

文部科学省委託事業「もんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉の  
概念設計及び運営の在り方検討」  
第3回コンソーシアム委員会 議事次第

1. 日 時 令和4年3月24日(木) 15:00~17:00
2. 場 所 福井大学附属国際原子力工学研究所(第1講義室)  
ZOOM 会議室

3. 出席者

コンソーシアム参画機関委員(五十音順)

新井史朗 委員、池澤俊之 委員、石塚博英 委員、稲継崇 宏委員、  
奥井純子 委員、加倉井和久 委員、高見和宏 委員、畑澤順 委員、  
船城健一 委員、前田洋一 委員、森井幸生 委員、山口彰 委員、  
山西弘城 委員、吉岡研一 委員

中核的機関委員(五十音順)

宇埜正美 委員、杉山正明 委員、辻本和文 委員、中島健 委員、早船浩樹 委員、  
日野正裕 委員、福元謙一 委員、米沢晋 委員

その他の出席者

松浦重和 原子力課長(文部科学省)  
峯尾英章 新試験研究炉準備室長、松本英登 同次長(JAEA)

4. 議 題

司会進行: JAEA 峯尾室長

- (1) 開会挨拶
- (2) 各委員の紹介、及び配付資料の確認
- (3) 中核的機関の活動状況について
  - ・概念設計・地質調査について(JAEA 辻本委員)
  - ・利用運営の検討について(京大 日野委員)

【会場換気のための休憩】

- ・地元関係機関との関係構築について(福井大 宇埜委員、米沢委員)
  - ・意見交換
- (4) その他(事務連絡等)
  - (5) 閉会挨拶

## 5. 配付資料

第3回コンソーシアム委員会 議事次第

資料1 : コンソーシアム委員会 委員名簿

資料2 : 第2回コンソーシアム委員会 議事録

資料3-1 : WG1による活動内容について-試験研究炉の設計・設置・運転 -

資料3-2 : 新試験研究炉における幅広い利用運営 (WG2) 活動について

資料3-3 : 地元関係機関との連携構築 (WG3) 活動報告

以上

**文部科学省委託事業**  
**「もんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉の概念設計及び運営の在り方検討」**  
**令和 3 年度 コンソーシアム委員会 委員名簿**

コンソーシアム参画機関委員（五十音順・敬称略）

新井 史朗	日本原子力産業協会 理事長
池澤 俊之	敦賀市 副市長
石塚 博英	若狭湾エネルギー研究センター 理事長
稲継 崇宏	日華化学株式会社 取締役執行役員 CTO 界面科学研究所長
奥井 純子	敦賀商工会議所 専務理事
加倉井 和久	日本中性子科学会 会長
高見 和宏	福井県商工会議所連合会 専務理事
畑澤 順	日本アイソトープ協会 専務理事
船城 健一	東洋紡株式会社 総合研究所 分析センターリーダー
前田 洋一	福井県 地域戦略部長
森井 幸生	放射線利用振興協会 中性子利用技術部 部長
山口 彰	日本原子力学会 会長
山西 弘城	近畿大学 原子力研究所 所長
吉岡 研一	中性子産業利用推進協議会 運営委員会委員長代理

中核的機関委員（五十音順・敬称略）

宇埜 正美	福井大学 附属国際原子力工学研究所 所長
杉山 正明	京都大学 複合原子力科学研究所 教授
辻本 和文	日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 原子力基礎工学研究センター 副センター長
中島 健	京都大学 複合原子力科学研究所 所長
早船 浩樹	日本原子力研究開発機構 高速炉・新型炉研究開発部門 副部門長
日野 正裕	京都大学 複合原子力科学研究所 准教授
福元 謙一	福井大学 附属国際原子力工学研究所 教授
米沢 晋	福井大学 産学官連携本部 本部長

以上

文部科学省委託事業  
「もんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉の概念設計及び運営の在り方検討」  
第2回コンソーシアム委員会  
議事録

1. 日 時 令和3年10月22日（金） 12:30～14:30

2. 場 所 福井大学附属国際原子力工学研究所(第1講義室)、ZOOM会議室

3. 出席者（五十音順・敬称略）

コンソーシアム参画機関委員

新井史朗委員、池澤俊之委員、石塚博英委員、稲継崇宏委員、奥井純子委員、加倉井和久委員、高見和宏委員、畑澤順委員、船城健一委員、前田洋一委員、森井幸生委員、山口彰委員、山西弘城委員、吉岡研一委員

中核的機関委員

宇埜正美委員、杉山正明委員、辻本和文委員、中島健委員、早船浩樹委員、日野正裕委員、福元謙一委員、米沢晋委員

その他の出席者

文部科学省 松浦重和原子力課長

原子力機構 峯尾英章新試験研究炉準備室長、松本英登次長

4. 議 題

(1) 開会挨拶

(2) 各委員の紹介（交代した委員）、及び配布資料の確認

(3) 中核的機関の活動状況について

- ・全体概況について
- ・概念設計・地質調査について
- ・利用運営の検討について
- ・地元関係機関との関係構築について
- ・意見交換

(4) その他

(5) 閉会挨拶

5. 配付資料

第2回コンソーシアム委員会 議事次第

資料1：令和3年度コンソーシアム委員会 委員名簿



資料2：第1回コンソーシアム委員会 議事録

資料3-1：もんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉の概念設計及び運営の在り方検討の概況

資料3-2：WG1による活動内容について－試験研究炉の設計・設置・運転－

資料3-3：新試験研究炉における幅広い利用運営（WG2）活動について

資料3-4：地元関係機関との連携構築（WG3）活動報告

## 6. 議事内容

原子力機構新試験研究炉準備室の峯尾室長から第2回コンソーシアム委員会の開会挨拶があり、同室長の司会進行の下、議事次第に沿って議事が進められた。議事内容は以下のとおり。

### 6. 1 委員の紹介と挨拶（交代した委員のみ）

（池澤委員）

敦賀市副市長の池澤です。多くの専門家の方、関係者の皆様方の知見・考え方等を集約し出来る限り多くの企業、研究者等の方々に利用ができる素晴らしい研究炉が整備されることを期待します。

（杉山委員）

京都大学複合原子力科学研究所の杉山です。中性子のビーム利用をした研究をしている。今回の研究炉は素晴らしいものになると思う。そのような面で、私自身頑張って一生懸命行っていきたいと思います。

（日野委員）

京都大学複合原子力科学研究所の日野です。私の専門は中性子の制御です。試験研究炉の幅広い利用運営ができるように貢献できればと考えています。

### 6. 2 中核的機関の活動状況について

峯尾室長から配付資料の確認があり、中核的機関から資料3-1～資料3-4により各WGの活動状況について報告があった。

#### （1）全体概要について

原子力機構の松本次長から、全体概要として資料3-1により中核的機関の検討体制、検討項目とスケジュール等について報告があった。

#### （2）概念設計・地質調査について

原子力機構の辻本委員から、WG1の活動状況として資料3-2により試験研究炉の概念設計の基本方針と設計目標、炉心構成と解析結果等について報告があった。また、もんじゅサイト内建設予定地の地質調査に関して令和2年後のボーリング調査結果と令和3年度の調査状況の報告があり、合わせて新試験研究炉の運転段階の運転員等の必要人員数の見通しについて説明があった。

#### （3）新試験研究炉における幅広い利用運営について

京都大学の日野委員から、WG2の活動状況として資料3-3により幅広い利用運営の在り方検討の方針・視点、京都大学に新設された新型研究炉開発・利用センター（KNRR）の概要、WG2の活動状況とJRR-3を雛形としたアウトプットのイメージの紹介及び今後の活動

予定について報告があった。

(4) 地元関係機関との連携構築について

福井大学の宇埜委員及び米澤委員から、WG3の活動報告として資料3-4により地元企業との伴走型連携の構築検討の状況、福井大学内外を対象にした研究炉セミナーの開催結果、福井県と共催で開催した第23回YNG若手勉強会の結果等について報告があった。また、福井県が実施した県内企業の試験研究炉のニーズに関するアンケート調査結果として、研究炉への関心の高さ、RI製造等の利用への期待が示されたとの報告があった。今後の活動として、トライアルユースを含めた伴走型連携の検討、試験研究炉に関する学内セミナー、などの中核的機関の活動や、福井県が取り組む地元企業に向けた講習会、施設見学ツアーを開催により試験研究炉への関心・ニーズを高めていく活動を行っていくとの報告があった。

6. 3 意見交換

以上の中核的機関からの報告に関して、コンソーシアム参画機関委員から以下のような質問、コメントがあり、中核的機関委員との意見交換が行われた。

(1) 稲継委員

試験研究炉の利用は、ビームの活用とRI製造の照射がポイントと理解している。炉心設計において、5×5炉心とce20炉心が良さそうだと印象であるが、炉心に照射孔があるものがないものについて、照射の対応はどうか。

辻本委員

ce20炉心は炉心部に1つの照射孔があるが、5×5炉心にはないが外周の中性子は使うことが出来る。今後、照射ニーズがどれだけあるかを踏まえて検討して行く。5×5炉心は炉心部に照射孔がないが、照射ができない訳ではない。

(2) 稲継委員

試験研究炉の運転員数は、既存炉の実績ベースで算定したとのことであるが、何らかの効率化の工夫はあるのか？又は新しいことを行うことで実効的な人数を減らしているか。

辻本委員

現在は設計が詰まっていないので、どこにどの位の人員が必要かの詳細な検討はしていない。経験を踏まえた概算の試算人数である。少なくとも、資料で示した人数(80~90人)がいれば研究炉の運転は可能と考えている。

(3) 吉岡委員

コメントになるが、物質構造解析には、中性子回析とX線回析の両方が使われており、研究炉の他にJ-PARCやSPring-8の放射光が使われることが多い。中性子利用の推進とともに、X線や放射光の利用を薦めることも考えて欲しい。研究炉の管理では廃止措置で苦労されている。計画段階から廃止措置、若しくはリプレースを考えたような計画を進めるのが良い。

(4) 船城委員

試験研究炉に関する学内教育は魅力的であるが、さらに一般の企業にも開放し、事後に資料を頂けると嬉しい。

宇埜委員

学内教育は当初は学内で始めたが、今は学内に限らず地元企業も含めて発信している。先日実施したセミナーでは、実施後にアンケート調査をし、同時に聴衆者からの質問等を受け回答している。資料については、将来的には出来る範囲でオープンできる形にしていきたいと考えている。

(5) 加倉井委員

中核的機関の各WGの連携は重要で、特にWG1とWG2の連携に期待する。研究炉は冷中性子源としての役割が重要である。新しいJRR-3で検討されたノウハウを活かして行くと、その性能を上回るような研究炉ができるのではないかと思う。また冷中性子の利用の人材育成も必要でWG2の説明にあったように、研究炉施設は中性子利用者がアクセスし易いようにして欲しい。また、WG3の説明にあった産業利用の推進には、中性子利用のベースとなる人材育成、専門家を育成できる環境を整備して伴走型支援ができるようにして欲しい。

辻本委員

JRR-3では冷中性子源の高度化はできなかったが、新試験研究炉では、最新の知見を取り入れた冷中性子源を利用出来るようにしたいと考えている。

日野委員

ご指摘、有難うございます。炉室内の利用者の利便性はすごく大事である。初めから建設する研究炉だからこそ出来ることなので、計画する段階から検討していく。

宇埜委員

人材育成は重要である。将来的には、部門を作って専門家を呼ぶ等して継続的に人材育成をすると同時に、当大学の研究所が人材育成に深く係わるような組織作り、体制を作りたいと考えている。

(6) 前田委員

WGでの検討、有難うございます。原子力立地地域の関係で言うと、共創会議で試験研究炉の検討が始まっている。国のエネルギー基本計画では、20年、30年後のエネルギー政策の方向性が確実にしている訳ではないが、その中で立地地域として原子力がどの様に発展していくか、そのための方策は何かの議論を始めている。その中で、試験研究炉は重要なプロジェクトの一つと思っている。その関係で、立地の立場からは、人材育成は原子炉の安全運転にとって重要な話であるが、産業利用のために多くの研究者が訪れていただくことが地域振興として重要な要素であると考えている。

福井県が実施したアンケートの中で、RI製造に対する期待が高い。海外から調達するRIより価格的にメリットがある仕組みを十分検討して頂くことが重要であると思っている。福井県の振興には、研究炉によって付加価値の高い価値作り産業を如何に作っていくかが非常に重要であると思っている。原子力産業のみならず、どの様な産業が研究炉にプレッジするかの視点を含めて考えて欲しい。

最初のコンソーシアム委員会でも述べたことであるが、多くの方々の利用を考えると、ある程度の敷地が必要になる。敷地が形状的になかなか広げられないこともあるが、工夫して可能な限りビームライン、ホットラボ、研究管理棟等に面積が割けるように検討して欲しい。

最後に、県内企業向けの講習会や見学会も計画をしているので関係各位の参加の協力と

PRへのご支援を期待する。

(7) 山口委員

説明の中にもあったが、研究炉は原子力学会としても悲願の一つである。また付加価値の話もあったが、世界各国でも議論されている。産業界のニーズの例では、20数年前であるが、FFTFの研究炉が廃止措置になる話があり、色々なRI製造をするためのロビー活動があった。試験研究炉には国民のニーズが高まっている。これに対し、こういう試験研究炉が必要であり、魅力があるものとして打ち出すことが大事である。是非、その様なプロジェクトとして企画していただきたい。

原子力学会では、試験研究炉の認知度はまだ高くない。学会には19の部会、5の連絡会がある。話をしたのは材料部会、YNG連絡会とのことであるが、加速器ビーム部会等、色々聞くべきところがある。地元でのセミナーやYGNでの説明等を活発に行っていると聞いて感銘を受けたが、学会の中でももう少し広く伝えて声を聴き、ニーズを聞き、知恵を出してもらい取り組みも必要であると思うので、協力は惜しまないので是非行って欲しい。

(8) 森井委員

WG1の施設について聞きたい。検討している施設の炉室実験施設、ガイドホールは、JRR-3をイメージしている。先ほど話題に出たホットラボは、RI精製等を考えていると思うが、そのような建物・付属施設も必要である。また、中性子ビーム利用の冷凍機・圧力機器等の補助機器を配置し、使い勝手が良くユーザーが満足してもらえるようにするには、施設を大きくしてビーム実験設備から離れた場所で補助機器の準備をすることも考えられるが、炉室とガイドホールの中に補助機器準備棟のようなものを設置し、どちらにもアクセスできるようにすると使い勝手が良くなると思う。今後検討する際に、このようなことも検討し全体像を考えてもらいたい。

24、25ページに示された炉心構造では重水の領域が小さいように思える。水平実験孔は、接線方向に設けると使い勝手が良く質の良い中性子が得られる。これを考えると、ビーム実験孔が余り入らないのではないかと思われる。熱中性子のピークが重水タンク内面から12~13cmの位置にあるので少し中性子のピークを外れても良いので、沢山のビーム実験孔を挿入できるように考えていただくと利用がより盛んになると思う。

辻本委員

施設については、今後ホットラボを含めて検討していく。ビームホール等も出来るだけ使い易いように考えていく。敷地の制約、お金の制約もあるので、今後、皆さんの意見を踏まえて検討していきたい。中性子実験孔については、炉心が小さくなると少なくなる。ピークを外してもいいからビーム数を増やすようにするか、又はビーム数が少なくても高いピークを目指すようにするか、今後、利用ニーズを踏まえて他のWGと連携して具体化していきたいと考えている。

(9) 池澤委員

試験研究炉の設置に関して、国の原子力政策の中での位置付けをしっかりと示して頂きたい。その上で試験研究炉による人材育成、経済の活性化、さらには以下の点について、詳細設計の前に示していただきたい。試験研究炉の運転維持に必要な人員は80~90人と示されているが、もんじゅ廃止措置の際に要請した3つの話があった。廃止措置における

安全体制の構築、使用済燃料、核燃料の県外搬出、将来に亘る1000人雇用に関して試験研究炉が果たす役割についてどのようにするか具体的な道筋を示していただきたい。

RI製造については期待が高いとの話がある。医療面での活用とのことで優位性があると思うが、放射性医薬品ということで取扱い安全性についての正確な情報発信、地元産業への風評被害について十分留意する必要があるので、このような点についても配慮するようお願いしたい。試験研究炉が、多くの研究者、学生が集まる賑わいのある研究拠点としての役割を果たすことを期待している。研究炉の建設までの間、引き続き新しい知見・技術の方向性を見極めながら検討を効果的に進めるようお願いしたい。

(10) 山西委員

炉心構想に関して、新燃料の製造数、燃料のシャフリング、使用済燃料の配置、トータルで確保した燃料による運転年数の計画をどのように考えているか、また原子炉の改造の話があるが、長期的にどのように行っていくかを教えていただきたい。

辻本委員

まだ炉心構成が決まってないので、1年間にどれくらいの新燃料が必要か、どのように配置するかといったことは具体化していない。今後検討していく。将来の炉心改造として、新しいタイプのウラン-モリブデン燃料を使えるようになれば考えたいが、まずは確実に使える燃料としてJRR-3と同じ燃料（シリサイド燃料）の使用を検討する。

