

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 議事次第

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

コンソーシアム参画機関委員（五十音順）

新井史朗委員、石塚博英委員、池澤俊之委員、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（交代した委員のみ）、及び配付資料の確認
- (3) 中核的機関の活動状況について
  - ・全体概況について（JAEA 松本次長）
  - ・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

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1回コンソーシアム委員会  
議事録

1. 日時 令和3年3月23日(火) 10:00~12:00

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、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、  
片山富士夫委員、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、川端祐司委員、辻本和文委員、早船浩樹委員、福元謙一委員、米沢晋委員  
(中島健委員は欠席)

その他の出席者

渕上隆信市長(敦賀市)

堀内義規審議官、松浦重和原子力課長(文部科学省)

伊藤洋一副理事長、門馬利行室長、脇本秀一主席(JAEA)

4. 配付資料

第1回コンソーシアム委員会 議事次第

資料1 : 令和2年度コンソーシアム委員会 委員名簿

資料2 : 当該事業の進め方について

資料3-1 : JAEAによる活動内容について

資料3-2 : 京都大学による活動内容について

資料3-3 : 福井大学による活動内容について

資料4 : 新試験研究炉に対するニーズについて

5. 議事内容

5. 1 第一部(司会進行: 原子力機構門馬室長)

(1) 開会挨拶

【主催者挨拶: JAEA 伊藤副理事長】

主催者を代表してご挨拶を申し上げます。本日は、委員会にお集り頂き有難うございます。

平成28年12月に国が示したもんじゅサイトに新たに設置する試験研究炉は、昨年度までの調査を基に中性子の利用を中心とした中出力炉とすることとなり、昨年9月に行われた「試験研究炉の概念設計と運用の在り方検討」の公募の結果、原子力機構、京都大学及び福井大学の三者が選定された。この三者を中核的機関としたコンソーシアム委員会を結成し、幅広い分野からの意見を聞きながら検討を進めることになった。

原子力機構では、JRR-3が原子力規制委員会から設置変更許可が得られる一方でJMTR等が廃止措置となり、京都大学のKURが2026年で停止予定と厳しい状況の中で、もんじゅに新たに設置する試験研究炉は原子力機構や大学での原子力人材育成や研究開発には重要な施設であり、産業界からも重要な施設としても期待されていると認識している。

また、原子力機構は地元においてはもんじゅ、ふげんの廃炉に取り組み、福井大と共同で嶺南Eコースト計画の一つにも参加している。本プロジェクトを進めるに当たって、国内の原子力関係機関、地元の自治体、企業の参加を頂き大学との連携をしたコンソーシアムを形成して進めていくこととしている。

本日の委員会では皆様方の試験研究炉に対する忌憚のないご意見をお願いしたい。

#### 【来賓挨拶：文部科学省 堀内審議官】

第1回コンソーシアム委員会の開催に当たり、試験研究炉の企画を担当している文部科学省を代表して挨拶をしたい。ご就任された委員皆様へ感謝を申し上げるとともに、開催地域である敦賀市の長年にわたる原子力政策への協力へ感謝する。

昨年9月にはもんじゅサイトの利用についての専門家委員会が取りまとめ中出力炉の建設を目指すことが決まり、中性子ビーム利用を主目的とした中出力炉に絞り込みをさせて頂いた。11月には中核的機関として原子力機構、京都大学、福井大学を選定し、概念設計及び運用の在り方の検討を開始したところである。

さらに本検討を効果的に進めるために本新試験研究炉のニーズに関して、幅広い関係者の方々からご意見を伺い、中核的機関が実施する概念設計や運営の在り方検討に反映することとしている。以上が本日のコンソーシアム委員会を開催することとなった経緯である。今後、本試験研究炉の検討を進めるに当たっての基本的考え方として、文部科学省では2つの観点が重要であると考えている。

政府は、総理がカーボンニュートラルということで、原子力に関してこれがないと目標の2050年までにカーボンニュートラルを達成できないのではないかと議論も多くあり、廃炉などの多くの廃炉活動をしっかり行っていく状況にあって、原子力に携わる人材の確保が非常に重要である。

一つ目として、我が国全体として多くの試験研究炉が廃止の方針となり少なくなっていく状況において、原子力分野の研究開発、人材育成の機会が非常に少なくなっている中で、この試験研究炉が西日本の中核的拠点としてふさわしい機能を実現するという観点が重要で、我が国の政策として非常に重要な論点である。

二つ目は本試験研究炉の設置に当たり、これを立地する地元の振興に貢献するという観点である。産学連携では多くの経験を蓄積しており積極的に生かすための具体的な意見をコンソーシアム委員会で賜りたい。特に地元地域の具体的な方法論、意見等を承りながら進める産官学の連携

が重要である。本コンソーシアムには幅広い関係者が参加していることから試験研究炉の設計、運営の在り方について、上記2つの観点を踏まえながらしっかりと議論して頂きたい。

**【来賓挨拶：福井県 前田地域戦略部長】**

本日は第1回のコンソーシアム委員会に多くの学識経験者、地元の経済界、行政、産学官の方々が参加頂き、敦賀で開催されたことは嬉しい。

新たな試験研究炉は、1年前に作成した嶺南Eコースト計画の中の主要なプロジェクトの一つとして位置付けており、原子力の人材育成は重要であるがそれだけではなく産業分野など幅広く利用できるものにして欲しい。さらに国内外の学生や企業の人々が敦賀に集まってくることが地域の振興に繋がることを要望している。北陸新幹線は残念ながら1年遅れたが令和6年春には東京と繋がりさらに10年後には大阪まで延伸する計画であり、試験研究炉の整備と併せて利便性の高い交通インフラも整い利用環境は高まりつつある。

新たな試験研究炉は昨年9月に炉型が絞り込まれ、原子力分野のみならず材料やライフサイエンスなど様々な分野において学术界、産業界の幅広い利用が可能で、更には京都大学のKURの機能を発展的に代替するものとして、西日本における原子力分野の研究開発や人材育成の中核的な拠点として期待しているところである。

福井県では、試験研究炉に対する期待も大きく、来年度の事業として試験研究炉の利活用に関する地元企業の講習会、KURの視察・体験利用のバスツアーの予算を確保し実施することにしていく。これらを通じて幅広い地元企業のニーズを掘り起こしていく。

原子力機構、京大、福井大などの中核的機関以外の大学などを含め多くの機関や企業とも協力・連携して試験研究炉の利活用の機運を盛り上げていきたい。

以上、福井県として新しい試験研究炉に関する期待と抱負を申し上げた。

**【来賓挨拶：敦賀市 渕上市長】**

もんじゅの試験研究炉のコンソーシアム委員会を敦賀市で開催することで、誠に有難うございます。また、ご尽力頂いた関係者へ感謝致します。

敦賀市としては「試験研究炉ありき」ではなく、試験研究炉による人材育成、経済の活性化、将来的にどう繋がっていくか、そして国の政策としてそれがどうなのかということをしっかり議論して欲しい。敦賀市の人材育成、産業活性に試験研究炉がどの様に繋がっていくかを見極めていきたい。敦賀市から片山委員が参加しており、外野席からの意見ではなく内部で意見をしっかりと発言をする機会としたい。ステークホルダーとして委員会の中で意見を発し、反映させて頂きたい。

将来的に試験研究炉が原子力の発展につながり、敦賀に出来て良かったと市民の方、全国の方に思われるようになることを期待している。

(渕上敦賀市長はご挨拶後退席)

**(2) 委員紹介と挨拶（追加発言のあった方のみ記載）**

(奥井委員)

学術や技術面は素人であるが地域企業の目線で意見したい。

(加倉井委員)

中性子科学に関する学術団体に所属していて学術情報の提供など貢献する。

(片山委員)

地元からの期待や求める事柄などについて意見を出していきたい。

(高見委員)

産業界が挙って参加できるような仕組みについて意見をしたい。

(船城委員)

本社は大阪であるが敦賀に工場があり、中性子にはあこがれていたが利用実績はない。そこでの技術の中に中性子技術に手が届くような仕組みについて考えていきたい。

(山口委員)

日本原子力学会の副会長を務めている。試験研究炉については長い期間取り組んできた。学会として種々の期待や要望を述べていく絶好の機会としてとらえている。

(山西委員)

近畿大学では1ワットの出力の研究炉を使って人材育成や実験を行っている。炉心が見えるなど初学者が利用できる炉でもあり、新たな試験研究炉との人材育成で連携ができると考え期待している。

(吉岡委員)

中性子の産業利用をJRR-3やJ-PARCで行うための協議会に所属している。現在は材料関係の利用が多く、これらの利用動向やユーザーの立場からサポート体制の要望や情報提供を目指していきたい。

(新井委員)

原子力産業協会として新型の研究炉では試験研究だけでなく人材育成にも期待している。

(稲継委員)

産業界の利活用の議論をしたい。

(畑澤委員)

RIの利用は増えていて特に医療用、ライフサイエンス用のRIは殆どを輸入に頼り入手が難しいことから国内の研究炉での製造を期待したい。この面でのコンソーシアムの活動に期待し利用面での意見を述べていきたい。

(森井委員)

中性子ビームの産業利用での実験計画立案や実施の支援、代行などの豊富な経験から産業界の使いやすい試験研究炉について期待などを提言したい。

(辻本委員)

炉心周りの設計を担当する。

(川端委員)

試験研究炉の幅広い利用の観点から議論したい。

(宇埜委員)

人材育成や地元の産業利用の観点から議論を進めたい。

(福元委員)

原子力材料の研究や人材育成を中心に議論を展開したい。

(米沢委員)

産学官連携本部に所属しており試験研究炉の産業利用の推進を図りたい。

(3) 当該事業の進め方について

原子力機構脇本主席から資料2により、当該事業の進め方について説明があった。

5. 2 第二部 (司会進行：原子力機構門馬室長)

(1) 各中核的機関による活動内容について

1) JAEAによる活動内容について

辻本委員より資料3-1に基づき、JAEAにおける活動内容について説明があった。

2) 京都大学による活動内容について

川端委員より資料3-2に基づき、京都大学における活動内容について説明があった。

3) 福井大学による活動内容について

宇埜委員より、資料3-3に基づき、福井大学における活動内容について説明があった。

(2) 新試験研究炉に対するニーズについて

川端委員より、資料4に基づき、新試験研究炉に対する利用ニーズの調査結果、試験研究炉及び関連施設や施設運営に求めるもの(基本的考え方)等について説明があった。

(3) 意見交換 (モデレータ：川端委員)

中核的機関の活動内容と新試験研究炉に対するニーズの説明に対して、各委員から出された意見は以下のとおりである。

1) 前田委員

丁寧な説明で理解が進んだ。地元としては、地域貢献、産業利用を重要視している。これをしっかりと位置付けていただきたい。企業ニーズを集めて頂き、地元企業あるいは地元に来ていただく企業が優先的に利用できるようにすると有難い。設備環境については、利用環境が重要である。候補地は立地上の制約があるが、山を削る等して出来るだけ敷地を広くして色々なニーズが反映できる設備にして欲しい。もんじゅサイトのアクセスについては、DX技術等を使って遠隔アクセスすることも考えられる。

KURは2026年に廃炉に向うとのことであるが、余り時間をおかずに試験研究炉をなるべく早くし利用できるようお願いしたい。

福井県では、本年4月からEコースト計画の推進母体として国や電力会社の協力を得て県の協働推進組織を敦賀に置き、計画に位置付けたプロジェクトを進めていく。試験研究炉は、この計画の中で3つの主要プロジェクトの一つに位置付けている。このコンソーシアム委員会での検討を反映していきたい。

2) 石塚委員



若狭湾エネルギー研究センターでは、イオン加速器を持っており、様々な放射線利用に関する研究、企業の支援、原子力安全技術者等の人材育成等を行っている。試験研究炉では、産業利用等の幅広い活用ができる設計とすることが重要である。将来的には、敦賀エリアを中心に国内外の多くの研究機関が集まり放射線利用に関する様々な研究開発を行える拠点になることが理想であり、そのきっかけになればよい。

### 3) 奥井委員

地元としては、施設があっても参入できる技術レベルの企業が少ないのが現状である。地元企業の育成の機会にできれば良い。もんじゅまでの交通の便が悪いので、町中にリモートでアクセスできる施設、レンタルラボの検討も必要になる。地域としてもその設置に協力していきたい。福島事故以来若い人が原子力から減ってきていることから、この試験研究炉を使って原子力が魅力のある学問であることを広く知ってもらうようにして頂ければ良いと考えている。

### 4) 加倉井委員

中性子は優れた透過力がある粒子で、特に水素の挙動、磁性物質の研究、非弾性散乱による種々の物質の原子の動的挙動を観測できる等の特徴があり、他の X 線、電子、陽電子等の粒子に加えて重要なツールである。最近では、J-PARC、JRR-3 等を組み合わせた体系で研究が進められている。日本では、1960 年代から中性子利用の原子炉ができ研究が行われてきている。その中で KUR での冷中性子実験の貢献が大きくこの伝統を引き継いで欲しい。中性子利用の先端技術開発は、これからも更に大きく必要になると考える。西日本における KUR の後継となる試験研究炉への期待感は大い。新たな試験研究炉は、関係機関が連携したコンソーシアムで進めることで、原子炉とその利用する装置を一体化して検討できるように世界の先端に立つ試験研究炉が実現出来、全国的な学術活動にも寄与できると思う。試験研究炉のための人材育成は、KUR での人材育成に加えて JRR-3 との連携も考えると良い。

### 5) 片山委員

敦賀の地に、西日本での人材育成や研究の拠点となる世界的な研究炉ができることを期待し、歓迎したい。行政としては、これが経済を含む地域の活性化にどの程度影響・効果があるか、研究者・企業等の人々がどのくらい集まるかに関心がある。KUR では年間 4,000 人の人々が集まると言っているがそれ以上の数が欲しい。アクセス性については、地元としても検討していく必要がある。出来るだけ多くの人や、企業の研究所や工場の誘致を行い、もんじゅプロジェクトが中止となったことを踏まえて今後の設計を進めて頂ければと思う。

### 6) 高見委員

県内の企業が、試験研究炉の利活用をどの様に増やしていくかが見えない段階である。中性子に関する研究を行っている地元企業でも中性子利用に詳しくないので、福井大学の宇埜先生が言われた伴走型連携の仕組みが重要であり商工会議所としても有り難い。早期に、伴

走支援教員の設置をして頂きたい。新しい試験研究炉の利用までに10年程度かかるこのことであるので、それまでに既存の研究炉等を使って中性子利用に関する企業の技術可能性を高め、人材育成、研究をする流れが出来れば良い。県内及び近隣の企業と一緒に連携して進める体制が組めたら良いと思う。今後とも県民の意見や情報を頂き一緒になって進めていきたい。

#### 7) 船城委員

会社には中性子の専門家はおらず、利用に関して理解している人は殆どいない。誰に相談したらよいかも分からないような状況である。新しい試験研究炉は、使い易い研究炉にすることを期待している。現在、中性子を使う場合は審査があり、使えるのは半年後になる等利用性が悪くハードルが高いのでこの改善が必要である。人材育成については、企業では難しいので大学で育成していただき優秀な学生に入社して頂ければと考えている。

#### 8) 山口委員

本日の説明の中で、幾つか印象的に感じたことは次のとおりである。

人材育成については、広域的な連携体制が必要である。今回の試験研究炉の検討でコンソーシアムを作って進める体制は非常に注目できる点である。上手く連携をして検討が加速することを期待している。

研究基盤については、経年化し廃止措置が行われている中で、新しい試験研究炉を作ることは大変有意義なことである。基本方針の中で安全性、経済性等があるが、加えて使い勝手が良く長く使えるものにする必要がある。デジタルツインなどの採用により長く使え、かつ人材育成にもつながることからぜひ進めてほしい。地域振興については、核燃料サイクルを含め地域と共生して原子力開発を進めることが新たに求められていてその良い例になるよう努力して欲しい。

試験研究炉での研究では、ハヤブサⅡのような世界が注目する戦略的なシンボリックな研究成果が出ると良い。光る研究成果が出れば、社会の見る目も変わって来ると思われるのでその様なビジョンを考えて欲しい。

#### 9) 山西委員

近畿大学炉は1Wであるが、今年で60周年になり利用は学生の教育が中心で、利用共同研究も毎年30課題ほどある。研究炉の利用は、多くの研究者、学生、周辺の人に関わり、長く利用し続けると利用者数も多くなり、人材育成もでき研究も良い成果が出てくる。また日本での試験研究炉の建設は、何十年ぶりになるので原子炉を作る技術者の育成も重要である。この場合、既設研究炉、加速器施設を利用し連携して人材育成をすると良い。さらに新規試験研究炉の準備段階で中性子利用に関するモデル研究も重要であるが、新規利用者の開拓のために、近大炉を活用して、基礎的なレベルのものも含めて施設見学や教育を行うとちょっと裾野が広がる。

#### 10) 吉岡委員

試験研究炉の産業利用では、利用者が使い易いものにする必要がある。J-PARC では利用申請が年 2 回のため、利用者の開発のタイミングと合わないこともある。また、J-PARC では、茨城県が専用のポートを持っており、随時利用が可能であり、利用機会の改善を図っている。また、県内企業の利用の推進もすすめている。新たな試験研究炉でも地元の企業が利用しやすいビームポートがあっても良いのではないかと。企業の中には中性子利用に詳しくない企業もあり、データ取得だけでなく、中性子回折のデータ解析についても行って貰えるようなサポートも必要である。今まで使っていなかったユーザーも使えるようなサポート体制にするとユーザーが広がる。また、試験研究炉を長く運転・利用していけるように、新燃料の調達、照射済燃料、放射性廃棄物の処理・処分に関して、国内で燃料サイクルを閉じることも含めて最初の段階から念頭において計画する必要がある。

#### 1 1) 新井委員

試験研究炉の取り組み状況、ニーズについて以下の 3 点についてコメントする。

産業利用として、中性子照射利用とビーム利用の両方を使えることを期待する。シリコンドーピング、医療用アイソトープ (Mo-99) の製造もできるようにして欲しい。また、運転計画については、運転スケジュールが利用者に分かるように透明性を持って確保できるように検討して欲しい。

本プロジェクトが新しいこと、凄いこと、面白いことをやっていると、学生、技術者、一般の人が関心を持つような風通しの良い形のプロジェクトにして欲しい。

試験研究炉は、設置サイトは決まっているが新規基準の下で新規に設計・建設する初めての例になる。規制側と調整しグレーデッドアプローチを本格的に適用した合理的な設計の研究炉にして欲しい。

#### 1 2) 稲継委員

次の 3 点についてコメントしたい。

当社は水を含んだ材料系がメインであるので、中性子の応用活用に期待している。一方で、中性子利用の際の敷居が高いので利便性の向上を図るように検討して欲しい。構造分析に関する新しいツールを使って活用していきたい。

年に 2 回しか利用申し込みできない現状を改め、利用の柔軟性、利便性を改善するよう検討して欲しい。

原子炉と実験用付帯設備を一体化し、利用の利便性を図るように検討をお願いしたい。

#### 1 3) 畑澤委員

医療分野ではがん治療に、これまでエックス線、ガンマ線、ベータ線が使用されてきたが、最近では中性子を使ったがん治療 (BNCT) が保険対象で行われるようになり、高い治療成功率を収めている。この技術は KUR で開発されたものである。医療用アイソトープは京大、阪大、量研機構などでも作っているがその入手が難しい状況が続いており、全量、海外から輸入している。新しい試験研究炉での医療用アイソトープの製造を期待しているところが非常に大きい。このための施設として、原子炉+附属施設の整備が重要である。附属施設には、

