



HOKKAIDO
UNIVERSITY

北海道大学を拠点とした オープン教材に基づく原子力教育プログラムの 開発及び実践

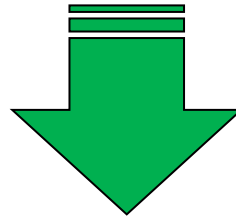
北海道大学大学院工学研究院
原子力安全先端研究・教育センター
中島 宏、小崎 完

原子力・放射線教育の課題

原子力・放射線の 持続的利用

- 国民の理解の向上
- 優れた人材の確保

- 少子高齢化
- 理科（原子力）離れ
- 大学教員数削減



原子力・放射線教育の充実

文部科学省：補助事業「国際原子力人材育成イニシアティブ事業」
令和2年以前：最長3年、採択された機関独自のプログラムを実施



令和2年度国際原子力人材育成イニシアティブ事業について

(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)

【事業の目的】

大学や研究機関等が組織的に連携し、原子力分野において育成する魅力的な人材像を掲げ、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の構築を促し、ひいては我が国の原子力分野の人材育成機能の維持・充実に寄与することを目的とする。

【支援内容】

複数の機関が連携してコンソーシアムを形成し、原子力分野において育成する魅力的な人材像を掲げ、既に有する人材、教育基盤、施設・装置、技術等の優位性ある資源を有機的に結集し、一体的に人材を育成する体制を構築する。

※実施課題に求められる人材育成機能は次頁に詳述

【補助期間及び補助額】

コンソーシアムにて実施する内容の提案は7年間の拠点形成計画とし、うち原則として最初の1年間はフィージビリティスタディー(FS)として、年間1500万円程度を交付する。

令和2年度中にFS審査・評価を実施し、特に優れた成果をあげているものについて、実施計画の残りの一定期間(~6年間)について補助金(年間最大7000万円程度)を交付する。

【運営体制】

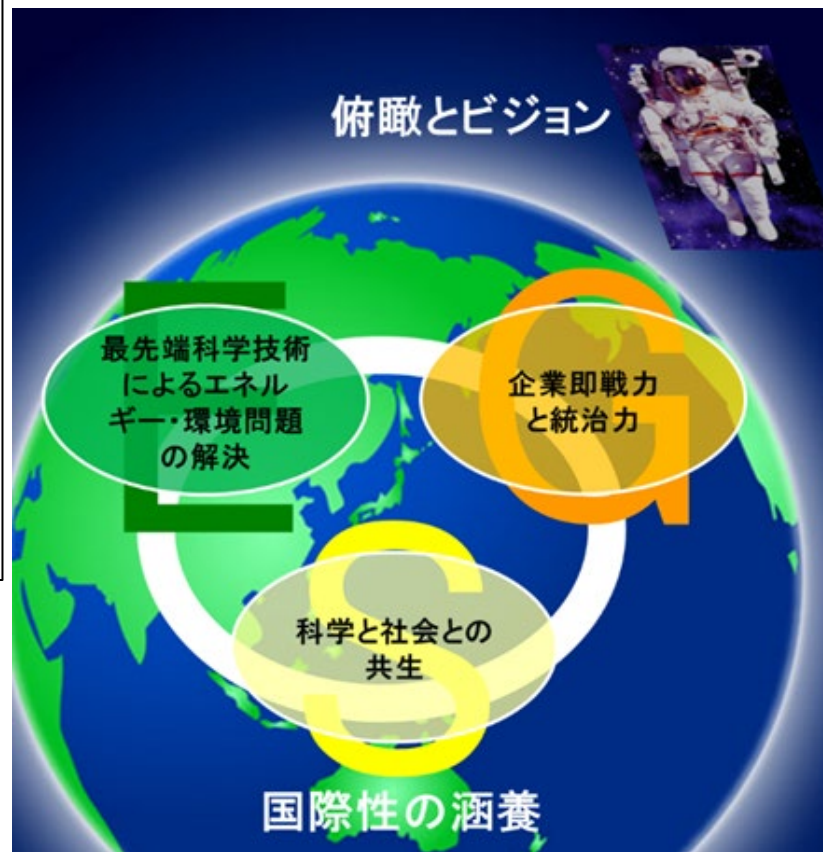
PD及びPOを新たに設置し、実施課題の審査・選定、運営管理、評価等を実施する。また、各年度末に、採択課題からの成果報告会を実施する。

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

ANECにおける実施課題において、 北大が掲げた期待される人材像

実施課題:

