と社会的責務

未来を支える中核人材

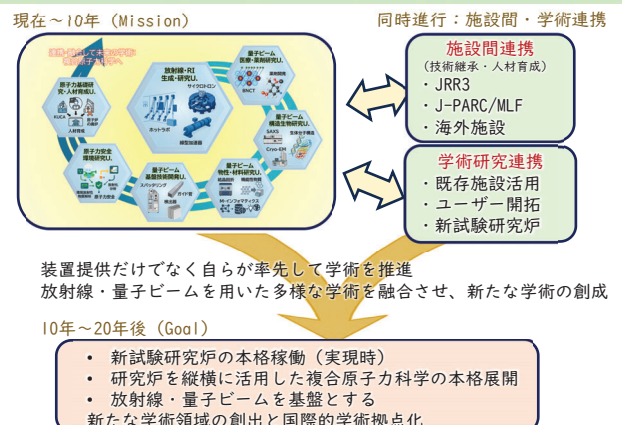
- 技術職員は本研究所の大きな強み
- 小型装置群の維持管理への参画
- 装置・実験環境の統合的管理体制の検討
- 放射線安全に加え、化学・物理実験室の安全管理も含めた基盤機能の高度化

研究所の責務

- 廃炉・安全確保等を、社会的責任として遂行
- 研究所のミッションとして明確化
- 研究活動とは切り分けて位置づける

上記は具体的な将来計画には必須である

まとめ:複合原子力科学を軸とした将来像



ご清聴ありがとうございました



4. 第一部／研究所の将来計画

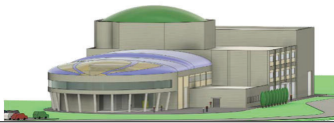
新試験研究炉の開発に向けた検討

(京大複合研) 杉山 正明

令和7年度京都大学複合原子力科学研究所将来計画短期研究会 2026/2/12

新試験研究炉の装置開発に向けた検討

京都大学複合原子力科学研究所
新試験研究炉開発利用センター
杉山 正明




新試験研究炉プロジェクト

— 複合原子力科学を支える次世代学術基盤 —

2020年9月に文科省より
もんじゅサイトに新試験研究炉を建設を発表

- 出力:10MW (KURは5MW)
- 性格:中性子ビーム炉(多目的要素も追加)
- 目的:(広い意味での)人材育成・地元振興
→最先端の学術研究・産業利用が可能
- 位置付け:西日本における中核的試験研究炉
→地元+西日本+全国の学術・産業利用を受入



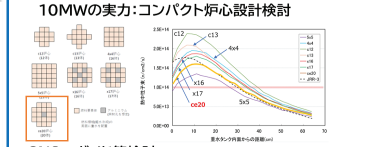
「概念設計と運営の在り方検討」事業が開始(文科省委託事業)2020年11月から

- 中核機関:JAEA・福井大・京大(KURNS)
- JAEA: 全体統括+原子炉本体検討
- 京大複合研:実験装置・利用体制(含む産業利用)
- 福井大: 地元振興(含む産業利用)

ただし、役割分担は硬直的でなく各項目を全体で検討しながら進める。

- 期間:2022年度まで
- 2023年4月から同じ体制で「詳細設計」に移行

10MWの実力:コンパクト炉心設計検討



CNS+ガイド管検討

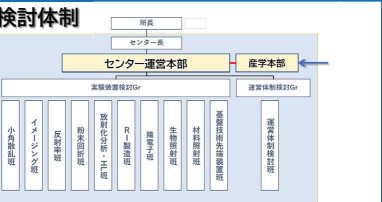
- 採用予定の炉心でJRR3とほぼ同等の熱中性子束を実現
- 最新のLiqD₂-CNSを採用すれば世界的にも高輝度長波長中性子束を実現可能!

京大複合研における現在の取り組み

— 新試験研究炉に向けた装置・利用基盤の構築 —

京大複合研検討体制

- 新試験研究炉開発・利用センターの設置
 - 所内各所より専門家を集結(23名:10研究室、技術室)
 - 専任部門(産学部門)+主任部門(1研究室)+兼任部門で構成→専任部門の増強を希望
 - 検討班を設置→各班に専門家を分散配置し、TFと直接連携(TFについては後述)
- 所内のほぼ全ての人事公募において「新試験研究炉の活動」を組み込む

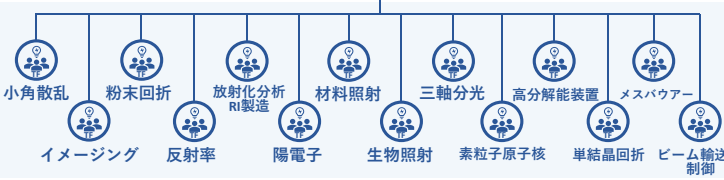


新試験研究炉開発利用センター

+新試験研究炉産学共同研究部門(専任教員所属部門)

- センター長:杉山正明
- 副センター長:日野将裕・佐藤信浩
- センター運営本部
 - 佐藤 信浩 (産学部門・特定教授、全体事務統括オフィサー)
 - 高宮 幸一 (教授、学術装置検討・放射化分析装置)
 - 南部 雄亮 (産学部門・特定教授、学術装置検討・非弾性装置)
 - 伊藤 大介 (産学部門・特定准教授、学術装置検討・イメージング装置)
 - 稲垣 誠 (産学部門・特定助教、学術装置検討・放射化分析装置)
 - 川端 祐司 (産学部門・特任教授、全体アドバイザー)

京大複合研における現在の取り組み



ALL Japanの装置・利用の専門家が集結した装置TF!

- 原子力・中性子科学が装置科学の側面がある。
- 10-20年毎に装置建設の活動を通して、技術継承・人材育成が重要である
- したがって、我々のためだけでない活動とすべき
- 一方で、この活動を複合研が主体的に推進する

現状活動と顕在化した課題と解決策

— 学術の空白期間をつくらないために —

Mission for TF: white work

装置提案に向けた調査検討

- 現状調査と課題整理
- 新装置や新アイデアの提案
- 学術・産業利用の動向調査
- 運営体制や他装置との連携

CDR+装置提案までを期待:ALL Japanの研究者との連携が必要

Schedule for Construction

事業全体の進捗: 計画 → 設計 → 建設 → 充成 → 稼働

TF: 実験装置A

Phase 0: 委員選出

Phase 1: 全体計画立案、基本仕様策定

Phase 2: 装置詳細設計、構成装置選定、装置設置

Phase 3: 利用開始、運用

10-15年

開発技術や最新知見、利用者の動向をフィードバック

既存施設を利用した構成装置開発・分野開拓

現状活動と顕在化した課題と解決策

— 学術の空白期間をつくらないために —

Mission I for TF: white work

装置提案に向けた調査検討

- 現状調査と課題整理
- 新装置や新アイデアの提案
- 学術・産業利用の動向調査
- 運営体制や他装置との連携

CDR+装置提案までを期待:ALL Japanの研究者との連携が必要

Mission II for TF: Blue work

技術継承・人材育成を視野に入れた実作業

- 実機を用いた技術開発
- 実機を用いた学術・産業利用
- 海外派遣・人材交流

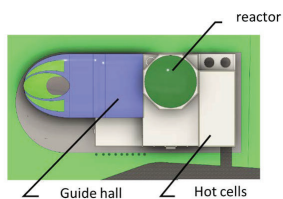
他施設との連携が重要!

今後のポイント



1. 原子炉設計への協力
2. 地域振興方策への協力
3. 敦賀地域拠点の在り方の検討
4. 設計・建設・運営体制の検討
5. JRR3との更なる協力関係の構築（具体多岐な方策も含む）
 1. ISSPとの公式な協力関係の構築（MOUの締結など）
 2. JAEAとの公式な協力関係の構築（MOUの締結など）
6. J-PARC MLFとの連携：会議体を設置し議論を進めている

ご清聴ありがとうございました



第一部／研究所の将来計画

4. 新試験研究炉の開発に向けた検討 杉山 正明

三澤： 非常に重要なお話を頂きましたので、ここで答え頂いたほうがいいかなと思います。KUR と新試験研究炉が研究の中心となるとのことですが中心がない15年間は新試験研究炉開発以外に何を拠り所にして研究をするのでしょうか？とご質問を頂いています

杉山： 大変重要なお話だと思います。MKB でお話をさせて頂きましたが、この期間は色々な捉え方があると思います。トランジットの期間として新試験研究炉に結びつける活動として所内の熊取地区におけるホットラボ、サイクロトロン、KUCA、LINAC を最大限に活用する研究活動と、いくつか申しあげました小型の装置を立脚した研究活動が大事だと思っています。こういう場合、色々な活動にアウトプットの出口を設定していくのは大事かと思っていますので、それが10年か15年か。期間については色々ありますが新試験研究炉に繋がることを1つ見据えた上で活動していくのが大事かなと思っています。その中でも十分展開できるのが、特にKUCA やホットラボ等をはじめ継承、発展させていく形なので、既存の施設や小型装置を活かしつつ色々な学術を融合していくことと、外部連携になっていくかと思っています。お答えになっているか分かりませんが、このように考えております。

三澤： ありがとうございます。非常に重要な事ですので、最後の議論で黒崎先生もまとめて頂きたいと思います。ありがとうございます。

5. 第二部／KUR以外の施設・装置を
活用した教育・研究・共同利用、複合研
での展望

サイクロトロン加速器

(京大複合研) 田中 浩基

KUR 以外の施設・装置を活用した教育・研究・共同利用、複合研での展望 —サイクロトロン加速器—



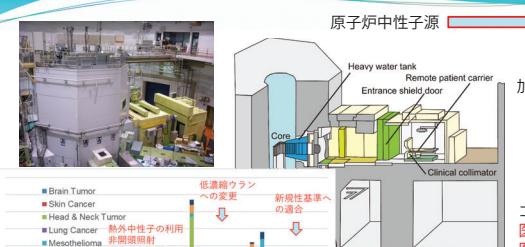
京都大学複合原子力科学研究所
粒子線腫瘍学研究所
粒子線医学物理学研究分野
田中浩基



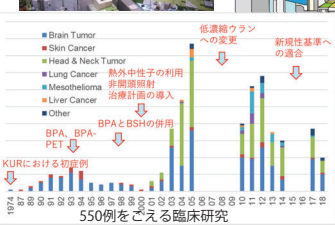
KURNS

2026年2月12日将来計画短期研究会


BNCT-原子炉から加速器中性子源へ



原子炉中性子源 → 加速器中性子源



550例をこえる臨床研究




コンパクト医療機器としての承認
医療機関への設置・診療
加速された荷電粒子
ターゲット 中性子

Cyclotron-Based Epithermal Neutron Source: C-BENS


サイクロトロン(30MeV・1mA陽子ビーム)とベリリウムターゲットによる
加速器BNCTシステム (Cyclotron-Based Epithermal Neutron Source: C-BENS)

- プリスタリングの克服
- 照射後に鉛遮蔽を設置し放射化による被ばく軽減
- 鉛・鉄・アルミ・フッ化物による減速体系の実現
- 臨床用に**熱外**中性子線を形成するように最適化
- 医療機器として承認された世界で唯一の加速器BNCTシステム→2つの医療機関で保険適用



サイクロトロン

垂直入射イオン源
水素負イオン加速 30 MeV 1mA
RF frequency 73MHz
Average magnetic field 1.2T



照射室
照射台
減速体系
スキャナマグネット
サイクロトロン加速器
マグネット
ベリリウムターゲット
カーボンストリッパ

加速器BNCTシステムの現状



加速器BNCTシステムプロジェクト


他施設連携

- 青森QSC 医用研究用熱外中性子 Cyclotron-Be 30MeV, 1mA
- 関西BNCT共同医療センター 治療開始 医用研究用熱外中性子 Cyclotron-Be 30MeV, 1mA
- 青森北BNCT研究センター 治療開始 Cyclotron-Be 30MeV, 1mA
- 京都大学BNCT 臨床試験Ph2終了 RFO-DTL-Be-MgF2(Fe) 8MeV, 2mA(5mA)
- 国立がん研究センター 臨床試験Ph2 RFO-Li-MgF2 2.5MeV, 12mA(20mA)
- 名古屋大学 臨床試験Ph2終了 RFO-Li-MgF2 2.8MeV, 30mA(15mA)
- 湘南鎌倉総合病院 臨床試験 RFO-Li-MgF2 2.8MeV, 30mA
- 江戸川病院 特定臨床試験 RFO-Li-MgF2 2.5MeV

研究の国際競争力を強化する必要がある。

「中性子特性評価ガイドライン作成」、
「BNCT用中性子照射装置のIEC規格策定」

KUR重水照射設備・C-BENSの現状と今後

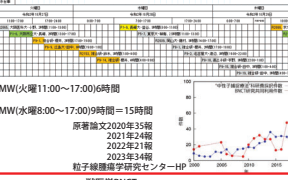


重水照射設備 共同利用研究 生物、物理学、化学など

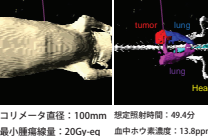
BNCT用新規薬剤開発のための細胞・マウス照射: 2024年度 (全264課題) 中 55課題

BNCTのQA用放射線検出器の開発、線量評価: 2024年度 (全264課題) 中 30課題

1MW(火曜11:00~17:00)6時間
1MW(水曜8:00~17:00)9時間=15時間
原著論文2020年35稿
2021年24稿
2022年21稿
2023年34稿



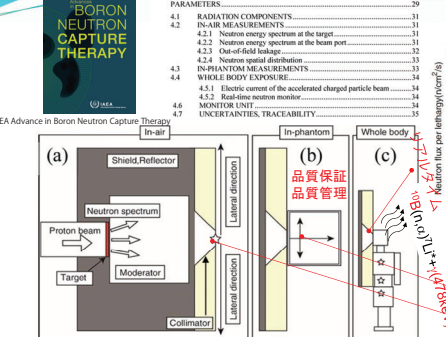
2026年以降 KURは運転停止



医療用BNCT

コリメータ直径: 100mm 想定照射時間: 49.4分
最小腫瘍線量: 20Gy-eq 血中水素濃度: 13.8ppm
課題: 管理区域内において動物飼育施設 建設 汚染対策施設 運転時間の制限

物理学: 先端放射線計測技術を用いたQA/QC手法

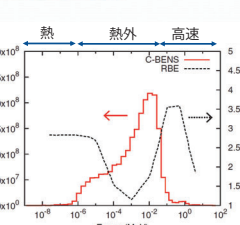


IAEA Advance in Boron Neutron Capture Therapy

(a) In-air: Shield, Reflector, Neutron spectrum, Proton beam, Target, Moderator, Collimator

(b) In-phantom: 品質保証 品質管理

(c) Whole body: Neutron flux per lethargy (cm²/s)



エネルギー弁別、ガンマ線弁別
熱中性子ガンマ線
中性子エネルギースペクトル

FIG. 17. Schematic layout of physical dosimetry in an AB-BNCT system showing (a) in-air, (b) in-phantom and (c) whole body measurements (courtesy of H. Tanaka, Kyoto University).

生物・化学・薬学：治療が保険適応になった後に研究することは何か？

1) 現在のホウ素薬剤をよりうまく使おうとする研究

- ・ BNCT後に副作用が起こる。正常組織への副作用を減らすには？
- ・ BNCT後に癌が治らず、再発する患者がいる。BNCT抵抗性機序は？

2) 現在のホウ素薬剤の適応癌種を増やそうとする研究

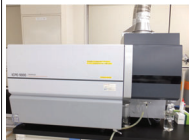
- ・ 現在、頭頸部癌 一部の癌のみに保険適応
- 乳がん・肺癌などの多い疾患や、膵癌などの難治性疾患に使うには？

3) 新たなホウ素薬剤を開発しようとする研究

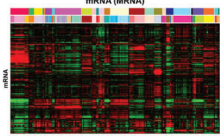
- ・ BNCTに利用できる、より有用なホウ素薬剤を模索する (ナノ粒子、核酸誘導体、糖誘導体、抗体、葉酸受容体のリガンド etc.)