(11) 奥井委員

試験研究炉は魅力のあるものにしていただきたい。地元の企業は研究炉を利用する場合の技術的レベルはないので、福井大学と連携して利用していただけるようにしていただきたい。経済界としては、研究炉を活用する以上、地域を盛り上げたいとの強い思いがある。一方通行ではなく、市と協議しながら進めていきたい。

設置場所のこれまでのボーリング調査結果では小さな破砕帯はあるが影響はないだろうとの話であるが、他で破砕帯で揉めている状況があるので、しっかりと調査して欲しい。

辻本委員

現在、ボーリング調査の途中であるが、資料3-2の33ページに示すようにステップ毎に分析の結果を踏まえて進めて行く。

(12) 山西委員

原子力学会のYGNでセミナー等を行っているとのことであるが、大学教育の中で試験研究炉の計画が進んでいることを教材、講義の中で広めていただくことが、これから関わってくる人達に必要なことと思う。文部科学省の国際原子力人材育成イニシアチブ事業の中で福井大学とコンソーシアムを組んで行っている。カリキュラムの中に位置付け教育の場を設けて働き掛けて行くのが良いと思う。

宇笠委員

どのようにカリキュラムに組み込んでいくか難しい問題があるが、福井大学も国際原子力人材育成イニシアチブ事業に加わっているため、これを通して発信し、また原子力大学協議会等を通して福井大学から発信していきたいと考えている。

(13) 森井委員

試験研究炉に関して、福井県と福井大学が協力して行っていることで心強く感じた。福井

県は、色々の施策を行っている中で、どの企業がどういうことを行っているか把握している。関連して地元の金融界もメンバーに加わると良い。金融界は、融資を通して企業の研究活動等に関する情報を多く持っている。金融界との協力体制を考えると良いと思う。

米沢委員

今言われたことは非常に重要である。きちんと頭に入れて動いていきたい。現在、福井銀行などと産学連携の補助事業等を行っており、先日その成果発表会を行った。この様な交流事業の中に試験研究炉も入れていきたい。福井オープンイノベーション機構の中に金融機関も入っている。企業の色々なニーズを聞いている金融機関の方ともっと交流を深めて進めて行きたい。

以上の中核的機関の報告と委員との意見交換の後、オブザーバーとして参加した文部科学省松浦原子力課長から総括的な発言があった。

#### (14) 松浦原子力課長

本日は、ご多忙中の中、皆様がコンソーシアム委員会に参加していただき、大変有難うございます。また、各WGの方々が精力的に活動していただき、感謝を申し上げる。本日の発表を聴いて試験研究炉に向けて様々なことが行われており大変心強く感じた。

このコンソーシアムでは、オープン形で色々なニーズを整理し試験研究炉のあるべき姿を作り、様々な役割の下に実際に作るまで落とし込んでいく。炉心設計に反映すべきところはWG1で、利用運営と地域連携についてはWG2、3で行っていく。これ以外に、あるべき姿と実際の現状とのギャップをどうやって埋めていくかは、行政の力によるところが非常に大きい。試験研究炉を早く作ることを望んでいるが、実際にはまだ先になる。その間にニーズ、ユーザーを育て繋いでいく。長い道のりであるが、福井県を拠点として、新しいやり方、形を育てながらモデルを作って全国に広めていければ良いと思う。アンケートでも出ているようにRI製造への期待が大きく価格面では福井県との連携を考えている。

国の政策的な位置付けについては、本日、国の新しいエネルギー基本計画が閣議決定された。試験研究炉についても記載されており、前の基本計画より一歩前進した。地域振興、人材育成、研究開発拠点としての位置付けも重要である。試験研究炉の計画を具体化して実施の段階に移していきたい。

WG1の34、35ページに示されている建設・運転段階の必要人員数は地域振興の在り方とともに皆様と連携して議論していく。人材育成については、国際原子力人材育成イニシアチブ事業等を行っていく中で若い人の認知度を上げていきたい。次のコンソーシアム委員会に向けて引き続き皆様の協力を賜ればと思います。

#### 6. 4 閉会挨拶

最後に司会進行の峯尾室長から挨拶があり、試験研究炉建設候補地の視察に関する紹介の後第2回コンソーシアム委員会が閉会となった。

以上

# WG1による活動内容について -試験研究炉の設計・設置・運転-

日本原子力研究開発機構  
辻本 和文

文科省委託事業「もんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉の  
概念設計及び在り方検討」に係る  
第3回コンソーシアム委員会

令和4年 3月 24日  
福井大学附属国際原子力工学研究所

## 1. 炉心概念検討

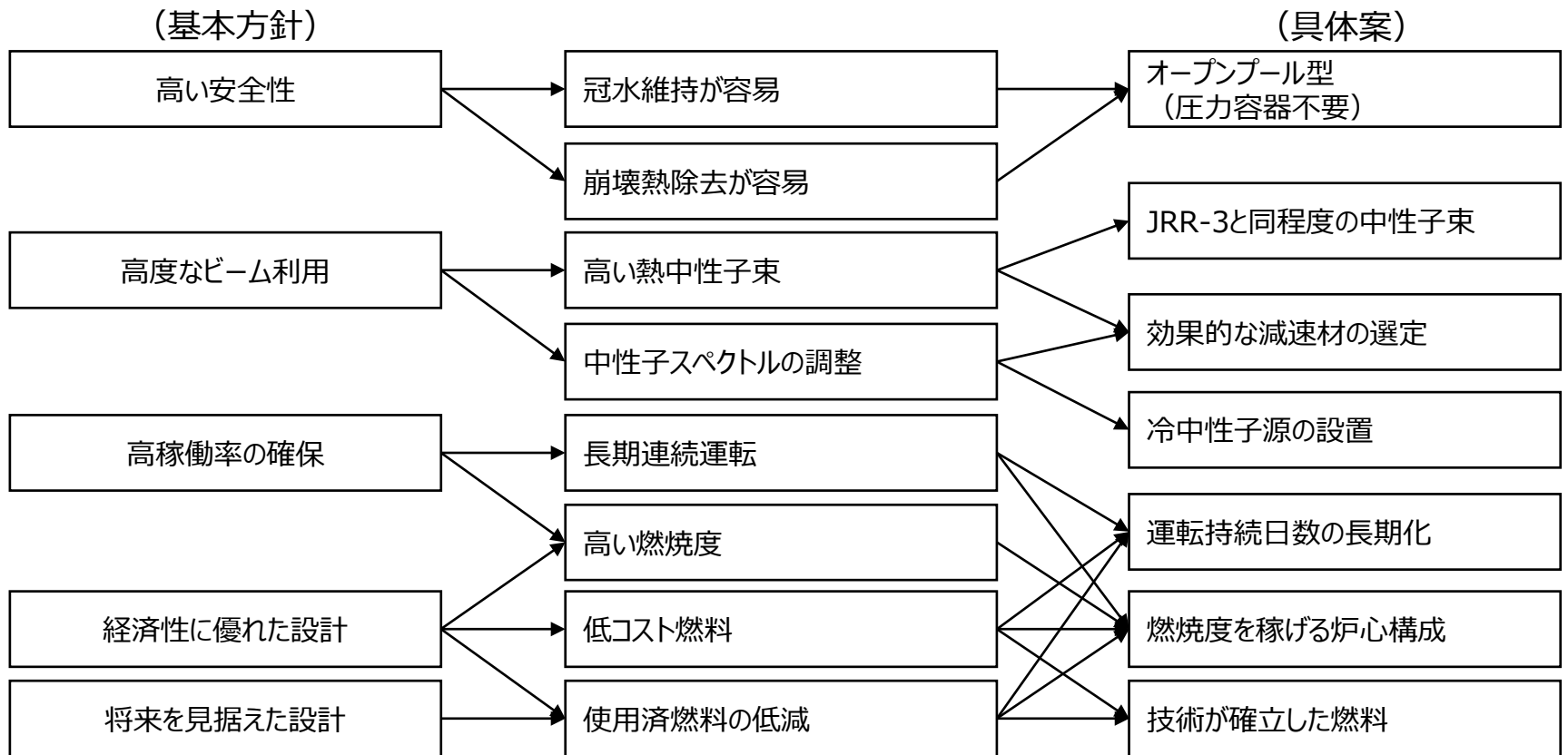
- ✓ 炉心解析現状報告
- ✓ 炉心構成の検討例
- ✓ 今後の進め方

## 2. もんじゅ敷地内地質調査

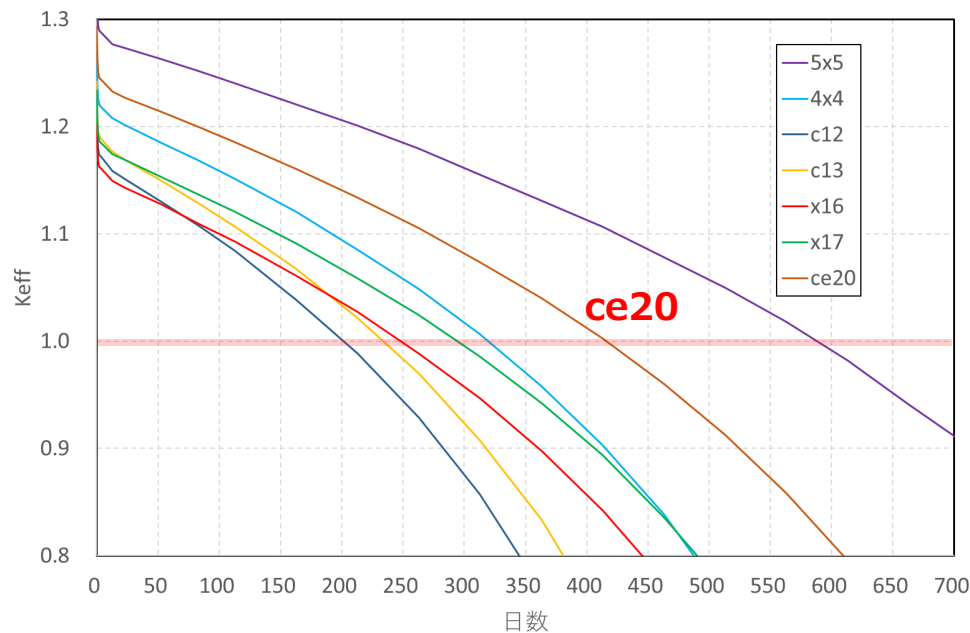
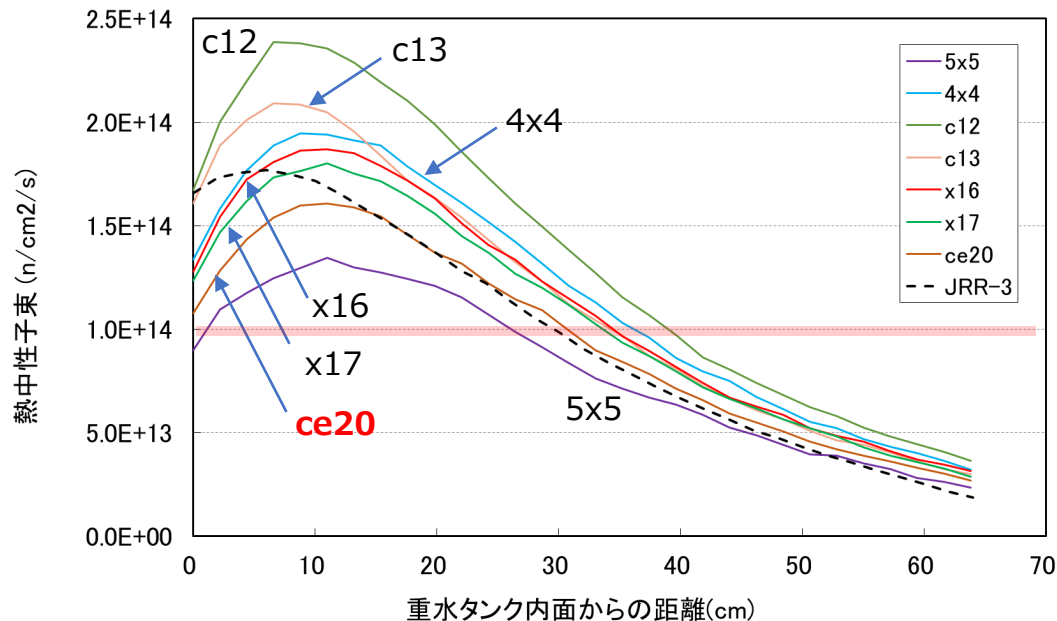
- ✓ 今年度のボーリング調査の現状
- ✓ 今後の進め方

## 3. まとめ



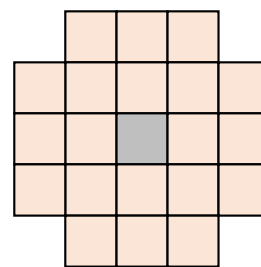


項目	現状の目標	現状の達成見通し	備考 (JRR-3参考値)
• 熱中性子束	10 <sup>14</sup> (n/cm <sup>2</sup> /s) 以上	達成見込み	1.0~2.0×10 <sup>14</sup> n/cm <sup>2</sup> /s
• 運転持続日数	400日以上	達成見込み	約370日
• 燃焼度 (燃料要素1体)	80 GWd/t以上	達成見込み	約100 GWd/t



## 中性子束分布・燃焼特性解析結果

・今後、ce20炉心（燃料集合体20体）をベースに、制御棒や反射体等の配置を検討。



燃料要素体  
アルミニウム  
(照射孔を想定)

ce20炉心

燃料領域の周囲に  
重水を配置

※熱出力10MW (JRR-3は20MW)



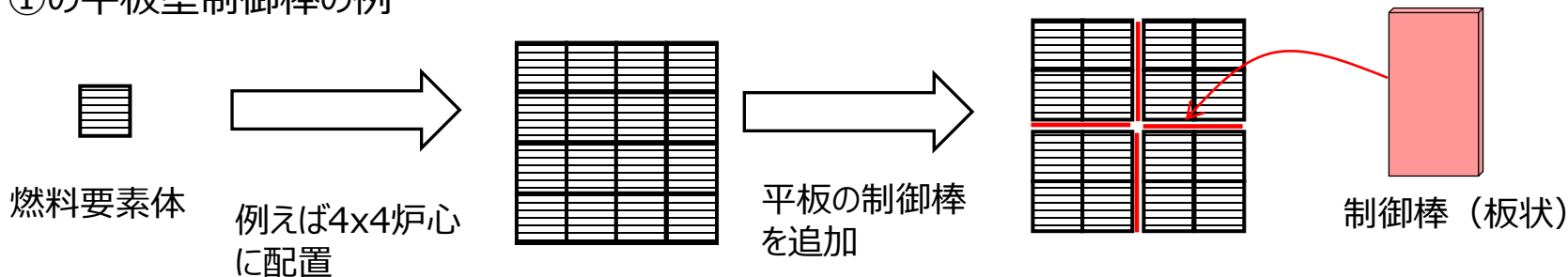
## 主な検討項目

- ・制御要素（タイプ、配置）
- ・炉心冷却（冷却性能、プール水深）
- ・照射利用
- ・炉心配置（反射体、実験孔）

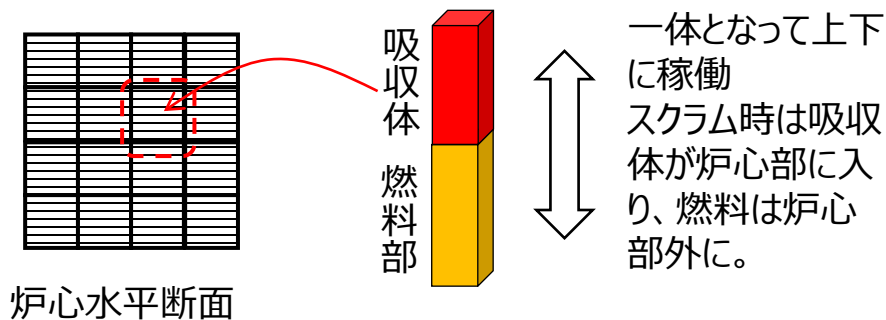
制御棒の方式としては、主に次の2種類がある。

- ① 燃料要素体は全て固定で、その隙間に平板の吸収体を入れて駆動させる方式 … OPAL、JRR-4など
- ② 燃料要素体の上部に吸収体を取付けたものを上下に駆動させる方式（フォロー型燃料） … JRR-3など

