

原子力委員会定例会議での説明資料

「原子力利用に関する基本的考え方」について
—原子力人材育成と基盤的施設・設備—

黒崎 健

京都大学・複合原子力科学研究所・教授

2022年5月17日
オンライン

原子力利用に関する基本的考え方

現行「基本的考え方」における基本目標

- (1) 東電福島原発事故の反省と教訓を真摯に学ぶ
- (2) 地球温暖化問題や国民生活・経済への影響を踏まえた原子力エネルギー利用を目指す
- (3) 国際潮流を踏まえた国内外での取組を進める
- (4) 原子力の平和利用の確保と国際協力を進める
- (5) 原子力利用の大前提となる国民からの信頼回復を目指す
- (6) 廃止措置及び放射性廃棄物の対応を着実に進める
- (7) 放射線・放射性同位元素の利用により生活の質を一層向上する
- (8) 原子力利用のための基盤強化を進める

原子力利用に関する基本的考え方

(8) 原子力利用のための基盤強化を進める

重点的取組

- 研究開発マネジメントの改善と研究開発機関の機能の変革
- 研究開発機関と原子力関係事業者の連携・協働の推進
- 研究開発活動や人材育成を支える基盤的施設・設備の強化
- 人材の確保及び育成
- 原子力科学技術の基礎研究とイノベーションの推進

原子力人材育成や研究基盤に関する既存の主な活動

- 文部科学省 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1回（2019年8月30日）～第11回（2022年3月16日）
- 日本学術会議 総合工学委員会 原子力安全に関する分科会 研究用原子炉の在り方検討小委員会
第25期・第1回（2021年7月22日）～第25期・第2回（2022年1月26日）
- 経済産業省 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ
第1回（2014年9月24日）～第21回（2018年2月21日）
- 原子力人材育成ネットワーク（2010年11月設立）
- 原子力規制員会 原子力安全人材育成センター

本日の内容

1. 大学における原子力教育の変遷
2. ANECの紹介
3. 京都大学複合原子力科学研究所の状況
4. まとめ（「原子力利用に関する基本的考え方」についての考え）

1. 大学における原子力教育の変遷

✓ 大阪大学工学部／工学研究科の場合

1957年～ 教室創設 (原子核工学専攻 (後の原子力工学専攻) 設置)

1962年～ 発展期 (原子力工学科設置、六講座体制の確立、大学紛争)

1970年～ 成熟期 (特殊建屋落成、教授の代替わり)

➤ 1970年 大阪万博 (原子の灯)

➤ 1979年 スリーマイル島原子力発電所事故

➤ 1986年 チェルノブイリ原子力発電所事故

1995年～ 転換期 (大学院重点化、電気系へ、エネルギー量子工学科目)

2005年～ 安定期 (環境・エネルギー工学専攻／学科の設立)

➤ 2011年 福島第一原子力発電所事故

1. 大学における原子力教育の変遷


- ✓ 説明者学部入学当時（1991年）の状況
 - 工学部原子力工学科／工学研究科原子力工学専攻
 - 学科学生数：約40名／学年、専攻学生数30名弱／学年
 - 教室教員数：約20名
 - 六つの基幹領域（原子炉工学、原子炉材料、放射線計測、原子核化学、原子炉物理、核燃料）＋協力講座
 - バランスの良い専門分野と充実した教員体制
 - 原子力工学を一通り体系的に教えていただいていた

1. 大学における原子力教育の変遷

✓ 1990年代以降の状況

- 社会情勢等を受けて、原子力を志望する学生数の低下
- 各大学において、原子力教室が独立して存在することの必然性について議論
- 段階的な組織再編や名称変更
- 教員の専門性の多様化

