



HOKKAIDO
UNIVERSITY

未来社会に向けた 先進的原子力教育コンソーシアム(ANEC)を 活用した放射線人材育成の取り組み

(2) 北大拠点における放射線教育活動

北海道大学
原子力安全先端研究・教育センター
中島 宏、小崎 完

オープン教材(OER)の活用

教育プログラム例

実験・実習

放射線計測・核種移行



フィールド実習(川内村)



見学会(QST)



オープン教材

- ・放射線科学
総論・各論
- ・放射線防護
- ・放射化学概論
- ・放射線生物学
- ・環境放射能学
- ・核融合概論
- ・放射線計測
- ・放射線遮蔽

国際教育活動

国際セミナー



ディスカッション

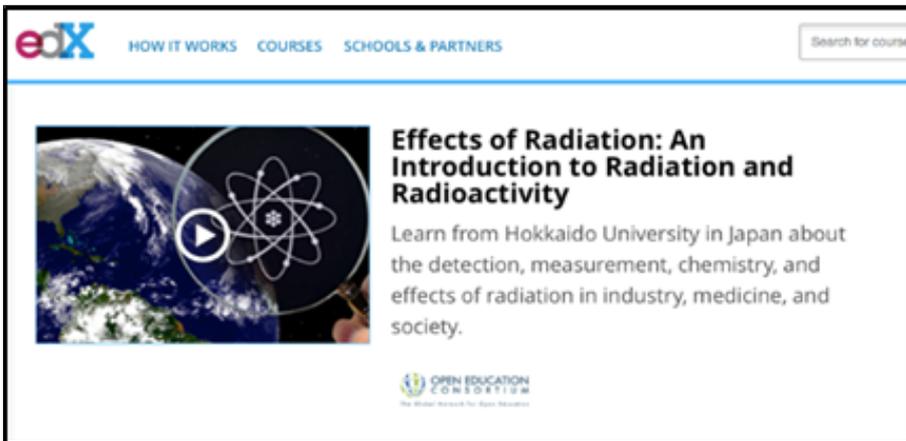


海外インターンシップ報告



放射線分野
のエキスパート育成





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

日本語版の修了者の半数以上が社会人：リカレント教育の場として機能
中高生の受講：若い世代への放射線科学の魅力発信手段としても有効



新型コロナ後の大学教育(文科省通知)

元文科高第1259号
令和2年3月24日

各 国 公 立 大 学 法 人 の 長
独立行政法人国立高等専門学校機構理事長
大学及び高等専門学校を設置する各地方公共団体の長
各 文 部 科 学 大 臣 所 轄 学 校 法 人 理 事 長 殿
大学を設置する各学校設置会社の代表取締役
大学及び高等専門学校を設置する公立大学法人を
設 立 す る 各 地 方 公 共 団 体 の 長

文部科学省高等教育局長
伯 井 美 徳

(印影印)

令和2年度における大学等の授業の開始等について(通知)

このたび公表された「新型コロナウイルス感染症対策の状況分析・提言」(令
3月19日新型コロナウイルス感染症対策専門家会議。以下単に「専門家会議見解
う。))においては、春休み明け以降の学校再開に当たっては、多くの子供たちや教
日常的に長時間集まることによる感染リスク等に備え、地域ごとのまん延の状況
を踏まえ、必要に応じて授業の開始時期を遅らせることが必要とされています。

令和2年3月24日付 文部科学省通知

遠隔授業方法の一つとして、
オンライン教材(MOOC等)が例示される

・テレビ会議システムを用いた遠隔授業の例

テレビ会議システムを利用して講義をリアルタイム配信し、学生は教室以外の場所(自宅を含む。)において、PCや携帯電話からインターネットに接続し受講。テレビ会議システムによって、教員と学生が、互いに映像・音声等による質疑応答や意見交換を行う。

・オンライン教材(MOOC等)を用いた遠隔授業の例

スライド資料や講義形式の動画等を教材としてe-learningシステム等を準備し、学生は教室以外の場所(自宅を含む。)において、PCや携帯電話からインターネットに接続し、随時又は期限が設定されている場合は当該期限内に受講。学生からの課題提出や質問の受付及び回答、学生間の意見交換等についても、インターネット等を通じて行う。質問の受付及び回答については、よくある質問とそれに対する答えについてあらかじめ提示しておき、それ以外の質問について担当教員又は指導補助者が回答するといった手法も考えられる。なお、聴講の前後において、授業担当教員による説明等の指導を行う必要があるが、こうした遠隔授業の一部として、MOOC等の教育コンテンツを活用することも考えられる。



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

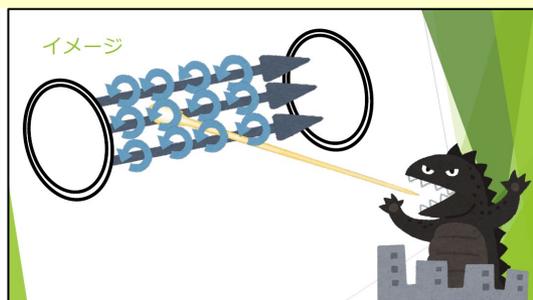
ゴジラの動力源は原子力?



