



HOKKAIDO
UNIVERSITY

2024年11月30日
ラドネット創立20周年記念
令和6年度第2回RADONet研究会

北海道大学拠点における 先進的原子力教育コンソーシアム(ANEC)の 活動の歩み

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

エネルギー・環境問題への対応

地球環境問題の顕在化
CNと経済成長の両立
➡ GX政策

国家・企業競争力強化
: 原子力分野等の強化
➡ 人材確保は急務

- 少子高齢化
- 理科(原子力)離れ
- 大学教員数削減
- STEAM普及

エネルギー・環境教育
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年度まで約10年間

文部科学省「国際原子力人材育成イニシアティブ事業
(原子力人材育成等推進事業費補助金)」

: 大学, 高専などによる原子力・放射線教育プログラム支援

令和2年度より、

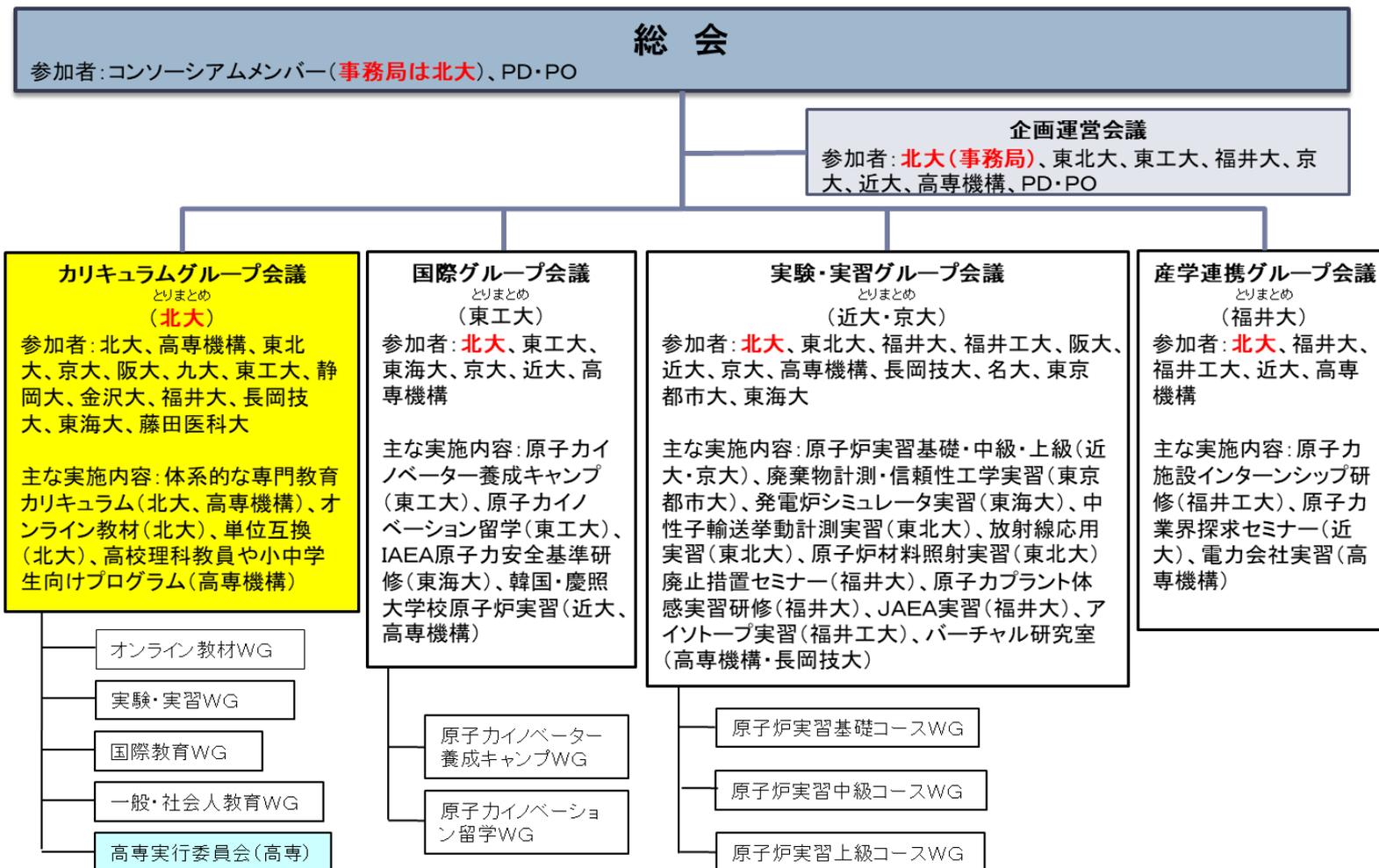
人材育成機能の維持・充実化を目的として, 大学や研究機関等が組織的に連携し, 共通基盤的な教育機能を補い合うことにより, **一体的かつ系統的に人材を育成する体制:**

