# 令和 3 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 4 年 2 月 17 日開催

京 都 大 学 複 合 原 子 力 科 学 研 究 所

# 目　次

令和 3 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


1. 開会挨拶　（京大複合研）中島 健　… 1
2. KUR 及び KUCA の現況と今後の予定　（京大複合研）三澤 毅　… 3
3. 「もんじゅ」サイトに設置する新たな試験研究炉（ＪＡＥＡ）　峯尾 英章 …11
4. 研究炉の廃止事例紹介　（東芝）　吉岡 研一 …25

＊各研究所の状況報告

5. 東京工業大学 ゼロカーボンエネルギー研究所　（東工大）　竹下 健二 …38
6. 福井大学 国際原子力工学研究所　（福井大）　宇埜 正美 …44
7. 近畿大学 原子力研究所　（近大）　山西 弘城 …49

8. 複合原子力科学研究所ロードマップの検討状況　（京大複合研）田中 浩基 …57
（施設の将来計画、研究計画と組織再編）
9. 総合討論　…64
10. 閉会挨拶　（京大複合研）五十嵐 康人 …75

---

令和 3 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　…77

# １．開会挨拶

（京大複合研）中島　健

# 開会挨拶

京大複合原子力科学研究所の所長を務めております、中島でございます。本日はよろしくお願い致します。

先程、五十嵐副所長からも話がありましたが、今朝カーテンを開けると回りが雪で真っ白になっていました。本日はコロナ対策のため、オンライン開催とさせて頂きましたが、特に関西地方での北部中心に大雪で、現地で開催していたら大変なことになっていたと思い、幸いであったと思っております。

さて、皆様ご承知の通り、国立大学法人は来年度から 6 年間が第四期の中期目標・中期計画期間となり、同時に共同利用・共同研究拠点として、これも来期から新しい期間に入ります。拠点は文科省の認定を受けなくてはならないのですが、私共のところは KUR を中心とした全国の共同利用研究を実施する活動が認められており、これまで拠点として認定されています。今回も来年度から始まる拠点に対し申請し、認定されました。これは共同利用に参加されている共同利用研究者の皆様、それに関係する関係者の皆様のお陰だと思っております。この場をお借りしまして御礼申し上げます。そうしたわけで、この 4 月から新しい期に入りますが、その一方でご承知かと思いますけれども、これまで共同利用研究を中心として支えてきた大型施設である、研究用原子炉・KUR については、この先長く運転を継続するのは困難な状況であり、現在京大内で将来の停止を見据えた検討が行われています。次期の 6 年間、第四期期間中に、当研究所の在り方が大きく変わることとなります。

本日の将来計画短期研究会は、当研究所の現状を皆様方にご紹介し、当研究所だけでなく、特に、今後の大学を中心とした原子力研究のあり方についてご議論頂きたいと考えています。本日のプログラムは、既に公開されていますように、前半の部で、研究炉を中心とした状況のご紹介、我々の KUR、KUCA の状況を紹介させて頂くとともに、我々も参加しており文部科学省が主導しております、もんじゅサイトに設置する予定の新試験研究炉の紹介を原子力機構の峯尾様よりして頂きます。午後からは、今後は我々も必ずどこかでは実施しなくてはならない試験研究炉の廃止措置、これを先行して行っております、東芝の吉岡様から、実際の事例を紹介していただきます。その後、大学における原子力研究所の状況報告として、東京工業大学の竹下所長、福井大学の宇埜所長、近畿大学の山西所長からそれぞれ状況報告を頂きます。その後我々の研究所として、今後どういうことを考えているかというロードマップの検討状況を紹介させて頂き、それらをもとに、総合討論として大学を中心とした今後の原子力研究の在り方について議論を行うという流れで実施する予定です。

今日は多くの方にご参加頂いています。五十嵐副所長からの話にもありましたように、午後 5 時近くまでの長丁場となります。またオンラインということで色々と不都合もあるかと思いますけども、是非とも最後までご参加頂き、積極的に皆様のご意見を承りたいと思いますので、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
所長　中　島　　健

# ２．KUR 及び KUCA の現況と今後の予定

（京大複合研）三澤　毅

2022年2月17日
将来計画短期研究会

# KUR/KUCAの現況

- KURの運転状況と予定
- KUCAの運転状況と予定（低濃縮化）
- 使用前検査・トラブル等
- 炉規法改正への対応
- その他の施設等

京都大学 複合原子力科学研究所
三澤 毅



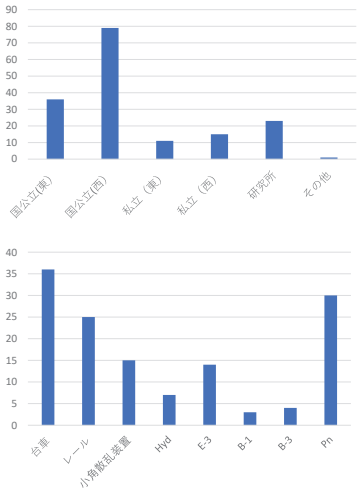
## KURについて

- 本年度は6月29日より共同利用開始し、2月3日まで共同利用運転
- 本年度24週間運転

- これまで通り、火曜日より1MW運転を開始し、木曜日に約6時間の5MW運転という運転パターン
- 新型コロナの影響は最小限に押さえられた
- 共同利用通常採択
  - 2021年度：165件
  - 2022年度：185件



## 2021年度のKUR共同利用採択






## KUCAについて

- 本年度は4月から8月まで運転した後に定期検査
- 新型コロナの影響で、本年度のKUCAでの学生実験は実施できなかった
- 現在、低濃縮燃料を導入するための設置変更申請の審査中であり、2022年度は運転は行わない予定

6/4 Run No. 10000回到達



## 使用前検査、トラブル等

- 使用前検査
  - 液体廃棄物分析用放射能測定装置の設置
    - 廃棄物処理棟から放流する処理水の放射能を測定する装置
    - 6月17日付けで合格

- トラブル等
  - 本年度、外部に公表する必要があるようなトラブルは発生していない



## 炉規法改正への対応（1）
### 新検査制度①

○2020年4月から新検査制度が施行

○ 改正の具体的内容は次のとおり。

- 原子力安全に対する事業者の一義的責任の徹底のため、これまで施設の技術基準への適合等を国が直接確認していた検査は廃止され、事業者が検査するよう変更された。
- 事業者の活動を総合的に監視及び評価する、「原子力規制検査」が新たに設定された。
- 原子力規制検査の実施のために、検査官が事務所等に立ち入ること、書類を検査すること、質問すること及び試料を提出させることの権限が規定された（フリーアクセス制度）。
- 原子力規制検査の結果に基づき、停止命令等の措置を講ずることができる

## 炉規法改正への対応（２）

### 新検査制度②

- これまで、国が行ってきた「施設定期検査」、「使用前検査」は廃止となり、これに代わり「定期事業者検査」、「使用前事業者検査」を事業者が実施する。
- 新検査制度の導入に当たっては、以下の対応が求められている。
  - 担当部署から独立した検査員による検査を実施する仕組み：独立検査制度
  - 保安活動における不適合や気づき、他事業所等での不具合等を適切には案活動に反映する仕組み：是正処置プログラム（CAP：Corrective Action Program）

原子炉安全委員会の下に、次の2つの小委員会を設置

〇検査小委員会
　施設の保守担当部室から独立した組織が行う検査（独立検査）を実施するための委員会

〇 ＣＡＰ小委員会
　是正処置プログラム（CAP：Corrective Action Program）を実施する上での全所的な会議体

7

## 炉規法改正への対応（３）

### 新検査制度③

### 検査小委員会による定期事業者検査の実施

新規制定された「検査試験の方法に関する手順書」に従い、KUR及びKUCAの定期事業者検査を実施

KURの検査の流れ

- 3月16日：検査受検計画書審査願の提出
- 4月16日：検査チーム発足（発令）
- 4月19日：規制委員会宛に開始前報告書を提出
- 3月～5月：検査要領書レビュー
- 5月～6月：検査の実施
- 6月25日：合格証発行
- その後、規制委員会宛に定期事業者検査終了報告を提出

8

## 来年度以降の予定

- KUR
  - 2022年度の上半期は炉心タンクの健全性検査等のため、共同利用運転は下半期からの予定
  - 今後のKURの取り扱いについては、現在、京大本部と議論中
- KUCA
  - 2022年度は運転を行わない
  - 低濃縮燃料を導入するための設置変更申請の審査中
  - 運転再開時期は未定（2023年度中を目指す）
  - 低濃縮ウラン燃料炉心の特性試験実施後、各種研究及び人材育成に活用の予定

9

## その他の施設について

- 電子線型加速器（LINAC）
  - 2022年前期に電源工事のため利用できない
  - 今後も利用を継続する予定
- 新研究棟の建設
  - 現在の研究棟の横に新研究棟（4階建て）を建設する予定で、2022年度中に完成予定
    - 1F：実験室
    - 2F：安全管理施設、関係者居室
    - 3F、4F：教員居室
  - 2023年度に現在の研究棟を改修して実験室、教員居室を設ける
- 共同利用宿泊所
  - 2021年度末で共同利用宿泊所を廃止する

10

## コバルト60ガンマ線照射装置

- 2007年に線源更新
- 長期間使用している照射装置、マニピュレーターを使い続けるためには大幅な保守改修が必要
- 2018年9月の「特定放射性同位元素の防護（RIセキュリティ）」の法令改正
  - 管理負担の増加
  - 購入費用の大幅な増加
  - 線源撤去費用の大幅な増加
- 2023年度末でコバルト60ガンマ線照射装置を廃止する
- 今後、代替となり得るＸ線照射装置等の設置を検討する予定

11

２．KUR 及び KUCA の現況と今後の予定　質疑応答

五十嵐：三澤副所長から現況と今後の予定ということでご報告でした。どうもありがとうございます。皆様方からのご質問等お受けしたいと思います。コメントでも結構でございます。

峯尾：原子力機構の峯尾でございます。ご講演ありがとうございます。一点お伺いしたいのは、原子力機構も同じようなところですが、いわゆる検査制度が導入され、そちらでも独立検査が行われているとおもいますが、その検査を行うのは身内の方になるのでしょうか。お伺いしたいのはどういったところで独立性を担保されているか。何か一定の苦労があるのかなとは思うのですがその辺をお伺い出来ればと思います。よろしくお願い致します。

三澤：ご質問どうもありがとうございます。独立検査の「独立」というところをどうするかは、我々も非常に悩ましいところでございます。やはり管理をしている人数は限られている中で、どう工面するかは大変苦労したところでございます。我々の所には KUR 関係の KUR 部、KUCA 部、廃棄物処理部、放射線管理部、実験設備管理部といういくつかの部がございまして、まず KUR の検査の場合はそれ以外の部の人が中心になって行うことが第一の方針でございました。ただ、やはりそれでも十分な人数が確保できないこともございますので、KUR の同じ部のなかでもいくつかの管理担当班に分かれておりまして、そういう方が自分の管理している場所とは違う検査に入るという形で独立性を担保するということで進めさせて頂いています。その辺りは非常に人数が少ない中大変だったところではございますが、基本的には今のような形で違う部のものを検査する、どうしてもという場合には違う装置、担当装置から外すということで対応してきた所でございます。

峯尾：分かりました。ありがとうございます。機構の場合はやはり人数がおります。例えば所長の元に新しい独立検査をおこなうような組織を設けて、そこに人を集めることが出来るところもあります。京大炉はそういったところをさらに工夫されていることが良く分かりました。ありがとうございました。

三澤：ありがとうございます。

五十嵐：チャットから 1 つ質問がございます。鬼柳先生から、KUCA 停止中は学生実験もお休みですか。何か補完するような方策はとられていますか。

三澤：鬼柳先生ご質問ありがとうございます。KUCA につきましては、新規制基準対応で 2014 年から 2017 年にかけまして運転を停止したことがございます。その時も KUCA

の学生実験が出来なかったものですから、代替実験ということで、天然ウランを用いた未臨界実験を新たに設定して行っておりました。天然ウランを使ってもある程度増倍は測定できますので、中性子の増倍、中性子の分布測定などを行うことで学生実験に対応させて頂きました。いまのところ、KUCA は 2 年程停止の可能性があります。その間も未臨界実験を行いたいと考えております。未臨界実験はまさに 1950 年代に臨界実験装置が出来る前に、こういう学生実験で行っていたところではないかと思います。それを今になってということにはなりますが、もう一度勉強して、導入したというところでございます。学生の方には原子炉そのもので実験して頂きたいのは山々ですが、それでも原子炉の一部であります、核燃料を使った実験は何とか確保して実施させて頂いています。一応来年度以降もその予定でございます。ありがとうございます。

鬼柳：今の回答で結構でございます。ありがとうございました。

五十嵐：ありがとうございます。山西先生から手が挙がったようです。お願い致します。

山西：先程の KUCA が停止している期間ということで、近畿大学の原子炉のほうでも少しプログラムを用意しているところです。今まで KUCA で行われていました増倍の関係のものを近大炉で出来るものに限りはありますけど、準備中であります。以上です。

三澤：ありがとうございます。お世話になりますがどうぞよろしくお願い致します。

五十嵐：関連したご質問などございませんでしょうか。竹田先生よろしくお願い致します。

竹田：少し気になるのが、未臨界実験というのも大事なのでしょうが、やはり KUCA は特に学生さんの人材育成で、学生さんに「臨界というのはこういうもの」というのを実際に体験して頂いて、原子力を理解してもらうのが大事だと思っています。そういう意味で是非、低濃縮になってどこまで研究が出来るかわかりませんけれども、研究プラス人材育成を、是非今後ともやって頂きたいと思っています。

三澤：竹田先生どうもありがとうございます。今日の終わりの方にあります、将来計画というところにもありますが、その中でやはり原子力の人材育成というのは非常に重要であることは我々も認識しているところでございます。今、所内では、今後の組織改善、組織を改めて、KUR が無くなった以降に対応できるようどうすればいいか、というのを議論しているところでございます。その中でも先生に今ご指摘頂きましたように人材育成の重要性は十分認識しているところでございまして、組織の改編のあとも人材育成をどうやっていくかは、つい最近も議論を行ったところでございます。KUCA につきましては、先程ここにも書いておりました低濃縮ウランを使った

後も、今のところ C 架台(軽水減速架台)を用いまして、学生さん向けの人材育成はしっかりとやっていきたいと思っておりますので今後共よろしくお願い致します。以上です。

五十嵐：ありがとうございます。貴重なご意見を承ったと考えております。他にいかがでしょうか。

三澤：KUR の今後につきましては、後半のロードマップの検討のところでも時期的な話が若干出てくるかと思いますので、そのあたりでまたご説明させて頂くことになると思います。先程、中島所長からありましたとおり、KUR というのは残念ながら今後継続することは厳しい状態だというところでございますので、今後 KUR をどうするかというところ、それから、この次に峯尾様からご発表いただきます福井炉との関係も、今我々活発に議論しておりまして、福井炉の建設へもこの研究所としてしっかりと貢献していきたいと考えているところでございます。KUR 等で培った実験装置等のノウハウを是非とも福井炉、福井炉は暫定的な名前でそういうふうに呼んでしまいますが、そこの建設等にしっかりと活かしていきたいと議論しているところでございます。

五十嵐：岩瀬先生、お願い致します。

岩瀬：先程、KUR とか KUCA、それから電子線ライナック、あとコバルトのお話はされたのですが、FFAG やサイクロトロンについてはどうなのでしょうか。

三澤：はい、ご質問どうもありがとうございます。今ご質問頂いたことがここには入っていませんでしたが、まずサイクロトロン、医療用サイクロトロンの 30MeV のものは、これまで BNCT の治験のために利用していたところでございますが、治験が終了して、住友重機械工業様から京大に移管されたところでございます。このサイクロにつきましては、今後これを積極的に活用していきたいと考えております。今ビームラインは医療用に特化したものでございますが、このサイクロを使った中性子利用ができるような方策がないかというところを内部でしっかりと議論しているところでございまして、今後活用していきたいと考えているところでございます。一方 FFAG についてですが、これも所内では色々と議論しているところでございますが、今のところ残念ながら FFAG は今後手を付けずに、どうなるかわかりませんが、利用は収束する方向にいくのではないかということで進んでいるところでございます。FFAG はパワー的に 1 nA の 150MeV ということでその陽子利用、中性子利用もそこまで、その利用ができるという装置になっていないことも鑑みて、そちらのマンパワーはサイクロの利用に出来れば移して進めていきたいと考えております。

岩瀬：ありがとうございました。FFAG ですね、ADS の研究に使っておられたとおもうのですが、ADS については今後どうなりますか。

三澤：ADS につきましても FFAG が利用できなくなりますと、FFAG を使った ADS の利用を停止せざるを得ないと考えているところでございます。実は KUCA には FFAG 以外にコッククロフトの加速器があったのですが、実は、設置以来 4 0 年以上経過しています。 現在故障中で、更新ができない状態になっております。ですので、内部としては DT のコッククロフトに代わる加速器を導入して ADS 的な炉物理実験ができないかと検討はしているところでございますが、まだ具体的にそこまでいっていません。こういう加速器が良いなという候補はあり、実はそういう申請も行っているところでございます。まだお金的にもついてないところでございます。

岩瀬：はい、どうもありがとうございました。

山本：KUCA の審査で大変に苦労されているということで、本来ですと去年の今頃から運転がはじまっていないといけないのですが、この審査で苦労しているということで、あるべき審査のありかたについて、オープンの場で議論するようなお考えはありますでしょうか。といいますのは、この審査のありかたがですね、この後の福井の新研究炉のほうに大きく関連してくると思うんです。ということで KUCA でやっているような審査のやりかたを今度の新しい研究炉でやったりすると、審査で一体何年かかるのか分からない。10 年 20 年審査にかかるのではという感じがするということで今後の審査のありかたについてどこか公の場、原子力学会とかで議論しておく必要があるのではないのか、ということでございます。それについていかがでしょうか。

三澤：山本先生ありがとうございます。今お話ありましたとおり、実は審査は 2019 年の 5 月に申請をおこないまして、もうすでに 2 年半以上の期間がかかっております。想定以上の時間で、当初は 1 年以内に申請が通るだろうということで、新規制基準対応の時は 2 年で通りましたので、それよりは短いだろうということでやっていましたが、このように長期間かかっているところです。1 つはいままで KUCA 新規制基準対応のときは、ヒアリング対応で話がどんどん進んでいたのですが、今規制庁の方針が変わりまして、全てがオープンのディスカッション、審査会合を通さないと全て物事が進まないということで、かなり手続き的に大変になっているところがございます。今、山本先生からご指摘を頂いた通り研究炉の規制がもともと発電炉とかなり同じ様な厳しい規制を受けていたところでございます。グレーデットアプローチということで 2016 年 5 月に規制委員会に一応まとめを出しているのですが、実はそれもかなり曖昧になっておりまして、あまりしっかりとブレイクダウンされていると考えていません。ですから主にグレーデットアプローチ的な考えを導入していかないと研究炉の審査は非常に厳しいなというふうに思っております。今、山本先生からご指摘が

ありましたとおり、何らかの機会にこういう困っているところを学会から規制庁に意見を言ってもらおうかという話しも正直しているところでございますので、今後今日ご参加頂いている先生方にもご協力を頂いて、学会がいいかと思いますが、原子力の規制というもの、学会から見た問題点をまずは明らかにしてその中で今後の研究炉、JAEA のほうも STACY の準備をしているところでございまして、かなり時間がかかっているということで、そういうところにも活かせるように議論をして、我々は規制されている側ですので、規制庁に意見が言える立場ではないですので、独立の学会などの立場からサポートして頂きたいなと思っているところでございます。今後 JAEA、近大炉の方ともご相談しながらオープンにディスカッションできる場を設置して、福井炉の審査がこれから行われるのでそこへ活かせるようにして頂きたいなと思います。先生方に色々とお世話になります。是非ご意見をお寄せいただきたいと思います。以上でございます。

五十嵐：ありがとうございました。新規制基準への対応や、審査のありかたになりますと、色々と議論になりますし、もっと盛り上がって話が脱線するかと考えますけど、そろそろ次の話題に移りたいと思います。三澤先生ありがとうございました。

三澤：ありがとうございました。午後のディスカッションもよろしくお願い致します。ありがとうございます。

# ３．「もんじゅ」サイトに設置する

# 新たな試験研究炉

（ＪＡＥＡ）峯尾　英章

令和3年度将来計画短期研究会

# 「もんじゅ」サイトに設置する新たな試験研究炉＊

令和4年2月17日
日本原子力研究開発機構
峯尾英章

＊: 本稿は、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」に係る第2回コンソーシアム委員会の資料等に基づいて作成

## 内容

- ○もんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉の設置に関する経緯
- ○もんじゅサイト試験研究炉検討の体制
  - ➢ 令和3年度の動き
- ○「もんじゅ」サイトに設置する試験研究炉のスケジュール
- ○各WGの活動状況
- ○まとめ



## もんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉に関する経緯

**【H28.12】新たな試験研究炉の設置**
原子力関係閣僚会議において、「 もんじゅ 」を廃止措置する旨の政府方針を決定した際、**将来的に「もんじゅ」サイトを活用し 、新たな試験研究炉を設置**することとされた。

**【H29-R1】新たな試験研究炉に関する調査**
文部科学省は、多様なステークホルダーからなる**外部有識者委員会において、新たな試験研究炉に関する調査を実施**（原子力安全研究協会が受託）。

**【R2.5】炉型候補の選定**
上掲の調査の結果、文部科学省は炉型候補を複数選定。

**【R2.9】中出力炉への絞り込みと概念設計等の公募**
地元福井県・敦賀市の意見聴取、文科省の審議会での議論を経て、炉型については、幅広い分野で基礎から産業利用まで対応可能で、 利用者の規模も大きい、**中性子ビーム利用を主目的とした中出力炉に絞り込まれた**。

- ○ 西日本における原子力の研究開発・人材育成の中核的拠点としてふさわしい機能の実現と地元振興への貢献の観点で絞り込み
- ○ 2020年度より概念設計に着手し、2022年度中に詳細設計を開始

文部科学省より「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」の公募がなされた。

**【R2.11】概念設計等の開始**
**原子力機構、京都大学及び福井大学が委託事業の中核的機関として採択**された。



## 候補炉型の絞り込み

【参考１】
第29回原子力委員会定例会（R2.9.23）

**検討の際に候補とした炉型**

○委託調査の中で、大学、研究機関、メーカー、地元の有識者による会議を設け、候補となる炉型の整理等を実施。

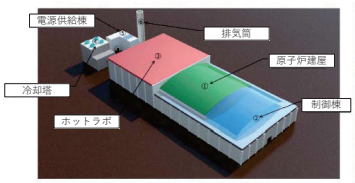
| 炉型 | 臨界実験装置＋加速器 | 低出力炉 | 中出力炉 | 高出力炉 |
|---|---|---|---|---|
| 熱出力 | 数kW | 500kW | ＜10MW | ＞20MW |
| 特徴 | ○核物理研究等の基礎研究に強み<br>○原子力研究を学ぶ人材の育成に強み<br>×発生する中性子を利用した応用研究は出来ない | ○中性子による燃材料照射など、一定の応用研究は可能<br>○原子炉の運転実習を通じた人材育成に強み | ◎中性子ビームによる物質の構造解析・内部イメージング等、材料・ライフサイエンス等の幅広い分野の応用研究、人材育成に強み<br>○産業界の参画も見込まれる | ○より高性能な原子炉が可能となる<br>×「もんじゅ」サイトのスペース上の制約から、設置は不可能 |
| 建設費（概算） | 約200億円 | 約300億円 | 約500億円 | － |
| 類似の既存炉と利用者数 | KUCA<br>約1,000人日 | UTR-KINKI<br>約1,200人日 | KUR<br>約5,400人日<br>※研究所附属の他設備利用者も一部含む | JRR-3<br>約22,500人日 |

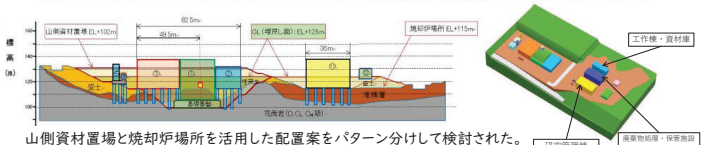
※コストについてはあくまで概算であり、今後、概念設計等を通じて具体化
※設置場所は、いずれも「もんじゅ」サイト内の高台（現在は資材置き場等）を想定
・右図青枠：「もんじゅ」本体設置場所
・右図赤枠：想定される新たな試験研究炉の設置場所

## 試験研究炉のレイアウトイメージ

文部科学省 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 原子力科学技術委員会　原子力研究開発・基盤・人材作業部会（第3回）資料3 (R2.5.20)より

文部科学省の調査で示された試験研究炉のレイアウトイメージ






山側資材置場と焼却炉場所を活用した配置案をパターン分けして検討された。
試験研究炉の建設では、一定の掘削、土木工事が必要。

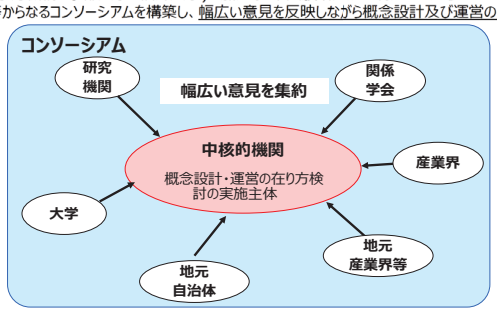
⇒ 今後は、地質調査により建設の可否を含めた詳細な情報を獲得する。

文部科学省 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会
原子力科学技術委員会 原子力研究開発・基盤・人材作業部会（第3回）資料3 (2020.5.20)に基づき作成



## もんじゅサイト試験研究炉検討の体制

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術界、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

