



文部科学省

MINISTRY OF EDUCATION,
CULTURE, SPORTS,
SCIENCE AND TECHNOLOGY-JAPAN

資料2

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12回)
R4. 6. 17

原子力人材育成に関する現状と課題について

研究開発局 原子力課

原子力分野に寄せられる期待と現状・今後の課題

- 2050年カーボンニュートラル・脱炭素社会の実現に向け、原子力に高まる期待
 - EUタクソミーにおける原子力の位置付けをはじめ、各国や国際機関等において原子力の価値が再認識され、官民連携で原子力イノベーションの取組が加速
 - 次世代革新炉や核融合など国際連携プロジェクトへ参画し、多様な原子力技術のイノベーションを加速
 - 原子力安全の確保や更なる向上のための事故の教訓を踏まえた、世界で最も厳しい水準の規制と、更なる安全性向上に向けた技術開発
 - 重要な準国産ベースロード電源として、安全性確保を大前提とした運転
- 福島第一原子力発電所の着実な廃炉
 - 今後増えていく古い原子力発電所の円滑な廃炉
- 非エネルギー分野における原子力技術の需要の高まり

原子力技術の安全利用

運転・保守・廃炉・規制・研究開発にかかわる多様な人材の確保

- 「S+3E」「2050年カーボンニュートラル」を達成するため「多様な社会的要請を踏まえた原子力人材・技術・産業基盤の維持・強化」「産学官の垣根を越えた人材・技術・産業基盤の強化」「国際協力の推進」という観点の追究（第6次エネルギー基本計画）
- 原子力技術は、多くの技術分野の複合領域であり、廃炉や革新炉研究など多くの技術課題に対し、領域横断的な総合工学として、原子力以外の他の分野も巻き込んだ裾野拡大が必要。
- 我が国全体として、原子力分野の魅力を打ち出すことで、多様な人材を育成・確保し、技術の底支えをすることが急務。
- 試験研究炉の減少に伴う教育・研究機会の減少・逸失が大きな課題。

原子力人材育成基盤の現状(1/3)

➤ 原子力分野の人材育成を行う上で重要な**試験研究炉**は、その多くが建設から40年以上経過するなど、**高齢化が進むとともに、新規規制基準への対応等により従来の運用が困難な状況**。

茨城県東海村

★原子炉
【東京大学大学院工学系研究科 原子力専攻】
×東京大学原子炉(弥生)

【日本原子力研究開発機構】

×JRR-2
○JRR-3
※R3.2.26 運転再開
×JRR-4
○原子炉安全性研究炉(NSRR)
※H30.6.28 運転再開

★臨界実験装置

【日本原子力研究開発機構】
△定常臨界実験装置(STACY)
※H31.1.31 設置変更許可取得
×過渡臨界実験装置(TRACY)
×高速炉臨界実験炉(FCA)
×軽水臨界実験炉(TCA)

青森県むつ市

★原子炉
【日本原子力研究開発機構】
×原子力第1船 むつ

茨城県大洗町

★原子炉
【日本原子力研究開発機構】
×材料試験炉(JMTR)
○高温工学試験研究炉(HTR)
※R3.7.30 運転再開
△高速実験炉(常陽)
※H29.3.30 設置変更許可申請済

★臨界実験装置
【日本原子力研究開発機構】
×重水臨界実験装置(DCA)

神奈川県横須賀市

★原子炉
【東京都市大学】
×東京都市大学炉

神奈川県横須賀市

★原子炉
【立教大学】
×立教大学炉

大阪府東大阪市

★原子炉
【近畿大学】
○近畿大学炉
※H29,4,12 運転再開

大阪府熊取町

★原子炉
【京都大学複合原子力科学研究所】
○京都大学炉(KUR)
※H29.8.29 運転再開(R8.5までに運転停止)
★臨界実験装置
【京都大学複合原子力科学研究所】
○京都大学臨界集合体実験装置(KUCA)
※H29.6.21 運転再開