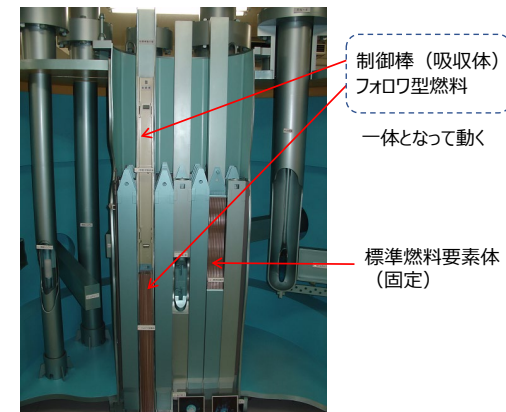
◇ ①の平板型制御棒の例



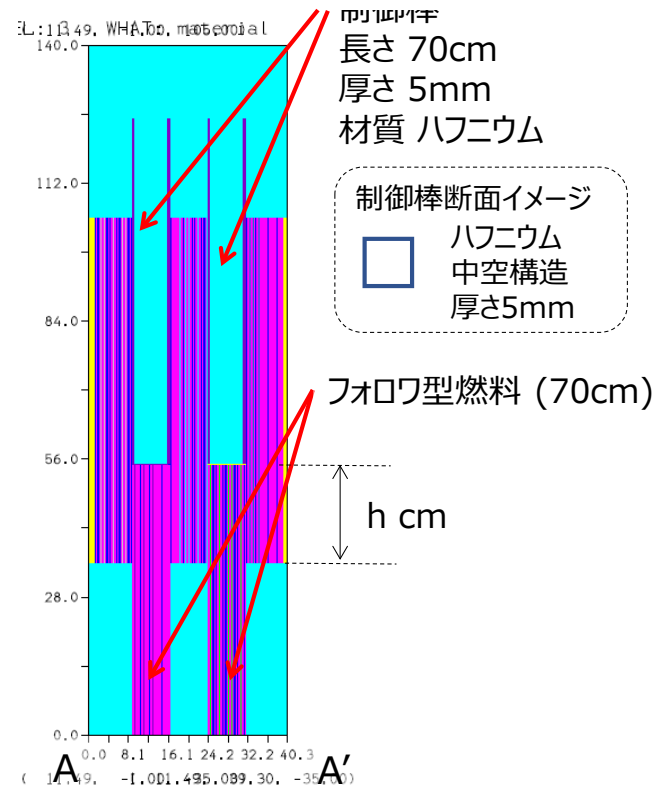
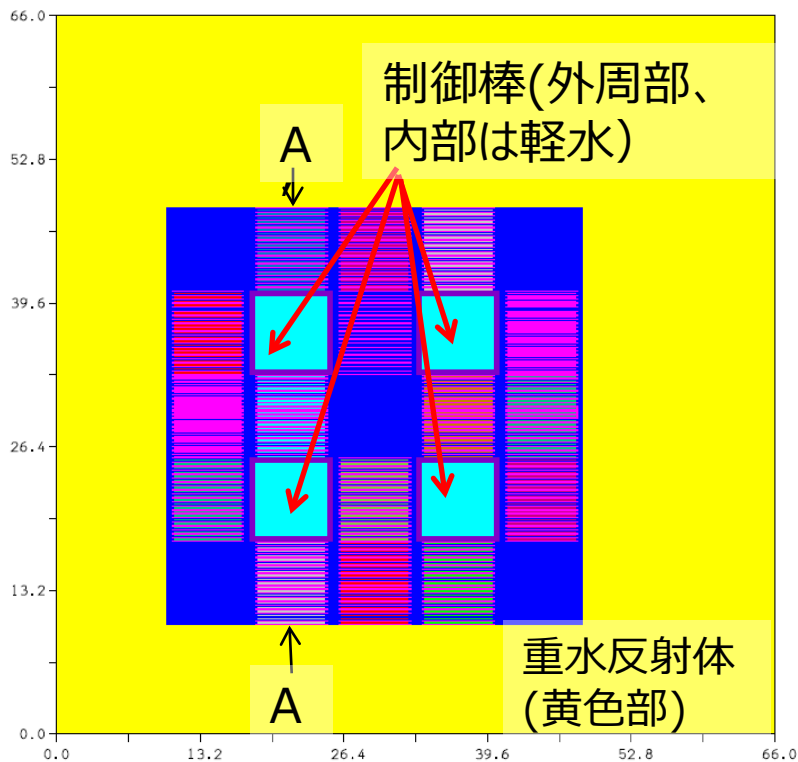
◇ ②のフォロー型燃料の例



JRR-3の例（模型）



	利点	欠点
平板型	<ul style="list-style-type: none"> <li>・構造的にはシンプルで操作も容易。</li> <li>・特別な燃料要素は不要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・炉心体積が大きくなり、炉心から取り出す熱中性子束が減少。</li> </ul>
フォロー型	<ul style="list-style-type: none"> <li>・炉心をコンパクトにできる。</li> <li>・JRR-3、JMTRでの実績が豊富。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通常の燃料要素とは別の制御棒一体型の燃料要素が必要。</li> </ul>



【臨界計算結果 (213日運転時点の組成使用)】

- ・臨界位置：  $h = 44\text{cm}$   
( $k_{\text{eff}} = 1.0050 \pm 0.0004$ )
- ・制御棒価値(0cmと70cmの $k_{\text{eff}}$ の差からの簡易計算)：  $7.492 \pm 0.006 \% \Delta k/k$

・フローワ型制御棒4本を炉心内に設置した場合の制御棒価値を評価し、炉停止に必要な反応度価値が得られることを確認した。

- 対象炉心：ce20炉心
  - 中央(C33)の領域：アルミニウム反射体
  - 4隅の領域(C11,C15,C51,C55)：アルミニウム、ベリリウム、重水、黒鉛反射体を装荷したケースを検討
- 装荷 $\text{MoO}_3$ ペレット：天然比MoとMo-98 100%の2種類

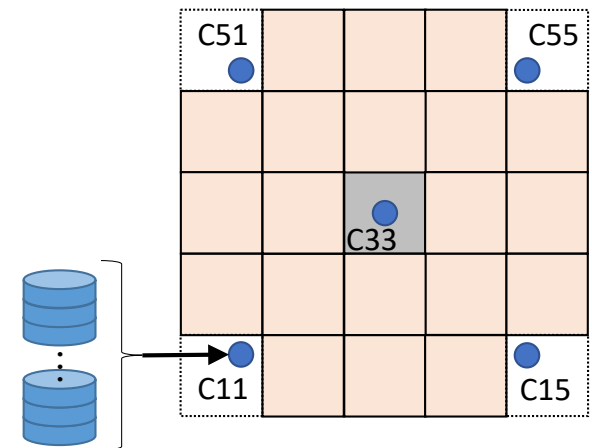
## Mo $\text{O}_3$ ペレットの仕様

試料： $\text{MoO}_3$  (三酸化モリブデン、純度99.999%)

サイズ： $\phi 25\text{mm} \times 10\text{mm}$

密度： $4.37\text{g/cm}^3$  (95% T.D.)

1度に3つのキャプセル(ペレット9個/キャプセル)を照射すると仮定し、ペレット27個を縦に積んだ円柱( $\phi 25\text{mm} \times 270\text{mm}$ )を中央と四隅に装荷した。



Mo $\text{O}_3$ ペレット

ce20炉心

- 燃料要素体
- アルミニウム
- Mo $\text{O}_3$ ペレット装荷位置

## Mo天然組成比

Mo-92	Mo-94	Mo-95	Mo-96	Mo-97	Mo-98	Mo-100
0.148	0.093	0.159	0.167	0.096	0.241	0.096

## Mo生成量の試算結果

➤ C33(中央)におけるMo-99放射能量 (中央及び4隅にアルミニウム反射体装荷時)

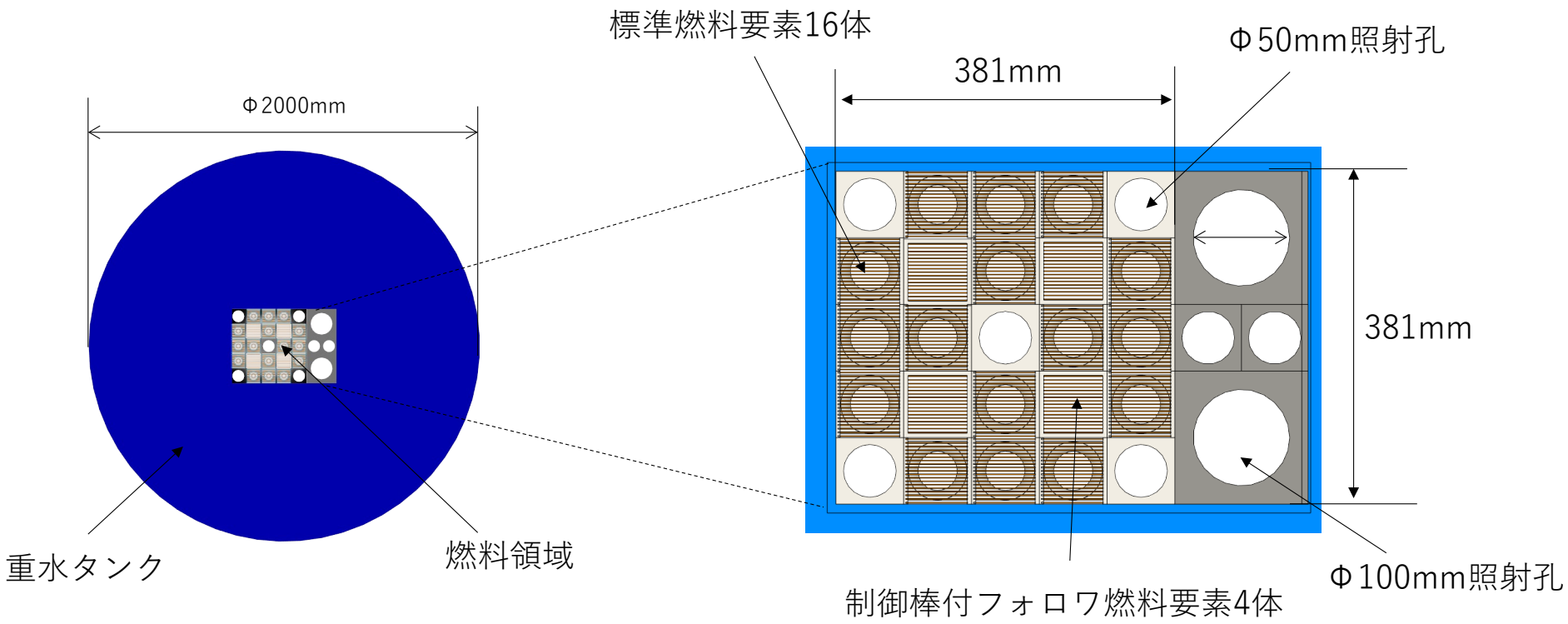
	照射日数	Mo-99比放射能 [Ci/g.Mo]		Mo-99放射能量 [Ci]	
		照射直後	51時間後※	照射直後	51時間後※
天然比Mo含有MoO <sub>3</sub> ペレット	7日	1.57	0.92	<b>604</b>	<b>354</b>
Mo-98 100%含有MoO <sub>3</sub> ペレット	7日	4.26	2.49	<b>1656</b>	<b>969</b>

➤ C11(四隅)におけるMo-99放射能量

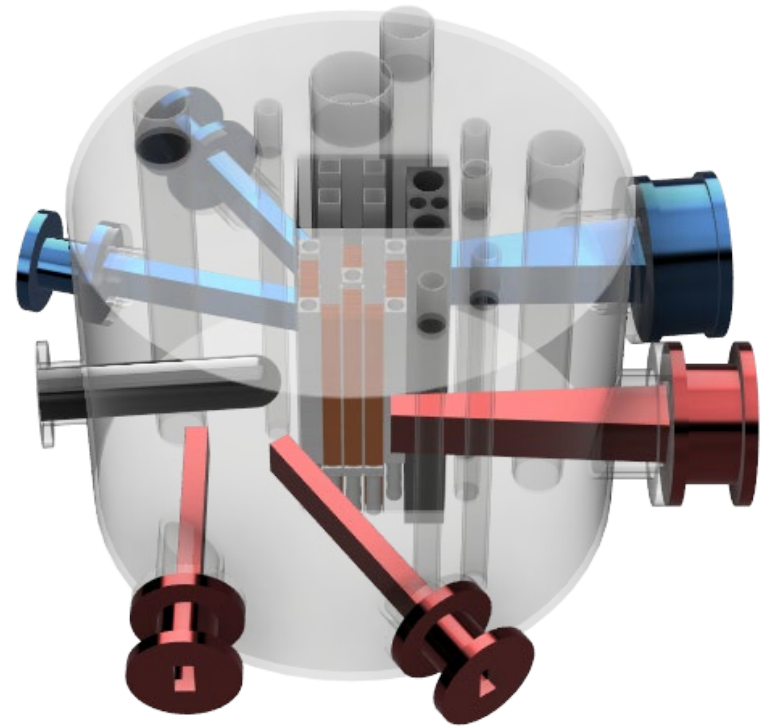
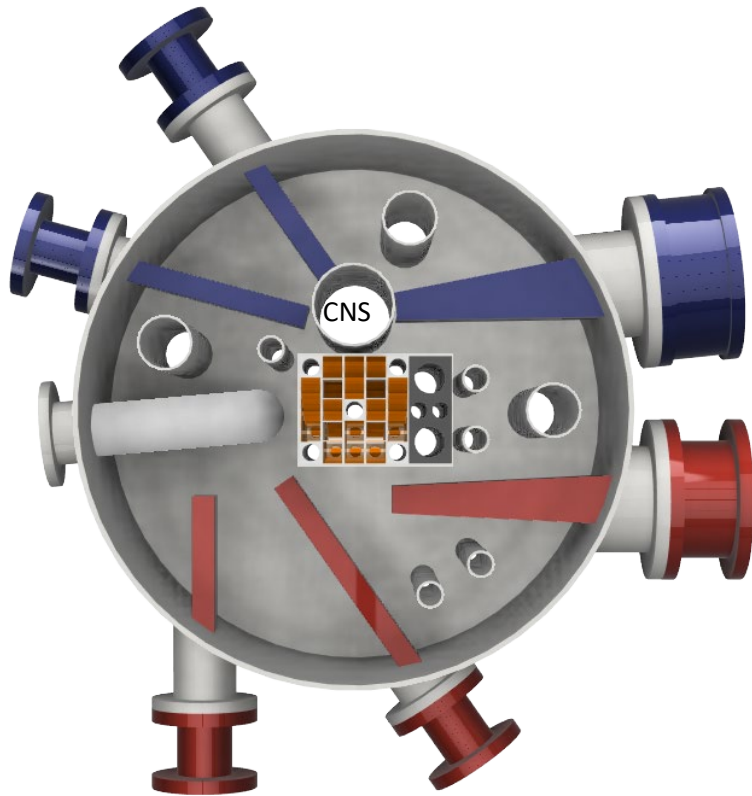
	照射日数	反射体種類	Mo-99比放射能 [Ci/g.Mo]		Mo-99放射能量 [Ci]	
			照射直後	51時間後※	照射直後	51時間後※
天然比Mo含有MoO <sub>3</sub> ペレット	7日	アルミニウム	1.24	0.72	<b>478</b>	<b>280</b>
		ベリリウム	1.41	0.82	<b>543</b>	<b>318</b>
		重水	1.43	0.84	<b>553</b>	<b>324</b>
		黒鉛	1.33	0.78	<b>515</b>	<b>301</b>
Mo-98 100%含有MoO <sub>3</sub> ペレット	7日	アルミニウム	3.62	2.12	<b>1405</b>	<b>823</b>
		ベリリウム	4.23	2.47	<b>1643</b>	<b>962</b>
		重水	4.19	2.45	<b>1630</b>	<b>954</b>
		黒鉛	3.96	2.32	<b>1537</b>	<b>900</b>

※ 冷却時間は「JRR-3を用いた<sup>99</sup>Mo-99製造に関する概念検討」 JAEA-Technology 2010-007に記載の時間 (Mo 照射後RI 製造棟内で照射後工程を経て、原科研から製薬メーカーまでの輸送工程も含めた時間) とした。