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 に基づき作成

## 令和3年度の動き

### 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、京大新型研究炉開発・利用センター(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)

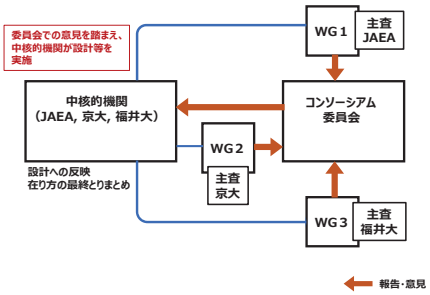
- 中核的機関からの構成員に加え、WG3には福井県及び敦賀市が参加
- 検討状況についてはコンソーシアム委員会で報告していく
- 令和３年７月より活動開始



## コンソーシアムにおける検討体制図

**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）**




- テーマに関係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。



## 参考）令和3年度コンソーシアム委員会：委員

○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



## 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： プレスオーブン （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に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。

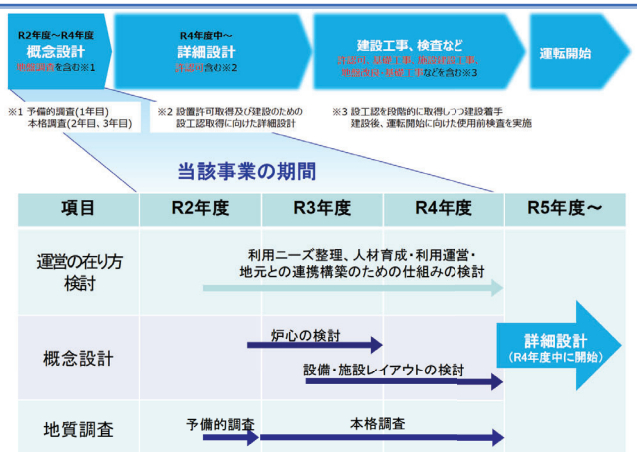
**【地元産業界】**
- 中性子利用は地元企業にとって未知であり、伴走型支援が重要。
- 人材育成面では、地元企業の若手社員の育成にも役立てたい。
- 敦賀市の地元企業は下請が多く、企業育成が重要。
- アクセスが悪い点について、市街地にラボをおいてリモート利用等の工夫を。
- 原子力への若い世代の人気が下降しており、魅力の発信が必要。

**【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久々であり、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ＲＩ製造への期待が高く、それに適した設計が重要。
- 合理的な規則の在り方を本格的に検討すべき。



## 「もんじゅ」サイトに設置する試験研究炉のスケジュール




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



## WG1(試験研究炉の設計・設置・運転) の活動状況

○概念設計

○地質調査

## 試験研究炉概念設計（基本方針）

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

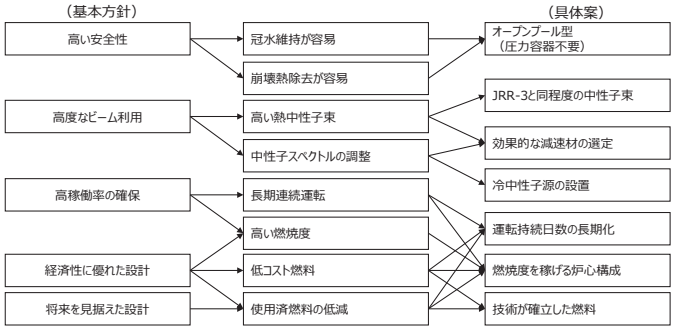
③経済性に優れた設計
- ○既存の技術の応用、高価な構成要素の低減、汎用品の活用
- ○設置予定地の省スペース化、設備・機器のユニット化、パッケージ化
- ○ランニングコスト、メンテナンスコスト、ユーティリティコストの低減

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



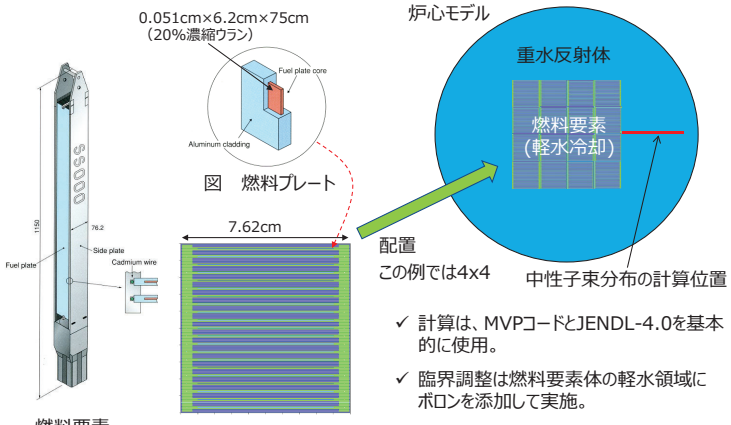
## 現状の設計目標と達成見通し・ニーズの反映




| 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 | $10^{14}$ (n/cm²/s) 以上 | 達成見込み | 1.0~2.0×$10^{14}$ n/cm²/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 |



## 炉心概念検討：炉心解析の基本モデル及び使用コード

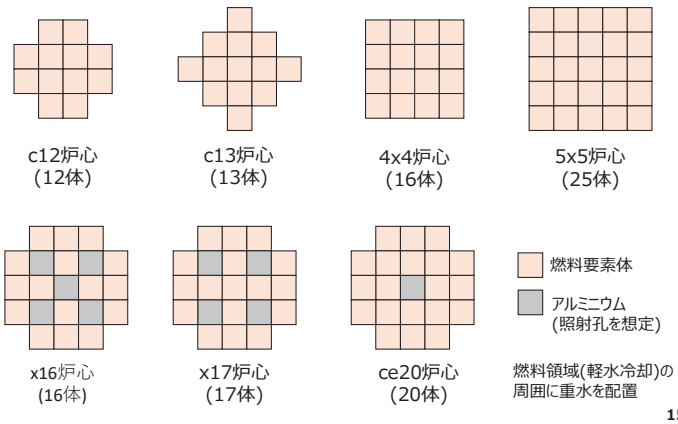



- ✓ 計算は、MVPコードとJENDL-4.0を基本的に使用。
- ✓ 臨界調整は燃料要素体の軽水領域にボロンを添加して実施。
- ✓ 燃焼計算コードはMVP-BURNを使用。



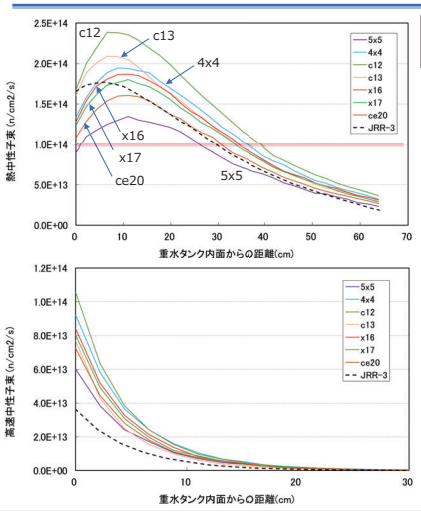
## 炉心概念検討：炉心解析の基本モデル及び使用コード

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。





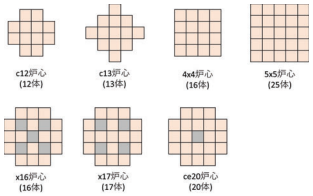

## 炉心概念検討：中性子束解析結果




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。

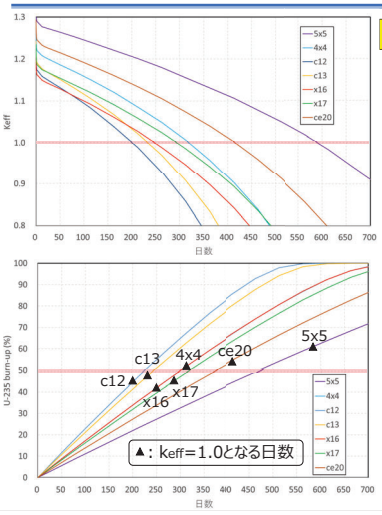
・なお、高速中性子束の結果でJRR-3が低いのは、燃料領域から重水タンクまでに距離があるため。




※熱出力10MW (JRR-3は20MW)



## 炉心概念検討：燃焼解析結果




燃焼計算結果(keffおよびU-235燃焼度)

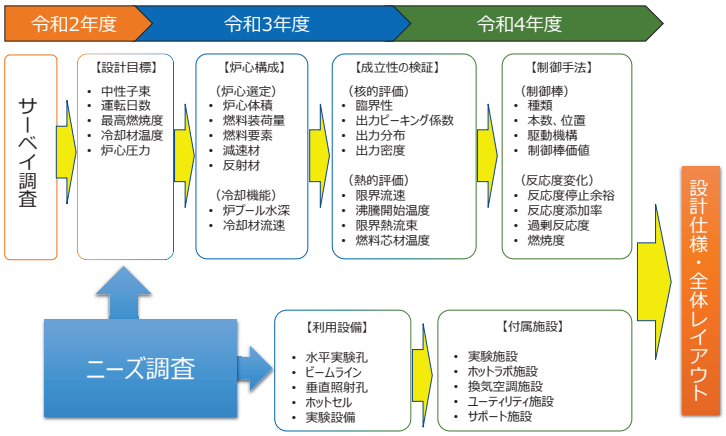
・今回の解析では、ce20炉心，5x5炉心は400日以上にわたり臨界を維持している。

・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

## 試験研究炉概念設計（今後の予定）






## もんじゅ敷地内地質調査

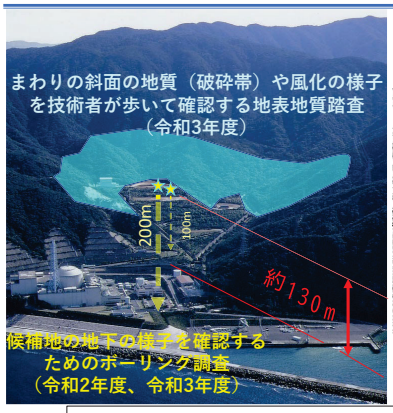
令和２年度～令和４年度の調査のポイント

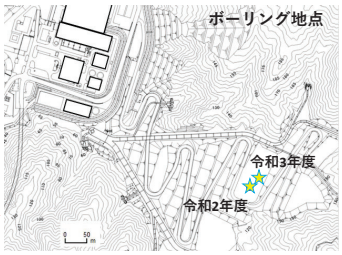
➢ **試験研究炉の設置を直ちに阻害するような地下構造の有無の確認**
➢ 許認可申請に向けた地質・地盤情報の取得
- 岩盤は、どれだけ掘れば出てくるか？
- 岩の種類や硬さはどうか？
- 大規模な破砕帯やすべり面となるような脆弱部は存在していないか？

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。



## もんじゅ敷地内地質調査（令和３年度）



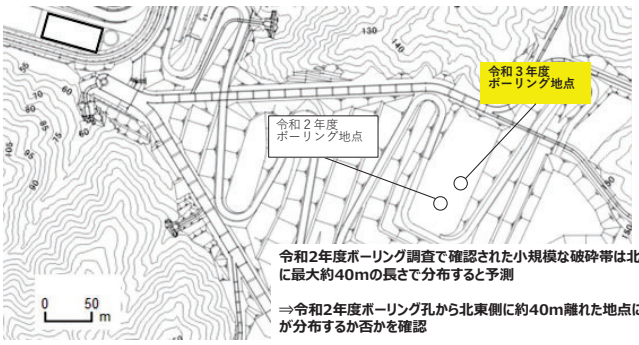

調査位置

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



## もんじゅ敷地内地質調査（令和３年度）

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2年度ボーリング調査で確認された小規模な破砕帯は北東方向に最大約40mの長さで分布すると予測**

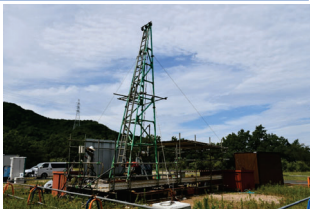
**⇒令和2年度ボーリング孔から北東側に約40m離れた地点に破砕帯が分布するか否かを確認**

ボーリング調査地点



## もんじゅ敷地内地質調査（令和３年度）

<u>令和３年度調査の進捗状況</u>
・地表地質踏査
　→実施要領検討中（11月実施）
・ボーリング調査（深度200m）
　→実施中（8/26掘削開始）
　**12/24現地調査終了(206m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<br>ボーリング掘削・コア採取等 | | | 11月末掘削終了<br>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 | → | | |

<u>令和４年度地質調査に関し、以下について検討を開始</u>
✓ 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



## 運転段階の原子炉運転管理に係る人員数の試算結果

**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 |
| **総計(通年)** | **80～90** |

※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。

## WG1 まとめ

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。

24

## WG2(幅広い利用運営)の活動状況

○活動方針

○活動状況

○今後の活動

25

## 「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。

26

## 「幅広い利用運営WG」（WG2） 活動の背景

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はなく、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）。

27

第1回コンソーシアム委員会
京大発表資料より

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

28

## WG2の役割について

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。**

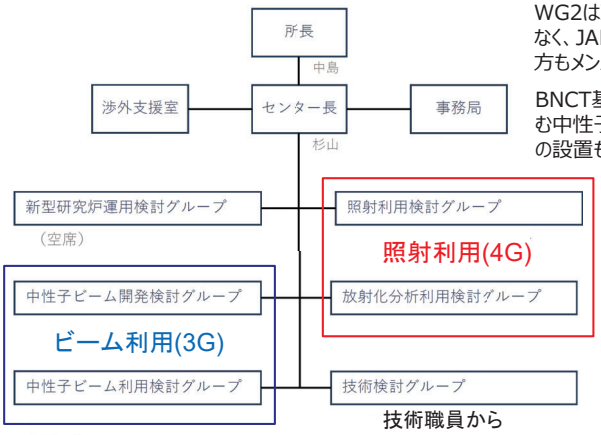
これらを達成するためには、幅広い多様な専門家の協力が必要。
中核的機関を中心に、専門的かつ組織的に動きが重要（まず体制）。

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、京大新型研究炉開発・利用センター（KNRR)を設置。

29

## 京大　新型研究炉開発・利用センター(KNRR)

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



## WG2の現在までの活動

| | WG開催<br>開催日：議論内容 | 他機関・学会等との意見交換等<br><br>開催日：概要 | 関連セミナー等開催による情報発信<br><br>開催日：概要 |
|---|---|---|---|
| WG2 | 7/14：活動計画検討（WG1と合同開催）<br>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）<br><br>専門家と意見交換<br>9/9 小角散乱測定<br>9/16 ダイナミクス測定<br>9/17 反射率測定<br><br>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<br><br>08/27 日本放射化学会 核化学夏の学校での意見募集<br><br>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<br><br>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



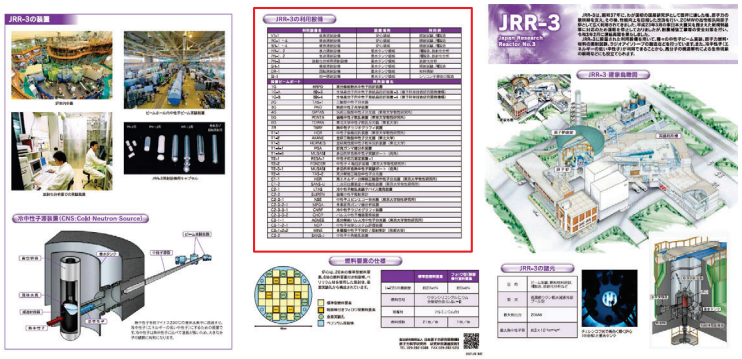
## WG2の今後の活動

- 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）



## 目指すべきアウトプットのイメージの雛形

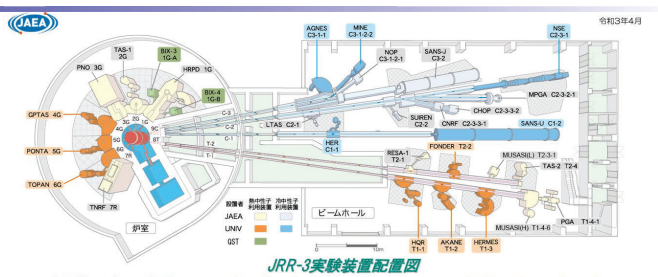
関連コミュニティ（専門家）と方針を密に確認し、既存の施設の成長を取り込むよう順次更新していくことを目指す。重点項目：利用設備整理




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




JRR-3実験装置配置図

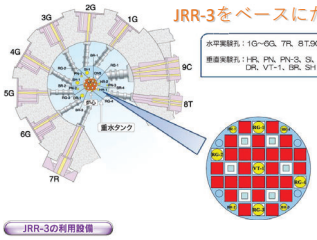
熱中性子ビーム（炉室）　熱中性子ビーム（ビームホール）　冷中性子ビーム（ビームホール）

| ビームポート | | 実験装置 | 略称名 | ビームポート | | 実験装置 | 略称名 | ビームポート | | 実験装置 | 略称名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 | 金研衝撃型中性子粉末回折装置 | TOHOKU | C2-1 | LTAS | 冷中性子粉末測定デバイス開発装置 | 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 | 中性子スピンエコー分光器 | 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 | 中性子偏極回折装置 | 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 | パルス中性子偏極解析装置 | JAEA |
| 7R | TNRF | 精密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 | ISSP | C3-1-1 | AGNES | 高分解能(1meV)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



JRR-3をベースにたたき台となる利用設備案を検討中




JRR-3の利用設備

- 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。

## WG2の今後の活動

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行い実施する）

○WG:重点項目の整理及び進捗現状確認

○他機関・学会等との意見交換等によるｲﾝﾌﾟｯﾄ(※)
日本中性子科学会との意見交換(Roadmap委員会WG)
専門家と意見交換：小角散乱測定、ダイナミクス測定、反射率測定、固体物性測定
イメージング KUR,JRR-3装置責任者、利用者ヒアリング
放射化学会（新研究炉検討委員会)
材料照射　関連研究者にアンケート実施
陽電子(意見聴取)
RI製造に関する打ち合わせ

※：一部は実施済



## まとめ

●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

●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。

※：ビーム輸送・CNS・BLレイアウト、分光器・装置、運営体制



## WG3(地元関係機関との連携構築)の活動状況

○活動計画

○活動状況

○今後の活動



## 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。

※：伴走型とは、単なる実験装置の提供だけでなく、実験装置を用いた計測・評価等に関する具体的な要望を踏まえた、実験内容の提案や解析までを含める支援の方法。

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
産業利用に期待できる技術としては、
〇微量元素分析
・放射化分析、即発ガンマ線分析
〇非破壊検査
・中性子イメージング
〇構造解析(ミクロ)
・中性子散乱・回折 、小角散乱 、反射率
等が考えられる。
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)

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。

# 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)

■ 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）

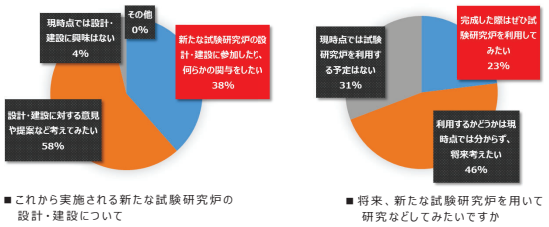
・川端祐司（京都大学 複合原子力科学研究所名誉教授　）
　「もんじゅに設置される新試験研究炉の現状」
・宇埜正美（福井大学 附属国際原子力工学研究所所長）
　「福井大学における活動」
・田中 浩基（京都大学複合原子力科学研究所教授）
　「BNCTから見た試験研究炉への期待」



# WG３(地元関係機関との連携構築)

■ 活動状況（つづき）

事後アンケート結果（回答数：26件、回収率約5割）




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。



## 参考）福井県によるニーズ調査の概要

### 福井県が「試験研究炉利用促進準備業務」を開始(R3)

○福井県が策定した嶺南Eコースト計画の基本戦略Ⅰ(原子力関連施設研究の推進および人材の育成)プロジェクト2（新たな試験研究炉を活用したイノベーションの創出、利活用の促進）の推進を目的としている

○令和3年度は、広報パンフレット作成、講習会(企業、学生向け）開催、KUR視察、付属施設のあり方検討などを実施。

### 第2回ｺﾝｿｰｼｱﾑ委員会(10/22)で県の新試験研究炉のニーズに関するアンケート調査の状況がWG3の報告で示された

○ＲⅠ利用関連企業等に対する調査

➢RIの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、新試験研究炉での製造に期待しているとの回答

○建設業・製造業に対する調査

➢「使ってみたい」あるいは「詳細な説明や文献を入手したい」との回答。一方で、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。



# 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

参考）福井県事業

○企業向け講習会

○嶺北企業、嶺南企業を対象としたKUR見学ツアー

## まとめ

- ○ もんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉について活動状況を報告
- ○ 中核的機関は体制を整備しWGを設置して、概念設計及び運営の在り方の検討を実施
- ○ 令和4年度においては、WGを中心に、概念設計を進め、炉心構成や利用設備の全体像を明らかにしていくとともに、運営の在り方について検討を進める。

48

３.「もんじゅ」サイトに設置する新たな試験研究炉　質疑応答

五十嵐：峯尾様ありがとうございました。幅広にお話をいただいたと理解しております。ご質問などございませんでしょうか。

加倉井：峯尾様、詳細な状況、活動報告ありがとうございました。1 つ分かったことは、いわゆる概念設計がこの計画の中で終わり、その次のステップがいわゆる基本設計ですね、基本設計の後から詳細設計が始まるという、いわゆる詳細設計の時には皆さんがお話になっている規制庁との対応という関係がでてきるという、理解でよろしいでしょうか。

峯尾：基本設計のところで設置許可を頂くための申請書を作っていくことになりますので、基本設計の段階になりますと、規制庁との関係がでてきます。

加倉井：詳細設計からではないんですね。

峯尾：はい。詳細設計になりますと、物を作るとか工事をするとかの認可を頂く、設工認になります。

加倉井：そうすると先程おっしゃられた HTTR の時に基本設計から 12 年ですか。それとも詳細設計からでしょうか。

峯尾：私の理解ですと詳細設計になります。

加倉井：基本設計だとどれくらいの期間になりますか。

峯尾：なかなかお答えするのが難しいですね。というのは HTTR の例、私は一昨年担当していたので運転再開への許認可の経験から申し上げると、同じように設置許可変更をして、それに基づいて設工認を貰って HTTR の運転を再開したことになるのですが、設置変更許可を頂くのに、当初考えたよりかなりの時間がかかりました。規制庁担当官の方針にもよるのですが、設置変更許可申請の中に、次に行う設工認の詳細を設置変更許可の中に入れ込めとか、どうも発電炉のやり方のようなのですが、それを取り込むのにかなり時間を要しました。ただ、許可をもらったあと認可をもらう設工認の期間は、既に話をしておりましたから、非常に短くなりました。ですから、トータルとしてはあまり時間がかかっていないのかもしれません。ただ、何を申し上げたいかというと、基本設計でどれだけ詳細を入れ込まなければならなくなるのかとか、規制庁がどういう審査の中身を我々に示して要求してくるか、その辺りがまだ、原子力機構が建設主体になっていないので、規制庁と我々が接触するには微妙な段階で

すので、予想がつかない。ですから基本設計何年間位ですか、というのは規制庁と話をしてみないと分からないなというところではあります。

加倉井：利用者側を代表している中性子利用の観点からいきますと、いわゆる炉心の周の、先程峯尾さんがお話してくださった冷中性子源がどのような体系になるのかが我々にとっては興味の対象で、それが基本設計の中で非常に詰めた議論が必要という理解でよろしいでしょうか。いわゆる設置許可に向けてそこも含めてということになりますでしょうか。

峯尾：多分冷中性子原源は作る時に後から付けるわけにいかないものですよね。例えばJRR-3より強化するとなると、冷却する水素なり重水素なり、いずれにせよタンクの大きさとかをしっかり決めていかないといけない、そういったものの安全の考え方にどういうところがあり、リスクは何があるかを、設置許可を貰う時に合わせて話をしていかないといけないのかなと、機構や関係者の中では話をしていたりしますので、ある程度冷中性子源としてこれだけの性能を得るために、こういった規模が必要というのは、あらかじめ決めていかないといけないと話をしているところでございます。

加倉井：はい。どうもありがとうございました。

五十嵐：ありがとうございました。続きまして柴田先生お願い致します。

柴田：随分詳しいお話があり、現状がよく分かったのですが、やはり、原子炉を作るということですので、誰が作るのかということが一番重要ですよね。それで福井大学が作るのか、それとも京都大学が作るのかJAEAが作るのかということになったら、これJAEAがつくると言う他に手がないと思っている。それをどの段階で全体のことを決めていく上で重要な決定はやはり、トップというのがきちっと分かっていて、そこが決めていく格好にしていかないといけないと思うので、そこの部分は今後の問題なのかもしないけど、ちゃんと決めておかないと色々なコンソーシアムで色々な意見が出てきた時に最終的な決定を誰がするかというのは周りから見て分かるようにしないといけないだろうし、そうしないと上手くいかないのではと思うので、その辺りはいつ頃はっきりするのでしょうか。

峯尾：はい。ここはですね、最終的にどうなるかは中々私から申し上げるのは難しいかと思うのですが、この事業自身が文科省サイドの委託事業でやっているというところから、予算の枠組みなどが変わっていくのではと思います。そういったところで、「機構がやりなさい」とどこかで言われるのかなと個人的には考えているところですね。

柴田：まあ、おっしゃられたように、文科省が最終的に決めるんだけど、文科省が決めよう

とした時に誰に頼んだらいいのかなということが段々分かってくるようになっていないとまずいんだろうと思います。峯尾さんに任せておけば間違いないと皆が思っているのであれば、1つの手だと思うし。