ANECの構築

- ・期間: 7年間
- ・PO/PDによるリーダーシップ
- ・定期レビュー



ANECの組織体制(設置当初)



構成メンバー: 産学官63機関





オープン教材を活用した教育機会の提供 全国の大学・研究機関、民間企業がコンソーシアムを構築(39機関)



・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)の制作・公開

・実験・実習プログラム
・国際教育プログラム
の実施および参加者への経済支援

北大拠点におけるオープン教材(OER)の状況

2013年からの11年間ににおける累積公開数:176件[北大全体で1,283件]
(令和6年度収録数12講義、公開数7講義、収録予定数28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: キャラクタリスティクス法 (1/2) (山本章夫)
- ▶ 講義 4: キャラクタリスティクス法 (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 オープンイ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	2024年度 (10月15日現在)
オープン教材としての視聴	18,373	5,927	5,818	17,560	7,036	9,694	14,442	7,255
ELMS*からの視聴	—	1,793	1,401	1,883	2,489	1,625	2,030	256
計	18,373	7,720	7,219	19,443	9,525	11,319	16,472	7,511
2013年度からの累計ダウンロード(再生)数	約5万4千件	約6万2千件	約6万9千件	約8万8千件	約9万8千件	約10万9千件	約12万5千件	約13万3千件

1講義の視聴には、3～7回のダウンロードが必要

*ELMS: Education and Learning Management System



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

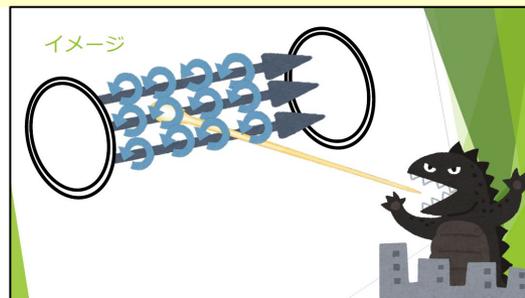
ゴジラの動力源は原子力?

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きている?

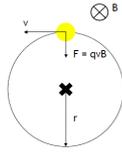


<https://www.tepc.or.jp/enterprise/hatsuden/nuclear/genhito/>
<https://ciatr.jp/topics/266392>



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]





edX HOW IT WORKS COURSES SCHOOLS & PARTNERS Search for course

Effects of Radiation: An Introduction to Radiation and Radioactivity

Learn from Hokkaido University in Japan about the detection, measurement, chemistry, and effects of radiation in industry, medicine, and society.

OPEN EDUCATION FOUNDATION
The Global Network for Open Resources

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



gacco The Japan MOOC 無料の学びをオンライン講座 登録者70万人突破中

gaccoとは 講座一覧 受講ガイド マイページ/ログイン 会員登録（無料）

講座一覧

あなたの学びたい気持ちに応える講座がたくさん。
さあ、いまずく受講登録しよう！

新規受付を終了した講座 [次の受講講座をお待ちください](#)

放射線・放射能の科学 2020年3月12日 開講
北海道大学
橋本 亮子 他
受講期間：5週間
終了

放射線・放射能について物理的な基礎知識、放射線検出・測定、人体への影響、原子力発電を軸とした工学分野・産業への応用、放射性廃棄物の処理・処分方法を学習します

[講座詳細を見る](#)

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



OERの活用:「地層処分の科学」(MOOC)



大規模公開オンライン講座(受講無料)
「地層処分の科学」(全5週)

開講期間: 令和6年3月28日～8月29日

登録者数: 1,378名

登録者の約半数が社会人
修了率: 19%



<第1週>

イントロ: 地層処分の科学 地下水シナリオとは何か?
担当: 北海道大学大学院工学研究院教授 渡邊直子



渡邊直子
(北大)

1. ホウケイ酸ガラスによる放射性廃棄物の固定化
担当: IMT Atlantique 教授(フランス、ナント) Bernd GRAMBOW ※英語、和訳字幕



Bernd
GRAMBOW
(IMT Atlantique)

<第2週>

2. 金属容器は何年もつのか? ガラス固化体を1,000年間以上閉じ込める金属容器
担当: 日本原子力研究開発機構 基盤技術研究開発部 谷口直樹



谷口直樹
(原子力機構)

<第3週>

3. なぜ粘土で覆うのか? 粘土緩衝材の役割とその研究
担当: 北海道大学大学院工学研究院教授 小崎完



小崎 完
(北大)