なぜこうなったのか、分析が必要ではないか



1. 大学における原子力教育の変遷

表 原子力教育組織を有する主要大学における状況の変化

	1990年代まで	現在
原子力教育組織の名称	原子力を明に示した名称（例：原子力工学科／原子力工学専攻）	原子力を明に示さない名称（代わりによく使われているワードが、量子、エネルギー、システム等）
原子力教育組織の位置付け	原子力を教育する組織として独立して存在する	他分野との融合組織や大きな組織の中の一部として存在する
原子力教育組織に所属する教員の専門性	所属する教員のほとんどが原子力を専門とする	原子力を専門とする教員と原子力を専門としない教員が混在する
原子力教育の状況	体系的な原子力教育	部分的な原子力教育

1. 大学における原子力教育の変遷

日本原子力学会フェローは、2007年度から、原子力・放射線分野を学び修めた学業優秀な学生を対象に「日本原子力学会フェロー賞」を授与し顕彰することとし、2021年度フェロー賞を以下35名の学生に授与しました。

大学学部(16名)	大学院修士課程(18名)	高等専門学校専攻科(1名)
北海道大学工学部機械知能工学科機械システムコース	北海道大学大学院工学院エネルギー環境システム専攻	富山高等専門学校専攻科エコデザイン工学専攻
東北大学工学部機械知能・航空工学科量子サイエンスコース	東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻	
筑波大学理工学群工学システム学類	東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻	
東京大学工学部システム創成学科 システムデザイン&マネジメントコース	東京工業大学工学院機械系原子核工学コース	
東京都市大学工学部原子力安全工学科	東京都市大学大学院総合理工学研究科共同原子力専攻	
電気通信大学情報理工学域 III 類機械システム	電気通信大学大学院情報理工学研究科機械知能システム専攻	
東海大学工学部原子力工学科	東海大学大学院応用理化学専攻(原子力工学領域)	
早稲田大学先進理工学部	早稲田大学大学院先進理工学研究科共同原子力専攻	
福井大学工学部機械・システム工学科原子力安全工学コース	芝浦工業大学大学院理工学研究科材料工学専攻	
福井工業大学工学部原子力技術応用工学科	静岡大学大学院総合科学技術研究科理学専攻	
名古屋大学工学部エネルギー理工学科	長岡技術科学大学大学院工学研究科 原子力システム安全工学専攻	
京都大学工学部物理工学科原子核工学コース	福井大学大学院工学研究科安全社会基盤工学専攻 原子力安全工学コース	
大阪大学工学部環境・エネルギー工学科	福井工業大学大学院工学研究科応用理工学専攻 原子力技術応用工学コース	
近畿大学理工学部電気電子工学科	名古屋大学大学院工学研究科総合エネルギー工学専攻	
神戸大学海事科学部	京都大学大学院工学研究科原子核工学専攻	
九州大学工学部エネルギー科学科エネルギー量子理工学コース	大阪大学大学院工学研究科環境エネルギー工学専攻	
	近畿大学大学院総合理工学研究科エレクトロニクス系工学専攻	
	九州大学大学院工学府エネルギー量子工学専攻	

図 日本原子力学会2021年度フェロー賞受賞者の所属

2022年4月号の原子力学会誌より抜粋(35の機関のうち「原子力」や関連ワードが明に示されている機関は13)