峯尾：文科省でも多分作業部会といったところで色々話し合われていくのではと思います。それで、令和2年の9月に炉の中出力炉と決めた際に、原子力機構の名前も機関としてはもちろん望ましいと研究開発局の紙に上がっていたりはしましたけど、単に「望ましい」と書いていただけで、ある程度、何らかのプロセスを経て「お前らやれよ」と言われるのではと思います。

柴田：設置許可をもらう時も、誰に設置許可を出すかが決まっていないと出せないわけですよね。

峯尾：もちろん、その通りです。事業者が誰それで、事業者が設置許可を申請して、審査を受けて許可をもらうということはしっかりと決まっていないといけないです。名前も決めないといけないです。よろしくお願い致します。

五十嵐：よろしいでしょうか。関連のご質問等ございませんでしょうか。

篠原：どうもありがとうございました。今の原子炉の概念設計の様子が大分分かったのですが、我々は放射化学の分野でして、学会の中でも議論をしているのですが、大体話が出てきましたし、キーワードが入っていましたので安心はしてます。ただ、やはり原子炉は当然大事なのですが照射やそれを利用した色々なアプリゲーションを考えた時に、附帯設備といいますか、ホットラボ等を含めた附帯設備が非常に大事でして、それがしっかりしないといくら炉を作っても、人が集まって本当に研究、教育活動が活発に行われるということにはなりません。拝見したところ、やはり場所が狭いですよね。今日少し話がありました、もう一箇所にも場所が出来るということでしたけど、あの辺りも含めて、例えばホットラボを二つに分けるなど色々なパターンを考えられると思うのですが、そのあたりを是非検討いただけたらと思います。それとこれも大体話が出ていたのですが、研究所の附帯設備だけではなくて、研究者が居れるような共同利用的な、周りに厚生的な設備も必要です。それを考えるとかなり厳しそうなのですが、そうなると、もう少し離れるとまわりに研究機関がありますので、その辺との連携とか、RI製造をした後の分離を違う所で行うという話もありましたけど、近場でそういうことが出来るところが今のところなかなか無くて、京大炉まで持ってくるとかなりの距離で、寿命のことを考えると近い所の研究機関との連携が必要です。これは宇埜先生にお願いしたほうが良いかもしれませんけど、具体的に考えていく必要があると思っていますので、そのあたりも含めてよろしくお願いしたいと思います。

最後に、今原子炉を作る主体の話を柴田先生がされていましたけど、運営やユーザー対応などは京都大学さんのほうがかなり共同利用研としてのノウハウがあると思っていますので、もちろん JAEA と連携をされると思うのですが、大学の立場で考えると、なんとなく共同利用的な自由度の高い運営、利用が出来るほうが望ましく、この辺りは是非ユーザーからも言っていきたいと思いますのでよろしくお願い致します。以上です。

峯尾：ありがとうございます。おっしゃったことは、大体私にも耳に入ってきているようなところでございますので、それぞれについて一つ一つお答えはしませんけども、今後の検討をしっかりさせて頂きたいと思いますので、今後ともよろしくお願い致します。

五十嵐：ありがとうございます。今の篠原先生のご質問はある意味プッシュという感じだと思うのですが、うちのほうも、開発利用センターのメンバーからもどなたか決意表明ではないですけど、あってもいいような気がしますけどいかがでしょうか。

佐藤：色々ご説明いただきありがとうございました。現状までの流れは改めて再確認させていただきました。決意表明というよりはむしろ峯尾さんに京大に対するリクエストをお聞きしようかと思っていて、我々が果たすべき役割はどういったところを期待されているのかをお聞かせ頂きたいのですがいかがでしょうか。

峯尾：そうですね、今日お話させて頂いたのはワーキンググループでやられていることに象徴されるところかとは思いますが、やはり KUR あるいは KUCA もそうですが、炉の運営をされてきているというノウハウと、それからいわゆる利用設備にしてもビームとか、照射とか、あと生物の方もやれていて、色々な中性子利用についてもご経験があるというところ、そういった経験と、それと、今後作っていくためには、利用の先にある研究者、技術者のコミュニティーとのハブ的な役割を強く主導して頂いて担って頂いてより良い中性子利用ができるような炉を作るところを一緒に進めていっていただければと考えています。

佐藤：ありがとうございます。抽象的なことをお聞きして申し訳なかったなと思うのですが、我々としてもこの話を機構さんと密に連絡を取りながらやっていかないと難しい話かなと思っていますので、これからも是非ともご協力をよろしくお願い致します。ありがとうございました。

五十嵐：峯尾様ありがとうございました。

# ４．研究炉の廃止事例紹介

（東芝エネルギーシステムズ）吉岡　研一

TOSHIBA

令和３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　（オンライン）

# 研究炉の廃止事例紹介
## -東芝エネルギーシステムズ NCA/TTR-1の廃止措置状況-

2022年　2月　17日

東芝エネルギーシステムズ㈱
原子力技術研究所
吉岡　研一

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

Contents

01 東芝エネルギーシステムズの研究炉施設
02 NCAの廃止措置
03 TTR-1の廃止措置
04 まとめ

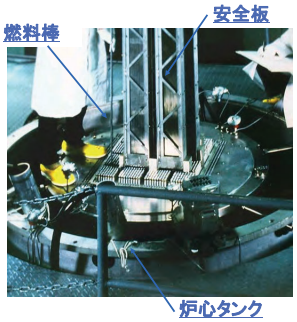
© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

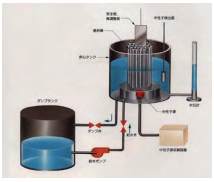
# 01
## 東芝エネルギーシステムズの研究炉施設

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 東芝臨界実験装置　ＮＣＡ

［施設の概要］
・設置の目的　　軽水炉燃料の開発研究
・原子炉の特徴　最高熱出力200W、低濃縮ウラン燃料
　　軽水減速型
・初臨界：1963. 12



© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 東芝教育訓練用原子炉施設（TTR-1）

TTR-1の外観等

［施設の概要］
設置の目的　：　原子炉技術の研究開発、
　　原子炉技術者の教育訓練
原子炉の特徴　：　熱出力100kW、
　スイミングプール型、自然循環冷却方式
設置許可　　：　１９６０．５．１３
初臨界　　：　１９６２．３．１３

解体物の保管状況

**現在の状況**

2001年8月　解体の届出
2003年5月　燃料搬出の完了
2004年2月　主要設備の解体
2007年5月　廃止措置計画の認可
2021年4月　保安規定の改定

**今後の予定**　引取事業体の運用開始まで静的状態を維持

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

# 02
## NCAの廃止措置

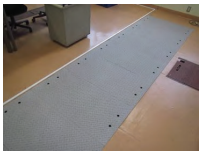
© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## NCAの現状

施設の外観

制御盤撤去前

制御盤撤去後



**現在の状況**

2021年4月28日　廃止措置計画認可

2021年10月～　機能停止作業に着手

**今後の予定**　燃料譲渡し海外へ搬出

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 2．NCAの廃止措置（1）

○NCAの廃止措置計画　令和3年4月28日に認可

NCAの廃止措置は3段階で実施予定

① 第1段階
・機能停止措置
　炉心封鎖
　給排水機能停止
　制御機能停止
　制御盤撤去
・燃料詰め替え
・燃料譲渡し
　海外へ搬出

今回認可されたのはこの範囲

燃料搬出後に開始

② 第2段階
・主要設備
　安全板、水位制御装置、水位計、水モニタ、中性子エリアモニタ、ポンプ・弁・配管　等
・廃棄物保管棟

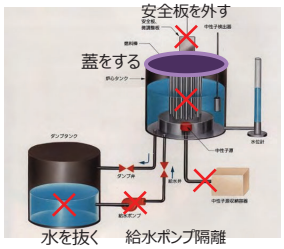
試験炉等の廃棄物の最終処分施設が稼働後に開始

③ 第3段階
・原子炉本体の一部
　炉心タンク、排出タンク、廃水タンク
・気体廃棄物処理設備
　排気処理装置、ダクト　等
・液体廃棄物処理設備
　屋外排水管　等
・固体廃棄物の搬出
　廃棄物の仕分け、搬出
・管理区域解除

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 2．NCAの廃止措置（2）

① 第1段階
・機能停止措置　（R3年10月～　実施）
　炉心封鎖：炉心タンクから格子板撤去、炉心タンクに蓋
　給排水機能停止：ポンプの配管を隔離、電源系統から隔離
　制御機能停止：安全板・微調整板を外す、駆動装置を電源系統から隔離
　制御盤撤去

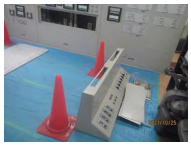



NCA制御盤　＞　撤去

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 2．NCAの廃止措置（3）

制御盤の解体



© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

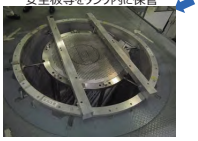
## 2．NCAの廃止措置（4）

安全板撤去、 炉心タンク上蓋設置

安全板取り外し

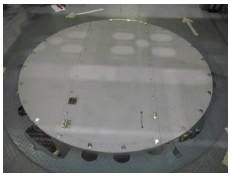
安全板

安全板ガイド



安全板等をタンク内に保管

炉心タンクに上蓋設置



施錠

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 3．NCA保安規定の改訂（1）

NCA廃止措置計画の認可に合わせて保安規定を改訂

主な変更点

第３章　運転管理　→　第３章　施設及び廃止措置の管理

第７章　廃止措置計画に係る解体物及び放射性廃棄物でない廃棄物の管理　新設
　＞　放射性廃棄物でない廃棄物（NR*）に対応するため
　　*Non-Radioactive waste

原子炉主任技術者*　→　**臨界実験装置主務者（NCA主務者）**＊＊
　＊　原子炉の設置、運転に必須の国家資格保持者を任命
　＊＊　原子炉主任技術者、核燃料取扱主任者、技術士から選任する

機能停止では、タンクに上蓋を設置し、施錠管理する。巡視点検に追加

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 3．NCA保安規定の改訂（2）　NR対応

新設（保安規定）

第７章　廃止措置計画に係る解体物及び放射性廃棄物でない廃棄物の管理

第１節　廃止措置計画に係る解体撤去した設備・機器の保管
・・・

第２節　解体物のうち放射性廃棄物でない廃棄物の管理
・・・

汚染がない、放射化がないことを判断

(1) 放射性廃棄物でない廃棄物の判断をしようとする対象物の範囲
(2) 放射性廃棄物でない廃棄物の判断方法
　イ. 使用履歴、設置状況の記録等による判断方法
　ロ. 汚染された資材等について、汚染部位の特定・分離を行う場合の判断方法
　ハ. 念のための放射線測定に係る事項
(3) 放射性廃棄物でない廃棄物と判断したものと核燃料物質によって汚染されたものとの混在防止措置

第３節　解体物以外の放射性廃棄物でない廃棄物の管理
・・・

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 4．NRの運用（1）　NRの下部規定

「放射性廃棄物でない廃棄物の処理マニュアル」

第2 章 NR 物の判断方法
（使用履歴、放射化等の調査）
（判断基準）
(1) 付着・浸透等の汚染がないこと
(2) 放射化による汚染がないこと
(3) 確認測定の結果において汚染がないこと　＜　念のため測定

「放射性廃棄物でない廃棄物取扱管理手順」　＜　記録様式を含む

3.4.3 **放射化の汚染に係る判断**
TTR-1 では、炉室コンクリート遮へい体外側は放射化を考慮する必要がないが、内側は放射化のおそれがあるため、別途計算評価を行う。
NCA では、装置室及び燃料室内で中性子による空間線量率が6.25μSv/h を超えた実績があるため、別途計算評価を行う。
・・・

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 4．NRの運用（2）　解析手法

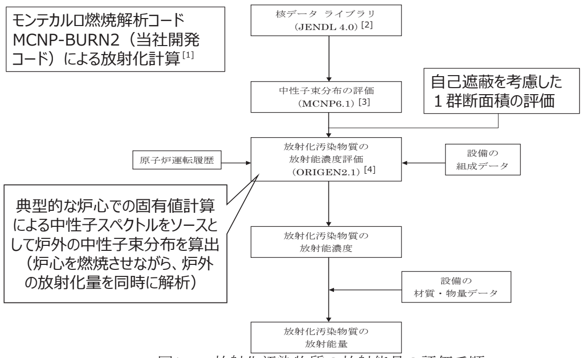



図1　　放射化汚染物質の放射能量の評価手順

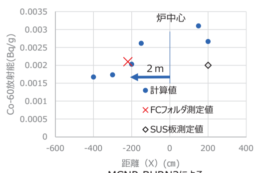
[1] Y. Ando, et. al., "Development and Verification of Monte Carlo Burnup Calculation System," Proc. of ICNC2003, JAERI-Conf 2003-019, 494-499 (2003).
[2] K. Shibata, et al., JENDL-4.0: A New Library for Nuclear Science and Engineering, *J. Nucl. Sci. Technol*. 48(2011), pp. 1-30.
[3] J.T. Goorley, et al., "Initial MCNP6 Release Overview - MCNP6 version 1.0", LA-UR-13-22934 (2013).
[4] A. G. Croff: "ORIGEN2: "A Versatile Computer Code for Calculating the Nuclide Compositions and Characteristics of Nuclear Materials", Nucl. Technol. 62, p.335-p.351 (1983).

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 4．NRの運用（3）計算によるNRの判断

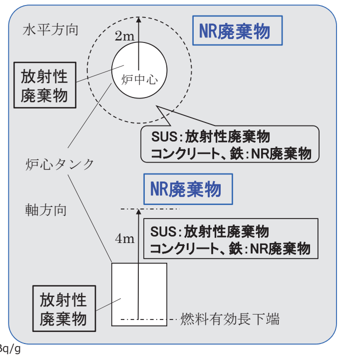
NCAの放射化の評価

クリアランスレベル*のおよそ50分の1以下となる場所にあったもの　＞　NR物
Fe-55、Co-60、Ni-63を考慮して評価




MCNP-BURN2による
水平方向の計算結果

NCAの計算評価による廃棄物の区分け




クリアランス制度
放射性廃棄物のうち、放射性物質の放射能濃度が低いものについて、国の認可・確認を得て、普通の廃棄物として再利用又は処分できる

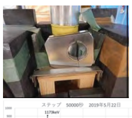
＊ Fe-55：1000Bq/g、 Co-60：0.1Bq/g、 Ni-63：100Bq/g

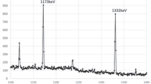
© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 4．NRの運用（4）測定による計算の確認

NCA炉心近辺のSUS部材をGeで測定し、Co60放射能を計算値と比較

1 架台ステップ1　運転当時から設置





| 番号 | 運転停止日 | 2013/12/9 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Co60半減期(y) | 5.274 | | Co60放射能（10年冷却）（Bq/g） | | |
| | サンプル | 測定日時 | 停止からの経過日数 | 冷却補正後 | | |
| | | | | 1173keV | 1332keV | 平均値 |
| 1 | 架台ステップ1（架台（正）） | 2019/5/22 | 1990 | 0.00187 | 0.00216 | 0.00202 |
| 2 | 架台ステップ２（架台（予備）） | 2019/5/23 | 1991 | 0.00235 | 0.00256 | 0.00245 |
| 3 | SUS板 | 2019/5/16 | 1984 | 0.00210 | 0.00190 | 0.00200 |
| 4 | 水位実測治具 | 2021/5/20 | 2719 | 0.0187 | 0.0185 | 0.0186 |
| 5 | FCフォルダー | 2021/10/5 | 2857 | 0.00228 | 0.00191 | 0.00210 |

3 SUS板

2000年くらいから10年程度設置

4 水位実測治具

20年程度設置と推定

5 FCフォルダー

３0年程度設置と推定

| 番号 | サンプル | 解析値（C） | 解析（C）／測定 |
|---|---|---|---|
| 1 | 架台ステップ1（架台（正）） | 0.0047 | 1.05 |
| 2 | 架台ステップ２（架台（予備）） | | |
| 3 | SUS板 | 0.00266 | 1.33 |
| 4 | 水位実測治具 | 0.0205 | 1.10 |
| 5 | FCフォルダー | 0.00197 | 0.94 |

SUS部材のCo強度計算とよく一致した。

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 4．NRの運用（5）　NR記録（調査・測定）

様式１　**使用履歴及び設置状況調査記録**

| 臨界実験装置主務者、~~原子炉主務者、核燃料取扱主務者~~ | ~~研究炉担当部長、~~原子炉技術担当部長 ~~N28-2担当部長、~~管理担当部長 | ~~原子炉管理室長、~~臨界実験装置室長 ~~N28-2管理区域責任者、~~放射線管理室長 | 担当（記録作成者） |
|---|---|---|---|
| | | | |

| 記録作成日 | 2021/10/14 | 対象施設 | TTR-1、NCA、N28-2 | 調査者 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 記録作成者 | | 設置箇所 | NCA　装置室 | | |
| 調査識別番号 | NR-NCA-21-005 | | | | |

| | 品目 | 大分類 | 小分類 | 設備・資材区分 | 調査箇所 | 放射化有無 | 「汚染がない」条件 ＊表2参照 | 使用履歴概要 | 分離除去要否 | 汚染有無の判断 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 装置室内物品　核計装用ケーブルカバー1 | 金属 | 固体使用 | NCA | 外表面 | 無 | ③ | 装置室に設置 | 否 | 無 |
| 2 | 装置室内物品　核計装用ケーブルカバー2 | 金属 | 固体使用 | NCA | 外表面 | 無 | ③ | 装置室に設置 | 否 | 無 |
| 3 | 装置室内物品　核計装用ケーブル1 | 金属 | 固体使用 | NCA | 外表面 | 無 | ③ | 装置室に設置 | 否 | 無 |

・・・
・・・

NCA機能停止で搬出したNR物の記録の例

様式３
**確認測定（固体）実施記録**
念のため測定

| 臨界実験装置主務者、~~原子炉主務者、核燃料取扱主務者~~ | ~~研究炉担当部長、~~原子炉技術担当部長 ~~N28-2担当部長、~~管理担当部長 | ~~原子炉管理室長、~~臨界実験装置室長 ~~N28-2管理区域責任者、~~放射線管理室長 | 担当（記録作成者） |
|---|---|---|---|
| | | | |

| 記録作成者 | | 測定日 | 2021/10/14 |
|---|---|---|---|

| 表面密度測定器 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | β・γ | 測定器・S/N | NCS-48・205L6297 | | 時定数 | 10 | (s) |
| | | 校正年月日 | 2020/10/16 | | BG計数率 | 60 | ($min^{-1}$) |
| | | 換算係数 | 2.32E-03 | ($Bq/cm^2/min^{-1}$) | 検出限界計数率 | 72 | ($min^{-1}$) |
| | | 測定者 | | | 検出限界密度 | 1.7E-01 | ($Bq/cm^2$) |
| | α | 測定器・S/N | NA-20・GR00472219 | | 時定数 | 30 | (s) |
| | | 校正年月日 | 2020/10/15 | | BG計数率 | 0 | ($min^{-1}$) |
| | | 換算係数 | 2.47E-03 | ($Bq/cm^2/min^{-1}$) | 検出限界計数率 | 9 | ($min^{-1}$) |
| | | 測定者 | | | 検出限界密度 | 2.2E-02 | ($Bq/cm^2$) |
| | 間接法 | 拭取効率 | - | % | 拭取面積 | - | ($cm^2$) |

※間接法実施の場合、換算係数欄に計数効率を併記のこと。

| 調査識別番号 | 分離・除去の有無 | 直接法 β・γ計数率 ($min^{-1}$) | 直接法 β・γ表面密度 ($Bq/cm^2$) | 間接法 β・γ計数値 ($min^{-1}$) | 間接法 β・γ表面密度 ($Bq/cm^2$) | 直接法 α計数率 ($min^{-1}$) | 直接法 α表面密度 ($Bq/cm^2$) | 間接法 α計数値 ($min^{-1}$) | 間接法 α表面密度 ($Bq/cm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NR-NCA-21-005 (1) | 無 | 50 | 検出限界以下 | | | 0 | 検出限界以下 | | |
| NR-NCA-21-005 (2) | 無 | 60 | 検出限界以下 | | | 0 | 検出限界以下 | | |
| NR-NCA-21-005 (3) | 無 | 60 | 検出限界以下 | | | 0 | 検出限界以下 | | |

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 4．NRの運用（6） NR記録（判断･搬出）

様式 5　NR物判断記録

| 担当 |
|---|
| |

| 記録作成日 | 2021/10/14 | 記録作成者 | |
|---|---|---|---|

| 調査識別番号 | 使用履歴・設置状況等からの確認結果 | | 確認測定結果 | NR物該非 | 保管場所 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 付着・浸透汚染 | 放射化汚染 | | | |
| NR-NCA-21-005（1） | 無 | 無 | 無 | 該 | N6 装置室 |
| NR-NCA-21-005（2） | 無 | 無 | 無 | 該 | N6 装置室 |
| NR-NCA-21-005（3） | 無 | 無 | 無 | 該 | N6 装置室 |

…
…

様式 6
NR物事業所外搬出記録

| 担当 |
|---|
| |

| 記録作成日 | 2021/11/15 | 対象施設 | TTR-1、(NCA)、N28-2 |
|---|---|---|---|
| 記録作成者 | | 搬出対応者 | |

| 調査識別番号 | 搬出前保管場所 | 搬出先 | 搬出日時 |
|---|---|---|---|
| NR-NCA-21-005（1） | N6 装置室 | | 2021/11/15 |
| NR-NCA-21-005（2） | N6 装置室 | | 2021/11/15 |
| NR-NCA-21-005（3） | N6 装置室 | | 2021/11/15 |

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

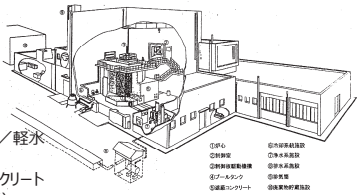
# 03

TTR-1の廃止措置

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 全体概要　① TTR施設

炉型式：スイミングプール型
熱出力：最大 100kW
減速材／反射材：軽水及び黒鉛／軽水
冷却方式：軽水／循環冷却方式
生体遮へい：タンク外側に普通コンクリート
（炉心中心に八角形）
プール形状：アルミニウム製タンク
（12mm 厚さ）
実験設備：
・中性子照射設備
・気送管等
炉心形状：タンク内に炉心懸垂型



© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 全体概要　② TTRの役割、運転履歴

1）原子炉施設（TTR）の役割
・原子炉製造の立場からの人材育成
・原子炉技術者の教育訓練
・原子炉物理、放射化学及び遮へい等の研究
2）施設の運転履歴
・1960（S35）年5月13日 原子炉設置許可
・1962（S37）年3月13日 初臨界
<総運転時間：約15,300時間>
<積算出力：約31MWd>
・2001（H13）年3月31日 運転停止
<運転期間：約40年>
・2001（H13）年8月08日 解体届

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 全体概要　③ 廃止措置計画の概要（1/2）

### 使用済燃料の輸送

輸送容器設計・製作
↓
陸上輸送（緩衝体付き）
↓
炉室床補強及び
仮設クレーン設置
↓
燃料・輸送容器健全性確認
↓
燃料バンドル切断
↓
装荷燃料の健全性確認

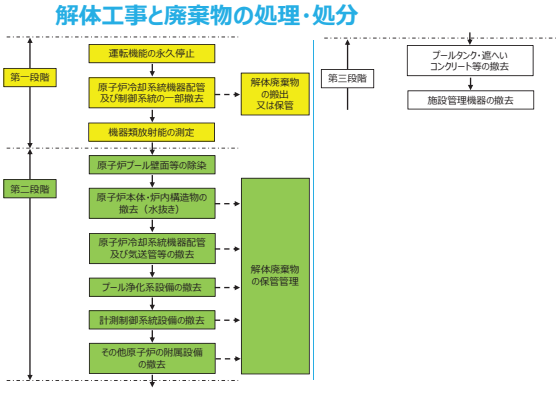
→

輸送容器への燃料装荷
↓
燃料・輸送容器健全性確認
↓
輸送容器の発送前検査
↓
陸上輸送（緩衝体付き）
↓
海上輸送
↓
米国サバンナリバー研究所

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

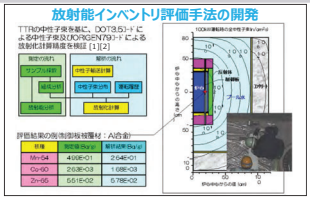
## 全体概要　④ 廃止措置計画の概要（2/2）

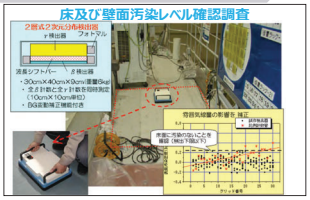
### 解体工事と廃棄物の処理･処分

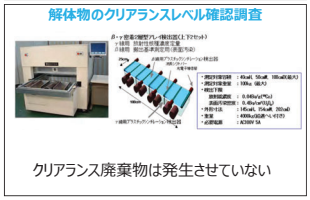



© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

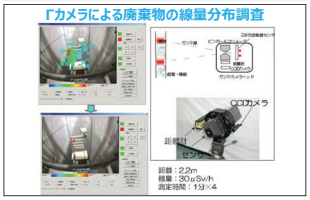
## 全体概要　⑤ 開発と実証試験




クリアランス廃棄物は発生させていない




[1] W.A.Rhodes, et al., "DOT3.5 Two-Dimentional Discrete Ordinates Radiation Transport Code," CCC-276, Radiation Safety Information Computational Center (1977)
[2] M.J. Bell, ORIGEN –The ORNL Isotope Generation and Depletion Code, ORNL-4628, Oak Ridge National Laboratory (1973)