アイソトープを精製する設備が必要である。試験研究炉の設計において、この様な施設を含めて考えて頂ければ良い。地元との関係に関しては、医療は非常に裾野の広い分野であるので、医薬品業界、医療器具業界、医療機関等を含めて考えると良い。また、人材育成については、福井大学には医学部、付属病院もあるので、これも含めた医療体制を考慮して検討されると良い。

#### 1 4) 森井委員

本試験研究炉で先端的研究を行うことは大事であるが、それだけでは、社会の継続的な支持が得られないと考える。医学、産業利用を前面に出して本試験研究炉を建設・運用し、実績を上げることが一番重要であると考え。医療用アイソトープの照射-精製を一体とした製造施設とし、製品を国内に供給することは喫緊の課題である。BNCTは、加速器を使った治療と合せて原子炉での治療研究も行うと良い。本試験研究炉で治療・RI生産を行う場合は、例えば医者、患者さんが入り使い易い動線にするように治療場所を原子炉の一般利用とは別フロアにする等の配置にすることが重要である。

JRR-3は点検で停止する期間がある。本試験研究炉は、この停止期間とオーバーラップしないようにし、JRR-3と本試験研究炉が一年を通じて運転してRI製造が切れ目なくできるようにする視点が重要である。産業利用については、企業が新しい材料開発等をする場合、本試験研究炉が随時利用できることがポイントである。このためには産業用のビームタイムを全体の1/2から2/3程度確保し、全ての研究課題を採用し実施できるようにする必要がある。このための利用支援体制も重要で、施設運用機関、地元自治体、地元金融機関との連携・協力が必要である。福井県においては、県が検討している嶺南Eコースト計画を推進する協働推進組織を活用して地元企業の利用を促進することが大事と考える。

以上の各委員からの意見を受けて、モデレータの川端委員より、本試験研究炉のサイトは決まっているが、試験研究炉のハード、ソフトを含めて一からの設計・建設することになる新しいモデル・チャレンジになる。地域社会の連携が非常に重要であるとの意識は、皆さん共通の認識である。期待に応じて、出来るだけ実現していくように最大限に努力していきたい旨の発言があった。

#### (4) 閉会挨拶：宇埜委員

本日は年度末のお忙しい時期に集まって頂き、有難うございました。今回のコンソーシアム委員会は2時間で短かったかもしれないが、次年度以降の活動に向けて有意義な意見交換ができたと考える。3年前に試験研究炉をもんじゅサイトに作るようになったが、その影も形も無い状況であった。その後の調査により現在はその影が見えて来た。3年後には詳細設計に入るので、具体的な形を持ったものに仕上げていく必要がある。その過程において、皆さんの意見を可能な限り反映させていきたい。皆様の忌憚のないご意見をお願いしたい。

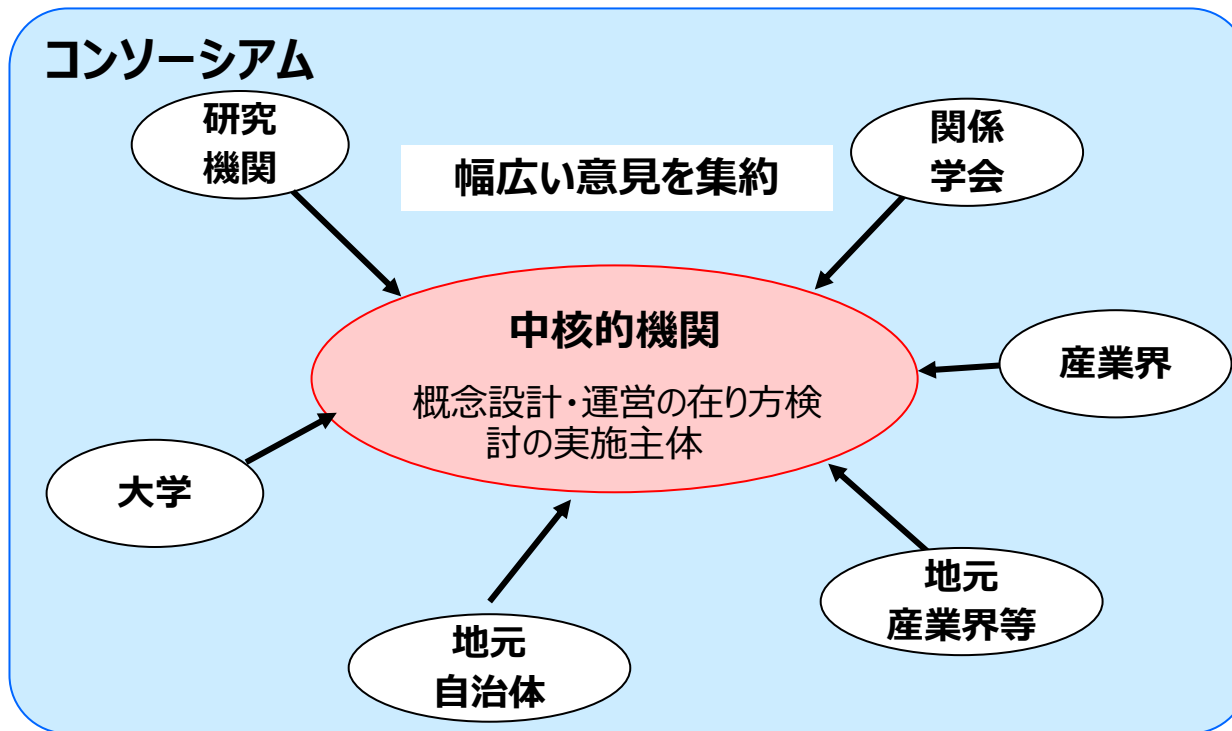
本日は、有難うございました。

以上

# 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

令和3年10月22日  
日本原子力研究開発機構  
京都大学  
福井大学

中核的機関(原子力機構、京都大学、福井大学)に加えて、本試験研究炉の利用ニーズを有する学术界、産業界、地元関係機関等からなるコンソーシアムを構築し、幅広い意見を反映しながら概念設計及び運営の在り方検討を実施



## ※中核的機関の役割

原子力機構：「試験研究炉の設計・設置・運転」

- 試験研究炉の設計やもんじゅサイトの知見を活かし、主に概念設計と地質調査を担当

京都大学：「幅広い利用ニーズ集約とサービス提供」

- 利用ニーズの整理、及びKURの利用運営経験を活かした利用運営の在り方検討を担当

福井大学：「地元の大学、研究機関、企業等との連携構築」

- 地元産業界との橋渡し活動、地元関係機関との連携構築に向けた制度の検討を担当

## 中核的機関のもんじゅサイト試験研究炉検討体制の整備

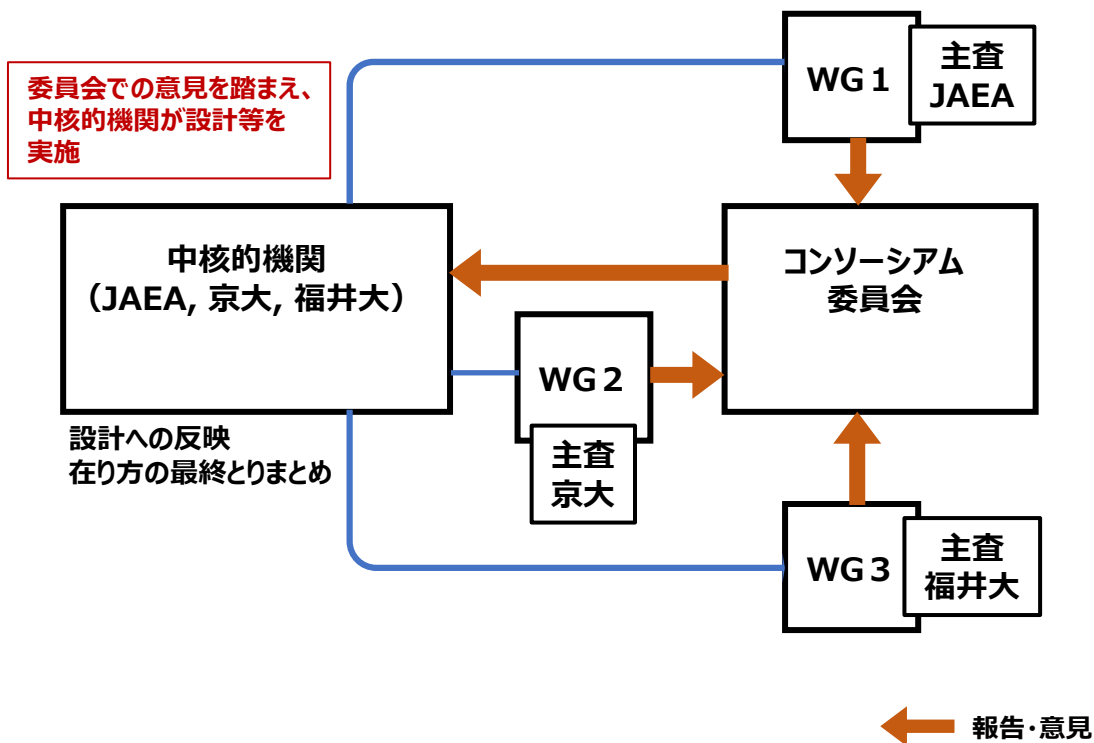
- 原子力機構：新試験研究炉準備室を設置
- 京都大学：KURの利用運転の実績を活かす、複合原子力科学研究所全所的な対応体制として、新型研究炉利用・開発研究センター（KNRR）を設置
- 福井大学：学長を長とするタスクフォースのもとに、産学官連携本部も加わる体制を構築

## 中核的機関の各検討に関するWGの設置による分野別の検討推進、機関相互の情報共有の促進・検討の効率化

- WG1：試験研究炉の設計・設置・運転に向けた検討(主担当：原子力機構)
- WG2：幅広い利用運営に向けた設備・運営体制等の検討(主担当：京都大学)
- WG3：地元関係機関との連携体制の構築に向けた検討(主担当：福井大学)
  - 中核的機関からの構成員に加え、WG3には福井県及び敦賀市が参加
  - 検討状況についてはコンソーシアム委員会で報告していく
  - 令和3年7月より活動開始

コンソーシアムでの議論・意見集約を効率的に行うため、「コンソーシアム委員会」と以下の3つのテーマでのワーキンググループ（WG）を設置することにより行う。

- WG1：「試験研究炉の設計・設置・運転」WG（主担当：JAEA）
- WG2：「幅広い利用運営」WG（主担当：京大）
- WG3：「地元関係機関との連携構築」WG（主担当：福井大）



- テーマに関する各中核的機関のメンバーによりWGでの検討を実施 (WG3：福井県及び敦賀市から参加)
- 主担当の中核的機関所属の主査が各WGでの検討を主導
- WGにおいては、主査が必要と認める有識者を招聘した議論も実施
- 各WGは検討の進捗に応じ随時開催
- 各WGでの検討結果は、コンソーシアム委員会に報告し、ご意見をいただく

「試験研究炉の設計・設置・運転」、「幅広い利用運営」、「地元関係機関との連携構築」の3つのテーマのWGにおいて、各々の論点でより専門的かつ具体的な議論を行う。



## ○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

※：人事異動や所掌交代によりR2年度から変更



※1 予備的調査(1年目)  
本格調査(2年目、3年目)

※2 設置許可取得及び建設のための  
設工認取得に向けた詳細設計

※3 設工認を段階的に取得しつつ建設着手  
建設後、運転開始に向けた使用前検査を実施

## 当該事業の期間

項目	R2年度	R3年度	R4年度	R5年度～
運営の在り方 検討		利用ニーズ整理、人材育成・利用運営・ 地元との連携構築のための仕組みの検討		
概念設計		炉心の検討	設備・施設レイアウトの検討	詳細設計 (R4年度中に開始)
地質調査	予備的調査	本格調査		



# 参考) コンソーシアム(令和2年度に委員会設置)

## 第1回コンソーシアム委員会

1. 日時： 令和3年3月23日（火） 10：00～12：00
2. 場所： 福井大学附属国際原子力工学研究所（敦賀市内） + オンライン
3. 形式： プレスオープン（会議冒頭に原子力機構、文科省、福井県、敦賀市より挨拶）
4. 主な出席者： コンソーシアム委員、中核的機関（原子力機構、京都大学、福井大学）、文部科学省

### コンソーシアム委員

- ・地元機関： 福井県、敦賀市、福井県商工会議所連合会、敦賀商工会議所、  
地元企業（日華化学、東洋紡）、地元研究機関（若狭湾エネルギー研究センター）
- ・アカデミア： 日本原子力学会、日本中性子科学会、近畿大学
- ・産業界： 日本原子力産業協会、日本アイソトープ協会、放射線利用振興協会、中性子産業利用推進協議会
- ・中核的機関の専門家

5. 主な議題： コンソーシアムの活動方針、令和2年度の中核的機関の活動内容報告、利用ニーズに関する意見交換

第13回原子力委員会資料第1号(R3.4.20)

「もんじゅ」サイトの新たな試験研究炉に係る検討状況 文部科学省研究開発局原子力課より

## 第1回 コンソーシアム委員会における主な意見

### 【地元自治体】

- ・人材育成のみならず産業利用の推進を。地元企業に優先的に利用させる仕組み等を検討。
- ・KURが2026年で運転停止であり、早期の運転開始が重要。
- ・嶺南Eコースト構想の1つであり、県としても組織的に支援。
- ・経済面でどの程度地元貢献するか教えてほしい。企業の研究所等の誘致につなげたい。
- ・KURの利用実態など今後の検討の参考として詳細を知る必要がある。

### 【地元産業界】

- ・中性子利用は地元企業にとって未知であり、伴走型支援が重要。
- ・人材育成面では、地元企業の若手社員の育成にも役立てたい。
- ・敦賀市の地元企業は下請が多く、企業育成が重要。
- ・アクセスが悪い点について、市街地にラボを置いてリモート利用等の工夫を。
- ・原子力への若い世代の人気の下降しており、魅力の発信が必要。

### 【アカデミア（関係学会）】

- ・関係学会でも期待が大きく、利用の検討やセミナー開催により関心を高めたい。
- ・新規の研究炉新設は徐々にあり、使い勝手良く長く使われる炉にすることが重要。
- ・地域振興では、地元と共生するモデルケースにすることが重要。
- ・シンボリックな成果をどう創出するかが重要。

### 【原子力・放射線利用関係の産業界】

- ・先端分野だけでは支持は広がらず、医療・産業など幅広い利用が重要。
- ・利用スケジュール策定など運用の透明性確保、企業のタイムリーな利用ができる仕組みが重要。
- ・医療の裾野は広く、医療での地域振興の検討も必要では無いか。
- ・輸入に頼る医療用 R I 製造への期待が高く、それに適した設計が重要。
- ・合理的な規制の在り方を本格的に検討すべき。

# 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2回コンソーシアム委員会

令和3年 10月 22日  
福井大学附属国際原子力工学研究所

## 1. 炉心概念検討

- ✓ 設計目標の考え方
- ✓ 炉心解析現状報告（中性子束、燃焼）
- ✓ 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. その他

- ✓ 運転段階の原子炉運転管理に係る人員数の試算

多種多様な試験研究炉の設置、運転、管理の実績から得た知見を反映するとともに、グレーデッドアプローチの考え方にに基づき、炉の安全性を合理的、体系的に計画し、プラント全体としての機能向上を図る。

## 基本方針

### ①高い安全性

- ・ ハザードポテンシャル(潜在的リスク)の最小化
- ・ 炉心冠水維持、崩壊熱除去の容易さ
- ・ 安全機能の多重化、多様化

### ②安定性(高稼働率)の確保

- ・ 燃焼度の確保による長期連続運転
- ・ 最小限のスクラム要求、堅固な設計によるトラブル回避
- ・ 保守の容易さ、点検期間の短縮化

### ③経済性に優れた設計

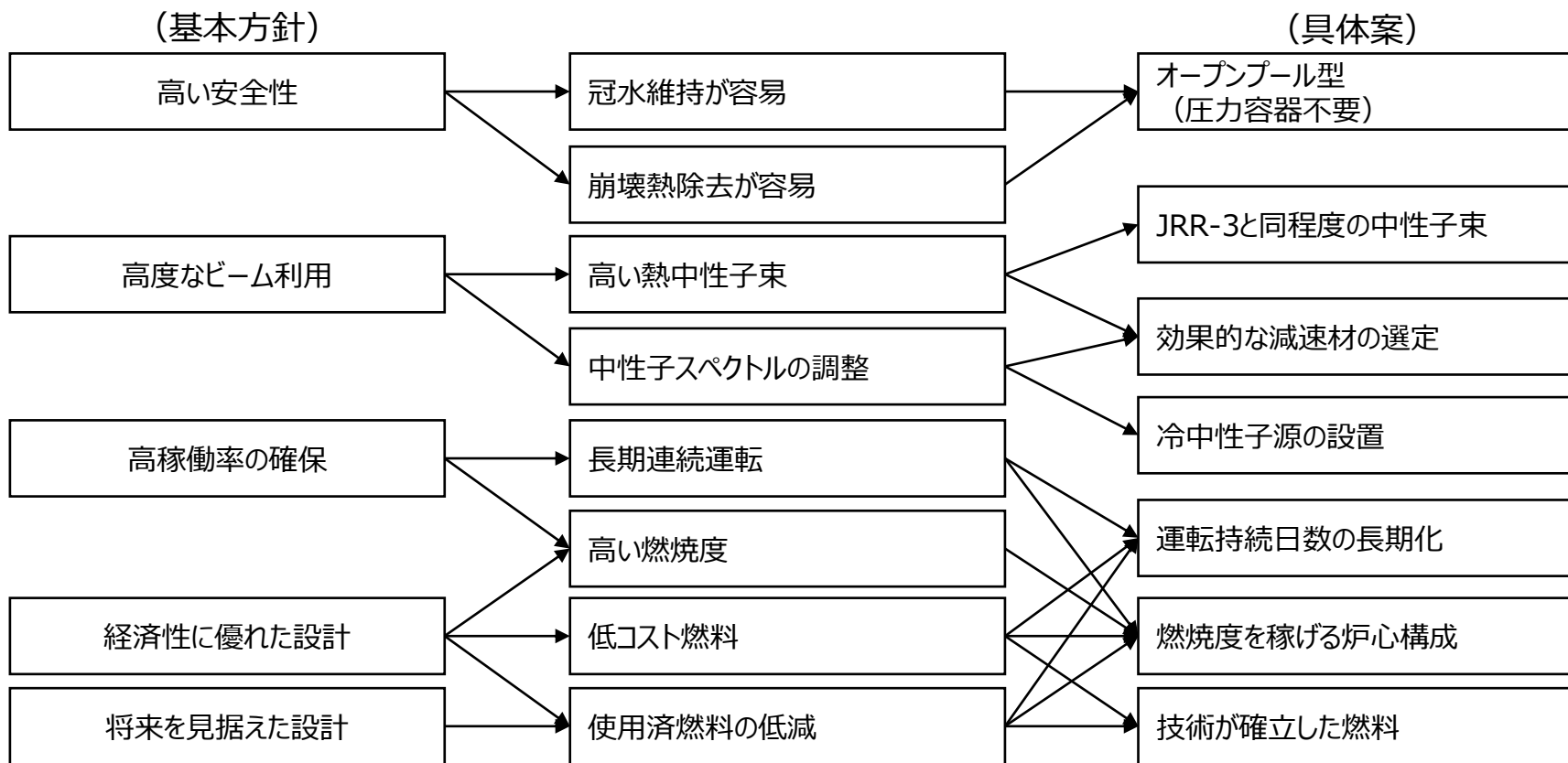
- ・ 既存の技術の応用、高価な構成要素の低減、汎用品の活用
- ・ 設置予定地の省スペース化、設備・機器のユニット化、パッケージ化
- ・ ランニングコスト、メンテナンスコスト、ユーティリティコストの低減