<第4週>

4. 地層と地表はどのようにつながっているのか? 地層処分に関わる深部地下環境の科学
担当: 日本原子力研究開発機構 幌延深地層研究センター 岩月輝希



岩月輝希
(原子力機構)

<第5週>

5. どうやって将来の地層処分の安全性を評価するのか?
地層処分の安全評価
担当: 東海大学工学部教授 若杉圭一郎



若杉圭一郎
(東海大)

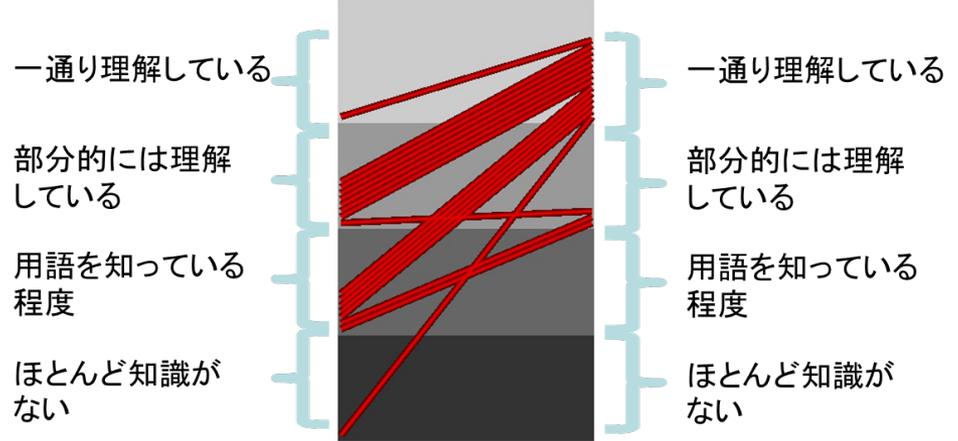


今年度の実施の見学会の例

- 福島第一原子力発電所、廃炉資料館、並びに廃炉環境国際共同センター、楢葉遠隔技術開発センター施設見学:参加17名
放射性廃棄物処分工学との関連において実施
- 日本原燃・再処理工場及び低レベル放射性廃棄物埋設センターにおける見学:参加19名
核燃料工学・放射性廃棄物処分工学との関連において実施

実習アンケート結果

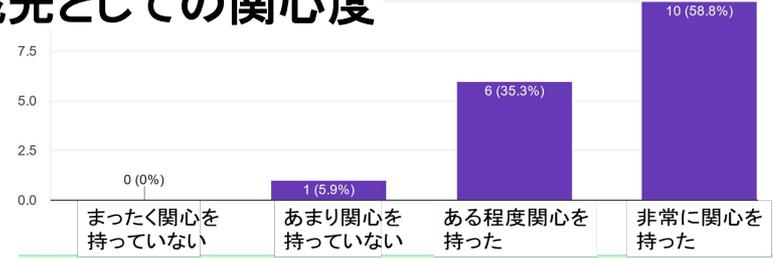
燃料デブリ取り出しに関わる課題について



1F実習



就職先としての関心度



日本原燃



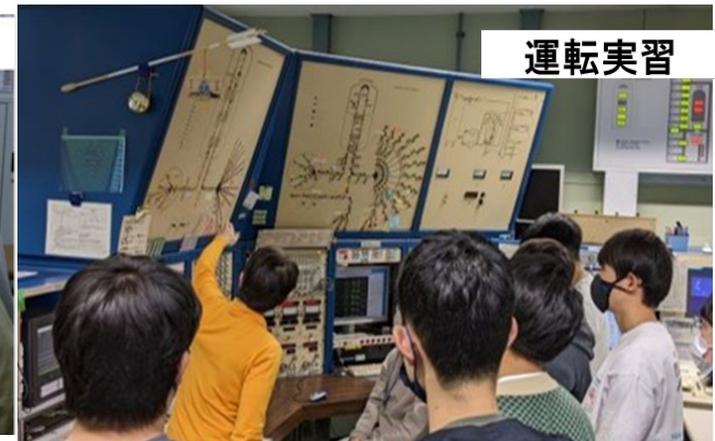
感想の例

・除染作業の進捗などに伴い、令和2年以降帰還困難区域が順に縮小されながらも、やはり今なお事故の影響が残っているのだなと感じた。その一方で、特定復興再生拠点を中心として、活気に満ちた地域も増えており、明るい希望を感じた。住民の帰還を進めるとともに、新たに居住する人を増やしていくためには、ハード面の復興だけでなく、産業の復興により雇用を創出し、住みやすい街をつくっていくことが何よりも重要であると感じた。