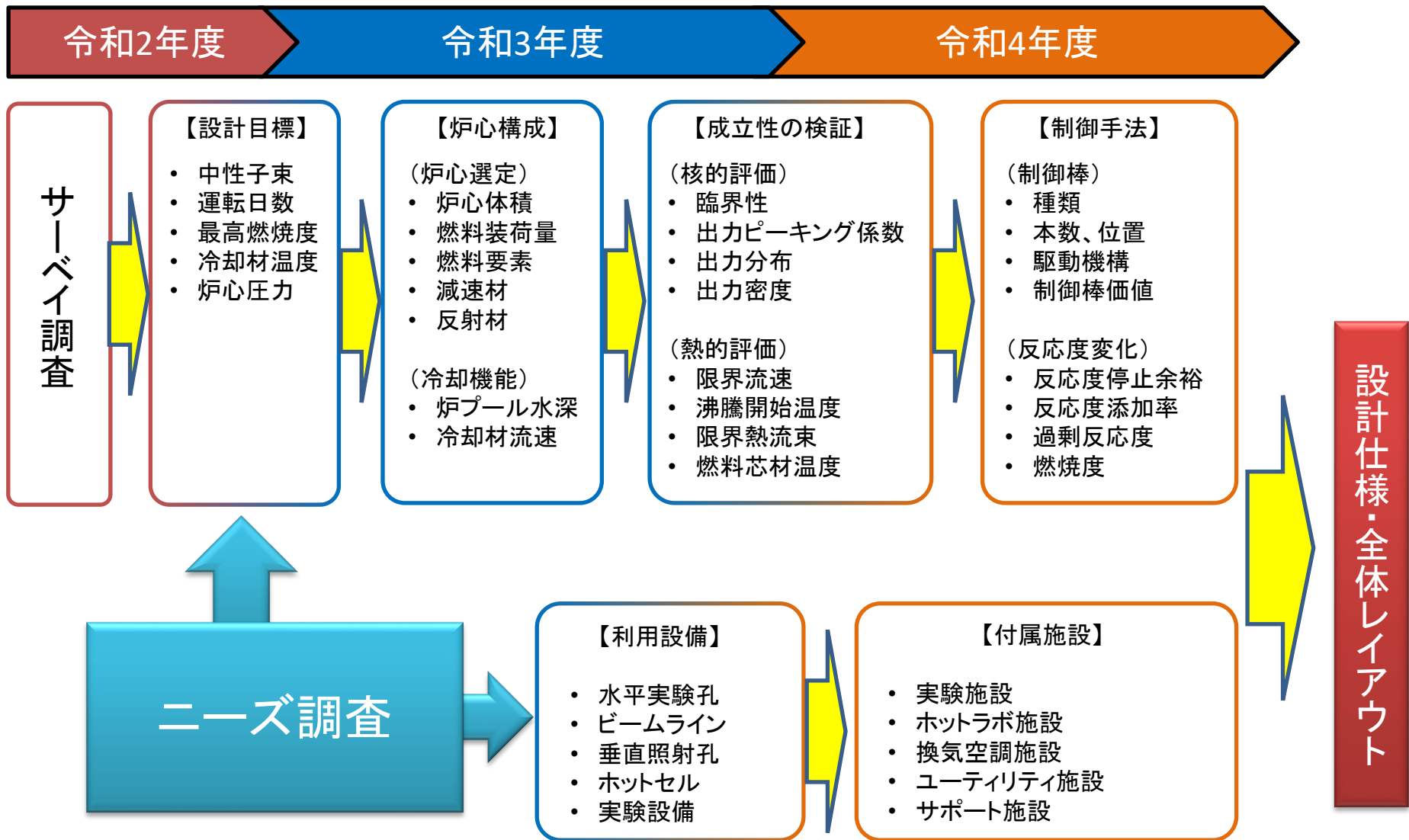
• 天然比Moを使用した場合でも、照射孔一つで約300Ci/週(国内需要の約2~3割相当)のMo-99が得られる可能性がある。



- ✓ 燃料領域の周囲には重水タンクを配置。
- ✓ 燃料領域は5×5格子に標準燃料16体、フォロー燃料4体、照射孔5体を配置。
- ✓ 燃料領域の脇に大口径(φ 100mm)の照射孔を設ける。





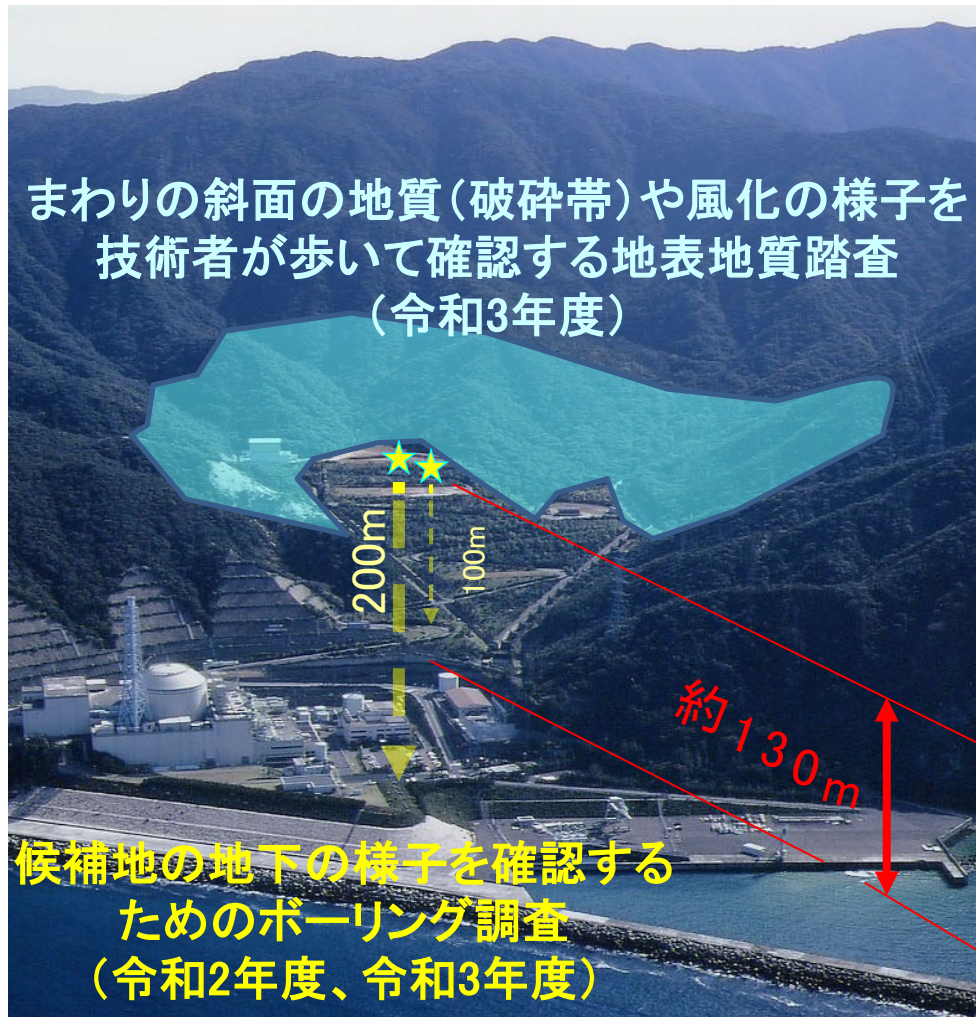


## 令和2年度～令和4年度の調査のポイント

- 試験研究炉の設置を直ちに阻害するような地下構造の有無の確認
- 許認可申請に向けた地質・地盤情報の取得
  - 岩盤は、どれだけ掘れば出てくるか？
  - 岩の種類や硬さはどうか？
  - 大規模な破砕帯やすべり面となるような脆弱部は存在していないか？

## 令和3年度調査の調査結果

- ✓ 地表から約24.6m以深に花崗岩(岩盤)が分布している。
- ✓ 構造物の支持地盤となり得る性能(硬さ)を有している。
- ✓ 調査した深度200mの範囲には、大規模な破砕帯やすべり面となるような脆弱部は確認されなかった。



## 調査位置

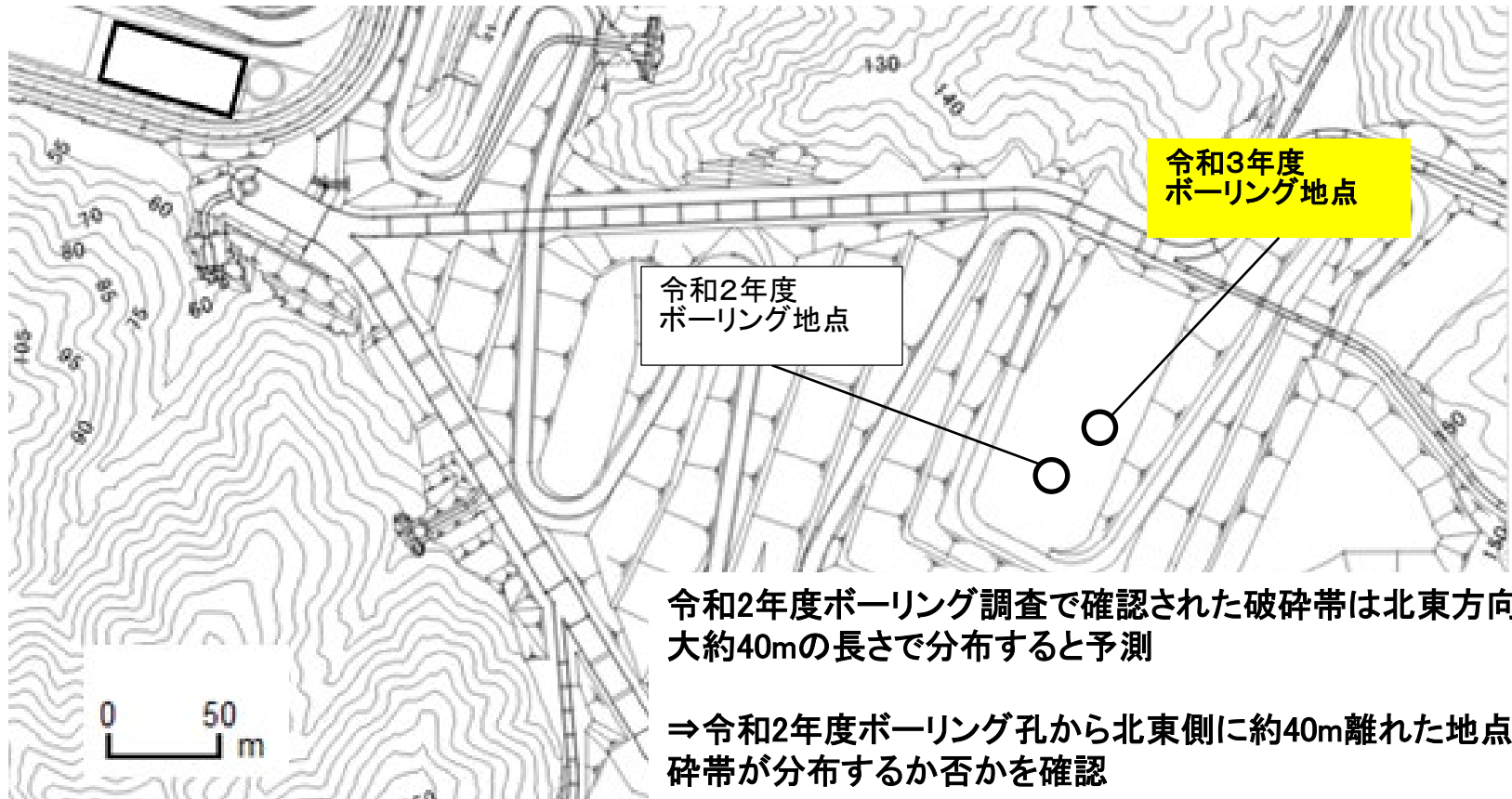
### 実施内容

- ・地表地質踏査
- ・ボーリング調査(深度200m) もんじゅの協力を得て、外注で実施
- ・ボーリングコアの分析 東濃地科学センターの協力を得て、直営で実施



令和3年度ボーリング調査は以下の情報を取得することを目的として実施

- 令和2年度に確認された破砕帯の連続性
- 深度100m以深の地質や岩盤の硬さ



## 令和3年度調査の進捗状況

### ・地表地質踏査

→現地作業終了(11/24~26、12/15)

### ・ボーリング調査(深度200m)

→撤収作業(12/24終了)

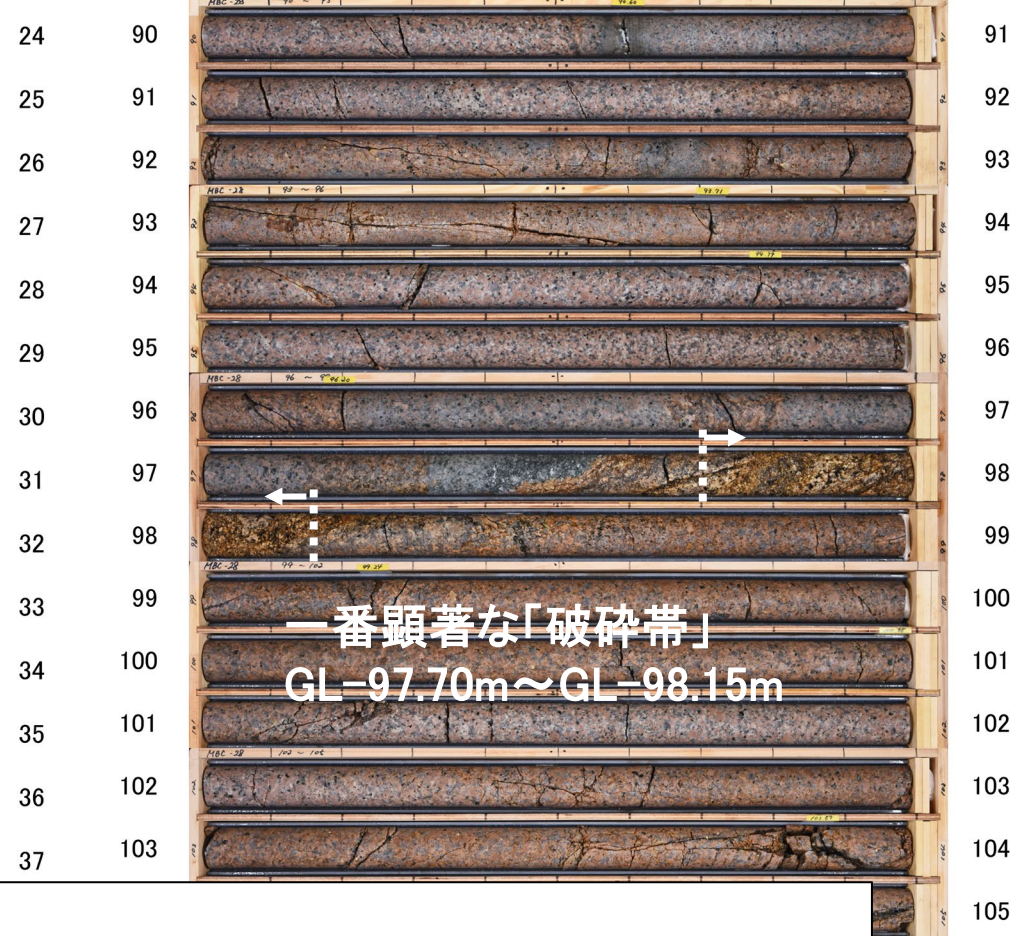
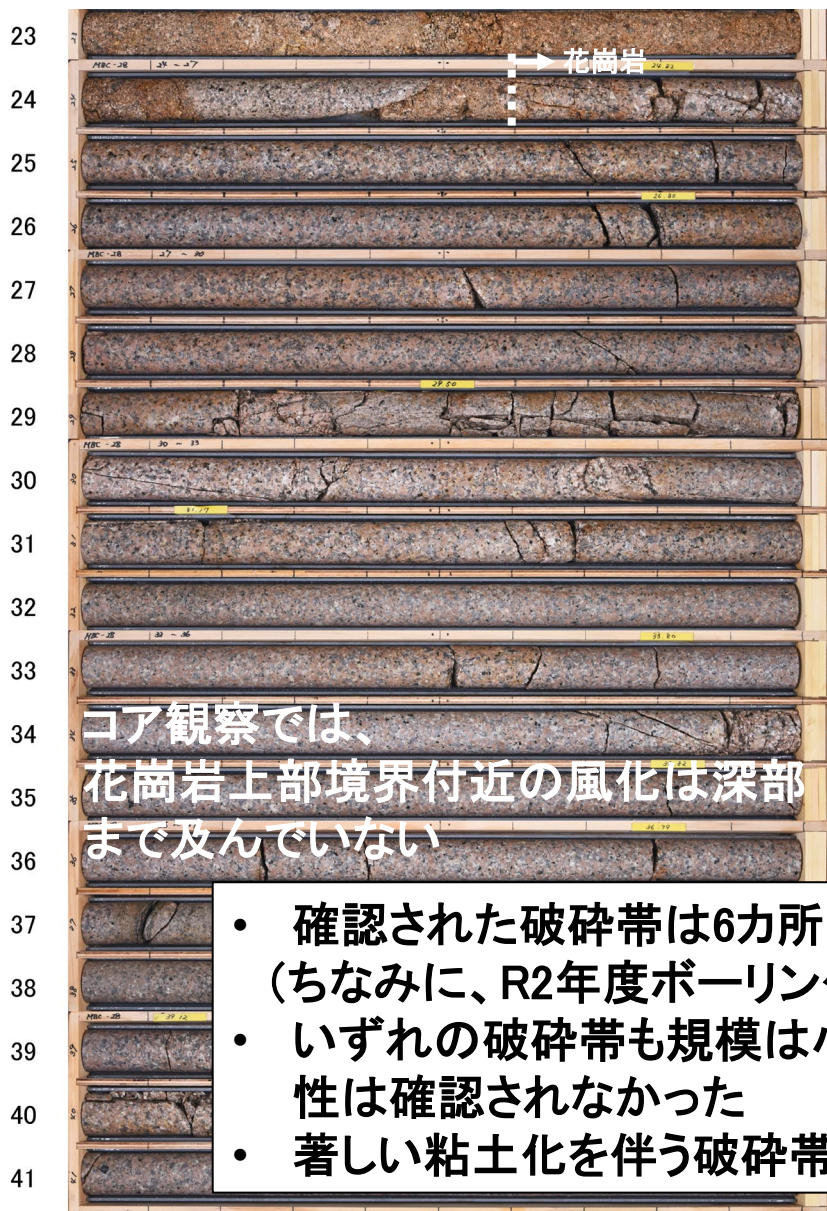
(8/26~11/30掘削終了(206m)、12/1~10孔内検層作業済 解析中)

### ・ボーリングコアの分析

→分析作業中(割れ目密度解析、粘土部の物質解析及び構造解析)