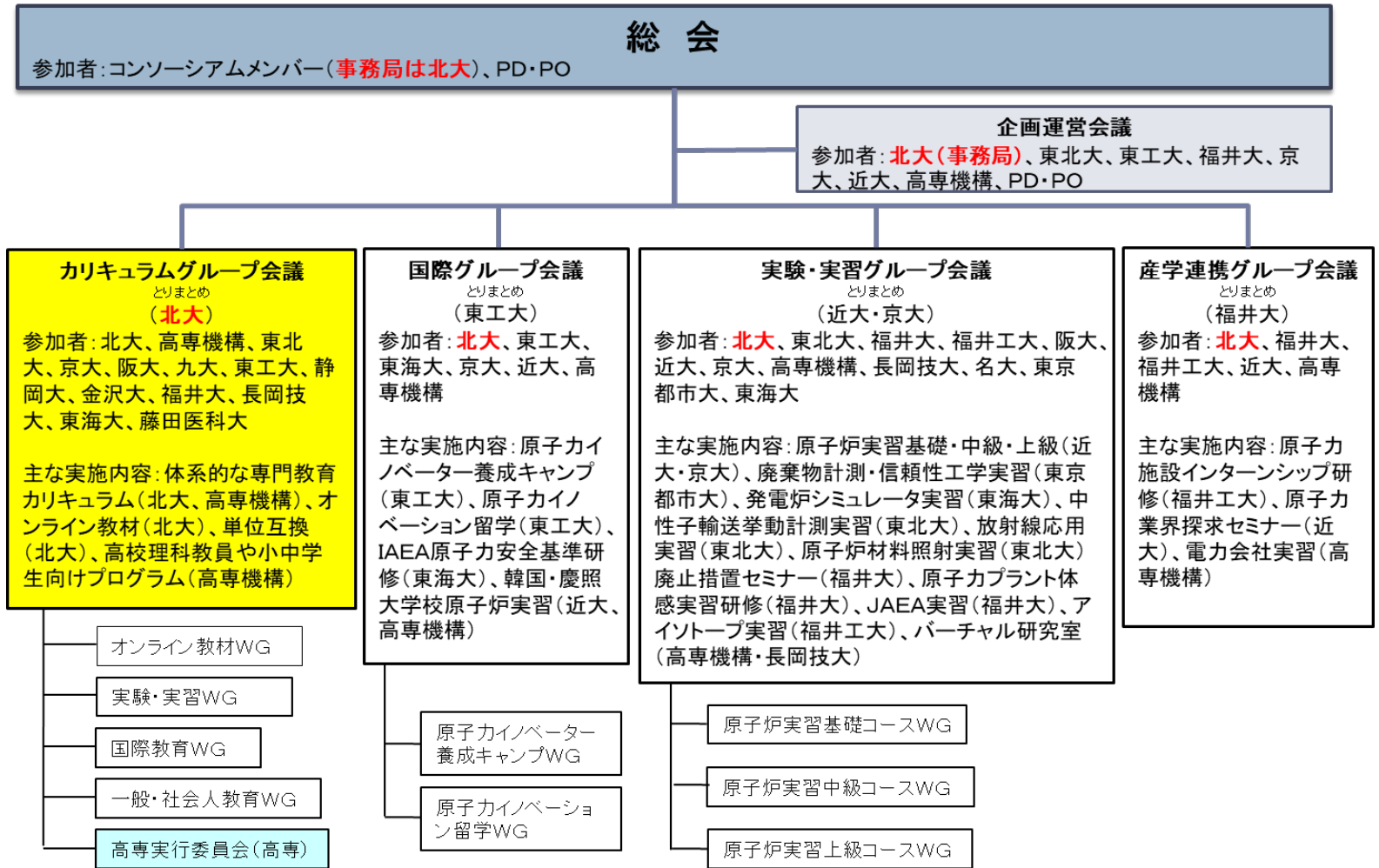
- ・体系的な教育カリキュラムの構築及び高度化・国際化
- ・原子力施設や大型実験施設等を有する機関及びこれらの施設の所属する立地地域の原子力教育の充実への寄与
- ・国際研鑽機会の付与
- ・産業界や他分野との連携・融合の促進
- ・効率的なマネジメントシステム



「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の構築」において掲げた期待される人材像



ANECの組織体制(設置当初)



構成メンバー: 産学官56機関



HOKKAIDO UNIVERSITY

オープン教材を活用する原子力教育拠点の構築(北大拠点)

オープン教材の共同制作・活用

実験・実習、国際教育活動

※オープン教材: インターネット上に無料で公開される
デジタル教材 (OER: Open Education Resource)