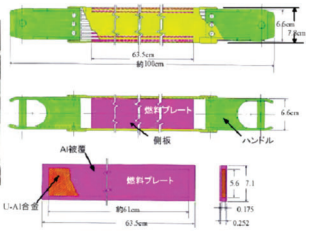
© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 燃料輸送　① 装荷燃料の仕様

燃料仕様
・濃縮度約20%の金属ウランを約30%含有するU-Al合金燃料
・燃料寸法：78mm×78mm×1,004mm
・燃料重量：5.62kg
燃料構造：MTR型燃料要素
・燃料板をアルミニウム被覆
・燃料板を10枚等間隔に並べ側板に機械的圧着固定
炉心装荷体数
・24体（その他予備燃料：3体）

燃料製造メーカ
・米国GE社

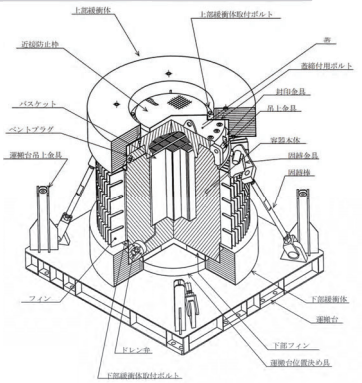
新燃料集合体の受入れ様姿（1962）




© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

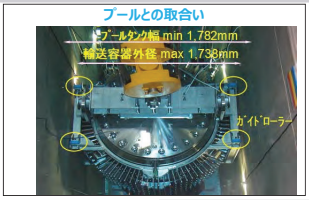
## 燃料輸送　② 使用済燃料輸送容器

輸送容器型式：JMS-87Y-18.5T
（乾式輸送方式）
輸送容器の仕様
・収納体数：27体
緩衝体付輸送容器概略寸法等
・外形寸法：1,875mm
・高さ：2,234mm
・重量：約20トン
（含運搬台）
輸送容器本体概略寸法等
・外形寸法：1,875mm
・高さ：1,540mm
・重量：約18.5トン
輸送容器構造
・主要材料：ステンレス
・表面：冷却フィン付



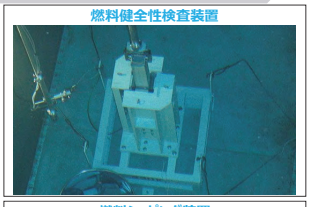

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

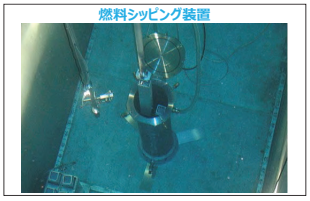
## 燃料輸送　③ プールとの取合い



© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

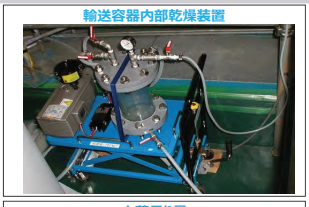
## 燃料輸送　④ 開発機器（1/2）

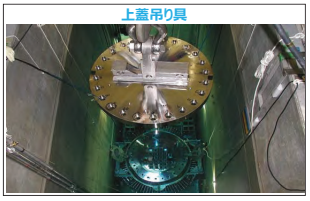


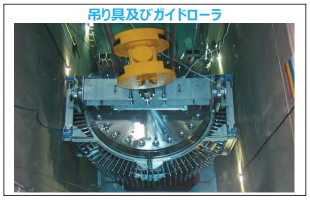



© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 燃料輸送　④ 開発機器（2/2）



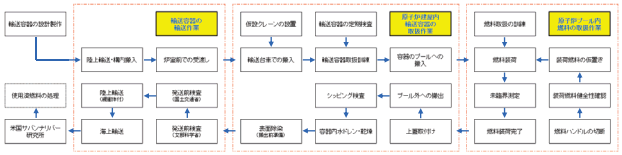



© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation 

## 燃料輸送　⑤ 使用済燃料の搬出･輸送作業（1/10）

### 工程全体の流れ





## 燃料輸送　⑤ 使用済燃料の搬出･輸送作業（2/10）

輸送容器の設計製作

陸上輸送･構内搬入

炉室前での受渡し

輸送台車での搬入



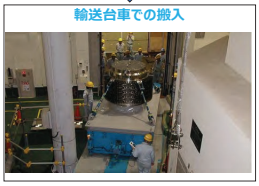
## 燃料輸送　⑤ 使用済燃料の搬出･輸送作業（3/10）

仮設クレーンの設置

炉室前での受渡し

輸送容器取扱訓練

輸送台車での搬入





## 燃料輸送　⑤ 使用済燃料の搬出･輸送作業（4/10）

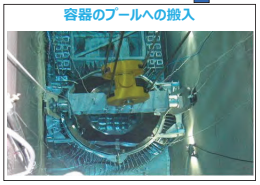
輸送容器の定期検査

輸送台車での搬入

燃料装荷

輸送容器取扱訓練

容器のプールへの搬入

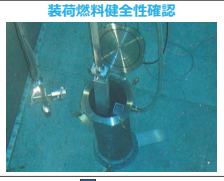




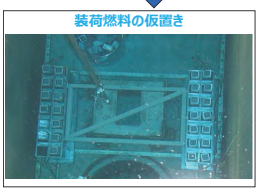
## 燃料輸送　⑤ 使用済燃料の搬出･輸送作業（5/10）

燃料ハンドルの切断

装荷燃料健全性確認



装荷燃料の仮置き

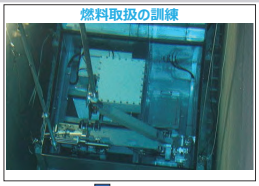


燃料装荷



## 燃料輸送　⑤ 使用済燃料の搬出･輸送作業（6/10）

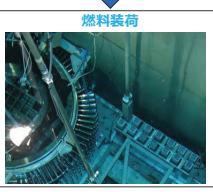
燃料取扱の訓練



容器のプールへの搬入

装荷燃料の仮置き

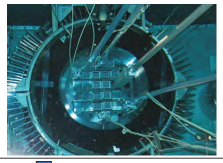
燃料装荷

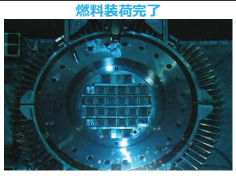


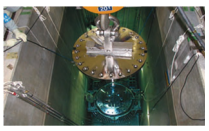
未臨界測定

## 燃料輸送　⑤ 使用済燃料の搬出･輸送作業（7/10）

燃料装荷 → 未臨界測定 → プール外への搬出 → 上蓋取付け → 燃料装荷完了



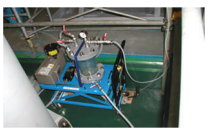






## 燃料輸送　⑤ 使用済燃料の搬出･輸送作業（8/10）

上蓋取付け → プール外への搬出 → 表面除染（搬出前準備） → 容器内水ドレン･乾燥 → シッピング検査





## 燃料輸送　⑤ 使用済燃料の搬出･輸送作業（9/10）

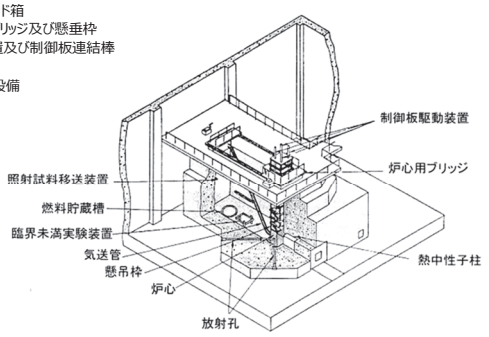
容器内水ドレン･乾燥 → 表面除染（搬出前準備） → 陸上輸送（緩衝体付） → 発送前検査（文部科学省） → 発送前検査（国土交通省）

## 燃料輸送　⑤ 使用済燃料の搬出･輸送作業（10/10）

発送前検査（国土交通省） → 陸上輸送（緩衝体付） → 使用済燃料の処理 → 米国サバンナリバー研究所 → 海上輸送

## 解体工事　① 炉心構成図

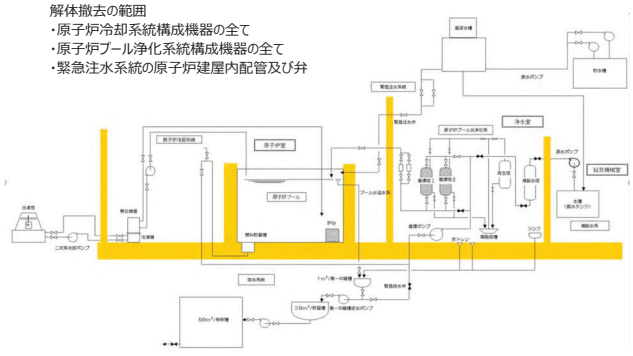
解体撤去の範囲
- ･制御板
- ･反射体及びグリッド箱
- ･主（炉心用）ブリッジ及び懸垂枠
- ･制御板駆動装置及び制御板連結棒
- ･実験設備
  - ：中性子照射設備
  - ：気送管等
- ･燃料取扱装置
- ･中性子源





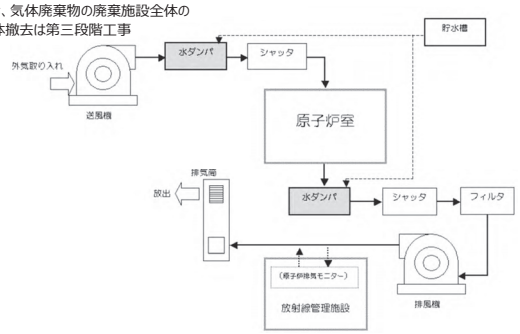

## 解体工事　② TTR施設水系統

解体撤去の範囲
- ･原子炉冷却系統構成機器の全て
- ･原子炉プール浄化系統構成機器の全て
- ･緊急注水系統の原子炉建屋内配管及び弁



## 解体工事　③ 気体廃棄物処理系統

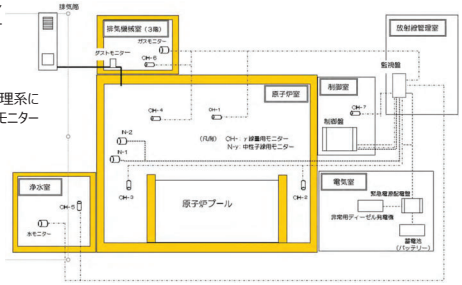
解体撤去の範囲
（給気系及び排気系水ダンパの機能停止）
・貯水槽出口の給水弁以降の給水管
・水ダンパ内水位制御用電極
なお、気体廃棄物の廃棄施設全体の
解体撤去は第三段階工事






## 解体工事　④ 計測制御及び放射線施設

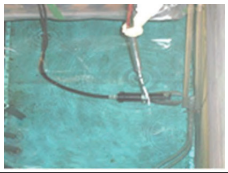
解体撤去の範囲
・制御盤及びケーブル
・放射線エリアモニター
・水及びガスモニター
・中性子計測設備
・緊急電源設備
なお、気体廃棄物処理系に
設置されているダストモニター
は第三段階工事



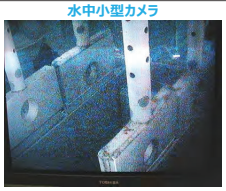



## 解体工事　⑤ 開発機器及び工法（1/2）

水中配管切断装置



水中小型カメラ

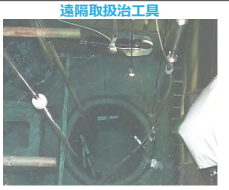


槽類切断工法

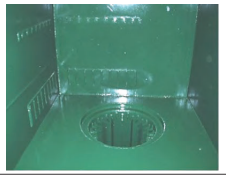
## 解体工事　⑤ 開発機器及び工法（2/2）

水中掃除機

遠隔取扱治工具



プール内面乾燥処理





# 04

まとめ

## まとめ

1．NCAの廃止措置
・機能停止工事が完了
・今後、燃料譲り渡しが最大の課題
・NR適用で廃棄物低減に目途
・第２段階工事終了後、第３段階工事開始は未定

2．TTR-1の廃止措置
・第２段階終了時点で現状維持
・燃料は米国に輸送済み（DOEの研究炉燃料引き取りプログラム）
・輸送容器など開発

TOSHIBA

ご清聴ありがとうございました

本論文に掲載の商品の名称は、それぞれ各社が商標として使用している場合があります

© 2022 Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation

４．研究炉の廃止事例紹介　質疑応答

三澤：吉岡様ありがとうございました。それでは皆様からご質問などございましたらお願いしたいと思います。

中島：吉岡さん、丁寧なご説明ありがとうございました。非常に参考になるものと思いますが、2 点程確認させてください。最初にやるべきこととして「機能停止措置」というのがありまして、NCA はまだ燃料はあるけれど、安全板や関係する電源機能を撤去したり、制御盤を外してあるということですが、どこまでをもってして機能停止というのか、最後は炉心に蓋をして施錠管理までしているということなのですが、そんなことまでしなくても、電源が入らないようになっていたり、給水とかが出来なければ十分機能は停止しているのではないか、と感じたのですが、その辺りの議論はあったのでしょうか。

吉岡：確かにそういう議論は行いました。IAEA にも説明したと思いますが、炉心が元に戻せるような状態だと、まだ機能停止として認められないというような議論をしました。そういう意味で制御盤などの物が残っていたら、まだ機能を復活できるのでは、という疑いになってしまいます。

中島：セーフガード的な意味合いですかね。

吉岡：そうです。だから実際、蓋も施錠管理にするかどうするか悩んだのですが、さすがに蓋を開けられないと困るなと、うちは施錠管理にしたのですが、おっしゃる通り「機能停止」というのはセーフガード的な意味合いです。

中島：今は、両施設とも廃止措置の途中段階で、それこそ研究所等廃棄物の処理処分の事業が始まるまで待たなくてはいけないということですけど、現状としての保安管理はどのようなことをされていますか。日常の安全管理というか。

吉岡：NCA はまだ燃料があるので、それほど変わっていません。決められた巡視点検ですけども、TTR は週一回、NCA は燃料があるので毎日の巡視点検をやっています。燃料がなくなればやることは大分減ります。且つ、防災訓練とかもやらなくて済むのは、今、防災訓練は大変ですから大きいと思いますね。

中島：それは、燃料が無くなれば防災訓練は必要ないという意味ですか。

吉岡：そうですね。使用の許可の燃料は持っていて４１条該当設備などがあるので、４１条非該当にならないと完全には抜けられないです。

中島：施設両方ともという意味ですが、将来的には管理区域として残ることになるのですか。

吉岡：はい。管理区域としては残そうと思っていて、核燃料使用許可も残そうと思っています。未臨界実験のようなことが出来ないかと。加速器と未臨界設備みたいなものがあれば、臨界実験は出来ないけど炉物理的に開発する色々なことは出来るのではないかと。今は管理が大変ですから、なるべく軽くて効果のある R&D が出来るような設備ができないかなと考えております。

中島：ありがとうございました。

三澤：ありがとうございました。他にありませんでしょうか。

鬼柳：非常にテクニカルな話なのですが、SUS の放射化は研究室があるところはどこでも気になるところなのですが、先程、コバルトの濃度を仮定して計算されたとおっしゃっていましたが、あれは大体共通のものなのですか。

吉岡：それが、実は今回改めて認識したのが、結構バラバラの時期に作ったものなのですが、合うんですね。意外と共通なものかなというのが今回認識したものです。でも決して一般論じゃないと思います。

鬼柳：でも今のお言葉を聞いていると、第一近似としては今使っている数値を使うと、放射化の推測ができると言うことですね。

吉岡：じゃないかと思っていて、特に SUS と言っても、うちに今あるのは SUS304 ばっかりです。コバルトはニッケルに付随するというふうに聞いた事があり、ニッケルの量は管理されていますから、意外とそこから決まってきているのかなと。

鬼柳：そうすると、ニッケルの量に合わせて比例していけば良いというお考えですね。

吉岡：そうですね。今後、研究テーマにもなるのではないかと思います。

鬼柳：最後、SUS の放射化が廃棄の時に問題になりますね。

吉岡：そうです。鉄はコバルトの含有量が少ないので。

三澤：どうもありがとうございます。

五十嵐：興味深いお話ありがとうございました。こちらで放射線管理を預かっていて、お伺いしたいのですが、放射線のモニターも今非常に設工認も含めて大変なのですが、どの段階まで維持していかないといけないのか、機能条件というのは稼働していた時と同じものになるのかを教えて頂けないでしょうか。

吉岡：それはものによります。例えば、機能停止工事をした段階で炉室の中性子モニターとか、水モニターはやめました。但し燃料はありますので、エリアモニターは必要ということで維持はしないといけないと思います。あと施設のモニタリングポストのようなものは原災法の要求になるので、それも、燃料があって、いわゆる４１条該当施設になっている以上は、ずっと維持しないといけない。だから段階的だと思いますね。先ほども言いましたように第 3 段階工事みたいなものが残っていると、ダストモニターも必要になってきます。

五十嵐：ありがとうございました。大変参考になりました。

三澤：それでは時間になりましたので次に進みたいと思います。また色々とお世話になりますがどうぞよろしくお願い致します。

# ５．各研究所の状況報告／東京工業大学

## ゼロカーボンエネルギー研究所

（東工大）竹下　健二

# ゼロカーボンエネルギー研究所のご紹介
## （先導原子力研究所を2021年6月1日改組）

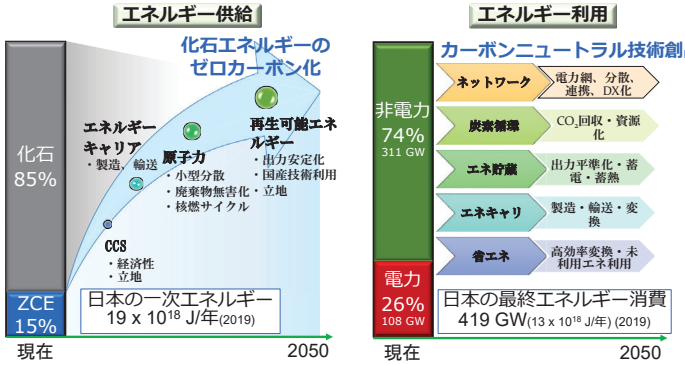
東京工業大学　科学技術創成研究院
ゼロカーボンエネルギー研究所
所長　竹下健二

令和3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
2022年2月17日

ゼロカーボンエネルギー研究所
Laboratory for Zero-Carbon Energy

## 2050年カーボンニュートラル社会実現戦略

ゼロカーボンエネルギー(ZCE)によるエネルギー供給、カーボンニュートラル化に向けた技術創出を行い、持続可能なエネルギー社会の創成を目指す。



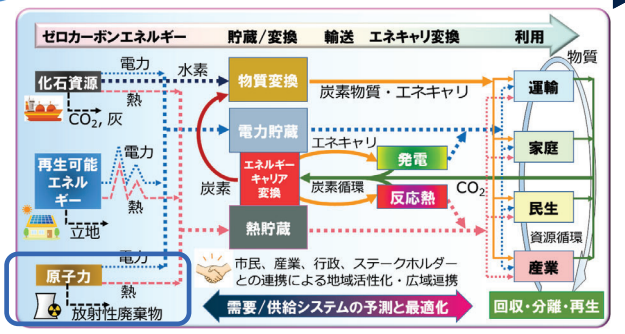

日本の一次エネルギーが依存する化石エネルギーのゼロカーボン化

日本の最終エネルギー消費構造とカーボンニュートラル化の推進

参考：資源エネルギー庁、総合エネルギー統計（2019年度速報）
https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/pdf/stte_gaiyou2019_sokuhou.pdf

© ZC, Tokyo Tech, 2021


## ゼロカーボンエネルギー研究所の目指すエネルギー社会




ゼロカーボンエネルギーに基づく炭素・物質循環社会の構築のための要件
1. ゼロカーボンエネルギーへのスムースな移行
2. ゼロカーボンエネルギーに基づくエネルギーシステム
3. エネルギー貯蔵・輸送・変換技術
4. 炭素・物質循環システム
5. グリーントランスフォーメーション（GX）研究

© ZC, Tokyo Tech, 2021


## ゼロカーボンエネルギー研究所の組織

科学技術創成研究所
ゼロカーボンエネルギー研究所
研究所長
社会連携アドバイザリー委員会

**フューチャーエネルギー部門（GXI HQ）**
1. エネルギーネットワーク分野（ゼロエミッション・循環型エネルギーシステム、エネルギー経済学・社会学）
2. エネルギー貯蔵・変換分野（蓄熱、蓄電、バイオマス、エネルギーキャリア）
3. グリーン・トランスフォーメーション分野（GX研究）

**原子力工学部門**
1. 先進原子力システム分野（革新炉、核融合、熱流動、サイクル、セキュリティ）
2. 生命・医療放射線利用分野（加速器、量子ビーム、放射線医療、生体影響）
3. 先進原子力材料・化学分野（金属、セラミックス、機能材料）

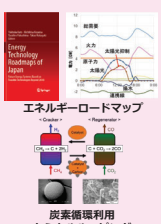
**福島復興・再生研究ユニット、TEPCO協働研究拠点**
■ 事故炉廃止措置、デブリ取り出し、汚染水対策、固体廃棄物処理、広域除染

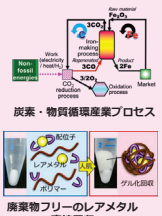
GXI Tokyo Tech Green Transformation Initiative
グリーン・トランスフォーメーション・イニシアティブ
**Tokyo Tech GXI**
GXI企業プラットホーム、GX研究、先進エネルギーソリューション(AES)研究、

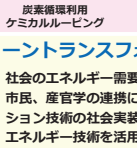
Confidential, © ZC, Tokyo Tech, 2021

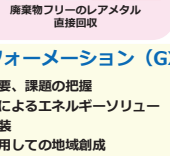

## フューチャーエネルギー部門　ゼロカーボンエネルギーによる炭素・物質循環エネルギーシステム

### エネルギーネットワーク研究
- 未来エネルギーシステムのヴィジョン構想
- 経済性を伴ったエネルギーネットワークの構築。
- 炭素・物質循環産業システム
- 有用資源回収・循環利用による製品の安定供給

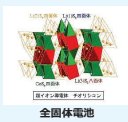

エネルギーロードマップ


炭素・物質循環産業プロセス

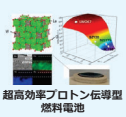

炭素循環利用ケミカルルーピング

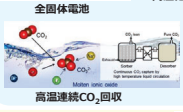

廃棄物フリーのレアメタル直接回収

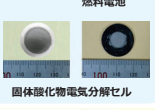
### エネルギー貯蔵・変換研究
- 全固体電池による大容量、大出力、安全化
- 化学蓄熱による大規模、高効率蓄熱
- 次世代燃料電池
- 液体中高温$CO_2$吸収剤による連続$CO_2$回収
- $CO_2$資源化向け固体酸化物電気分解セル


全固体電池

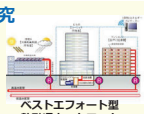
高温化学蓄熱


超高効率プロトン伝導型燃料電池


高温連続$CO_2$回収


固体酸化物電気分解セル

### グリーントランスフォーメーション（GX）研究
- 社会のエネルギー需要、課題の把握
- 市民、産官学の連携によるエネルギーソリューション技術の社会実装
- エネルギー技術を活用しての地域創成


ベストエフォート型熱融通ネットワーク

スマートシティ形成研究

© ZC, Tokyo Tech, 2021


## カーボンニュートラル製鉄研究

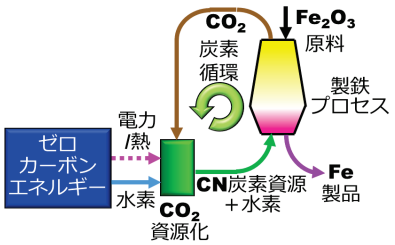



Fig. 1 炭素循環製鉄の構成 [1]

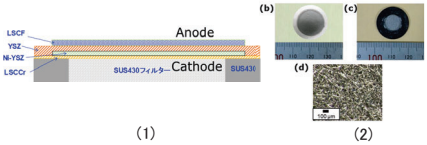


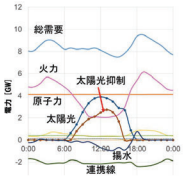

Fig. 2 $CO_2$資源化向け金属基板固体酸化物電気分解セル[2] (1)断面構成、(2)セル外観

- **炭素循環製鉄**
  - ゼロカーボンエネルギー(ZCE)を用いたCN炭化水素の循環供給による炭素循環製鉄
  - 水素製鉄、MIDREX、MIDREX $H_2$を超える究極のCN製鉄プロセス
  - スクラップ利用を含む物質循環も包含可能
- **$CO_2$資源化**
  - ZCEを用いた$CO_2$電気分解。$CO_2 \rightarrow CO + 1/2O_2$
  - 水素とCOを用いたCN炭化水素製造
  - CN炭化水素製造のためには$CO_2$直接利用より、一酸化炭素CO経由が合理的

[1] Y. Kato, *ISIJ Int'l*, 50(1), (2010).
[2] H. Takasu, Y. Kato, *ISIJ Int'l*, 60(12), (2020).