	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
ボーリング調査	契約手続き	→	自公法申請手続き	→	8/26掘削開始	▼	ボーリング掘削・コア採取等	▼	11/30掘削終了	▼	12/24現地調査終了	
地表地質踏査	(契約手続きはボーリング調査と同じ)							11/24~26	▼	12/15 (露頭スケッチ)		
コア分析				分析項目、分析数量の検討	→					分析作業	→	



コア観察では、  
花崗岩上部境界付近の風化は深部  
まで及んでいない

- 確認された破碎帯は6カ所  
(ちなみに、R2年度ボーリング孔は8カ所)
- いずれの破碎帯も規模は小さく、R2年度に確認された破碎帯との連続性は確認されなかった
- 著しい粘土化を伴う破碎帯は確認されなかった



・R2年度に採取したボーリングコアの分析(実施中)

## 【割れ目密度解析】

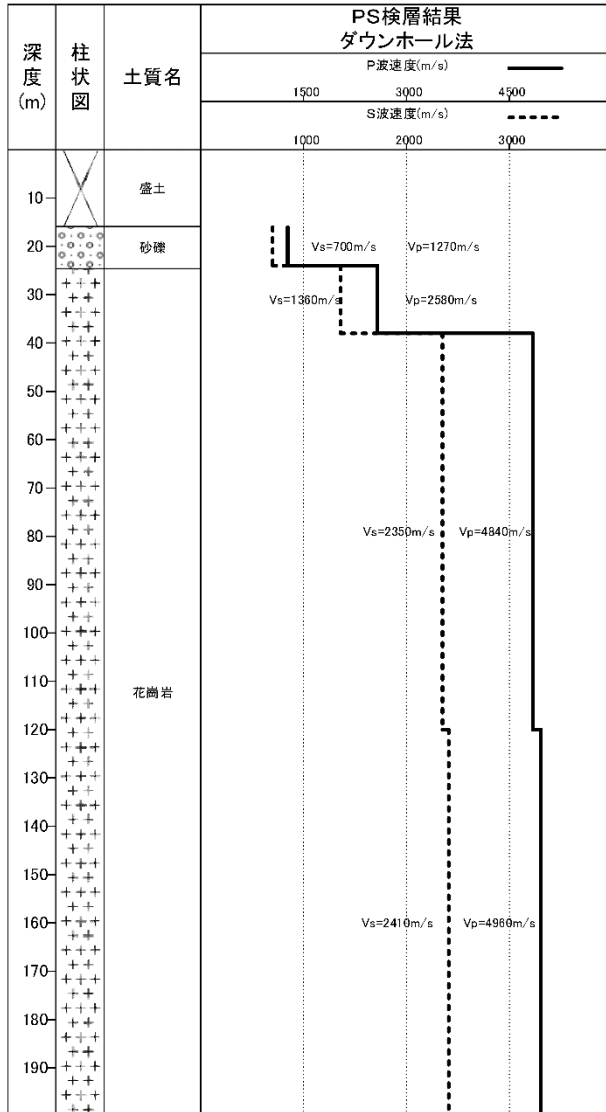
ボーリングコア試料の表面に見られる割れ目(長さ5mm超で粒子を横断するような、たたいたらこの割れ目で割れ得るだろうという割れ目)をトレースし、単位長さあたり密度を出す  
⇒破砕帯両側(破砕帯より上部と下部)で割れ目の単位長さあたり密度に大きな変化は認められないことから、破砕帯の規模は大きくないと考えられる。

## 【粘土部の物質解析】

粘土化した部分を採取し、細粒粘土基質部の鉱物の種類をXRD分析し、破砕帯の変質状況を把握する  
⇒実施中

## 【粘土部の構造解析】

条線の確認、粘土化した部分の薄片を作成し、顕微鏡観察により、ずれ動きの方向(変位センス)を確認する  
⇒実施中



候補地の地層の硬さを深度ごとに確認するためにボーリングした穴を用いて音波による速度を測定（速度が大きければ、地層の密度が大きい、すなわち硬い）

## PS検層結果（MBC-28孔：R3ボーリング孔）

深度(m)	標高(m)	Vp(m/s)	Vs(m/s)	地質
0 ~ 16	132 ~ 116	—	—	盛土
16 ~ 24	116 ~ 108	1270	700	堆積層
24 ~ 38	108 ~ 94	2580	1360	花崗岩
38 ~ 120	94 ~ 12	4840	2350	
120 ~ 200	12 ~ -68	4960	2410	

堆積層以深のS波速度は700m/s以上（一般的に300~700m/s以上であれば構造物の支持基盤となりうる性能）

⇒堆積層以深の岩盤は、構造物の支持地盤となり得る性能（硬さ）を有している可能性が高い。

（深度38m（標高94m）以深のVp、Vsは、もんじゅ建屋基盤相当）



## 令和2年度及び令和3年度を通じた地質調査結果

- ✓ コア観察、BTV(ボーリング孔の内壁のカメラ観察)の結果から、深度200mの範囲には小規模な破砕帯が分布するものの、大規模な破砕帯やすべり面となるような脆弱部は確認されていない(但し、確認された破砕帯の特性については確認中)
- ✓ コア観察の結果から、花崗岩風化部の厚さは数m程度の可能性
- ✓ サンプルングによる岩級区分やPS検層の結果から、候補地の岩盤は、構造物の支持地盤となり得る性能(硬さ)を有している可能性が高い

## 令和4年度(以降)の課題

- ✓ 高角度の破砕帯、割れ目が卓越(鉛直孔では十分補足出来ない可能性あり)
- ✓ 花崗岩風化部厚さの空間分布は把握できていない
- ✓ 土石流に関するリスク評価が必要

## － 目的:

- 原子力機構が文科省から受託する事業の一環で実施している、もんじゅサイトに設置される新たな試験研究炉の建設候補地において実施した地質調査データの分析及び今後の地質調査計画に関して、学識経験を有する者による評価を行うことにより、その科学的妥当性を確認するとともに、事業の適切な実施に資する助言を得る

## － 所掌業務:

- 上記の目的を達成するため、次の各号に掲げる事項について、評価を行う
  - ① 機構が事業において実施した試験研究炉建設候補地(以下「候補地」という。)における地質調査のデータ分析の科学的な妥当性
  - ② 機構が候補地について行う地質調査の計画の適正性
  - ③ 機構が地質調査の分析結果に基づき行った試験研究炉の設置に係る判断の妥当性
  - ④ 原子炉設置許可申請に向けた追加的調査の方向性
  - ⑤ その他必要な事項

## － 検討会委員、中核的機関有識者及びその専門分野:

- 谷 和夫教授(東京海洋大学):地盤工学
- 大谷 具幸教授(岐阜大学):地質学
- 宮内 崇裕教授(千葉大学):変動地形学
- 中核的機関有識者:釜江 克宏特任教授(京都大学):地震工学

- 1.日 時 令和4年2月16日(水)15:30—17:30
- 2.会議形式 WEB
- 3.議 題
  - 建設候補地における地質調査の状況(令和2年度及び3年度)について
  - 建設候補地における地質調査の計画(令和4年度)について
- 4.結 果
  - これまでの地質調査の状況を踏まえた限りでは、平成28年まで実施された原子力規制委員会「もんじゅ敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合」でのもんじゅサイトに関する評価結果を覆すデータは特になく見られること、また、建設候補地直下に関する調査(ボーリング調査、物理探査等)について令和4年度に実施することを検討した事項については妥当なものであるとされた
  - 一方、建設候補地は、防災科学技術研究所「1:50,000地すべり地形分布図」で指摘されている地点には該当しないものの、周辺の山地からの沢が集中する地形であること、また、踏査調査により周辺の山地からの過去の土石流によるものと見られる礫(れき)の堆積があると判明していること等から、今後建設予定地とする判断を行う上では、予め地すべりや土石流に対する十分な調査や対策の検討が必要、との見解が示された
- 5.第1回技術検討会の結果を受けた対応
  - 令和4年度の調査においては、追加的なボーリング調査等に先立ち、地すべりや土石流についての調査や工学的対策、その技術的成立性や所要コスト等について検討する
  - 万一、建設候補地が適当ではないとの判断に至る場合に備え、もんじゅサイト内で追加的な土地造成工事を行うこと等により用地が確保できるかの予備的検討も並行して行う

## 1. 炉心概念検討

- ✓ 炉心解析および炉心配置検討の現状を報告。
- ✓ 今後は、詳細設計に向けて炉心構成の具体化を進めるとともに、中性子利用に関わる施設・設備等についてWG2と連携して検討を進める予定。
- ✓ 令和4年度においては、詳細設計の前提となる仕様等を明らかにする。

## 2. もんじゅ敷地内地質調査

- ✓ 今年度のボーリング調査の現状について報告。
- ✓ 地質調査(土石流調査、ボーリング調査等)を進め、科学的見地から建設候補地としての妥当性を確認する。また、詳細設計における調査計画の検討を進める。

# 新試験研究炉における幅広い 利用運営 (WG2) 活動について

京都大学  
複合原子力科学研究所

日野 正裕

- **WG2の活動方針**
- **中性子利用装置検討にあたって**
- **中性子ビーム・照射利用検討状況**
- **利用運営検討について**
- **まとめ**

# 「幅広い利用運営WG」(WG2) 活動方針

- 中性子ビーム利用を主目的として性能を最大限引き出した中出力炉において、**持続可能性が期待できる幅広い利用運営のあり方(研究者を中心に広く人が集まる魅力的な施設のあり方)**を検討する
- 中性子ビーム利用を主目的としつつも、多目的利用を旨とする研究炉において、**特長を出すことに注意し、汎用性・先端性・多様性とバランス良く実験装置群を検討し、運営体制案(指針)構築につなげる**

# 第2回コンソーシアム委員会後のWG2の活動

情報管理の下、積極的に意見交換等を行い、コミュニティからの支持を獲得するとともにニーズを把握し設計や利用運営方針検討に反映（新試験研究炉に関する情報の管理を着実に実行する）

	WG開催 開催時期：議論内容	他機関・学会等との意見交換等によるインプット(※) 開催時期：概要
WG2	<p>第3回会合:11/29 （重点項目及び進捗現状確認）</p> <p>第4回会合:2/24 （炉内照射関連のヒアリング：日本原子力学会炉物理部会提案、材料部会提言、RI製造（開発）の重要性）</p>	<p>日本中性子科学会との意見交換 （Roadmap委員会ワーキンググループ：毎週金曜日）</p> <p>陽電子(12/10 複合研専門研究会での報告と意見聴取)</p> <p>イメージング KUR,JRR-3装置責任者、利用者ヒアリング （12/27-28 複合研専門研究会での報告と意見聴取）</p> <p>日本放射化学会（新研究炉検討委員会:12/22）</p> <p>日本原子力学会材料部会提言(2022 1/4)</p> <p>RI開発(3/3-4 複合研専門研究会での報告と意見聴取)</p>

※他機関・学会等との意見交換は、KNRRセンターが主で活動。WG2では、その活動も抽出



## もんじゅ跡地試験研究炉の

## 材料照射試験設備に対する提言

令和4年1月

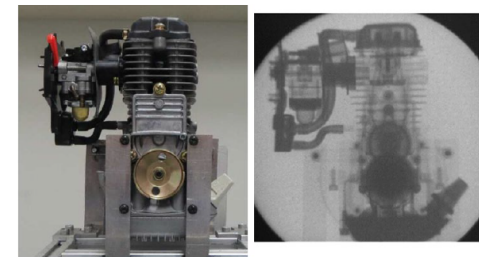
原子力学会材料部会

これらの提言書作成にWG2メンバーが貢献。  
日本原子力学会炉物理部会、日本中性子科学会等からも、提案を頂いている。

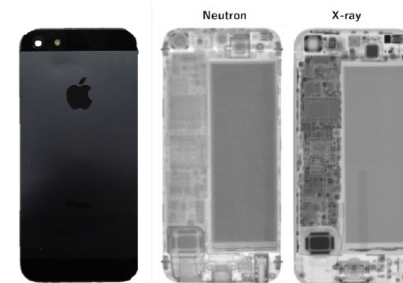
## 新研究炉の中性子イメージング装置への提言

### 1. はじめに

中性子イメージングは、水素を含む物質がよく見え、金属に対する透過力が高いなどの特長があるため、他のプローブで観察できない材料科学、土木・建築、物理、電気・機械、電池、農学、文化財・考古学などの広いサイエンスに使われている。特に、金属に対する高い透過力のため、工業製品などの実製品内部の非破壊可視化計測が可能となる極めてユニークな手法である。産業分野において、自動車・機械、素材などへの応用が今後想定される。図1に中性子イメージングの測定例を示す。図1(a)に示す小型エンジンの内部の可視化では、エンジンの構造に加えてオイルの流れなど、測定対象を破壊することなく観察することができる。また、図1(b)に示すiPhoneの可視化においては、X線で得られた透過画像と大きく異なり、バッテリーや樹脂部品がよく見える。以上より、サイエンスだけでなく産業利用への親和性が非常に高い中性子イメージングは、その利用がこれからも期待されるものであり、今後建設される新研究炉においてもサイエンスと産業利用を見据えた中性子イメージング装置が設置されるべきである。



(a) エンジン内部可視化(左:写真、右:中性子透過画像)

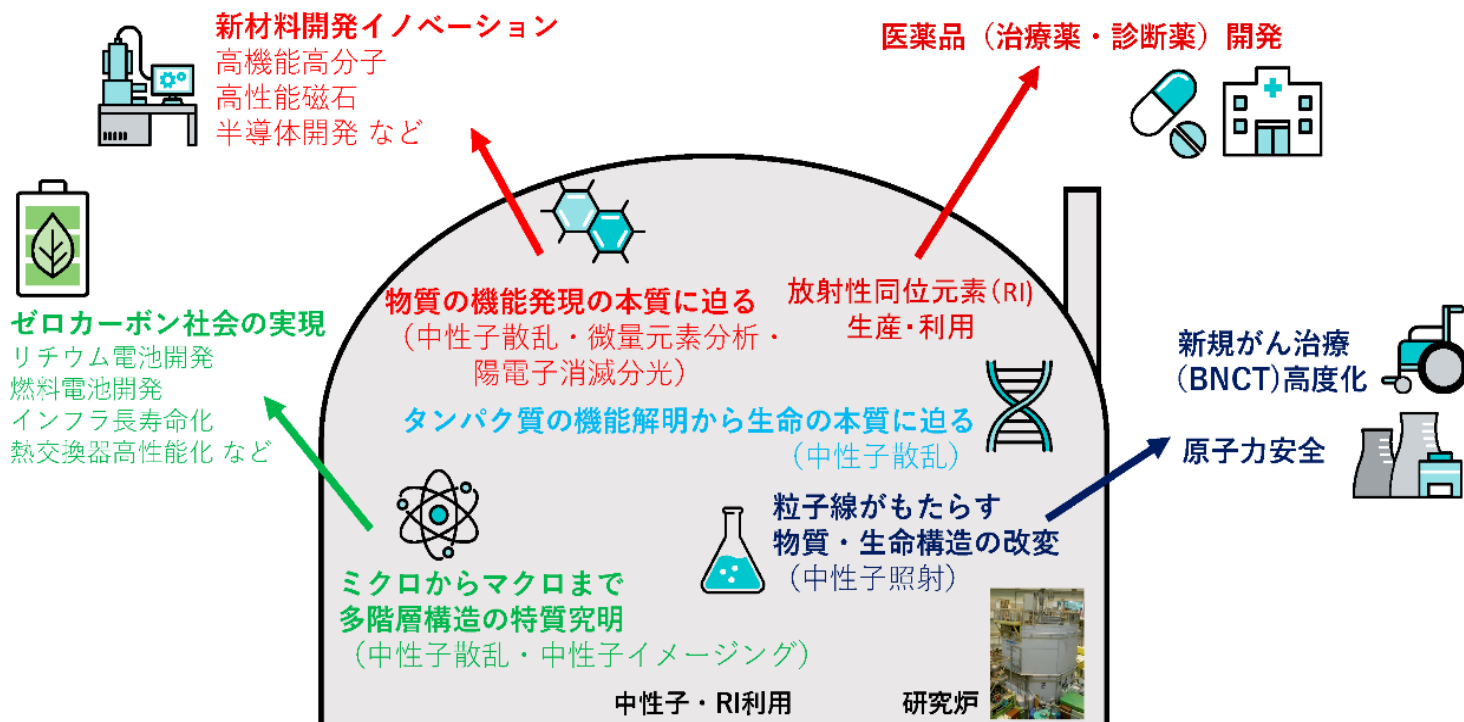


(b) iPhoneの中性子透過画像とX線透過画像

図1 中性子イメージング測定例

新試験研究炉は多岐にわたる革新的研究成果やイノベーション創出が期待でき、「国際公共財」として世界に誇れる施設を目指すことが重要。10MWの性能を最大限に活かすビーム利用設備としてはまず冷中性子源(CNS)が挙げられる