<https://caren.eng.hokudai.ac.jp/anec/>

構成メンバー: 産学官35機関



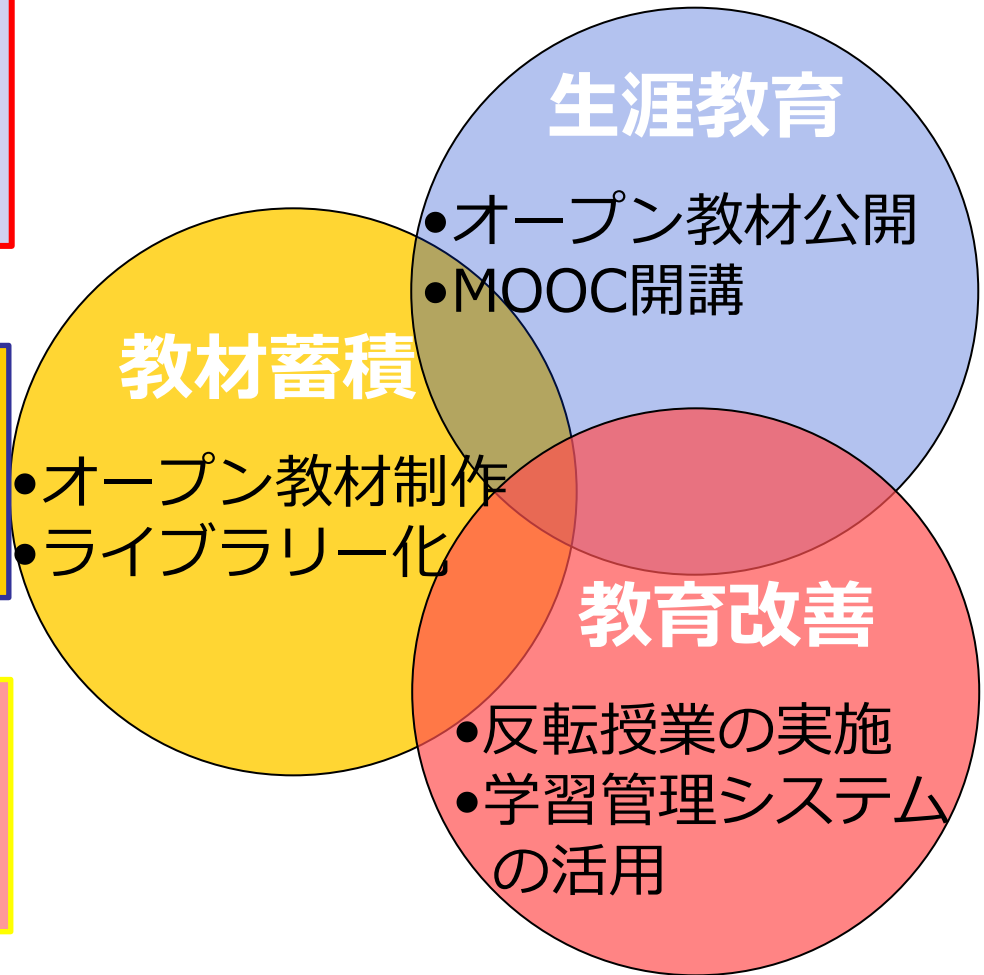
HOKKAIDO UNIVERSITY

オープン教材(OER)とは

ユビキタス：インターネット上に公開され、いつでも、どこでも、自由なアクセス、使用が可能

サステナブル：大学が管理し、継続性が保たれる。先達の知識の継承

シナジー効果：各専門分野と教育工学の連携による、教育効果の高い教材作成



北大拠点におけるオープン教材(OER)の状況

2013年からの10年間ににおける累積公開数:144件[2023年10月現在]
(令和5年度収録数31講義、公開数21講義)

STEAM教育手法を活用した原子力人材育成

- ▶ 放射線の基礎 (大矢恭久)
- ▶ STEAM教育実践論エネルギー・環境問題を基盤と
- ▶ エネルギー・環境概論 (中島宏)
- ▶ STEAM教育論 米国の比較と日本の潮流と日本型
- ▶ 原子力防災視点からの放射線教育 (小崎完)

原子力安全工学

- ▶ 第1回: 原子力安全に関する基礎的事項 (山本章夫)
- ▶ 第2回: PWRプラント設備の概要 (山本章夫)
- ▶ 第3回: BWRプラント設備の概要 (山本章夫)
- ▶ 第4回: 原子力安全の基本的な考え方 (山本章夫)
- ▶ 第5回: 安全設計と安全評価 (山本章夫) >> 講義
- ▶ 5-1: PWRプラントの過渡・事故解析の概要 (説)
- ▶ 5-2: BWRプラントの過渡・事故解析の概要 (説)
- ▶ 第6回: 原子力規制委員会による規制基準とその概
- ▶ 第7回: 外的ハザードへの対応 (山本章夫) >> 講
- ▶ 第8回: シビアアクシデント時の物理現象 (山本章夫)
- ▶ 第9回: 原子力防災の基礎 (山本章夫) >> 講義
- ▶ 第10回: 主要な原子力事故 (山本章夫) >> 講義
- ▶ 第11回: 福島第一原子力発電所事故 (山本章夫)

