

原子力関係の教育の現状と課題について

2019 年 12 月 10 日

名古屋大学 山本章夫

①原子力関連専攻の現状と課題

(1)組織

2017 年の組織再編により、以下の形となっている。

学部

工学部 エネルギー理工学科 定員 40 名

大学院

工学研究科 エネルギー理工学専攻

定員 18 名

7 研究グループ

工学研究科 総合エネルギー工学専攻

定員 18 名

7 研究グループ

合計 14 の研究グループのうち、原子力(核分裂、核融合、放射線関連)をテーマとして扱っている研究室は半数程度。

(2)カリキュラム

- ・添付 1 に、現在のカリキュラムを示す。学部における原子力関連の専門科目は、エネルギー量子線応用、エネルギーシステムで扱われている。
- ・また、主として 4 年生及び大学院向けに、特別講義などの枠を利用して、原子力規制人材育成事業(原子力規制庁補助事業)を実施している。詳細を添付 2 及び添付 3 に示すが、この事業により、原子力安全に関連する講義・演習・実習科目を大幅に強化している。

(3)課題

- ・燃材料の講義を担当可能な教員がいないため、外部の非常勤講師をお願いしている。

②大学教育の改善に関してと、アジア各国の大学との交流に関する見解・意見等について

(1)大学教育の改善について

- ・名古屋大学においては、原子炉物理の講義を学部3年生で実施しており、基礎基盤知識の習得に努めている。
- ・近大炉(学部)及び京大炉(大学院)において、実験に参加する機会を提供しており、安全性やセキュリティの感性を身につけることに努めている。
- ・規制人材育成事業においては、多くの演習を「手計算」で実施している。なお、過酷事故進展演習などについては、名大で開発した演習教材を大学などの外部機関に提供している。
- ・規制人材育成事業においては、講義及び演習科目を社会人に開放している。手計算による過酷事故演習、PRA 演習、原子炉設計演習、シミュレータ演習、モニタリング演習などには社会人が多数参加しており、リカレント教育を実現している。特に、過酷事故演習では、PWR または BWR において、SBO 時の過酷事故進展を格納容器破損まで手計算で解析しており、社会人の受講者から高い評価を得ている。また、学生と一緒に演習を実施することにより、社会人としてのスキルが学生に伝承され、社会人は学生から刺激を受けるという好循環が生じており、「垂直統合型教育」がうまく機能している。
- ・名古屋大学の活動ではないが、原子力学会の炉物理部会において、初心者向けの原子炉物理のテキストを作成中である。このテキストでは、数式を使用せずに、原子炉内で発生している物理現象を解説する方針で作成を進めており、上期中にドラフトの作成を目指している。

(2)アジア各国の大学との交流について

- ・文科省の原子力交流事業などを通じて、アジア各国の研究者を継続的に受け入れている。
- ・輸出管理上の制約により、少なくとも最初の半年間は公知の技術のみしか提供できず、実質的な研究に取り組むことが出来ない。このため、留学期間が2年であるとする、研究に取り組むことが出来るのは実質1.5年のみとなり、大きな制約となる。
- ・ネットワーク型教育を通じて、タイ、マレーシアなどに対する遠隔地教育の実績あり。

③分かる範囲でアジア各国の大学との交流実績（例えば、年度ごと国別留学生数）と現状

以下に、直近の留学生数を示す。

2015 年

ベトナム、中国、台湾(合計 3 名)

2016 年

中国 3 名、エジプト、ベトナム(合計 5 名)

2017 年

中国 4 名(合計 4 名)

2018 年

中国 6 名、韓国 1 名(合計 7 名)

2019 年

中国 6 名、韓国 1 名(合計 7 名)