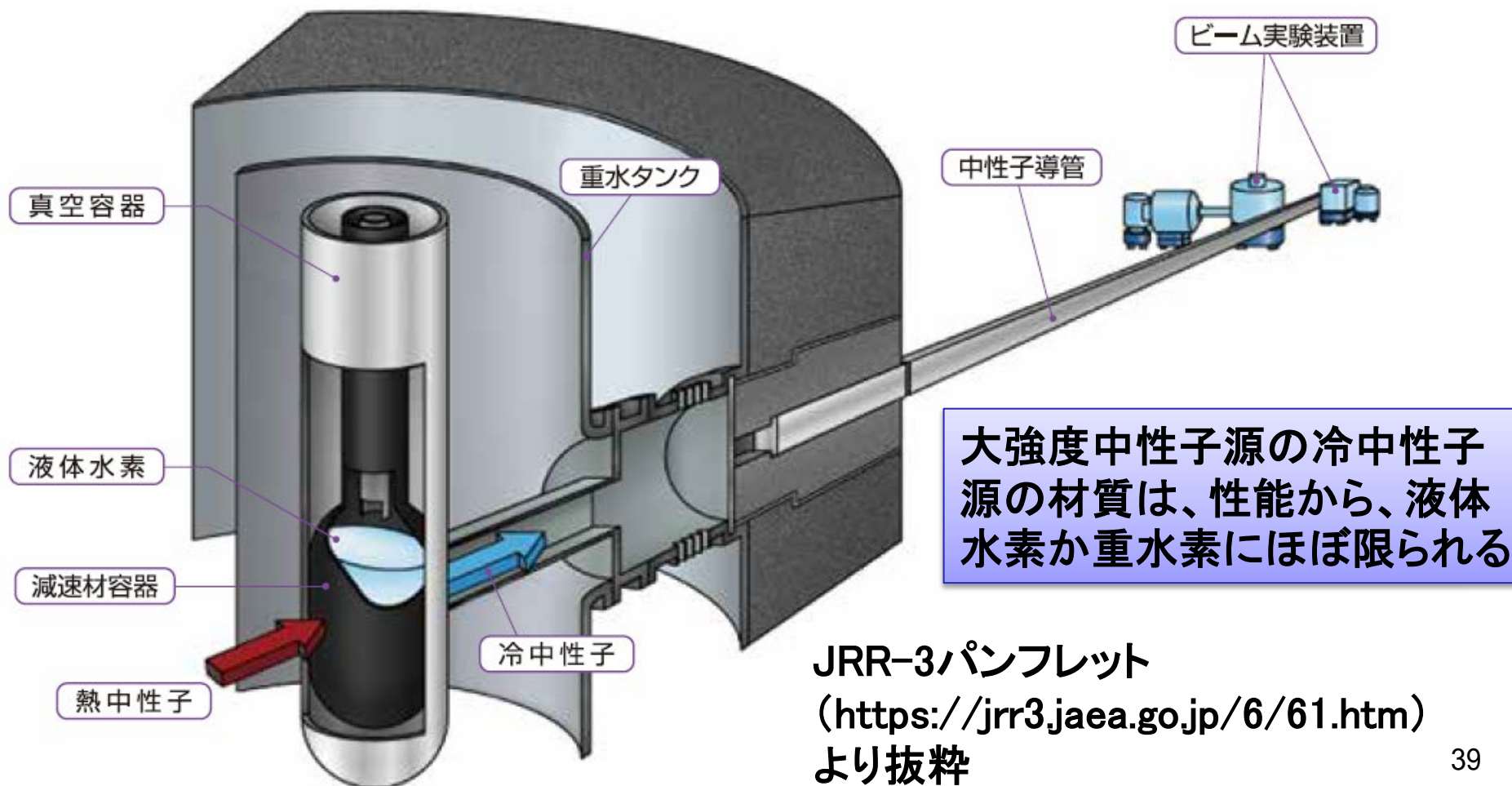
新研究炉が拓く未来 本質を究明する基礎研究に基づく革新的イノベーション創成  
次世代日本・世界を創る人材育成



物質の静的・動的構造解析や元素分析等をより高感度かつ精密に行うためには、熱中性子ビームだけではなく冷中性子ビームの利用が非常に重要

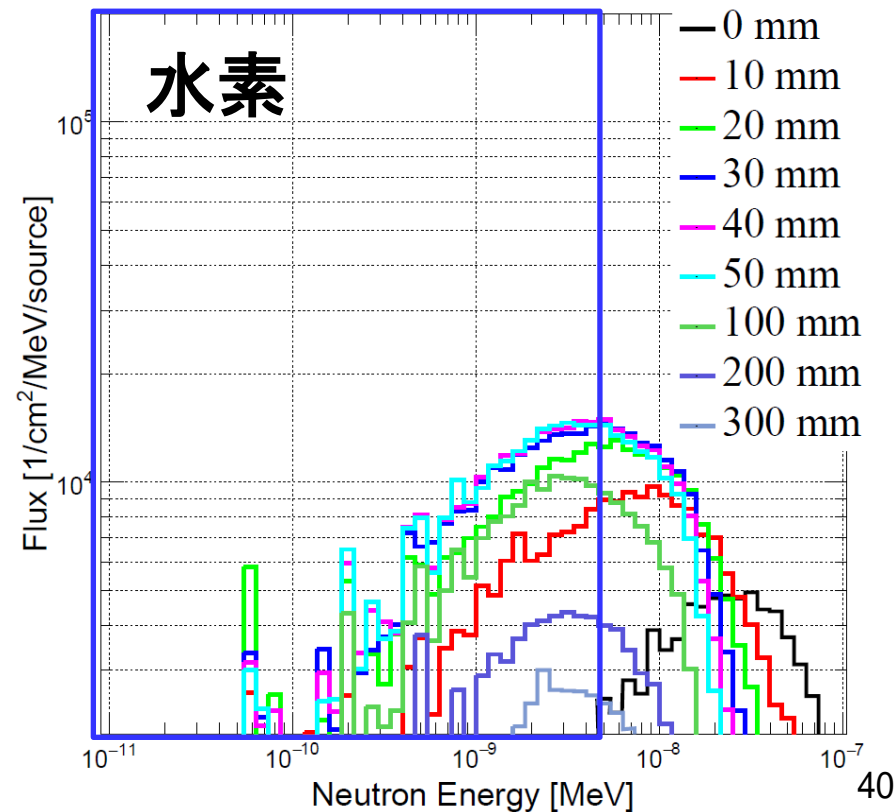
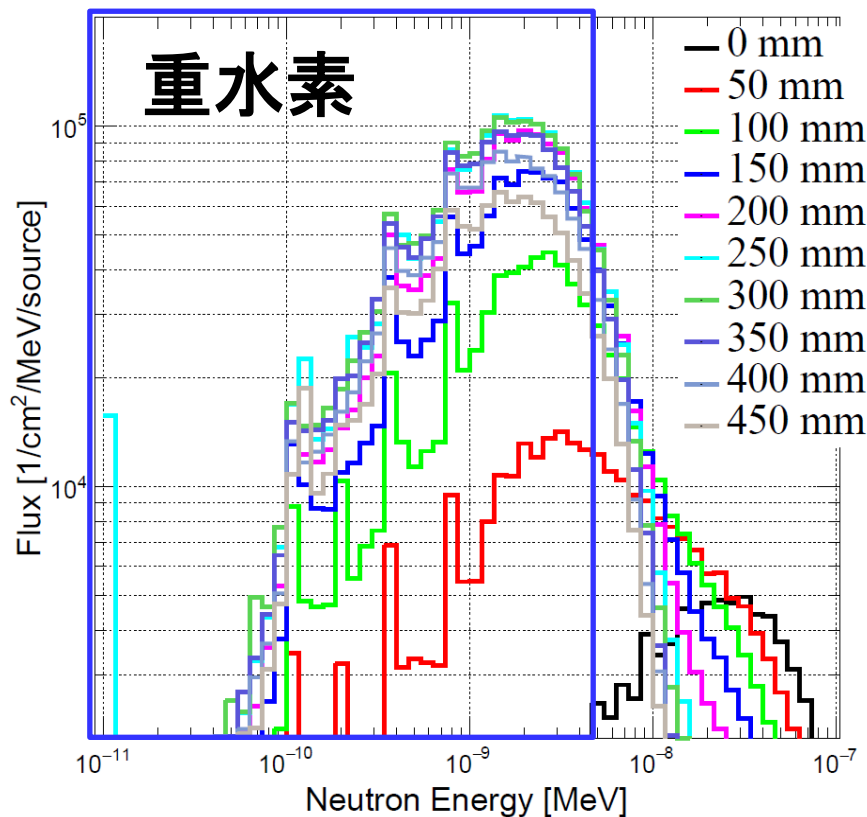
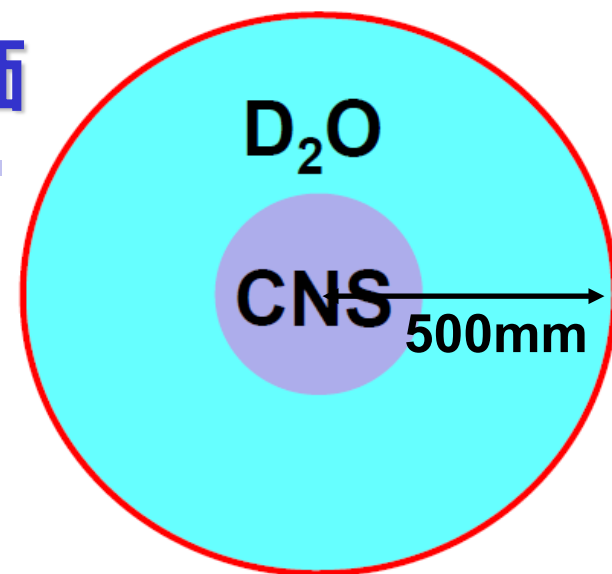
# 冷中性子源 (CNS: Cold Neutron Source)

核分裂した高速中性子 ( $\sim 2\text{MeV}$ ) は、重水とビリヤード的に散乱して、速度を落とし、熱中性子 ( $< 0.5\text{eV}$ ) となる。それをCNSはさらに冷やし、冷中性子 ( $< 0.005\text{eV}$ ) を供給する



# KURNS 簡易体系における冷減速材評価

球体の中心で中性子のスペクトル評価  
球体の外から内側に2MeVの高速中性子照射  
青棒が冷中性子以下の運動エネルギーの領域  
重水素が水素よりも優れた性能を持ち、かつ最適  
な量も多い(重水素:オルソ100% 水素:パラ100%)



# KURNS 必要な装置検討(ビーム利用1)

安定的に定常中性子ビームが供給できる研究炉では、遮蔽を少なくし装置をコンパクトにできるため、多くの装置がビームラインに設置可能である。まず汎用性や利用頻度が高い装置について最優先で設置し、新試験研究炉の存在意義をアピールすること重要。下記の4つの装置を提案する

①小角散乱装置

冷

②イメージング装置

熱

冷

③回折装置

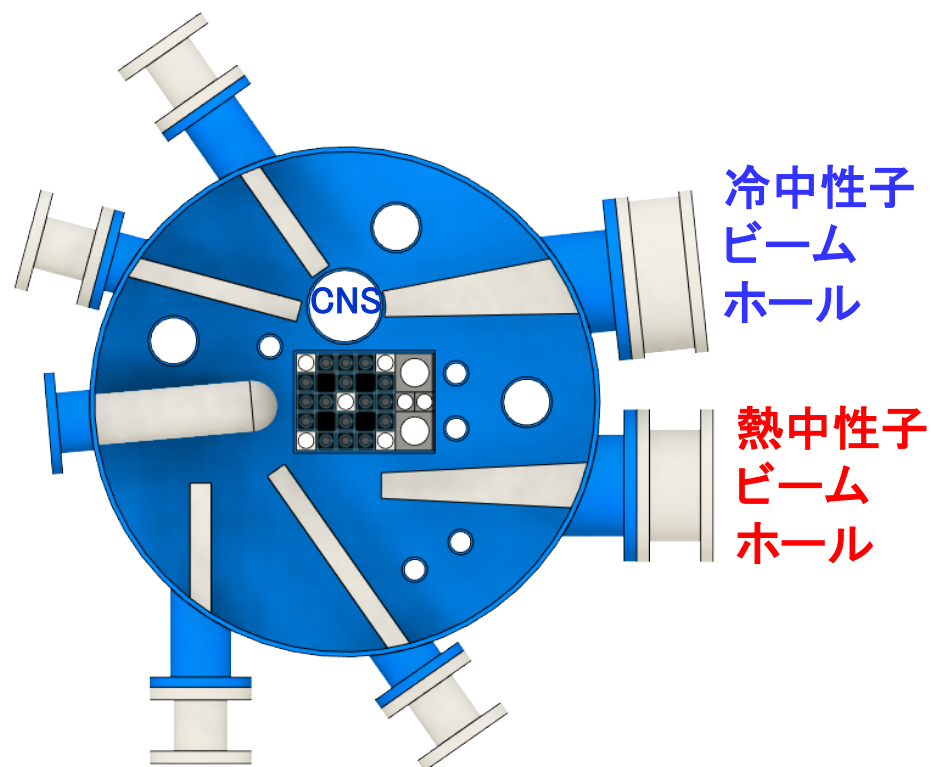
熱

④反射率装置

冷

熱 主に熱中性子利用

冷 主に冷中性子利用



まず中性子強度等の装置性能が重要だが、特長を出す試料環境(例えば、他施設では測定困難な放射化した試料測定等)検討も重要



## 10MWの研究炉の性能を最大限活かし、今後益々多様化する学術研究や産業利用のため整備すべき装置案

- 即発ガンマ線分析装置 冷
- 偏極中性子小角散乱装置、極小角中性子散乱装置 冷
- 大強度熱中性子イメージング装置 熱
- 熱中性子回折装置(残留応力測定、単結晶用4軸解析) 熱
- 偏極中性子反射率装置 冷
- 大強度熱・冷中性子利用三軸分光装置 熱 冷
- TOF型冷中性子非弾性散乱装置 冷
- 中性子制御検出技術高度化のための開発試験装置 冷 熱
- ...

施設側が準備する装置だけではなく、意欲のある研究者や企業が自らの資金で独自の装置を開発・設置し、それを継続的に利用するためのビームラインや実験スペースを事前に確保しておくことも重要



# 必要な装置検討(照射利用)

KURNS

汎用性や利用頻度からまず①放射化分析装置が挙げられる。  
ただしビーム利用同様、10MW研究炉の性能を最大限活かすため、  
② RI製造(開発)以降、⑤までの照射利用装置検討も重要。

①放射化分析:非破壊で(貴重な試料の高確度な)微量元素分析

②RI製造:特に $^{99}\text{Mo}$ 製造や $^{177}\text{Lu}$ 等の医学利用RI製造(開発含む)

③材料照射:精密温度制御等自由度の高い高速中性子照射場

④陽電子ビーム:原子空孔(欠陥)探索等(ビーム利用との相乗効果)

⑤生物照射:BNCT基礎研究を中心に生物的照射効果基礎研究

炉心領域:②、③ 重水反射体領域:①、② 水平実験孔:④、⑤

ホットラボラトリ(ホットラボ)や分析装置等の付帯設備が必須。日本放射化学会、日本アイソトープ協会、日本薬学会、日本原子力学会材料部会、生物照射関係の学協会からアンケート等により意見を求め、それぞれの研究分野におけるホットラボラトリの用途と必要な機能や設備の検討も進めている。



国際公共財として世界に誇れる施設を目指すことを前提に、利用に関するユーザーの声を収集するとともに、下記①～⑤検討範囲で調査分析を行った

- ①組織運営(利用支援)
- ②利用設備(設備保守・技術運用)
- ③利用制度(課題審査、共同利用)
- ④ユーザーサービス(施設体制)
- ⑤新試験研究炉の建設・運用に向けた準備活動を行う体制

本格的な産業利用を目指すことも求められており、JRR-3のトライアルユース制度のような新規活動支援から次世代放射光施設(SRIS)における産業利用の考え方である「Coalition Concept」等も参考に検討中

今後、学術・産業利用ニーズに対応した持続的な装置整備及び高度化は、まず⑤準備活動を行う体制、広く連携しながらも主体的に運営できる組織の必要性が求められる



# 研究系職員数等の雇用者数、外部利用者数(WG2での試算結果)

推定結果は今後の実験装置に係る詳細検討の進展に応じて変動し得る

## ○実験装置の利用と管理に関与する職員数の試算

新試験研究炉(出力10MW)における実験装置を20台と想定して試算。

職員区分:	試算結果 (試算根拠※1)
研究系職員: 学術研究の主導及び学術・産業利用の支援	40人程度 (2人程度/1台)
技術系職員: 装置の維持管理・開発及び実験支援環境の運用・整備	50人程度 (1.5人程度/1台、※2)
事務系職員: 利用者の受入れと利用支援に係る事務管理	10人程度 (※3)
<b>実験装置の利用と管理に関与する職員数(総数)</b>	<b>100人程度</b>

※1 KURでの実績に基づいて試算、 ※2 試料準備環境、放射化試料取扱環境、関連分析装置、データ処理系、遠隔操作システムの各々に4人

※3 スケジュール管理、利用者への連絡、課題募集・採択、利用成果報告、利用経費管理、利用者利便施設の管理等

## ○外部利用者数推計

新試験研究炉の想定出力を10MWとして、「既存施設の利用実績が概ね出力に比例」に基づいて推計。

	出力	利用実績 [実績年度 ※4]	実験装置数
JRR-3	20 MW	22,533人日/年 [H22年度]	29台
KUR	5 MW	5,413人日/年 [H25年度] ※5	10台
新試験研究炉	10 MW(想定)	<b>約10,000人日/年 (推定)</b>	20台(想定)