※大型試験施設・ホットラボについても同様の状況

1995年	○運転中	△停止中	×廃止措置中
原子炉施設	20	0	6

2003年	○運転中	△停止中	×廃止措置中
原子炉施設	16	0	11

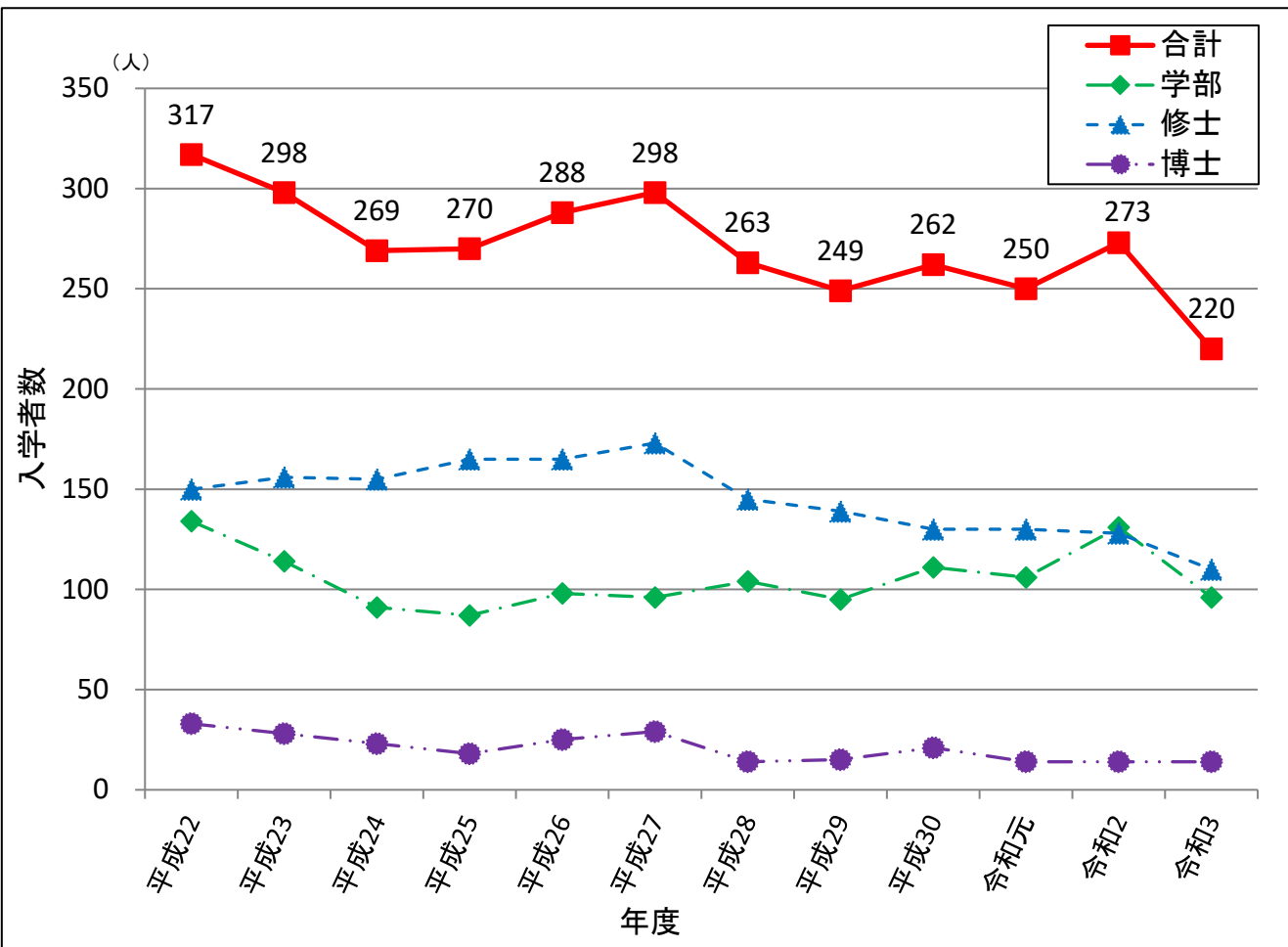
2016年	○運転中	△停止中	×廃止措置中
原子炉施設	0	13	6

現在	○運転中	△停止中	×廃止措置中