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

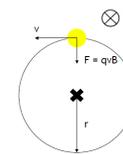
ゴジラの内部に原子炉があり、そこで核分裂反応が起きている?

<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]



実験・実習・見学会の実施

北大・加速器中性子源を利用した中性子放射化・元素分析実習

- 令和4年8月29日-9月2日(参加者数:18名)
令和5年8月28日-9月1日(参加者数:11名)
- 実習内容は以下。
 - 電子加速器駆動パルス中性子実験施設「HUNS」を基軸とした座学・実習
 - 座学: 量子ビーム科学、中性子科学(放射化分析の応用を含む) … 半日
 - 加速器中性子源体験: 中性子源の構築・加速器の運転に関する体験 … 1日
 - γ 線スペクトロメーター(NaI)実習: 検出器調整、中性子束推定、元素同定 … 1.5日
 - グループ自主実習及び発表 … 1.5日
- 事前学習資料
 - OER: #05「放射線科学」
 - ▶ 放射線科学概論 I (藤吉亮子)
 - ▶ 放射線科学概論 II (加美山隆)



電子線形加速器



実習の様子: 制御室での説明

放射線利用への理解促進



HOKKAIDO UNIVERSITY

実験・実習・見学会の実施

静岡大学における放射化学実習及び浜岡原子力発電所における放射線管理実習

非密封放射性同位元素の取扱実習と大線量ガンマ線照射装置を使った線量測定

- ・令和4年9月20-24日、12月24-28日(参加者数: 40名)
- ・令和5年9月25-29日、12月23-27日(参加者数: 40名(予定))

・事前学習資料:

テキスト「第二版 放射線計測と安全取扱」アマゾンのオンデマンド版
OER: 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\[1\]ー核反応とは\(矢永誠人\)](#)
- ▶ [核反応\[2\]ー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\(大矢恭久\)](#)

放射線取扱主任者試験を意識した内容

** 比例計数管の取扱いとトリチウムの計測

**.1 はじめに

放射線を取り扱う上で放射線の測定法を学ぶことは重要である。放射線の測定にはそれぞれ核種に合った測定法を選択する必要がある。今回はその中で比例計数管に着目し、気体の放射性核種を測定することを試みる。比例計数管は原子の電離作用を利用して放射線を検出する測定法である。電離作用を理解するために、各パーシガスにおけるW値を求め、分子によって電離のしやすさが異なることを理解する。

**.2 基礎的事項

原子の電離作用

放射線が検出器に1個入るごとに集まる電荷を測定するのをパルスモードで測定するという。パルス(単発的な電圧の脈動)の高さは集められる電荷に比例する。気体中に発生した電子、イオンは、途中でガス分子と衝突しながら正または負の電極に引き寄せられる。電離領域より高い電圧を印加すると、電子は衝突の合間に強く加速され、次の衝突の際にガス分子を電離して新たに電子-イオン対を生成する。この現象は電子の移動の方向にだれのように拡大していくので、**電子だれ**といわれる。このように電子-イオン対数が増幅され、パルスの高さが大きくなることを**ガス増幅**と呼ぶ。イオンは衝突の密度が大きいため加速されにくく、イオンによるガス増幅を起こさせるのは困難である。

比例領域では、パルスの高さは最初に発生した電子-イオン対に比例する。この領域で使用するのが本節で述べる**比例計数管**である。

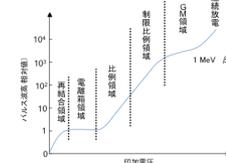


図1 電離領域

実習テキスト



実習の実施状況



実験・実習・見学会の実施

JAEA・タンデム加速器施設における重イオン核融合反応実習

- ・令和4年10月25-28日(参加者数:8名)
- 令和5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: OER

- ▶ What is Nuclear Data (Tokio FUKAHORI)
- ▶ 核融合工学概論 その1 - 核融合の原理とその歴史 - (西谷健夫)



実習に用いる実験装置



基礎科学への興味を促進



実験・実習・見学会の実施 日本原燃・電源開発/大間・QST見学

- ・令和4年11月21-22日(参加者数:21名)
- ・事前学習資料:
 - #07「核燃料サイクル工学」
 - ▶ 核燃料サイクル概論 I 総論(小崎完)

他

(今年は環境科学技術研究所見学予定)