1グループ 100匹以上のマウスを飼育・実験する場合も



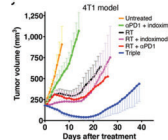
ICP(誘導結合プラズマ) 医療棟



次世代シーケンサー バイオインフォマティクス



照射実験



By courtesy of Prof. T. Watanabe

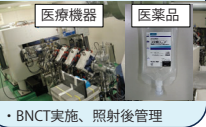
伴侶動物に対するBNCT適応拡大に向けた基礎研究

大阪公立大獣医臨床センター



・腫瘍の診断、CT撮影

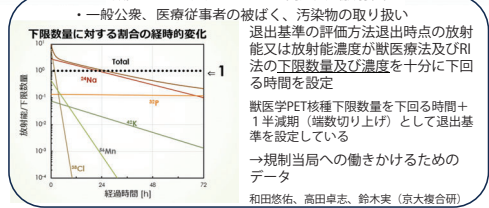
京大複合研



・BNCT実施、照射後管理

By courtesy of Prof. M. Suzuki

獣医BNCTをすすめるための問題点 (放射化)



伴侶動物がん臨床の新たな展開

—比較種癌学—

丸尾 幸徳

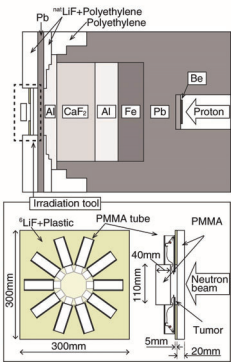
経典大学放射線科放射線腫瘍学



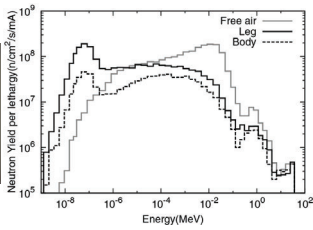
BNCTは、伴侶動物から人への適応拡大が期待される数少ない医療技術になりうる。

図2 がんの診断後の治療 従来は手術療法、化学療法、放射線療法が中心であったが、近年は診断の進歩に伴って放射線療法も増加している。

C-BENS 熱中性子照射



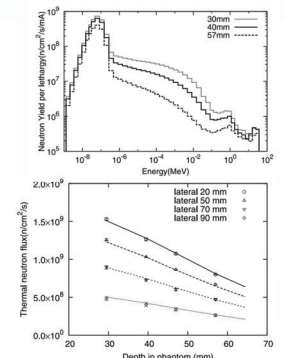
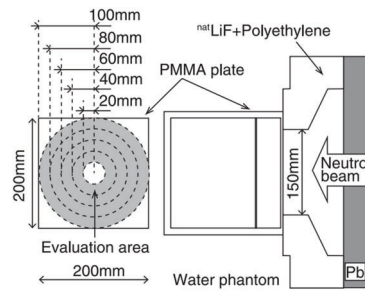
熱中性子強度: 5×10^8 (n/cm²/s)



H. Tanaka, T. Takata, T. Watanabe, et al. NIMA, A, 983, 164533, (2020)

C-BENS 熱中性子照射

細胞照射はKUR1MW相当の熱中性子束強度

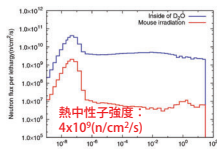
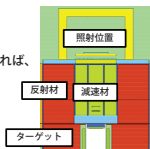


C-BENS 熱中性子照射

KUR 5MWより一桁低い

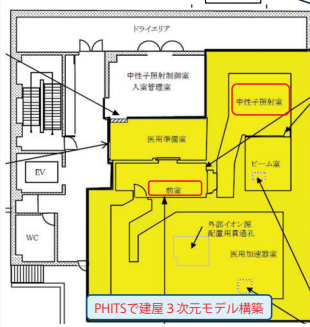
	Thermal neutron flux:TNF (n cm ⁻² s ⁻¹) × 10 ⁸	Neutron dose rate:NDR (Gy h ⁻¹)	Gamma ray dose rate:GDR (Gy h ⁻¹)	¹⁰ B dose rate (Gy h ⁻¹ ppm ⁻¹) × 10 ⁻²	NDR/TNF (Gy cm ²) × 10 ⁻¹³	GDR/TNF (Gy cm ²) × 10 ⁻¹³
mouse						
leg	4.83	1.45	2.46	12.8	8.34	14.1
body (average)	1.21	0.94	1.76	3.31	5.40	10.1
body (55-70 mm)	1.82	0.99	1.83	4.98	5.71	10.5
body (70-90 mm)	0.60	0.88	1.69	1.65	5.06	9.71
PMMA						
30-70 mm	2.77	1.30	2.19	7.02	13.1	22.0
50-90 mm	2.77	1.18	2.19	7.02	11.9	22.0
max	13.5	1.30	4.04	37.1	2.68	8.32
Water phantom						
min	5.06	0.49	2.49	14.1	2.71	13.7
KUR mix mode 1 MW	10.0	0.94	0.67	26.7	2.61	1.86
RA-6						
tumor	2.80	1.15	1.74	8.78	11.4	17.3
NASBEE						
kidney	0.64	1.25	2.11	4.17	6.4	12.4

もし、熱中性子発生用に設計すれば、



照射したマウスの取り扱い

非密封RIの作業室として変更承認申請→2026年1月承認済

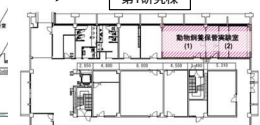


医療棟

トレーサー棟

PHITSで建屋3次元モデル構築

下限数量以下の非密封RIとして研究棟1階動物飼育保管実験室で飼育



2027年度 (R9) の共同利用開始を予定 公募は申請は2026年10月

運転時間に制限、運転費用がかかるため、受け入れ可能な課題数に制限があるのと、使用料を頂く必要がある。

6. 第二部／KUR以外の施設・装置を活用した教育・研究・共同利用、複合研での展望

電子線型加速器

(京大複合研) 堀 順一

KUR以外の施設・装置を活用した教育・研究・共同利用、
複合研での展望

電子線型加速器

京都大学複合原子力科学研究所
原子力基礎工学研究部門
研究炉安全管理工学研究分野
堀 順一

スライド提供(京大複合研)
高橋俊晴准教授、田中浩基教授、木野村淳教授、小林康浩助教

京大複合研ライナックの概要

1965年 購入・設置
米国High Voltage Engineering社製
ARCO L-1512G型電子線型加速器
(現役のライナックでは国内最古)

設置目的

研究炉: 定常中性子源

相補的な利用

ライナック: パルス中性子源

加速マイクロ波の周波数 1.3GHz(Lバンド) パルス当たりの電流を大きくできる

営業マシンとしては阪大・産研と国内2台

現在は多様な量子ビーム源としての利用



スタッフ

- 施設管理者: 高橋俊晴 准教授
- マシン担当技術職員: 阿部 技術職員
- 研究担当教員

マシンの保守人員は
実質2名のみ

主な改造

1965年(昭和40年)	米国High Voltage Engineering社製ARCO L-1512G型電子線型加速器を購入、設置(当初は加速管1本、最高エネルギー23MeV)
1968年(昭和43年)	全国共同利用開始 京都大学大学院工学研究科院生実験開始
1972年(昭和47年)	エネルギー増強 最高エネルギー46MeV(加速管2本、高周波源2基)
1973年(昭和48年)	電子銃機種変更(ARCO Model 12、大面積カソード)により電流増強
1984年(昭和59年)	No.2大電力パルス変調器改造(自前で組み立て) No.2クライストロン機種変更(米Litton社製L-1661から仏Thomson CSF社製TV2022Bへ)
1986年(昭和61年)	No.1クライストロン機種変更(米Litton社製L-1661から仏Thomson CSF社製TV2022Bへ) No.1大電力パルス変調器全面更新(ニチコン)
2005年(平成17年)	入射器システム全面更新(電子銃EIMAC社YU-156、全体設計:高見)
2010年(平成22年)	RFドライバーの全面更新・ソリッドステート化とIQ変調(R&K製) タイミング(トリガー)系全面更新(SRS DG645、制御装置 アイデン製)
2011年(平成23年)	No.1, No.2サイクロン機種変更(E2VのF-241からL3のL-4888Bへ) No.1, No.2クライストロン更新(Thales社製TV2022B)
2022年(令和4年)	No.1, 2モジュレータ更新(PFN、パルストランス、IVR、高圧トランス、整流器) (PCB含有機器の処分のための更新)
2023年(令和5年)	制御システム全面更新(機械式リレー→PLC、配線更新)

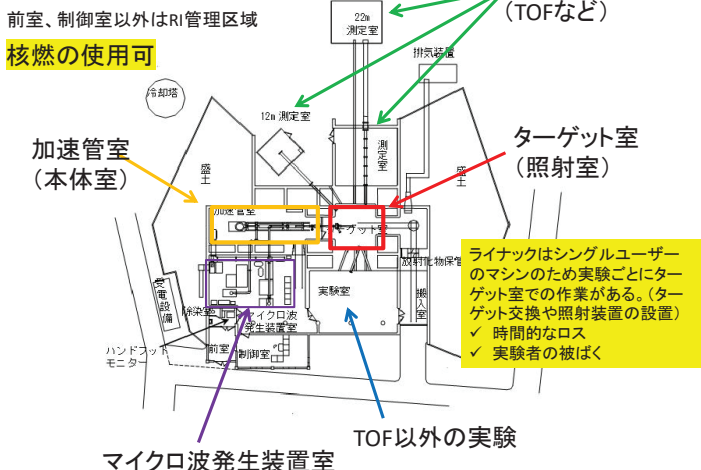
電子ビームの仕様

	Long Pulse Mode	Short Pulse Mode
Beam Energy	6~46 MeV(定格最大電流では30MeV)	
Max. Beam Power	10 kW	
Repetition Rate	1~180 Hz Single Shot 間引き運転により1Hz以下も可能	1~360 Hz Single Shot 間引き運転により1Hz以下も可能
Pulse Width	0.1~4 μs (~5 μs)	2, 5, 10, 33, 47, 100 ns
Max. Peak Current	500 mA (@4 μs)	6 A (@100 ns)
Max. Average Current	330 μA (@4 μs)	200μA (@100 ns)

※ Long PulseとShort PulseではクライストロンモジュレータのRFのパルス幅(PFNの段数)を変えている。
※ 10 MeV以下の低エネルギーは2本目の加速管にRFを入れない。

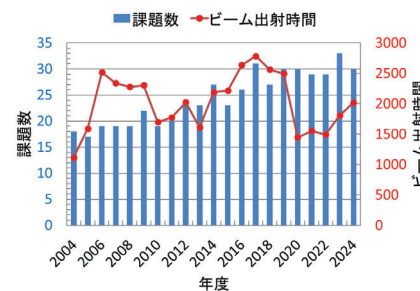
- ◆ 多彩な運転パラメータに対応
- ◆ 電子線型加速器として国内最高電流

建屋のレイアウト



運転・利用の状況

共同利用研究課題数とビーム射出時間の
直近20年間の推移



※2020, 2021年度は新型コロナウイルス感染拡大の影響で利用が減少
※2022年度はマイクロ波発生装置更新工事のため半年間運転休止
※2023年度は制御装置更新工事のため2ヶ月間運転休止

利用者数(2024年度)

所属機関	年間使用 延べ人数 (人・日)
所内・学内	904
国立大学	165
公立大学	62
私立大学	90
大学共同利用 機関法人	20
独立行政 法人等	58
民間機関	6
外国機関	0
計	1,305

量子ビーム別の利用分野

量子ビーム	実験	利用ビームの時間スケール
パルス中性子	中性子TOF法による核データ取得 中性子イメージング	マクロパルス
高エネルギー及び低エネルギー電子線	金属・半導体への電子線照射効果(物性研究・材料開発) FLASH-Radiotherapy	時間構造は不要 短パルス必要
制動X線照射	RI製造, 光放射化分析	時間構造は不要
テラヘルツ放射光	テラヘルツ・ミリ波分光(物性研究・光源開発)	バンチ
超微弱ビーム電子線	検出器開発, 半導体部品の放射線耐性	マクロパルス または 時間構造不要

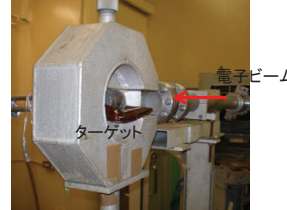
7

パルス中性子の利用 (ライナック設置当初の目的)

中性子源

- Taターゲットを使用し(γ, n)反応による高速中性子
→ 軽水モデレータにより白色中性子場
- 30MeVの電子に対して 7.5×10^{-3} n/eの中性子発生量
- 6kW出力時: $\sim 8 \times 10^{12}$ n/s

バックマン型モデレータ



熱外中性子利用
高エネルギー分解能測定(共鳴解析用)

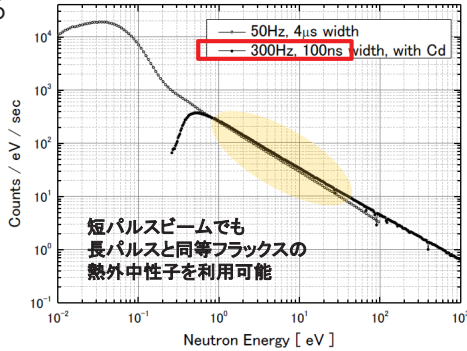
円筒型モデレータ



熱中性子利用
放射化実験用

8

12m測定室における中性子スペクトル



その他の特徴

- ✓ モデレータは可変なので異なるエネルギースペクトルのパルス中性子を提供可能
- ✓ 密封RI(ターゲット室のみ非密封可)のほか核燃料物質の使用が可能

9

パルス中性子研究内容 (2本の柱)

核データ測定研究

- 熱中性子捕獲断面積の高精度化
- TOF法を用いた全断面積、中性子捕獲断面積、核分裂断面積測定 (MA, LLFP, 核燃料物質を対象)
- 減速材に対する熱中性子散乱則データの検証

原子システム研究開発事業「マイナーアクチノイドの中性子核データ精度向上に係る研究開発」(2013~2017)
原子システム研究開発事業「革新型原子炉開発のための核データ整備基盤の構築」(2021~2023)
原子システム研究開発事業「MA核種の核分裂反応データの精度向上に関する研究」(2024~2026)

非破壊分析研究

- 共鳴吸収を利用した核種定量技術の開発
- 可視化技術の高度化(核種弁別イメージング)
- 物性値評価方法の高度化(形状・温度)

原子システム研究開発事業「次世代原子炉燃料の健全性評価のための非破壊分析技術の開発」(2014~2018)
燃料デブリ分析への適用に向けた研究

共同利用課題を見ると、今後も新型炉開発に係る核データや核セキュリティに係る非破壊分析の関係で利用が継続すると見込まれる。

このほか、中性子検出器開発、放射性エアロゾル測定方法の研究

10

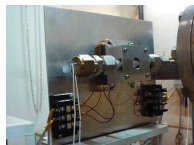
電子線の材料照射への利用

電子ビーム

- 低エネルギー(~ 8 MeV)の利用
- 有意な放射化がなく照射試料をすぐに持ち出し可能
- mmオーダーの透過力
- 2本の加速管のうち1本目だけで加速し、2本目にはRFを入れずに減速させる

電子線照射装置の特徴

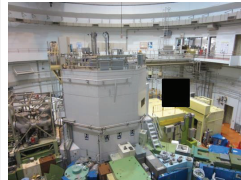
- 室温~高温(500度)までの試料温度精密制御
- 電気ヒーターによる照射前のプレヒート
- 照射中はパルス繰り返し数による温度制御
- 水冷または強制空冷による冷却
- ヘリウム雰囲気中での照射(酸化防止)
- 液体窒素温度での照射装置



11

KURNS-LINAC使用の低速陽電子ビーム源 (開発中)

KURの状況



B-1実験孔(低速陽電子ビームシステム)は2012年より開発を開始し、2020年頃に現在の形に
→10課題程度の共同利用ユーザー数で推移(汎用の材料計測用ビーム装置として国内で独自位置)



KURは2026年5月までに運転停止→KUR利用の低速陽電子ビームラインも同時に利用停止

LINACの状況

1990年頃に京大のグループが陽電子ビーム発生実験を実施(発生のための試験の実験)
強度: 4.4×10^7 e⁺/sが得られた(エネルギー: 30 MeV パルスレート: 120 pps)
H. Tanaka et al. Jpn. J. Appl. Phys. 31 (1992) 4029

このため以下を目指す

- (1)代替の陽電子ビーム源の開発
- (2)原子炉ベースの低速陽電子ビームでは不可能な特徴あるビーム源の開発

By courtesy of Prof. A. Kinomura

12

KURNS-LINAC使用の低速陽電子ビーム源 (開発中)

LINAC施設でのビームライン設置状況
ターゲット室から遮蔽壁を通じて測定室へ低速陽電子ビームラインを設置済

試運転実施、以下を確認

- 陽電子蓄積
- 終端部までの陽電子輸送
- 寿命測定系の動作

PHITS計算を実施

- 30MeV, 30ppsで約 6×10^6 e⁺/sの強度が期待される
- パルスレート増加、線源部改良で強度向上を期待

Measurement room

Target room

2025年度開始の研究計画で複数パルスの蓄積が可能なトラップを導入予定 (左図)

By courtesy of Prof. A. Kinomura

電子線を用いた新しい超高線量率照射場について

FLASH-Radiotherapy (FLASH-RT)

超高線量率照射により高い抗腫瘍効果を維持しつつ、正常組織に対する障害を抑えられる現象

超高線量率照射 (FLASH-RT)

従来の放射線治療 (CONV-RT)

SIT社 FLASH	KURNS-LINAC	
電子エネルギー	5-12MeV	7-46MeV
パルス幅	0.2us-4us	2ns-5us
パルス間隔	1-350Hz	single-300Hz
電子銃最大電流	0.25A	10A
尖頭電流	-	6A
RF	3.1MW	13MW+20MW
マグネトロン	-	クライストロン

世界でトップクラスのFLASH照射場となれる

By courtesy of Prof. H. Tanaka

制動放射X線の利用 (RI製造)

✓ 6kW超の高出力運転

光核反応による⁶¹Niメスパウアー線源の生成

$^{63}\text{Cu}(\gamma, 2n)^{61}\text{Cu}$

半減期 1.65時間
3時間毎に線源を交換して透過スペクトルを測定
第1励起状態からの67.4KeV γ線の共鳴を測定

By courtesy of Prof. Y. Kobayashi

ターゲット室の外からの線源材料輸送システム

照射中および照射直後のターゲット室内は放射線量が高いため、半減期1.65時間の線源を取り扱うためにはターゲット室の外から線源材料を出し入れするシステムが必要

⁶¹Niメスパウアースペクトル

線源をトレーサー様に輸送しメスパウアー分光用クライオスタットにて測定
測定温度 18K

By courtesy of Prof. Y. Kobayashi

THz帯ミリ波帯コヒーレント放射光の利用

- ✓ 専用のビームラインを実験室に設置
- ✓ コヒーレント放射光はバンチ内電子数が大きいほど増強度が高い
- ✓ バンチ長が大きくなるため波長領域で不利
- ✓ 加速位相などの調整によりバンチ内にシャープな構造を作り高調波成分によりTHz領域まで発生