1. 大学における原子力教育の変遷

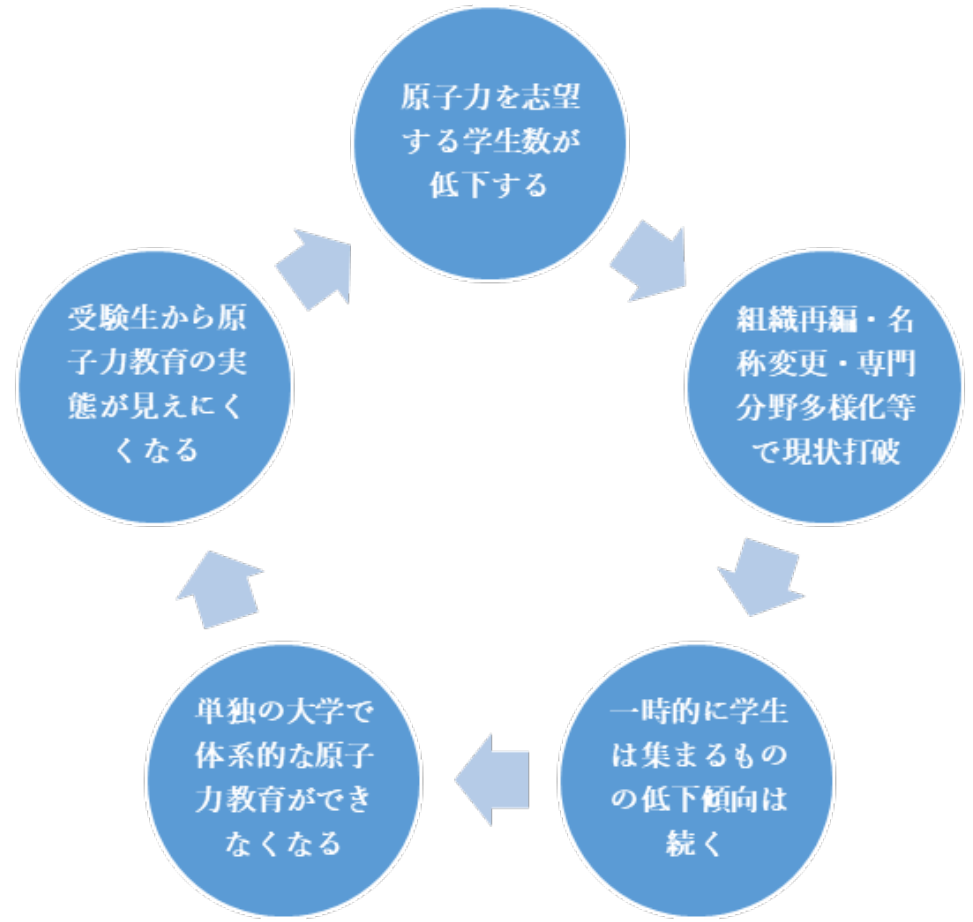


図 Kei-Net大学検索システムの学部系統（工学）
(<https://search.keinet.ne.jp/search/option/>より入手)

図 我が国の原子力教育にみえる負のスパイラル

2. ANECの紹介

- ✓ 文部科学省の国際原子力人材育成イニシアティブ事業
 - 我が国の原子力人材育成を十年以上にわたって支援
 - 個別の支援事業における人材育成、事業間の連携や協力は限定的

- ✓ 令和2年度募集事業から、事業の内容を大きく見直し
 - 拠点として一体的に原子力人材を育成する
 - コンソーシアムを形成する
 - PDとPOを設置する（PD：名古屋大学・山本章夫教授、PO：黒崎）
 - 補助期間を7年間とする

2. ANECの紹介

- ✓ コンソーシアム参画機関が、強みを出しあい弱みを補いあう
- ✓ 拠点として一体的に原子力人材を育成する
- ✓ 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)
- ✓ 参画機関
 - 中核機関の北海道大学（事務局）、東京工業大学、高専機構、近畿大学・京都大学、東北大学、福井大学の7機関を含む全51機関
 - 伴走型として、東京大学、長岡技科大学とも密接な連携を構築
 - 国内の原子力に関係するほぼすべての大学、産業界、研究機関が参画