### ④利便性

- ・ 利用者のアクセス性の確保、核セキュリティ上の安全確保など合理的な配置
- ・ 実験装置の搬出入の容易さ、補助的実験・計測装置及び利用スペースの充実

### ⑤将来性

- ・ 新たな研究提案に対応できる柔軟な実験環境
- ・ 低濃縮高密度ウラン燃料の採用、使用済燃料の処理処分の方策



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

0.051cm×6.2cm×75cm  
(20%濃縮ウラン)

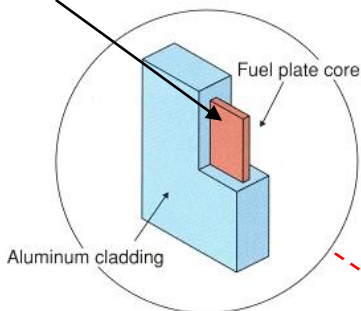
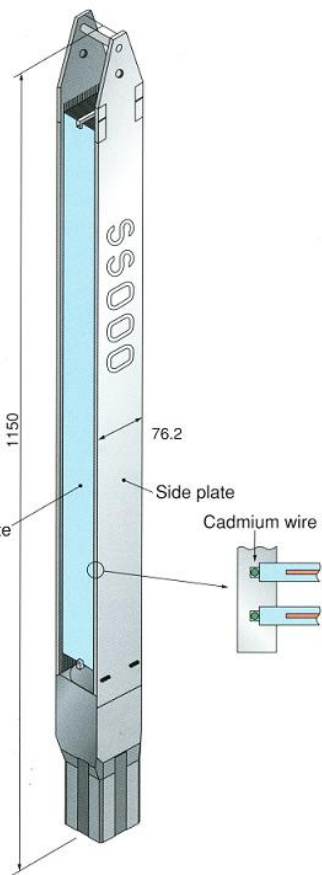
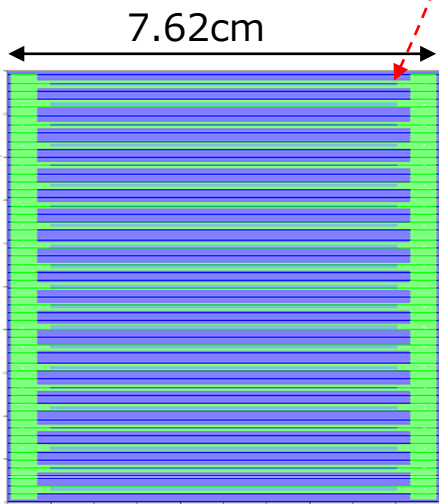


図 燃料プレート

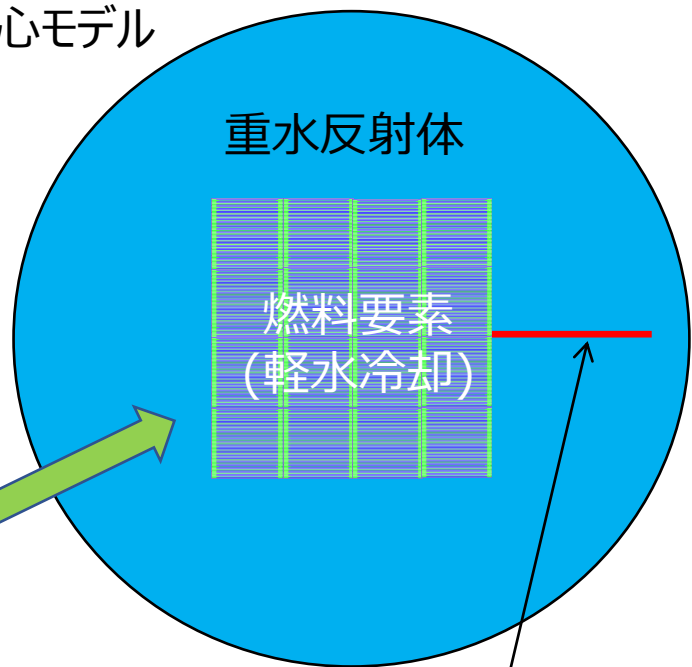


燃料要素



燃料要素水平断面図

炉心モデル



配置

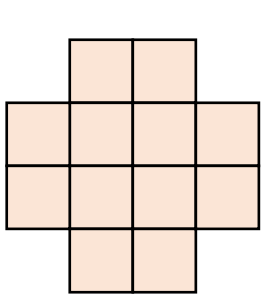
この例では4×4

中性子束分布の計算位置

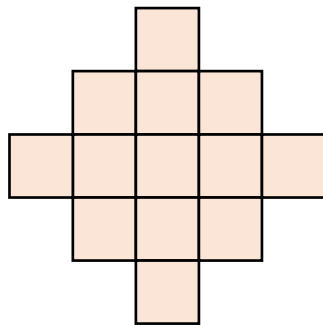
- ✓ 計算は、MVPコードとJENDL-4.0を基本的に使用。
- ✓ 臨界調整は燃料要素体の軽水領域にボロンを添加して実施。
- ✓ 燃焼計算コードはMVP-BURNを使用。



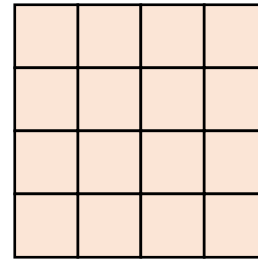
下記の燃料要素体配置を想定し、燃焼特性、中性子束等の計算を実施。



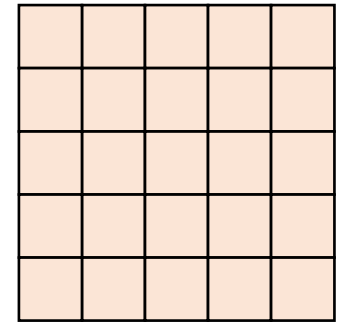
c12炉心  
(12体)



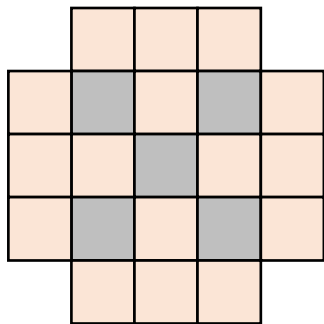
c13炉心  
(13体)



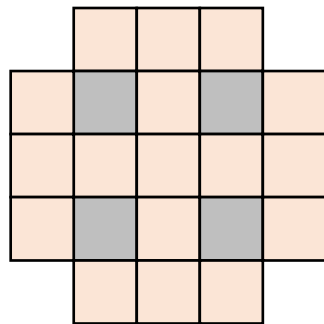
4x4炉心  
(16体)



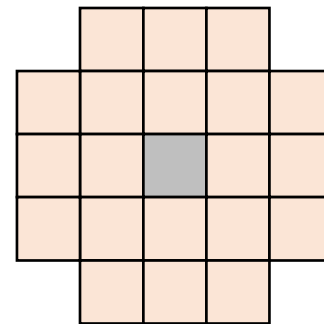
5x5炉心  
(25体)



x16炉心  
(16体)



x17炉心  
(17体)



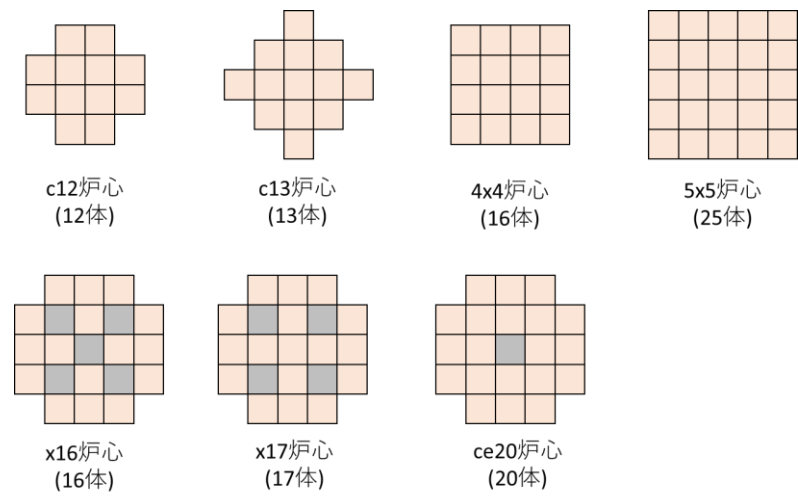
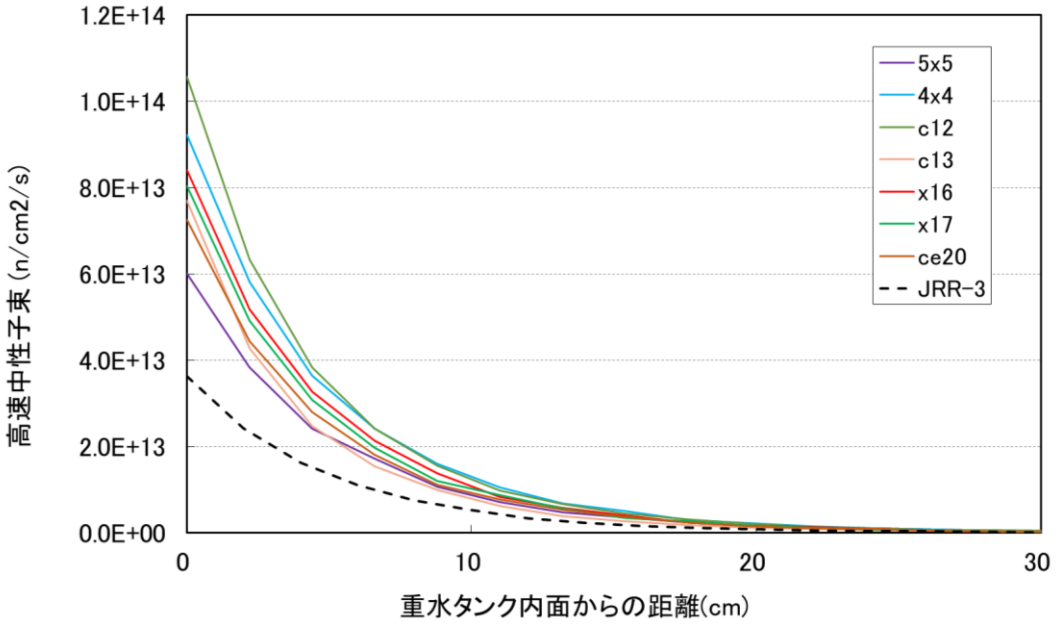
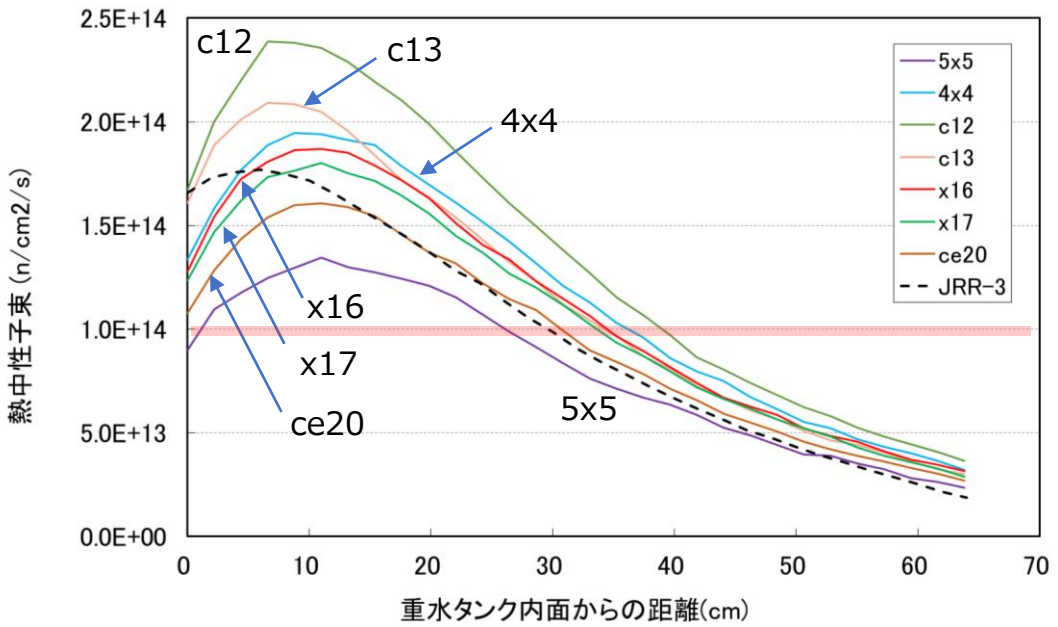
ce20炉心  
(20体)

燃料要素体  
 アルミニウム  
 (照射孔を想定)

燃料領域(軽水冷却)の  
周囲に重水を配置

## 熱中性子束分布および高速中性子束分布の計算結果

- ・今回の解析では、目標とした熱中性子束( $1E+14$ )を上回る結果を得た。
- ・なお、高速中性子束の結果でJRR-3が低いのは、燃料領域から重水タンクまでに距離があるため。

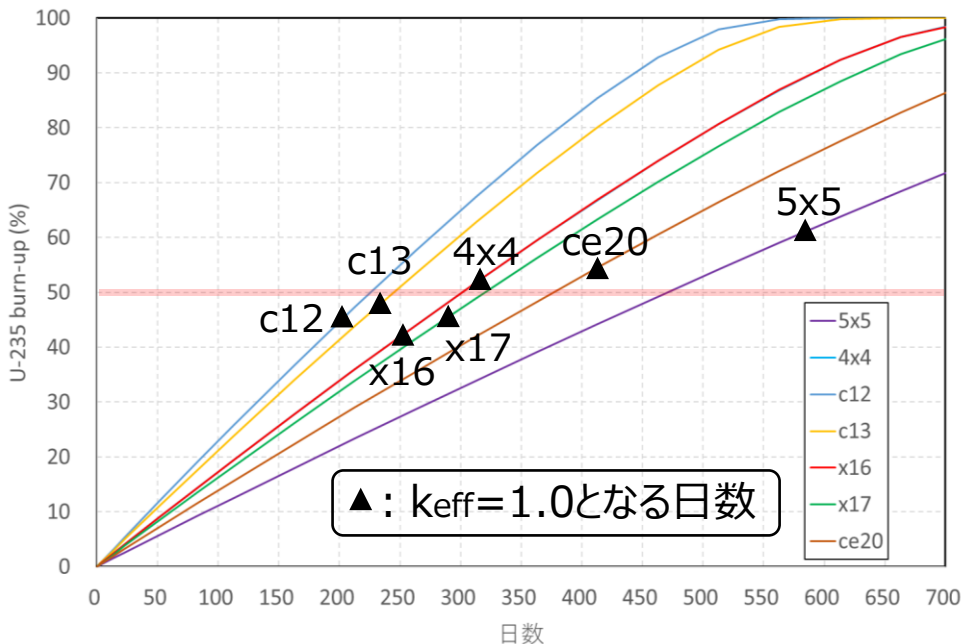
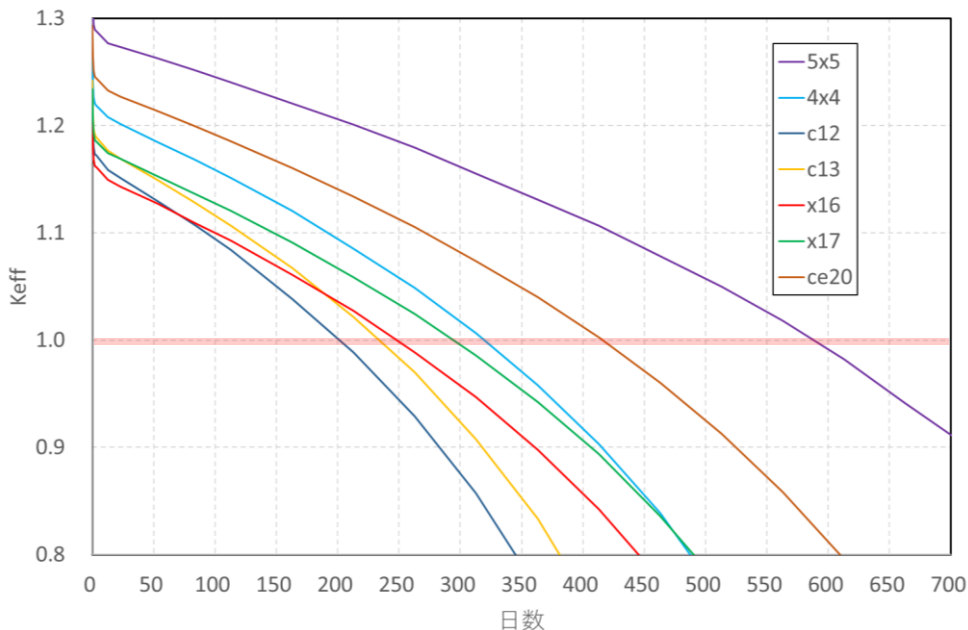


※熱出力10MW (JRR-3は20MW)