バンドの優位性

主な利用研究

- 各種材料の吸収分光測定
- イメージング分光
- 光源開発 (円偏光分光システム、平面波CCR)
- 分光法開発 (テラヘルツ波電子線分光法)

By courtesy of Prof. T. Takahashi

超微弱ビーム電子線の利用

RFを投入した加速管内の電界電子放出による暗電流

- JAXAジオスペース探査衛星「あらせ」(ERG衛星)搭載 電子検出器の開発試験 (2013~2015) 2~20MeV
- ミューオン電子転換過程探索実験(at J-PARC)に用いる 電子検出器の開発試験(DeeMeプロジェクト)

ミュオン原子を形成するミュオン粒子が原子核に取り込まれる際に電子に転換し、105MeVの単色電子が放出される事象

- 主パルスから1μsのdecay timeでやってくる
- 主パルスの通過に耐え、すぐに測定可能になる検出器の開発

ライナックのビームで模擬

カソード温度を大幅に下げた電子銃 (200ns)

電界電子放出(6μs)

- 次期気象衛星ひまわりに搭載する電子検出器の開発 (実施中)

By courtesy of Prof. T. Takahashi

まとめ

- 複合研ライナックは多様な量子ビーム利用施設として高い稼働率で利用している。
- 各量子ビームについて新たな取組が進んでいるため、今後も継続して共同利用研究に貢献すると思われる。
- 古い装置であるが新しい研究領域への応用が期待できる。



(今後の課題)

- 施設の維持管理に従事しているスタッフは実質2名と少ないため、KUR停止後はスタッフの拡充が望まれる。
- RI製造の需要の増加を受けて、製造できる核種の数と数量を大幅に増やすための申請を行う予定。具体的な核種は調整中。
- 長期的に使用を継続するためには、経年劣化対策としてクライストロン、サイラトロン等の装置の更新が必要になる。
- ライナックはシングルユーザーのマシンのため、実験ごとにターゲット室での作業が必要である。作業者の被ばく、時間ロスを抑えるために、ビーム振り分けによる利用効率化が望ましい。

19

7. 第二部／KUR以外の施設・装置を活用した教育・研究・共同利用、複合研での展望

ホットラボトリ

(京大複合研) 山村 朝雄

KUR 以外の施設・装置を活用した
教育・研究・共同利用、複合研での展望
ホットラボラトリ

2026/2/12 13:50-14:10 山村朝雄

- ・ポストKURにおける体制の検討が続いている。
- ・施設HLは改修が現実難しい→新富案を含めて検討（採択は未確定）
- ・所内コミュニティとの議論を続けてきた状況を共有したい。
- ・JRR-3照射に続く後段工程が伴速になると想定。熊取は「核燃・分離・QC・教育・共同利用」の西側ハブになる

内容

1. ホットラボWG/サブWGでの議論
2. コミュニティの意見徴収
3. 新たな共同利用に向けて
4. MKBでの議論
5. まとめ

1

1. ホットラボWG/サブWGでの議論

ホットラボを巡る課題

1. KUR 運転停止 (2026年5月)

- ・使用済み燃料の返送期限が迫る
- ・KURでの原子力・放射線研究が困難に
- ・研究・教育・産業界への影響



2. 既存ホットラボの老朽化・機能不足
- ・大規模改修未実施 (60年経過)
 - ・2020~24年に52件の修繕実施→限界
 - ・改修工事は困難 (汚染物、申請業務等)
 - ・当初予定を超える学術研究をホスト不可

【改修工を行う際のリスク】
 ホットラボの機能維持の必要性
 ・KUR停止後も排気設備 (排風機等) の維持が必要
 ・原子力施設新規建造物の制約的建物→採択制に適合した改修工事の場合大規模工事が予想される
 規制手続きの制約
 ・核燃料物質、RI使用施設として、改修工事の着手には原子力規制委員会の事前許可が必要
 総合的なリスク
 ・技術的、法的制約が多く、新たな施設への置き換えが現実的

【新施設の必要性 (複合研に期待されている役割)】

教育・研究の継続性と発展性の確保

- ・核燃料物質や非密封RIを使用できる共・共拠点
- ・廃止措置作業との干渉の回避
- 新たな研究環境の整備が不可欠

人材育成の場を提供

- ・多様な背景の学生・研究者が共創できる場を提供
- ・複合原子力科学の教育・研究の高度化
- ・イノベーションの推進
- ・持続可能な共・共拠点のハブとなる環境整備

2

1. ホットラボWG/サブWGでの議論

ホットラボWG・サブWG

役割

- ・親WG: 所としての合意形成と、所長会議・協議員懇談会・本部/施設部へ出す説明の骨格を決める。
- ・サブWG: 研究者・技術職員による検討会し、親WGが決めるための材料 (比較表、想定仕様、論点整理) を作成
- ・改修は実質難 → 新富案を含めて検討 (採択は未確定)
- ・議論された案と、その場の結論 (骨格)
 - ・A案: 一部改修 (×)
 - ・B案: 全面改修 (20~30億、中断リスク)
 - ・C案: 新富+既設解体 (解体は廃炉と、20~30億)
 - ・D案: 新富+一部改修 (C+A)
- ・設置場所 (4サイトを検討)
- ・加速器併設余地を残した案の提示
- ・ホットセル、工程、動線など

3

1. ホットラボWG/サブWGでの議論

事業目的と概要 (何を作るのか?)

- ① 共・共拠点の研究環境 (核燃+RI) を西日本で維持する
- ② 照射後工程を一気通貫で担う (分離精製→標識、QC→前臨床)
- ③ オープンラボとして共研を回し、新領域を作る (国際・産業連携)

ホットラボの機能と、新施設で期待される機能

従来: KUR照射付帯施設	新施設: 先端放射線実験研究ハブ
RI照射 (R) 照射 (R) 照射 (R) 照射 (R)	なし
RI線測定	RI線測定
RI製造・分離精製 (KUR照射)	RI製造・分離精製 (加速器製造、JRR-3照射)
なし (原燃、廃棄なし)	放射性核種検査 (RI用) 放射性核種検査 (PET) SPECT



共・共拠点の照射設備と生成するRI

共・共拠点 (キャンパス)	照射設備	生成するRI	年間利用者数 (A) 円形込み
京大豊前研 (豊前)	KUR	LINAC	約4F
京大東研 (大洗)	JATR→停止	なし	約2F (廃止)

KURがなくても、複合研は日本核燃料・放射線のハブとして存続できる。

4

1. ホットラボWG/サブWGでの議論

施設設計と安全管理 (どう実現するか?)

1. 放射線安全管理

- ・放射線種類・放射線量によるエリア分け
- ・排気・排水に留意した配置

2. 研究者の利便性

- ・すべての実験室を1階に配置し、動線・入退管理を容易に
- ・共用ラボスペース (オープンラボ)
- ・人材育成実験室

3. 柔軟な将来対応

- ・放射線利用研究の新たな拠点形成
- ・JRR-3、新試験研究炉からの高放射線照射物の搬入、RI分離精製、出荷にも対応
- ・新試験研究炉に向けた装置開発



5

4. コミュニティ: 専門研究会での議論

A. アクチノイド: 基礎→応用の厚み

A1 量子性・新現象 (5f電子系)

- ・5f電子は局在/遷移の割合が強く、秩序・磁性・超伝導などで予想外の相が実験で現れる。
- ・成果は「試料調製→低温・強磁場測定→放射線管理」の一体運用に依存し、実施できる場所と体制が研究の律速になる。

- ・ホットラボには、安全確保に加えて、前処理・搬送・測定接続まで含む設計が必要である。

A2 状態固・熱力学・燃料材料

- ・相図・熱力学は燃料サイクルや材料設計の根拠であり、データ不足領域 (特に一部MA) では実験と計算 (CALPHAD/DFT) の両輪が要る。
- ・重要なのは測定そのものに加えて、根拠を追えるデータ整理 (DB/TDB) を継続できる体制である。

A3 デブリ・安定化・アクチノイドマネジメント

- ・デブリ微粒子の同定・状態評価は、複数の非破壊/微量分析を組み合わせて「何が起きたか」を科学的に説明することが要請される。
- ・研究機関に残る多様な核燃料物質を、長期保管可能な形へまとめ直すことが研究課題であり、国際的にも前例は多くない。

A4 分離科学・計算・機械学習

- ・共同利用で標準化した実験データを基盤に、因子の絞り込みと条件探索を系統化する。

6

4. コミュニティ：専門研究会での議論

B. 医療用RI：照射後工程（分離・精製・QC）を含む供給体制

- B1 製造（照射）
 - KUR停止後、国内でRI製造可能な研究炉はJRR-3への依存度が高まる。
 - 照射設備が一面所になると、後段（分離・精製・QC）のピーク制約が強まる。
- B2 分離・精製（照射後工程）
 - JRR-3側にはホットセルがあるが、セル稼働が企業利用等で埋まると、照射後工程の受入が難しくなる場合がある。
 - 分離・精製は設備に加えて、手順（自動化を含む）と要員の確保が成立条件である。
 - 無取ホットラボは、照射後工程の受入拠点（分離・精製）として整備する意義がある。
- B3 QC・品質・GMP
 - 医療用途では、核種の純度に加え、製剤としてのQC（規格、試験項目、記録・トレーサビリティ）が必須である。
 - 共同利用で運用するには、QC基準・SOP・責任分界を事前に定義する必要がある。
 - GMP相当の管理範囲と費用負担、研究炉の定期停止を織り込んだ運用設計が論点に。

4. コミュニティ：専門研究会での議論

C. 施設整備：照射後工程を回す体制と人材

- C1 KUR停止後の体制設計
 - 照射は（JRR-3等へ）集約されやすく、東海側の利用には制約が生じうる。
 - したがって、照射（外部）→分離・精製（無取）→QC/研究→ユーザーを、運用として描く必要がある。
 - 共同利用として成立させる鍵は、受入枠・SOP・責任分界・教育を先に定義すること。
- C2 ホットラボが第1実験室の具体化
 - 第1実験室は、ダクト・区画・排水・空調などを工事単位で具体化してきた。
 - 「建物の完成」ではなく、後段工程が確実に回る最小構成を先に成立させる。
- C3 加速器・量子ビームとの連携
 - 近年の量子ビーム施設では、放射性試料の持込みが難しい場合が多い。
 - したがって、放射性試料を扱う拠点として、（例：Spring-8で整備されてきたような）取扱い基盤との連携を位置づける。
- C4 人材育成：最後はここに集約される
 - 分離・精製・QCは、設備よりも経験を持つ人員に依存する。
 - 学生の関心は高いが、継続的に技能を蓄える進路・配置が弱く、運用の人材が薄い。
 - 共同利用施設では、実習・研修・講習会を組み込み、「使える人」を継続的に育てることが不可欠である。

4. コミュニティの意見徴収

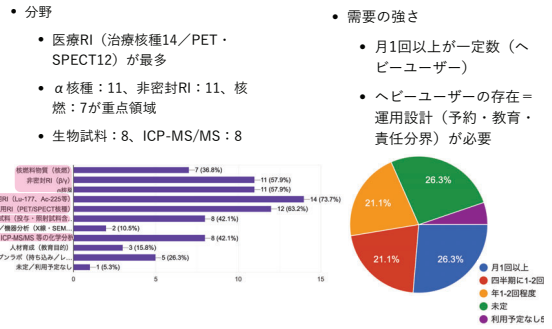
ホットラボ新営計画（案③+最新平面プラン）に関する研究コミュニティへのアンケート

- 目的
 - 計画の精度向上（平面図、共同利用、外部連携、ホットセル、動線、工程計画）
 - 本施設の利用・共同研究・連携の可能性がある研究者/機関を主な対象とします。
- 結論
 - 18/19が賛成系、反対0（中立1）
 - 需要の中心：医療RI（治療14・PET/SPECT12）+α（11）+非密封RI（11）/核燃も7
 - 改善要求：医療RIの清浄度・運用（GMP含む）と、生物・動物の動線（各10票）がトップ

4. コミュニティの意見徴収

1. 需要の実在

医療RI+α+非密封RI+核燃、ヘビーユーザーの存在



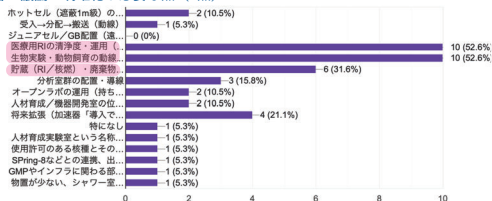
4. コミュニティの意見徴収

2. 改善要求

反対でなく、運用像の説明不足

- トップ2：医療RIの清浄度・運用（GMP含む）/生物・動物の動線（各10票）
- 次点：貯蔵・廃棄物（6票）
- 「受入→搬送動線/核燃/ホットセル/将来加速器」は「判断不能」が多い＝図面に運用像を追記すれば支持が上がる余地

改善・議論の明確化が必要な点（3点）



4. コミュニティの意見徴収

3. 仕様の3論点：段階整備

段階 (時間軸)	ホットセル (遠隔)	核燃 (閉込め+定量)	クリーン (標準・QC)
最小構成 (必須)	・遮蔽GB+局所遮蔽で mSv/h 級の分離・精製/評価 ・溶解一分離→精製→評価の動線を成立	・天然U等 (~1 g程度) の非密封試料：フード/GBで扱う環境 ・閉じ込め性能 (負圧・排気・汚染拡散防止) → 定量の基盤	・基礎研究：クリーンは必須でない ・HPLC・γ測定など基本QCを通常環境で実施
拡張 (望ましい)	・医療RIの分離・品質評価・標準計測器に対応 (量・線量増を想定) ・区画・遮蔽増強、遠隔操作の部分導入	・遮蔽GBを中核に、分離・分析を安全に実施 ・熱処理/微細構造評価/高感度定量を同一動線で運用	・標準・無害分注・品質評価：簡易クレンジン (ベンチ/アイソレーター) ・QC基準・SOP・責任分界を共同利用仕様で整備
将来像 (備えるべき上限)	・照射物/加速器生成核種の受入 (mSv/h~Sv/h級) ・1m級遠隔ホットセル、遠隔操作分離、廃棄物処理	・状態不明・不安定を含む試料の整理・安定化 ・長期保管へまとめ置き工程+廃棄物アロー	・供給・委託を視野に、GLP/GMP相当の範囲設定 ・自動合成、核種別ライン、無菌・エンドトキシン等のQC

4. コミュニティの意見徴収

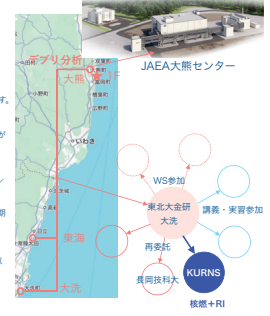
4. コミュニティの付託と、共同利用として回すための運用

- コミュニティの付託・5本柱
 - ポストKURの研究継続・ハブ
 - 核燃 (Pu含む) × RIの西日本拠点
 - 外部大型施設連携 + 高線量試料ハンドリング
 - 医療RI (治療 + PET) — 国策・国際競争・地域供給
 - 人材育成・共同利用・異分野融合
- 運用に向けて
 - 短期 / 中期 / 長期で利用エリアを分け、作業スペースを確保 (待込機器はルーバー化)
 - 共同利用の入口を整える: 入室ログ + 権限管理 (時間ID/QR等は実装例)
 - 予約・台帳・SOP・QC・責任分界をセットで整備 (ヘビユーザー前提)
 - DX: 記録・データ・教育教材を標準化し、運用負荷を下げる

3. 新たな共同利用に向けて 「核燃料物質化学の基盤分析整備と所内・共同利用ユーザーへの講習会の実施」について 2025/10/27 山村朝雄

1 | KUR停止後の装置ベースの高度技術支援に向けて
～熊取HLのICP-MS/MSから国のネットワークとも直結～

- 複合研ホットラボ (第1実験室) に昨年度設置した装置群
 - ICP-MS/MS (Agilent 8900)
 - ほほ全元素 (核燃・RI含む) を超高感度 (ppqまで) 測定できます。*国内大学で唯一、核燃料物質が利用可能 (RI下層予定)
 - 1Fデブリ・核燃料サイクル・核医療でのキープツールです。
 - SEM-EDX (Hitachi SU3800+AZtecLive Xplores30)
 - 核燃料物質・デブリの元素分析・非破壊での定量的検証が期待されています。
- 分析ネットワークへの加盟
 - 核燃・RIの分析に関する分析 (技術・データ) の検証 / 合理化 / 人材育成を担うネットワーク (JAEA大洗分析・研究センター)
 - 複合研は西側ノードとして、ICP-MS/MS、SEM-EDXの運用が期待されています。
- 人材育成・測定品質管理基盤を目指しています
 - 私たちが作成運用しているICP-MS/MS作業基準書は2017年度以来の実績があります。
 - 外部講師 (東北大・元Agilent) も招へい予定です。



3. 新たな共同利用に向けて 「核燃料物質化学の基盤分析整備と所内・共同利用ユーザーへの講習会の実施」について 2025/10/27 山村朝雄

2 | コリジョンセル・リアクションセル技術 (ICP-QQQ)
～同重量分析、干渉除去による超高感度分析～

✓ 相互に干渉する軽元素の分析には特に強み—半導体産業での基本ツール
✓ 1F由東Sr-90のZr/Y干渉除去 (O₂反応) はNHKサイエンスゼロで放送

✓ 同重量の分別

同重量の分離ができない!