核融合工学概論

- ▶ 核融合工学概論 その1 - 核融合の原理とその歴史 -

特別講演会

- ▶ 春秋時代の原子力 - 将来を展望して - (田中俊一)

原子炉炉心解析手法オンラインセミナー

- ▶ 講義 1: 中性子輸送理論の概要~決定論的手法~ (山本章夫)
- ▶ 講義 2: 拡散方程式の数値解法の基礎 (山本章夫)
- ▶ 講義 3: キャラクターリスティクス法 (1/2) (山本章夫)
- ▶ 講義 4: キャラクターリスティクス法 (2/2) (山本章夫)
- ▶ 講義 5: 実効断面積と共鳴計算手法 (山本章夫) >
- ▶ 講義 6: 中性子減速理論と超多群計算 (山本章夫)
- ▶ 講義 6-1: 中性子減速理論と超多群計算~超多群スベ
- ▶ 講義 7: 近代ノード法 (1/2) (山本章夫) >> 講
- ▶ 講義 8: 近代ノード法 (2/2) (山本章夫)
- ▶ 講義 9: 均質化誤差と均質化法 ~不連続因子、SPH法
- ▶ 講義 10: 燃料棒出力再構成法 (山本章夫) >> 講
- ▶ 講義 11: 燃焼の基礎理論 (1/2) (山本章夫) >>
- ▶ 講義 12: 燃焼の基礎理論 (2/2) (山本章夫)
- ▶ 講義 13: 空間依存の原子炉動特性 (1/2) (山本章夫)
- ▶ 講義 14: 空間依存の原子炉動特性 (2/2) (山本章夫)
- ▶ 講義 15: 動力炉における燃料配置の最適化 (Loading

核データ工学

- ▶ 6. Nuclear Data Processing (山野直樹)
- ▶ 12. 核データ処理1 (山野直樹)
- ▶ 13. 核データ処理2 (山野直樹)

核燃料の化学

- ▶ 第1回: 核燃料の基礎 (佐藤修彰)

北海道大学 オープンエデュケーションセンター
CENTER FOR OPEN EDUCATION, HOKKAIDO UNIVERSITY

北海道大学オープンエデュケーションセンター > 原子力人材育成事業 オープン教材一覧 (2011-2022)

原子力人材育成事業 オープン教材一覧 (2011-2022)

>> 国際原子力カイニシアティブ事業について (文部科学省HP)

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の構築

原子力熱流動工学

- ▶ 原子力熱流動工学の基礎I (三輪修一郎)

放射化学概論

- ▶ 放射性壊変と放射能 (近田拓未)
- ▶ 放射平衡と天然放射性核種 (近田拓未)
- ▶ RIの化学分析への利用 (大矢恭久)
- ▶ トレーサーとしての化学的利用 (大矢恭久)
- ▶ 核反応[1]-核反応とは (矢永誠人)
- ▶ 核反応[2]-RIの製造と分析への応用 (矢永誠人)
- ▶ 核分裂反応と放射性核種の取扱 (矢永誠人)
- ▶ ホットアトム化学 (近田拓未)
- ▶ 放射線化学 (大矢恭久)

<https://www.open-ed.hokudai.ac.jp/nucl-eng-edu-archives/>



オープン教材(OER)の構成状況

		原子力エネルギー利用		
		軽水炉・次世代原子炉	サイクル、群分離、核変換	処理処分
共通基盤技術	材料開発	原子炉材料工学(北大:原子力学会)		
	燃料開発	核燃料工学:軽水炉、新型炉(福井大、原子力学会) 核燃料工学:ウランの化学(東北大)	核燃料サイクル工学(北大、日本原燃)	
	炉物理・核データ・熱流動	原子炉物理学(北大、近大、京大、名大、九大)	核データ工学(北大、東工大) 原子炉熱工学(北大、原子力学会)	
	放射化学	原子核化学	放射化学(静大) 放射線科学(北大)	
	構造	原子炉工学(北大)	廃炉工学(北大) 廃棄物処分工学(北大)	
	計測・分析・制御・ロボティクス	放射線計測学(原子力学会)		
	安全工学	原子炉安全工学(北大、JAEA)		
	計算科学・AI・IoT	計算科学(中京大、JAEA:原子力学会)		

○環境放射能学(北大、金沢大、JAEA、QST、環境放射能研究所他)

○放射線生物学(北大)

○原子力政策

○核融合工学(名大)

○放射線防護学(原子力学会)