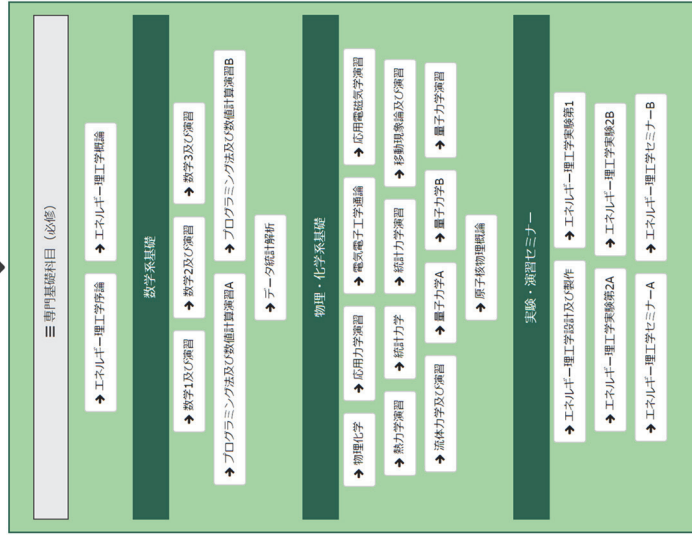
以上

添付 1 カリキュラムの概要

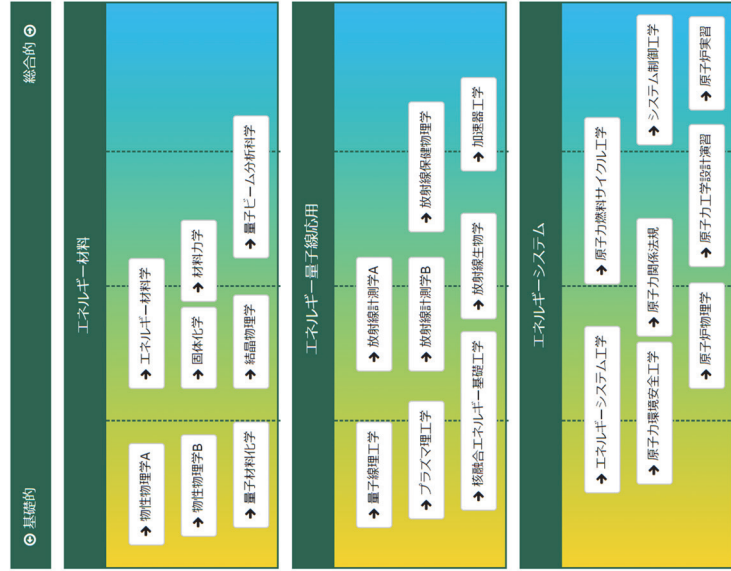
名古屋大学 工学部 エネルギー理工学科

工学研究科 エネルギー理工専攻/総合エネルギー理工専攻

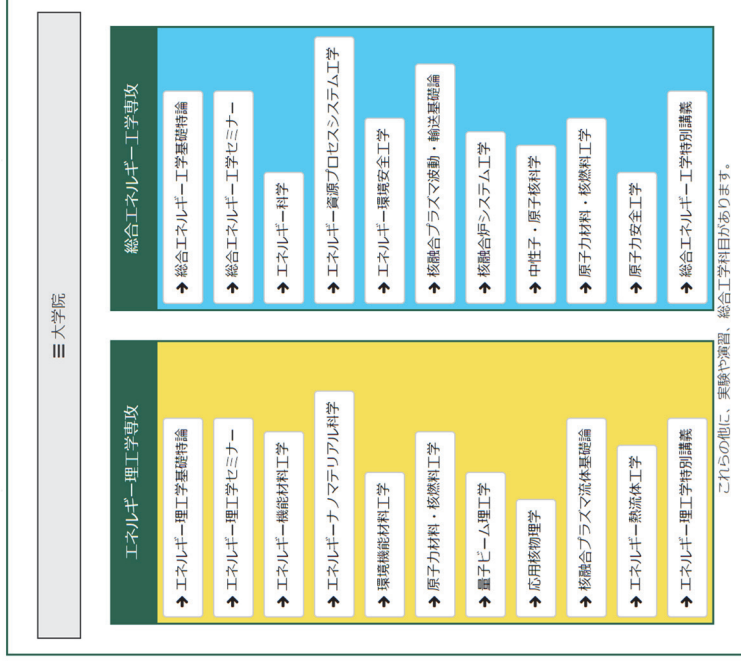
(学部 基礎科目)



(学部 専門科目)



(大学院)



添付 2 原子力規制人材育成事業の概要

物理現象から原子力安全を構築・確保できる原子力規制人材の育成

名古屋大学 工学研究科
事業代表者：山本 章夫

事業概要

- 目的
原子力発電所内で発生する基礎的な物理現象の理解をベースとして、複雑な原子力プラントの挙動を把握・俯瞰し、もって原子力安全の確保に貢献できる原子力規制人材育成を目指す
- 対象者
名古屋大学を中心とした中部圏の大学および全国の大学の学部生・大学院生のうち原子力工学を主とした工学系の基礎的素養を有する学生
公共機関などで原子力安全確保・規制に携わる社会人、電力事業者、原子力関連メーカー、エンジニアリング会社などに勤務し、原子力関係の業務に従事する社会人
- 実施期間
平成28年度～平成32年度、原子力規制庁の補助事業として実施中(予定)
- 連携機関
名古屋大学(とりまとめ)、中部電力株式会社、四国電力株式会社、日立GEニュークリア・エナジー株式会社、原電エンジニアリング株式会社、中電シーティーアイ株式会社(H28まで)

基本方針と特色

- 安全の考え方を体系的・俯瞰的に理解させるための講義(演習を部分的に含む)を実施
- 原子力プラント内で発生する基礎的な物理現象、物理メカニズムを対象者に理解・体得させるための演習を実施
- オーダーエスティメーション能力を養うため、演習は原則として解析コードを使用しない手計算で実施
 - コードによる解析は、主として複雑な物理現象の理解、予測モデルの限界の理解、手計算との比較などのために実施
- 原子力プラントを俯瞰的にとらえるための演習・実習を実施
 - 原子炉物理、熱流動、放射線計測、モニタリングなどの各分野の演習に加え、プラント設計演習、過酷事故進展解析、確率論的リスク評価、原子力発電所における実習など

目指している人材像

- 「基礎的な物理現象から原子力安全を確保できる人材」の育成
 - 原子力安全を確保する人材としてあるべき姿
 - 「Know What」「Know How」ではなく、「Know Why」に込める
- 具体的には
 - 原子力発電プラントで発生する種々の基礎的な物理現象を知っているだけでなく、それらの原理を理解
 - 原子力発電プラントを個々の機器の寄せ集めではなく、有機的なつながりのある一体のシステムとして俯瞰
 - プラントで発生するミクロ・マクロなスケールの物理現象の関係を理解
 - 解析コードを用いずとも、プラントの振る舞いのオーダーエスティメーションが可能
 - 予測解析の適正な使用範囲、適用限界を認識