Q1 m/z = 238

Q1 m/z = 238

Q1 m/z = 254

Q1 m/z = 237

Q1 m/z = 269

237Np in the presence of 10ppm U

Signal Intensity / cps

* m/z 237におけるUマトリックスからのoverlapが顕著

950ppq Np Spike in 10ppm U

Signal Intensity / cps

✓ m/z 237におけるoverlapは完全に除去されている

3. 新たな共同利用に向けて 「核燃料物質化学の基盤分析整備と所内・共同利用ユーザーへの講習会の実施」について 2025/10/27 山村朝雄

3 | 核燃料物質、医療用RIにおける課題

- コリジョンセル・リアクションセル技術を備えたタンデムMS (ICP-QQQ)
 - 精密な装置 (装置価格、運転費用も高額)、運用に技術が必要
 - 核燃・RI分野での設置数は日本の大学で3台 (筑波大、東北大、東大)
 - 潜在的ユーザーは多いが、大学拠点での研修・人材育成・品質管理の体制が必須 → RI分野で東北大大洗センター (2017-)、核燃・医療用RI分野で京大複合研が整備中 (2024-)
- A. 核燃料物質分野 (1Fデブリ・燃料サイクル)
 - 重点テーマ: 難分析核種・デブリ分析、試料数増への対応 (検証と合理化)
 - ICP-MS/MS 作業基準書の整備と4日実習の整備
 - 我が国の大学では、実施可能場所が限定されている。
- B. 医療用RI分野 (品質保証・不純物管理)
 - 例: ²²⁵Ac中の²²⁷Ac混入は輸出入・実務で別扱いの論点—不純物の可視化/標準化が必須
 - 製薬会社で同様の技術は開発されていますが、公開されません。大学ならではの公開ベース、人材育成を目指しています。
 - 例: 現在取り組んでいるLu-177の比放射能と不純物の分析は、製剤開発に必須です。
 - 大学で医療用RI製造の比放射能・不純物分析に取り組んでいるのはまだ少数。

4. MKBでの議論

MKBでの議論でいただいた宿題・論点 (4点)

- 0. 前提 (MKBで共有された状況)
 - 論点は「施設が要るか」だけでなく、研究所として何を中核 (コア) に置くに移っている。
 - 宿題1: 全体像
 - 「照射 (供給源) が外へ移る」ことが現実になったとき、研究として何を積み上げ、どこで価値を出すのかが見えにくい。
 - ホットラボ (+ 加速器?) を、研究所の将来像の中に位置づける必要がある。
 - 宿題2: 「JRR-3の横でよいのでは?」— 熊取の位置づけ
 - 東海側は、照射だけでなく照射後工程 (セル稼働・要員・企業利用等) で受入の制約が出る。
 - 「輸送が増える」不利を上回る利点として、共同利用 (人材) ・研究自由度 (装置利用の柔軟性) を、定性的でなく運用として言える必要がある。
 - 宿題3: 加速器は「所の将来像」か「ユーザー要求」か
 - 研究所の中核 (コア) をどう置くか、固定費と人員配置を含めた話になる。
 - 現時点では、後段工程 (分離・QC・教育) を主線に置き、加速器は段階整備 (将来論点)
 - 宿題4: 投資規模と運用体制 (人・固定費・責任)
 - 研究ターゲットは年単位で動く。固定費が増えると機動力が落ちる。
- ⇒ 後段工程を回す運用 (SOP・QC・教育・責任分界) を具体化して、議論の土台を固めていく

1. ホットラボWG/サブWGでの議論

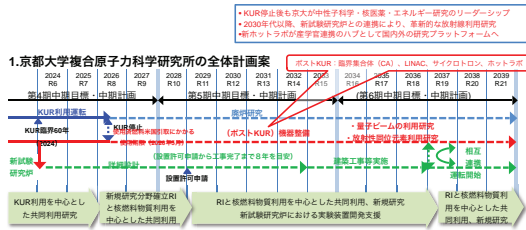
研究・活用計画 (どのように活用するか?)

1. 新ホットラボの活用例 (研究分野 × 設備 × 共同研究ネットワーク)

研究分野	研究内容	ネットワークとの連携	ホットラボの役割	施設・装置
核燃・医療用RI	放射性医薬品 (^{99m} Tc, ¹²⁵ I) を用いたがん治療法の開発	JRR-3、京大、病院、RIセンター、福島県立医大等 新試験研究	RI製造、品質管理、RI標準技術開発、前臨床研究	セル室、オープンラボ、医療用RI実験室
量子ビーム・放射線利用研究	加速器・電子線・ガンマ線を用いた材料科学・放射線化学	阪大、名大 新試験研究	放射線特性試験	加速器併設エリア、RI標準技術研究室
核燃料・廃止措置	次世代核燃料サイクルの設計、安全評価、廃棄物安定化	JAEA大洗研究、東大院 新試験研究	燃料特性評価、核分裂生成物の分析	放射線併設エリア、放射線廃棄物貯蔵庫
福島事故研究	デブリ管理技術の開発	JAEA大洗センター、東北大 大洗大洗センター	ICP-MS/MS分析技術・人材育成	化学機器分析室、オープンラボ
核燃料サイクル・廃止措置	マイナーアクチノイド等に関する基礎・応用化学	三菱重工、NDC、東科大	核燃・RI取扱、ICP-MS分析、SEM-EDX測定	オープンラボ、化学機器分析室、非破壊分析室
物性化学、先端物性物理研究	強相関電子系・超伝導の強相関物質の電子状態の解明、超伝導材料、単分子磁石	JAEA大洗研、K施設を持つ大洗、JAEA SPring-8	物質の調製、分析、形態観察	オープンラボ、化学機器分析室、非破壊分析室

1. ホットラボWG/サブWGでの議論

研究所の将来計画（長期ビジョン）との関係



まとめ

- KUR停止で照射は外部へ。東海での照射後工程（分離・QC・教育）が律速になる可能性。
- 研究コミュニティからは、医療RI（治療・PET）と核燃料/アクチノイドを支える研究ハブへの期待が確認できた。
 - 将来計画の観点でMKBから宿題もいただいている。
- 新営は未確定。一方で、現状で進められる部分：
 - 現ホットラボの改善（安全・動線・空調など）
 - 共同利用の運用：SOP/QC/責任分界/教育
 - 連携テーマの具体化：新規RI製造・分離・評価/セラノスティクス/非密封RI人材育成/関西圏PET供給

8. 第二部／KUR以外の施設・装置を活用
した教育・研究・共同利用、複合研での展望

KUCA

(京大複合研) 北村 康則

第二部 KUR以外の施設・装置を活用した 教育・研究・共同利用、複合研での展望

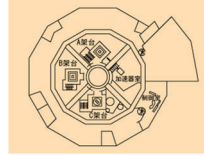
～ KUCA ～

京大複合研 原子力基礎工学研究部門 北村康則

KUCA

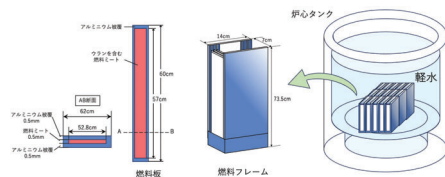


- 我が国の大学が所有する唯一の臨界実験装置
- 最大熱出力 100 W
- 初臨界：1974年8月
- 複数架台方式
 - 固体減速架台×2 (A架台、B架台)
 - 軽水減速架台×1 (C架台)



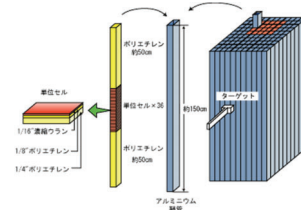
固体減速炉心 (B架台) 軽水減速炉心 (C架台)

軽水減速炉心の概要



- 燃料要素：ウラン
- 燃料フレーム：3種類 (装填燃料ピッチ、約3.0mm、約3.5mm、約4.5mm)
- 減速材：軽水
- 反射材：軽水
- 反応度制御設備：6本の制御棒 (中性子吸収材はカドミウム)
- 非常用制御設備：ダンブ弁 (開放により軽水を排水)

固体減速炉心の概要



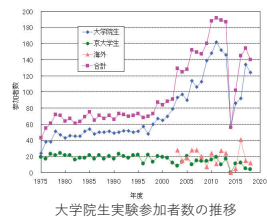
- 燃料要素：ウラン、トリウム
- 減速材：ポリエチレン、黒鉛
- 反応度制御設備：6本の制御棒 (中性子吸収材はホウ素)
- 非常用制御設備：中心架台 (1本以上の燃料集合体を装荷、落下することにより炉心領域から分離)

高濃縮ウラン燃料を用いた利用

- KUCAは、1974年の初臨界以来、軽水減速・固体減速炉心共に高濃縮ウラン (HEU) を用いて利用

- 軽水減速炉心を用い、1975年から全国の原子力工学系の大学院生 (京大については4回生) を対象とする大学院生実験を実施
 - 最大190人/年が受講
 - すでに4000人以上が受講

- 2011年の東日本大震災後に制定された「新規制基準」への適合に係る審査対応期間、運転を中断したが (数年間)、大きなトラブルはなかった



【現在の課題】KUCA低濃縮化

- 2016年の第4回核セキュリティ・サミット@米国ワシントン (以下、外務省HPより)

第4回米国核セキュリティ・サミット日本・進捗状況報告書 平成28年4月1日

京都大学臨界集合体実験装置 (KUCA) の低濃縮化
2016年核セキュリティ・サミットにおいて、日米両国は、KUCAを高濃縮ウラン燃料から低濃縮ウラン燃料に転換し、高濃縮ウラン燃料を全量撤去する取組を共同で実施することを発表した。

→ 高濃縮燃料の返送、2021年度途中から一時停止中

最近の共同利用採択件数

採択件数 (2020年度～2024年度)					
	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
1. KUR共同利用	269	252	271	269	253
(内訳(1)通常採択)	173	173	192	186	162
(2)プロジェクト採択	93	74	76	78	91
(3)即時採択	3	5	3	5	0
2. KUICA共同利用	15	5	1	1	1
(内訳(1)通常採択)	15	5	1	1	1
(2)プロジェクト採択	0	0	0	0	0
(3)即時採択	0	0	0	0	0
3. ワークショップ	1	1	0	0	1
4. 専門研究会	10	9	8	9	10
合計	295	267	280	279	265

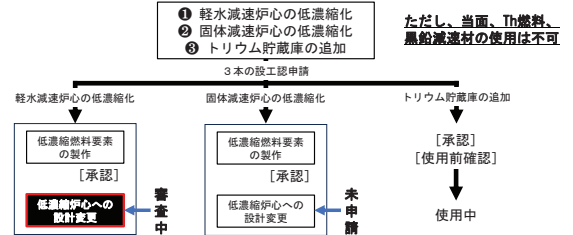
※2024年4月現在

2022年度以降、大学院生実験については、天然ウランを用いた未臨界実験を実施中

7

低濃縮化に関する申請業務の進捗状況

令和4年4月28日付けで承認された設置変更承認申請書における新規事項



軽水減速炉心：2027年度の共同利用び人材育成事業の再開を目指す
 固体減速炉心：2028年度の共同利用の一部再開を目指す

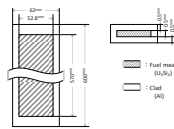
8

軽水減速架台

- KURなど世界各国の研究炉で使用実績のあるウランシリサイド (U₃Si₂)・アルミニウム分散型燃料を使用
- 燃料長板の形状(厚さ、外寸)は以前のHEU燃料と全く同じ
- U₃Si₂のU密度は4.8g/cc (JRR-3などと同じ)
- 燃料以外の炉心構造、制御系、計装系、核的制限値等は変更無し
- 燃料フレームは従来のHEU用のものを使用
 - C30、C35、C45 燃料フレーム
 - C30フレームはC60フレームとしても利用



Wet燃料

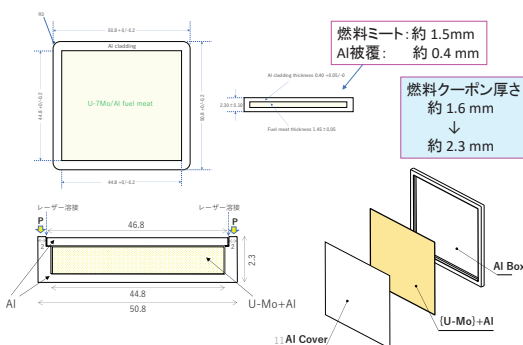


固体減速架台

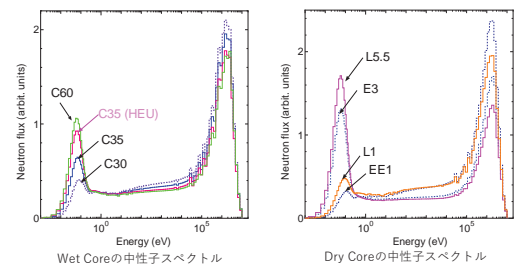
- ウランシリサイドに代わる新しい研究炉用の燃料として開発が進められているウラン・モリブデン (U-Mo) アルミニウム分散型燃料
- U-Mo燃料は1990年代から研究開発
 - ウランシリサイド燃料よりウラン密度が高い
 - U₃Si₂: 11.3 g/cm³ U-7Mo: 16.2 g/cm³
 - 照射試験を実施 (燃焼度80%まで)
 - U-7Mo単体 (monolithic)、またはアルミニウム分散
- UにMoを7wt%混ぜたU-7Moの粉末をアルミニウム中に分散
 - U密度: 6.6 g/cm³
- U-Mo燃料で臨界とする世界初の研究炉の予定
- 従来のKUICAのU-Al合金燃料と異なり被覆材が必要

10

Dry燃料 (U-7Mo + Al)



中性子スペクトル



炉心サイズはほぼ同じ
 炉心のスペクトルはやや硬くなる

KUCA低濃縮化後の利用

特徴

- 低濃縮化される臨界集合体として世界で初の施設
- U7-Mo 低濃縮ウラン燃料で運転される世界で初の試験研究用原子炉
- HALEU (2020年ごろから米国が主導して革新炉向け燃料、ウラン濃縮度約20wt%)を用いた世界で初の系統的な臨界/未臨界実験

■ KUCA運転利用特性の拡充による、原子力/放射線利用関連の研究開発ニーズへの更なる対応

利用

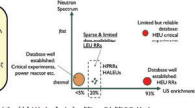
- HALEUを含む濃縮度5%超ウラン体系にかかる核設計のV&V ("verification and validation": 検証と妥当性確認)
- 原子炉物理学、原子力工学
- 臨界実験装置の特徴である幅広い臨界/未臨界体系、可変中性子スペクトル場の提供による研究開発シーズ発掘場の提供

KUCA低濃縮化後の研究開発テーマ (1)

- 濃縮度20% (HALEU) の炉物理と原子力工学応用

- 世界で初めてのUMo低濃縮燃料の臨界実験装置
- 世界初のLEU燃料(濃縮度20%)を用いた体系的な臨界実験が可能

高濃縮燃料領域や実用炉などの5%以下の低濃縮燃料領域については実験データが豊富にありますが、20%の低濃縮燃料(HALEU)領域は実験データが世界的に著しく欠如している。



→ 新型炉の設計、臨界解析(輸送を含む)等、計算誤差を評価する上でも非常に重要なデータ

低濃縮化後のKUCAが世界で唯一系統的なHALEUの実験データを供給できる

国内外の産官学から強い関心(現在米国、英国大学から共同研究の誘い)

新型炉

Th炉、HCLWR、MSR、SMR、HTGR、宇宙炉 etc

- 例えば、新型炉で使用される炉材料に関する研究
 - ・吸収体のサンプルラース
 - ・新型炉で使う材料(Na, Pb, Bi, Si, Be等)の核的影響評価
 - ・炉心設計等に必要な数値計算に供する核データの検証

既存軽水炉に関する研究

- ・既存軽水炉に近い中性子エネルギーベクトルによる実験が可能となる
- ・パイルオシレータを用いた高温ドップラー測定

特にメーカーなどの民間企業が強い関心官学も含めての共同研究を実施

KUCA低濃縮化後の研究開発テーマ (2)

- 「未臨界」の炉物理

→炉物理分野における未解明のテーマ

- これからの原子力利用を支えるために工学的、社会的にも重要なテーマ

廃止措置、使用済燃料貯蔵、核燃料輸送、福島デブリ管理、核セキュリティ、保障措置の高度化

未臨界の炉物理：炉物理分野における永遠のテーマの一つ

何に役立つ?

- ・原子炉
- ・SFプール、輸送用キャスク、福島デブリ
- ・セキュリティ、保障措置分野

何を研究する?