© ZC, Tokyo Tech, 2021

# 再生エネ向け大規模蓄熱




背景：再生エネ大量導入による出力不安定化で、再生エネ出力抑制（発電放棄）の顕在化。

対策：再生エネ電力→蓄熱→発電 P2H2P、の検討が欧米で先行。
P2H2P: Power To Heat To Power

事例：ドイツのシーメンスガメサ社の岩石蓄熱

**研究：高温化学蓄熱による再生エネ出力安定・高利用効率化**

- ✓ 酸化カルシウム/水系ケミカルヒートポンプの実用化
  $CaO+H_2O$ -> $Ca(OH)_2$@450°C
- ✓ 材料制約が無く、安全、安価
- ✓ 反応律速の克服→材料の高密度/高熱伝導度化
- ✓ 再生エネ大規模蓄熱に応用可能

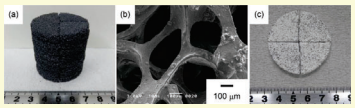
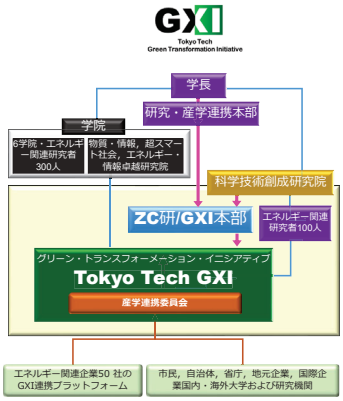



図　多孔炭化ケイ素＋CaO複合材料の開発：CaO反応層の高密度/高熱伝導度化を実現　Funayama, *Energy Storage*, 2019;1:e53

© ZC, Tokyo Tech, 2021


# Tokyo Tech GXIの活動ビジョン

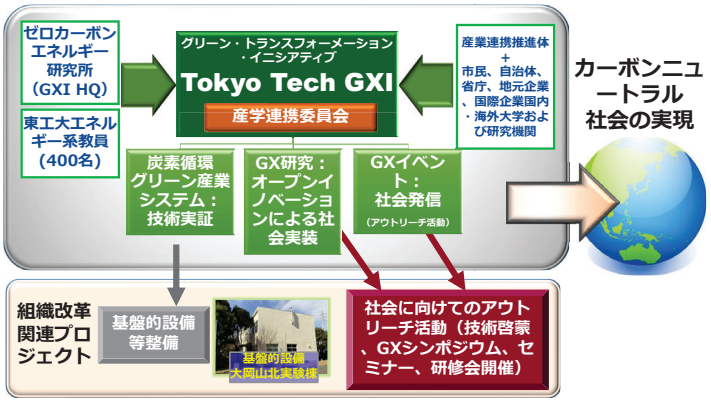
- 政府方針である2050年カーボンニュートラル(CN)実現のためには**グリーン・トランスフォーメーション(GX，緑転，CN化に応じた産業及び社会の構造の変化）**が必須
- GX社会を先導(Initiation)する研究活動の推進とスタートアップの強化，産業，社会連携の実質化を進めるために本事業GXイニシアティブ(Tokyo Tech GXI)を展開
- **400名にのぼるエネルギー研究関連教員，AESから受け継いだエネルギー関連企業50社プラットホームを連携**し，研究・産学連携本部の支援を受け，産学連携型の研究支援組織を構築し，課題解決を推進・加速
- **GX技術の社会の受入れのための産学官・地域・市民との連携，また経済学，社会学からの多角的な視点を取り込みGX研究の知の拠点化，新たな学術の創成を目ざす。**




**Tokyo Tech GXIのネットワーク**

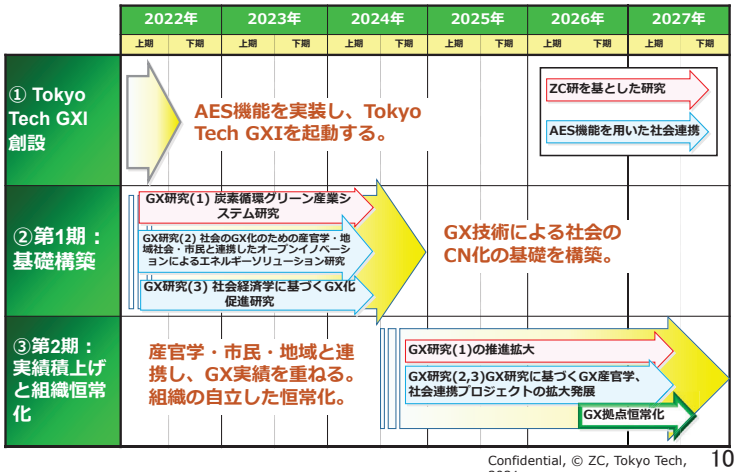
Confidential, © ZC, Tokyo Tech, 2021


# Tokyo Tech GXIの基盤的設備改修及び社会へのアウトリーチの構想




Confidential, © ZC, Tokyo Tech, 2021


# Tokyo Tech GXI年次計画イメージ
## 年次計画案（工程表）




Confidential, © ZC, Tokyo Tech, 2021


# ゼロカーボンエネルギー研究所の組織

科学技術創成研究所

ゼロカーボンエネルギー研究所

研究所長

社会連携アドバイザリー委員会

**フューチャーエネルギー部門（GXI HQ）**

1. エネルギーネットワーク分野（ゼロエミッション・循環型エネルギーシステム、エネルギー経済学・社会学）
2. エネルギー貯蔵・変換分野（蓄熱、蓄電、バイオマス、エネルギーキャリア）
3. グリーン・トランスフォーメーション分野（GX研究）

**原子力工学部門**

1. 先進原子力システム分野（革新炉、核融合、熱流動、サイクル、セキュリティ）
2. 生命・医療放射線利用分野（加速器、量子ビーム、放射線医療、生体影響）
3. 先進原子力材料・化学分野（金属、セラミックス、機能材料）

**福島復興・再生研究ユニット、TEPCO協働研究拠点**

■ 事故炉廃止措置、デブリ取り出し、汚染水対策、固体廃棄物処理、広域除染

GXI Tokyo Tech Green Transformation Initiative

グリーン・トランスフォーメーション・イニシアティブ
**Tokyo Tech GXI**
GXI企業プラットホーム、GX研究、先進エネルギーソリューション(AES)研究、

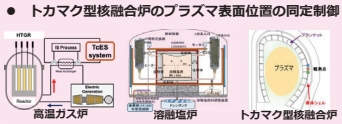
© ZC, Tokyo Tech, 2021


# 原子力工学部門

将来のカーボンニュートラル社会に適用できる安全性・柔軟性に富んだ原子力システム開発

**先進原子力システム研究**

- HTGRと高温化学蓄熱システム（TcES）の統合化
- 円筒型溶融塩炉の炉物理、熱流動、炉概念設計
- ブリードバーン型小型高速炉の概念設計
- トカマク型核融合炉のプラズマ表面位置の同定制御

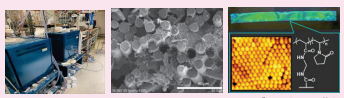



**生命・医療放射線利用研究**

- ＢＮＣＴイメージングシステム開発
- 粒子線治療／非破壊検査用量子ビーム源の開発
- ＤＮＡ修復の分子機構、放射線感受性予測・制御

**先進原子力材料・化学研究**

- 不純物制御による放射化耐性極限環境材料の開発
- 原子力の安全性向上に貢献する耐苛酷環境性材料
- 放射性核種の高効率分離分析用ナノ材料の創製



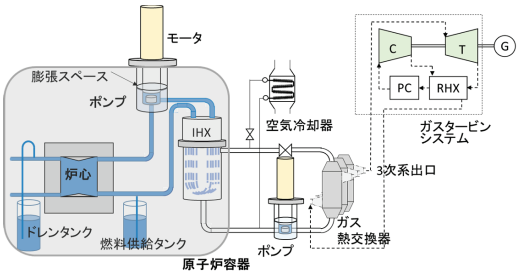

**福島復興・再生研究**

- 汚染水・固体廃棄物処理、事故炉の廃止措置推進
- TEPCO廃炉フロンティア技術創成協働研究拠点形成
- 福島イノベーション・コースト構想(産業復興・人材育成)の推進

© ZC, Tokyo Tech, 2021

## 小型モジュール炉研究-I（溶融塩高速炉）

- 炉心の温度が上昇すると出力が低下する**固有の安全性**を有する原子炉
  シビアアクシデントがない設計が可能
- 核廃棄物、**MAの効率的消滅（核変換）**
- **良好な負荷追従性**（日負荷追従、AFC、ガバナフリー）
- 構造物のない円筒炉心（燃料成型不必要）
- 燃料交換なしに長期稼働可能（船舶搭載可）




統合型溶融塩高速炉IMSFR

- 溶融塩高速炉と再処理施設を一体化した原子炉
- 燃料が接する全ての機器は原子炉容器内に設置し、配管破断が生じた場合でも、燃料は外部に漏洩しない

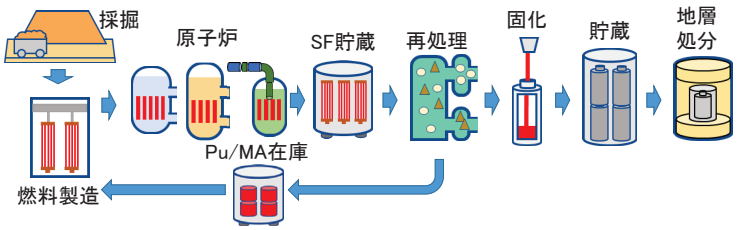
© ZC, Tokyo Tech, 2021


## 21世紀後半原子力発電シナリオ研究

**■動的核燃料サイクルシミュレータ（NMB4.0）**

複合シナリオの同時解析を可能にしたわが国初のシミュレータ

- ✓ 物質の流れを評価（天然U量、燃料製造、Pu利用、廃棄物量、処分場面積）
- ✓ 時間的因子を考慮
- ✓ 複数の原子力施設を並列計算




**平衡期・移行期を含むシミュレーションが必要**

Confidential, © ZC, Tokyo Tech, 2021


## ゼロカーボンエネルギー研究所の組織

科学技術創成研究所

ゼロカーボンエネルギー研究所

研究所長 ― 社会連携アドバイザリー委員会

**フューチャーエネルギー部門（GXI HQ）**

1. エネルギーネットワーク分野（ゼロエミッション・循環型エネルギーシステム、エネルギー経済学・社会学）
2. エネルギー貯蔵・変換分野（蓄熱、蓄電、バイオマス、エネルギーキャリア）
3. グリーン・トランスフォーメーション分野（GX研究）

**原子力工学部門**

1. 先進原子力システム分野（革新炉、核融合、熱流動、サイクル、セキュリティ）
2. 生命・医療放射線利用分野（加速器、量子ビーム、放射線医療、生体影響）
3. 先進原子力材料・化学分野（金属、セラミックス、機能材料）

**福島復興・再生研究ユニット、TEPCO協働研究拠点**

■ 事故炉廃止措置、デブリ取り出し、汚染水対策、固体廃棄物処理、広域除染

GXI Tokyo Tech Green Transformation Initiative

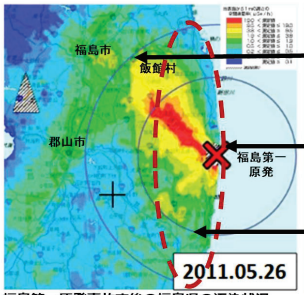
グリーン・トランスフォーメーション・イニシアティブ
**Tokyo Tech GXI**
GXI企業プラットホーム、GX研究、先進エネルギーソリューション(AES)研究、

Confidential, © ZC, Tokyo Tech, 2021

- 福島の復興・再生は、「東日本大震災からの復興事業」には不可欠な社会的重要課題です。福島第一原子力発電所事故により、大量の放射性物質（主に放射性セシウム）が環境中に放出され、汚染水や事故時の燃料溶融で発生したデブリにより事故炉の廃止措置が大変に難しい状況になっています。
- 本ユニットでは次の３課題を取り上げます。
  1. 汚染水・固体廃棄物の処理、デブリ取出しなど事故炉の廃止措置推進
  2. 放射性セシウムによる広域汚染問題の解決
  3. イノベーションコースト構想に基づいた産業復興及び人材育成

© ZC, Tokyo Tech, 2021


## 福島復興再生ユニットでの研究




福島第一原発事故直後の福島県の汚染状況

①福島の広域汚染からの回復と放射性Cs安定固化処分

②福島第一原発の廃止措置に伴う汚染水・廃棄物対策

③原発事故で被災した地域の産業復興・人材育成（イノベーションコースト構想）

④東京電力との協働研究拠点構築（廃炉の現場に東工大の技術導入）

東工大の力でこれらの難題を解決
➡ 福島復興再生研究ユニット形成

© ZC, Tokyo Tech, 2021


## TEPCO廃炉フロンティア技術創成協働研究拠点

**東京電力の技術・現場経験 ＋ 東工大の研究力を結集**

**東京電力の廃炉事業への「想い」に対して協働して解を追及**
**福島復興＆廃炉技術創成**

**廃炉技術創成**

【課題】
- 解体
- 解体物の処理
- 汚染物の無害化
- デブリの取り出し
- 現状建物強度調査
- ・・・

東電技術者と東工大教員と協議し、現場ニーズに適合した課題を決定

**2020年度開始課題**
- 燃料損傷進展メカニズム研究
- 燃料デブリの再臨界防止研究
- オンラインαダスト分析研究
- 放射性固系廃棄物の減容・固定化研究
- 原子炉建屋漏洩調査技術研究

**2021年度開始課題**
- 高性能空気浄化システム研究
- 極限環境センシング研究

**2022年度開始課題**
- ALPS沈殿廃棄物固定化研究

## 現在進行中の研究課題

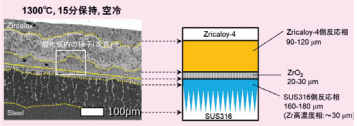
### 燃料デブリの再臨界防止研究

**粒子状の燃料デブリの水中での移動を考慮した臨界性評価手法の確立**

MPS-DEM法シミュレーション　ペデスタル内の水中への燃料デブリ片落下

### 燃料損傷進展メカニズム研究

**材料溶融反応を評価し、事故進展への影響とデブリ分布・性状への影響を検証する**




### 放射性固系廃棄物の減容・固定化研究

**アレバ製除染装置で発生した放射性固形廃棄物に含まれる放射性物質を無機構造体中に固化**

アルカリ溶融リン酸固化　ガラス固化

### オンラインαダスト分析研究

**気相・液相中のαダスト及びαイオンを極微量な試料で迅速リアルタイム分析**

「流す」流体制御・核種分離　「計る」顕微レーザー計測

© ZC, Tokyo Tech, 2021

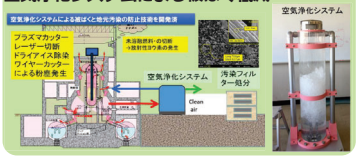

## 現在進行中の研究課題

### 原子炉建屋漏洩調査技術研究

**拡張型長尺ロボットアームに設置したカメラ画像・超音波による滞留水およびパージガスの漏洩調査技術開発**

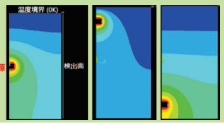
### 高性能空気浄化システム研究

**大型機材のPCV搬入時の建屋・PCVの負圧管理空気浄化システムによる被ばく低減**



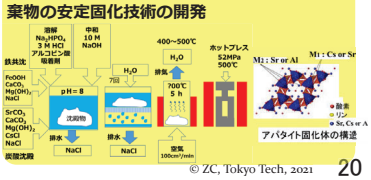

### 極限環境センシング研究

**光ファイバセンサ計測値を用いた離れた位置の温度推定。離れた位置の温度分布から熱源の位置と温度を推定**




### ALPS沈殿廃棄物固定化研究

**アパタイトセラミックスによるALPS沈殿系廃棄物の安定固化技術の開発**




© ZC, Tokyo Tech, 2021


## ゼロカーボンエネルギー研究所の組織

科学技術創成研究所

ゼロカーボンエネルギー研究所

研究所長

社会連携アドバイザリー委員会

**フューチャーエネルギー部門（GXI HQ）**

1. エネルギーネットワーク分野（ゼロエミッション・循環型エネルギーシステム、エネルギー経済学・社会学）
2. エネルギー貯蔵・変換分野（蓄熱、蓄電、バイオマス、エネルギーキャリア）
3. グリーン・トランスフォーメーション分野（GX研究）

**原子力工学部門**

1. 先進原子力システム分野（革新炉、核融合、熱流動、サイクル、セキュリティ）
2. 生命・医療放射線利用分野（加速器、量子ビーム、放射線医療、生体影響）
3. 先進原子力材料・化学分野（金属、セラミックス、機能材料）

**福島復興・再生研究ユニット、TEPCO協働研究拠点**

■ 事故炉廃止措置、デブリ取り出し、汚染水対策、固体廃棄物処理、広域除染

GXI Tokyo Tech Green Transformation Initiative

グリーン・トランスフォーメーション・イニシアティブ

**Tokyo Tech GXI**

GXI企業プラットホーム、GX研究、先進エネルギーソリューション(AES)研究、

Confidential, © ZC, Tokyo Tech, 2021

５．各研究所の状況報告／東京工業大学 ゼロカーボンエネルギー研究所　質疑応答

三澤：竹下先生どうもありがとうございました。ご参加のからご質問などございましたらよろしくお願い致します。

中島：竹下先生どうもありがとうございました。新しい組織になり、再エネというかそのフューチャーエネルギー部門という分野と融合して一緒にやっていこうということですが、今までの純然たる原子力研究とベクトルの違う研究者が一緒にやるというのは、全体をマネージメントしている立場としてどのような感じですか。率直なご感想をお聞きしたいです。

竹下：はい。やはり元々原子力研究は、例えば文科省の中でも予算も別枠ですね。そういう意味では、エネルギー研究よりも原子力研究はやや守られている感じがあります。外から来るエネルギーの先生方は社会との繋がりが大きく、原子力の研究者と一緒にさせて、お互い意見を交換していくうちに、カーボンニュートラルに向かって非常に速い速度でエネルギー社会が変わっていくことを原子力の先生方が知り、原子力研究の進め方についても世の中の流れを参考にしながら進めていくことになれば、より良い研究テーマを発掘できるでしょうし、スピード感のある研究を進めて行くことになると思っております。

中島：どうもありがとうございました。

三澤：大学院や学部の学生さんとはどのような関係で繋がっていますでしょうか。

竹下：改組は致しましたが、私共が絶対手を付けなかった部分は原子核工学コース、昔でいう原子核工学専攻を一切変えませんでした。東工大は 3 年前に教育改革がありまして、原子核工学コースだけで閉じこもるのではなく、原子核工学コースの先生が学部に出て、学部の 2 年生、3 年生の学生に対して、原子力の魅力を示すことができるようになりました。そのおかげで、教育改革前は毎年 30 名くらいだった原子核工学専攻の修士の学生数が、教育改革で定員枠が自由になったこともあり、今では 40～45 名に増えています。毎年沢山の学部学生が来てくれるようになりました。学部の講義を通して若い学生さんに原子力の魅力を伝えることができ、たとえば燃料サイクルの講義をすると「何でそれを早くやらないのか」と質問が来るほどです。このようにできれば学生は十分に原子核工学を専攻して、ゼロカーボンエネルギー研究所で原子力研究を進めてくれます。

三澤：竹下先生どうもありがとうございました。

# ６．各研究所の状況報告／福井大学

## 国際原子力工学研究所

（福井大）宇埜　正美

University of Fukui

# 福井大学附属国際原子力工学研究所

1. 福井大学における原子力教育
2. 「もんじゅサイトの新試験研究炉」と「国際原子力人材育成イニシアティブ事業」

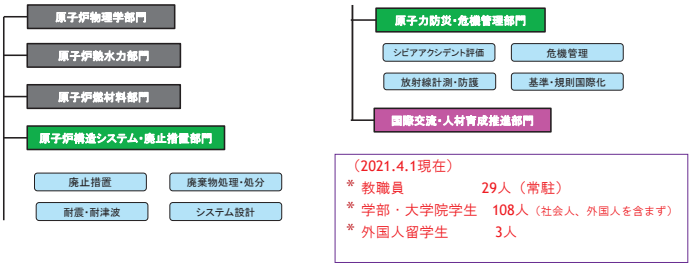
福井大学附属国際原子力工学研究所
所長・教授　宇埜正美



# 福井大学での原子力教育

University of Fukui

- 平成16年　工学研究科原子力エネルギー安全工学専攻設置
- 平成21年　附属国際原子力工学研究所設置（福井市）
- 副専攻科目：原子力エネルギー安全工学
- 平成23年：福島第一原子力発電所事故
- 平成24年：研究所の敦賀移転




（2021.4.1現在）
* 教職員　29人（常駐）
* 学部・大学院学生　108人（社会人、外国人を含まず）
* 外国人留学生　3人

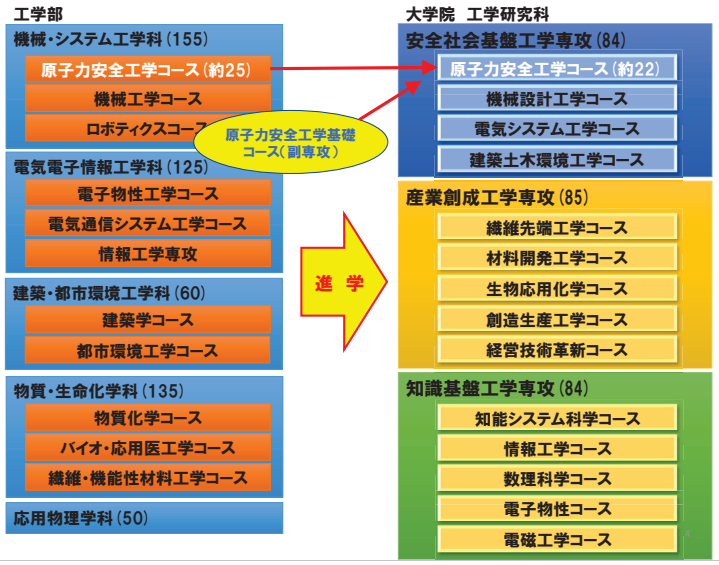


# 敦賀キャンパスでの学部教育の開始

University of Fukui

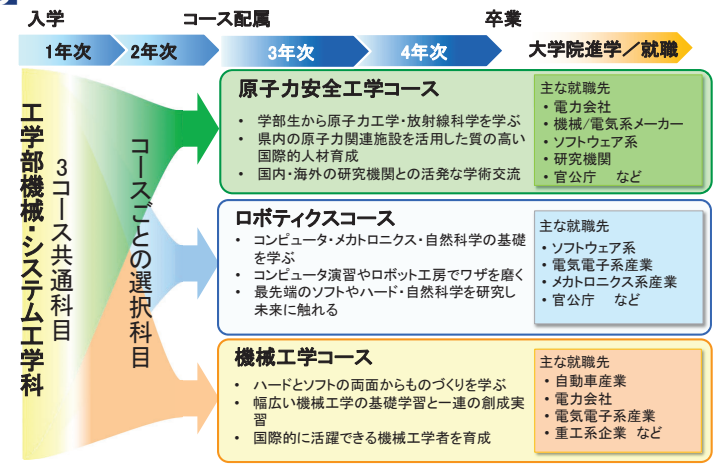
- 平成28年度学部再編
  原子力安全工学コース（機械システム工学科）：25名±α（155名）
- 平成31年度から3年生25名が敦賀キャンパスへ
  ・文京キャンパスで再履修科目のある学生に配慮し、敦賀キャンパスでの3年生の講義は文京キャンパスへも配信。
  ・従来の研究所教員とN専攻教員（7名）が敦賀を拠点に副専攻卒論：元学科の（卒業）必要単位数＋副専攻科目
  ・8単位で、卒論は原子力安全工学コース
- 令和2年度大学院再編（3専攻）
  学修一貫教育、原子力安全工学コース






# 機械・システム工学科

University of Fukui




# もんじゅサイトの試験研究炉　福井大の取組

University of Fukui

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

【中核的機関】
JAEA（代表機関）　：「試験研究炉の設計・設置・運転」
京大（参画機関）　：「幅広い利用」
福井大（参画機関）：「地元関係機関との連携構築」

【福井大学のタスク】：**ニーズの掘り起こし**

**・URAを中心に、**産業界からのニーズに対して「それならこういう測定、実験ができます」、「こうすれば、別な観点の測定、実験ができます」というようにシーズをマッチングさせる伴走型の支援システムの構築を目指しており、相談窓口の設置、専門家による説明会の開催、URA人材の雇用、産業利用関連情報の配信、研究会の構築準備、リクエストの収集を行う。
・福井大学生、若手教員を中心に、中性子科学、中性子利用等について教育を行い、将来試験研究炉を利用する人材を輩出する。

## 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

 ◎JRR-3産業利用経験(第3回WG)
  ・JSR株式会社 湯淺 毅
  ・JFEスチール株式会社 仁
 ◎試験研究炉への期待(第3回WG)
  ・東洋紡株式会社 船城 健一
  ・日華化学株式会社 稲継 崇宏

 ◎自治体の活動(第4回WG)
  ・茨城県 予定



## 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

 2)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)
  令和4年1月20日 15:15～17:00(参加者26名、内学外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)

■ 活動状況(つづき)

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」



## 国際原子力人材育成イニシアティブ事業

### 原子力技術の継承と継続的な人材育成を目指した福井県嶺南地域の国際原子力人材育成拠点形成

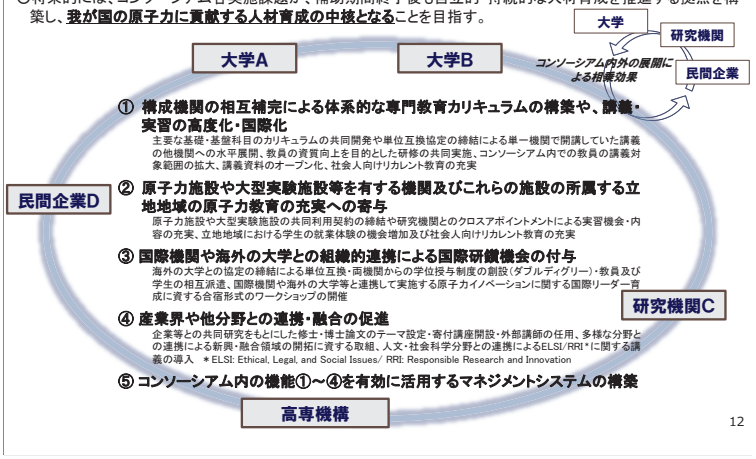
代表機関:福井大学
実施責任者:同附属国際原子力工学研究所
 所長・教授 宇埜正美
参画機関:福井工業大学
 若狭湾エネルギー研究センター
 大阪大学
 東京都市大
 関西電力