※4 利用実績として、年間を通じて安定して運転された年度を選定、

※5 ホットラボラトリ、電子線ライナック、FFAG等を含む

DXの活用等により、リモートユーザーやライトユーザーの新規参入も期待され、また研究・教育及び産業利用全体で考えると利用実績は単純な出力比より大きく充実されることが期待できる。

- 京大複合研新型研究炉開発・利用センター(KNRR)を中心に、JRR-3相当の熱中性子束を念頭に世界に伍することを意識して、ビーム利用及び照射利用の重点項目を検討。特長を出すべき利用設備として、冷中性子源(CNS)及び必要な実験装置の検討状況紹介
- 熱出力を10MW程度で実験装置を20台と仮定した場合の利用と管理に関わる職員数及び外部利用者数推計の試算を紹介

## 今後の課題&展開

- 前提となる敷地面積が明らかになり次第、より具体的に重点項目を整理検討(特にビーム利用と照射利用)
- 関連学協会と連携して研究会等を開催し、コミュニティからの意見を集約するとともに、利用ニーズを設計や利用運営方針検討に反映する。バランス良く設置すべき実験装置群を検討し、運営体制案(指針)構築につなげる

# 地元関係機関との連携構築(WG3) 活動報告

- 活動計画
- 活動状況
- 今後の予定

福井大学 宇埜正美



# WG3(地元関係機関との連携構築)

## ■ 活動計画

### 1. 伴走型連携

#### 1) 産業利用技術の検討

産業利用として有力な中性子ビーム、照射利用技術を検討する。

#### 2) 地元企業・機関との交流

地元企業との意見交換、情報発信を進める。

既存炉のトライアルユースを促す。

#### 3) 地元企業・機関の参画と連携のしくみ検討

先行事例を踏まえ、地元産学官連携のしくみ(福井スタイル)を検討。

### 2. 学内教育

#### 1) もんじゅサイトの試験研究炉セミナーの開催(2回程度)

#### 2) 福井県との共催講習会・セミナー



# WG3(地元関係機関との連携構築)

## 活動状況

### 1. 伴走型連携

#### 1) WG活動

これまで産業利用として、中性子ビーム利用とRI製造について専門家意見を聴取し検討を進めてきた。

引き続き、第3回及び第4回WGにて産業利用経験や地元企業意見並びに茨城県の取組み事例の紹介をして頂き、産業利用の促進検討に反映している。

#### ◎産業利用経験と地元企業意見(第3回WG)

- ・JRR-3利用経験と要望: JSR株・湯淺毅
- ・中性子回折利用経験: JFE・末吉仁
- ・放射光利用経験と試験研究炉への期待: 東洋紡・船城健一
- ・試験研究炉活用促進と人材育成: 日華化学・稲継崇宏

#### ◎産業利用参画連携のしくみ(第4回WG)

- ・茨城県の中性子産業利用取組み: 茨城県庁・児玉弘則

(参考)

◎活動計画の検討を実施(第1回WG)

◎産業利用技術について検討を実施(第2回WG)

- ・産業利用候補技術: 京都大学・川端祐司
- ・RI製造: RI協会・中村伸貴
- ・JRR-3の利用: JAEA・松江秀明

# WG3(地元関係機関との連携構築)



## 2) 地元地域での産業利用の可能性

福井県の地元企業と金属・機械加工、樹脂加工、化成品、セラミックス材料製造・加工といった多岐にわたる技術分野において、中性子利用の情報提供や利用可能性について対話を実施した。

製造業では、生産プロセスにおける品質管理への利用の関心が最も高く、次いで製品・技術開発のための評価技法開発への利用についての関心が高かった。

個別の事例としては、金属成形製品の非破壊分析が挙げられる。対象企業に向けて中性子イメージングについての詳細な情報提供を実施し、対話を進めた結果、関連課題に対する中性子散乱・回折(ミクロ構造解析)を用いる具体事例に関する情報提供がなされ、その解決を念頭に置いた対話が進められている。

その他、打刃物や和紙、漆器といった伝統産業を含め、繊維(織・編、染色、機能加工)や眼鏡枠、樹脂成形体、機能性分子材料、機能性セラミックス材料、金属加工機械技術分野において、ダイヤモンドライクカーボン(Diamond-Like Carbon, DLC)膜の構造解析とそのトライボロジー特性や界面活性剤等の機能発現メカニズム解析、金属微細組織の観察と物性評価、セラミックス材料の構造解析とリチウムイオン電池材料特性評価といった内容について、中性子ビームを利用した詳細な分析の可能性が見出された。

今後、地元企業等との個別対話を継続・推進・展開し、地元企業等が抱える課題の明確化や多様性を把握することが必要である。



# WG3(地元関係機関との連携構築)

## 3) 産業利用関連で出された意見

これまで企業との意見交換やWG活動等が出された意見を4つに分けて整理した。

### ① 技術支援

- ・大学と連携した新規技術の導入により、探索対象が広がるチャンスあり。
- ・企業単独でなく社外エキスパートによる指導は有効。
- ・コーディネーターや実験指導等サポート体制の充実が必要。
- ・企業の能力に限界。伴走型連携、産業利用コーディネーター、他の分析法も含めた課題解決サポートが必要。
- ・エキスパート人材とパワーユーザー育成による持続的な利活用実現するため既存の取組みの活用と雇用促進が必要。

### ② 利用運営

- ・ビーム利用申請時期や利用タイムの柔軟性が必要。
- ・炉の地理的問題。メールイン等に期待。
- ・新試験研究炉の周知による潜在ユーザー掘り起こしと利用のコストダウン必要。
- ・地元企業の利用促進では、パワーユーザーの育成にかかっている。



# WG3(地元関係機関との連携構築)

## 3) 産業利用関連で出された意見(続き)

### ③ 企業間・地域の連携

- ・同業企業の共同プロジェクトを起点に中性子利用を始めた経緯がある。
- ・西の試験研究炉の位置づけならば地元企業の利用促進しつつより広範囲での活用策が必要。
- ・地元企業による利用促進に向けて地元経済界の中で議論の活性化必要。

### ④ トライアルユース

- ・トライアルユースを契機に利用を進めた。
- ・文科省「中性子利用技術移転推進プログラム」(トライアルユース)制度は有効だった。新炉でも制度の充実を期待。
- ・10～15年先が読めない。モチベーション保てるか？事業環境も人も変わる。トライアルユースの活用。
- ・炉運用開始までにトライアルユースから継続ユーザーに移行するための育成サポート(教育・プログラム)整備必要。





# WG3(地元関係機関との連携構築)

## 4) 連携構築のための取組状況

地元企業等の試験研究炉への関与を促進するため、出された意見を踏まえ以下の取組を進めている。

### ① 情報発信と意見交換

- ・地元企業等に新試験研究炉に関する情報をメールで配信
- ・地元企業等にとって興味のあると思われる利用技術についての講習会等を案内
- ・情報ネットワークやHP利用等の整備を検討中

### ② 中性子ビーム利用の契機作りに向けたトライアルユースと利用環境整備の実施

- ・試験研究炉利用の意欲を高め、技術的な土壌を整備に向け、JRR-3 やKURを用いたトライアルユースの実現のため、地元企業等への勧誘と福井大学教員による技術支援を開始
- ・トライルユースや講習会参加に対し、地元企業等への補助金等の支援検討要望

### ③ 伴走型連携の構築

- ・専門知識を持つ大学教員が企業と連携して課題に取り組む「伴走型連携」を、トライアルユース検討を通じ進行中



# WG3(地元関係機関との連携構築)

## 4) 連携構築のための取組状況(続き)

### ④ 地元企業等参画促進のしくみ検討

新試験研究炉への地元企業等の参画促進には、以下の仕組みや活動が必要と考えられ、関係機関等と連携して具体化を進めていく。

先行事例として、J-PARCに専用のビームラインを持つ茨城県の産業利用拡大に向けた取り組みを次頁に示す。

### < 企業参画に向けた取り組み事項 >

- ・試験研究炉の計画と利用内容の周知
- ・利用の講習会、習得教育
- ・利用の技術支援(伴走型連携、技術コーディネーター)の仕組みと支援者の育成
- ・トライアルユース(既存炉利用含む)及び本利用の支援制度
- ・利用手続き、事務支援
- ・県内外の産業・経済界との連携
- ・複数企業による勉強会(共通課題、利用技術習得)
- ・他施設(原子炉、放射光施設等)及び中性子利用推進組織との連携
- ・県内外教育機関等との連携

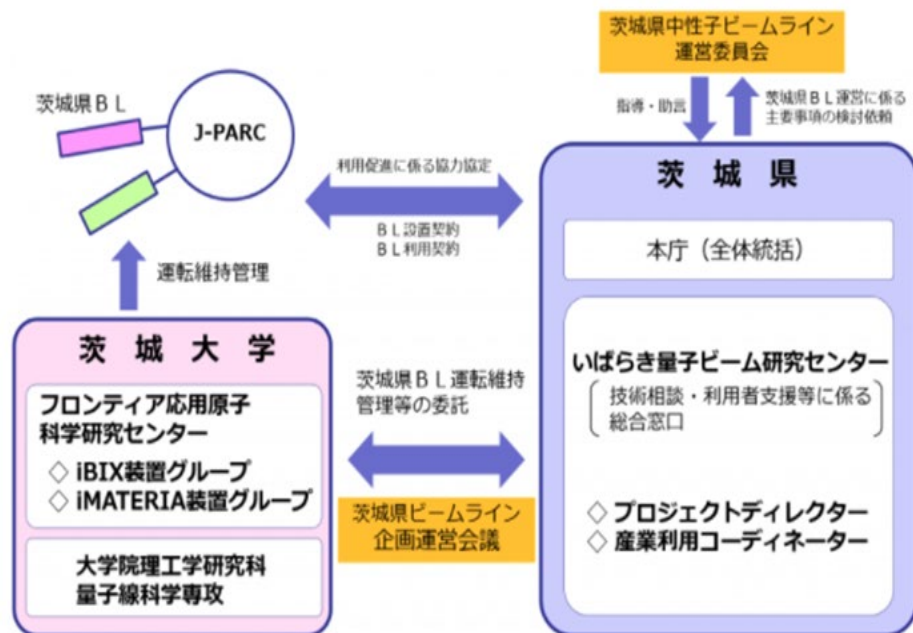
# WG3(地元関係機関との連携構築)

## 事例 茨城県の産業利用拡大に向けた取り組み

◇ 茨城県はJ-PARCに専用のビームラインを持ち、運営管理を茨城大学に委託。

◇ 産業利用拡大に向けて、以下の取組を実施している。

- ・公募制度等を利用した研究支援
- ・研究会・報告会等の開催
- ・学会・展示会等へのブース出展
- ・コーディネーターによる利用拡大・利用支援活動
- ・産業団体の設立支援・活動連携
- ・人材育成
- ・ユーザーの利便性を高める制度導入





# WG3(地元関係機関との連携構築)

## ■ 活動状況(つづき)

### 2. 学内教育

- 1) 令和3年度第1回もんじゅサイトの試験研究炉セミナー(web)  
10月7日、18:00～19:45(参加者37名、内学外25名)
- 「試験研究炉による医療用RI製造の現状と課題」  
日本原子力研究開発機構 研究炉加速器技術部  
研究炉技術課長 新居昌至
- 「BNCT用ホウ素薬剤の開発現状と課題」  
大阪府立大学BNCT研究センター ホウ素薬剤 化学講座  
特認教授 切畑光統

# WG3(地元関係機関との連携構築)



University of Fukui

・アンケートを回答した22名のうち医学系大学教員が5名、医学系企業2名、薬学系大学教員1名の参加

・「試験研究炉による医療用RI製造の現状と課題」

感想: 医療用RI にどのようなものがありその世界的なニーズと供給体制、新試験研究炉への期待までよく理解できた、医療用放射性核種の生産に関して国が認可の方向にあることやたびたび供給が停止する99Mo の国内生産の目処が立ったことに安心したなど

質問: 10MW 程度の出力の新試験研究炉でもJRR-3 と同程度のRI製造能力を目指すと言われていたが、2つの研究炉がMo-99 を製造すると国内需要の何%程度がカバーできるかなど

・「BNCT用ホウ素薬剤の開発現状と課題」

感想: 専門性が高く理解しがたい部分もあったが、ホウ素薬剤の基礎からわかりやすく説明され非常に有用など

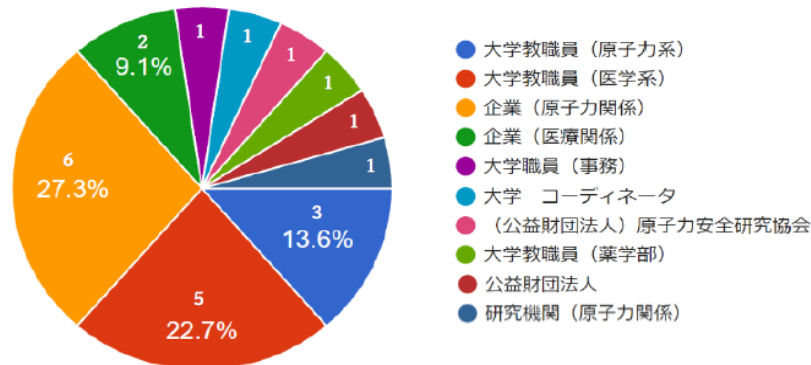
質問: BNCT 治療の際、ホウ素は細胞核内まで入れる必要がるが、細胞質内に留まる程度、あるいは細胞の近傍にある程度でも効果は期待できるか? など

## 1. セミナー参加者内訳

### ● 回答者数

回答者数: 22名 / 事前申込者 41名中 (回答率: 約57%)

### ● 回答者の職業(業種)内訳





# WG3(地元関係機関との連携構築)

2) 令和3年度第2回もんじゅサイトの試験研究炉セミナー(web)  
令和4年1月20日 15:15~17:00(参加者26名、内学外者10名)

- ・「中性子反射率法を用いた薄膜の構造評価」  
高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所  
量子ビーム連携研究センター 准教授 山田悟史
- ・「水環境中における高分子ブレンド薄膜の構造」  
福井大学 工学系部門 工学領域 繊維先端工学講座  
講師 平田豊章



# WG3(地元関係機関との連携構築)

- ・アンケートを回答した15名うち原子力以外の大学教職員が半数近くを占め、また4名の学生の参加
- ・「中性子反射率法を用いた薄膜の構造評価」  
感想: 中性子散乱/回折/反射による物性測定の実験が進んだ、リチウムイオン電池の研究が興味深かったなど  
質問: 将来の潜在的産業利用ユーザーを数多く取り込むためポイントはライトユーザー向けの(メールインなどの)サービスか?