## 燃焼計算結果(keffおよびU-235燃焼度)

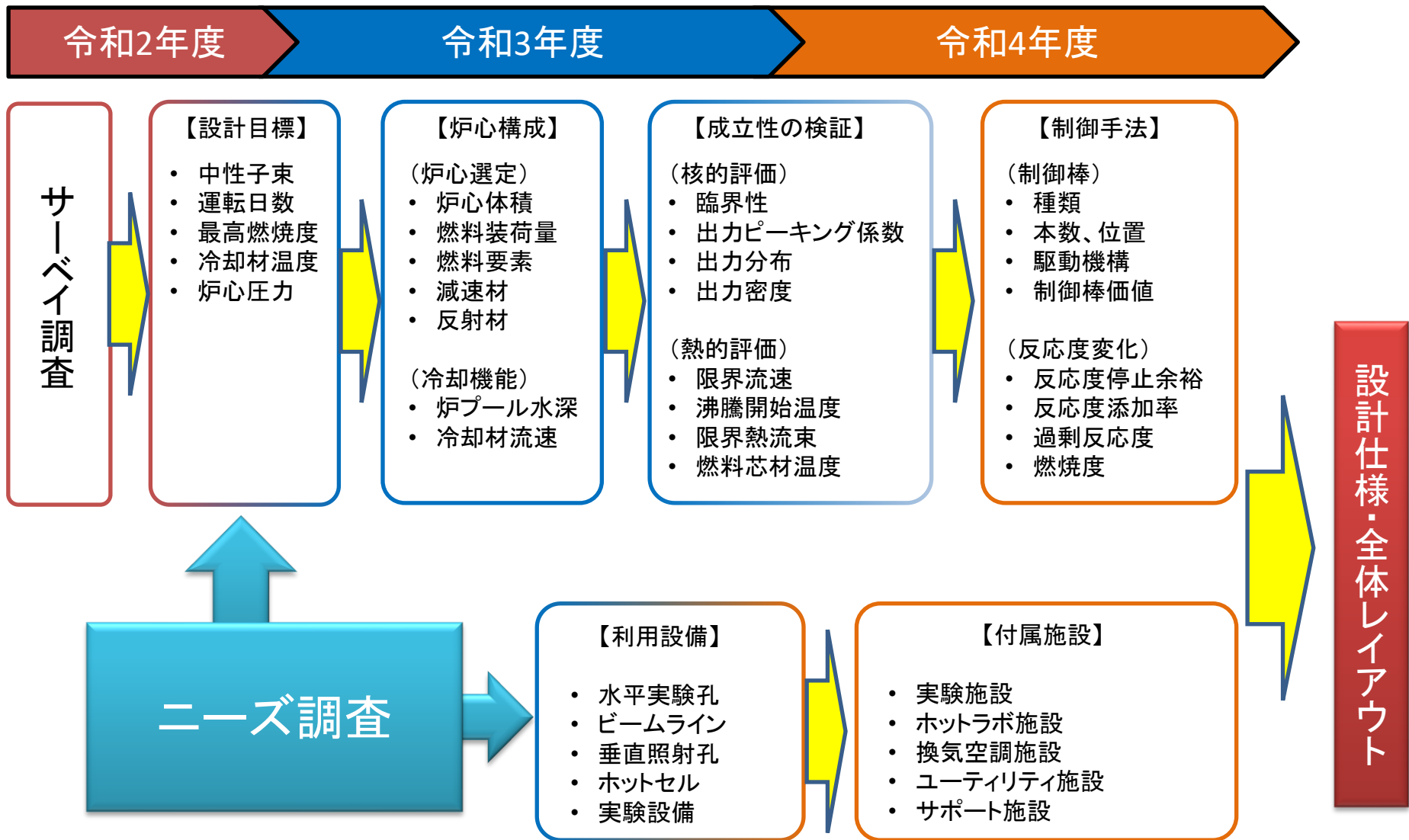
• 今回の解析では、ce20炉心, 5x5炉心は400日以上にわたり臨界を維持している。

• また、ce20炉心, 5x5炉心はkeffが1となる日数におけるU-235燃焼度は50%以上となっており、燃料の有効活用の点からも優れていると思われる。



	運転持続日数 (日)	燃焼度 (%)	燃焼度 (GWd/t)
C12	204	45	76
C13	234	48	80
4×4	319	53	89
5×5	588	61	105
X16	248	42	69
X17	294	46	77
ce20	416	55	93

※本結果は、燃料のシャッフリングなしの場合



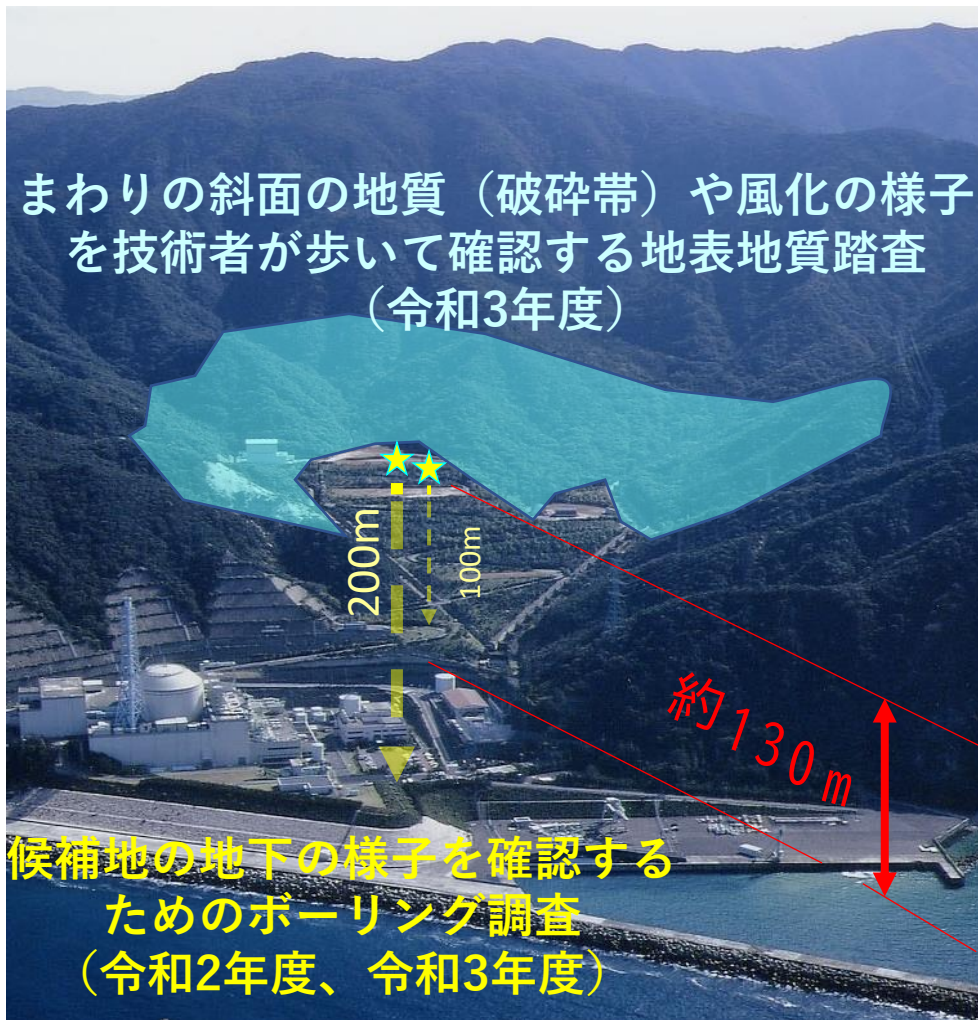
## 令和2年度～令和4年度の調査のポイント

- **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2年度調査の結果

- ✓ 地表から約24m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100m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なかった。

まわりの斜面の地質(破碎帯)や風化の様子を技術者が歩いて確認する地表地質踏査(令和3年度)



候補地の地下の様子を確認するためのボーリング調査(令和2年度、令和3年度)



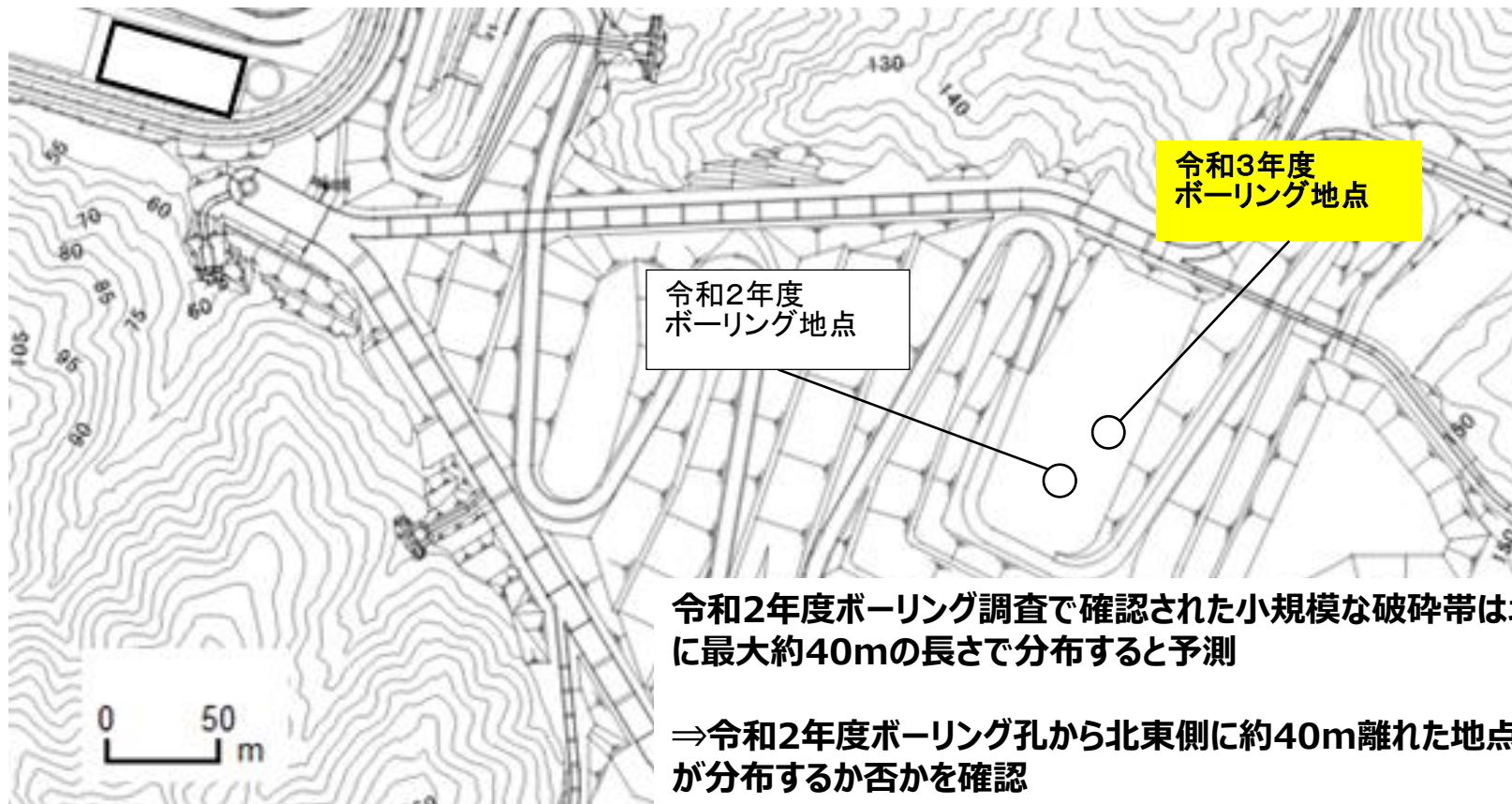
## 調査位置

### 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



ボーリング調査地点

## 令和3年度調査の進捗状況

- ・地表地質踏査
  - 実施要領検討中 (11月実施予定)
- ・ボーリング調査 (深度200m)
  - 実施中 (8/26掘削開始)
  - 10/11現在114mまで掘削。**
  - 岩着深度24.6mで花崗岩層に到達。**
- ・ボーリングコアの分析
  - 分析項目等を検討中

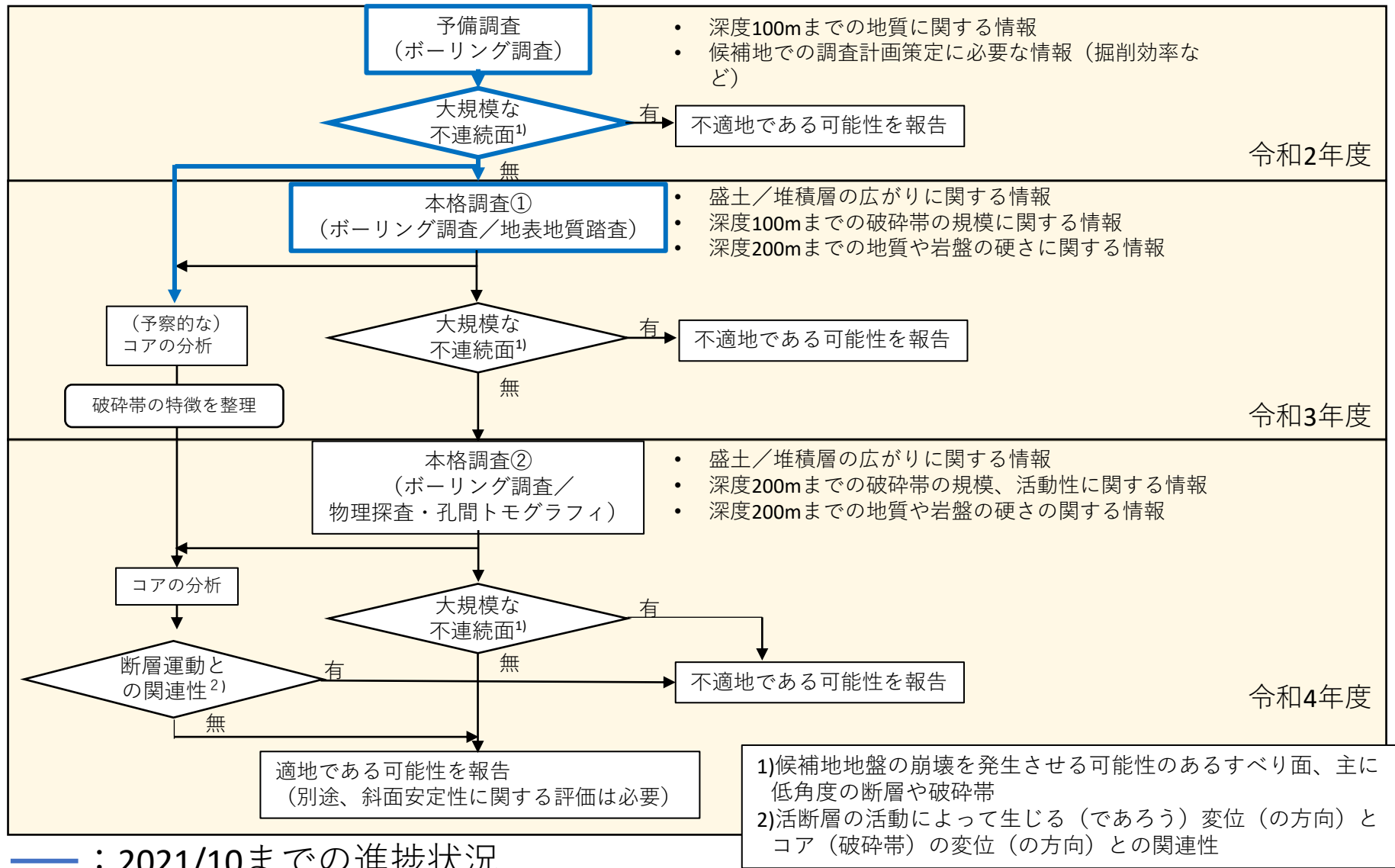


	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
ボーリング調査	契約手続き	→	自公法申請手続き	→	8/26掘削開始 ▼	ボーリング掘削・コア採取等	→	→	11月末掘削終了 ▼	12月末現地調査終了 ▼		
地表地質踏査	(契約手続きはボーリング調査と同じ)							→				
コア分析				分析項目、分析数量の検討	→				分析作業	→		

## 令和4年度地質調査に関し、以下について検討を開始

- ✓ ボーリング孔の本数、深度
- ✓ 岩盤（花崗岩）の深度分布や弾性波速度の深度分布を確認するための調査の必要性





新試験研究炉の概念設計や利用の在り方検討が進むにつれ、建設・運転段階で必要な人員数等について段階的におおよその試算を行えると考えており、コンソーシアムの場を通じて説明

		主なWG活動 (試算に必要な検討等)	試算内容	説明時期 (コンソ会合)
令和3年度	前期	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計目標等の検討等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運転段階の原子炉運転員等の必要人員数</li> </ul>	第2回 ★(本日)
	後期	<ul style="list-style-type: none"> <li>利用方針の検討</li> <li>利用設備の検討</li> <li>地元ニーズ掘り起こし等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究系職員数、実験装置管理要員数</li> <li>外部利用者数</li> </ul>	第3回 ★
令和4年度	前期	<ul style="list-style-type: none"> <li>炉心構成の検討</li> <li>原子炉本体施設の検討等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉建屋の建設コスト概算</li> </ul>	第4回 ★
	後期※	<ul style="list-style-type: none"> <li>付帯設備の検討</li> <li>施設レイアウトの検討等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設全体の建設コスト概算</li> <li>建設時の雇用者数</li> </ul>	第5回 ★

※令和4年度中に詳細設計を開始予定

## 運転段階の原子炉運転員等、利用設備を除く原子炉の運転管理に必要な人員数を試算※1

組織	新試験研究炉
組織管理(総括、庶務、計画調整)	10人程度
原子炉運転管理(業務、燃料、技術管理等含む)	40人程度※2
工務技術(特定施設、ユーティリティ等)	10人程度
放射線管理	5人程度
保安管理(施設安全、品質保証、安全衛生等)	20人程度
<b>総計(通年)</b>	<b>80~90</b>

※1 今後の概念設計及び詳細設計の進展に応じて変動し得る。また、研究系職員数及び実験装置管理要員数は本試算に含まず、今後の検討で明らかになる見通し。

※2 5直3交代制のシフト勤務による連続運転を想定する。

## 1. 炉心概念検討

- ✓ 設計目標の考え方と炉心解析の現状を報告。
- ✓ 今後は、炉心構成の具体化（制御棒や反射体構成等）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。

## 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。
- ✓ ボーリング調査を進めるとともに、次年度以降の計画の検討を進める。

## 3. その他

- ✓ 今後、他のWGと協力し、研究系職員数、実験装置管理要員数、外部利用者数等を試算。



# 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

- もんじゅサイト新試験研究炉における幅広い利用運営(WG2)活動方針について
- WG2の現在までの活動
- WG2の今後の活動
- まとめ

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。**

10MWで、西日本における原子力分野を中心とした研究開発・人材育成の中核的拠点で、立地する地元振興に貢献する炉型

持続可能とは、昨今の状況も鑑みると、如何に広く利用されるか、試験研究炉が必要な人々を如何に増やせるか、が大事と考える。研究者が集まる魅力的な施設であることが重要。

中性子ビーム利用を主目的とすると、コンパクトコアの炉型が良い。ただし、研究炉は照射研究も非常に重要。ビーム利用の最適化だけでなく、萌芽的なことができ、本格的な照射研究に繋げていく視点も重要。

定常的に、産業を利用する仕組みも必要。現在、照射関係で大きなニーズはRI製造(熱中性子炉の特徴を活かす)。



## 利用ニーズの整理、

# KURの利用運営経験を活かした利用運営の在り方検討

- 1) 利用分野の調査 : どういうふうに使われるのか  
文科省委託事業として基本的に調査済み  
→ 調査は今後も常に継続
- 2) 利用者のニーズ把握 : 利用者は何を求めているのか  
世界先端活動を行うには何が必要か  
個別ヒアリングとアンケートによる調査を実施
- 3) 求められる要件の明確化  
技術要件(ハード) → 概念設計への反映  
**世界的研究炉施設の実現**  
運営要件(ソフト) → 運営体制・運営方法設計  
**世界的拠点として本当に役立つために**