黒字:公開中の科目

赤字:収録準備中・編集中の科目



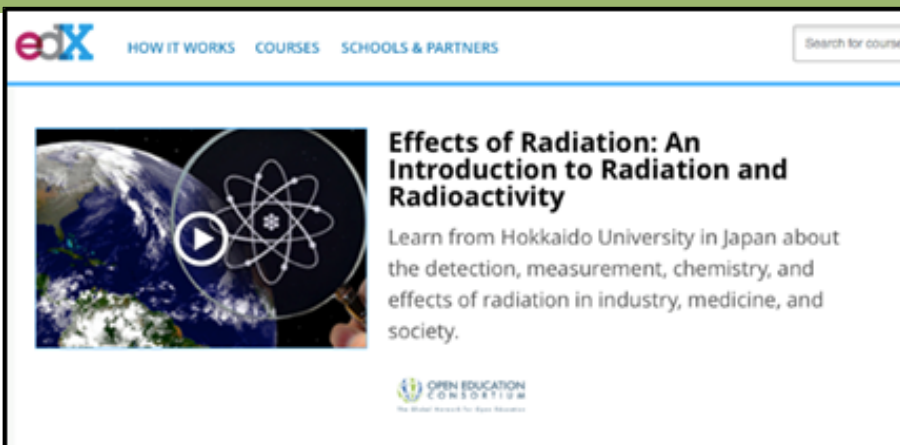
オープン教材(OER)の活用状況

	ダウンロード（再生）数						
	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度 (10月11日現在)
オープン教材としての視聴	15,175	8,449	5,818	15,119	7,036	9,694	6,747
ELMS*からの視聴	－	1,793	1,401	1,883	2,489	1,625	64
計	15,175	10,242	7,219	17,002	9,525	11,319	6,811
2013年度からの累計ダウンロード（再生）数	約5万件	約6万件	約6万5千件	約8万3千件	約9万3千件	約10万3千件	約11万件

1講義の聴講には3～7回のダウンロードが必要

*ELMS: Education and Learning Management System





Effects of Radiation: Introduction to Radiation and Radioactivity

- ・放射線の基礎～放射性廃棄物処分まで
- ・2015年7～8月に開講
- ・講師8名
- ・登録者数：4,342名（全世界133ヶ国）
- ・修了者数：380名



放射線・放射能の科学

- ・放射線の基礎～放射性廃棄物処分まで
- ・2020年3～5月, 2021年2～4月, 2023年3～5月
- ・講師7名
- ・登録者数：4381名
- ・修了者数：875名

リカレント・リスキリングの場として機能
若い世代への放射線科学の魅力発信手段

受講者年代	10代以下	20代	30代	40代	50代	60代	70代	その他	合計
受講登録数	285	471	381	455	530	560	362	644	3,688
受講登録構成比	7.7%	12.8%	10.3%	12.3%	14.4%	15.2%	9.8%	17%	

(2021年4月時点)

OERの活用: 反転授業

目的: オンライン教材を活用した反転授業を中心とした講義を実際に関講して、
大学間単位互換化を行う。

開講: 北大・全学教育部

対象: 学部1年生(文系を含む)

人数: 23名

科目: 一般教育演習(フレッシュマンセミナー)「北大対ゴジラ: 映画『シン・ゴジラ』をもとに学ぶ放射線・放射能の科学」として開講

概要: 放射線・放射能、原子力に関するオープン教材での学習

北大アイソトープ総合センターでの実験・実習

対面によるグループ討論

最後にグループ発表

ゴジラの動力源は原子力?

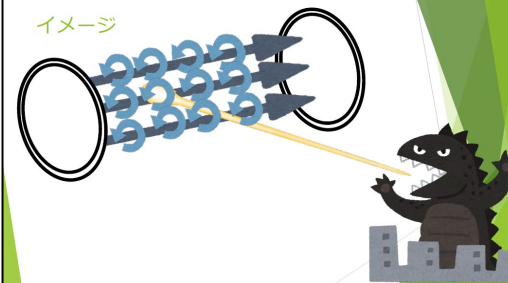
ゴジラの身長は約120m、原子力発電所の圧力容器の高さが約22m



ゴジラの内部に原子炉があり、そこで核分裂反応が起こっている?

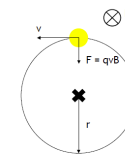
<https://www.tepc.or.jp/enterprise/hatsuden/nuclear/genhito/>
<https://ciatr.jp/topics/266392>

イメージ



問題点

▶ 高速の荷電粒子を巻き付けられるか?