2. ANECの紹介

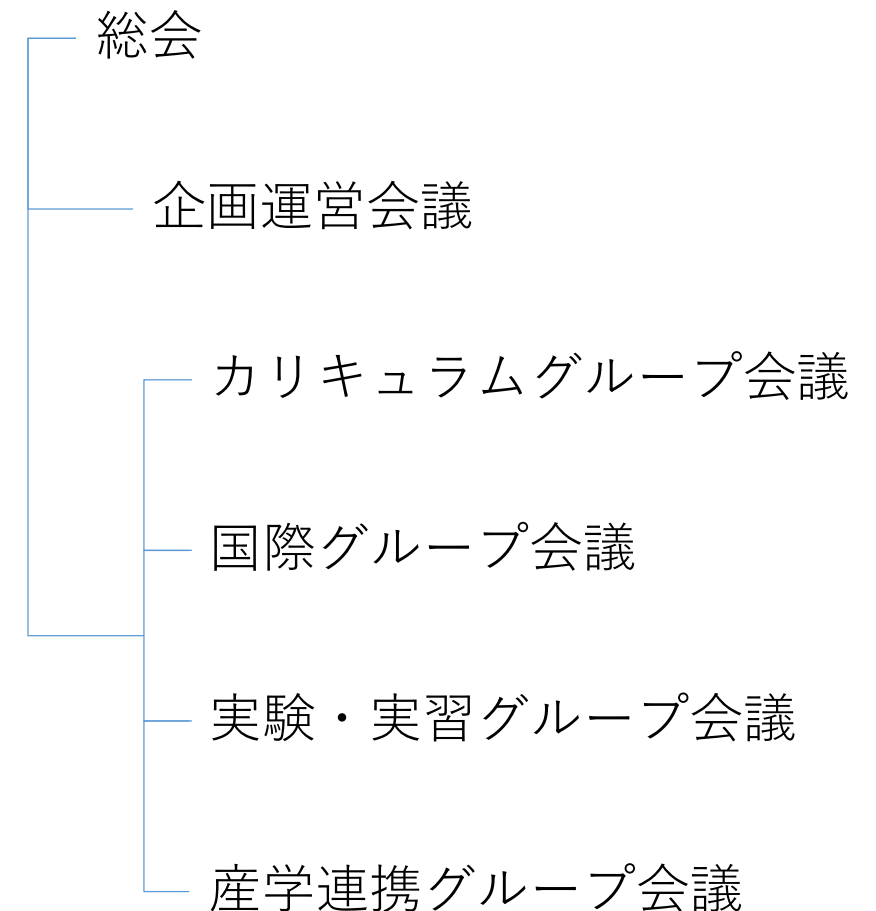
ANEC HP (<https://anec-in.com/>) より入手



2. ANECの紹介

- ✓ 総会（年一回開催）
 - 活動報告・情報共有・意見収集
 - 承認事項の承認 など
- ✓ 企画運営会議（四半期に一回程度開催）
 - ANECの現状評価・課題抽出
 - 目指すべき方向性の提示
 - 年次計画の策定
 - 各種ルール作り など
- ✓ 各グループ会議（都度開催）
 - 日々の人材育成活動

ANECの組織



2. ANECの紹介

- ✓ 注力・強化すべき点
 - 体系的な専門教育カリキュラムの構築と高度化
 - 大型実験施設等を有する機関の原子力教育の充実
 - 国際研鑽機会の付与
 - 産業界や他分野との連携・融合の促進
 - コンソーシアム内のマネジメントシステムの構築