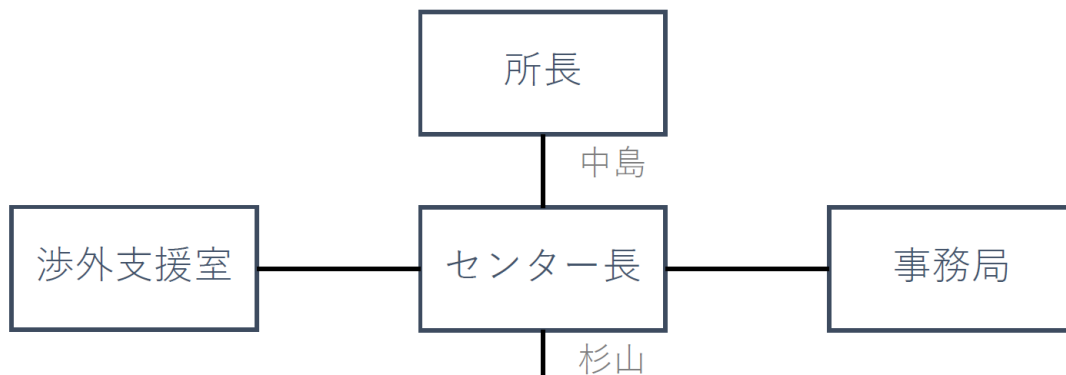
中性子ビーム利用を主目的として性能を最大限引き出した中出力炉において、持続可能性が期待できる幅広い利用運営のあり方を検討

- 幅広く意見を集め、現実的で魅力的な利用施設・その運用案提案（建設にフィードバックしかつ専門家のコンセンサスを得る）。
- 意見を集め、反映することで、主体的に新研究炉の発展（利用展開）へむけて継続的に寄与してもらおうコミュニティの形成に寄与。

これらを達成するためには、幅広い多様な専門家の協力が必要。  
中核的機関を中心に、専門的かつ組織的に動きが重要（まず体制）。

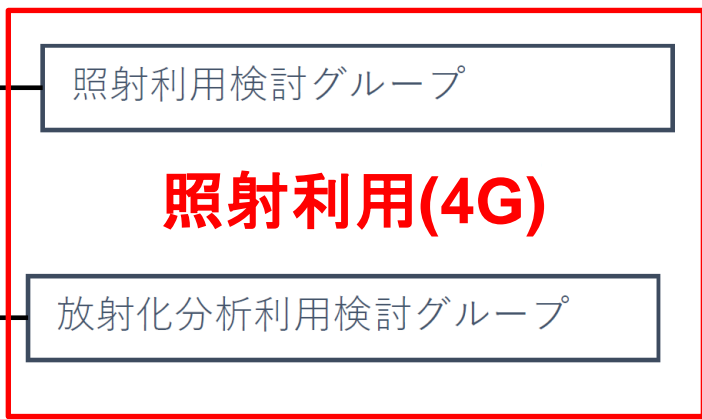
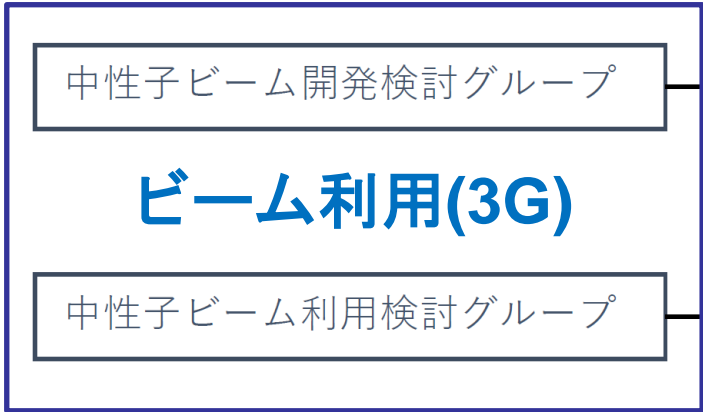
幅広い利用運営を担当する京大（複合研）では、（本公募の期間を超えて）継続的に対応するためにも、新型研究炉利用・開発研究センター（KNRR）を設置。

京都大学複合原子力科学研究所 新型研究炉開発・利用センター



**WG2は京大だけではなく、JAEA、福井大の方もメンバー**

**BNCT基礎研究を含む中性子生物照射Gの設置も追加予定**



**技術職員から**

# WG2の現在までの活動

	WG開催 開催日：議論内容	他機関・学会等との意見交換等  開催日：概要	関連セミナー等開催による情報発信  開催日：概要
WG2	7/14：活動計画検討 (WG1と合同開催) 8/30：利用運営に関する検討項目の設定。 重点項目の確認及び進捗現状	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)  専門家と意見交換 9/9 小角散乱測定 9/16 ダイナミクス測定 9/17 反射率測定  8/20 日本原子力学会材料部会 中型試験炉の材料照射・放射化分析についての勉強会  08/27 日本放射化学会 核化学 夏の学校での意見募集  09/21～ 日本原子力学会材料部会・水化学部会・核燃料部会にて 照射関連アンケート実施	9/7「中性子施設連携WG」 (日本中性子科学会)での講演及び意見交換  9/10 原子力学会材料部会 「照射炉利用関連研究開発の現状と国内照射炉の必要性」での講演

※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

- **まずハード(ビームラインレイアウト、装置関係等)のイメージをある程度固め、ソフト(利用体制・運営体制)案をまとめていく。**
- **ハード的には、中性子ビーム炉として建設を含めた実績があり、本年再稼働を果たし、今後のさらなる活躍が期待されるJRR-3をベースにまず議論(将来のJRR-3やKUR等の知見も活かす)**

関連コミュニティ(専門家)と方針を密に確認し、既存の施設の成長を取り込むよう順次更新していくことを目指す。重点項目: 利用設備整理

## JRR-3の装置



装置内全景



ビームホール内中性子ビーム実験装置

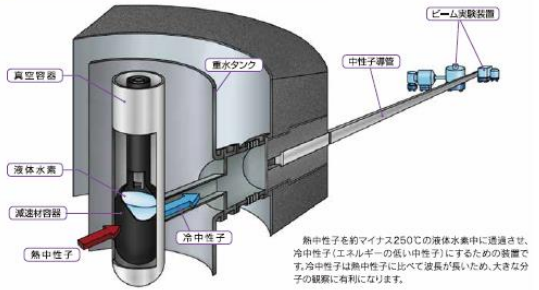


放射化分析室での実験風景



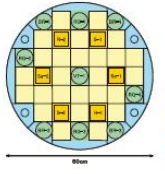
JRR-3放射防護用キャップ

## 冷中性子源装置(CNS:Cold Neutron Source)



JRR-3の利用設備			
利用設備名	設置場所	利用例	
VI-1	垂直照射設備	炉心領域	照射試験、材料造
RV-1 ~4	垂直照射設備	炉心領域	照射試験、材料造
RI-1 ~4	垂直照射設備	炉心領域	照射試験、材料造
HR-1, 2	水力照射設備	重水タンク領域	材料造、放射化分析
PH-1, 2	気流照射設備	重水タンク領域	材料造、放射化分析
PH-3	放射化分析用照射設備	重水タンク領域	放射化分析
SH-1	垂直照射設備	重水タンク領域	照射試験、材料造
DR-1	回転照射設備	重水タンク領域	材料照射
SI-1	第一照射設備	重水タンク領域	シリコン半導体の製造
観望ビームポート		利用設備名	
1G	HRPD	高分解能粉末中性子回折装置	
1G-A	BE-3	生体高分子用中性子筆跡回折装置-3 (分子科学技術研究所開発)	
1G-B	BE-4	生体高分子用中性子筆跡回折装置-4 (分子科学技術研究所開発)	
2G	TAS-1	高分解能中性子分光器	
3G	PNO	精密中性子光学装置	
4G	GPIAS	汎用三軸型中性子分光器 (東京大学物性研究所)	
5G	PONTA	偏極中性子散乱装置 (東京大学物性研究所)	
6G	TOPAN	東北大学中性子散乱分光器 (東北大学)	
7R	TRFR	熱中性子ラジオグラフィ装置	
TI-1	HCR	中性子回折装置 (東京大学物性研究所)	
TI-2	AKANE	金研三軸型中性子分光器 (東北大学)	
TI-3	HERMES	高解析度中性子粉末回折装置 (東北大学)	
TI-4-1	PGA	超角ガンマ線分析装置	
TI-4-2	MUSAS	多目的単色熱中性子実験ポート (筑波)	
TI-4-3	RESA-1	中性子応力測定装置-1	
TI-4-4	FONDER	中性子X線回折装置 (東京大学物性研究所)	
TI-4-5	MUSAS	多目的単色中性子実験ポート (筑波)	
TI-4-6	TAS-2	高分解能三軸型中性子分光器	
CI-1	HER	高エネルギー分解能三軸型中性子分光器 (東京大学物性研究所)	
CI-2	SANS-U	二次元位置測定小角散乱装置 (東京大学物性研究所)	
CI-1	LTAS	中性子散乱実験デバイス開発装置	
C2-2	SUIREN	偏極中性子反射装置	
C2-3-1	NSE	中性子スピネコー分散器 (東京大学物性研究所)	
C2-3-2-1	MPGA	多量非弾性散乱装置	
C2-3-3-1	CNRF	冷中性子ラジオグラフィ装置	
C2-3-3-2	CHOP	1/6度中性子非弾性散乱装置	
C3-1	AGNES	高分解能小角中性子分光器 (東京大学物性研究所)	
C3-1-2-1	NOP	中性子光学システム評価装置	
C3-1-2-2	MINE	多量中性子干渉計/反射率計 (京都大学)	
C3-2	SANS-J	中性子小角散乱装置	

## 燃料要素の仕様



炉心は、26体の標準型燃料要素、6体の制御棒付燃料要素、ペリウム材を使用した反射体、垂直貫通孔から構成されています。

- 標準型燃料要素
- 制御棒付燃料要素
- 垂直貫通孔
- ペリウム材反射体

	標準型燃料要素	フォロウ型(制御棒付)燃料要素
U-235の濃度	約20wt%	約20wt%
燃料芯材	ウランシロコアルミニウム分散型合金(U,Si,Al)	
被覆材	アルミニウム合金	
燃料根数	21根/体	17根/体

## JRR-3 Japan Research Reactor No.3

JRR-3は、昭和37年に、わが国初の原子力研究所として世界に先立ち、原子力の黎明期を支え、その後、性能向上を目指した改造を行い、20MWの高性能炉用原子炉として広く利用されてきました。平成23年3月の東日本大震災を踏まえた新規制基準に対応するため運転を停止してまいりましたが、耐震補強工事の安全対策を行い、令和3年2月に運転再開を果たしました。

JRR-3に設置された利用設備を相継ぎに、種々の中性子ビーム実験、原子力燃料・材料の照射試験、ラジオアイソトープの製造などを行っています。また、冷中性子(エネルギーの低い中性子)が利用できることから、高分子の構造解析による生命現象の解明などにも役立てられます。



## JRR-3の諸元

項目	内容
目的	ビーム実験、燃料材料照射、照射試験、放射化分析など
型式	低濃縮ウラン軽水減速冷却炉
最大熱出力	20MW
最大熱中性子束	約3×10 <sup>16</sup> 個/m <sup>2</sup> ・s

チェレンコフ光で発光する炉心(中央部)と重水タンク

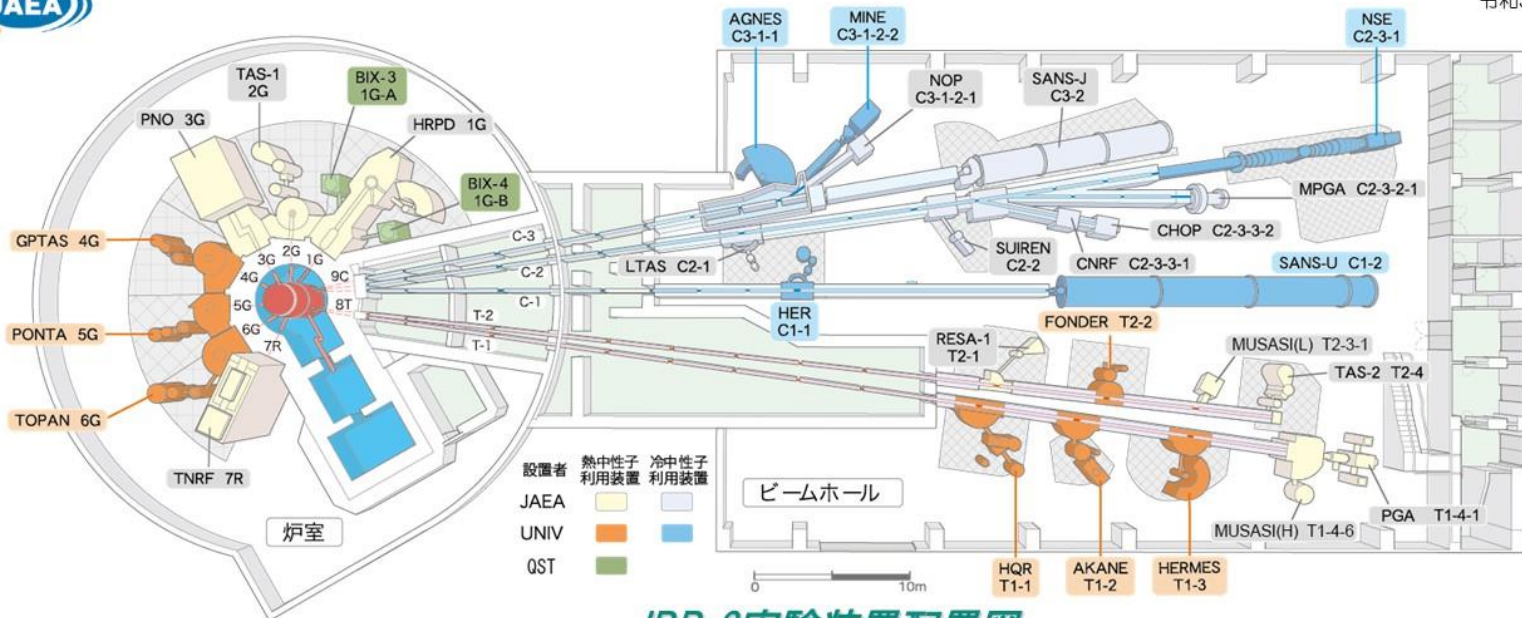
JRR-3パンフレット <https://jrr3.jaea.go.jp/6/61.htm> より

# JRR-3ビームラインレイアウト

KURNS



令和3年4月



JRR-3実験装置配置図

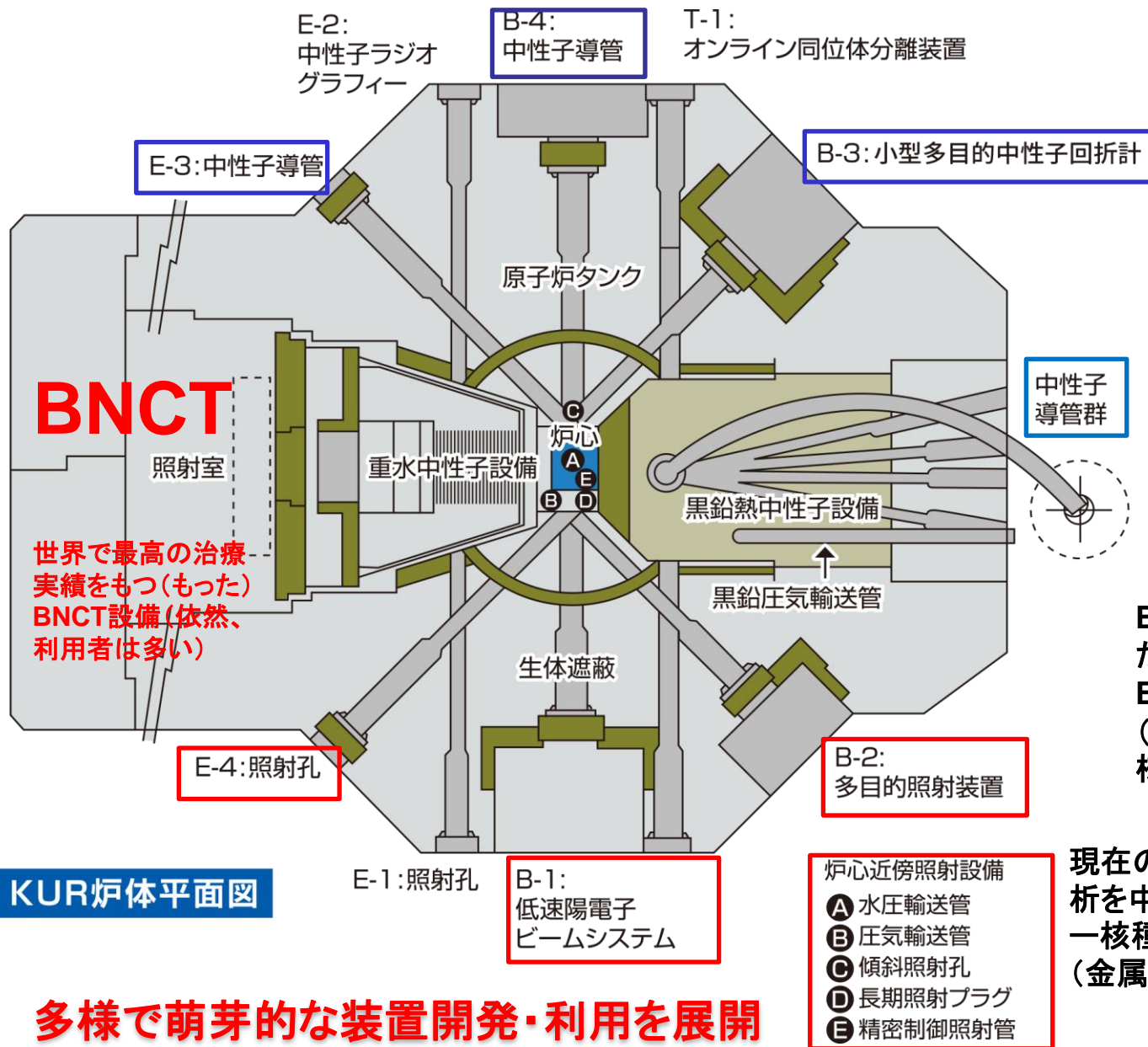
熱中性子ビーム(炉室)

熱中性子ビーム(ビームホール)

冷中性子ビーム(ビームホール)