原子炉施設	6	2	11

運転再開予定も含め、我が国の試験研究炉は、茨城県に5施設（日本原子力研究開発機構）、大阪府に3施設（京都大学、近畿大学）の計8施設のみ。

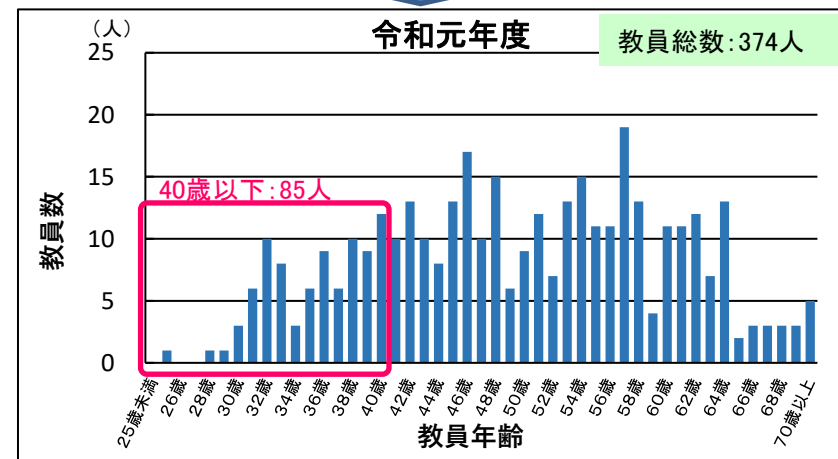
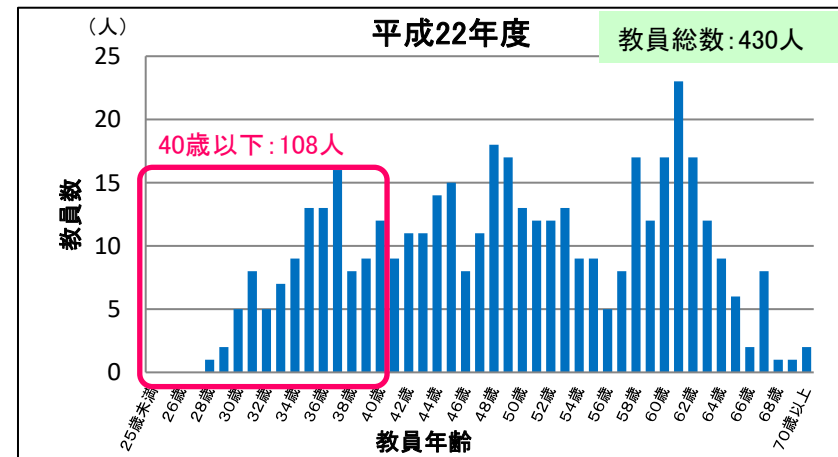
原子力人材育成基盤の現状 (2/3)