2. ANECの紹介

✓ 強み

- 「我が国全体として」というところ
- 原子力に関する主要な関係機関が参画
- 国内他分野や国際的にみても前例のない特徴的・野心的な取り組み

✓ 弱み（欠けている点、不透明な点）

- 持続性
- 文科省の補助のもと立ち上げはうまくいった
- これをどう続けていくか？
- 強みが弱みになる可能性がある。

2. ANECの紹介

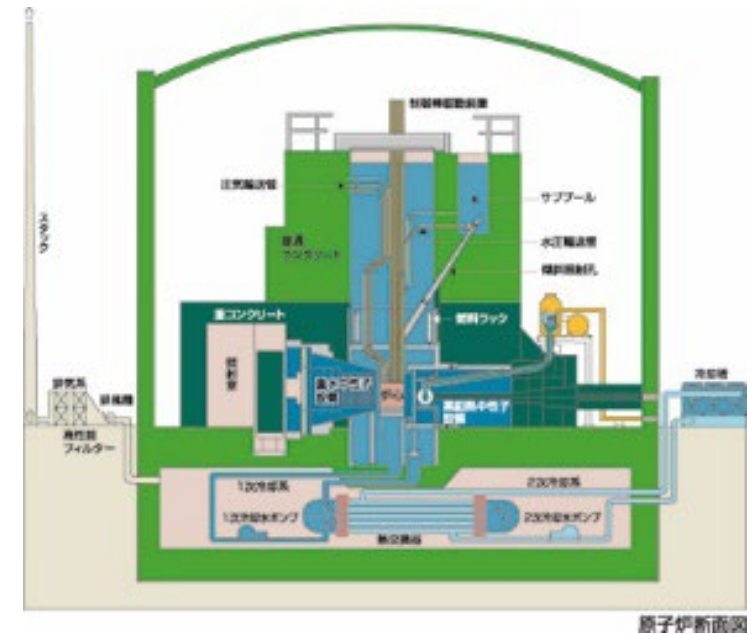
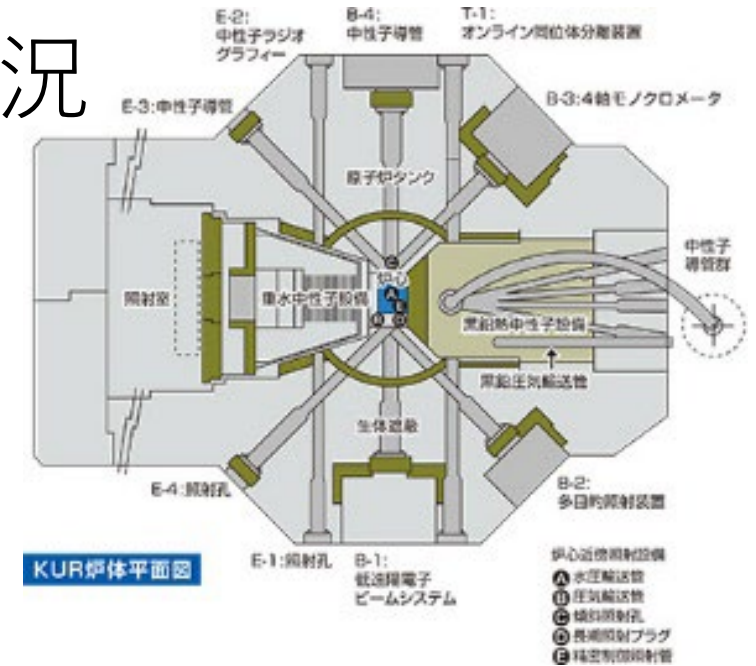
- ✓ 弱みを踏まえたうえで今後取り組むべき点
 - 教える側の仕組みの構築
 - 関係機関間の正式な連携・お金のかからない連携
 - 単位化・修了認定等の制度
 - カリキュラム・教材の充実
 - 人材輩出ルート
 - 多制度との連携（原子力人材育成ネットワーク等） など
 - 教わる側の学生の確保
 - 認知度アップ
 - 原子力の必要性や教育プログラムの魅力の発信
 - 学生が得する仕組み
 - 原子力以外の分野への展開 など

3. 京都大学複合原子力科学研究所の状況

- ✓ 京都大学複合原子力科学研究所
 - 前身は京都大学原子炉実験所
 - 1963年、「原子炉による実験及びこれに関連する研究」を行うことを目的とし、京都大学の附置研究所として設置
 - 全国共同利用研究所として、2基の原子炉施設（KUR、KUCA）をはじめとする実験施設を利用した研究の場を、全国の大学等の研究者に提供
 - 核エネルギー及び放射線の利用に関する研究教育活動を推進
 - 2010年、文部科学省より共同利用・共同研究拠点として認定
 - 2018年、名称を複合原子力科学研究所に変更