実施項目と実施体制

- I 安全に関する講義
 - I-1 航空・宇宙など他学術分野との協働による幅広い安全工学の講義
 - I-2 原子力安全工学の講義
 - II 物理現象から原子力安全を確保するためのProblem Based Learning (PBL)
 - II-1 マルチフィジックス原子炉シミュレータを用いた講義及び演習
 - II-2 原子炉設計演習
 - II-3 放射線測定演習
 - II-4 環境モニタリング講義・演習
 - II-5 熱流動演習
 - II-6 過酷事故進展演習
 - II-7 確率論的リスク評価演習
 - III 実習を通じた現場感覚の習得
 - III-1 中部電力 浜岡原子力発電所
 - III-2 四国電力 伊方発電所
 - III-3 日立GEニュークリア・エナジー
- 実施責任者：山本章夫(名古屋大学)

I-1	航空・宇宙など他学術分野との協働による幅広い安全工学の講義
・担当者：非常勤講師、佐原重弘、荒井政大、稲守孝徳、山本章夫(名古屋大学)	
I-2	原子力安全工学の講義
・担当者：山本章夫(名古屋大学)	
II-1	マルチフィジックス原子炉シミュレータを用いた講義及び演習
・担当者：山本章夫、遠藤知弘(名古屋大学)	
II-2	原子炉設計演習
・担当者：非常勤講師、山本章夫(名古屋大学)	
II-3	放射線測定演習
・担当者：井口智夫、長谷部、富田英生(名古屋大学)	
II-4	環境モニタリング講義・演習
・担当者：森泉純(名古屋大学)	
II-5	熱流動演習
・担当者：辻義之、伊藤高啓(名古屋大学)	
II-6	過酷事故進展演習
・担当者：遠藤知弘(名古屋大学)	
II-7	確率論的リスク評価演習
・担当者：榎岸孝行(原電エンジニアリング)	
III	実習を通じた現場感覚の習得
・担当者：伊藤茂成(中部電力株式会社)	
・担当者：大沢雄二(四国電力株式会社)	
・担当者：本藤和明(日立GEニュークリア・エナジー)	
IV	I-IIIによる事業者・産業界・規制人材の再教育
・担当者：山本章夫、事業推進員(名古屋大学)	

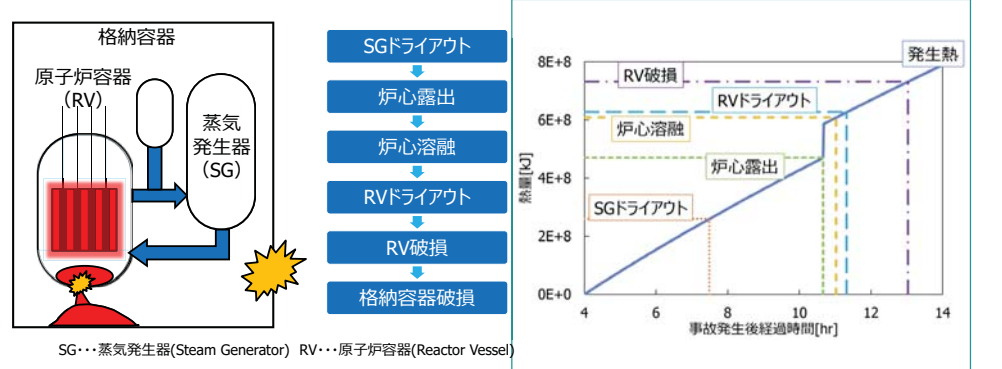
実施状況

- 平成28年度
 - 演習・講義の準備
 - 原子力安全工学講義、シミュレータ演習、PRA演習など実施
- H29年度、H30年度
 - 全ての講義・演習・実習を定常的に実施(大部分は継続性の観点から正式カリキュラムとして実施中)
 - 学部/大学院生約180人、社会人約30名が参加(H29年度実績)

種別	項目	推奨学年	募集	4月	5月	6月	7月	H30 8月	9月	10月	11月	12月	H31 1月	2月	3月
講義	航空・宇宙など他学術分野との協働による幅広い安全工学の講義	M1	なし	講義実施(佐原・山本)4/26, 5/7, 5/24, 5/25, 5/26, 6/6, 6/15											
	原子力安全工学の講義	M1,(M2)	あり					講義資料改訂(山本)	△10/22(金) 13(名) 30/27(名) 講義実施(山本)						
演習	マルチフィジックス原子炉シミュレータを用いた講義及び演習	B4-M2	あり	講義											△2/21(月) 2/28(木) 演習実施(山本)
	原子炉設計演習	B4 (M1, M2)	あり								△11/3(火) 14(名) 17(名) 演習実施(山崎)				
	放射線測定演習	B3	なし		△学生実験の一部として実施 (高岡)										
	環境モニタリング講義・演習	B4-M2	あり	講義						△10/13(月) 14(名) 講義実施(佐原)					
	熱流動演習	B4-M2	あり	講義					△9/20(火) 21(名) 講義実施(伊藤・辻)						
	過酷事故進展演習	B4-M2	あり	講義		△6/7(木) 8(名)									
実習	確率論的リスク評価演習	B4-M2	あり	講義		△6/21(木) 22(名) 演習実施(榎岸)									
	中部電力	B4-M2	あり(学内のみ)	講義					△9/3(月)～5(水)の3日間実習実施(伊藤)						
	四国電力	B4-M2	あり(学内のみ)	講義						△10/9(火)～12(金)の3日間実習実施(大沢)					
	日立GE	B4-M2	あり(学内のみ)	講義							△11/14(木)～16(金)の3日間実習実施(本藤)				