荷電粒子
 ・質量 m [kg]
 ・電荷 q [C]
 ・速度 v [m/s]
 ・磁束密度 B [T]
 ・中心からの距離 r [m]
 $m \frac{v^2}{r} = qvB$
 $B = \frac{mv}{qr}$
 荷電粒子を陽子一価
 陽子の速度を光速の70%
 $r = 2.5$ [m]とすれば
 $B \approx 0.88$ [T]



・2023年11月6-10日(参加者数:8名)

実習内容

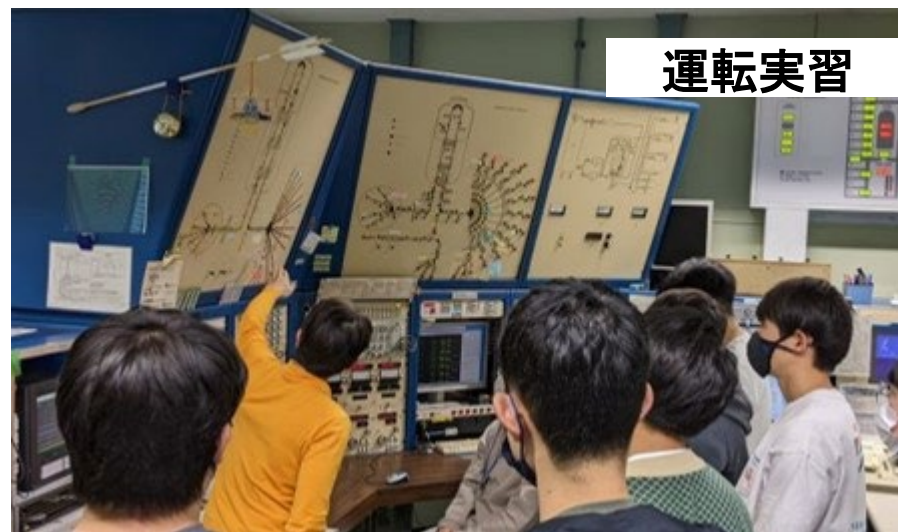
- (1) 重イオン核融合反応の原理と超重元素の世界(座学)
 - (2) 加速器の原理とビームの輸送(座学と実習)
 - (3) 生成原子核を運動学的に分離する(座学と実習)
 - (4) 放射線計測による生成原子核の同定方法(座学と実習)
- 他、J-PARC、JRR3、JT-60S見学

・事前学習資料:

- ▶ 核データとは何か(深堀智生)
- ▶ 核融合工学概論 その1 ー核融合の原理とその歴史ー(西谷健夫)



実習に用いる実験装置



運転実習

基礎科学への興味を促進



カリキュラムに関連した実験・実習の実施

- JAEA・幌延深地層研究センターにおける地下水分析実習
 - ・2023年8月6日-8月8日
 - ・参加者数:17名
 - ・事前学習資料:深地層研究施設での研究開発 (藤田 朝雄)
- JAEA・NSRRにおける炉物理・管理実習
 - ・2023年10月16、17日
 - ・参加者数:8名
 - ・事前学習資料:研究炉炉物理実習(求惟子)
- 他に
 - ・JAEA・常陽炉物理実習
 - ・北大・HUNSにおける放射化実習
 - ・北電・泊原発見学
 - ・静大、浜岡原発放射化学・管理実習
 - ・日本原燃、電源開発・大間原発、QST・六ヶ所研究所、環境科学技術研究所見学
 - ・福島第一原発見学(予定)

年間約140名の学生が参加



地下水分析

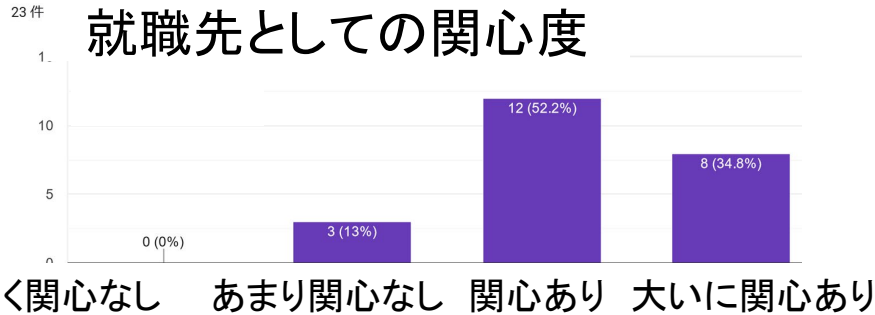
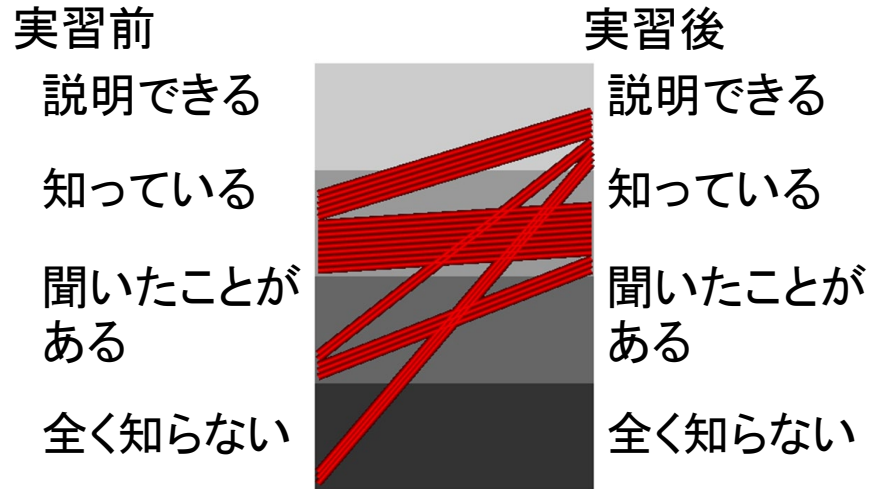