3. 京都大学複合原子力科学研究所の状況

- ✓ 京都大学研究用原子炉
(KUR: Kyoto University Research Reactor)
 - スイミングプールタンク型の軽水減速・冷却の原子炉
 - 最大熱出力：5 MW
 - 近年の標準運転パターン：約47時間の1 MW運転＋約6時間の5 MW運転／週
 - 20%低濃縮ウランシリサイド燃料
 - 年間運転時間：1,000～1,200時間
 - 利用者数：3,000名超（2020年度、延べ数）



京都大学複合原子力科学研究所HP
(<https://www.rri.kyoto-u.ac.jp/>) より入手

原子炉断面図

3. 京都大学複合原子力科学研究所の状況

✓ KURを利用した研究例

- 主に中性子源として、物理学、化学、生物学、工学、農学、医学等広く実験研究に利用
- ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）：主に脳腫瘍、頭頸部がん、悪性黒色腫などを対象に500例を超えるBNCTの臨床研究を実施（これらの成果を踏まえて社会実装・保険診療実現、KURでは現在は基礎研究を実施中）
- 中性子照射（放射化分析、RI製造等）：はやぶさ探査機が持ち帰った微小粒子の元素組成分析等
- 中性子ビーム利用（散乱・回折・イメージング等）：生体分子構造の解析、気液二相流の可視化、シビアアクシデント時の熱流動現象研究等
- 低速陽電子ビームシステム：陽電子消滅分光法による材料分析等

3. 京都大学複合原子力科学研究所の状況

- ✓ 京都大学臨界集合体実験装置（KUCA: Kyoto University Critical Assembly）
 - 複数架台方式、炉心の組み換えが可能な臨界集合体実験装置
 - 最大熱出力：100 W
 - 年間運転時間：500～1,000時間程度
 - 高濃縮ウランアルミニウム合金板状燃料
 - 主に、原子炉物理や放射線物理等に関する基礎研究のために使用
 - 特に、国内外の大学院生を対象とした原子炉物理学の実験教育を毎年実施
 - 2019年度までに、4,400名超が参加（海外からの300名超含む）
 - 近年は、毎年約150名が参加、年間総計7～8週間の実習を実施（コロナ禍のため中断中）
 - 低濃縮ウラン燃料を用いた炉心への転換を行い、今後も継続して実験研究、学生等の人材育成等を実施していく

3. 京都大学複合原子力科学研究所の状況

✓ KURのこれまでとこれから

1964年 熱出力1 MWで運転開始

1968年 5 MW運転開始

1974年 使用目的に医療照射を追加

1991年 本格的な医療運転開始

2010年 燃料低濃縮化（2006年まで高濃縮ウラン燃料を使用）

2014年 長期の運転休止（新規制基準対応のため）

2017年 新規制基準への対応（各種の工事・検査を含む）完了、運転再開

➤ 2022年 KURの今後の取扱いについて表明

➤ 2026年 運転終了予定（使用済燃料の米国への引き渡し期限、原子力規制の一層の強化対応、人員はじめ各種リソースの状況等、多角的な観点から検討した結果）

3. 京都大学複合原子力科学研究所の状況

- ✓ KUR運転終了が及ぼす影響
 - 年間250件超の共同利用研究
 - 年間3,000名超の利用者（延べ数）

共同利用研究採択件数

なお、KURの標準運転パターンは約47時間の1MW運転と約6時間の5MW運転となっている。
採択件数（2018年度～2022年度）

	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
1. KUR共同利用	240	276	269	252	259
(内訳)(1)通常採択	127	168	173	173	184
(2)プロジェクト採択	104	106	93	74	75
(3)即時採択	9	2	3	5	0
2. KUCA共同利用	20	20	15	5	1
(内訳)(1)通常採択	15	15	15	5	1
(2)プロジェクト採択	5	5	0	0	0
(3)即時採択	0	0	0	0	0
3. ワークショップ	1	1	1	1	0
4. 専門研究会	9	8	10	9	8
合計	270	305	295	267	268