## コンソーシアムにおいて実施する内容(イメージ)

〔第3回原子力研究開発・基盤・人材作業部会(令和2年5月20日)資料を一部修正〕

○コンソーシアムは、7年間の拠点構築の過程において、**①～⑤の人材育成機能を強化**していく。
○将来的には、コンソーシアム各実施課題が、補助期間終了後も自立的・持続的な人材育成を推進する拠点を構築し、**我が国の原子力に貢献する人材育成の中核となる**ことを目指す。



## 未来社会に向けた先進的原子力教育コンソーシアム
## (Advanced Nuclear Education Consortium for the Future Society：ANEC)

**総　会**
参加者：コンソーシアムメンバー（事務局は北大）、PD・PO

**企画運営会議**
参加者：北大（事務局）、東北大、東工大、福井大、京大、近大、高専機構、PD・PO

**カリキュラムグループ会議**
とりまとめ（北大）
参加者：北大、高専機構、東北大、京大、阪大、九大、東工大、静岡大、金沢大、福井大、長岡技大、東海大、藤田医科大

主な実施内容：体系的な専門教育カリキュラム（北大、高専機構）、オンライン教材（北大）、単位互換（北大）、高校理科教員や小中学生向けプログラム（高専機構）

- オンライン教材WG
- 実験・実習WG
- 国際教育WG
- 一般・社会人教育WG
- 高専実行委員会（高専）

**国際グループ会議**
とりまとめ（東工大）
参加者：北大、東工大、東海大、京大、近大、高専機構

主な実施内容：原子カイノベーター養成キャンプ（東工大）、原子カイノベーション留学（東工大）、IAEA原子力安全基準研修（東海大）、韓国・慶熙大学校原子炉実習（近大、高専機構）

- 原子カイノベーター養成キャンプWG
- 原子カイノベーション留学WG

**実験・実習グループ会議**
とりまとめ（近大・京大）
参加者：北大、東北大、福井大、福井工大、阪大、近大、京大、高専機構、長岡技大、名大、東京都市大、東海大

主な実施内容：原子炉実習基礎・中級・上級（近大・京大）、廃棄物計測・信頼性工学実習（東京都市大）、発電炉シミュレータ実習（東海大）、中性子輸送挙動計測実習（東北大）、放射線応用実習（東北大）、原子炉材料照射実習（東北大）
廃止措置セミナー（福井大）、原子力プラント体感実習研修（福井大）、JAEA実習（福井大）、アイソトープ実習（福井大）、バーチャル研究室（高専機構・長岡技大）

- 原子炉実習基礎コースWG
- 原子炉実習中級コースWG
- 原子炉実習上級コースWG

**産学連携グループ会議**
とりまとめ（福井大）
参加者：北大、福井大、近大、高専機構

主な実施内容：原子力施設インターンシップ研修（福井工大）、原子力業界探求セミナー（近大）、電力会社実習（高専機構）



## つるが原子力セミナー

University of Fukui

- 昨年度の議論の結果、初日午後から敦賀に集合し基調講演、2日目～4日目はそれぞれの機関で実習、最終日午前中に発表会
- 7月7日に学会MNで案内を配信、福井大学附属国際原子力工学研究所HPに申込みサイトを設置。
- 8月4日に研究推進会議を開催し、8月6日にオンライン開催（全員が同一プログラム）を決定

| 日程 | 場所 | 内容 |
|---|---|---|
| 9月13日（月）午後 | 福井大学敦賀キャンパス | ・開会挨拶、注意事項説明<br>【講演】 エネルギー、原子力等、試験研究炉など |
| 9月14日（火）～16日（木） | 各実習会場 | 予め選択した①～⑦の実習（実施場所/集合場所）を各機関で実施<br>①廃止措置セミナー（福井大学/福井大学敦賀キャンパス）<br>②福井工大アイソトープ研修（福井工業大学3号館/福井工業大学）<br>③ナトリウムと材料の濡れ性に関する実習（JAEA/福井大学敦賀キャンパス）<br>④非破壊検査技術に関する実習（JAEA/福井大学敦賀キャンパス）<br>⑤レーザー溶断メカニズムに関する実習（JAEA/福井大学敦賀キャンパス）<br>⑥原子力プラント体感実習研修（日本原電/福井大学敦賀キャンパス）<br>⑦原子力施設インターンシップ研修（関西電力他/福井大学敦賀キャンパス） |
| 9月17日（金）午前 | 福井大学敦賀キャンパス | 【報告会】<br>①～⑦毎に発表 |



## ①廃止措置技術セミナー（福井大学）

University of Fukui

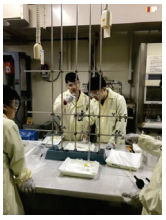
【概要】 作業内容によって異なる人工数や費用，機器解体によって発生する放射性廃棄物のレベル区分や管理についても考慮に入れ，原子力施設内の機器の解体作業計画について検討・立案をグループに分かれて実施。JAEAスマデコ施設においては，施設の見学や説明，実習を通じてMR・VR技術を体験。
【人材】廃止措置における作業工程やその計画作成に携わる人材を育成
【募集対象、人数】 高専生、大学生、大学院生（最大15名）
【場所】 福井大学敦賀キャンパス，JAEAスマデコ

| 日程 | 場所 | 内容 | |
|---|---|---|---|
| 1日目 | 福井大学敦賀キャンパス | 【講義】<br>・わが国における廃止措置の動向<br>・廃止措置の作業工程<br>・廃止措置で発生する放射性廃棄物の取り扱い<br>【演習】<br>・作業計画の検討（準備・説明） | 作業計画立案で考慮すべき諸項目について学習。 |
| 2日目 | JAEA敦賀総合研究開発センター | ・JAEAスマデコ施設見学（MR・VR体験，レーザー加工高度化フィールド，モックアップフィールド） | MR・VR技術を体験するとともに，解体対象機器を3次元的に把握。 |
| 3日目 | 福井大学敦賀キャンパス | 【演習】<br>・作業計画の検討（作業人工数，廃棄物管理計画）<br>・グループ討論・成果発表 | 解体作業計画を検討・立案し，人工数や廃棄物発生量等の項目を評価。 |

## ②福井工大アイソトープ研修

University of Fukui

【概要】 非密封線源を用いた実習を通して放射性物質の正しい取り扱いを理解する。
【人材】 放射性物質の化学的特性を理解し、法令に従った放射性物質を正しく取り扱う事が出来る人材を育成する。
【対象】 学部、大学院
【施設】 福井工業大学3号館2階放射線計測実験室
福井工業大学アイソトープ研究所
【工程】
1日目　安全教育（法令等を含む講義、VRを利用した管理区域への入退出体験）
2日目　（午前）密封線源計測実習
（午後）非密封線源実習（コールド実習）
3日目　非密封線源実習（ホット実習）、まとめ


アイソトープ実験

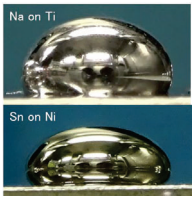


## ③ナトリウムと材料の濡れ性に関する実習（JAEA）

University of Fukui

【概要】 液体ナトリウムは表面張力が大きく、金属材料表面に対して濡れにくいが、濡れを促進又は抑制する技術ができれば、機器の設計、運転、解体、洗浄の安全性や効率が向上する。そこで、本課題では材料表面とナトリウムの濡れ性について基礎的な知見を実験により習得する。
【人材】 濡れ性試験を通して、液体ナトリウムの物理現象を体得するとともに、それを基に現象を原子レベルで理解する論理的思考を修得する。
【対象】 高専生、学部、大学院等【最大受入人数】 4名
【施設】 ナトリウム工学研究施設（高純度アルゴン雰囲気グローブボックス、濡れ性測定装置、電子顕微鏡等）

| 日程 | カリキュラム |
|---|---|
| 1日目 | ・高速炉の特徴、ナトリウムの性質に関する講義<br>・ナトリウムの濡れ性に関する講義 |
| 2日目 | ・実習の概要説明<br>・ナトリウムの濡れ性実験（1） |
| 3日目 | ・ナトリウムの濡れ性実験（2）<br>・まとめ、発表資料作成 |



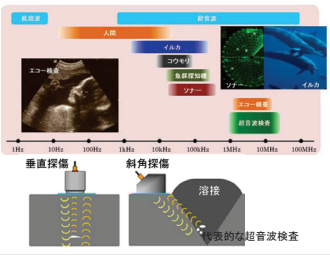
ナトリウムの濡れ性制御に関する実験結果の一例

## ④非破壊検査技術に関する実習（JAEA）

University of Fukui

【概要】 物を壊さずに欠陥の状態を把握できる非破壊検査
産業界で多く利用されている超音波検査法について、基礎を学び、試験体を用いた実習で欠陥位置や深さの評価を行います。また信号処理や他の非破壊検査にチャレンジすることも可能です。
【人材】 非破壊検査は、人々が安全にくらすためになくてはならないものです。将来の「安全の防人」となる人材が求められます。
【対象】 学部、大学院等【最大受入人数】 4名
【施設】 研究棟　計測実験室
デジタル超音波探傷器等

| 日程 | カリキュラム |
|---|---|
| 1日目 | ・高速炉の特徴、ナトリウムの性質に関する講義<br>・高速炉の検査、超音波探傷に関する講義、実習内容の説明 |
| 2日目 | ・超音波探傷実験 |
| 3日目 | ・信号処理の基礎<br>・結果整理、発表資料作成 |



## ⑤レーザー溶断メカニズムに関する実習（JAEA）

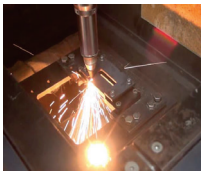
【概要】 原子炉施設の廃止措置時の構造物解体では、飛散物の少ないレーザー技術の利用が期待されている。本実習では、実際に大出力レーザーを用いた溶断を体験するとともに、計算機による解析を行うことで、レーザー溶断における複雑なメカニズムを理解することを目的とする。

【人材】 原子炉の廃止措置へのレーザー溶断技術の活用等の、レーザー技術を原子力施設へ適用するための知見が得られる。

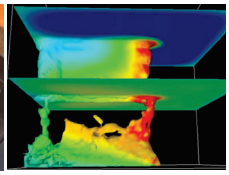
【対象】 大学院等　【最大受入人数】 4名

【施設】 ふくいスマートデコミッショニング施設、6kWレーザー設備

| 日程 | カリキュラム |
|---|---|
| 1日目 | ・実習の概要説明<br>・レーザー加工に関する概要説明<br>・レーザー溶断の計算機解析 |
| 2日目 | ・レーザー溶断実験<br>・実験と解析の比較による考察 |
| 3日目 | ・評価結果の取りまとめ<br>・プレゼン資料作成 |



レーザー溶断実験



レーザー溶断解析

## ④原子力プラント体感実習研修（日本原電）

【概要】:
・原子力発電所におけるプラント主要設備の概要、事故の解析・シビアアクシデントの概要と対策、福島事故の概要等について講義及び原子力発電教育シミュレータを用いて体感学習するとともに、原子力施設の見学を実施する。
・水と蒸気の実習装置を用いて沸騰実験、熱交換実験、編流観察を行う。

【人材】:原子力プラントの基礎から事故解析まで、幅広い体感学習を通じ、原子力安全に関する意識と知識を持った人材を育成する。また、将来原子力分野への就職を視野に入れる若者も育成する。

【対象】:大学生、大学院生等（最大受入人数　8名）

【スケジュール】

| | 研修内容 | 講義・実習内容 |
|---|---|---|
| 1日目 | プラント主要設備・運転の概要 | 講義：プラント主要設備の概要<br>実習：プラント運転操作<br>実習：原子力発電教育シミュレータによる事故時の挙動確認 |
| 2日目 | シビアアクシデント解析<br>1F事故の概要 | 講義：シビアアクシデントとアクシデントマネジメント<br>講義：原子力発電教育シミュレータによる挙動確認 |
| 3日目 | 水と蒸気の実習装置を用いた実習 | 実習装置概要説明、沸騰実験・熱交換実験・編流観察、実験データ整理 |
| | 原子力施設視察 | 敦賀発電所1号機または原子力緊急事態支援センター視察 |

原子力発電教育シミュレータ実習

日本原子力発電株式会社　敦賀事業本部　敦賀総合研修センター

## ⑦原子力施設インターンシップ研修（1/2）

【概要】 福井県嶺南地域にある関西電力の原子力施設等を中心に研修を行い、原子力に係る仕事の内容を理解する。

【人材】 原子力に携わる人々との交流を通して、電力の安定供給及び安全を保つための日々の技術に対する研鑽及び人々の使命感を理解した人材を輩出する。

【対象】 学部、大学院

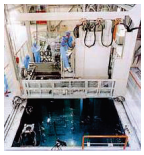
【施設】 美浜1，2号機（廃止措置）、大飯3，4号機（安全対策）敦賀総合研修センター、原子力研修センター、原子力安全システム研究所

【工程】

美浜1，2号機、敦賀総合研修センター（1日）

大飯3，4号機、原子力研修センター（1日）

原子力安全システム研究所、まとめ（1日）



燃料取替え



## ⑦カリキュラム（案）（2/2）

| | 9月14日 | 9月15日 | 9月16日 |
|---|---|---|---|
| 午前<br>(09:00-12:00) | 美浜発電所PR館<br>・オリエンテーション<br>［講義］<br>・関西電力の原子力発電所について<br>・美浜発電所の廃止措置について<br>（1，2号機）<br>［見学］<br>・美浜発電所1，2号機の見学（廃止措置） | エルガイヤ大飯<br>［講義］<br>・大飯発電所の概要について<br>・大飯発電所の安全対策について<br>（3，4号機）<br>［見学］<br>・大飯発電所3，4号機の見学（安全対策） | 原子力安全システム研究所<br>［講義］<br>・原子力安全システム研究所の概要について<br>・原子力発電所の安全研究の取り組み<br>（演習体験）<br>・緊急時対応リーダーシップ体感<br>［見学］<br>・研究所の見学（材料分析装置）<br>・ナノミクロレベルの材料観察 |
| 午後<br>(13:30-16:30) | 日本原子力発電　敦賀総合研修センター<br>［講義］<br>・原子力発電所の訓練・研修施設<br>（測定体験）<br>・放射線測定実習<br>［見学］<br>・敦賀総合研修センターの見学<br>（中央制御室） | 関西電力　原子力研修センター<br>［講義］<br>・原子力発電所の系統と主要機器について<br>・原子力発電所の保守管理について<br>（操作体験）<br>・燃料取り扱いクレーン補助実習<br>［見学］<br>・関西電力　原子力研修センター見学<br>（モックアップ機器） | 原子力安全システム研究所<br>［グループ討議］<br>・各自で原子力に関するテーマを選定、発表<br>・インターンシップで学んだこと等<br>・クロージング |
| 備考 | 敦賀泊 | 敦賀泊 | 敦賀泊 |

注）見学先等については、新型コロナウィルスへの対応状況等により、変更となる場合があります。

# ７．各研究所の状況報告／近畿大学

# 原子力研究所

（近大）山西　弘城

近畿大学
KINDAI UNIVERSITY

# 研究所の状況報告

1Wくん

近畿大学原子力研究所
山西弘城

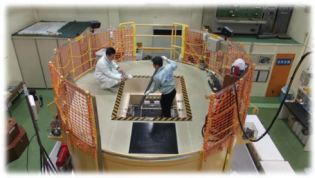
作：近畿大学文化会 書道研究墨濤会

近畿大学（Kindai Univ.）

**2021年11月11日**
**臨界60周年**

## UTR-KINKI

- **UTR**: **U**niversity **T**eaching and **R**esearch Reactor
- 定格熱出力: 1.0 W
- 日本初の民間原子炉
- 日本初の大学原子炉



## 近畿大学原子力研究所の沿革

**1959年**：東京国際見本市に米国が教育用原子炉を出展。
東京晴海埠頭で１８日間運転。
近畿大学初代総長・世耕弘一が教育原子炉の購入を決断。
**1960年**：近畿大学に原子力研究所を設置。

昭和天皇・皇后両陛下による原子炉ご見学の様子
（1959年5月12日）

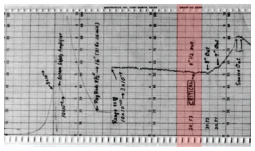
近畿大学初代総長
世耕弘一

4

## 近畿大学原子力研究所の沿革

**1961年**：大学構内に原子炉を設置。大学・民間第一号原子炉。
11月11日に臨界に達し、熱出力0.1Wで運転開始。
理工学部に原子炉工学科を設立。
**1974年**：熱出力を１Wにパワーアップ。
**1981年**：全国大学研究者による原子炉等利用共同研究開始
**1987年**：原子炉実験研修会開始
**2002年**：原子炉工学科廃止
再編成で電気電子工学科エネルギー工学コース新設

**教育：60年**
**共同利用：40年**
**研修会：34年**



近畿大学原子炉
（UTR-KINKI）初臨界
（1961年11月11日）

## 近畿大学原子力研究所の沿革

**2011年（平成23年）**：　東日本大震災・福島第一原子力発電所事故。
11月11日臨界50周年。
**2013年（平成25年）**：　試験研究炉の新規制基準施行。
**2014年（平成26年）**：　新規制基準に対応するため、2月から運転を停止。
**2017年（平成29年）**：　全ての審査・検査を完了し、新規制基準の下で運転する最初の試験研究炉として研究・教育利用を再開。

2017年3月　検査合格の会見

2017年4月　運転再開時の取材の様子

6

## 日本の大学原子炉

| | | | |
|---|---|---|---|
| ◆近畿大 | UTR-KINKI（1 W） | 1961- | （東大阪市） |
| ◆立教大 | RUR（100 kW） | 1961-2001 | （横須賀市） |
| ◆武蔵工業大 | MITRR（100 kW） | 1963-1989 | （川崎市） |
| ◆京都大 | KUR（5 MW） | 1964- | （熊取町） |
| ◆東京大 | 弥生（2 kW） | 1971-2011 | （東海村） |
| ◆京都大 | KUCA（100 W） | 1974- | （熊取町） |

現在、原子炉を保有する大学は、近畿大学と京都大学の二大学のみである。

日本の原子力教育を担っている

## 近畿大学原子炉の特長

- 軽水減速黒鉛反射非均質型熱中性子炉
- 米国アルゴンヌ国立研究所が開発したアルゴノート型原子炉を原型として、American Standard社が開発・製造した教育訓練用原子炉。

定格熱出力：　1.0 W
温度／圧力：　室温／大気圧
最大積算運転時間：　1200時間／年
減速材：　軽水
反射材：　黒鉛
燃料材：　ウラン・アルミニウム合金
原子炉燃料体数：　12体
起動用中性子源：　Pu-Be 1 Ci (1.4x$10^6$ n/sec)
最大熱中性子束：　1.2x$10^7$ n/$cm^2$/sec

8

## 近畿大学原子炉の特長

- 温度上昇なし
  冷却設備不要。ゼロ出力炉（Zero Power Reactor）として運転される。
- ウラン燃料の消費がわずか
  燃料交換不要。使用済燃料の発生なし。これまでの消費量は約1 mg。
- 核分裂生成物の生成がわずか
  汚染、被ばくのおそれが少なく、炉心への接近や燃料操作が容易。
- 運転中の漏洩放射線がわずか
  運転中の原子炉の近くで作業ができる。
- 誘導放射能がわずか
  保守管理が容易。照射試料の処理が容易。

生体遮蔽タンク（軽水と砂を充填）の中央に炉心部があり、上部はコンクリート製の蓋で遮蔽している。

9

## 近畿大学原子力研究所

**教育：60年**
近大理工学部
　卒研、今年は17名
原子炉実習
他大学の原子力専攻

**共同利用：40年**
年間20～30課題

**研修会：34年**
中学高校の理科教員
今年度は3回、対面で

**原子炉施設管理等**
- **原子炉施設**　；　**保安規定**／検査官フリーアクセス、年1回の施設定期事業者検査
- **計量管理**　；　**計量管理規定**／年1回の実在庫量調査（IAEA査察）
- **核物質防護管理**；**核物質防護規定**／年1回の検査
- **放射線施設**　；　**障害予防規程**／3年に1回の施設定期検査、施設定期確認
- **原子力防災**　；　**防災業務計画**／年1回の防災訓練

スタッフ；教員10名、技術職員2名、事務職員4名

## 近畿大学原子炉の利用

**利用共同研究**

**原子力人材育成**

**研修会（理科教員対象など）**

## 研究利用と利用共同研究

- 学内利用
  使用登録者の所属：原子力研究所、理工学部（生命科学科・電気電子工学科）、薬学部、薬学総合研究所
  → 毎年　約30課題（RI施設利用を含む）

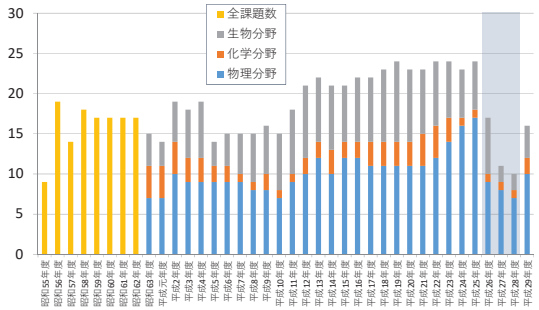
「近畿大学原子炉等利用共同研究計画」

- 原子炉を利用した照射実験を推進するため、1981年（昭和56年）1月に開始。大阪大学が窓口となって運用。
- 対象：国公私立大学・国立研究機関・独立行政法人に所属する教員・研究者およびこれに準ずる者。
- 研究課題：物理系・化学系・生物系に分かれ、近畿大学原子炉等利用共同研究運営委員会の審査・採択課題を決定（年12月頃募集）。
- 採択課題に対して予算の範囲内で旅費等を支給。

**令和3年度で終了**

12

## 「近畿大学原子炉等共同利用研究計画」採択課題数の推移






## 近畿大学原子炉の利用

利用共同研究

原子力人材育成

研修会（理科教員対象など）

## 原子力人材育成

近大炉（UTR-KINKI）を用いた原子炉実習
主な参加大学；
京大、阪大、名大、九大、福井大、
福井工大、東海大、東京都市大

文部科学省国際原子力人材育成イニシアティブ事業に採択され、最高のS評価をいただいた。
平成25年度～平成27年度の3年間
平成28年度～平成30年度の3年間
平成31年度～令和3年度の3年間（最終年度）

令和2年度スタートの7年間の事業
全国6拠点のうちの1つに選ばれている。

国際原子力人材育成イニシアティブ事業：令和4年1月18日「成果報告会」

抜粋

令和3年度　国際原子力人材育成イニシアティブ事業

原子炉及び大型実験施設等を活用した
持続的な原子力人材育成拠点の構築

【拠点B】

## 近畿大学・京都大学拠点：令和3年度の実施状況

【参画機関】　近畿大学、京都大学、名古屋大学、北海道大学、東京都市大学、東海大学、大阪大学、長岡技術科学大学、東北大学、九州大学、福井大学、東京工業大学、福井工業大学、早稲田大学、東京大学、東京都立大学、日本原子力研究開発機構、日本原子力産業協会、NPO法人アトム未来の会

実験・実習
- 原子炉実習　基礎コース（近畿大）
- 原子炉実習　中級コース（京都大）
- 原子炉実習　上級コース（京都大・名古屋大）

（体系的な実習教科書の整備（近畿大・京都大））

- 廃棄物計測・信頼性工学実習（東京都市大）
- 発電炉シミュレータ実習（東海大）
- 高専生のための原子力実習（高専機構・近畿大・東海大）

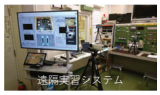
国際関係
- 韓国・慶熙大炉実習（近畿大）　→　中止
- IAEA原子力安全基準研修（東海大）

産学連携
- 原子力業界探求セミナー（近畿大）

## 原子炉実習「基礎コース」（近畿大学）

| | 大学 | 実施（予定）日 | 参加者数 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 名古屋大学＊ | 6/28-29 | 14 | |
| 2 | 福井大学＊ | 7/19-21 | 6 | |
| 3 | 東京都市大学＊ | 8/26 | 3 | オンライン実習（2日→1日に短縮） |
| 4 | 福井工業大学 | 9/16 | 26 | オンライン実習（3日→1日に短縮） |
| 5 | 大阪大学 | 9/17 | 8 | オンライン実習 |
| 6 | 九州大学＊ | 9/21-22 | 15 | オンライン実習 |
| 7 | 東京都立大学 | 9/29-30 | 12 | |
| 8 | 東京大学 | 11/8 | 8 | 9/6→11/8に延期 |
| 9 | 東海大学＊ | 12/1-3 | 15 | |

- 新型コロナウィルス感染拡大により、8-9月は一部の実習を遠隔実習システムを用いたオンライン実習に切り替えて実施（＊はR1年度採択事業で実施）。



## 原子炉実習「中級コース」（京都大学）

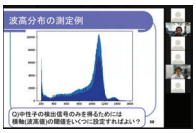
- R3年12月からKUCAが運転停止中。
- 教員実習（6/30-7/1）：**R4年度以降に近大炉で実施**するため、実習引率教員の研修と実習内容の検討を実施。教員8名参加。
- KUCA未臨界体系実験（10/4-10/8）：天然ウラン未臨界体系を使った実習を実施。新型コロナウィルス感染拡大により一部大学が参加を辞退。12名参加。