- 原子炉・SFプール等
- ・臨界安全性データ ρ_{stab} のベンチマークデータ
- ・未臨界度測定法
- ・未臨界度とは? Keff or Ksource?
- ・未臨界flux
- ・未臨界反応度

CfなどのRIやパルスチューブなどの加速器を用いた地道な実験が必要

KUCAは実験、計算、理論の3つの柱が全て実施可能

新しい理論手法の開発等理論・実験等を含めた大学らしい研究の推進

Security, Safeguard分野

- ・臨界安全
- ・核燃料物質の存在、物質量が知りたい

心配:経年化

- KUCAは低出力炉

- ・燃料の燃焼は気にしなくても良い
- ・中性子照射による建屋・構造体へのダメージ蓄積も気にしなくても良い

- 初臨界以降、50年以上経過し、いくつかの設備の更新を継続的に実施し、KUCAの機能・性能を維持する必要

- ・炉室空調
- ・炉心ダンプ弁
- ・制御棒駆動装置 他

まとめ

- 現状、教育・研究・共同利用の全ての面でボトルネックとなっているのは、低濃縮化事業
- 可能な限り早期の運転再開を目指す
 - ・2027年度以降、共同利用・人材育成活動を順次再開していく予定
- 並行して、KUCA経年化対応として、機器の更新を行う
- KUCAの特徴を踏まえた研究を推進していく

9. 第二部／KUR以外の施設・装置を活用した教育・研究・共同利用、複合研での展望

多彩な小型装置

(京大複合研) 奥地 拓生



鉱物の研究から始める

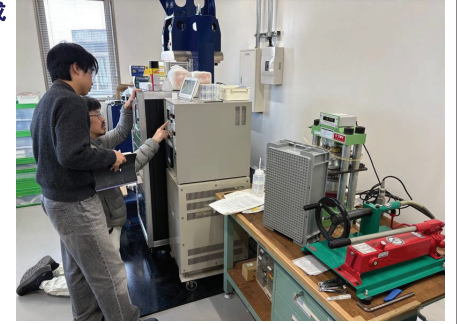
“KUR以外の施設・装置を活用した教育・研究・共同利用、複合研での展望”

・高温高压合成

・X線結晶学解析/分析

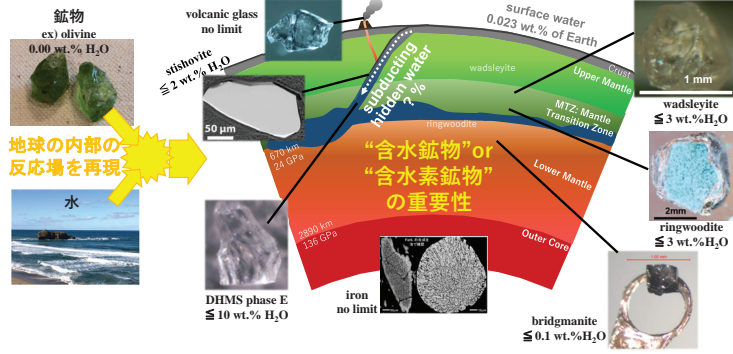


・結晶学の古典の教科書を振り返ってみる



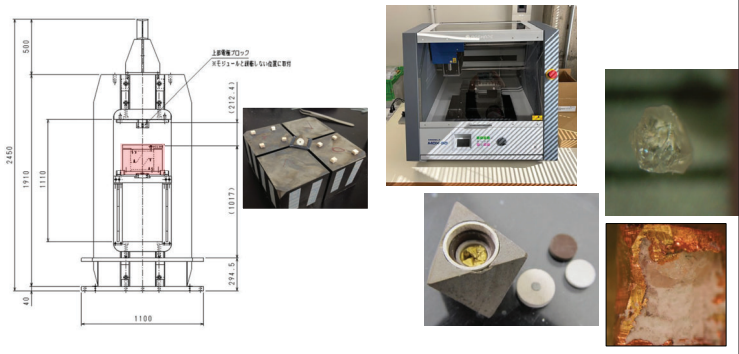
・高温高压合成

KUR以外の施設・装置を活用した教育・研究・共同利用、複合研での展望



・高温高压合成 を複合原子力科学研究所へ導入 II

KUR以外の施設・装置を活用した教育・研究・共同利用、複合研での展望

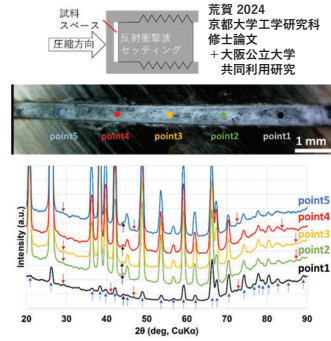


・X線結晶学解析/分析

KUR以外の施設・装置を活用した教育・研究・共同利用、複合研での展望

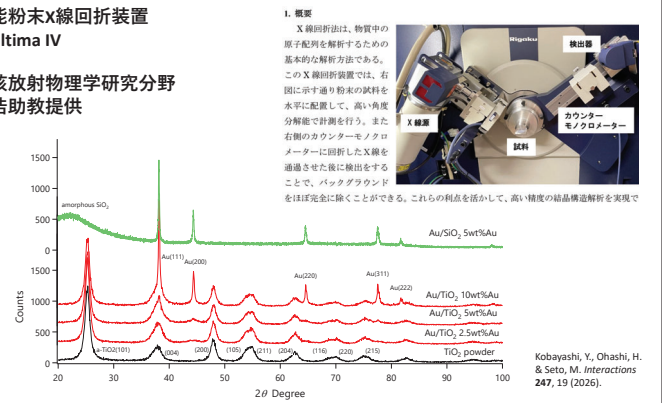
全自動多目的X線回折装置 Rigaku Smartlab 9kW

1. 概要
X線回折法は、物質中の原子配列を解析するための基本的な解析方法である。このX線回折装置は右図に示す通り、実験室に設置できる範囲で最も強力なX線を有するともに、そのX線を100µm径に集光する光学素子と、高感度・高ダイナミックレンジの二次元検出器を備える。強いX線を微小空間に集めて扱うことにより、大きさ100µm以上の結晶がひとつ準備できれば、その原子の配列を、1時間以内に測定することができる。一方でX線の感度が低い軽元素を主成分とする物質や、非晶質の原子配列についても、多少の時間をかければ調べることができる。このように各種の材料や、宇宙、地球、環境にある物質の解析等に活用できる。初心者にも扱いやすい装置である。ある程度の試料の量が準備できる粉末について、特に高い角度分解能を要する場合には、高分解能粉末X線回折装置の利用を推奨する。



高分解能粉末X線回折装置 Rigaku Ultima IV

複合研核放射物理学研究分野 小林康浩助教提供



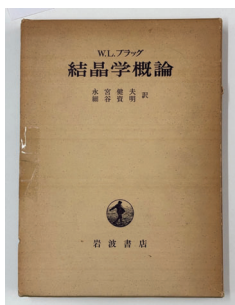
・結晶学の古典の教科書を振り返ってみる

W. L. Bragg 結晶学概論 (1949)

訳者のことば 1977年12月 永宮健夫・細谷資明

この現代結晶学は、現在の物性物理学の基礎の一つとなっているだけでなく、新しい物質や新しい現象が現われるたびに常に必要な研究手段としてそれ自身も発展し続けている。その成果はいわば物性物理学という高峰を志す登山者が常に携えるべき信頼できる地図とか天気図を提供しているといえよう。そもそも人間の五感の中で最も精密かつ豊富な知識を与えるものは視覚である。これは可視光によるものであるが、物質のミクロな構造に対しては、それに比例して短い波長をもつX線を手段として使う。そして眼のレンズ作用の後半部分を計算でおこなう。本書はその基本的操作について色々な工夫を示したものであって、基本的な考え方には不変の部分が多い。そのため著者の説明がいまでも新鮮味を失わないのであろう。

このような者であったからこそ、Cavendish研究所やRoyal Institutionの所長としてチームを組織し、次々と科学史上の金字塔といえる研究を産み出すのに直接間接の原動力となれたのであろう。顕著な例だけみても、Watson-CrickのDNAの2重らせん構造の解析、Crickの遺伝子暗号の解明、PerutzのヘモグロビンとKendrewのミオグロビンの解析、Phillipsらによるリンチーム酵素によるタンパク分子の切断機構の解明と並べることができる。結晶学の成果が物理学・化学・鉱物学・金属学といった領域からはるかに分子生物学まで発展したことは明らかであろう。W. L. Bragg自身、このタンパクの巨大分子の立体構造解析の成功が一番嬉しかったと回想している。



(鉱物の研究を出発点とした)

小型装置による共同利用展開

維持費用とメンテナンス人的負担を大きな負荷とせずに稼働できる
大型装置利用に接続する良質な試料をつくって評価

新しい物質や新しい現象が現われるたびに常に必要な研究手段として
高温高压合成装置とX線結晶学解析装置を用意しておく
伸びしろのある研究の種の成長を側方から支援

宇宙・地球・環境物質の課題としては

- ・多様な高温高压場での構造と反応
- ・低結晶性の構造
- ・いろいろな非晶質
- ・それらの空間不均質

以上是新試験研究炉での関連研究の種をつくることにも繋がる

10. 第三部／複合研に期待すること

共同利用ユーザーの視点、BNCT研究

(東京科学大) 中村 浩之

Institute of
SCIENCE TOKYO

令和7年度京都大学複合原子力科学研究所将来計画短期研究会
2026.2.12



共同利用ユーザーの視点、BNCT 研究

中村 浩之

東京科学大学 総合研究院
化学生命科学研究所 教授

BNCTの歴史とKUR

Institute of
SCIENCE TOKYO

>1950's BGRR, MITR 中止! がんへ集積しなかった

アメリカで開始 (Sweet, Farr)
63 脳腫瘍患者

1968 (日立炉→武蔵工大→KUR)

中村ら (帝京大)
脳腫瘍患者
BBB欠損

1987 (KUR) 2001

三島ら (神戸大)
メラノーマ
メラニン生成

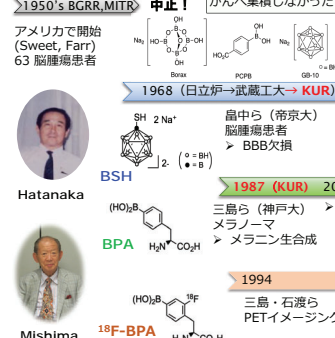

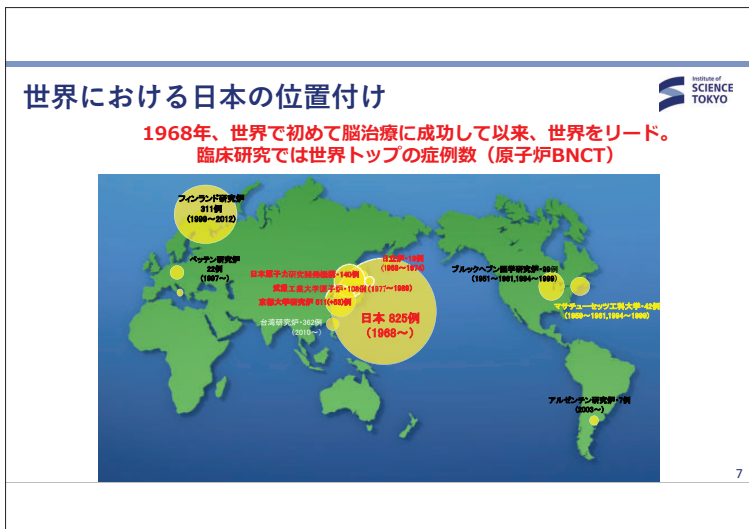
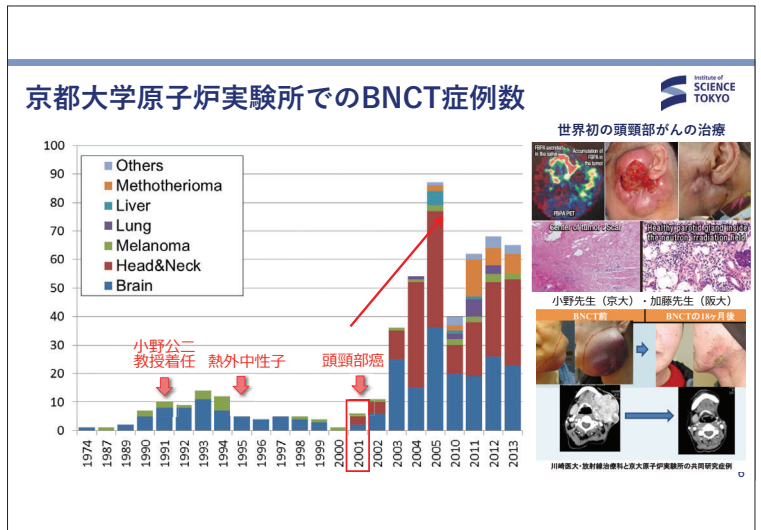
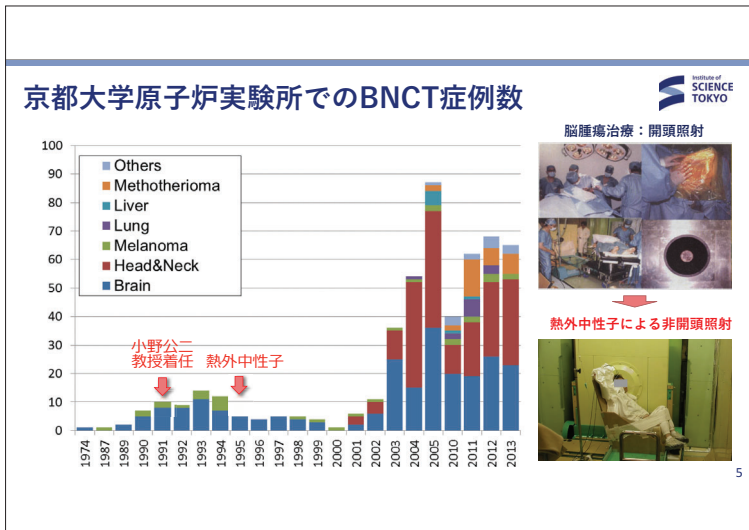
アミノ酸輸送体 (LAT-1経路)
京大・小野ら
頭頸部がん・脳腫瘍

1994

三島・石渡ら
PETイメージング

18F-BPA

Hatanaka
Mishima

BNCTの歴史

Institute of
SCIENCE TOKYO

>1950's 中止! がんへ集積しなかった

アメリカで開始 (Sweet, Farr)
63 脳腫瘍患者

1968 (日立炉→武蔵工大→KUR)

中村ら (帝京大)
脳腫瘍患者
BBB欠損
100 mg/kg (57 mgB/kg)

1987 (KUR) 2001

三島ら (神戸大)
メラノーマ
メラニン生成
500 mg/kg (24 mgB/kg)

アミノ酸輸送体 (LAT-1経路)
京大・小野ら
頭頸部がん・脳腫瘍

1994

三島・石渡ら
PETイメージング

18F-BPA

Hatanaka
Mishima

世界初BNCT用加速器 (京大・住重:2009)

> 頭頸部がん承認 (2020/6より保険適応)

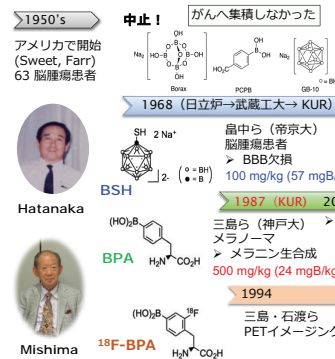

治験(第1/11相)
脳腫瘍(宮食)
頭頸部がん(平塚)

2013
2020

2018

治験(畑澤)
PET診断薬

ポロフラン

国内の病院内加速器BNCT施設



南東北病院 (福島: 頭頸部癌治療) 国立がん研究センター (皮膚がん治療) 江戸川病院 (乳がん自由治療)



大阪医薬大 (高槻: 頭頸部癌治療と髄膜腫治療) 筑波大 (脳腫瘍治療) 湘南鎌倉総合病院 (非臨床)

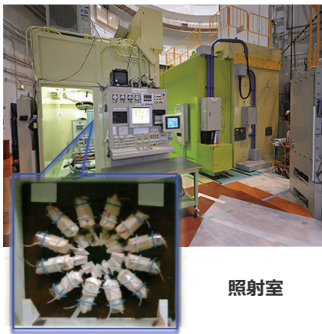


世界のBNCT治療施設

#赤字: 計画中



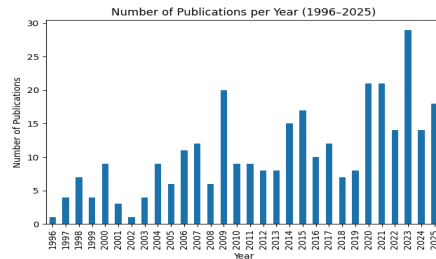
BNCT 基礎研究への貢献



BNCT 基礎研究への貢献



BNCTに関するKURの論文数 (1996~2025: 323報)



> IF が10以上: 21報

Advanced Materials (IF 26.8) 2023
Communications (IF 24.9) 2018
ACS Nano (IF 16.0), 2015
Science Advances (IF 12.1) 2020
Biomaterials (IF 12.9), 2024 他 4件
Journal of Controlled Release (IF 11.5)
2025 他 6件

主な論文



小松先生 (京大・RadioNano: 2023) 平塚先生 (川崎医大・頭頸部がん治療医師: 2018)

ADVANCED MATERIALS

Tumor Eradication by Boron Neutron Capture Therapy with ¹⁰B-enriched Hexagonal Boron Nitride Nanoparticles Grafted with Poly(Glycerol)

Yucal Zhang, Hiron Gyu Kang, Huanzhen Xu, Honghui Luo, Minoru Suzuki, Qing Lan, Xiao Chen, Naoki Komatsu, Li Zhang

First published: 27 May 2023 | <https://doi.org/10.1002/adma.202301479> | [VIEW METRICS](#)

ORIGINAL ARTICLE Open Access

Boron neutron capture therapy for vulvar melanoma and genital extramammary Paget's disease with curative responses

Junichi Hirataka¹, Nobuhiko Kamitani¹, Ryo Tanaka², Eisaku Yoden¹, Ryuji Tokiya¹, Minoru Suzuki², Rolf F. Barth³ and Koji Ono¹

片岡先生 (東大:2015) 野本先生・西山先生 (東京科学大: 2020)

ACS Nano

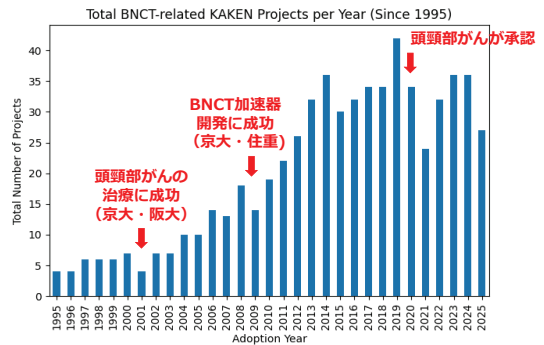
Hybrid Calcium Phosphate-Polymeric Micelles Incorporating Gadolinium Chelates for Imaging-Guided Gadolinium Neutron Capture Tumor Therapy