原子炉運転



アンケート結果の例(静岡大学・放射化学)

同位体希釈分析



インターンシップとしての機能
実際に就職した例もある。

<https://anec-in.com/career/career01/>

学生による意見・感想の例

・質問した時に、返ってくる内容が自分が求めている答えはもちろん、自分が思いつかなかったことまで教えてくれる人がいらっしまったため、非常に興味を持って有意義な時間を過ごせました。

・普通ではできないことを体験できて**貴重な経験**になった。

・施設見学や実験を通じて、**教科書の資料では学ぶことができない技術や現場の雰囲気などを学ぶことができ良かった**。また浜岡原子力発電所での見学では、**貴重な経験**をすることができ、今後もこのような活動に参加したいと感じた。

・**発電所内に入って見学・実験を行ったり、職員の方と直接話すことができる点が貴重**で、非常に充実した実習だったと感じた。



社会と原子力の共存：一般人生涯教育による理解促進

寄付講座と部門、センター、ANECとの連携

オープンコースウェア (OCW)
無料公開講義 (入門・基礎編)

大規模公開オンライン講座 (MOOC)

中学校理科・モデル授業収録
「持続可能な社会とエネルギー」
(全11コマ)。
一部ネット公開中

大規模公開オンライン講座 (MOOC)
無料公開コース (専門編)

E-learning
(専門・LMSによる履修管理)

教材への助言

北海道エネルギー
環境教育研究会
(小中学校教諭)

生徒指導

原子力への理解向上

大学教育の充実

リカレント教育

原子力の理解・興味の向上

高大連携
講座

教養科目
単位取得

専門科目
単位取得

履修証明
プログラム

社会人
博士後期
課程

小中学校生

高校生

市民

大学生
高専生

大学院生

社会人



初等教育にかかると活動：モデル教育の収録

◎ 中学校理科・モデル授業(3年生) 持続可能な社会とエネルギー

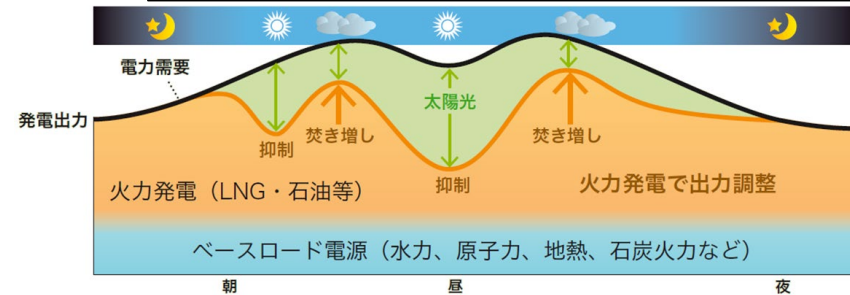
※放射線については2年生で学習済み

実践内容(11時間構成)

- 1 日本エネルギー事情を知る
- 2 エネルギー基本計画、1日の必要な発電量
- 3 発電方法の長所・短所
- 4 東日本大震災前後での北海道電力の電源構成
- 5 ブラックアウトが起きた理由
- 6 北海道でつくることができる電力
- 7 未来の電源構成を考える①
- 8 未来の電源構成を考える②
- 9 日本政府の電源構成案(2030年)
- 10 電気をつくってできる廃棄物
- 11 NIMBY問題をどうするか



1日の電力需要及び発電出力の変化



科学的な根拠に基づいて、正解のない課題に対峙する資質・能力を育成する。



グローバルな視点で原子力のメリット・デメリットを理解し、かつ原子力・放射線に関するリテラシーの高い教育者を育成する

対象

教員養成系大学生・大学院生
現職教員・放射線教育に興味のある学生

カリキュラム の主な内容

- ・STEAM教育論 STEAM教育実践論
- ・エネルギー・環境問題
- ・原子力のしくみとメリット・デメリット
- ・放射線とその測定法
- ・社会合意形成
- ・コミュニケーション