2024年度の他の実習・見学実績及び予定

- 8月5、6日: JAEA・幌延深地層研究センターにおける地下水 分析実習: 参加者17名
- 9月3-7日: 静岡大/中電・浜岡原子力発電所放射化学・放射線管理実習: 参加者24名
- 10月17、18日: JAEA・NSRRにおける炉物理・管理実習: 参加者8名(社会人2名)
- 12月24-28日: 静岡大/中電・浜岡原子力発電所放射化学・放射線管理実習: 募集数18名
- 2025年2月17-21日: JAEA・タンデムにおける核データ工学実験: 募集数6名
- 2025年3月3、4日: AI WS: 募集数10名(予定)

年間約140名の学生が参加予定



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



社会と原子力の共存：一般人生涯教育による理解促進

ANECにおける連携

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)
無料公開コース (入門編)

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)

大学・教育系講義収録
「STEAM教育手法を活用し、エネルギー・環境問題を基盤とした原子力人材育成」(全5コマ)。
ネット公開中

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)。
ネット公開中

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

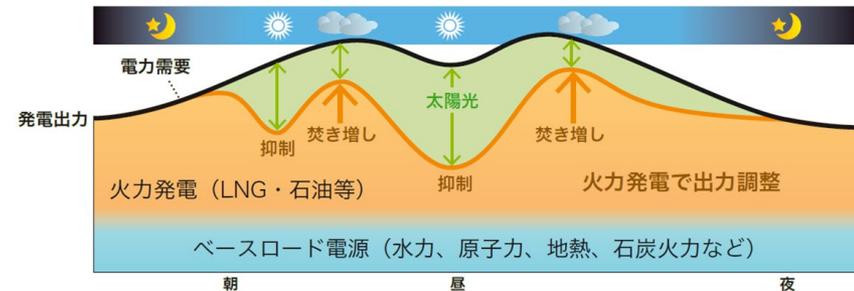
※放射線については2年生で学習済み

実践内容(11時間構成)

- ▶ イントロダクション
- ▶ 第1時 日本のエネルギー事情を知る
- ▶ 第2時 エネルギー基本計画、1日の必要な発電量
- ▶ 第3時 発電方法の長所と短所
- ▶ 第4時 大震災前後での北海道電力の電源構成
- ▶ 第5時 ブラックアウトが起きた理由
- ▶ 第6時 北海道でつくることができる電力
- ▶ 第7時 未来の電源構成を考える①
- ▶ 第8時 未来の電源構成を考える②
- ▶ 第9時 日本政府の電源構成案(2030年)
- ▶ 第10時 電気をつくってできる廃棄物
- ▶ 第11時 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。



「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

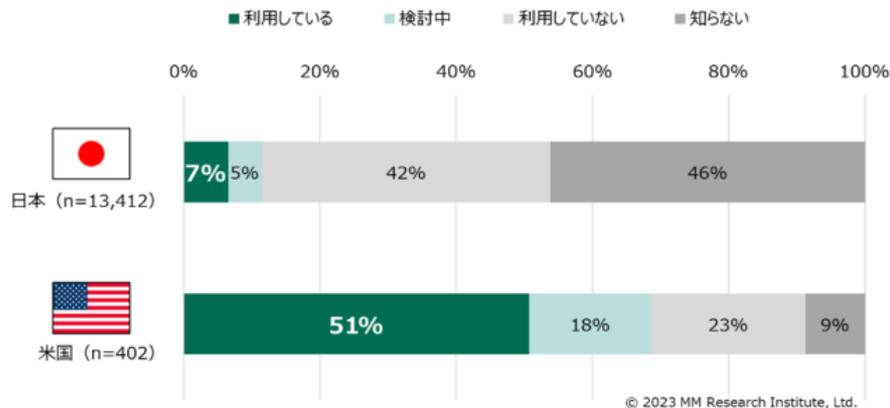
- ・大学生4年生、大学院生
- ・Python言語に関する基礎的な知識

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

- ・エネルギー・環境問題解決にかかる一つの手段である, 原子力・放射線分野における研究技術開発の推進のためには, 将来にわたる多様な人材確保は喫緊の課題
- ・将来を担う世代の教育は, 特にその重要性が高い
- ・ANEC北大拠点として、人材のすそ野拡大に対し、様々な観点から取り組む

今後の取り組み

1. OERに関し、体系的・網羅的整備、階層的な充実

マイクロレデンシヤル(教育の質を保証する仕組み)の導入
デジタルバッジの発行等

2. 実習等に関し、VR(バーチャルリアリティ)教材開発等、多様化

3. AI, IoT等、計算科学・情報社会への対応

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

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。