Peng Mi,^{1,2} Naotaka Dawa,¹ Hiroshi Yamaguchi,¹ Daisuke Kakuyama,¹ Minoru Suzuki,¹ Yoshinori Sakurai,¹ Yutaka Ito,¹ Koji Ono,¹ Hiroyuki Sakahashi,¹ Hiroshi Goto,¹ Takahiro Nakayama,^{1,2} and Kazumasa Kuroki,^{1,2,3,4}

ScienceAdvances

Poly(vinyl alcohol) boosting therapeutic potential of p-boronophenylalanine in neutron capture therapy by modulating metabolism

BNCTに関連した科研費採択の推移 (1995~2025)



2024年度の共同利用の実施状況



- ・ R6年度の重水設備の運用状況
14週(39日)。レール：5週、台車：7週(1MW)+16日(5MW)。
1MW：火11:00or12:00～木10:00、5MW：木10:00～16:00
生物試料を使用する実験：早朝～17:00。
※照射後の試料持ち出し時に、放管による確認が必要。
- ・ 共同利用件数の推移
H29:55 → H30:74 → R1:93 → R2:84 → R3:90 → R4:93 → R5:92
→ R6:96
※平成末、急増。令和に入って、年間90件前後
- ・ R6年度の共同利用の内訳
医学・生物：31件、化学・薬学：32件、物理・工学：33件
※7割程度が生物試料(細胞、マウス)を使用する実験

17

BNCT基礎研究の現状と課題



- ・ BNCT基礎研究・非臨床試験用中性子源（2025年度現在）
KUR
青森県QSCのBNCT用加速器（住重製20MeV）
東日本大震災でJRR-4が停止、廃炉が決定。
- ・ BNCT基礎研究・非臨床試験用中性子源（2026年度以降）
青森県QSCのBNCT用加速器（住重製 20MeV）
京大複合研 C-BENS（住重製 30 MeV）
筑波大 BNCT用加速器??
- 現状の課題
 - ・ 基礎研究、非臨床試験用の中性子源が極めて限られている。
 - ・ 世界的にBNCT研究が急速に拡大。
 - ・ 中国・韓国・欧州で加速器型BNCT拠点が増加



18

BNCT基礎研究の加速・推進のために



- 日本の立場
 - ・ 日本はこれまでBNCT研究を世界的に牽引
 - ・ KURは基礎研究・薬剤開発の中核拠点であった
 - ・ 多くの成果（薬剤、線量評価、生物学研究）はKURから創出
 - 重大な懸念
 - ・ KUR停止は、日本のBNCT基礎研究を減速させる可能性がある。
 - ・ 新規ホウ素薬剤の非臨床評価が困難
 - ・ 若手研究者育成の場が縮小
 - ・ 国際競争力の低下リスク
 - 我々の要望
 - ・ 基礎研究・非臨床評価に利用可能な中性子源の確保→C-BENSの維持、拡張に期待
 - ・ 医療機関で使用されている加速器（C-BENS）を有する複合研におけるGLP環境整備
 - ・ 国家レベルでのBNCT研究基盤整備→放射線、中性紙の高い専門性を有する研究所、技術職員、実験設備を有する研究基幹である複合研に大きな期待。新研究炉への橋渡し。
- 「複合研=BNCT基礎研究の日本のハブ、世界のBNCTトップ研究機関」を今後も維持!!

19

11. 第三部／複合研に期待すること

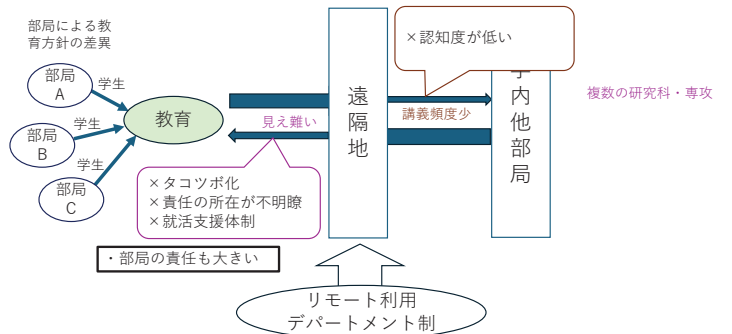
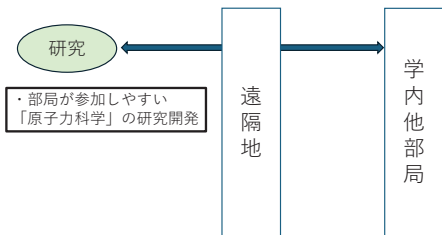
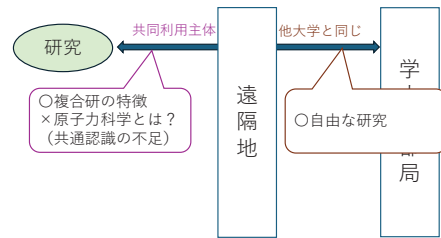
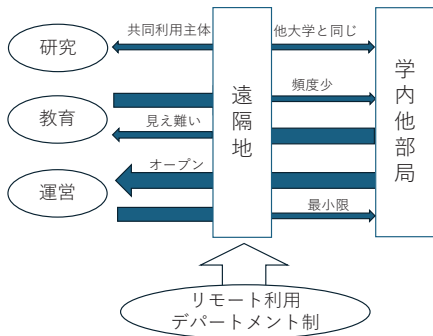
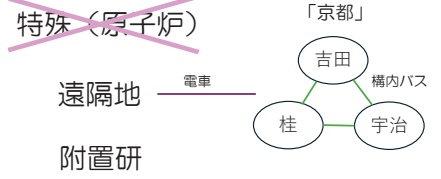
京都大学内の他部局の視点、
工学研究科原子核工学専攻

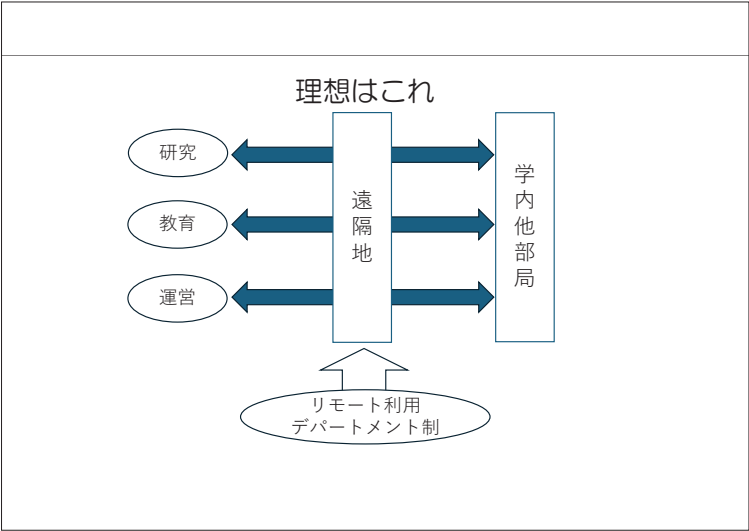
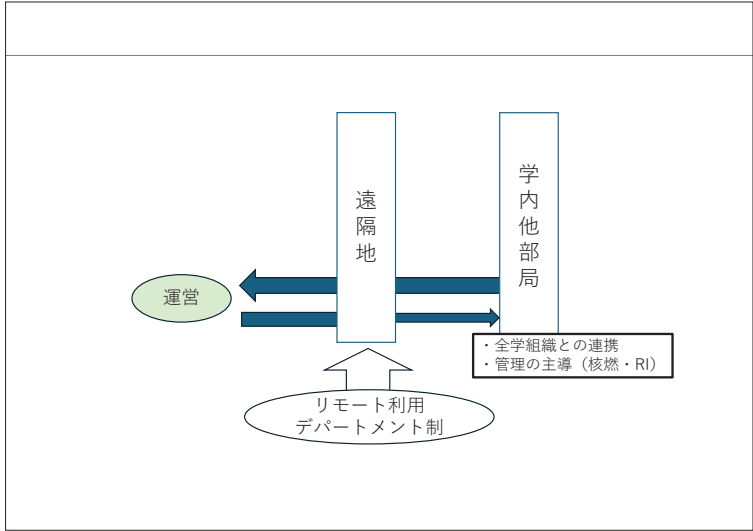
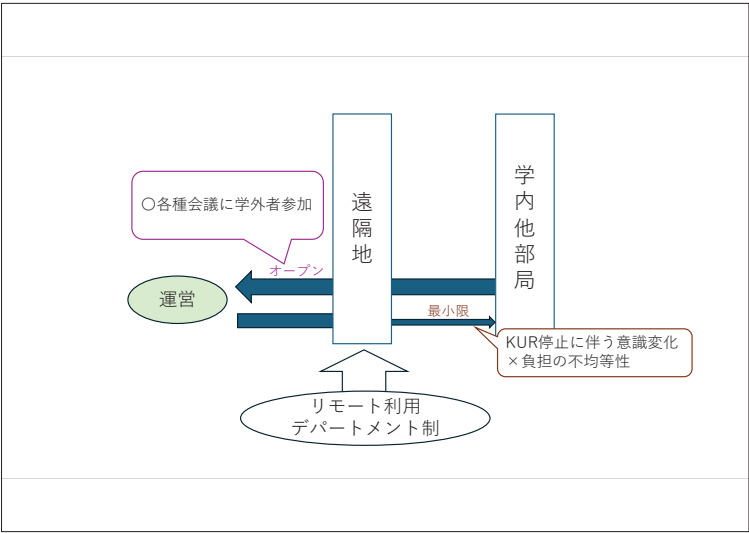
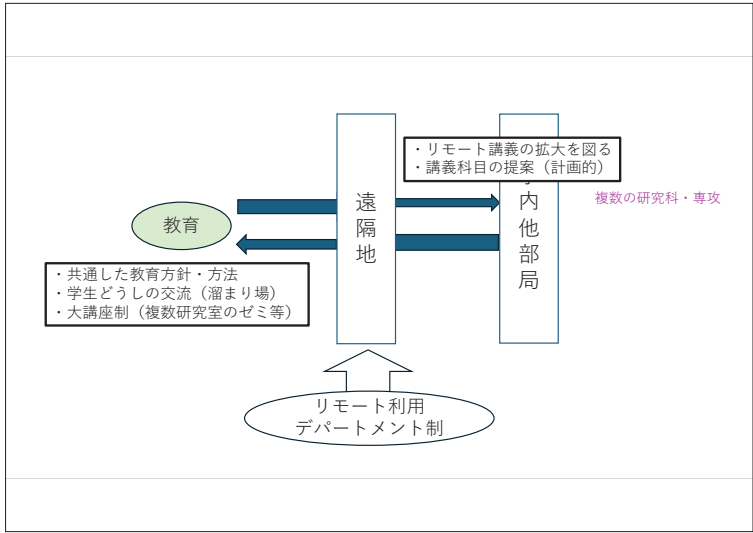
(京大) 高木 郁二

京都大学内の他部局の視点

工学研究科原子核工学専攻
高木郁二

複合研とは？





第三部／複合研に期待すること

11. 京都大学内の他部局の視点、工学研究科原子核工学専攻（招待講演）

（京大）高木 郁二

杉山： ありがとうございます。チャットに1件ご質問があります「事務経理系の立場からの質問をご容赦ください。先生は工学附属量子理工学教育研究センター(宇治キャンパス)の副センター長でもありますが、KUR 停止後、弊所と更に連携できる余地はあるのでしょうか。宇治で研究ができる施設があるのであれば、熊取の同様の施設(重複しているのか、確認したわけでありませぬ)に投資する利点がないのでは、と考えております。」とクリティカルなことも含めた質問ですけど。

高木： はい。まず核燃に関しては、宇治キャンパスに施設がありますが、核燃は使ってもRI は一緒に使えないとか、数量が少ないとかの問題があり、様々な核種が使える複合研の優位性は極めて大きいと思います。連携に関しては、例えば宇治キャンパスで共同利用できるのは MeV クラスのイオン加速器や電子線加速器などであり、複合研と棲み分けが出来ていますので、お互いを補完し合う形で連携することは十分可能かと思います。ただし、それに伴うマンパワーの問題を考える必要があります。

杉山： ありがとうございました。

12. 第三部／複合研に期待すること

原子炉を利用する共同利用機関の視点、
東京大学物性研究所

(東大) 佐藤 卓

複合研に期待すること 原子炉を利用する共同利用機関の視点

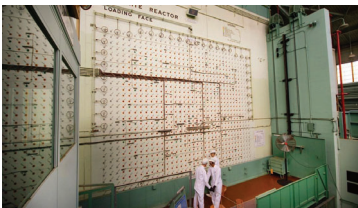
Taku J Sato
Neutron Science Laboratory, ISSP, University of Tokyo
and
IMRAM, Tohoku University

2026/02/12 京大複合研将来計画短期研究会 Online(Zoom)

- 原子炉と中性子散乱研究
 - 日本の大型中性子散乱研究施設の現状
- 東京大学物性研究所附属中性子科学研究施設の活動
 - 日米協力事業「中性子散乱」(ORNL, BNL)
 - J-PARC 物質生命実験施設での活動(KEK IMSS)
- 研究用原子炉JRR-3を用いた中性子散乱共同利用
 - 大学で運営する装置群
 - ユーザー数・最近の成果等
- 中性子科学分野における将来計画と複合研への期待

Why Neutron Scattering?

- Nuclear reactor makes neutron scattering possible



X-10 Graphite Reactor @ ORNL
After ORNL webpage

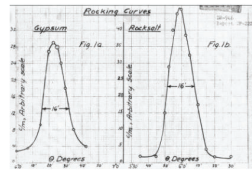


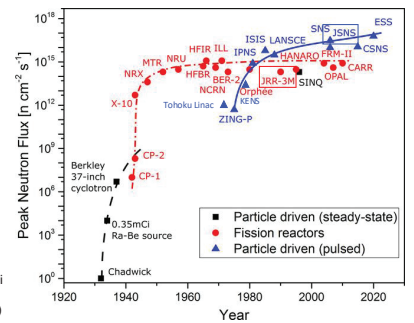
Figure 4
Hand-plotted rocking curves for Bragg scattering from single crystals at the X-10 pile, obtained by Wolfa & Bortz in December 1944 with improved equipment installed on 2 December.

First neutron diffraction data at X-10
Dec 1944

Mason et al, Acta Cryst. A69, 37 (2013)

History of neutron generation

- Historically reactor based neutrons were dominant
- Recent development of pulsed neutron source is outstanding



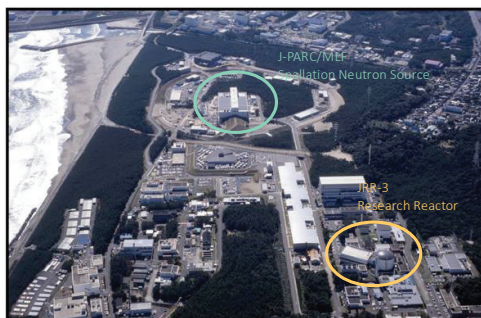
Kreuzpaintner et al., Phys. Stat. Solidi (b) 259 (2021) 2100153
(Added Japanese Historical Facilities)

Two major neutron facilities in Japan

- We now have two world-class facilities!
 - Unprecedented opportunity for Neutron Scattering in Japan

J-PARC/MLF
The most intense spallation neutron source in the world

JRR-3
One of only a few major reactor-based neutron sources in the world



物性研中性子の歴史と活動

1957	物性研設立 (共同利用研)
1960	JRR-2運転開始
1960	中性子散乱共同利用開始
1969	中性子回折部門設置
1990	JRR-3M(現在のJRR-3)運転開始
1990	第1回実験審査委員会
1993	中性子散乱研究施設(NSL)設立
1994	波紋施設 (東海ゲストハウス) 建設
2003	中性子科学研究施設に名称変更
2010	高分解能電子ヨウソフ分光器建設(J-PARC)
2011	東日本大震災によるJRR-3停止
2021	JRR-3運転再開
2024	国際課題受付開始
2025	産業利用課題受付開始



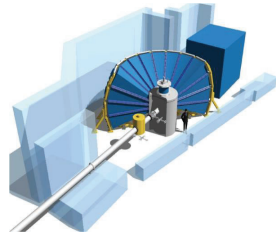
	課題申請数	採択課題数	競争率	予定運転日数
2023	172	154	1.12	161
2024	182	140	1.30	153
2025	148	120	1.23	144

- 物性研が東北大・京大等々と共同で実験装置の維持・管理・ユーザーサポート
- 全国の大学研究者に最新の中性子散乱実験機会を提供
- 産業利用課題および国際課題を通じた企業・外国ユーザーに利用機会提供

- US-Japan cooperative program on neutron scattering (1981-)
 - Open for Japanese Users (Proposal call: Nov.)
- J-PARC MLF HRC spectrometer (KEK)(2010-)



CTAX分光器@ORNL (2011~)



HRC分光器 (BL12) @MLF, J-PARC (2010~)