ご紹介したい事例

- 過酷事故演習
 - PWRとBWRにおけるSBOの事故進展を格納容器破損まで手計算で追跡
 - 教材を提供可能



- 原子炉設計演習
 - 原子炉の熱出力決定から熱設計、炉心設計、安全系の容量設定までを全て手計算で実施
 - 教材を提供可能
 - 受講者の感想例
 - ・原子炉設計の一連の流れについて、理解することができた。課題を通して、それぞれパラメータがどう作用しているのか、またバランスについて考えることができた。
 - ・現状の原子炉における各パラメータがどのように設定されているのか理解できた。
 - ・非常に分かりやすく面白く教えていただいたので、有意義な時間となりました。若手技術者の育成のためには、このような講義が欠かせないと感じました。
 - ・普段の業務では原子炉の設計値について深く考えたことがなく、なぜその値で良いのか理解できていなかったが、今回の講義を通じて知識を広げることができました。

- 達成度評価を通じた演習・講義内容の継続的改善

I-2 原子力安全工学の講義

項目	理解度		H28年度		H29年度		H30年度	
	受講前 平均点	受講後 平均点	受講前 平均点	受講後 平均点	受講前 平均点	受講後 平均点	受講前 平均点	受講後 平均点
原子力安全の基礎事項	2.6	3.5	2.3	3.3	2.5	3.6		
軽水炉の概要	3.1	3.4	2.5	3.5	2.8	3.9		
原子力安全の基本的な考え方	2.5	3.5	2.5	3.7	2.7	3.7		
原子力発電所の安全設計/評価、安全の目的	1.9	2.9	2.3	3.6	2.4	3.6		
動力炉及び核燃料サイクル施設の新規制基準	1.6	2.8	1.6	3.2	1.7	3.3		
外部ハザードに対するハザード評価と対応	1.8	3.2	1.7	3.3	2.0	3.6		
シビアアクシデント時に発生する種々の物理現象	2.2	3.1	1.9	3.4	1.9	3.8		
原子力防災の基本的な考え方	1.4	3.1	1.6	3.0	1.4	3.5		
主要な原子力事故の教訓と概要	2.5	3.5	2.3	3.5	2.5	3.8		

①ほとんど知識がない⇔⑤内容を理解し応用することができる

今後の計画と課題

- 講義・演習の正式カリキュラムへの移行がほぼ終了し、定常的に事業を実施できる状態が整いつつある。
- 達成度の定量評価をフィードバックしつつ、講義・演習の内容をさらに改善する。
- 高い教育効果が上がっている演習については、教材を他大学等に提供したい。(過酷事故演習、原子炉設計演習など)

添付 3 原子力規制人材育成事業の実施内容(H30 年度)

名古屋大学
平成30年度原子力規制人材育成事業
事業結果

事業の実績の説明

【事業の実績】

I 安全に関する講義

I-1 航空・宇宙など他学術分野との協働による幅広い安全工学の講義

航空宇宙分野および原子力分野における安全工学・信頼性工学の講義について、相互乗り入れする形で2018年度前期に講義を行った。教材は、平成28年度に作成したものを使用した。講義の内容としては、信頼性工学の基礎、各種ハザード評価手法、確率論的リスク評価の基礎、安全の基本的な考え方、深層防護の考え方、航空機事故・原子力事故とその教訓などを含んでいる。また、福島第一事故で現場対応された方を講師としてお呼びし、福島第一事故の概要と教訓などについて講義を行った。大学院生81名が参加した。

I-2 原子力安全工学の講義

平成29年度の講義経験を元に、講義資料の改訂を行った。講義は、2018年10月12日(金)、10月13日(土)、10月27日(土)に実施した。原子力プラントにおける基礎的な物理現象とメカニズム、原子力プラントの概要、原子力安全の基本的な考え方、深層防護、安全設計と安全評価、決定論的安全評価と確率論的リスク評価、規制基準の概要、外部ハザードへの対応、シビアアクシデント時の物理現象、主要な原子力事故とその教訓、原子力防災に関する講義を実施した(1.5時間×15コマ相当)。学部・大学院生32名、社会人3名が参加した。

II 物理現象から原子力安全を確保するための Problem Based Learning (PBL)

II-1 マルチフィジックス原子炉シミュレータを用いた講義及び演習

2019年2月25日～2月28日の4日間の日程でマクロフィジックスシミュレータ(PWR用及びBWR用)を用いた講義および演習を実施した。マクロフィジックスシミュレータによる演習項目としては、反応度変化に対するプラント応答(零出力時・全出力時)、ロードフォロ、タービン部分負荷変動、主蒸気管破断、SBO全給水喪失、蒸気発生器伝熱管破損、1次系ポンプトリップ、給水加熱喪失、主蒸気隔離弁閉鎖などの事象を選択し、実施した。PWRとBWRのシミュレータを併用することにより、PWRとBWRの安全上の特徴をよりよく理解させることが出来た。学部・大学院生5名、社会人3名、オブザーバー3名が参加した。