オンラインと対面を組み合わせた学習機会の提供

施設見学・シンポジウム: **現場の職員とのコミュニケーション**
原子力のしくみ
正確な情報発信と放射線・原子力安全取り組み



エネルギー・環境問題を基盤とし、STEAM教育を活用した課題解決型の実習プログラムを通して原子力のメリット・デメリットや役割を理解できる原子力人材を育成

「ChatGPTと学ぶ 機械学習・アプリ開発の基礎」 1日WS (NEL:巽雅洋)

概要

生成AI「ChatGPT」を活用した「発想力」や「実装力」の向上に関する講義と実習

構成

- ・生成AIの原理と可能性について学習
- ・Pythonプログラム作成
- ・プログラム開発のワークフロー実習（設計、実装、デバッグ、バージョン管理）

対象

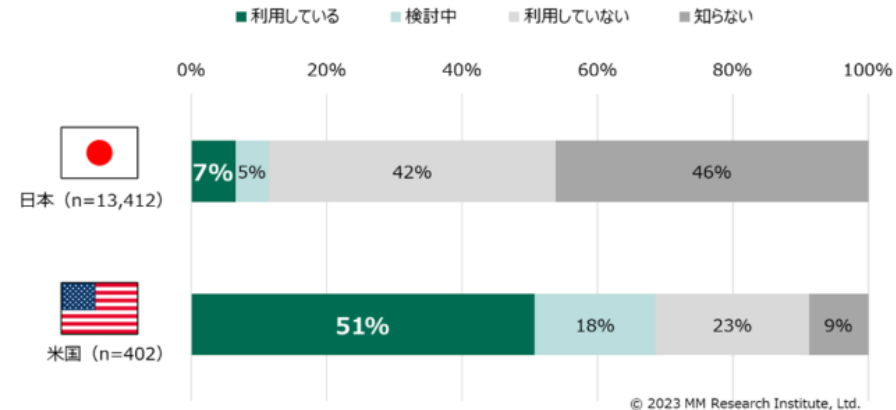
- ・大学生4年生、大学院生
- ・Python言語に関する基礎的な知識

生成AIとは

- ・AI(人工知能)の一種で、テキストや画像等のデータを分析し、「特徴量」を学習している。
- ・学習した特徴を基にして、入力データから、全く新しいテキストや画像などを「生成」する

GPT-4 の衝撃

- ・非常に高い情報処理能力
 - ・大学入試、医師試験、弁護士試験 に上位合格
 - ・従来モデルからの性能飛躍が著しい
- ・高いマルチモーダル性能
 - ・視覚：画像を認識、分析できる
 - ・聴覚：音声認識
 - ・発話：音声による自然な返答
 - ・実行：プログラムの作成、実行、結果の分析、自己フィードバック



引用：日米企業のChatGPT利用率に開き (MM総研)

生成AIに精通した人が仕事を独占!!



原子力規制庁・原子力規制人材育成事業の採択

令和5年度原子力人材育成等推進事業費補助金 (原子力規制人材育成事業、R5～R9年度)の採択

原子力安全規制に関する5項目に関するオープン教材の開発と、
それを活用した実験・実習・セミナー等を実施する

①確率論的リスク評価

澤 和弘・張 承賢
(北大・工・応用量子)

②過酷事故・ 放射性物質の放出

河口 宗道
(北大・工・応用量子)

③原子炉工学

千葉 豪
(北大・工・応用量子)

④放射線防護

久下 裕司(北大・RIセンター)・
野矢 洋一(北大・安全衛生本部)

⑤外部ハザードとその対応

稲津 将
(北大・理・地球惑星)



今後の展開

1. OERに関しては、

原子力・放射線分野全体を**体系的・網羅的整備**
初級から上級レベルまで、**階層的な充実**

放射線取扱主任者の資格取得コースなど、カリキュラムを組み合わせた**コース設定**

2. 実習等に関しては、

ANEC参画機関を増やすなど、実習等の選択範囲拡張

Covid19の流行など不測の事態に備えた、**VR**(バーチャルリアリティ)教材開発

3. 計算科学・情報社会への対応

MC, AI, IoT等計算科学、SNS等、**情報化社会への対応**

4. 科学と社会の共存:

科学リテラシー、ELSI/RRI、社会とのコミュニケーション

エネルギー問題、環境問題(地球温暖化問題)、SDGsへの対応

ELSI: Ethical, Legal and Social Issues、RRI: Responsible Research & Innovation



謝辞

＜謝辞＞ 本活動は文部科学省の補助金（国際原子力人材育成イニシアティブ事業）によって実施した。関係の皆様にご感謝申し上げます。

ご清聴ありがとうございました。