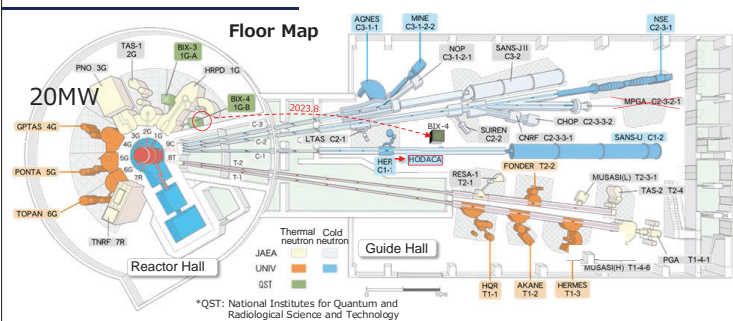


Operation terminated due to the **Great East Japan Earthquake M9** March 11, 2011



Operation resumed in 2021

- Japan Research Reactor 3
 - First criticality
 - September 12, 1962
 - Upgraded
 - March 22, 1990
 - Reactor type:
 - Light water moderated and cooled, pool type, low-enrichment uranium
 - Thermal power
 - 20 MW
 - Thermal neutron flux:
 - $3 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}/\text{s}$
 - Operation mode:
 - 26 days/cycle, 6-7 cycles/year
 - Award:
 - American Nuclear Society Nuclear Historic Landmark Award (2007)



Neutron Instruments (28)

- Diffractometer : 7 (JAEA: 3, Univ.: 2, QST: 2)
- Spectrometer : 11 (JAEA: 3, Univ.: 8)
- SANS : 3 (JAEA: 2, Univ.: 1)
- Reflectometer : 2 (JAEA: 1, Univ.: 1)
- Radiography : 2 (JAEA)
- Prompt γ -ray analysis : 1 (JAEA)
- Dev. of optical device / Test port : 3 (JAEA: 2, Univ.: 1)

- 物性研究所：共同利用・共同研究拠点（設置時:全国共同利用研）
 - 全国の大学の中性子利用（JRR3における大学所有装置12台）
 - 東北大学（装置3台）、京都大学（装置1台）との長年の協力関係

共同利用(user program)

申請課題数：172課題（2023年度）
182課題（2024年度）

ハイインパクト論文率(IF>=10)：14.4%
トップ10%論文率：10% (2021-2025)

ユニークユーザー数：339名（2023年度）
348名（2024年度）

学位論文数：64報(2021-2025)

NSL RING 調べ ユニークユーザー数はバッチ数から見積もった概数

累計論文数

学術論文総数：2078報（他施設利用含む）
(1996年以降)

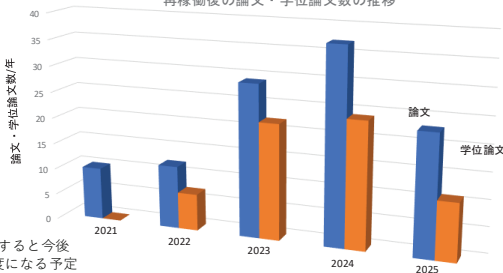
学位論文数（修士・博士）：367報
(1996年以降)

再稼働後の論文数

学術論文総数：133報 (2.12現在)
(2021年以降)

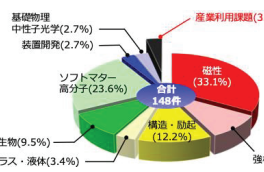
学位論文数（修士・博士）：73報
(2021年以降)

再稼働後の論文・学位論文数の推移

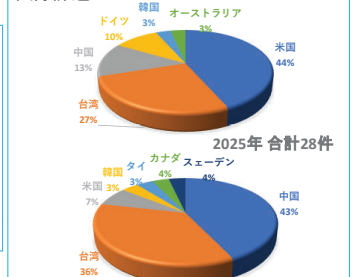


再稼働前：100報/年
線形に増加しているとすると今後
3年程度で再稼働前程度になる予定

課題分野分布 (2025年)



国際課題



産業利用課題（産学連携課題）試験運用開始

2025年度申請実績

AGNES（非弾性散乱装置）

JSR株式会社、住友ゴム工業株式会社、三菱ケミカル（株）、株式会社東レリサーチセンター

SANS-U(小角散乱装置)

量子ビーム分析アライアンス参加企業9社程度
(総合科学研究機構を通じた利用)

THE INSTITUTE FOR SOLID STATE PHYSICS THE UNIVERSITY OF TOKYO JRR-3 大学グループの最近の成果

第3の磁性体「交代磁性体」の解明

強磁性体・反強磁性体に続く第3の磁性体「交代磁性体」に関して世界を先導する新しい知見が得られています

5G PONTA 三軸分光

R. Tokaji et al., Nature Materials 24, 63 (2025)

フレキシブル電池材料の開発

硬さと強靱性を兼ね備える電池用アル電解質の開発に中性子が活躍しています

CI-2 SANS-U 小角散乱

K. Hashimoto et al., Science Advances 9, ead6505 (2023)

塩化物マルチフェロイック物質の開拓

塩化物マルチフェロイック物質の開拓により強誘電性と強磁性の同時熱制御が可能になりました

マルチフェロイックデバイスの実現加速

T. Zhu et al., Nature Materials 23, 1192 (2024)

反強磁性準結晶の発見

高次元空間でのみ周期性を持つ不思議な固体「準結晶」発見以来40年の謎がいに解き明かされました

反強磁性準結晶

R. Tamura et al., Nature Physics (2025)

再帰性理論の論文

(2021-2025, 2025/06/18現在)

論文数: 111篇
ハイインパクト論文数 (IF >= 10): 16篇 (14.4%)
Nature Materials 2, Nature Physics 2, Nature Communications 6, ...
修士論文・博士論文数: 64篇

JRR-3の学術界への貢献

最近の大型研究費獲得

科研費基礎研究(S) 藤田全基 (東北大) 中性子スピノン偏極物性科学の開拓
科研費基礎研究(S) 杉山正明 (京大) 新世代中性子構造生物学の開拓

H.30 文部科学大臣表彰 科学技術賞 (研究部門) 栗山充弘 (東大)
R.4 文部科学大臣表彰 科学技術賞 (研究部門) 佐藤卓 (東北大)

THE INSTITUTE FOR SOLID STATE PHYSICS THE UNIVERSITY OF TOKYO 中性子科学研究施設の将来計画

JRR-3将来計画検討委員会(2018-19)

- 再稼働時の装置立ち上げ優先順位づけ
- JRR-3の国際競争力アップのための新型装置提案
 - マルチアナライザー分光室・高効率準結晶回折計

- 物性研国際外部評価委員会
- 中性子科学研究施設運営委員会
- JRR-3中性子ビーム利用推進委員会
- 中性子科学会中性子科学推進委員会

2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030

JRR-3&HRC 充実期 JRR-3発展・将来施設準備期

JRR-3再稼働 全国共同利用再開 (東北大・京大・茨城大と協力) HRC高角パング拡充 J-PARC (KEKと協力)

J-PARC 1MW達成 JRR-3新しい冷中性子源の設置

多重検出器・アナライザー型三軸分光器#JRR-3 (米BNL・東北大と協力) スピンエコー分光器#JRR-3の改良 高強度準結晶回折装置#JRR-3 (東北大・HANAROと協力)

新試験研究炉 JRR-3 or JRR-5

THE INSTITUTE FOR SOLID STATE PHYSICS THE UNIVERSITY OF TOKYO 複合研に期待すること

- 20年後の中性子科学を支える施設
 - J-PARC MLF Target Station 2
 - 新試験研究炉
- 新試験研究炉計画 (特に中性子ビーム利用) の着実な推進
 - 線源・輸送・分光器を総合的に最適化できる日本で初めての原子炉中性子施設
- 最先端学術研究と産業利用のバランス
 - 最先端学術研究を可能にするビーム強度・新技術
 - 持続可能な中性子研究モデル
 - 新施設にふさわしい利用制度 (課題申請、採択方式が本当に良いのか?)
- 他の実験手法との相補性の追求
 - 中性子ですべてを行う時代は終わっている
 - 中性子でしか得られない情報は何か
 - AI利用を前提とした装置設計 (すべてを実験で知る必要はない)
 - 水素 (コントラスト変調を含む)、スピニンに特化した装置

THE INSTITUTE FOR SOLID STATE PHYSICS THE UNIVERSITY OF TOKYO 複合研に期待すること

- 中性子科学を前進させる研究開発
 - 新試験研究炉の運用開始まで10年から15年
- 既存の延長線上ではない新しい技術の開発
 - 中性子分光法そのもの
 - 検出器
 - 中性子輸送
 - 冷中性子源
 - 試料環境を統合した新しい実験システム (完全自動化、AIによる実験組み立て)
 - 線源を2倍にするのは難しいけれど効率を2倍にするのは可能
 - でも、「電子化」はだめです。イチから高効率実験を考える必要あり。
- 既存の中性子施設(JRR-3, J-PARC)との連携
 - 装置開発
 - JRR-3ビームを用いた装置開発・要素技術開発
 - JRR-3に装置を作り新試験研究炉にもっていく
 - 運用形態
 - 大学共同利用研は中性子科学にどのようにコミットすべきか
 - 大学連携 (予算申請ができる組織を作るべき)
 - cf 強磁場施設 (物性研・東北大金研・阪大強磁場)
 - 課題採択
 - ビークとすそ野、それぞれをバランスよく発展させる方法は?
- JRR-3は機動力があります

THE INSTITUTE FOR SOLID STATE PHYSICS THE UNIVERSITY OF TOKYO 未来の学術振興構想

● 研究用原子炉による中性子科学が切り拓く未来

● 物性研・京大複合研・東北大金研・JAEA物質科学センター

本学術振興の「ビジョン」

研究用原子炉を基とする中性子科学は、軽元素や磁気を高感度で物質内部を非破壊観測できる独自性を持つ。本構想では、中性子装置の計画的な更新・高度化を通じて中性子科学を一層推し、物質・生命・社会進歩を牽引する新学術体系を確立する。これにより、サステナブル社会、量子情報技術、健康長寿、食と資源循環、文化財保全に貢献し、我が国が国際的リーダーシップを発揮する基盤を築く。

人類の幸福・持続的発展に中性子科学で貢献する

中性子の特徴:
軽元素・磁気を高感度／非破壊観測／広い時空間ダイナミクス

すること: 原子炉中性子装置の計画的更新・高度化
新型分光器・検出器・試料環境・データ基盤

今後10年程度中性子科学重点分野と将来像

- 高分子・ソフトマター 高機能材料→SDGs9
- 量子物質 次世代情報素子→SDGs7, 9
- 生命科学 量子生化学・創薬→SDGs3
- 食品科学 食感・保存性の科学→SDGs2, 12
- エネルギー材料 変換・効率・貯蔵・安定を統合理解→SDGs7, 13
- 構造材料 インフラ長寿命化→SDGs9, 11
- 文化財 歴史資料の継承→SDGs11, 16

THE INSTITUTE FOR SOLID STATE PHYSICS THE UNIVERSITY OF TOKYO 重点研究分野と将来像

量子物質 マグノニクス基盤構築

量子生化学を基礎構築 創薬・医療に革新

高分子・ソフトマター 軽量高性能な素材・有機エレクトロニクスに貢献

量子生化学を基礎構築 創薬・医療に革新

生命科学 水素位置

量子生化学を基礎構築 創薬・医療に革新

構造材料 インフラ長寿命化と安全性向上

研究用原子炉による中性子科学が切り拓く未来

文化財 歴史資料の真の姿を解明し、未来へ継承

食品科学

エネルギー材料 変換・効率・貯蔵・安定の統合理解を統合的に構築

低消費電力・高速デバイス
軽量高性能な複合有機材料
量子生化学開拓と創薬・医療
インフラ長寿命化
次世代電池や水素貯蔵材料
歴史資料の未来世代への継承
食品の保存性・食感向上



- 複合研が進められている新試験研究炉
 - 20年後の日本の中性子科学を支える施設
 - 今から新しいチャレンジができる施設
- 人材育成・技術継承・学術研究の最後の砦

- 是非一緒に中性子科学の将来を考えさせていただきたく思います！

第三部／複合研に期待すること

12. 原子炉を利用する共同利用機関の視点、東京大学物性研究所（招待講演）

（東大）佐藤 卓

杉山： 非常に貴重なお話をありがとうございます。最後の部分も含めて大変ありがたいと思っております。1件チャットに「中々、若手が少ない現状ですがどのように技術継承を進めていくべきでしょうか？」

佐藤： とても難しい質問ありがとうございます。若手が少ない現状を変えていかないといけないことは、とても大きな問題と認識してしまっていて、現在、色々な方と議論を進めている状況です。特に大学の研究室、中性子散乱の研究室が非常に減ってしまい、中性子科学全体が減ってしまいました。これは大きな施設をつくる際に、中性子科学の研究室から人を移すことで、コミュニティとしては苦渋の選択だったと思いますが、結果的に教育に携わる人数が減ってしまいましたが、今は人材交流も出来る状況に戻っていますので、今後は各大学、日本の研究型大学に中性子科学の人を流動させることを考えていきます。これをどうするかが非常に難しい問題で考えていきますが、やはり大学における中性子科学の研究を復活させたいと思っています。時間のかかることですので、それ以外にも例えば施設に長期的に滞在し中性子の専門ではない研究室の方も是非中性子に興味を持っていただくとか…物性研にもそういう制度がありますので制度等も使いながら、喫緊の課題としてやること、中長期的に日本全体として考えることとして考えていきたいと思っています。ただ妙案はございませんので是非色々教えていただきたいと思っています。

杉山： 佐藤先生、建設的なご意見ありがとうございました。

13. 第四部／全体討論

(京大複合研) 黒崎 健

第四部／全体討論

13. 全体討論

黒崎： 所外の先生方…中村先生、高木先生、佐藤先生お忙しいところ、プレゼンありがとうございました。皆様お疲れさまです。それぞれのご意見を頂き、将来計画を考える時の参考にさせて頂きたいと思います。今から第四部をとということで、頂いた質問に対して私から答えられることを答えていきたいと思います。頂いたご質問を画面に表示しています。お名前とご所属もありましたが削除した形でこれだけの質問を頂いています。今日は複合研の将来計画に関係のあるご質問だけを答えていきます。

- 「KUR と新試験研究炉が中心とのことですが、中心が無い 15 年間は新試験研究炉開発以外に何を（よりどころにして）研究するのでしょうか」

黒崎： 杉山先生からご回答頂いているのが全てで、私も同じ考えです。とはいえ、私なりの言葉で回答すると、中心が無くなるのは危機と言えば危機ですが、無いものは無いので、あるもので頑張るしかないところに行きつきます。研究の重要なポイントが3つあると思っていて、1つはあるものを使うこと。午後にお話頂いた色々な施設をこれまで以上に活用していく。2つ目は、そうは言ってもそれだけじゃ足りない。中性子源だけでいうと、KUR は物凄く大きな中性子源で沢山の中性子を出しています。田中先生からサイクロトロン加速器で陽子をベリリウムにあてて中性子を出すお話をされていましたが、1 台で KUR と同じだけの中性子は賄えない。やはり圧倒的に足りないわけです。数分の一位になる。今あるのは使うけど、足りない分は連携になってくると思います。連携で言うと国内外ありますが、国内で JRR-3 などと何かしら我々が引き受けている共同利用を一部実施するような仕組みが重要ではないかと思っています。これは、我々だけではなく、国全体の問題の大きな話です。原子力、放射線、中性子科学が物凄く大事でもっと必要だと。端的に言うと最後はエネルギー基本計画まで行きつきますが、そこで大きな方向性が示されていて、次の段階でその分野の研究と人材育成の重要性が見えてきますが、KUR が運転停止し、新試験研究炉は 15 年とか 20 年後の時間軸で、どうしても空白期間ができる。その空白期間に我々も居るので自分達も頑張らないといけないが、国全体としてしっかり見る必要がある。私自身も色々な審議会等でその立場からも発言させてもらっています。そういう話になると国が抱えている研究所は JAEA で、JAEA として関わり方が重要になります。幸いにして国も JAEA も、今の危機的な状況は理解してくれているので、空白期間は国全体で上手く利活用しましょうという大きな方向性は合致しているの、あとは落とし込んでいくだけ。

これが2つ目です。3つ目が、この15年間何をするか。それが新試験研究炉になります。質問は新試験研究炉開発以外と書いているので、それでお話をすると繰り返しになりますが「あるものを使い、無いものは連携」これに尽きると思います

- 「組織再編関連：複合研の特徴として、研究分野の多様性、幅広い学内連携、関連コミュニティとの良好な関係をあげていますが、組織再編にあたってはそれが障害にもなると思います。特に学内連携に関しては、再編によりこれまでの幅広い連携が失われるかもしれません。再編の議論の中で、連携している学内組織や関連コミュニティとの意見交換を行っている（あるいは遅いかもかもしれませんが、これから行う）のでしょうか。（学内組織に関しては卓越大学認定に当たり大きく変わる可能性がありますのでどうなるか分かりませんが）」

黒崎： 研究所内の組織再編に関しては、学内組織や関連コミュニティとは特に意見交換をしていません。中の組織を変えるけど協力講座関係はそのまま継続する前提での組織再編なので、意見交換や議論は行っていないのが現状です。一方でデパートメント制の話で学内でも話が変わっていると言って高木先生に突っ込まれていましたが、京大全体として、国際卓越研究大学に認定してもらうことに変わりはありませんが、京大全体としての大きな流れの中で場合によっては研究所と研究所以外の部局、あるいは部局の下の専攻レベル、あるいは研究者と議論がスタートすることは十分にあり得ると思っています。今は議論するステージまで上がっていませんが、場合によって議論をする必要があることを、関係各者が理解しているのが現状です。

- 「1F事故は地震後の津波という複合災害で発生した。複合原子力科学でイメージしたのが原子力防災である。原子力館を原子力避難船にする、防災との連携（京大・山口氏の防災科学との連携）等を考えないか」