II-2 原子炉設計演習

平成29年度に作成した教材及び試行結果を基に、2018年11月15日～17日の3日間の日程で演習を実施した。解析対象としては、軽水炉を想定し、電気出力と炉心寿命を所与の条件として、冷却材圧力、入口・出口温度の設定、発電効率の評価、プラント全体のヒートバランス計算、燃料伝熱面積の設定、伝熱計算による燃料棒径、燃料棒本数の設定、出力密度の設定、濃縮度と新燃料取り換え体数の計算、所要制御反応度の計算、安全上重要となるソースタームの計算、LOCAなど典型的な重大事故シーケンスにおける安全系の容量、全給水喪失時などの代替注水量の設定などの計算を行った。学部・大学院生4名、社会人6名が参加した。

II-3 放射線測定演習

平成29年度に作成した教材及び試行結果を基に、以下の項目を含む演習を2018年4月～12月にかけて実施した。

- ・放射線計測に関する基礎講義：（放射線と物質との相互作用、GM 計数管の動作原理、パルス回路処理など）
 - ・GM 計数管の製作、パルス回路計の製作、データ処理系の構築
 - ・GM サーベイメータ演習とモンテカルロシミュレーション計算およびグループディスカッション
 - ・演習結果についてのグループディスカッションと追加実験・プレゼンテーション準備
 - ・プレゼンテーション
- 学部生 41 人が参加した。

II-4 環境モニタリング講義・演習

Ge 半導体検出器を用いて環境中の放射性核種を測定する環境モニタリングの演習を 2018 年 10 月 15 日、16 日に実施した。平成 29 年度に作成した教材および演習資料を用いた。また、平成 28 年度に購入した NaI 検出装置 (NaI 検出器、デジタルマルチチャンネル分析器 (Digital Multi Channel Analyzer, デジタル MCA)、データ処理装置) を使用した。学部・大学院生 10 名、社会人 2 名が参加した。

II-5 熱流動演習

平成 29 年度に作成した教材に基づき、熱流動に関する基礎事項の復習、ミクロからマクロの現象を理解するためのアナロジー則とスケーリング則の概念を学習できる演習を 2018 年 9 月 20 日、21 日に実施した。学部・大学院生 11 名、社会人 3 名が参加した。

II-6 過酷事故進展演習

PWR の全電源+全給水喪失シナリオを対象に、2018 年 6 月 7 日、8 日の 2 日間で演習を実施した。この演習においては、PWR のプラント概要、シビアアクシデントの概要を講義したのち、全て手計算にて炉心のドライアップ、ヒートアップ、ジルコニウム水反応による水素発生、炉心損傷、原子炉圧力容器損傷、最終的に格納容器破損までを簡略化したモデルにより予測し、解析結果についてディスカッションを行った。演習には、学部・大学院生 12 名、社会人 7 名が参加した。

II-7 確率論的リスク評価演習

確率論的リスク評価演習のための教材開発を実施し、2018 年 6 月 21 日、22 日の 2 日間の集中形式でレベル 1 PRA の演習を実施した。対象プラントは、単純化された軽水炉とし、レベル 1 PRA を実施するための簡単なイベントツリーの作成ができる教材を開発した。この教材は、PRA 解析に必要な確率の考え方、イベントツリーおよびフォールトツリーの作り方の講義資料を含むものとした。演習には、学部・大学院生 10 名、社会人 6 名が参加した。

III 実習を通じた現場感覚の習得

中部電力浜岡原子力発電所 (2018 年 9 月 3 日～5 日)、四国電力伊方発電所 (2018 年 10 月 9 日～12 日)、日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社 (2018 年 11 月 14 日～16 日) において、実習を実施した。原子力発電所における実習では、発電所施設の見学、保全トレーニング施設における実習、および安全対策などの講義やディスカッションを行った。日立 GE ニュークリア・エナジーにおいては、原子力発電所機器の製造現場の見学、原子力安全に対するプラントメーカーの取り組みに関する講義に加え、プラントの保守・設計に携わっている社会人との意見交換などを実施した。実習の参加人数は、いずれも各 5 名であった。

IV I-II による事業者・産業界・規制人材の再教育

本事業で実施される講義および演習に可能な範囲で社会人を受け入れた。

その他

本事業遂行の打ち合わせのため、本事業の推進に関係する主要な関係者による実施運営委員会を名古屋大学で2018年4月11日に実施した。また、本事業の推進に必要な事務作業などのため、事務推進員を1名(3日/週)雇用した。

【本事業の参加者数、効果、作成した教育プログラムの数】

1. 教育プログラムへの参加者数(重複除く)

学部・大学院生 173名
 社会人 27名
 合計 200名

2. 教育プログラムの効果

以下では、今年度アンケートを実施した講義/演習/実習についてその結果を示す。実施した講義/演習/実習について、それぞれのねらい・目的に対して定量的な向上効果が確認できる。また、アンケートの感想なども合わせると、ほぼ全ての参加者に対して、本事業の目的に沿った効果が得られたものと判断している。