京都大学複合原子力科学研究所HP
(<https://www.rri.kyoto-u.ac.jp/>) より入手

3. 京都大学複合原子力科学研究所の状況

✓ 国内研究炉の状況

設置機関	施設名	熱出力	状況
京都大学（複合原子力科学研究所）	KUR	5,000 kW	2017.8運転再開
同上	KUCA	100 W	2017.6運転再開
近畿大学	近畿大学原子炉	1W	2017.4運転再開
日本原子力研究開発機構	NSRR	300 kW（定出力運転時）	2018.6運転再開
同上	JRR-3	20,000 kW	2021.3運転再開
同上	STACY	200 W	2018.1許可（工事中）
同上	HTTR	30,000 kW	2021.7運転再開
同上	常陽	140,000 kW	2017.3申請（審査中）

（注）この表を作成するに際して、『原子力規制委員会、第2回核燃料施設等の新規制基準に関する検討チーム資料3「試験研究用原子炉施設の規制基準について」（2013年4月16日）』を参考にした。

3. 京都大学複合原子力科学研究所の状況

- ✓ KUR運転終了後に向けて
 - KUCA、各種の加速器（代替中性子源としてのサイクロトロン加速器、電子線ライナック等）、ホットラボラトリ等の施設整備
 - 外部研究機関（JRR-3、J-PARC等）との連携強化
 - 核燃料、RI、量子ビームを利用した新たな複合原子力科学研究と人材育成
 - 研究所の方向性を示すロードマップを2020年度より作成、毎年更新中
 - KURの廃止措置（京都大学研究用原子炉廃止措置実施方針にもとづいて実施）

3. 京都大学複合原子力科学研究所の状況

- ✓ 福井県の「もんじゅ」サイトに設置する新たな試験研究炉との関係
 - R2～R4：JAEA、京都大学、福井大学が中核的機関として、概念設計や運営の在り方検討
 - JAEA（代表機関）：試験研究炉の設計・設置・運転
 - 京都大学（参画機関）：幅広い利用
 - 福井大学（参画機関）：地元関係機関との連携構築
 - R4中に詳細設計開始予定

詳細は、日本原子力研究開発機構、京都大学、福井大学、「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 事業の進め方について」、第1回コンソーシアム委員会資料（2021年3月23日）．（<https://www.jaea.go.jp/news/newsbox/2021/032301/s01.pdf>）

4. まとめ

✓ 原子力人材育成は最重要課題

- 必要だけど人気がない
- 科学技術のみならず社会的な視点からの議論も必要
- 白黒をつけることができない課題にどうやって答えていくか
- 国際連携重要

ややこしくて一筋縄では
いかない

優秀で意欲のある若者に
とって、魅力的に映るの
ではないか？

✓ これまでの状況の変化の分析と対策

- なぜこうなったのか？
- 先が見通せない不安さをどう考えるか
- 「原子力」を若者に伝えることの重要性
- ANECのとりくみで十分なのか？
- 原子力イノベーションの流れと人材育成

← 優秀な若者を呼び込むために

4. まとめ

- ✓ 基盤的施設・設備の強化（整備）も最重要課題
 - 百聞は一見に如かず、目で見て手で触っての重要性
 - 人材育成の場としての大学の研究炉
 - KURの運転終了がもたらす影響
 - 研究炉以外にも様々な施設・設備（ホットラボラトリ等）の更新が必要
 - 施設の老朽化と規制強化、安全最優先でどう対応していくか
 - 空白期間をつくらないことが重要

人材育成と基盤整備は差し迫っていて大切な課題
原子力の持続のために必要不可欠な車の両輪