＜原子力関係学科等における入学者数の推移＞



(出典) 文部科学省「学校基本調査」を基に作成

＜原子力関係教員数と年齢層の推移＞



(出典) 文部科学省「学校教員統計」を基に作成

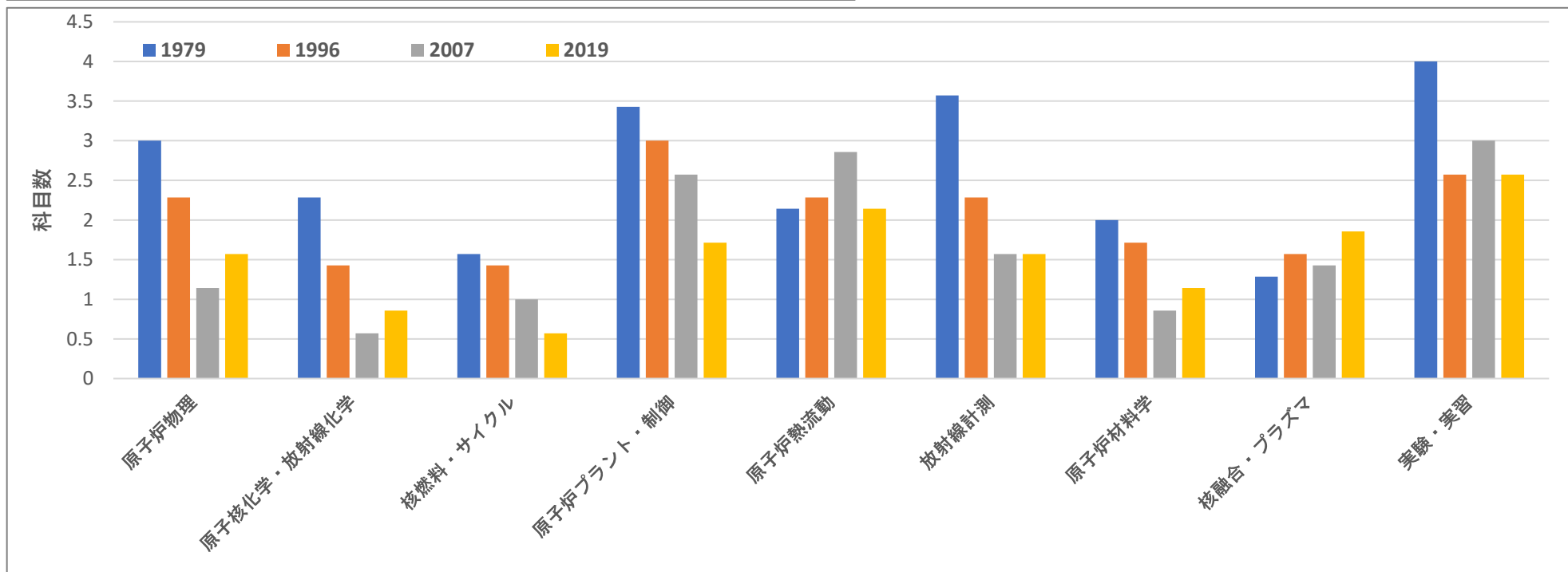
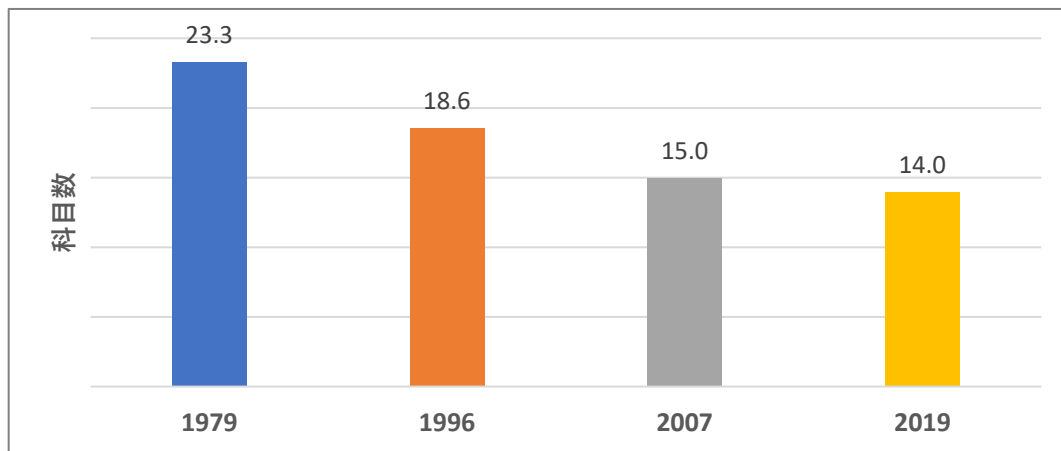
＜人材育成機能の脆弱化＞