I 安全に関する講義

I-1 航空・宇宙など他学術分野との協働による幅広い安全工学の講義

項目	理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
航空宇宙分野における安全性の基本的な考え方		44	9	14	1	3	7	12	29	23	6	1.7	3.1
信頼性工学の基礎		48	13	8	0	2	2	9	33	27	6	1.5	3.3
航空機開発・運用・運航・事故における安全・信頼性工学の適用と事例		44	12	12	1	2	1	10	34	26	6	1.7	3.3
原子力分野に関する基礎知識		32	16	14	7	2	2	11	27	26	11	2.0	3.4
原子力分野における安全確保・安全設計の基本的な考え方		39	10	16	4	2	4	13	24	27	9	1.9	3.3
確率的リスク評価手法・ハザード評価手法		47	11	10	1	2	3	13	25	27	9	1.6	3.3
原子力事故とその教訓		21	17	25	6	2	2	6	27	27	15	2.3	3.6

①ほとんど知識がない ②用語を知っている程度 ③理解している部分もあるが分からない部分が多すぎる ④一通り理解している ⑤内容を理解し応用することができる

I-2 原子力安全工学の講義

項目	理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
原子力安全の基礎事項について		5	9	17	2	0	0	2	12	17	2	2.5	3.6
軽水炉の概要について		5	5	15	8	0	0	1	6	22	4	2.8	3.9
原子力安全の基本的な考え方について		7	6	9	11	0	0	1	12	15	5	2.7	3.7
原子力発電所の安全設計と安全評価に関する事項		7	8	15	3	0	0	1	14	14	4	2.4	3.6
動力炉の新規制基準について		18	8	5	2	0	0	6	12	13	2	1.7	3.3
外部ハザード評価の概要と対処方法について		12	11	7	3	0	0	1	13	17	2	2.0	3.6
シビアアクシデント時に発生する種々の物理現象		16	5	10	2	0	0	0	11	18	3	1.9	3.8
原子力防災の基本的な考え方		26	1	6	0	0	0	5	8	17	2	1.4	3.5
主要な原子力事故の教訓と概要について		8	5	16	4	0	0	0	10	18	4	2.5	3.8

①ほとんど知識がない ②用語を知っている程度 ③理解している部分もあるが分からない部分が多すぎる ④一通り理解している ⑤内容を理解し応用することができる

II 物理現象から原子力安全を確保するための Problem Based Learning (PBL)

II-1 マルチフィジックス原子炉シミュレータを用いた講義及び演習

項目 \ 理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
熱水力、伝熱、燃料の振る舞い、炉心動特性など 原子力安全の基礎事項(講義)	0	0	7	1	0	0	0	0	6	2	3.1	4.3
PWR/BWRプラント設備の概要(講義)	0	0	6	2	0	0	0	1	5	2	3.3	4.1
PWR/BWRプラントの応答と制御(講義)	0	1	5	2	0	0	0	0	6	2	3.1	4.3
PWRプラントの振る舞いと基礎となる物理現象の概 要(演習)	2	2	2	2	0	0	0	0	5	3	2.5	4.4
BWRプラントの振る舞いと基礎となる物理現象の概 要(演習)	0	1	4	2	1	0	0	0	6	2	3.4	4.3

①ほとんど知識がない ②用語を知っている程度 ③理解している部分もあるが分からない部分がまだかなりある ④一通り理解している ⑤内容を理解し応用することができる

II-2 原子炉設計演習

1. 講義内容について

項目 \ 理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
原子炉設計における基本コンセプトの設定について	2	1	7	0	0	0	0	3	5	2	2.5	3.9
熱力学的システム設計(熱効率の計算)について	3	4	3	0	0	0	1	2	4	3	2.0	3.9
炉心体系の設定(伝熱面積、炉心大きさの設定)に 燃料の安全設計(燃料棒温度計算)について	5	2	2	1	0	0	1	1	6	2	1.9	3.9
燃料の安全設計(燃料棒温度計算)について	1	3	6	0	0	0	1	3	5	1	2.5	3.6
炉心の安全設計(所要反応度、安全系の容量設定)	2	2	4	2	0	0	0	3	4	3	2.6	4.0
炉心運用と経済性(取り出し燃焼度、経済性指標)に	4	1	2	2	1	0	0	4	3	3	2.5	3.9

①ほとんど知識がない ②用語を知っている程度 ③理解している部分もあるが分からない部分がまだかなりある ④一通り理解している ⑤内容を理解し応用することができる

2. 講義の進め方について

項目 \ 理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
内容のレベルについて						0	0	9	1	0		3.1
説明について						0	0	10	0	0		3.0

①易しすぎる ③適度 ⑤難しすぎる (②、④はその中間)

3. 本講義/演習・実習を受講して

項目 \ 理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
原子炉を設計する際のおよその手順が理解できた						7	2	0	1	0		1.5
個別の技術(熱、機械、核)のつながりが理解できた						5	5	0	0	0		1.5

①そうは思わない ③どちらとも言えない ⑤そう思う (②、④はその中間)

II-3 放射線測定演習

1. 演習内容について

項目 \ 理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
放射線検出器の動作原理の概要	11	11	18	1	0	1	11	15	11	3	2.2	3.1
放射線と物質との相互作用の基礎	4	12	21	4	0	1	8	15	16	1	2.6	3.2
放射線の遮蔽	2	14	19	6	0	1	5	18	11	5	2.7	3.4