## 「中性子反射率法を用いた薄膜の構造評価」

感想: 高分子系ユーザーにとっての中性子の重要性が良くわかったなど

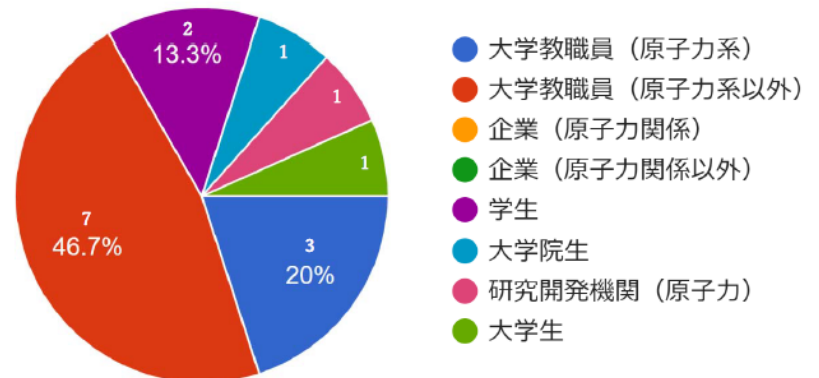
質問: 高分子関連の研究者はどの程度の頻度で使いたいと思うか?などの質問が寄せられた。

### 1. セミナー参加者内訳

#### ● 回答者数

回答者数: 15名 / 事前申込者 29名中 (回答率: 約 52%)

#### ● 回答者の職業(業種)内訳





# WG3(地元関係機関との連携構築)

## 3) 福井県との共催事業 第23回YGN若手勉強会

- 開催 : (主催) 日本原子力学会若手連絡会  
(共催) 福井大学、福井県、原子力安全研究協会
- 開催日時: 9月26日(日) 13:30~16:25
- 参加者 : 約50名
- テーマ : 「医療・生命科学に貢献する原子炉の役割」  
- 新たな試験研究炉がもたらす産業イノベーションの可能性 -

### 講演

- ・新居昌至(JAEA 研究炉加速器技術部 研究炉技術課長)  
「試験研究炉でラジオアイソトープを創る」
- ・杉山正明(京都大学 複合原子力科学研究所粒子線物性学研究分野・教授)  
「生体ナノタンパク質を解き明かす中性子散乱とは」

### パネルディスカッション(講師2名もパネリストとして参加)

- ・川端祐司(京都大学 複合原子力科学研究所名誉教授 )  
「もんじゅに設置される新試験研究炉の現状」
- ・宇埜正美(福井大学 附属国際原子力工学研究所所長)  
「福井大学における活動」
- ・田中 浩基(京都大学複合原子力科学研究所教授)  
「BNCTから見た試験研究炉への期待」





# WG3(地元関係機関との連携構築)

## ■ 活動状況(つづき)

### 3. 福井県の活動

#### 1) 新試験研究炉のニーズに関するアンケート調査

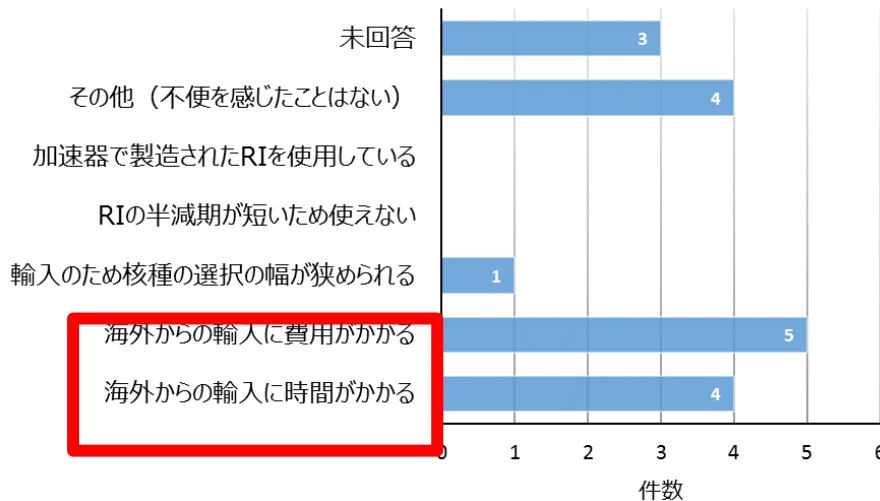
県内 70 企業等(嶺北48社、嶺南22社)へ調査を実施(回収率47%)

[ RI利用関連企業(病院など):14社 建設・機械:24社 電気・電子:11社 繊維・化学:21社 ]

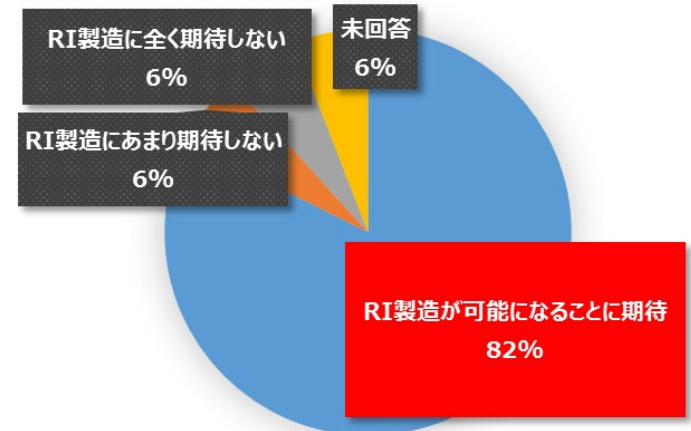
#### RI(※)利用関連企業等に対する調査結果(1/2)

(※)RI:放射性同位元素

##### ■ RIの調達に係る利便性について



##### ■ もんじゅサイトの研究炉でのRI製造への期待について



海外からの輸入について費用や時間がかかることが懸念として示され、82%から新試験研究炉での製造に期待しているとの回答があった。

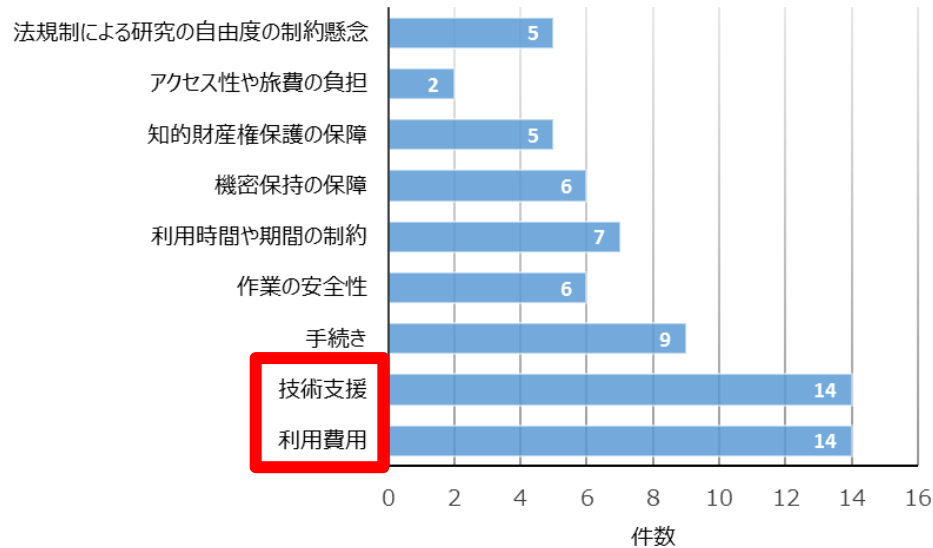


# WG3(地元関係機関との連携構築)

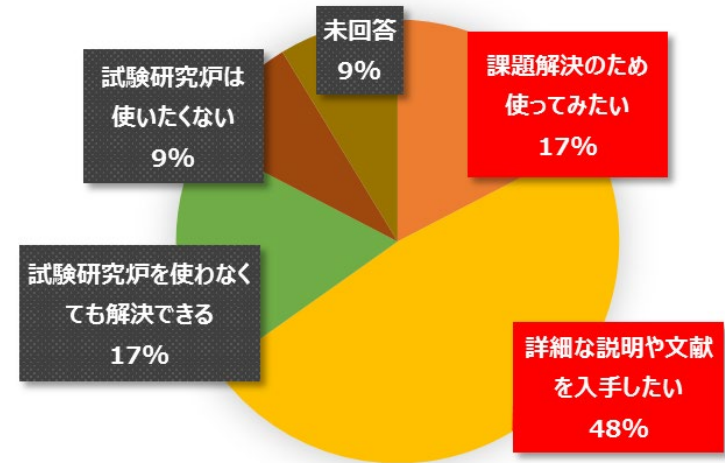
## 建設業・製造業(※)に対する調査結果(1/3)

(※)建設・機械、電気・電子、繊維・化学の3分野

### ■ 研究炉を利用する場合の懸念について



### ■ 研究炉利用の意向について



技術的な支援や利用費用に対する懸念が最も多く示された。また、「使ってみたい」あるいは「詳細な説明や文献を入手したい」と回答した企業は65%であった。



# WG3(地元関係機関との連携構築)

## 2)企業向け講習会

### ・実施概要

11月15日(月)(対象者)製造業、建設業

敦賀合同庁舎会議室(対面)とWEBで実施、16名参加

11月22日(月)(対象者)RI関係機関

WEBで実施、10名参加

計26名(12団体)

15日

(1) 挨拶、福井県事業の説明 原安協

(2) 試験研究炉の計画概要 福井大宇埜教授

(3) 産業利用に関する中性子の活用

東芝エネルギーシステムズ 吉岡フェロー

(4) 中性子産業利用推進協議会の活動 日比事務局長

(5) JRR-3の多彩な中性子利用と産業利用 JAEA 松江課長

(6) まとめ 原安協

22日:15日のプログラム(3),(4)を以下に変えて実施

試験研究炉に関するRI製造の現状と課題 JAEA 新居課長



# WG3(地元関係機関との連携構築)

## 主な質問・コメント

### <製造業・建設業>

- ・完成はいつごろになるのか。完成するまでJRR-3などを利用するのか。
- ・X線と中性子線と同時に利用できるのか。

### <RI関係機関>

- ・試験研究炉(JRR-3)の寿命はあるのか、「もんじゅ」サイトとJRR-3の棲み分けについて
- ・放射化された材料の分析ニーズがあるが、JRR-3では放射化された燃料(低レベル)の取扱いができないことから、新試験研究炉で取扱いが出来ると強いアドバンテージになる。
- ・世界的にも廃止措置が進み、少角散乱の実験が限られている中で、消えつつある技術を維持して欲しい。
- ・RI製造のビジネスを企業が行う場合、どのような法的な制約があるのか。JAEAと企業の取合いはどのように行われているのか。



# WG3(地元関係機関との連携構築)

## 3) 学生向け講習会

<福井工業大学>

### ・ 実施概要

9月29日(水)WEB、10月13日(水)対面特別講義(90分×2コマ)

対象者:福井工業大学工学部原子力技術応用工学科2年生35名

担当教官砂川教授

### ・ 講義内容

(1) 主旨説明 福井工大砂川教授

(2) 新たな試験研究炉の計画概要 原安協高橋氏

(3) 大学や企業における研究炉の利用の経験と新試験研究炉への期待

—ホウ素中性子捕捉療法の実践— 名古屋大吉橋准教授

(4) 試験研究炉での中性子利用 原安協宮沢氏



# WG3(地元関係機関との連携構築)

## アンケート結果

以下の①～⑥の質問に対し、「よく分かった」が約5割程度、「分かったところもあるが分からなかったところもあった」が約4割で、「ほとんど分からなかった」が4%であった。

- ① 試験研究炉の計画② 研究炉の原理や構造
- ③ 試験研究炉の産業利用④ 原子力の将来と研究炉
- ⑤ 試験研究炉の医学利用⑥ 講義全体

また、関心を持った分野は何かという質問に対しては、「研究炉の医学利用」への関心が圧倒的に多く、次に「産業利用」、「国の計画」の順であった。

-BNCT等医療関連について-

- ・今回の講義でより原子力というものを身近なものだと思い興味を持てた。
- ・BNCTについて詳しく知りたい。
- ・医療系の放射線利用について興味を持っていてこのような研究をしたい。
- ・医療産業界など様々な分野に生かせる人材になりたい。



# WG3(地元関係機関との連携構築)

## <福井県立大学>

### ・実施概要

11月24日(水) 特別講義(WEB、90分×2コマ)

対象者: 福井県立大学経済学部2年~4年生44名

担当教官 新宮教授、杉山教授、清水教授

### ・講義内容

(1) 講義の意義 県立大新宮先生

(2) 新たな試験研究炉の計画概要 原安協高橋氏

(3) 大学や企業における研究炉の利用の経験と新試験研究炉への期待  
—ホウ素中性子捕捉療法の実現— 名古屋大学吉橋准教授

(4) 官民パートナーシップ(PFI/PPP)および産学連携による新たな  
事業の実現に向けた取り組み 原安協梶田氏

(5) 試験研究炉を活用した産業イノベーション 原安協宮沢氏

※ 講義の目的は、地方行政の課題の一つである原子力政策を理解することで、各講義の終了毎に、教官による講義概要のまとめや質問・コメントの時間を設け、学生の理解度の向上に努めた。





# WG3(地元関係機関との連携構築)

## 講義における主な質問・コメント

(ファシリテーターの先生からのコメント)

・ビジネスモデルを明らかにする観点で、

福井県の場合、手探りの段階であり企業とのギャップが大きい。これを埋めるためのヒントは。

イニシアチブが曖昧であり、ふわふわした連携では進まないと思う。それに技術的な面が加わると更に難しい。福井県は製造業が多く、繊維電子部品が大きな産業である。研究炉がうまくヒットするかどうか。

・立地地域との共生を考えるにあたり、建設を進める段階で本当に大丈夫か

・3.11以降リスクを厳しく評価していくことであるが、地元に対し今後とも継続した説明は必要。

・コンソーシアム委員会において地元産業界より、地元企業にとっては未知であり、敦賀市では下請け企業が多く企業育成が重要との意見がある。地元企業の底上げを目指して伴走型支援や育成をどのようにやっていくのか。



# WG3(地元関係機関との連携構築)

(学生からの質問・コメント)

- ・地元住民への説明・理解のためには、広報としてCMや取材を通じたメディア展開が必要と考えている。インターネットを通じたメディア展開も必要。
- ・試験研究炉を建設する予算はどこから出るのか。

アンケート結果

(質問に対する回答)

以下の①～④の質問に対して、「良く理解できた」・「ほとんど理解できた」と回答した学生は約9割であった。

- ① 福井県敦賀市に新設するという計画の内容
- ② 医学や産業界で幅広く使えること
- ③ 建設し使っていく上で地元の理解や大学・企業の参加が大事であること
- ④ 建設し使っていくためには時間がかかり社会経済的な課題があること

また、⑤「福井県に建設され、それが医学や産業界で使えることを友人やご家族に伝えたいと思いますか」という質問に対し、「時間を取って話をしたい」・「話題が出たときに話をしたい」が約9割で、1割弱が「他の人には話をしたくない」との回答であった。



# WG3(地元関係機関との連携構築)

## 4) KUR見学ツアー

- ・ 実施概要

11月10日(水) 福井市発参加者6名

12月8日(水) 敦賀市発参加者10名(計16名)

- ・ 実施内容

複合原子力科学研究所川端祐司特任教授から京都大学複合原子力科学研究所の概要、KURにおける中性子利用の研究実施例等の説明があった後、日野准教授、堀准教授の案内で原子炉室と原子炉棟の実験施設等(原子炉及び制御室、重水熱中性子装置、中性子回折装置、中性子イメージング装置、ホット実験室など)の見学を行った。



# WG3(地元関係機関との連携構築)

- 施設見学により、専門的な分野で分かり難いところもあったが、試験研究炉のイメージ、雰囲気を実感でき、研究炉の幅広い利用可能性について知ることができ有意義であった。
- 原子炉の利用について、これまで商用発電の原子炉のイメージが強かったので出力を抑えた原子炉(研究炉)の利用が、こんなにもまだ未知の部分が残されていることを知り興味を持った。
- KURの原子炉とラボ施設を見せてもらったが、研究炉利用においてラボ施設が重要であると感じた。ホットラボでRI製造が可能か。
- 新試験研究炉はJRR-3をひな形とするとの話であるので、JRR-3についてKURとの違い、どのようなことができるか等の特徴が知りたい。
- 今後、中性子利用に向けて、更にJRR-3とJ-PARC、RI製造施設、陽子加速器などの施設も見学してみたい。

# WG3(地元関係機関との連携構築)



University of Fukui

## 5) 地元企業への対面調査

アンケートによるニーズ調査に引き続き、今年度はアンケート調査で具体的なニーズを有した企業、5社(機械・建築・コンクリート系が3社、繊維・化学が2社) に対して対面調査を実施。主な意見は以下の通り

- 企業の技術課題解決にマッチには、今後は専門家との対話や支援、JRR-3やKURでの試行などきめ細かな対応が必要。
- 放射化された試料の散乱解析試験は、海外においても先例が少なくユニークな試験研究であり、新たなニーズとして議論することが必要
- 利用だけでなく、建設、運転・保守等に積極的に参画したい企業があり、産業振興の観点からもこのような企業への支援や政策の検討が必要。

また、福井県ではこれらのニーズ調査を踏まえ、ニーズと必要な技術や機器・装置のマッチングをまとめている

### ①繊維・化学分野

業種	主要なニーズ	対応するシーズ設備・機器
高分子・樹脂製造	樹脂・電子材料などの不純物分析	放射化分析
	添加剤、エマルジョンなどの分子構造解析	散乱(小角散乱法)
材料製造(有機・無機・電子)	合金中の軽元素分析	放射化分析
電子材料製造	電池電極材の構造解析	散乱(粉末回折法)
表面処理・加工	加工後の不純物分析と加工状況確認	放射化分析、散乱法(反射法)
	有機材の表面加工の状況確認	散乱(反射法)



# WG3(地元関係機関との連携構築)

## ②電気・機械・建設産業分野

業種	主要なニーズ	対応するシーズ設備・機器
自動車部品製造	鉄鋼材料中の元素分析	放射化分析
	溶接部・摺動部の残留応力分布測定	散乱(残留応力測定)
	構造物内部の欠陥検出や変形測定	中性子ラジオグラフィー
	電動機部品の磁気特性解析	散乱(小角散乱法)
原子力発電	照射材料の内部構造解析、	散乱(小角散乱法)
	残留応力分布測定	散乱(残留応力測定)
	照射材料の内部欠陥の測定	陽電子消滅法
建設材製造	材料表面加工状態解析	散乱(反射法)
電子部品製造	セラミックスの分子構造	散乱(粉末回折法)

## ③放射性同位元素製造

業種	主要なニーズ	対応するシーズ設備・機器
原子炉・放射線管理	照射管理業務	放射性同位元素製造設備・機器
総合病院	Lu-177製造	
	Mo-99製造	



# WG3(地元関係機関との連携構築)

## ■ 今後の予定

### 1. 伴走型連携

- ・地元企業・機関との交流を進め、情報発信等を行い試験研究炉への関心を高める。
- ・既存炉を利用した地元企業のトライアルユースを支援しつつ、伴走型連携の実践整備を進めていく。
- ・試験研究炉への地元企業の参画・連携のしくみ福井スタイルの検討を進める。

### 2. 学内教育

- ・中性子利用に関するカリキュラムの検討
- ・試験研究炉を利用した実験・実習の検討