- 原子力関係学科・専攻の**入学者は減少傾向**
- 原子力関係の**教員数の減少**(特に～40代において顕著)

原子力人材育成基盤の現状 (3/3)

大学の原子力関係学科(学部)における原子力専門科目の開講科目数の変遷を1979年(昭和54年)から比較すると、総数では半数近くまで減少しており、分野別でも、核融合・プラズマ以外は顕著に減少している。

原子力関係学科における原子力関係科目数(上段:総数、下段:分野別)〈7大学からのアンケート結果の平均値〉



持続的な原子力利用を実現するための基盤強化に向けて

1. 国内の大学等で**研究開発や人材育成の基盤の脆弱化**が進んできた近年の背景があり、国内における技術継承の観点や、それに関連した経済安全保障の観点からも、**我が国全体の原子力人材の基盤強化に資するプラットフォーム機能の充実**は喫緊の課題。
2. 我が国全体として原子力分野の人材育成機能を維持・充実していくことを目的として、複数の機関が連携してコンソーシアムを形成し、**共通基盤的な教育機能を補い合い、中長期的な取組を進めるオールジャパンの枠組み（ANEC）を最大限に活用**していくことが鍵。
3. また、**原子力機構（JAEA）**の有するプラットフォーム機能を**ハード・ソフト両面から最大限に活用**しつつ、施設・知識基盤等の整備及び共用を進めることが重要。あわせて、国内外の研究機関や大学、産業界とも連携した国内外で活躍する**原子力イノベーション人材の育成**や民間の原子力事業者への支援・連携強化に取り組むことが重要。
4. 革新原子力技術の開発に向けては、JAEAの保有する高速実験炉「常陽」等の研究基盤を速やかに整備し、**国際連携を活用した基盤技術の開発や人材育成**等を着実に推進することが重要。
5. あわせて、世界的潮流として、新型炉開発をはじめとして、国の支援の下、**民間主導の原子力イノベーション**の重要性も高まっている中、**文部科学省及び経済産業省の共同プロジェクトとして実施中のNEXIPイニシアティブ**等の取組を着実に進めていくことが重要。

原子力人材イニシアティブ事業 (ANEC)

【事業の目的】

令和2年度より複数の機関が連携してコンソーシアム(Advanced Nuclear Education Consortium for the Future Society: ANEC)を形成。既に有する人材、教育基盤、施設・装置、技術等の資源を結集し、共通基盤的な教育機能を補い合うことで、拠点として一体的に人材を育成する体制を構築し、長期的な視点で我が国の原子力分野の人材育成機能の維持・強化を図る。

PD: 山本章夫 名古屋大学大学院工学研究科総合エネルギー工学専攻教授

PO: 黒崎健 京都大学複合原子力科学研究所教授



① 構成機関の相互補完による体系的な専門教育カリキュラムの共用

主要な基礎・基盤科目の教材・カリキュラムをオンライン化・オープン化して共用。単位認定や互換による講義の共用。社会人向けリカレント教育の実施。

② 大型実験施設や原子力施設等における実験・実習の実施

原子力施設や大型実験施設を用いた実験・実習の共用。原子力施設における学生の見学・就業体験の機会付与。

③ 国際機関や海外の大学との組織的連携による国際研鑽

キャンプや留学による原子力イノベーションに関する国際リーダー育成。国際セミナー・国際機関研修による国際性の涵養。海外大学実験施設での実験の実施。

④ 産業界や他分野との連携・融合

人文・社会科学分野との連携によるELSIIに関する教育実施。産業界との連携による共同研究・博士後期課程人材の育成。産業界との連携によるインターンシップやキャリアセミナーの実施。他分野・高校生に対するアピール。

⑤ 効果的なマネジメントシステム

コンソーシアムの自立的・自律的な運営が可能な確立した体制とマネジメントシステム

民間企業D

研究機関C

高専機構

ANECの構成及び主な活動内容（R4.3現在）

総会

【参加者】 コンソーシアムメンバー（事務局：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)