ビームポート	実験装置	組織名	ビームポート	実験装置	組織名	ビームポート	実験装置	組織名
1G	HRPD 高分解能粉末中性子回折装置	JAEA	T1-1	HQR 中性子偏極回折装置	ISSP	C1-1	HER 高エネルギー分解能三軸型中性子分光器	ISSP
1G-A	BIX-3 生体高分子用中性子単結晶回折装置-3	QST	T1-2	AKANE 金研三軸型中性子分光器	TOHOKU	C1-2	SANS-U 二次元位置測定小角散乱装置	ISSP
1G-B	BIX-4 生体高分子用中性子単結晶回折装置-4	QST	T1-3	HERMES 金研高性能中性子粉末回折装置	TOHOKU	C2-1	LTAS 冷中性子散乱実験デバイス開発装置	JAEA
2G	TAS-1 三軸型中性子分光器	JAEA	T1-4-1	PGA 即発ガンマ線分析装置	JAEA	C2-2	SUIREN 偏極中性子反射率計	JAEA
3G	PNO 精密中性子光学装置	JAEA	T1-4-6	MUSASI 多目的単色熱中性子実験ポート(高角)	JAEA	C2-3-1	NSE 中性子スピネコー分光器	ISSP
4G	GPTAS 汎用三軸型中性子分光器	ISSP	T2-1	RESA-1 中性子応力測定装置-1	JAEA	C2-3-2-1	MPGA 多重即発ガンマ線分析装置	JAEA
5G	PONTA 偏極中性子散乱装置	ISSP	T2-2	FONDER 中性子4軸回折装置	ISSP	C2-3-3-1	CNRF 冷中性子ラジオグラフィ装置	JAEA
6G	TOPAN 東北大学中性子散乱分光器	TOHOKU	T2-3-1	MUSASI 多目的単色熱中性子実験ポート(低角)	JAEA	C2-3-3-2	CHOP パルス中性子機器開発装置	JAEA
7R	TNRF 熱中性子ラジオグラフィ装置	JAEA	T2-4	TAS-2 高分解能三軸型中性子分光器	JAEA	C3-1-1	AGNES 高分解能パルス冷中性子分光器	ISSP
						C3-1-2-1	NOP 中性子光学システム評価装置	JAEA
						C3-1-2-2	MINE 多層膜中性子干渉計/反射率計	KUR
						C3-2	SANS-J 中性子小角散乱装置	JAEA

JAEA：日本原子力研究開発機構  
 QST：量子科学技術研究開発機構  
 ISSP：東京大学物性研究所  
 TOHOKU：東北大学  
 KUR：京都大学



CNS(停止済):日本初の冷中性子源(液体重水素)を見込む形で冷中性子導管実験室(小さなガイドホール)があり、2台の装置が設置

CN-2:小角散乱装置(SANS)  
 CN-3:中性子光学・検出器評価(+中性子位相イメージング)

B-1、B-2、B-3は近年整備された装置。  
 E-2、B-4は中性子イメージング(ラジオグラフィー)装置として、様々なユーザーが来所。

現在の炉心近傍照射設備は、放射化分析を中心に照射利用展開。メスバウアー核種や少量<sup>99</sup>MoのRI製造等もある。(金属)材料照射も盛んであった。

**BNCT**

世界で最高の治療実績をもつ(もった)BNCT設備(依然、利用者は多い)

KUR炉体平面図

多様で萌芽的な装置開発・利用を展開



## 高性能医療・工業分野への貢献

### 医療用ラジオアイソトープ(RI)の製造

がんなどの医療用RIの製造を行っています。例えば、JRR-3で製造されるAu-198グレンは、口の中にできるがんに埋め込むことで、手術を行うことなくがん治療を行うことができます。

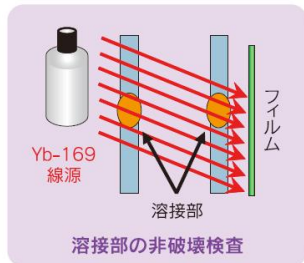
$^{198}\text{Au}$ 製造のための核反応  
 $^{197}\text{Au}(n, \gamma)^{198}\text{Au}$   
 (半減期:2.694日)



Au-198グレンを使う小線源治療のイメージ

### 工業用ラジオアイソトープ(RI)の製造

理学、農学、工業などに使用する線源用RI、精製RIやガンマ線スペクトロメータの校正用線源などの製造を行っています。



## 原子炉燃料・材料の開発に貢献

### 燃料・材料の照射

軽水炉、高速増殖炉、核融合炉用の燃料や材料を照射し、照射後試験によりその健全性を確認し、将来の高速増殖炉や核融合炉などの開発・研究に役立てています。



照射キャプセル(奥)と照射試験片(手前)

## 試料の非破壊・多元素同時分析

### 中性子放射化学分析

物質に中性子を照射すると固有の放射線が放出されます。中性子放射化学分析では、これらの放射線を測定して、物質の構成元素や物質中に取り込まれたごく微量の不純物元素などを調べることができます。土壌の調査などにも利用されています。



キャプセル(奥)と照射試料(手前)

研究と産業に不可欠な中性子の供給と

研究用原子炉の在り方



# 中性子ビーム利用が主のJRR-3でも様々な照射研究が行われている(近年では大規模医療用RI生産の試み等も始まっている)。

平成30年(2018年)8月16日

日本学術会議

総合工学委員会 原子力安全に関する分科会

表3 研究のために国産化が必要なRI

核種	半減期	生産方法	用途・特記事項
$^{188}\text{W}-^{188}\text{Re}$	69.4d/17h	$^{188}\text{W}(n, \gamma)^{188}\text{W}$ $^{188}\text{W}(n, \gamma)^{188}\text{W}$ $\beta \rightarrow ^{188}\text{Re}$	医療用(核医学診断・がん治療薬)、 $^{188}\text{Re}$ ジェネレータ、MAB標識がん治療薬、強 $\beta$ : 0.965MeV(25.6%), 2.12MeV(71.0%)、 $\text{WO}_3$ 粉末を照射
$^{186}\text{Re}$	3.72d	$^{185}\text{Re}(n, \gamma)^{186}\text{Re}$	医療用(核医学診断・がん治療薬)、MAB標識がん治療薬 強 $\beta$ : 0.939MeV(92.2%)、Re金属粉末を照射
$^{177}\text{Lu}$	6.73d	$^{176}\text{Lu}(n, \gamma)^{177}\text{Lu}$ $\beta \rightarrow ^{177}\text{Lu}$	医療用(がん治療薬)、MAB標識がん治療薬 強 $\beta$ : 0.497MeV(78.6%)、 $\text{Yb}_2\text{O}_3$ 粉末を照射

表4 国内安定供給のために国産化が急務とされているRI製品

核種	半減期	生産方法	用途・特記事項
$^{99}\text{Mo}-^{99m}\text{Tc}$	66h/6h	$^{98}\text{Mo}(n, \gamma)^{99}\text{Mo}$	医療用(核医学診断薬)、 $^{99m}\text{Tc}$ ジェネレータ原料、 $\text{MoO}_3$ ペレットを照射、 $^{99}\text{Mo}$ :37TBq(1000Ci)/週、 $^{99m}\text{Tc}$ :~11TBq(300Ci)/日

# 令和2年度版原子力白書概要より

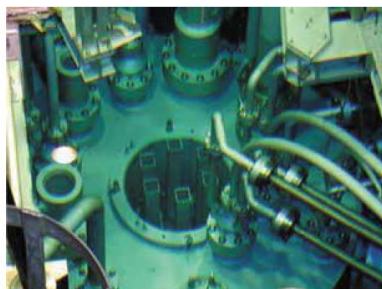
## 第7章 放射線・放射性同位元素の利用の展開

### 1. 様々な分野における放射線利用

- 放射線・放射性同位元素(RI)の利用は、工業、農業、医療等の幅広い分野において社会を支える重要な技術。
- 医療分野では、診断と治療の両方に活用。2020年6月には、一部の腫瘍を対象にBNCT(ホウ素中性子捕捉療法)の保険適用開始。 $\alpha$ 線放出RIを用いた医薬品によるがん治療の研究も進展。
- 科学技術分野では、物質科学や生命科学等の様々な分野と接点があり、物質の構造解析等に活用。

### 2. 放射線利用環境の整備

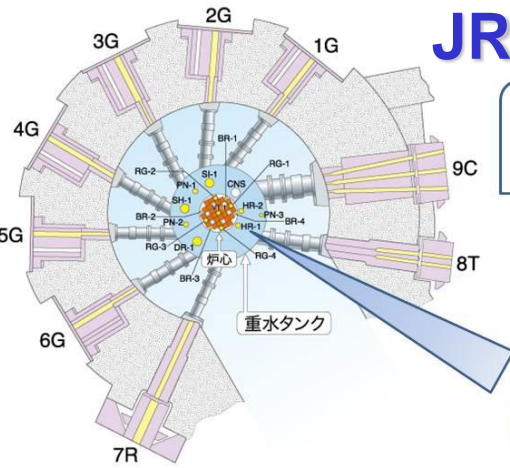
- 放射線・RIを安全かつ適切に利用するため、国際基準等に照らし、2020年3月・4月に規則を改正(水晶体の被ばく限度引下げ)。



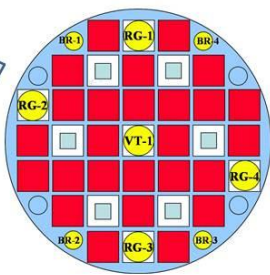
実際の炉心部分

JRR-3パンフレットより

# JRR-3をベースにたたき台となる利用設備案を検討中



水平実験孔：1G～6G、7R、8T、9C  
 垂直実験孔：HR、PN、PN-3、SI、DR、VT-1、BR、SH



- ビーム利用では、特長を出すものとして、冷中性子源(CNS)をJRR-3より強化したい方針。炉心をコンパクトにするため、水平実験孔の数は減る。

- 照射研究では、JRR-3やKURと連携する放射化分析やRI製造(生産)強化等を念頭に、関連コミュニティと仕様を詰めていく(WG1、WG3とも連携して進める)。

- 現在のJRR-3に無い装置で、KURにおける発展が期待される生物中性子照射、陽電子利用等も検討し、萌芽的、特長的、バランスのとれた施設利用運営案構築を目指す。

## JRR-3の利用設備

利用設備名	設置場所	利用例	
VT-1	垂直照射設備	炉心領域	照射試験、RI製造
RG-1 ~4	垂直照射設備	炉心領域	照射試験、RI製造
BR-1 ~4	垂直照射設備	炉心領域	照射試験、RI製造
HR-1, 2	水力照射設備	重水タンク領域	RI製造、放射化分析
PN-1, 2	気送照射設備	重水タンク領域	RI製造、放射化分析
PN-3	放射化分析用照射設備	重水タンク領域	放射化分析
SH-1	垂直照射設備	重水タンク領域	照射試験、RI製造
DR-1	回転照射設備	重水タンク領域	材料照射
SI-1	均一照射設備	重水タンク領域	シリコン半導体の製造
設置ビームポート	利用設備名		
1G	HRPD	高分解能粉末中性子回折装置	
1G-A	BIX-3	生体高分子用中性子単結晶回折装置-3 (量子科学技術研究開発機構)	
1G-B	BIX-4	生体高分子用中性子単結晶回折装置-4 (量子科学技術研究開発機構)	
2G	TAS-1	三軸型中性子分光器	
3G	PNO	精密中性子光学装置	
4G	GPTAS	汎用三軸型中性子分光器 (東京大学物性研究所)	
5G	PONTA	偏極中性子散乱装置 (東京大学物性研究所)	
6G	TOPAN	東北大学中性子散乱分光器 (東北大学)	
7R	TNRF	熱中性子ラジオグラフィ装置	
T1-1	HQR	中性子偏極回折装置 (東京大学物性研究所)	
T1-2	AKANE	金研三軸型中性子分光器 (東北大学)	
T1-3	HERMES	金研高性能中性子粉末回折装置 (東北大学)	
T1-4-1	PGA	即発ガンマ線分析装置	
T1-4-6	MUSASI	多目的単色熱中性子実験ポート (高角)	
T2-1	RESA-1	中性子応力測定装置-1	
T2-2	FONDER	中性子4軸回折装置 (東京大学物性研究所)	
T2-3-1	MUSASI	多目的単色熱中性子実験ポート (低角)	
T2-4	TAS-2	高分解能三軸型中性子分光器	
C1-1	HER	高エネルギー分解能三軸型中性子分光器 (東京大学物性研究所)	
C1-2	SANS-U	二次元位置測定小角散乱装置 (東京大学物性研究所)	
C2-1	LTAS	冷中性子散乱実験デバイス開発装置	
C2-2	SUIREN	偏極中性子反射率計	
C2-3-1	NSE	中性子スピンエコー分光器 (東京大学物性研究所)	
C2-3-2-1	MPGA	多重即発ガンマ線分析装置	
C2-3-3-1	CNRF	冷中性子ラジオグラフィ装置	
C2-3-3-2	CHOP	ハルス中性子機器開発装置	
C3-1-1	AGNES	高分解能ハルス冷中性子分光器 (東京大学物性研究所)	
C3-1-2-1	NOP	中性子光学システム評価装置	
C3-1-2-2	MINE	多層膜中性子干渉計 / 反射率計 (京都大学)	
C3-2	SANS-J	中性子小角散乱装置	



# WG2の今後の活動

KURNS

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し実施する）

	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	11月頃:第3回会合 (重点項目及び進捗 現状確認)  1月頃:第4回会合 (重点項目の整理及 び進捗現状確認)	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)  専門家と意見交換：第2回小角散乱測定 第2回ダイナミクス測定、第2回反射率測定 第2回固体物性測定(10/8 第1回固体物理測定) 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)  放射化学会（新研究炉検討委員会:10,12月） 材料照射 関連研究者にアンケート実施中 陽電子(12/10 複合研専門研究会での報告と意見聴取) RI製造に関する打ち合わせ

※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

- 新試験研究炉への長期的なコミットを目指し、京大複合研に新型研究炉開発・利用センターを設置
- 新試験研究炉における幅広い利用運営の方針、ハード面から項目を整理し、JRR-3をベースに利用設備案を検討

## 今後の課題 & 展開

- 現在はニーズ整理の段階。今後、WG1 & 3とも連携し重点項目を整理し設計に反映(重点項目は今年度中に整理)
- JRR-3やKUR等の知見を活かし、共に発展できるような仕組み、将来にわたる幅広い利用運営体制案の構築を目指す。様々なコミュニティ、専門家と協力し、世界的にも魅力的な施設、利用運営のあり方を探る。

# 地元関係機関との連携構築(WG3) 活動報告

1. 活動計画(第1回WG)
2. 活動状況
3. 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(第1回WG)

### 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

- ◎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

### 1) 中性子ビーム利用

中性子の利用分野を次頁に示す。

産業利用に期待できる技術としては、

#### ○微量元素分析

- ・放射化分析\*、即発ガンマ線分析

#### ○非破壊検査

- ・中性子イメージング\*

#### ○構造解析(ミクロ)

- ・中性子散乱・回折\*、小角散乱、反射率

等が考えられる。( \* 事例を次々頁に示す)

また、その準備段階として、JRR-3やKURでの試験利用や教育も推奨。



# WG3(地元関係機関との連携構築)

研究分野	学術研究分野	産業利用分野
非晶質・液体	物性物理, 化学物理, 材料工学, 溶液化学, 金属工学, 反応化学, 宇宙・地球科学	光学材料, アモルファス磁性体, 光磁気ディスク, 金属ガラス材料, エネルギー関連材料
高分子・ソフトマター	高分子化学, 溶液化学, 表面化学, 反応化学, 合成化学	高分子触媒, 食品工業, プラスチック・ゴム材料, 石油化学工業, 農林水産業
磁性体・誘電体	強相関物理, 磁性物理, 超伝導物理, 誘電体物理	超電導磁石, スピンエレクトロニクス材料, エネルギー関連材料
生体物質および生体関連物質	構造生物学, 薬学, 農学	製薬, 食品, 農林水産業
機能・構造材料	材料工学, 金属工学, 機械工学, 触媒化学, 表面化学, 農学, 考古学, 宇宙・地球科学	エネルギー関連材料, 重工業, 鉄鋼, 材料産業, 建設土木
原子力・基礎物理	原子核物理, 核化学, 原子力基礎データ, 中性子基礎物理	原子力燃料, 中性子光学デバイス

## 中性子の利用分野

(次世代研究用原子炉検討特別委員会報告書  
中性子科学会 平成24(2012)年12月)





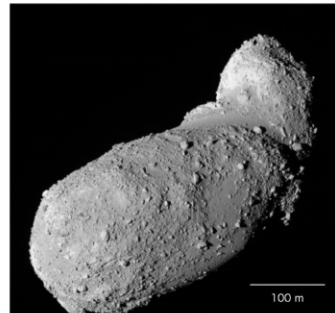
# WG3(地元関係機関との連携構築)

## 放射化分析 例

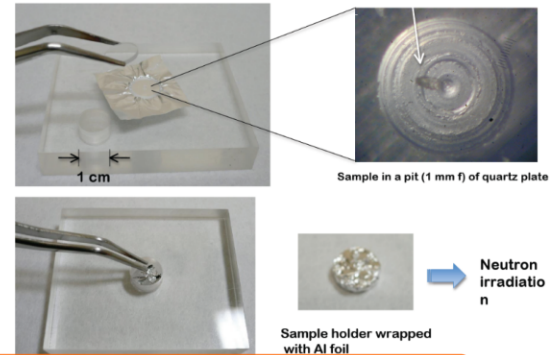
### 小惑星探査機 はやぶさ (MUSES-C)

打ち上げ:2003年5月9日, 大気圏突入:2010年6月13日

地球重力圏外にある天体の固体表面に着陸しての  
サンプルリターンに世界で初めて成功



Sample preparation for NAA



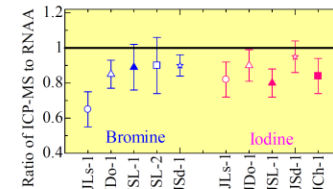
<https://www.isas.jaxa.jp/missions/spaceraft/past/hayabusaa.html>

#### 中性子放射化分析法による固体試料中の微量元素の定量

【中心研究者】 関本 俊(京都大学原子炉実験所)、海老原 充(首都大学東京)

#### 【研究概要・成果】

- 小惑星イトカワより、はやぶさ探査機が持ち帰った粒子の中性子放射化分析。
- 従来の放射化分析法を改良し、標準岩石中の微量ハロゲンを精密に定量。汎用的な元素分析法であるICP-MSを用いた手法に比べ、より正確な分析値が得られることを示唆。



#### 【学術・産業への貢献】

- 微量元素濃度が重要である試料(隕石試料、マントル起源岩石など)に適用が期待
- 「Science(333(2011)1119)」、「Analytical Chemistry(85(2013)6336)」、「Geostandards & Geoanalytical Research (doi:10.1111/ggr.12145)」などに掲載

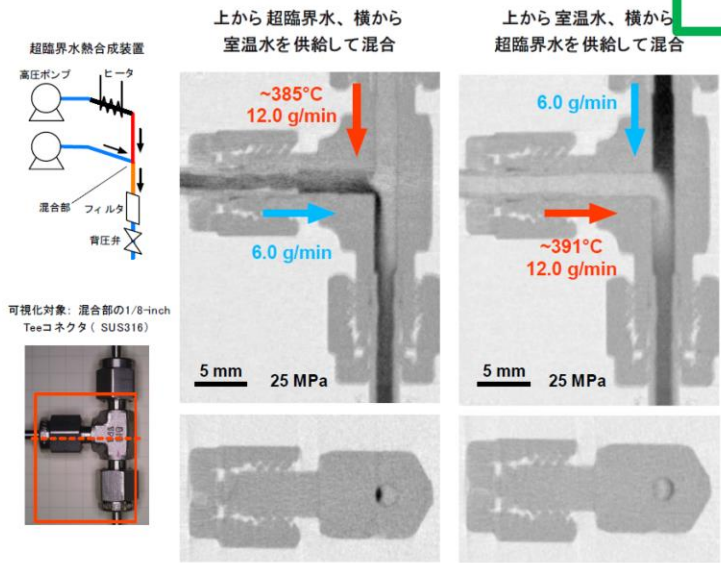
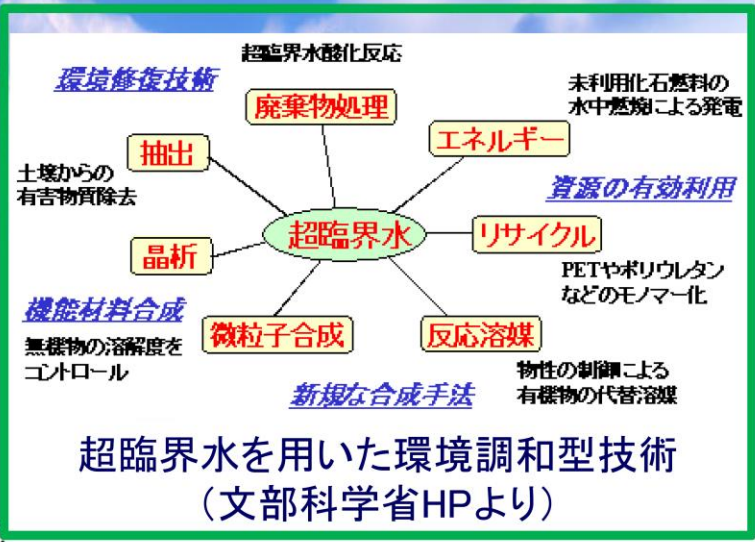