電源開発/大間



日本原燃



QST

原子力・放射線、幅広く知見を深める



アンケート結果の例(北大・HUNS)

ガンマ線スペクトロメリー

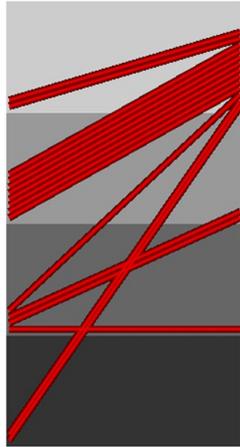
実習前

説明できる

知っている

聞いたことがある

全く知らない



実習後

説明できる

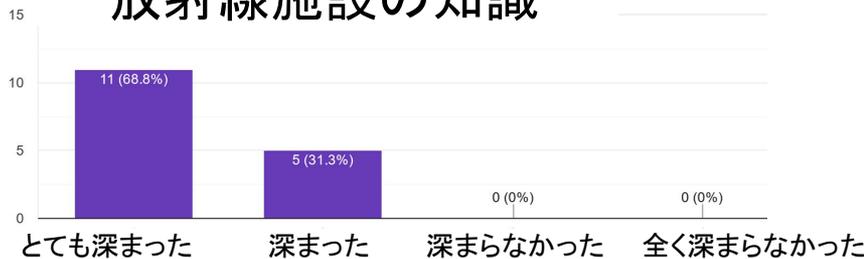
知っている

聞いたことがある

全く知らない

16件の

放射線施設の知識



実習への要望

: 英語対応の充実(留学生が一定数参加している)

学生による意見・感想の例

・今回の実習を終えて、座学より実習・実験を通して得られたものの方が遥かに多かった為今後も今回と同様に**実習・実験の比率を大きく**してほしい。

・ANECの実習は比較的、関東から東の方で実施されることが多くある。**関西方面での原子力放射線分野の研究の雰囲気を知りたい**為、今後は関西や西側・九州とかで実習をやりたい。

・初学者でも、非常に分かりやすく、中性子に対する知識が身についたと感じた。

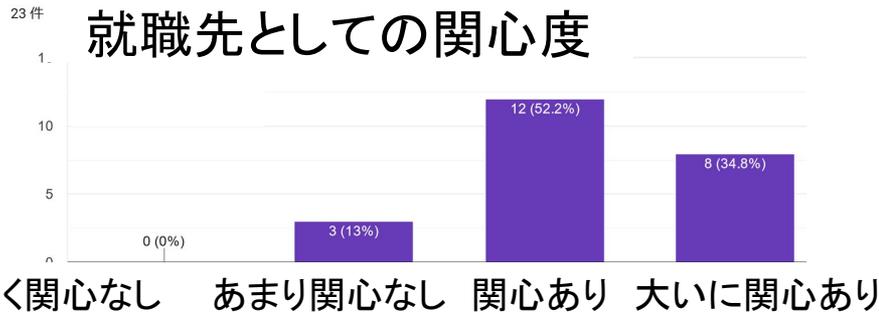
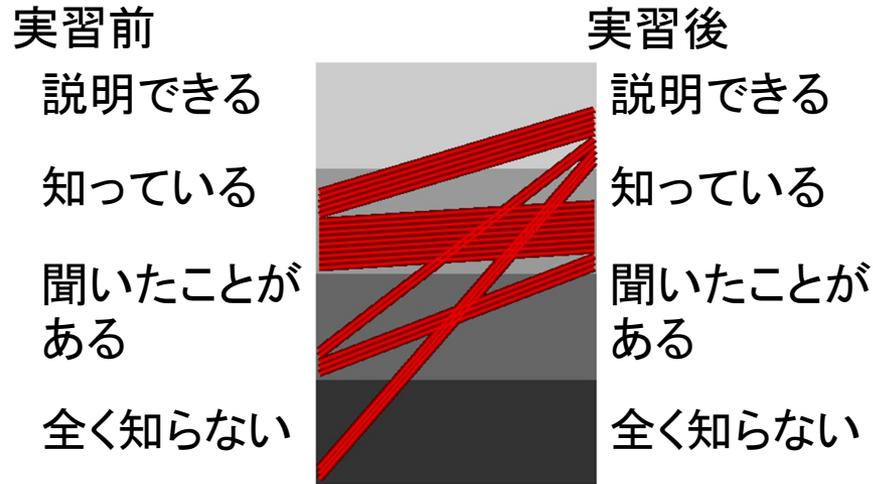
・グループワークも雰囲気が良く、より深い理解に繋がったと思う。また、**中性子を使った他の実験も経験してみたい**と感じた。

・各グループでテーマを持ち、**グループワークを通して学んでいく体制がとても充実していた**と感じた。



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。

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。**



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