①ほとんど知識はない ③理解している部分もあるが不明な点もかなりある ⑤内容を理解し応用できる (②、④はその中間)

2. 演習の難易度について

項目 \ 理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
演習の難易度						0	2	28	9	1		3.2

①易しすぎる ③適度 ⑤難しすぎる (②、④はその中間)

II-4 環境モニタリング講義・演習

項目	理解度	受講前					受講後					受講前	受講後
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	平均点	平均点
●講義関連													
環境モニタリングの目的と重要性について		0	3	8	1	0	0	0	2	9	1	3.1	4.0
外部被曝と内部被曝が起きる仕組みについて		0	3	3	6	0	0	0	1	9	2	3.4	4.0
環境モニタリングでは何が測定の対象となるのかについて		0	5	5	2	0	0	0	2	8	2	2.9	4.0
環境モニタリングで重要となる放射性物質の種類について		0	5	6	1	0	0	0	1	8	3	2.8	4.3
環境中の放射線の伝達について		0	5	5	2	0	0	0	2	9	1	3.0	3.9
環境中での放射性物質の分布について		1	3	7	1	0	0	1	2	8	1	3.0	3.9
環境中の放射性物質の輸送・移行現象について		1	5	5	1	0	0	0	3	8	1	2.8	3.9
その輸送・移行を支配する物理について		1	6	4	1	0	0	1	5	5	1	2.6	3.5
環境モニタリングに使用される機器の種類について		0	3	8	1	0	0	0	2	9	1	2.9	3.8
環境モニタリングに使用される機器の仕組みと長所・短所について		0	6	4	2	0	0	0	5	5	2	2.8	3.5
●演習関連													
実際の環境中での線量率の差異について		2	7	3	0	0	0	0	3	8	1	2.4	3.6
実際の環境中でのガンマ線スペクトルの差異について		1	6	5	0	0	0	0	3	8	1	2.6	3.6
ゲルマニウム測定器による環境中放射性核種の同定について		1	4	4	3	0	0	0	1	9	2	2.8	4.0
空気中放射性物質の捕集と同定について		2	4	6	0	0	0	0	4	8	0	2.4	3.6
上記の測定にかかるコスト(労力)について		2	7	3	0	0	0	0	6	4	2	2.1	3.6

①ほとんど知識がない、②、用語を知っている程度、③理解している部分もあるが、分からない部分はまだかなりある、④一通り理解している、⑤内容を理解し、応用することができる

II-5 熱流動演習

項目	理解度	受講前					受講後					受講前	受講後
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	平均点	平均点
流体力学の基礎について		2	4	5	2	0	0	0	7	5	1	2.5	3.5
伝熱工学の基礎について		2	4	7	0	0	0	0	9	4	0	2.4	3.3
乱流や対流熱伝達について		3	5	5	0	0	0	1	8	4	0	2.2	3.2
配管圧損や伝熱相関式		6	5	2	0	0	0	1	8	4	0	1.7	3.2
流体の数値解析について		7	3	3	0	0	0	0	11	1	1	1.7	3.2

①ほとんど知識がない、②、用語を知っている程度、③理解している部分もあるが、分からない部分はまだかなりある、④一通り理解している、⑤内容を理解し、応用することができる

II-6 過酷事故進展演習

項目	理解度	受講前					受講後					受講前	受講後
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	平均点	平均点
フェルミ推定		8	7	4	0	0	0	1	3	13	2	1.8	3.8
軽水炉の概要		0	3	7	9	0	0	1	4	10	4	3.3	3.9
過酷事故時に発生する種々の物理現象		2	5	10	2	0	0	1	6	10	2	2.6	3.7
軽水炉における過酷事故の進展		4	4	9	2	0	0	1	7	8	3	2.5	3.7
過去に発生した過酷事故		2	4	7	6	0	0	2	7	9	1	2.9	3.5
過酷事故時に関する原子力規制		9	4	3	3	0	0	2	7	10	0	2.0	3.4
過酷事故進展を予測する簡易評価方法		16	2	1	0	0	0	1	3	10	5	1.2	4.0