### 体系的な実習教科書の整備（近畿大学・京都大学）

- 近大炉を使った実習テキスト（和文）を執筆。R4年3月出版予定（原子炉実験入門）。

## 原子炉実習「上級コース」（京都大・名古屋大）

- 原子炉物理と放射線計測を専門とする大学院生を対象として近大炉とKUCAを用いた専門的な実習を整備。
- 原子炉物理及び中性子計測に関する専門的な実習プログラムを開発。
- 参加学生を対象として、Zoomにより事前講義・演習を実施
- 近大炉において3泊4日の実習を実施（7/6-7/9）。
- 参加学生：北大5名、京大1名、名大4名
- UTR-KINKIの特色を活かした専門的な実験（ソースジャーク法、炉雑音測定）を実施。
- 学生主体の原子炉運転実習として、必要な運転操作を学生自身が実施。



- 近大炉において、実習手順・内容等がKUCAと異なることを確認。KUCAを想定した事前講義内容をR4年度以降修正する。
- 内容がやや盛沢山であったため、参加学生のレベルや重点的に教育したい内容を踏まえ、継続的に改善する。

## 高専生のための原子力実習（高専機構・近畿大学・東海大学）

- 緊急事態宣言発令（8/2）により引率教員・学生の出張が不許可となったため、急きょオンライン実習に切り替えて実施。
- 8/23-25は近畿大学、8/26-27は東海大学で実施。
- 参加予定数10名 → オンライン切替により5名に減少（富山3、群馬1、都城1）。

| 8/23 | 8/24 | 8/25 | 8/26 | 8/27 |
|---|---|---|---|---|
| 講義<br>・原子炉の基礎<br>・原子炉の運転<br><br>原子炉見学<br><br>実習<br>・原子炉運転（起動前点検、原子炉起動、臨界操作、原子炉通常停止、停止点検） | 講義<br>・放射線の基礎<br>・放射線の利用と応用<br>・放射線の健康影響<br><br>実習<br>・中性子ラジオグラフィ<br>・空間線量率測定<br>・スクラム実験 | 実習<br>・アルミの放射化と半減期測定<br><br>交流<br>・近大学生の研究紹介 | 講義<br>・原子力発電プラントPWR/BWRの特徴と機能<br>・原子炉シミュレータSARSの概要と機能<br><br>実習<br>・PWRの事故解析と解析結果の分析・考察 | 実習<br>・BWRの事故解析と解析結果の分析・考察<br><br>講義<br>・発電用原子炉の事故と対応<br>・研究・実験用原子炉の状況<br>・まとめ |

近大炉　　東海大学

## 近畿大学原子炉の利用

**利用共同研究**

**原子力人材育成**

**研修会（理科教員対象など）**

## 教育利用（中等教育）

➢ 理科教員対象の原子炉実験研修会（1987～）

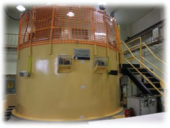
**目的**　実際に原子炉を運転し、放射線に関する基礎的な実験を体験することによって、原子炉・放射線についての科学的な知識と判断力を習得し、実際の教育現場で役立てること。

**典型的な1泊2日コースの内容**

**講義**
- 保安教育
- 放射線の基礎知識
- 原子炉の基礎知識
- 放射線の健康影響

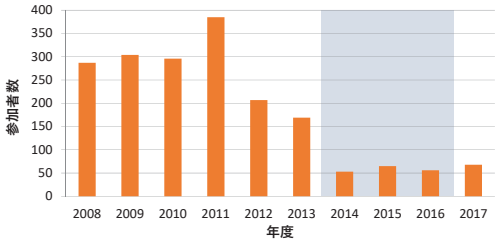
**実験**
- 原子炉見学
- 原子炉運転体験
- 中性子ラジオグラフィ
- 環境放射線測定
- 放射線の性質（遮蔽・距離の逆二乗則）

◆平成24年度から中学理科に「放射線」が取り入れられたことを受けて、近年は放射線教育に力を入れている。
◆放射線教育の実践例の紹介も行っている。



24

## 理科教員対象研修会　参加者数の推移




◆ 2011年の福島第一原子力発電所事故により、放射線や原子力への関心が大きく高まったことを受けて参加者数も大幅に増加したが、その後は開催回数の減少により参加者数が減少。（令和３年度　１泊2日コース×３回実施）

◆ 高校生対象の原子炉実験研修会も行っている（令和３年度は2校）。原子炉運転の他、基礎的な放射線測定実験を体験する。

25

## 近畿大学原子炉の利用

**利用共同研究**
**原子力人材育成**
**研修会（理科教員対象など）**

１Wでも、原子炉は原子炉
　　実物の緊張感
１Wだからできること
　手軽さ、身近に感じる
原子炉の理解促進

## おわりに

２０２２年４月から
　理工学部に　エネルギー・物質学科

２０２２年度
　新たな利用共同研究をスタート

近畿大学
KINDAI UNIVERSITY

近畿大学
KINDAI UNIVERSITY

ご清聴ありがとうございました

研究所の状況報告

近畿大学原子力研究所　山西弘城

７．各研究所の状況報告／近畿大学 原子力研究所 質疑応答

三澤：山西先生ありがとうございました。ご質問がありましたら挙手をお願いしたいと思います。

中島：山西先生どうもありがとうございました。最後にもありましたけど、大阪大学を窓口とした共同利用が今年度で終了となって、来年度から別の形でということですが、もう少し具体的な事や、あるいはそれにおける課題などありましたら、ご説明いただけますでしょうか。

山西：はい。ありがとうございます。大阪大学を窓口とした共同利用が出来なくなりまして、さあどうしたものかと考えてきたところです。国立大学の法人化された後にも大阪大学で原子力関係の先生方が守って今まで共同利用を続けてきたわけですけど、工学研究科の風向きが変わりまして終りにするということでありました。そこで保証(共同利用経費で予算確保)されていたのは原子炉の利用料と、共同利用の旅費だったわけです。近畿大学で受ける場合に旅費は工面できないですが、利用料は、我々と共同で行うということで、研究成果を多く出すという観点から利用料は取らないと考えております。今、学内的なコンセンサスをとっているところですので、まだ募集をかけていないのですが、希望的には３月には募集をかけ、運営委員会を設けて、審議をしつつ募集されたものを採択していきたいと考えております。以上です。

中島：ありがとうございました。色々大変だと思いますが、我々の KUCA も止まってしまうこともありますので是非とも活発に研究出来るようにお願いいしたいと思います。もし他に無ければもう１点よろしいでしょうか。

三澤：どうぞ。

中島：安全管理の観点で、出力が高いものに比べると管理が楽かとは思いますが、安全規制もそうですが最近特にセキュリティ関連の規制が厳しくなっていて、うちも警備にかけるお金がどんどん膨らんでいますが、近畿大学さんのところの状況を可能な範囲で教えていただければと思います。

山西：はい。警備員を外注する場合に警備業法というものにあたり、１級の(資格を持つ)警備員が常時敷地内に居なければなりません。 大学のほうに了解を得て警備員が ２４時間３６５日詰める体制としました。大学の経営陣にもなかなかのコストがかかると厳しい目で見られています。

中島：どうもありがとうございました。

三澤：山西先生どうもありがとうございました。

# ８．複合原子力科学研究所

# ロードマップの検討状況

# （施設の将来計画、研究計画と組織再編）

（京大複合研）田中　浩基

# 複合原子力科学研究所ロードマップの検討状況（施設の将来計画、研究計画と組織再編）

京都大学複合原子力科学研究所
粒子線腫瘍学研究センター
田中浩基

2022年2月17日令和3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

## 1. はじめに

### 1.1. 本資料の位置づけ

✓副所長（研究担当）のもと本資料はとりまとめられ、ロードマップ（2020年度版）をベースに中間とりまとめ版を作成し、令和3年度全所員会議や令和3年度将来計画短期研究会において、中間報告をするとともにレビューを受けることで、最終案を完成する予定である。研究所の意思決定機関（協議員会）にて議論し、承認を得る。その結果は所員と共有する。すなわち、透明性確保に努める。

✓2020年度版ロードマップの施設に関するスケジュール更新と、研究内容、新規施設の導入検討について以下のメンバー（敬称略）で議論し、所長・副所長のレビューを受けた。
　研究内容については研究所全体を網羅しているわけでなく、研究の方向性を示すために情報収集されたものである。

原子力基礎工学研究部門:五十嵐、山村、堀、北村
粒子線基礎物性研究部門:木野村、奥地、日野、高宮、北尾、井上
安全原子力システム研究センター:齊藤、黒﨑、伊藤(啓)
放射線生命科学研究部門・粒子線腫瘍学研究センター:渡邉、田中

## 1. はじめに

### 1.2. ロードマップ検討の背景（2020年度版より抜粋・追記）

✓現在の複合研が抱える問題：
施設の老朽化、規制強化対応、2026年5月のKUR停止（検討中）

✓互いに連動して絡み合っているこの三つの問題を解決すべく、これまで様々な議論がなされてきた。

✓一方で、2020年9月頃から、福井サイト炉の話が本格的に動き出した。
以下「もんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉」を便宜上、福井サイト炉という。

✓福井サイト炉としては、様々な炉型の中でもKURと類似性の高い炉型が選定され※、概念設計、詳細設計、建設、稼働に向けて、話が進みつつある。
※現在はKURの実績も踏まえJRR-3に近い炉型で検討中

✓このような背景を受けて、福井サイト炉の話も含めた、長期的な複合研のビジョンを構築することとなり、そのアウトプットの一つとして、ロードマップが作成されることとなった。

## 2. ロードマップの内容

### 2.1. ロードマップの先にみえてくるもの（2020年度版より抜粋・追記）

✓新しい複合研が目指すべき方向性

✓複合研ならではの学術（複合原子力科学：新型原子炉研究・廃止措置研究、多様な放射性同位元素利用研究、多様な量子ビームの利用研究など）

✓複合研の立ち位置（京大の中の複合研、共同利用・共同研究拠点としての複合研、日本の原子力・放射線研究教育における複合研・・・）

✓施設、研究、それぞれ中身はいろいろあったとしても、全体としての統一感、多様性の中の研究方向性

## 2. ロードマップの内容

### 2.2. ロードマップの概要（2020年度版より抜粋・追記）

横軸を年とし、各項目の年次進展を線表で表す形式とする。

項目は、複合研にある原子炉施設・RI施設・加速器施設と福井サイト炉とする。

各施設で行われている研究・学術をキーワード的に提示する。

2020年から2035年までの計画を記載する。

2021年度版検討事項

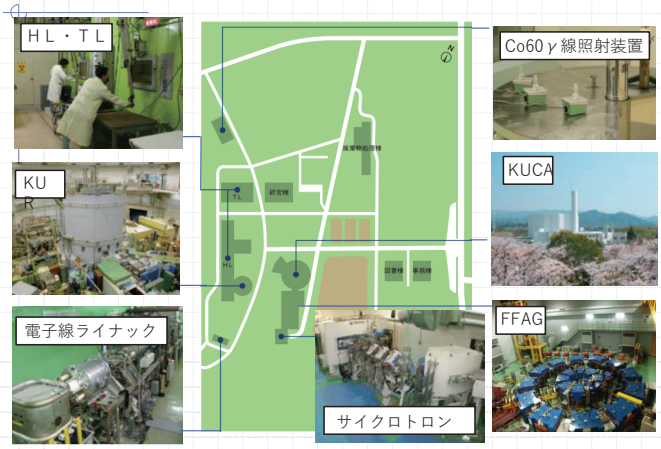
施設のスケジュールを更新し、説明資料を追記

研究内容について情報を収集し、第4-5中期目標・中期計画における研究の方向性を示す。

他機関との連携、民間活用、新規施設の導入について検討する。

## 2. ロードマップの内容

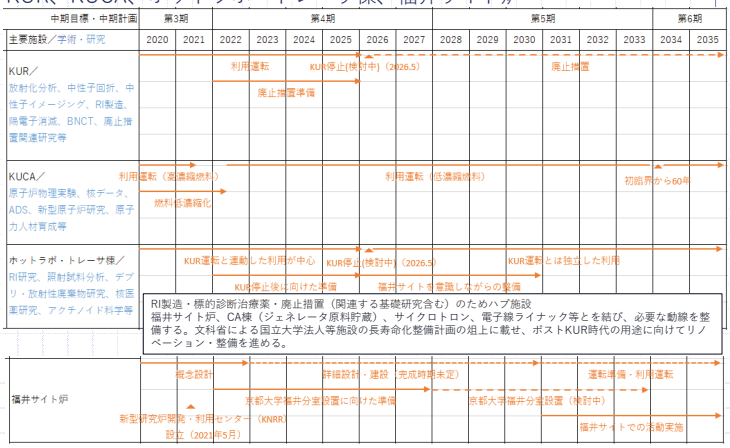
京大複合研の原子炉施設・RI施設・加速器施設



## 2. ロードマップの内容

四角枠内に各施設の整備内容など、説明資料として追記

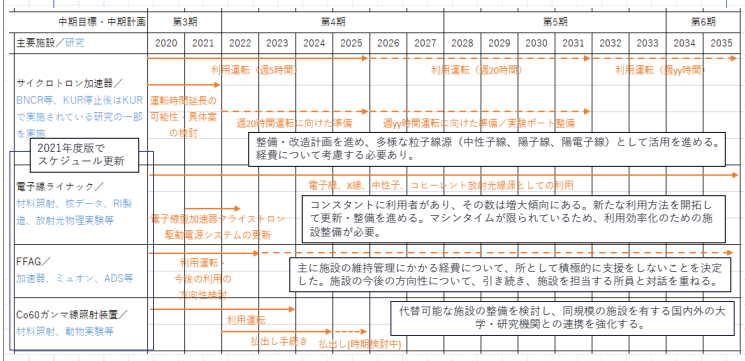
KUR、KUCA、ホットラボ・トレーサ棟、福井サイト炉




## 2. ロードマップの内容

四角枠内に各施設の整備内容など、説明資料として追記

サイクロトロン加速器、電子線ライナック、FFAG、Co６０γ線照射装置




## 2. ロードマップの内容

研究テーマベースのロードマップ　第４－５中期目標・中期計画

✓ 新型原子炉研究・廃止措置研究（※）

（※ 廃止措置研究についてR4概算要求に申請）

- 原子力の安全性向上に係る研究
  - 現行軽水炉の安全性向上
  - 新型原子炉の開発
- 革新炉（SMR、溶融塩炉等）開発に必要な核データ整備
- 多目的液体金属ループによる原子力熱流動研究
- トリウム利用原子炉システムの炉心核特性精度評価に関する基礎研究
- 原子炉施設の廃止措置に関する基礎的研究
- 廃棄物有効利用の可能性検討（KUR炉室利用、原子力電池等）
- 事故炉・核燃料取扱技術に係る研究
  - 事故炉の安全性向上
  - 核燃料取扱の安全性向上

他機関との連携・研究の展開

KUR廃止措置実施計画の策定及び、それら知見を廃止措置実施方針を踏まえた福井サイト炉建設に反映
研究成果が廃止措置関連標準の整備に繋がることに期待

## 2. ロードマップの内容

研究テーマベースのロードマップ　第４－５中期目標・中期計画

✓ 多様な放射性同位元素の利用研究

- 放射性廃棄物・核医薬に対応したアクチノイド基礎・応用研究
- 量子標的治療診断薬開発研究（※）　（※）R4概算要求に申請
- KURを用いた放射化分析・RI利用研究
- 加速器（サイクロトロン）を用いた放射化分析・RI利用研究
- α放射性核種・核燃料物質を用いた基礎・応用研究
- メスバウアー分光法を利用した研究

他機関との連携・研究の展開

KURから福井サイト炉への接続にサイクロトロンとホットラボの活用が重要
福井サイト炉での放射化分析、RI利用研究へとつなげるために、JRR-3と連携して研究を遂行

## 2. ロードマップの内容

研究テーマベースのロードマップ　第４－５中期目標・中期計画

✓ 多様な量子ビームの利用研究

- 量子ビームを用いた生体分子のナノスケール構造研究
- 量子ビームを用いた宇宙,地球,惑星,環境物質の水素(同位体)の状態解析研究
- 中性子ビーム利用の高度化に関する研究・装置開発
- 陽電子ビームによる照射材料の評価研究
- 中性子捕捉療法による抗腫瘍効果メカニズム解析・効果増強方法の模索
- 中性子捕捉療法の適応拡大のための基礎研究
- 中性子を用いた新規診断法の開発研究
- 複合放射線を用いた医学物理・放射線生物学研究

（※）R4概算要求に申請

他機関との連携・研究の展開

KURで実施されている研究のサイクロトロンを用いた中性子源（※）への移行
福井サイト炉での中性子利用研究へとつなげるために、JRR-3と連携して研究を遂行
福井サイト炉及び日本での重水素化ラボ、無機水素同位体合成施設の中枢となる

## 2. ロードマップの内容

研究テーマベースのロードマップ　第４－５中期目標・中期計画

## 2. ロードマップの内容

他機関との連携、民間活用

- ✓ 福井サイト炉及び日本における重水素化施設の中枢となりうる重水素化ラボの構築が熊取サイトで進んでいる。

  世界の主要中性子施設には重水素化施設を標準装備

- ✓ 無機物質系を含め、水素同位体濃度を幅広く制御する合成施設への拡張により、他機関とさらに強く連携した共同利用環境の提供が可能となる。
- ✓ 新研究棟オープンスペースを活用して、分析装置や先端的な観測機器などメーカーと共同のアンテナ・ラボ設立の検討をすすめる。
  民間活力を生かし、研究・開発の活性化につなげる。
  公募・プレゼンにより選定し、定期的に装置の入替えを検討する。
  研究所の運営基盤の拡充のため、使用料を徴収可能な枠組みを構築する。
- ✓ 中性子、X線イメージングを補完する分析設備として整備する。

## 2. ロードマップの内容

新規施設の導入検討

- ✓ 電子線ライナックの電源更新整備に加えて、新たに放射光設備の導入を検討する。（ライナックのビームライン延伸は現状困難であるため）
- ✓ 小型の放射光施設としてRIや核燃料物質(含アクチノイド)を扱える施設は我が国にはほとんどないため、新たな研究開発の拠点創生を可能とする。
- ✓ 新規加速器施設の導入検討をすすめる

## 2. ロードマップの内容

| 中期目標・中期計画 | 第3期 | | 第4期 | | | | | | 第5期 | | | | | | 第6期 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 施設 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 |
| 重水素化ラボ、無機水素同位体合成施設、アンテナラボ等 | | | 他機関との連携を考慮しながら、各研究分野の中核となる施設・設備の整備を進める<br>アンテナ・ラボの活用により、量子ビーム施設を補完して、より総合的な分析や解析が可能な体制構築 | | | | | | | | | | | | | |
| 小型放射光施設、新規加速器施設、多目的液体金属ループ施設等 | | | 量子ビームと核科学の先端的融合を図る施設として、小型の放射光施設の導入を目指す<br>新規加速器施設の導入について検討を進める | | | | | | | | | | | | | |

## 3. 組織再編（検討中）

3部門2センター
原子力基礎工学研究部門
粒子線基礎物性研究部門
放射線生命科学研究部門

安全原子力システム研究センター
粒子線腫瘍学研究センター

⇩

新型原子炉研究・廃止措置研究
多様な放射性同位元素の利用研究
多様な量子ビームの利用研究
を軸に組織再編を検討中

- ・原子力教育・人材育成
- ・福井サイト炉との連携
- ・女性・若手研究者が活躍

## 4. まとめ

ポストＫＵＲ時代における複合原子力科学研究を推進するため

複合研ならではの学術：複合原子力科学研究
- ・新型原子炉研究・廃止措置研究
- ・多様な放射性同位元素利用研究
- ・多様な量子ビームの利用研究）

研究を進めるための施設整備
- ・KUCA(低濃縮燃料)
- ・多様な粒子線源（中性子線、陽子線、陽電子線など）として、サイクロトロン加速器の活用。ビームライン延伸・整備、必要な遮へい強化などを図る。
- ・非密封RI、核燃料物質（含アクチノイド）の照射が可能な電子線ライナックなど量子ビーム照射施設を強化。
- ・RI製造・標的診断治療薬・廃止措置（関連する基礎研究含む）研究などのためホットラボ・トレーサ棟を活用。
- ・量子ビームと核科学の先端的融合を図る施設として、小型の放射光施設の導入を目指す
- ・アンテナ・ラボの活用により、量子ビーム施設を補完して、より総合的な分析や解析が可能な体制を構築

他大学・研究機関との連携を強化するためハブ機能化
- ・福井サイト炉との連携、重水素化施設、水素同位体合成施設
- ・本学やエネルギー理工学研究所など、さらに国内の他研究機関との協力を深め、研究所全体のハブ機能化を図る。また、海外研究機関との連携を深める。

共同利用・共同研究拠点として、
総合的な原子力・量子・エネルギーならびに生命・物質科学研究開発拠点として発展

８．複合原子力科学研究所ロードマップの検討状況（施設の将来計画、研究計画と組織再編
質疑応答

三澤：田中先生ありがとうございました。それでは今のロードマップ等何かご意見ありましたらお願いしたいと思います。

岩瀬：若狭湾エネルギー研究センターの岩瀬です。よろしくお願い致します。今、多様な量子ビーム利用ということでご説明いただいたのですが、印象として、中性子が中心になるという感じでよろしいでしょうか。

田中：サイクロトロン自体は陽子線も出せますので陽子線、陽電子も見据えております。

岩瀬：陽電子もサイクロを利用して出すのですか。ライナックではなく。

田中：ライナックでも行われていますが、サイクロトロンでも新たにビームポートが出来ればターゲットを設置して陽電子を発生できます。予算と物とがあればですが。

岩瀬：陽電子の場合は木野村先生がやっておられるような、材料研究が中心になるということですよね。

田中：はい。

岩瀬：中性子は今 KUR でやっている一部を福井炉につなげる印象ですが、プロトンそのものの利用ではどのような利用を考えておられるのでしょうか。

田中：先程の医療用 RI や、核医学の話に少し関係しますが、プロトンを用いた RI 製造です。

岩瀬：医療用の RI 製造ですか。

田中：そうです。

岩瀬：そうですか。今流行りのアスタチンなんかはプロトンではなくヘリウムでしたでしょうか。プロトンでも可能でしたでしょうか。

田中：はい、プロトンでも反応があったかと思います。

岩瀬：アルファエミッターもできるということで、アルファ内用療法の医療用 RI も作れる

ということですね。

田中：はい。予定としてはそう考えています。設備を作らないといけないのですが、そういったRIが出来るようなことを考えています。

岩瀬：はい、良く分かりました。ありがとうございます。

三澤：ありがとうございました。他に何かございましたら挙手をお願いしたいのですが。まだ決まっていないことが沢山ありまして、計画は盛沢山なのですが、このような形で計画を考えているところでございますが、所外の先生からご意見頂けましたら是非お願いしたいと思います。

岩瀬：追加の質問です。プロトンビームとか中性子ビームを利用する話なのですが、宇宙のデバイスではプロトンとか電子が宇宙では主な放射線で、そのデバイスの劣化ですよね。放射線耐性の研究が非常に大事だと。それから中性子に関しては地上のコンピューター、色々な大型コンピューター、あるいは自動運転の車とかにも関係があると思いますが、そういう地上や宇宙のデバイスに対する耐性試験のようなことは考えておられるのでしょうか。

田中：KURの重水設備では比較的大面積の熱中性子ビームを出せますので、そこで半導体の照射研究を行ってございます。大体$10^9$(n/cm$^2$/s)位の熱中性子ビームを出せるのですが、サイクロトロンのほうでも少し強度が落ちますが$5\times10^8$(n/cm$^2$/s)は出せますので、今後はそこで半導体の照射研究も進められると考えております。

岩瀬：それはプロトンですよね。

田中：いえ、中性子に変換して。

岩瀬：主に地上用のデバイスという感じでしょうか。

田中：はい。

岩瀬：プロトンそのものを、例えば宇宙のデバイスに使うというのはあまりないですか。

田中：エネルギーがどのくらいかを存じ上げないのですが、サイクロトロンは30MeVのエネルギーで固定なのでそこがあうかどうかです。

岩瀬：宇宙の場合はもう少し高いかもしれません。ピークが100とか200とか。では半導

体デバイスに関して中性子の利用を行うのは可能ということですね。ありがとうございました。

三澤：ありがとうございました。他にいかがしょうか。他に無いようでしたら、この次は総合討論にさせて頂きます。是非そこのところでもご意見をお伺いしたいと思います。ありがとうございました。

# ９．総合討論

令和3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
－ポストKURの複合原子力科学研究に向けて－

2022年2月17日 15:45～16:30　総合討論
参加者：外部講演者＋中島（モデレータ：黒﨑）

## テーマ：今後の大学における原子力研究・教育、どういった方向を目指すのか？

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| イノベーション | 原子力安全 | 原子力規制 | 新しい試験研究炉 | ゼロ・エミッション | 廃止措置 |
| 核燃料サイクル | 40年超運転 | 最終処分 | 新設・リプレース | 技術伝承・人材育成 | 1F事故 |

進め方

① 外部講演者の方々に、ロードマップの検討状況をご覧いただいた感想ならびにご自身の組織における取組みをお話しいただく。（5分／人）
② 参加者全員で、今後の大学における原子力研究・教育の方向性について議論する。（20分）
③ 会場参加者の方々より、チャット機能を利用してご意見を伺う。必要に応じて議論に反映する。（10分）
④ 本総合討論の結果は、複合研の将来計画を策定するための参考にさせていただく。