【参加機関】 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

【主な取組】 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

【主な取組】 原子カインバーター養成キャンプ（東工大）、原子カインバージョン留学（東工大）、IAEA原子力安全基準研修（東海大）、韓国・慶照大学校原子炉実習（近大、高専機構）

原子カインバーター養成キャンプWG

原子カインバージョン留学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

【主な取組】 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（福井工大）、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、福井工大、近大、高専機構

【主な取組】 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）

【参考】 ANEC参加機関（51機関；R4.6現在）

【国立大学】

- 北海道大学
- 東北大学
- 東京大学
- 東京工業大学
- 総合研究大学院大学
- 静岡大学
- 長岡技術科学大学
- 名古屋大学
- 福井大学
- 金沢大学
- 京都大学
- 大阪大学
- 岡山大学
- 九州大学

【私立大学】

- 東京都市大学
- 東海大学
- 早稲田大学
- 藤田医科大学
- 福井工業大学
- 近畿大学

【高専機構】

- 独立行政法人 国立高等専門学校機構
- 釧路工業高等専門学校
- 旭川工業高等専門学校
- 函館工業高等専門学校
- 福島工業高等専門学校

【研究機関】

- 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構（JAEA）
- 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構（QST）
- 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
- 大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 核融合科学研究所
- 公益財団法人 若狭湾エネルギー研究センター

【民間企業】

- 株式会社アトックス
- 株式会社原子力エンジニアリング
- 東芝エネルギーシステムズ株式会社
- 東芝テクニカルサービスインターナショナル株式会社
- 日本アドバンステクノロジー株式会社
- 日立GEニュークリア・エナジー株式会社
- 株式会社VIC
- 三菱重工業株式会社

【電力会社】

- 北海道電力株式会社
- 東北電力株式会社
- 東京電力ホールディングス株式会社
- 関西電力株式会社
- 電源開発株式会社
- 日本原子力発電株式会社
- 日本原燃株式会社

【その他】

- 電気事業連合会
- 一般社団法人 日本原子力産業協会
- 一般社団法人 日本電機工業会
- 福井県
- NPO法人アトム未来の会
- 原子力人材育成ネットワーク

【参考】(ANEC拠点A)機関連携強化による未来社会に向けた新たな原子力教育拠点

【実施機関】 北海道大学、東北大学、東京工業大学、長岡技術科学大学、静岡大学、国立高等専門学校機構

【協力機関】 金沢大学、福井大学、東京大学、東京都市大学、東海大学、名古屋大学、大阪大学、京都大学、岡山大学、九州大学、総合研究大学院大学、藤田医科大学、近畿大学、日本原子力研究開発機構、高エネルギー加速器研究機構、量子科学技術研究開発機構、核融合科学研究所、北海道電力、東北電力、東京電力ホールディングス、電源開発、日本原燃、日立GEニュークリア・エナジー、東芝エネルギーシステムズ、三菱重工業、アトックス、NAT、原子力エンジニアリング、電気事業連合会、日本原子力産業協会

オンライン教材を組み合わせた体系的なカリキュラム構築と 産学連携・国際性の涵養(北大、東北大、静岡大)

- 体系的な専門教育カリキュラムの構築: オンライン教材の編集・公開、関連実験の実施、大学間単位互換制度の検討
- 立地地域との連携: 立地地域企業等における見学・実習の実施
- 国際性の涵養: 国際セミナー等開催、国際機関研修等の検討
- 産業界等との連携融合: リカレント教育・企業共同研究・社会人博士後期課程の促進等の検討

国際的センスとマネジメントに優れた人材の育成 : 原子カイノベーター養成プログラム(東工大)

- 原子カイノベーター養成キャンプ: イノベティブな活動と起業の精神を有し国際センスのある人材の育成する合宿スタイルのセミナー
- 原子カイノベーション留学: 原子力分野にイノベーションをもたらすことが期待される研究実施のための米国主要大学への留学