①ほとんど知識がない ②用語を知っている程度 ③理解している部分もあるが分からない部分はまだかなりある ④一通り理解している ⑤内容を理解し応用することができる

II-7 確率論的リスク評価演習

項目	理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
1 知識に関するアンケート													
(1) 確率の基礎理論(加法定理 等)の概要		3	4	3	6	0	0	0	3	9	4	2.8	4.1
(2) 確率論的リスク評価(PRA)手法の内、 レベル1PRA手法の概要		5	7	3	1	0	0	0	8	7	1	2.0	3.6
(3) フォールトツリー法、イベントツリー法の概要		4	7	3	2	0	0	0	5	7	4	2.2	3.9
(4) カットセット法(ブール代数 等)の概要		16	0	0	0	0	0	1	8	6	1	1.0	3.4
(5) 従属故障(サポート系等の共有設備の故障、 共通要因故障(GCF))の概要		12	3	1	0	0	0	2	8	6	0	1.3	3.3
(6) 人間信頼性解析(HRA)の概要		13	3	0	0	0	0	1	11	2	2	1.2	3.3
(7) 重要度解析、不確実さ解析の概要		7	8	1	0	0	0	3	8	3	2	1.6	3.3
(8) レベル2PRA、レベル3PRA、停止時PRA、 外的事象PRAの概要		9	6	1	0	0	0	2	8	5	1	1.5	3.3
(9) リスクモニタツールを活用した、原子力発電所の 日々のリスク評価のイメージをすることができる		9	3	2	1	1	0	1	3	8	3	2.0	3.9
2 講義内容について													
(1) リスク全般							0	1	12	3	0		3.1
(2) 確率の基礎理論							0	6	8	2	0		2.8
(3) 確率論的リスク評価(PRA)手法							0	1	13	2	0		3.1
3 演習内容について													
(1) 演習問題(確率の計算)							2	4	8	1	0		2.5
(2) 演習問題(フォールトツリーの作成、 ミニマルカットセット(MCS)の導出)							0	4	11	1	0		2.8
(3) グループワーク問題							0	2	12	2	0		3.0
4 PRAツール実習内容について													
(1) ET,FTモデル作成							1	3	10	2	0		2.8
(2) リスクモニタによる評価							0	2	9	5	0		3.2
(3) 実習の進め方							0	3	11	2	0		2.9
5 進行及び内容													
(1) 授業の内容は狙いどおりのものであった							0	0	1	5	10		4.6
(2) 講義・演習・実習の構成、及び時間配分は適切 であった							0	1	3	6	6		4.1
(3) 授業の説明は具体的で分かりやすかった							0	2	2	4	7		4.1
(4) 講師の声は聞き取りやすかった							0	0	1	5	9		4.5
(5) 講師は受講者の理解度を確認しながら講義を 進めていた							0	1	2	4	8		4.3
(6) 講師は受講者が質問しやすい雰囲気努め、 回答も丁寧であった							0	0	2	4	9		4.5
(7) 講義で使用した資料は授業の理解に役立った							0	0	1	1	13		4.8

1 (1) - (8) については、①ほとんど知識がない②用語を知っている程度③理解している部分もあるが、分からない部分がまだかなりある④一通り理解している⑤内容を理解し、応用することができる

1 (9) については、①全くできない②あまりできない③どちらとも言えない④少しできる⑤鮮明にできる

2-4 については、①易しすぎる ②やや易しい ③適切 ④やや難しい ⑤難しい

5 については、①そう思わない②あまりそう思わない ③どちらとも言えない④どちらかと言えばそう思う ⑤そう思う

III 実習を通じた現場感覚の習得

日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社

項目	理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
プラントメーカーにおける原子力事業の概要		2	3	0	0	0	0	0	1	3	1	1.6	4.0
プラントメーカーにおける原子力機器製造の概要		2	2	1	0	0	0	0	1	3	1	1.8	4.0
ABWR/ESBWRの安全設計		3	1	1	0	0	0	0	1	3	1	1.6	4.0
RBWRの概要		3	1	1	0	0	0	1	3	1	0	1.6	3.0

①ほとんど知識がない②用語を知っている程度③理解している部分もあるが、知らない部分がまだかなりある④一通り理解している⑤内容を理解し、応用することができる

四国電力伊方発電所

項目	理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
伊方発電所の概要			3	2					1	4		2.4	3.8
新規制基準対応・自主的安全性向上への取組			2	3					3	2		2.6	3.4
原子力発電所の保全				4	1				1	4		3.2	3.8
外的ハザード(地震・津波など事前現象)への対応の考え方				3	2				1	4		3.4	3.8
発電所の現場について			2	3					4	1		2.6	3.2
発電所の運転について			1	3	1				3	2		3.0	3.4
発電所の保守について			1	1	3				3	2		2.4	3.4

①ほとんど知識がない②用語を知っている程度③理解している部分もあるが、分からない部分がまだかなりある④一通り理解している⑤内容を理解し、応用することができる

中部電力浜岡原子力発電所

項目	理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
浜岡原子力発電所の概要		0	1	3	1	0	0	0	2	2	1	3.0	3.8
新規制基準対応・自主的安全性向上への取り組み		0	2	3	0	0	0	0	4	0	1	2.6	3.4
廃止措置の取り組み		1	3	1	0	0	0	0	3	1	1	2.0	3.6
発電所の系統および事故想定とその対応設備について		1	0	2	2	0	0	0	1	3	1	3.0	4.0
確率論的安全性評価とその活用		1	0	2	2	0	0	0	1	2	2	3.0	4.2
発電所の現場について		1	4	0	0	0	0	0	3	1	1	1.8	3.6
発電所の運転について		1	2	2	0	0	0	0	4	0	1	2.2	3.4
発電所の放射線管理について		1	2	2	0	0	0	1	3	0	1	2.2	3.2
発電所の保守について		3	2	0	0	0	0	1	2	0	2	1.4	3.6

①ほとんど知識がない②用語を知っている程度③理解している部分もあるが、分からない部分がまだかなりある④一通り理解している⑤内容を理解し、応用することができる

3. 教育プログラムの作成数

「物理現象から原子力安全を構築・確保できる原子力規制人材の育成」との観点に立つと、開発・実施した講義/演習/実習は相互に関係しており、教育プログラムとしては1つとみることも可能である。一方で、講義/演習/実習は、個別に参加することでも教育効果を上げることができるように考えられており、その観点からは、講義2、演習7、実習3の合計12の教育プログラムを開発・実施中であると見ることも可能である。