# WG3(地元関係機関との連携構築)

## 中性子イメージング 例

### 超臨界水一常温水の混合状態計測

(東北大・塚田他)



高温・高圧下における金属配管中の水の状態を観察  
→ 中性子の特性を利用

(高見他、中性子イメージングカタログ (中性子施設ハンドブック)、p.I-70)

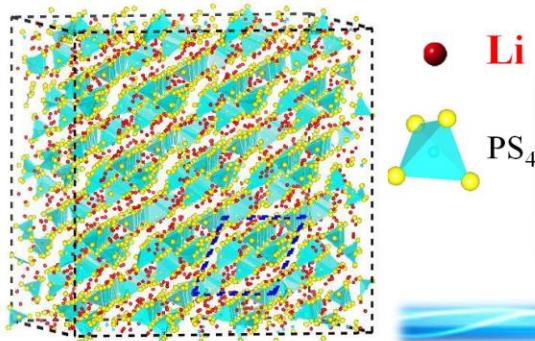


# WG3(地元関係機関との連携構築)

## 中性子散乱・回折 例

### 中性子によるリチウム蓄電池の原子スケール研究

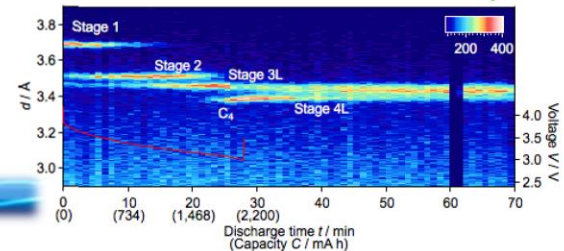
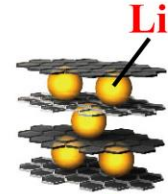
#### Liの配列を見る



Y. Onodera, K. Mori et al.,  
*J. Phys. Soc. Jpn.*, 81 (2012) 044802.

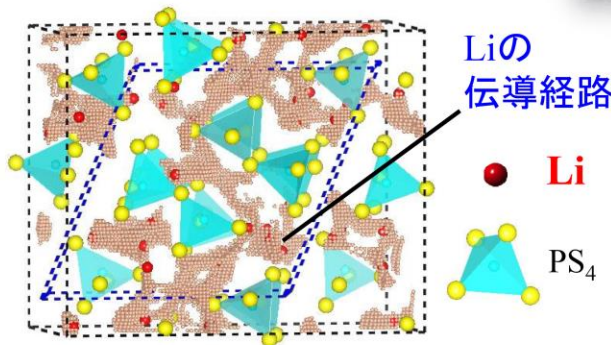
#### 充放電下で Liの配列を見る

反応時間



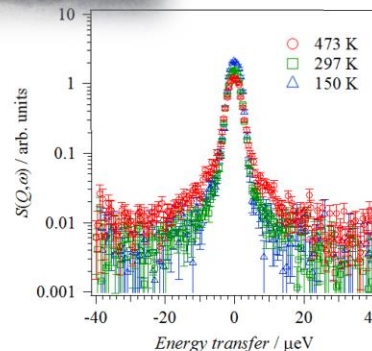
S. Taminato et al., *Sci. Rep.*, 6 (2016) 28843.

#### Liの伝導経路を見る



K. Mori et al., *Chem. Phys. Lett.*, 584 (2013) 113.

#### Liの動きを見る



平均 0.43 nm で  
ジャンプしながら  
移動



K. Mori et al., *Phys. Rev. Applied*, 4 (2015) 054008.



# WG3(地元関係機関との連携構築)

## 2) RI製造

- ・医療用、産業用として

Ir-192,Au-198,Mo-99,Lu-177,Ac-225などの国産化を要望。特にMo-99は早急に国産化が望まれる。

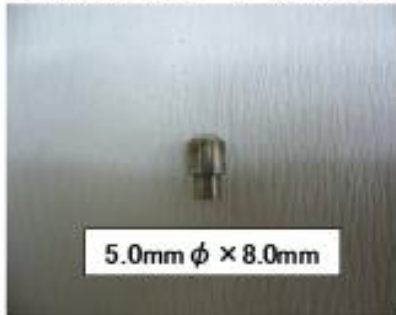
また、同日開催された福井大学セミナーでは、Re-188,Ho-166,I-131,Sm-153等の製造期待も報告された。

- ・大量のRI国産化には原子炉が不可欠。単一の原子炉だけでは安定供給に不安があり、複数の原子炉の連携、もしくはバックアップとして海外や加速器といった可能な供給元を確保する必要。
- ・照射だけでなく、その後の精製プロセスも重要であり、今後のRI需要の動向によって設備の在り方、設置場所、技術開発、人材育成などの課題がある。
- ・品質もさることながら、国産RIが海外などから調達するRIよりも価格の面でメリットがないと購入は進まないのので、最終製品のコスト試算や負担の担い手(国など)を分散するなどの検討が必要。

## 国産が可能な製品例(密封線源)

### 産業分野

非破壊検査用イリジウム線源 (Ir-192)



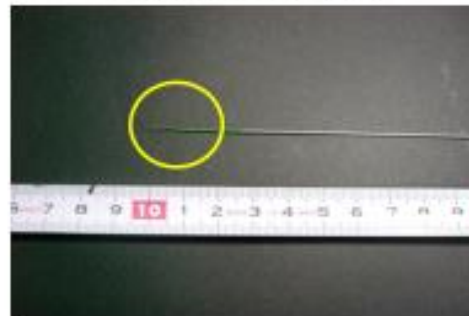
(参考:装置)



出典: 非破壊検査装置の現状について  
(ポニー(株))

### 医療分野(放射線治療用)

イリジウム (Ir-192) アフターローディング  
(子宮がん等治療)



(参考:装置)



イリジウム (Ir-192) ピン  
(口腔がん等)



金 (Au-198) グレイン (舌がん等)





# WG3(地元関係機関との連携構築)



## 体内用放射性医薬品に利用されている 放射性同位元素

### ◆ 国内製造

	核種	半減期
診断	$^{18}\text{F}$	110 m
診断	$^{81}\text{Rb}$ ( $^{81\text{m}}\text{Kr}$ )	4.6 h (13 s)
診断	$^{123}\text{I}$	13 h
診断	$^{111}\text{In}$	2.8 d
診断	$^{201}\text{Tl}$	73 h
診断	$^{67}\text{Ga}$	3.3 d

### ◆ 輸入

	核種	半減期
診断	$^{99}\text{Mo}$ ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ )	66h (6h)
治療	$^{90}\text{Y}$	64.1 h
診断	$^{111}\text{In}$	2.8 d
治療 / 診断	$^{131}\text{I}$	8.0 d
治療	$^{223}\text{Ra}$	11.4 d
治療	$^{177}\text{Lu}$	6.6 d

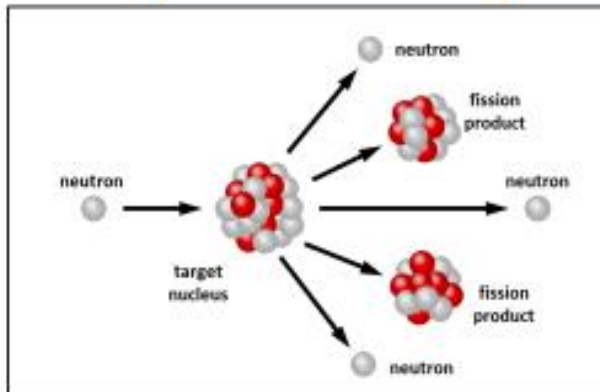
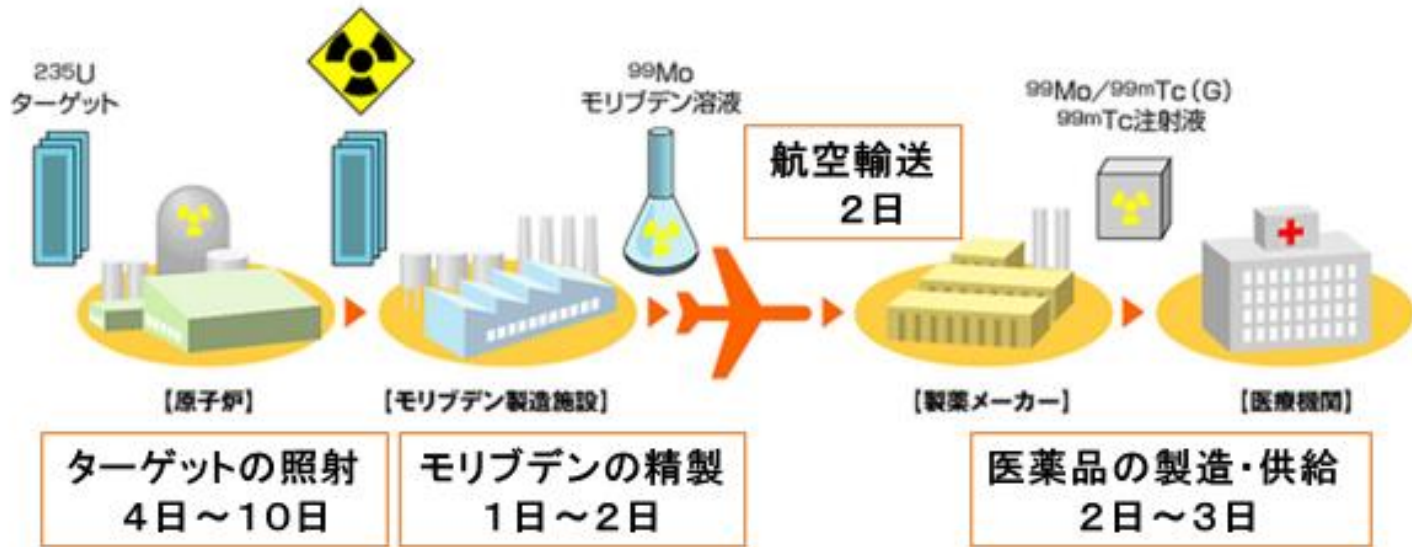
体外用放射性医薬品では、 $^{125}\text{I}$ が利用されている

### 製剤として輸入

$^{90}\text{Y}$ 、 $^{111}\text{In}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ は製剤として輸入される

# WG3(地元関係機関との連携構築)

## $^{99}\text{Mo}$ 生成から医薬品までの流れ(輸入品)



半減期  
 $^{99}\text{Mo}$ : 66時間  
 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 6時間



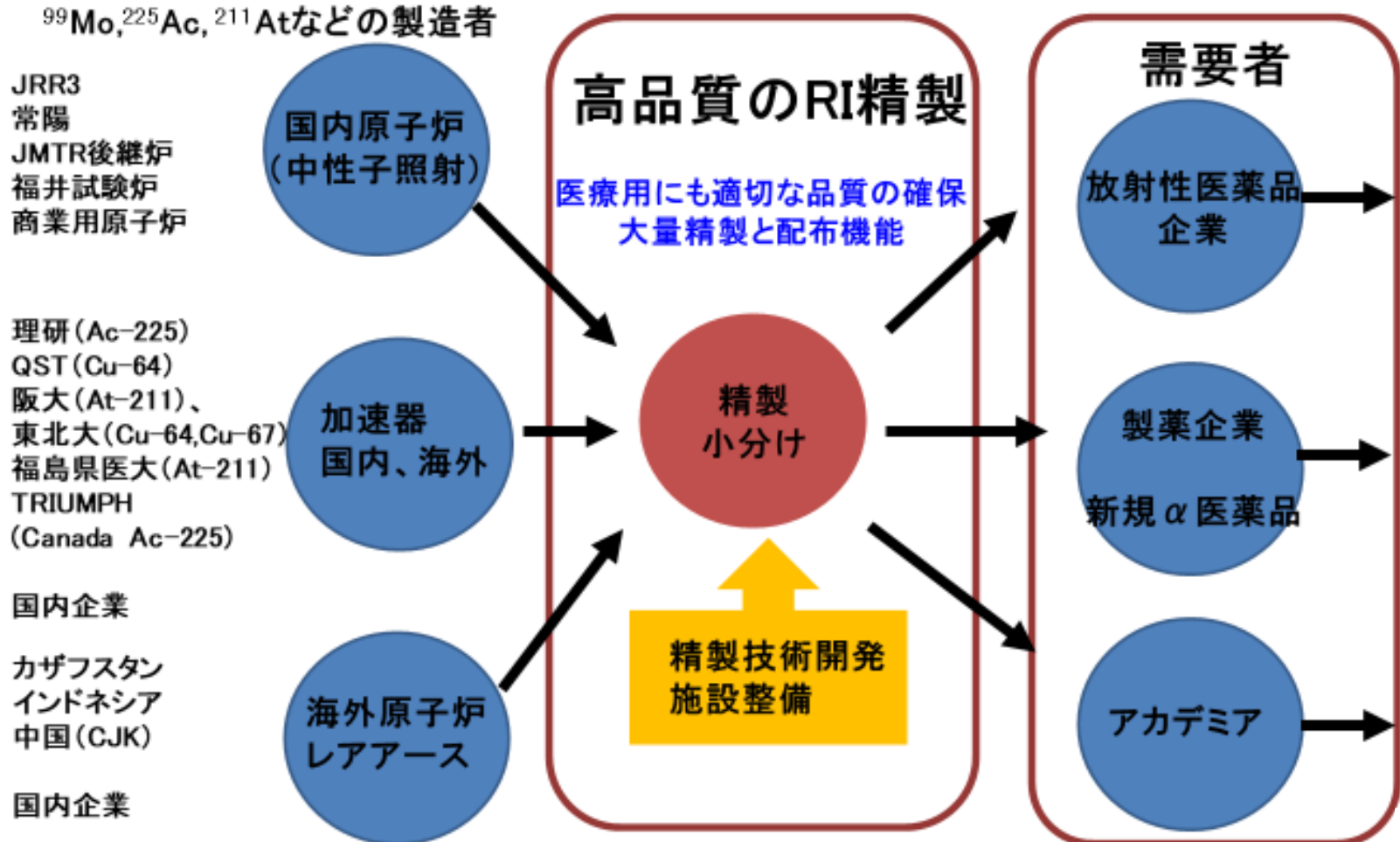
各プロセスを迅速に  
 ・物理的半減期による低下  
 ・比放射能の低下  
 毎週、輸入



# WG3(地元関係機関との連携構築)



## 国内製造RIのサプライチェーン







# WG3(地元関係機関との連携構築)

## 3) 既存炉を利用したトライアルユースの検討

- ・試験研究炉JRR-3(出力20MW、茨城県東海村:原子力機構)の活動について紹介。
- ・JRR-3は、多くの産業利用実績があり、技術サポート体制も整備され新たな利用者開拓にも積極的。
- ・地元産業界の試験研究炉利用の準備段階として、JRR-3、KURを使い、中性子技術の習熟・開発利用が考えられる。
- ・また、これを促進するため、かつて実施されたJRR-3を利用したトライアルユース事業(H18~22年度)のような利用推進策も必要。

(JRR-3 <https://jrr3uo.jaea.go.jp/information/index.htm>)



# WG3(地元関係機関との連携構築)



## 研究炉 JRR-3 の概要



世界トップレベルの高性能研究炉として中性子ビーム実験（中性子ラジオグラフィ、中性子散乱実験、即発ガンマ線分析）や中性子照射（ラジオアイソトープの製造、中性子放射化分析）に利用されています。

昭和37年 初の国産原子炉として臨界  
 昭和60年 高性能化のための改造工事開始  
 平成2年 改造JRR-3 臨界  
 改造JRR-3利用運転開始

平成22年 定期検査のため停止(11月19日)  
 平成30年 新規制基準適合性に係る許可取得  
 令和3年 [JRR-3 運転再開\(2月26日\)](#)  
 令和3年 [JRR-3 供用運転再開\(7月12日\)](#)



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



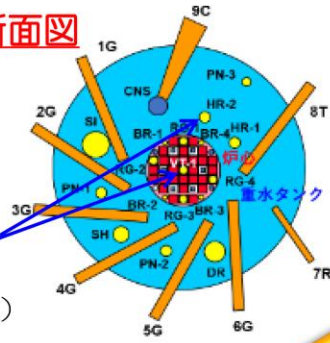
# WG3(地元関係機関との連携構築)



## JRR-3の利用について



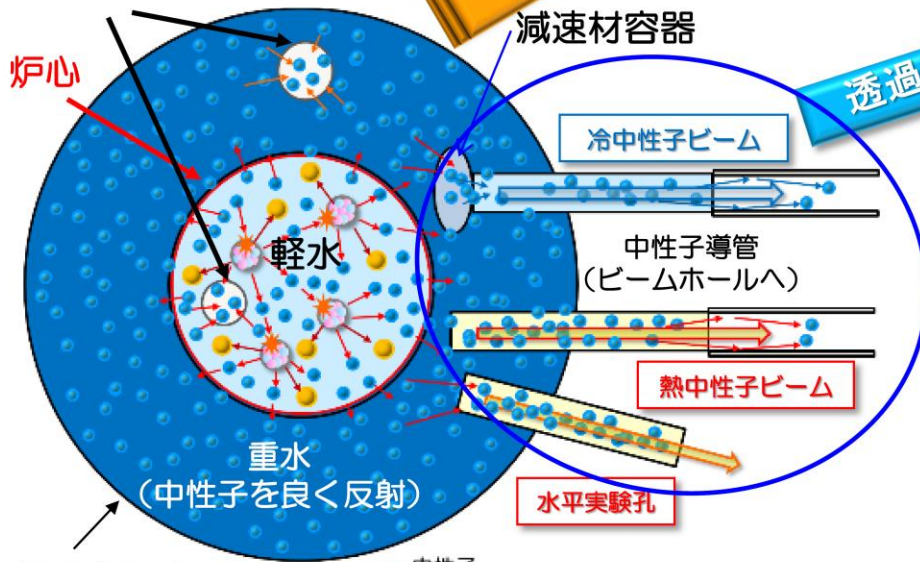
炉心の垂直断面図



RI等の照射孔

(VT-1,HR-1,2等)