黒崎： 防災の件も非常に大事です。原子力館を原子力避難船にする話は特に考えていません。ただ原子力防災は非常に大事ですから当研究所は年2回防災訓練を実施していて、そのうちの1回はかなり訓練しています。研究所の体制や組織がどう変わろうが、この原子力防災の重要性は高いと思っています。

- 「今民間核融合が脚光を浴びている。でも材料のトリチウムを調達するのが容易ではない。トリチウム製造研究は可能か」

黒崎： 将来計画にはあまり関係がありませんが、面白い話題です。日本成長戦略会議が出している17個のこれから力を入れていく1つにフュージョンが入っているので核

融合が脚光を浴びています。残念ながら複合研が核融合にどこまで力を入れていくか、まだ不明な点が多いと思います。ただ個別の先生が核融合の要素技術のその一部みたいなのをやっていることはない。例えば、私の研究室でも原子力材料で核融合炉材料に使えるような材料の研究をやっていないことはないですが、研究所として1つの柱を立てるか？ という話までにはなっていないのが現状です。繰り返しますが、国が物凄く力を入れているのは事実です。

- 「研究を推進する拠点として複合研が発展するには、特に博士後期課程の学生が重要だと思います。これまでは京大の学科に所属した学生が複合研に来るという形だと思いますが「研究所として」博士後期課程の学生などを受け入れるといったお考えはありますか。研究を進められる学生を受け入れることで複合研の強みを生かした研究所全体の推進と(将来の研究者を目指した)人材育成ができるかなと思いました。」

黒崎： さっきの中性子科学の分野の若手がないのに関連する話で、分野としての人材育成の話です。この質問は非常に大事かと思いますが、大学の建付け上博士後期課程の学生を複合研が受け入れるのは、法律上できないと思います。学校教育法という法律があり、大学は学部を置くとか、大学は研究科を置く、あるいは研究のための研究所を置くことが出来るなど法律で決まっています、教育は学部と研究科で行う、と多分書いてあります。なので研究所で教育を行うのは記載がないので、複合研が今の制度の下、博士後期課程の学生を複合研独自の学生として受け入れることは出来ないと思います。制度上出来ないし、出来たとしても今の我々の能力では出来ないと思います。受け入れるのであれば「アドミッションポリシー」や「ディプロマポリシー」も考え、入試を行い、授業のコースワークを作るなど、ドクターの学生といえどもそこまでやらないといけない。今現在の形は基本的には協力講座でと、高木先生のお話にありましたが、工学なら工学研究科の学生を研究指導する形で、研究室で受け入れ指導することになると思います。この質問は非常に大事なので将来…研究所というより、京大全体の大きな変化の1つですが、将来出てくるのかもしれないとは思っていますが、今は無いのが現状です。

- 「本質的で重要な活動かと思いますが。定期的な活動（ミーティング）やその結果を公表したり質問や思いを投げられるようなサイトはありますか？」

黒崎： 杉山先生の MKB 委員会の質問ではないかと推察します。これについては、MKB 委員会のメンバーは少なくともこういう場や、所内会議では共有しているので、メンバーに伝えてもらう形になると思います。サイトを作って募集したりすることをすつもりありませんし、効果的だとも思っていないので、メンバーに伝えてい

ただければと思います。教授の先生方は研究所の運営に携わっていますので直接伝えていただければ、何かしら共有されるルートはあります。

○ 「放射化、RI 製造、材料照射の機能が弱いのではないかと心配します」

黒崎： ハッキリ言って、新試験研究炉はこれから作っていく。設置許可申請を出す時期を明らかにするとしていた 2 年前の 12 月のことがまだできていない状況なので、どの機能が弱いなどの議論は全然できないと思いますが、複合研の中でもタスクフォースを杉山先生が作っておられ、その項目にも放射化分析が上がっていたと思うので、照射系を無視してビーム利用をするといった議論にはなっていないので、ご心配いただかなくても良いのではと思います。

杉山： 放射化分析に関しては間違いなくしっかりやるつもりです。炉心設計の図は我々の担当ではないので出さなかったのですが、照射孔はかなり取ってありますので十分できるかと思えますし、放射化分析のタスクフォースもありますので、ご意見があればタスクフォースへご意見いただければと思います。RI 製造に関しては医薬などへ持っていくには会社との連携等もあるので我々のレベルでは難しく、現状 RI 製造に関しては研究レベルにとどめています。材料照射に関しては 10MW の出力なのでもう少し最適な原子炉があると思うのでその時を待つのが良いかなと現時点では思っています。但しこの 10MW の材料照射は十分にこなしていきたいなと思っています。

黒崎： この材料照射の話をする、日本にも JMTR という材料照射に特化した原子炉があったのですが、シャットダウンしてしまいました。ポスト JMTR の議論もありましたが今はあまり聞かない状況です。新試験研究炉では材料照射はあまり得意分野ではないのは事実だと思います。その代わり放射化分析や RI 製造…RI 製造は作ってからのどうする？という問題ありますが、メインターゲットに入っているとご理解頂ければと思います。

○ 「TF における装置検討が、人材育成・技術継承にとどまらず、研究活動として広く認められるよう、成果の研究発表（論文化）などを積極的に進めて頂きたい」

黒崎： 正にその通りだと思います。ご意見はタスクフォースだから新試験研究炉絡みの話になっていますが、実は複合研全体の研究力が、世界標準というか、日本の標準と比べてどうかといった問題があります。研究力は突出して高くはないですが、1 人 1 人の先生が良い研究をして能力の高い先生はいます。ですが組織の研究力はそんな

に高くないと思います。それは論文数や IF など色々あります。2018 年に名前を変えて研究所になった訳ですから研究成果、論文発表の積極的な推進はいままで以上に重要だし、これからもっと重要になると思います。

- 「まだ計画内容や確定日程は確定しないことを前提にした質問です。新試験研究炉の出力が現 KUR よりも大幅に向上している段階の提案モデルで、実験孔の数が現 KUR よりも少ない提案になっているようです。当然、現定案モデルよりも実験孔や設置ステーションは増えることになるだろうと予想していますが、実験孔配置は計画スケジュールにも提示されている通り原子炉本体の設計（つまり炉心だけでなく建屋やインフラまで含めた全体計画のデッドライン）にも関わってくる問題ではないかと思います。場合によっては複合研から提案された実験孔や装置設備がリジェクトされることもあるでしょうし、東大など他の国内外の中性子コミュニティメンバーからの提案・計画が優先採用（平易に言えば割り込み、はじき出し？）されることもありうると思います。それらの状況を想定したうえで、中性子コミュニティの中での計画（とりあえずは実験孔とそこに設置する装置群）やすり合わせの暫定的な「アウトライン確定」の時期は、タイムスケジュールライン上ではいつ頃（「現時点から〇〇年後を目途に…」のレベル）になるのでしょうか？

杉山： この実験孔の数が少ない話は、私の出し方に誤解があったかと思います。優先装置が存在してしまして、それに対応する形での実験孔は書いてありますが、実際は優先装置より実験孔の数が多いため KUR よりも多くなります。特に CNS は多くなる予定ですが確定ではないです。今 KUR の CNS 実験孔は全部で細いのが 3 本ですが、それよりも数段強いものがもう少し数が多い形で出来ると思っています。スケジュールに関しては、やはり後ろが決まらないと出来ないことがあります。コミュニティからの提案と書いて頂いていますが、タスクフォースは多くのコミュニティの方に入っています。東大の方、JAEA の方などが入ってくださっていますので、そういうところから出てくるかと…それを精査した上で実際の装置建設に進みますが、さすがにタイムスケジュールは出せていません。出来たらすぐ出したのは所長も含めて同じ気持ちです。出せるように頑張っていきたいと思っています。

- 「サイクロトロン加速器：TS-2 設置に必要な予算、人員、年数、また実現後の維持費等（電気代、維持管理費、人件費等）はどのくらいか？も実現した場合、週 20 時間の運転では足りないと思うが、より運転時間を延長するにあたっての障害（課題）は何か？」

黒崎： まず、私の考えを述べるとターゲットステーション2を設置するかどうかは、良く考えないといけないと思っています。これからサイクロトロン加速器をどれくらい主力として頼るかの話で、拡張することになれば予算も人も時間も必要ですから、TS-2を設置するかどうかしっかり議論する必要があること。今はそこまで考えていなくて、ハード的なものは今のままで、ソフト的なところを調整して週20時間まで運転する運用でやってみようというところです。サイクロトロン加速器に力を入れると、確かに週20時間では足りなくなるし、運転時間を延長すると放射線量が増えたり、ランニングコストも重要になります。サイクロトロン加速器を大々的に拡張する議論は一時期ありましたけど、今は出来る範囲で最大限使うにはどうすればいいかという点で着実に前に進めています。

田中： 所長からお話し頂いた通りで、TS-2を進めると数億円かかる話になってきますので、どんな研究が出来るかをはっきりして進めないといけないと思います。週20時間では足りないのは明らかで、それ以上は遮蔽の問題があり、遮蔽や排風機に予算がかかります。人員についても、これに張り付く人というより兼務です。ラジオグラフィや、陽子線照射、BNCTの強度版など色々な研究が出来るようになりますので、それぞれに3人ずつ付くと10名必要になる大きな規模になりますので、そのあたりは、今後議論が必要になって来るかと思っています。

黒崎： もっと言うと、今のサイクロトロン加速器がいつまで使えるか、といった問題もあります。

田中： そうですね、あれも15年経ちますので、更新する予算も必要になってくるかと思えます。

黒崎： こういう話は 予算の話が必要になってくるので、良く考えないといけないと思っています。田中先生ありがとうございました。

○ 「電子線型加速器について：幅広い研究が行われており、多くの成果が期待できるが、今後長期間にわたって安定な運転を行うための最大の課題は何か」

黒崎： これも同じで、電子線型加速器はサイクロトロン加速器よりももっと古いです。古いわりには上手に使っているのが私の印象ですが、消耗品が出てくるので、交換しながら使い続けてます。基本的にはそれを継続していきます。今、研究所では今日ご覧いただきたいいくつかの装置がありますが、これから長期間使うことを考えた時、どういう使い方をすればどれくらいの予算が必要かを調べているところです。年度内

にある程度見える化した状態で、取捨選択して進めていきたいと思います。いずれにせよ電子線型加速器は優秀な装置です。安定に運転を行うためには部品交換や人員が必須となります。サプライチェーンが途絶えていることが多く部品供給も課題となります。

- 「ホットラボラトリについて：新試験研究炉に設置されるホットラボとの棲み分けはどのように考えているのか。（新設だと許認可も含めて時間がかかり、もしかしたら新試験研究炉に設置されるホットラボと運用時期があまり変わらなくなるのではないかと懸念。）ホットラボを新設するにしても KUR 廃炉作業や加速器等で既存ホットラボが使用されるのではないかと懸念。またそのための手当（既存ホットラボの改修等）は不要か」

黒崎： おっしゃる通りです。山村先生のプレゼンに新設の話がありましたが、そんなに簡単ではないです。とりあえず 毎年申請していますが、1回失敗すると1年飛びます。5回失敗すると5年間進まない。ご質問のとおり新試験研究炉でホットラボの話になって、ホットラボだけ先に作っておきましょうというのは十分にあり得る。時期が重なるご懸念はご質問を見て初めて認識しました。今ホットラボについては研究所の中でも煮詰まっている感じです。新設のハードルが相当高いのは最初から分かっていたけど、より現実的に分かったこと。じゃあ、今のホットラボを大規模改修できるかという、そこも変更申請絡みがある。昔の規制基準で作られているものを改修すると今の基準に耐えられるのかという問題もあり、すこし暗礁に乗り上げてるのが正直なところですが、建屋は修繕しながら使っているのは事実で、どこまでメンテナンスしながら使って、新設をどこまで粘りながら出すかが問われています。もう少しややこしいことを言うと、ホットラボと KUR は連結しています。連結している部分としていない部分があって、連結しているところは、KUR の廃止措置との絡みがどうなるかとか。KUR の廃止措置の話は今日の議論にあまり上がっていませんが、廃止措置を着実に進めるのは複合研の大きな仕事の1つで、廃止措置を進めると KUR と引っ付いているホットラボをどう取り扱うかの問題もあります。そうは言っても、「こういう研究がしたい」「これをすればいい研究成果が出る」だからこういうホットラボが必要というふうに、何が研究したいか自分なりに考えていつでも出せるよう準備はしておきたいと思っています。

- 「KUCA について：これまで実施してきた大学院生実験等の実験教育で実施してきた内容は低濃縮化後も実施可能でしょうか。また新たに実施できるような実験教育の項目があれば教えてください。」

黒崎： これは、私の理解では燃料が低濃縮化されただけなので実施可能で、細かなところで何かしらの違うことはあるかもしれませんが、大学院の実験教育は出来ると思います。今、国内に教育用の原子炉は3つで、そのうち2つが複合研にあります。近畿大学の UTR-KINKI と KUCA が連動しながら日本全国の大学院生の実験に供していますが、KUCA は低濃縮化で止まっていますので近畿大学さんに頼っている状態です。僕が知り合う原子力業界の人から「学生の時に KUCA で1週間泊まって勉強しました」とよく声をかけて頂きます。それくらい KUCA は原子力分野の人材育成に大きく貢献をしています。なので低濃縮化が終わって、使えるようになれば引き続き人材育成を行うし、最先端の研究にも使っていきたい。共同利用へは限定的に供していますが、今後広げていきたいとも思っています。

北村： 所長にお話頂いた通りで、ご質問にお答えするならば、低濃縮化後も教育は実施可能です。現在は未臨界実験をしています。新たに出来る項目として、濃縮度測定や検出器の調整にも取り組んでいます。それらを大学院生実験に取り組むことも可能ではと考えています。

黒崎： これまでお寄せ頂いたご質問にお答えしました。最後に私でまとめたいと思います。高木先生からグサッとくることを頂きました。「KUR が運転停止したら、ただの附置研じゃないか」と。実際そうですが、そうすると本当に研究で勝負しないといけなと言われてます。特に今は大学で国際卓越研究大学の話があって、「研究力強化」が旗頭になっている。今までは KUR という大きな装置があり、安全に管理しながら全国の共同利用・共同研究に供して毎年延べ人数で 4000 人が来所して、研究件数も 300 件・・・それを1つの拠り所にしていました。言い訳とは言いませんがそういう活動も含めて研究所全体の評価がされていたわけです。大体大学がメガワット級の研究炉を持っているのは京大だけで、世界を見てもそんなにないです。高木先生が、KUCA は原子炉か？という話がありましたが、私の中では原子炉で、2つも両方稼働中なのは世界を見渡してもそんなにないと言っています。大きな施設を皆さんへ場の提供していることを1つ拠り所にしていただけなのに、「それが無くなったらただの附置研だね」となった時、何を拠り所にするか。「あるものを使う」とか施設系では言いましたが、やはり1つは研究だと思ふんですよね。なので良い研究成果を出すのが一番わかりやすい仕事かなと思っています。京大の研究者ですから、皆さんやればできるので、附置研としてやっていく必要があるのかなと、今日はよくよくそういうことをよく思いました。人材育成は KUCA でも佐藤先生のプレゼンでも質問があり…研究所として出来るところはやっていく。今まで出来なかったことをこれからやっていきたいと思っています。ありがとうございます。

14. 開会挨拶

(京大複合研) 杉山 正明

閉会挨拶

ありがとうございます。所長にまとめて頂いた後に私が言うことは何もありませんので、皆様にお礼を申し上げて、特に外部の先生方のご意見を頂きました。その上で今後とも熱いご支援を頂き、所内の皆さんは頑張っていきたいと思います。ということで締めたいと思います。

本日は長い間どうもありがとうございました。

京都大学複合原子力科学研究所

副所長（研究教育担当）

杉山 正明

令和7年度京都大学複合原子力科学研究所将来計画短期研究会
プログラム

日 時：2026年2月12日（木） 10:30-17:00

開催場所：オンライン

（登壇者 敬称略）

10:30-	開会あいさつ	三澤 毅（複合研）
-10:40	研究所の近況報告、本日の内容・ねらいの紹介	黒崎 健（複合研）
第一部	研究所の将来計画	
10:40-11:20	研究と運営のための組織再編に向けて	黒崎 健（複合研）
11:20-11:40	MKB 委員会での議論	杉山 正明（複合研）
11:40-12:00	新試験研究炉の開発に向けた検討	杉山 正明（複合研）
第二部	KUR 以外の施設・装置を活用した教育・研究・共同利用、複合研での展望	
13:10-13:30	サイクロトロン加速器	田中 浩基（複合研）
13:30-13:50	電子線型加速器	堀 順一（複合研）
13:50-14:10	ホットラボラトリ	山村 朝雄（複合研）
14:10-14:30	KUCA	北村 康則（複合研）
14:30-14:50	多彩な小型装置	奥地 拓生（複合研）
	休憩	
第三部	複合研に期待すること	
15:00-15:20	共同利用ユーザーの視点、BNCT 研究	中村 浩之（東京科学大）
15:20-15:40	京都大学内の他部局の視点、工学研究科原子核工学専攻	高木 郁二（京大）
15:40-16:00	原子炉を利用する共同利用機関の視点、東京大学物性研究所	佐藤 卓（東大）
第四部	全体討論	
16:00-16:55	会場からの質問に所長が回答する	黒崎 健（複合研）
16:55-17:00	閉会あいさつ	杉山 正明（複合研）

司会：三澤（午前）、杉山（午後）

令和 7 年度
京都大学複合原子力科学研究所
将来計画短期研究会 報告書
(令和 8 年 3 月発行)

発行所 京都大学複合原子力科学研究所
大阪府泉南郡熊取町朝代西二丁目
TEL 072-451-2300