## ９．総合討論

黒﨑：京都大学複合原子力科学研究所の黒﨑です。この総合討論のモデレータを務めさせていただきます。本日の参加者は本日ご登壇頂いた先生方で、簡単にお名前だけお伝えさせていただきますと、峯尾様、山西先生、吉岡様、竹下先生、それから当研究所の中島所長にもご参加頂いております。福井大学の宇埜先生にご講演頂いたのですが、ご都合により、こちらの総合討論はご欠席です。まずは進め方ですが、今日のテーマは、中島所長と相談しまして「今後の大学における原子力研究・教育」となりました。どの方向を目指すのかをテーマとして掲げています。進め方ですが、まずは外部講演者の先生に、先程田中教授から説明がありましたロードマップをご覧いただいた感想、それと同じようなことをご自身の組織でされているかもしれませんので、されていましたら、そういう取組についてお話頂き、その後参加者全員で話し合う。会場参加者のかたからチャット機能を利用してご意見を伺うこともしてみようかと思っていますので、必要に応じて議論に反映することを考えています。それでは、順番に峯尾様からどうぞよろしくお願い致します。

峯尾：ロードマップを拝見しまして、私の立場としまして、もんじゅサイトの新しい研究炉との関係でお話しいたしますけれど、KUR が 2026 年で事実上止まるというところ、その先に新しい研究炉のバトンタッチがさっと出来ればいいのですが、なかなかそうはいかない。やはりサイクロトロンの運用とか、あるいは JRR-3 の利用とかを挙げていらっしゃるのは当然のことだろうなと思っているのですが、そこのどういう工程でどんなふうにバトンタッチするのかを詳細に決めていかないといけないだろうなと思っています。ただ私共が進めております、新しい研究炉の工程も明らかにならないと進まないと思うのですが、それについては今後基本設計などに進むにつれて、もう少し工程が明確になってくるでしょうから、その時点でまた、これはもうオールジャパン的だと思いますので、そういうところで議論しても良い話だと考えています。まだ先の話になりますので、ロードマップ上で新しい研究炉がどういう役割をすればいいのかを更に明らかにしていきたいのと、KUR が止まった後でもホットラボ等を使って、先程拝見した中で、例えば分析技術の開発を続けられるとございましたので、そういった連携は続けていくべきだな、大事だなと思っている次第です。大事なことは、10 年、20 年先でも魅力がある機能をお互いに役割分担を明らかにして支えていく、イノベーションを創出できるような場を保っていくことが大切かと考えています。雑駁で申し訳ないですが、以上でございます。

黒﨑：峯尾様ありがとうございました。続きまして 山西先生よろしくお願い致します。

山西：感想としましては、放射線ですとか原子力の中核的機関としての役割を果たすために、今ある施設を十分に活用しようと計画を立てられているということで、色々な分野

からの起用を期待されていると思います。ここで1つ印象的なところは、人材の確保です。色々な分野で色々な方に利用して頂くということは、それに伴う研究所側のスタッフをどのように確保して育成していくか、その長期ビジョンに合ったものをどう作っていくかというところが大きな課題かと思います。もう1つは、色々な研究が繰り広げられ、それらが有機的に絡み合いながら連携して発展して行くのが理想的だと思うので、研究者同士が交流する、アイディアを出しながら共同できるプラットフォームをどう作るかというところも1つの課題かと思いますので、併せて議論して頂ければと思います。放射線の照射を軸にして異分野の交流をすることで、また発展させられることがあるかなというのが一つ。それから、研究を通じて人材も育成するということですので、自転車操業ではないですが、進みながら人も育成し研究も発展させて行くということになると思いますので、組み込みながら考えていかれたらいいのではないかという感想を持ちました。

黒﨑：山西先生ありがとうございました。続きまして 吉岡様よろしくお願い致します。

吉岡：私はどちらかというと民間企業から大学への期待というところを話させて頂きたいと思います。やはり原子力は黎明期とは違って、学生さんの人気は、外国では分かりませんが、日本だと厳しい所があるかと思います。そのためには求心力のあるテーマというのがやはり大事だと思います。先程のロードマップで示していただいたような「宇宙」「医療」「アルファ線治療」などは非常に求心力があり、必要なテーマだと思います。その上で、原子力というのは、やはり原子力発電という、核燃料サイクルですよね。サステイナブルエネルギーとしての原子力が根底にあるということで、私も原子力の講義を大学で担当させていただく事もあるのですが、どうしても最後の使用済燃料のところを、どう教えていいか迷うところがあります。そういう意味で「どうしたら使用済燃料を処分できるのか」というソリューションというか、一番のアキレス腱を攻める研究もあっていいかなと思います。必ずしも処分ということではなく、例えば最近、宇宙用原子力電池に用いられるプルトニウム 238 は足りないと言われてますが、実はプルトニウム 238 は使用済燃料で悪者にされているネプツニウムから作れるだとか、そういうリサイクルみたいな言い方も、コストに見合うかどうかは別として、1つあるわけです。そういう原子力のソリューションを示すようなものが、あってもいいのではないかと思います。私は原子炉物理をやっていますが、原子炉物理の核データであるとか、基本的なところ、足元を固めるような研究があって、それから、廃止措置なんかもやってみると面白いです。ですが、学生さんにいきなり廃止措置と言っても魅力がないと思います。そういう意味で求心力のあるテーマを入り口として入ってもらって、実は地道な研究も面白いんだと知っていただければいいのではと思います。その上で原子力メーカーにも就職していただければ、人材確保、最後はメーカーの人が物を作るという自負が我々もありますので、大学、メーカー、JAEA さんのような学術研究機関が一体となって原子力を盛り上げて頂けれ

ばと思います。

黒﨑：吉岡様どうもありがとうございました。それでは続きまして東工大の竹下先生お願い致します。

竹下：ロードマップをお聞かせいただきました。大変素晴らしい計画だと思います。第四期から第六期にあたるところですね、1つの期が6年ですか、それで２０年近くの間どうしていくかを見せて頂いて、やはり京大の複合研の強みは、ホットラボを持っていらっしゃること、実際にサイクロトロン等の利用ができることが大変強い。さらに最近の SMR であるとか、今度は核セキュリティのところも含めて我々がやりたいなと思っている課題が散りばめられておりまして、こうした計画をどんどん進めて頂けると原子力の基礎基盤が大変充実してくるのではないかという印象でございます。ただ、私共の東工大の研究の立場を考えてみますと、教授１０名 准教授１０名 助教１０名と小さな所帯であり、原子力予算も大変限られております。結果的に、大きな設備を使いますと、維持管理に大変お金がかかります。人員の確保も必要ですので、私共としては限られた予算の中で選択と集中をするしかないと考えております。そこで外部資金を色々と取ってくることになりますと、文科省の原子力システム事業とか、福島復興のための英知事業であるとか考えられる中で、今の東工大の人員でどのようなことが出来るかを研究計画を立てると同時に、先ほどの発表で研究所にエネルギー研究を入れたと申し上げましたが、そこではオープンイノベーションのスタイルをとって、企業との連携をしっかり取るために企業プラットフォームを構築し、その中で協働研究拠点を作っております。現在、東京電力との福島の廃炉に関する協働研究拠点と、分析研究のためにアルバックとの協働研究拠点の２つができています。一箇所につき年間5千万から一億円位で協働研究拠点を動かすことにより研究費を何とかしていくということです。カーボンニュートラルも色々な予算がついておりますので、カーボンニュートラル系の予算も入るようにしてきております。そんなようなことをしないと、なかなか施設維持と人員を維持していくことは難しく、お金のことばかり言って申し訳ないのですが、結局お金が無いと研究が出来ませんので、そこを頑張っているところでございます。人材育成に関しては、京大さんがやられているのと同じく、文科省の人材育成と規制庁の人材育成事業に力を入れています。今後の原子力を支えていく人間を作ることは重要ですので、人材育成にはかなり力を入れています。また、先程の講演でも少し言いましたが、学部にかなり頭を突っ込むことができました。教育改革のお陰なのですが、原子核、原子力の魅力を学部学生にかなり言うことができるようになって、原子核工学をやりたいという学生がかなり増えてきました。しっかり若い人に訴えれば、面白いものは面白いと思って来てくれると言うところです。年間３０名が修士の定員だったのですが、今４０名~４５名毎年来ております。受け入れる限りの学生を入れて原子核工学を学んでもらおうとしています。専攻した学生の6割くらいは原子力系の企業や研究所に行って

てくれますので、今後もしっかり人材の供給を進めて行きたいと思っております。ただ、京大様のロードマップは大変に充実しており、あれだけの研究テーマを我々も出せるよう努力したいと思っております。以上です。

黒﨑：竹下先生どうもありがとうございました。中島所長から今のお話を受けてよろしくお願い致します

中島：色々ご意見、コメントありがとうございました。同じ大学の研究所も色々な立場がございますし、機構、あるいは東芝というメーカーの立場からのご意見も承りました。共通することとしては、これからの原子力を支えていく大学という意味では、人、研究というのが大事だと思っております。最後の竹下先生がおっしゃられたように、毎年かなりの人数がやりたいと言って来てくれるのは非常に恵まれている環境だなと思っております。私共のところも大学院だけの相手というか、一部学部にも講義がありますが、なかなか学生とのつながりが薄いところがございまして、沢山来るところまでには残念ながら至っていない状況です。そういうのを変えようとすると、やはり原子力が魅力ある研究であるというところを訴える、あるいは我々がそれ自身を率先してやっていくことが大事だと思っております。ロードマップについて色々お褒めの言葉もいただきましたが、まだ本当に紙の上に線を引いているところで、しっかりと実施していく中では ある程度の選択と集中を。我々としても、お金も人も限られておりますので、その中でやっていかなくてはならないところと、KUR も含めて非常に古い施設がございますので、それらの整備や廃止も含めた片付けも並行しながら、尚且つ新しい分野を切り開いていくという非常に難しい時期ではありますけども、是非とも皆様方のお力添えでやっていきたい。福井に新しい研究炉が動けば、そこにかなりの研究テーマが出てくると思っていますが、そこに繋がるまでの間は結構な時間がありますので、今までは KUR があったということで有利な立場で色々なお金も取れたと思うのですが、これから先、民間、あるいは JAEA さんも含めて連携をしながら幅広いネットワークを作って研究を進めていくべきと考えているところです。以上でございます。

黒﨑：中島先生ありがとうございました。この後 参加者全員で「今後の大学における原子力研究・教育の方向性について」考えていこうということなのですが、先程例えば吉岡様から「求心力のあるテーマ」というようなキーワードが出てきました。あるいは原子力の重要性というのをいかに見せていくかという話がありました。今よく聞く「原子力教育研究」に関するようなキーワード「イノベーション」や「最終処分」の話もありました。新設、リプレイスの話もありますし、1F の事故が非常に大きな転換期になっているということもあり、そういうのも鑑みて、じゃあこれから目指すべき方向性、こういったのがいいのではというお考え、ご意見を聞かせて頂きたいと思います。もしかして吉岡様からは同じ話になるかもしれませんがお一人ずつ聞いて

いきたいと思います。峯尾様どうぞよろしくお願い致します。

峯尾：私自身を振り返ってみて、今回は、研究炉を作る側の立場ではありますが、出身は再処理や化学工学で、エネルギーに関わるところです。例えば再処理については、まだ六ケ所の再処理工場が動いていないのが忸怩たる思いがあると。その辺りに象徴されるように原子力のエネルギー利用が次の段階に中々行かない状況にあるのですが、やはり原子力の研究・教育の中でいわゆるゼロエミッションに繋がるような原子力の意義を、若い人たちにしっかり伝わっていくような場を、大学であり、今後作っていく研究炉であり、そのような場を持っている、教育という意味では学生になるかもしれませんが、世間一般の方々にも開けたような場を持っていることが大変地道ですが必要であろうと思います。ただ求心力という観点では、ピカッと光るような、興味の湧くようなテーマが必要であろうと思います。原子力機構は、そういった研究をしっかりとやりながら施設を安全に管理していくところでしょうから、その役割をしっかりと果たすことが大事だと思っています。

黒﨑：ありがとうございます。再処理の話はもうちょっとかな、というところまできているのですけど。

峯尾：そうですね、大変期待しています。

黒﨑：あと施設の話ご発言頂きましたので、時間があればその辺の話をしてみたいと思いますので、その時はご意見をお聞かせください。次に山西先生はいかがでしょうか。先生からは放射線を軸にして異分野交流みたいなことをお話頂きましたけれども、改めまして、こういった方向性をということがありましたら是非よろしくお願い致します。

山西：求心力のあるテーマということではないですが、私なり原子核工学や原子力工学を学んできた方々が感じることだと思うのですが、やはり原子力関係、放射線の測定ですとかそういうものは世の中にも大分利用されていますし、基礎的な現象を観測・測定して（理論に基づいて）解析して（考察し）判断するという一連の経験に強く関与していると思います。ですから、基礎的な学問の動きが出来ているということ(すなわち、観測測定から得た結果を理論と照合させて考察するという実験の一連のプロセスを経験できること)を、もっとアピールできると思います。高校までは観念的といいますか、机上のものでしかない訳ですけども、それを具現化するという意味で大学の実習などがあり、そういうものをもう少し接続しながら、こういうところが実験的にあって、それが活用されているという間の道筋が見えるような形で大学教育の中で見せていければいいのかなと思います。そういう意味でいくと、高校生等へのアクセスも強めながら道を示していくということかと思います。以上です。

黒﨑：ありがとうございます。そうですよね。いつも思うのですが、原子力は物凄く世の中にとって重要で、放射線も役に立っているのにも関わらず、肩身が狭い思いをしなきゃいけないのが、いつも辛いなと思っているのですが、そうは言っても仕方ないので出来るだけ良い人を集めて発展させていきたいなと思っています。山西先生どうもありがとうございました。続きまして吉岡様どうぞよろしくお願い致します。

吉岡：求心力のあるテーマで学生さんを集めるのは重要ですが、やはり原子力の基礎理論のところも力を大学として入れて頂きたい。私も原子炉主任技術者の試験勉強は物凄く大変でしたが、今でもあれは役に立っています。大学のお話を聞いた時、昔に比べると教える項目の数が少なくなっている、原子炉物理も一年間だったものが半年しかないとか聞いたことがあります。新しい発想も、基礎が固まっていないとできないこともある。東大さんは専門職大学院などがありますけども、そういう意味では、近大炉さんや京大炉さんの炉物理実験のようなものをより深く理解するために、基礎理論をしっかりやった上で、実験をうまく身につける。私自身も臨界実験を NCA でやって、かつ炉主任の問題を自分で解いたら何となく身についたと感じる瞬間がありました。そういう意味で、実験と理論を上手く繋げられるのが、正に実験施設を持っておられる京大炉さんや近大炉さんだと思いますので、そこをお願いしたいと思います。以上です。

黒﨑：どうもありがとうございます。そうですね、やはり色々な基礎が大事という話がありました。基礎を教えるという話で言うと、学部を持っているところであると直結するのでしょうが、我々は研究所としてどのように貢献できるかということだと思います。それは吉岡様がおっしゃって頂いたように、例えば KUCA を使った炉物理実験は非常に強くリンクする話ですので、ロードマップにもありましたが、より力を入れていくよう考えています。貴重なご意見どうもありがとうございます。最後に竹下先生いかがでしょうか。

竹下：はい。まず学生さんに関しては、やはり学部に入りたての学生さんを取り込まないと、待っていても沢山の人は来ない。文科省の人材育成を 12 年間やってきているのですが、実はそこで大学の連合体を作って、その中で講義配信や、それを e-ラーニング化して授業で使えるようにしてきました。これは 20 大学が連携しており、原子力系ではない大学が相当数入っています。そこの学部学生に聞かせる講義を配信します。連携する 20 大学と 10 の連携機関から良い講師を選び、良い講義が出来るようにしています。原子核工学の基本的な講義をしているのですが、ベテランが聞いても面白い講義が聞けます。それを e-ラーニング化していつでも授業に使えるようにしています。ただ世の中全体に広げると差し障りがあるといけませんので、20 大学の中だけで e-ラーニング講義を利用しています。そういうような試みをして、学部学生の段

階で原子力の魅力を見聞きして頂くと、その後原子力のある大学院に進んだり、原子力系の企業に行ったりする人も出てきております。そういうやり方が1つあると思っています。大学院の学生さんに関してはJAEAと連携をさせて頂いています。夏休みの2週間の短期研修生、半年間の研修生を多数受け入れていただいております。原子力の現場でしっかりと研究ができるということで、学生さんにも好評です。今後も続けていただければと思っています。峯尾さんにはここからお願いしないといけないですが、学生を是非長期に受け入れて頂いて、現場の空気を感じることが出来る状況で学生を育成していければと思っています。原子力研究に関しては先程話した通りです。先生方の自由な発想で研究をしていただくのですが、面白いことをやらないと学生が来ません。学生は研究が世の中の役に立つと思うようになれば、「私、この研究をやりたいです」という学生が大学院を受けに来ます。それが出来るようにしていきたいと思っています。以上です。

黒﨑：ありがとうございます。面白い研究というのは確かにその通りで、でも最終処分、廃止措置、1Fがらみの研究だって面白いですよね。

竹下：はい。実は東京電力との共同研究拠点があって、1Fの情報が直に入ってくるので、そこでやっている研究を見せると、「やりたいです」という学生が結構来ます。

黒﨑：そうですよね。見せ方というか、あとは負のイメージがついてしまっていることがどうしてもあるので、そこをどうクリアするかは1つのポイントかなと思います。

竹下：学部学生に魅力ある研究の話を聞かせると「俺が福島を復興してやる」という学生が来ますよ。

黒﨑：ありがとうございます。今までの話はどちらかというと教育人材育成に寄った話になりましたが、中島所長からはいかがでしょうか。

中島：どうもありがとうございました。いろいろお話を聞いて自分自身のことを思い出しました。先程も竹下先生からJAEAに長期派遣して現場の空気を感じるとか、吉岡さんからも炉物理の実験をやるとか、現場での体験は大事だとお話がありましたが、実は私は学部、修士も核融合といいますか、プラズマ計測をやっておりまして、北大M1の夏に京大炉に来てCAの実験に丸々一週間参加したことがあります。それまでは、炉物理はいっぱい式が出て来るしややこしいと思っていたのですが、実験をやってみると非常にきれいな中性子束の分布が測定できたり、今まで頭の中でやっていたことが実際に現場でやれる。今日の午前中の議論の中で竹田先生からもありましたが、臨界は理屈で勉強してもなかなかピンとこなかったのですが、KUCAの運転もさせて頂いて「臨界になりました」とかやるわけですよ。その体験のインパクトが凄

く大きくて、就職先は炉物理実験というか研究炉を使った実験ができるところに行きたいと思い、今の機構ですね、原研に就職しました。若い時、しかも現場での体験、基礎でしっかりやったことが現場で応用として体現されるところを学生の時に体験できるのは非常に貴重だと思っています。そういった意味では、我々もせっかく色々な実験施設がありますので、若手に向けてもっとうまくアピールできればと思いますし、その先には研究者自身が面白いと思っていることを学生に向けてアピール出来れば自然と学生の手も上がってくるかと思いました。以上です。

黒﨑：中島先生ありがとうございました。 今、チャットを確認したのですが、「インパクトのあるキーワードは何か？」ということで1つ上がってきています。「原子力科学がサイエンス全体にインパクトを与えるキーワードはやはり中性子であると思います。」というご意見が出ています。中性子という言葉自体に魅力があるというご意見かと思います。我々の研究所は KUR があって、中性子を使って研究するわけです。基本的には KUR から出てくる中性子を利用した色々な研究ということで、そういう意味では書いてくださった方のインパクトを与える「中性子」と親和性の高いことをやっているのですが、最後に少し、施設の話を峯尾様から聞きたいなと思っています。これはやはり KUR を停止したあとに魅力のある原子力ということで、やるにしてもどんどん施設は老朽化するので、更新して安全管理をきちんとしなければならない。竹下先生からありました選択と集中や、お金がかかるとか色々問題がありまして、我々も頭を悩ませているところであります。そういう点から JAEA での色々なご経験等ございましたら、特に老朽化した施設の維持管理、それを使ってこれからの研究について何かありましたら、峯尾様から一言お願いします。

峯尾：そうですね、JAEA でも廃止措置もやりながらではあります。施設中長期計画を立てまして、主だった 90 程度の施設の半分くらいは止めていくという話です。試験研究炉にしても、東海では JRR-3、NSRR、で STACY が動こうとしています、大洗は HTTR が動きました。常陽は今審査中という状況です。敦賀はご存知のように、ふげん、もんじゅが廃止です。ですから、動こうとしている施設と、廃止措置を進めようとしている施設があり非常に両極端で、しかも安全が要求され、セキュリティが当然厳しくなってきている。原子力機構は元々そういう施設を沢山持っていて、再処理施設もありますし、施設についての色々な意味での関わり合いがあって、かなり厳しいし、力を注いでいかないといけない状況です。ですから、経験したことのないことをこれからやっていかないといけないところでございます。例えば KUR の廃止措置をやっていかれる際に、また何かご協力出来ればというところもあるのかもしれません。もう一点は、今やっているもんじゅサイト以外にも JMTR の後継の話も今関係者で盛り上げていこうという段階ですが、やはり JMTR 級の照射炉は必要なのかなと思っていますし、もんじゅサイトの試験研究炉ではどうしてもできないところがありますし、現状例えば BR2 にお願いして海外照射をするにも色々制約があると

聞いています。そういうところで、施設という観点で照射炉についても議論をして、どの程度の投資をして、どのくらいのメリットがあるのかというのは大事かもしれませんが、原子力研究とかをやっていく、先程も「中性子」というキーワードがありましたが、ひとつの究極の扱いとして照射の場を戦略的に揃えていくというのは大事かなと考えている次第です。色々ご議論頂ければと思います。

黒﨑：ありがとうございます。施設を管理しながらも魅力のある研究をし、人を育てるということは本当に大変なのですが、老朽化していくのは当たり前のことで、どこかで手を入れないといけない。今回の福井県の試験研究炉も新しい大きな話で、大きなチャンスだと思いますので、上手く掴んで盛り上げていければと個人的には思っております。ありがとうございます。時間としてはここまでなので、最後全体のレビューを所長の中島先生にお願いして、総合討論は終わりにしたいと思います。

中島：どうもありがとうございました。色々とご意見いただきまして、今日も冒頭の挨拶でも申し上げましたように、この４月から始まる第四期の中期計画期間中においては、我々の研究所は特に KUR の今後の取り扱いを含めて大きな転換期を迎えることになります。今までの共同利用研究所のあり方を見直していかなくてはならないという中で、今後どういう方向性で進んで行けばいいか、今日は皆様方からご意見を頂きました。今までは我々は共同利用・共同研究拠点の申請としては単独型ということで大型施設を持っているので、我々の所だけで申請していましたが、今後の拠点のあり方としては、連携して皆でやっていく、できれば我々は HUB 的な存在として原子力研究を推進していきたいと考えているところでございます。そういった意味では、今日のような研究会をとおして、パネリストになっていない方も含めてご参加いただいた皆様方からも今後もご意見・ご支援を頂いて、複合原子力科学研究所の将来に向けてロードマップの改訂なども進めて参りたいと思いますので今後共、ご支援・ご協力の程よろしくお願い致します。

黒﨑：中島先生ありがとうございました。それではこれで総合討論を終了させていただきます。ありがとうございました。

# １０．閉会挨拶

（京大複合研）五十嵐　康人

# 閉会挨拶

今日は朝 10 時の早い時間から、遅くまで皆様お付き合いいただきありがとうございました。多いときには、100 名近くご参加頂いたと思っております。今朝はもんじゅのサイトに設置する新たな炉ということで、これから生まれていく試験研究炉のお話でございました。昼食を挟んで、東芝の吉岡様からは廃止事例ということで、今度は一生を終えていくところで、生まれる前から、生まれてどうなって行くかというところが縦の糸、トークラインだったかと思います。そこへ東工大の竹下先生、福井大の宇埜先生、近畿大の山西先生からそれぞれの大学の状況のご報告を頂きまして、これが横糸。そして最後、どのように編んでいくかのロードマップがあり、最後に総合討論に至ったということであります。思いますと今朝は冬景色でしたが、中島所長の背景にありますように、春が来ると、桜が咲きほこるという状況であります。そういう意味では、色々我慢をして頑張っていけば花開く、ということかと思っております。どうもありがとうございました。本日は終わりにしたいと思います。引き続き、お付き合いよろしくお願い致します。

京都大学複合原子力科学研究所
副所長（研究教育担当）
五十嵐　康人

# 令和3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

## ーポストKURの複合原子力科学研究に向けてー

## プログラム

日時：2022年2月17日（木） 10:00ー

開催形式：Zoom によるオンライン開催

| | | |
|---|---|---|
| 10:00ー10:10 | 開会挨拶 | 中島　健（京大複合研） |
| 10:10ー10:50（30+10） | KUR及びKUCAの現況と今後の予定 | 三澤　毅（京大複合研） |
| 10:50ー11:50（45+15） | 「もんじゅ」サイトに設置する新たな試験研究炉 | 峯尾英章（JAEA） |
| 11:50ー13:00 | 昼食・休憩 | |
| 13:00ー13:50（40+10） | 研究炉の廃止事例紹介 | 吉岡研一（東芝） |
| 13:50ー14:50（各15+5） | 各研究所の状況報告<br>・東京工業大学　ゼロカーボンエネルギー研究所<br>・福井大学　国際原子力工学研究所<br>・近畿大学　原子力研究所 | <br>竹下健二（東工大）<br>宇埜正美（福井大）<br>山西弘城（近大） |
| 14:50ー15:05 | 休憩 | |
| 15:05ー15:45（30+10） | 複合原子力科学研究所ロードマップの検討状況<br>（施設の将来計画、研究計画と組織再編） | 田中浩基（京大複合研） |
| 15:45ー16:30 | 総合討論 | 外部講演者＋中島<br>（モデレータ：黒崎） |
| 16:30ー16:40 | 閉会挨拶 | 五十嵐康人（京大複合研） |

令和 3 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 4 年 9 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