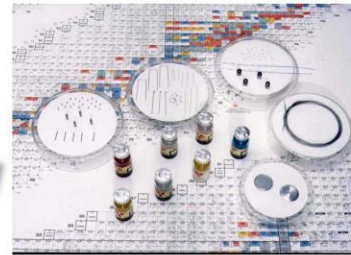
垂直実験孔 (照射筒)



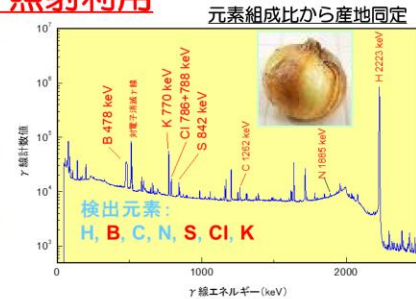
重水タンク

- 中性子
- 核分裂生成物
- ウラン原子核

中性子照射利用

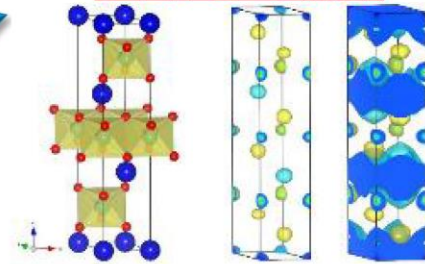


RI製造



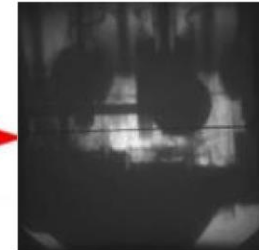
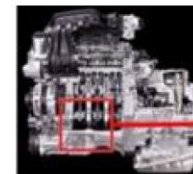
放射化分析

中性子ビーム利用



●:Co ●:O ●:Li 等密度面:1 fm<sup>3</sup>, 0.05 fm<sup>3</sup>

リチウムイオンバッテリーの構造解析



中性子によるエンジン内部の潤滑油の高速度撮影

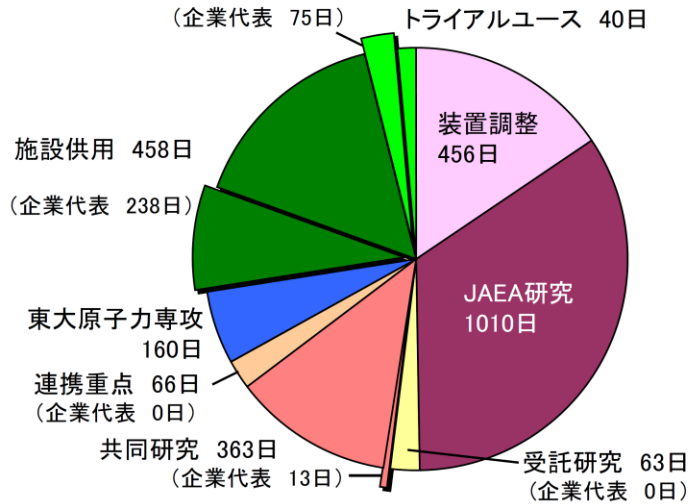


# WG3(地元関係機関との連携構築)

## JRR-3における産業利用の推移



JRR-3(JAEA管理装置)の利用日数内訳(H22年度)



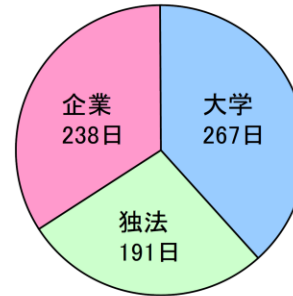
合計2942日(うち産業利用326日)

### 産業利用(利用代表者が企業のもの)日数の推移

- 施設供用はH18年度より開始。H17年度以前は共同利用(有償)に相当
- トライアルユースはH18年度より開始
- H21年度より共用促進事業に参加

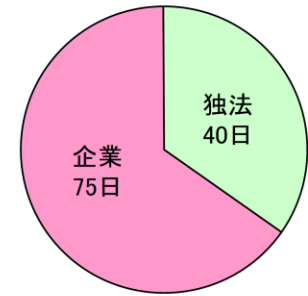
研究代表者の種別

施設供用

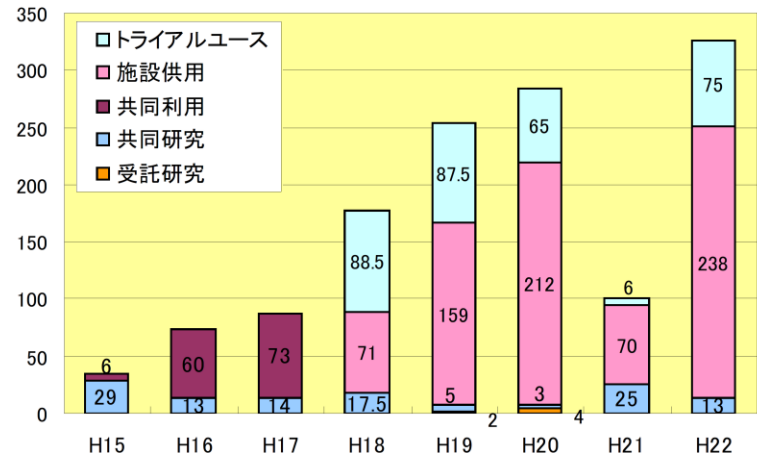


\* 産業利用のうち成果非公開160日

トライアルユース



\* 成果公開が前提





# WG3(地元関係機関との連携構築)



## JRR-3の利用制度



利用枠	課題	概要
<b>成果非占有</b>  <small>研究成果を占有せず (論文発表等の成果公開、施設供用後2年以内)</small>	一般課題	研究成果を占有せず(論文発表等の成果公開を行う)利用を行う課題
	優先利用課題	研究成果を占有せず(論文発表等の成果公開を行う)国等で採択された競争的資金を利用することを条件に課題審査を省略 <sup>※</sup> し、優先的なマシンタイムの配分を行う課題 (必要書類等の提出を求める)
<b>成果占有</b>  <small>研究成果を占有</small>	利用促進課題	研究成果を占有し(成果公開を行わない)、産業利用、学術利用に限らず、研究開発目的等での利用を行う課題
	一般課題	研究成果を占有し(成果公開を行わない)、商業利用目的等での利用を行う課題
	トライアルユース	産業利用(学術利用を除く)による今後の機構施設の利用に繋がるような利用を行う課題 <u>(初回利用、年1回、無料)</u>

**優先利用課題 9/15-10/11 課題募集中**  
**随時利用(両利用枠の一般課題)については要相談。**

※国等で採択された競争的資金を利用することを条件に学術審査を省略



# 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)

## ■ 活動状況(つづき)

### 2) 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)

### 講演での主な質問と回答

- ・RI製造は、化学的で細かい作業が必要で技術的には難しいのではないか。  
→JRR-3は10年間停止しており、技術者が不足しており育成を行う。
- ・海外からも利用されるような研究施設とするためには何が重要か。  
→①使い易さ、②最新の装置、③丁寧な説明者、④サンプル取扱施設(附属施設)
- ・福井県は繊維産業が盛んであるが、産業利用として考えられるのか  
→複合材料の内部構造の研究など盛んに行われており、有機材料の散乱利用が考えられる。

### パネルディスカッションでの主な質問と回答

- ・幅広く利用できることは理解するが、逆に何もできないのではないか、核となるものは？  
→幅広い利用と人材育成、地域振興で県とも一緒になって考えていく。
- ・研究をしている先生方が懸念すること、若手、学生に期待することは？  
→中性子は良い武器である。今後世の中がどう変わるのか分からないが、福井に来ればこのような研究ができるので、能力を高めて欲しい。  
→生命科学の分野は海外では発展しているが国内ではこれからで、学術や産業に展開して欲しい。

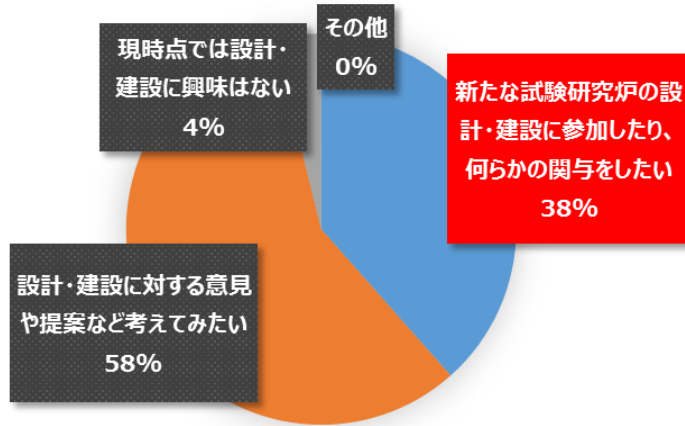




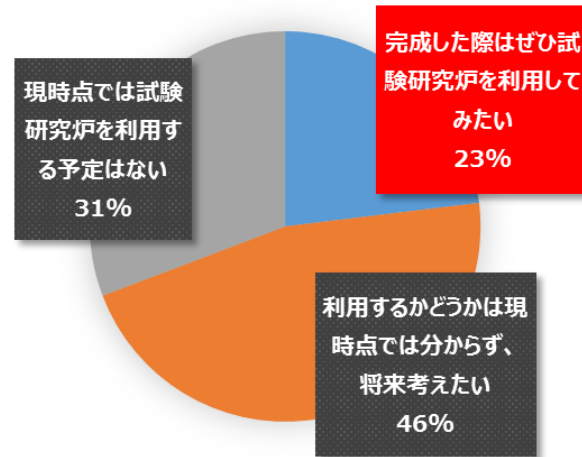
# WG3(地元関係機関との連携構築)

## ■ 活動状況(つづき)

事後アンケート結果(回答数:26件、回収率約5割)



■ これから実施される新たな試験研究炉の設計・建設について



■ 将来、新たな試験研究炉を用いて研究などしてみたいですか

アンケートでは、将来利用してみたいとの希望も多く、90%以上が設計・建設に何らかの形で関与したり、提案など考えてみたいと回答。

### まとめ

- ・ 約50名の原子力関係者が参加し、計50件以上の質問がだされ予定時間がオーバーするほど活発な議論が行われた。
- ・ 事後アンケートでは、このような勉強会を継続して欲しいとの希望が多く出され、一過性ではなく継続していく必要がある。



# 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

新試験研究炉のニーズに関するアンケート調査

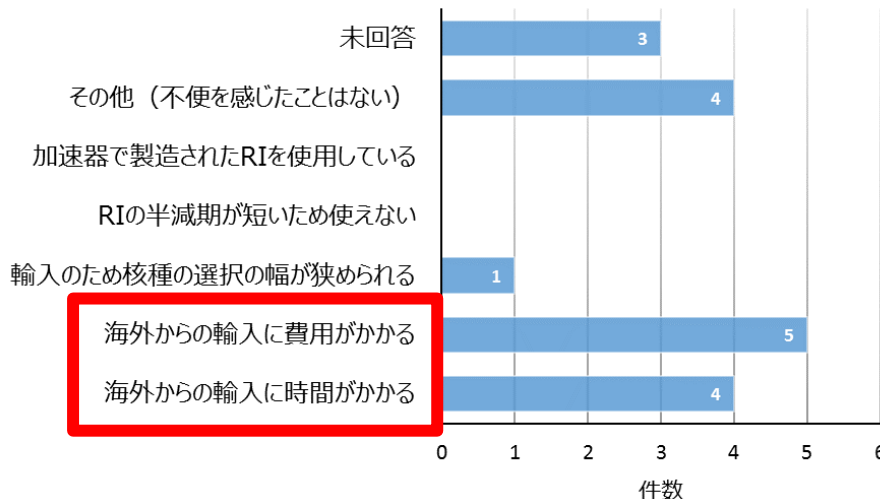
県内 70 企業等(嶺北48社、嶺南22社)へ調査を実施(回収率47%)

[ 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 ]

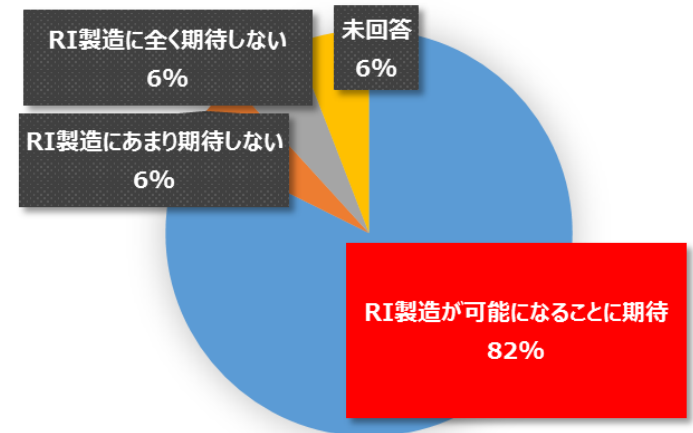
#### RI(※)利用関連企業等に対する調査結果(1/2)

(※)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)

## ■ 活動状況(つづき)

### RI関連企業等に対する調査結果(2/2)

#### 企業等からの自由意見

企業等	自由意見の内容
A大学 工学部 (嶺北)	<ul style="list-style-type: none"> <li>この試験研究炉によりモリブデン (Mo-99) <b>国内はもとより海外へも供給できるようになれば素晴らしい。</b></li> <li><b>Mo-99以外でも、医療や工業分野で必要とされるRIは多いので、それらRIの製造と供給に期待したい。</b></li> <li>中性子の医療利用 (例えば、ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) ) のための加速器が開発され、臨床利用され始めている。今回の試験研究炉では、それらの加速器に対する優位性が重要。</li> </ul>
B大学 工学部 (嶺南)	<ul style="list-style-type: none"> <li>2000年代初の試験炉建設であるため、<b>原子炉設計建設運営において技術継承や教育の場としても大きく期待できる。</b></li> <li>中性子ビーム利用は学術/産業利用として今後も継続して利用されるため、<b>設置後50年(2080年くらい先)までの利用を考えた利用/管理計画を構想しながら進めていく必要がある。</b></li> </ul>
C病院 (嶺北)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ルテチウム(Lu-177)の使用に力をいれていただきたい。</li> <li><b>PSMA治療*に供給可能な拠点となっていきたい。</b></li> </ul> <p>* (原子力安全研究協会注記) 前立腺がんで出てくる特殊なたんぱく質 (PSMA) に放射性物質の「ルテチウム (Lutetium)」を結合させ、PSMAを発現しているがん細胞だけを狙い撃ちすることができる治療。</p>
D病院 (嶺北)	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>海外の原子炉の故障により供給の停止は問題である。</b></li> </ul>
E病院 (嶺南)	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>アイソトープ供給が海外の政情や災害などに影響される。</b></li> </ul>
F社 (嶺南)	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本ではサイクロトロンでの核種製造と分子標的薬の開発が進められている。</li> <li>しかし、原子炉でなければ製造できない核種があるので、<b>原子炉+分子標的薬開発の研究施設が必要。</b></li> </ul>



# WG3(地元関係機関との連携構築)

## ■ 活動状況(つづき)

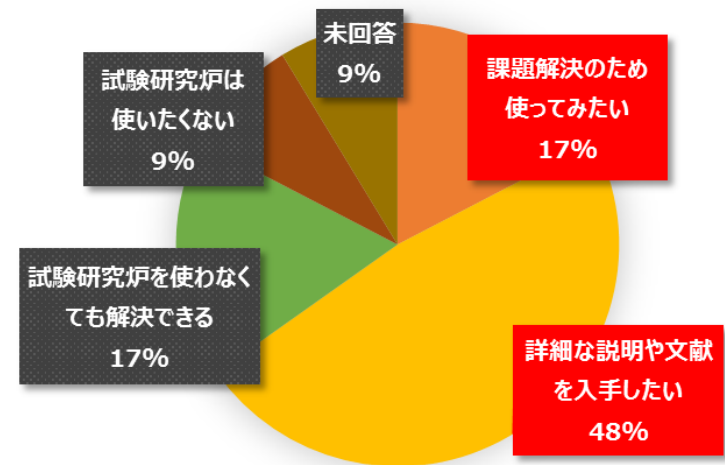
### 建設業・製造業(※)に対する調査結果(1/3)

(※)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)

## ■ 活動状況(つづき)

### 建設業・製造業に対する調査結果(2/3)

企業等からの自由意見(利用ニーズに関するもの)

分野	企業等	自由記述内容
機械・建築	L社(嶺北)	残留応力の詳細把握、低元素含む成分・構造分析、内部欠陥把握に使いたい。
電気・電子	P社(嶺南)	可視光以外でも動作する太陽光電池用半導体の開発に使いたい。
	X社(嶺北)	電極材料の開発に使いたい。
繊維・化学	Q社(嶺北)	化合物に含まれる微量金属の定量化分析に使いたい。
	R社(嶺北)	軽元素を含む合金の解析に使いたい。
	S社(嶺北)	部材表面コーティングの状況確認に使いたい。
	T社(嶺北)	成膜加工における界面状態の観察に使いたい。
	U社(嶺北)	物質表面への触媒の吸着量、吸着状態の解析に使いたい。

利用ニーズを踏まえると、新たな試験研究炉の機能としてラジオグラフィ、放射化分析、中性子散乱(反射率法、残留応力測定、粉末回析)などが要求される。



# WG3(地元関係機関との連携構築)

## ■ 活動状況(つづき)

### 建設業・製造業に対する調査結果(3/3)

#### 企業等からの自由意見(県に対する要望など)

分野	企業等	自由記述内容
機械・建築	L社(嶺北)	<ul style="list-style-type: none"> <li>福井県企業という立地条件にメリットが欲しい。</li> <li>研究炉のできる事の詳細を理解したい (自分たちで考えていることが、できそうか相談したい)</li> </ul>
繊維・化学	T社(嶺北)	<ul style="list-style-type: none"> <li>敦賀にこのような設備が設置されることは県内企業として大変喜ばしい。</li> <li>有効に活用されるよう使用のハードルを極力下げていただきたい。</li> </ul>
	Q社(嶺北)	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射化分析については非常に興味がある。</li> <li>今般のコロナ禍の中、研究炉ツアーには参加できないため資料は入手したい。</li> </ul>
	Y社(嶺南)	<ul style="list-style-type: none"> <li>おおよそのスケジュールを示していただけるともう少し具体的な検討ができると思う。</li> </ul>
	Z社(嶺南)	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究炉ができること、それが活用されることには大変期待をしている。</li> </ul>



# 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。また、JRR-3を利用したトライアルユースの可能性を追求していく。
- ・企業との交流を通じて出された地元企業ニーズ等を設計検討に反映していく。
- ・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

本年度第2回もんじゅサイトの新試験研究炉セミナー

材料系：中性子反射率測定での高分子薄膜の構造解析、  
中性子を用いたソフトマター関係の研究、材料、物質研究用の中性子実験設備の設置計画



# WG3(地元関係機関との連携構築)

## ■ 今後の予定

### 3. 福井県事業

#### ・企業向け講習会

11月15日(月) AM 機械、建設関係企業向け

PM 繊維・化学、電子・電気関係企業向け

11月22日(月) PM RI関係機関向け

#### ・KUR見学ツアー

11月10日(水) 嶺北企業を対象

12月 8日(水) 嶺南企業を対象