高専における原子力人材育成の高度化(高専機構、長岡技大)

- 高専生および高専卒業生用オンライン教材開発
- BG理解促進のための高専での測定実習
- 慶熙大学原子炉実習・海外連携機関とのセミナー等
- 演習プログラム(実習等): 高専、長岡技大、東海大、近畿大
- バーチャル研究室: 高専+連携大学
- 産業界との連携によるキャリアセミナー、大学/大学院紹介



【参考】(ANEC拠点B)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

【実施機関】 京都大学、近畿大学、東海大学、東京都市大学、東北大学、名古屋大学、福井工業大学、福井大学

【協力機関】 大阪大学、九州大学、東京工業大学、長岡技術科学大学、北海道大学、早稲田大学、高専機構、JAEA、関西電力、日本原電、日本原子力産業協会、若狭湾エネルギー研究センター、NPO法人アトム未来の会

【目的】 わが国の原子力分野における人材育成機能の維持・充実に寄与することを目的として、本事業の参画機関が保有する原子炉施設・大型実験施設等を活用した実験・実習プログラムを整備し、参画大学等の学生に提供する。また、参画機関が持つ教育リソースを提供し、教育機能を補い合うための拠点を構築する。



実験・実習

原子炉・大型実験施設を中心とした実験・実習プログラム・教材を整備

- ① 原子炉実習(基礎・中級・上級コース)(近畿大・京都大)
- ② 廃棄物計測・信頼性工学実習(東京都市大)
- ③ 発電炉シミュレータ実習(東海大)
- ④ 高専生のための原子力実習(高専機構・近畿大・東海大)
- ⑤ 中性子輸送挙動計測実習(東北大)
- ⑥ 放射線応用実習(東北大)
- ⑦ 原子炉材料照射実習(東北大)
- ⑧ 廃止措置技術セミナー(福井大)
- ⑨ アイソトープ実習(福井大・福井工業大)
- ⑩ JAEA実習(福井大学・JAEA)
- ⑪ 原子力プラント体感実習研修(福井大・日本原電)



国際研鑽

参画機関が持つ国際研鑽の場を学生に提供

- ① 韓国・慶熙大学校原子炉実習(近畿大)
- ② 炉物理実験国際専門コース(京都大)
- ③ IAEA原子力安全基準研修(東海大)
- ④ ベトナム交流セミナー(福井大)
- ⑤ インドネシア交流セミナー(福井大)
- ⑥ INSTN遠隔実習(福井大)
- ⑦ オンタリオ工科大学との連携(福井工業大)
- ⑧ IAEA研究炉スクールプレスクール(福井大・若狭湾エネルギー研究センター)

産学連携

産業界との連携によるインターンシップ参加促進

- ① オンライン原子力業界探求セミナー(近畿大・原産協会)
- ② 原子力施設インターンシップ研修(福井大・福井工業大・関西電力)

「もんじゅ」サイトに建設される新研究炉
新研究炉の人材育成への活用を検討
(福井大・京都大・近畿大)

ANEC総会（R3.10）で聴かれた参加者意見

➤ 原子力人材育成ネットワークの幅広い活動と深く関連する意見や、国際原子力人材育成イニシアティブ事業・ANECに向けた様々な期待が寄せられた。

- ❑ 学生に興味を持ってもらうにはどうすべきか。学生がやるべきこと、やりたいことを両立させること。／様々なことに興味を持ってもらうことが大切。そのためにも多様な実習に参加してもらうことが重要。／学生が就職した際に理想と現実のミスマッチが生じるのは良くない。やりがいや社会貢献を実感できるといい。
- ❑ 大学の経営層にアピールするためには、ANECの成果を将来の入学者である高校生とその親御さんへ広報していくことも大事。
- ❑ 一般向けに放射線や放射能といった話題もカバーできると良い。
- ❑ 学生には海外を含めて出来るだけ多くのところとコミュニケーションを取り、深く知ってもらうことは大切。
- ❑ 企業は原子力専攻に限定せず幅広く学生を採用しており、希望者を増やすためにも、原子力専攻以外の学生にもこのプログラムに参加してもらいたい。
- ❑ 原子力を進める上では、原子力を専攻する学生を教育することも大切であるが、間口を広げて、理解してくれる人を増やすことが大事。学生が原子力分野を面白いと思ってもらうためにも、本プログラムに期待している。
- ❑ 学生への期待について3点。1点目は、特定の知識というよりも、何処か一つ自信、深い知識を持っている学生が望ましい。2点目は、国際関係、学生は若いうちに海外との接点を持つ経験を積むと、良い経験である。3点目は、チャレンジ精神であり、様々な興味を持つ等、知識欲のある学生の育成を期待する。

ANECを通じた原子力人材育成機能の強化（目標）

強化すべき機能	具体的取組（例）
<p>① <u>構成機関の相互補完による体系的な専門教育カリキュラムの共有</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • 主要な基礎・基盤科目のカリキュラムの共同開発・共用や単位互換協定の締結による単一機関で開講していた講義の他機関への水平展開 • 教員の資質向上を目的とした研修の共同実施 • コンソーシアム内での教員の講義対象範囲の拡大、講義資料のオープン化 • コンソーシアム内でのプログラムの周知およびスケジュール調整 • 社会人向けリカレント教育の充実
<p>② <u>大型実験施設や原子力施設等における実験・実習の実施</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • 原子力施設や大型実験施設の共同利用契約の締結や研究機関とのクロスアポイントメントによる実習機会・内容の充実 • 立地地域における学生の就業体験の機会増加及び社会人向けリカレント教育の充実
<p>③ <u>国際機関や海外の大学との組織的連携による国際研鑽</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • 海外の大学との協定の締結による単位互換・両機関からの学位授与制度の創設（ダブルディグリー）・教員及び学生の相互派遣 • 国際機関や海外の大学等と連携して実施する原子力イノベーションに関する国際リーダー育成に資する合宿形式のワークショップの開催
<p>④ <u>産業界や他分野との連携・融合</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • 企業等との共同研究をもとにした修士・博士論文のテーマ設定・寄付講座開設・外部講師の任用 • 多様な分野との連携による新興・融合領域の開拓に資する取組 • 人文・社会科学分野との連携によるELSI/RRI*に関する講義の導入 <p><small>* ELSI: Ethical, Legal, and Social Issues/ RRI: Responsible Research and Innovation</small></p>
<p>⑤ <u>効果的なマネジメントシステムの構築</u></p>	

本日ご議論いただきたい論点(例)

社会的な原子力への期待が一層高まる中で、いま社会に求められる原子力人材像とは何か、原子力に求められる“総合知”としての貢献のあり方(研究分野間・産学官セクター間)は何か、との観点から掘り下げた検討が必要と考えられる点の例：

➤ 1. 異分野連携・融合を進めるにあたっての有効手段

- 原子力分野は領域横断的な分野であり、人材の裾野を広げることは非常に重要
- 「理系・文系」という既存の枠にとらわれない多様な人材確保のための方策
(原子力産業界への就職者は「非・原子力分野」が8割程とのデータ)
- 原子力分野に固有の隘路やチャレンジとは何か、あるいは他分野とも共通するものは何か

➤ 2. 産学官が連携した人材育成の可能性・在り方

- インターンなどを入口にした産業界との連携の在り方
- 産業界(電力・メーカー)からの課題採択は全体の15%程。現物・現場という産業界の持つ貴重なリソース活用の在り方
- 既存リソースの最大限活用にあたって、産学官のセクター間の壁をどう乗り越えていくか

➤ 3. 国際的な連携の可能性

- 国際的な人材育成ネットワークの利活用、国外の基盤の共同利用等の連携方策
- グローバルスタンダードな原子力人材育成とのギャップ
- 日本固有の重要な課題設定は存在するか