

## 平成23年度原子力人材育成プログラム成果報告書

原子力人材育成プログラム補助事業（経済産業省）

国立大学法人東北大学

金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センター；四竈樹男

### 〈提案事業概要〉

福島第一原発事故の被災地としての体験を踏まえ、今後の原子力システムを担うべき学生に対して、茨城県大洗地区における原子力実システムの有機的な連携により、現場経験に根ざした実践的教育実習を行い、原子力産業分野に対する包括的俯瞰と放射線に対する安全取扱・管理能力を養う。

### 1. 目的・背景

- ・昨年3月に発生した東日本大震災・福島原発事故や日本のエネルギー利用の現状を踏まえるとき、原子力を志す学生には、原子力に関する安全性と共に今後一層の高度な実務能力が求められる。
- ・本プログラムは、原子炉・大型ホットラボ群・関連原子力企業が有機的に結びつく世界でも例を見ない茨城県大洗地区において、全国大学共同利用を通じて大学院学生教育に長年の実績とノウハウを有する大学機関（東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センター）と原子炉など大型原子力研究設備を多数有する日本原子力研究開発機構（JAEA）大洗研究開発センターが連携し、基礎基盤教育と共に、高等専門学校、大学、大学院の個別の研究室等では得難い、机上ではない実際の原子力システムによる現場実務経験を積ませるための実践的・高度教育実習を行うことにより、原子力産業分野が求める高い専門性・モチベーションと原子力システムについて包括的俯瞰を持つ学生を育成することを目的とする。
- ・本年度は、東北大学とJAEA大洗で、そのような実践的・高度教育実習を遂行するための教育環境（ソフトウェアとハードウェア）を整備する。

### 2. 実施概要

- ・原子力人材として当該分野での就職を目指す学生に対して高度材料解析システムに関する基礎知識を習得させ、さらにホットラボや実際の実験炉を含む放射線管理区域において現場高度実習を通して学生に実務経験を積ませ高度な実務能力を持つ人材を育成するための環境を整備する。
- ・放射線の環境・人体への影響への理解を深めるとともに、施設放射線管理や環境監視に係る測定分析技術の取得を行うための環境を整備する。
- ・放射線の基礎知識と核種分析技術に関する業務として放射線計測技術を理解する実習を行うための環境を整備する。
- ・照射材料を用いたホットラボ照射後試験に関する業務として照射後試験施設における材料調製の一環として微細組織観察を行うための環境を整備する。
- ・運転訓練用シミュレータを用いた原子炉動特性解析に関する業務としてシミュレータを用いた反応度フィードバック特性実験を行うために、実験方法及び考察のための解析方法等をまとめた実習テキストの整備を行う。また、シミュレータ実験及び「常陽」プラントオンサイト講義において、原子炉施設の現場で説明を行う際に、原子炉プラントシステムの理解を深めてもらうため、説明対象の機器・設備の原理等を補完するパネルを整備する。

#### 2-1. 高度材料解析システムに関する基礎知識習得と実務経験のための環境整備

- ・高度材料解析システムに関する教育・実習のために必要な環境整備として、テキスト（基礎編・応用編）の作成、および実習のために必要な装置・機器を購入し調整・検収を行った。

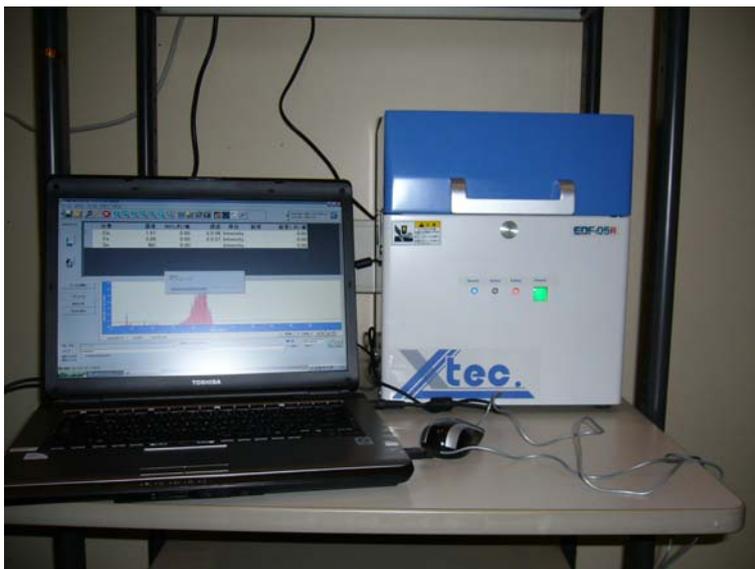
##### 2-1-1. テキスト（添付資料）

- ・日常生活に深くかかわっている「放射線」と「物質・材料」について、「放射線」とは何か？「物質・材料」とは何か？そして「放射線・物質・材料」の本質を正しく理解するために必要となる基礎事項について、高等学校初学年の生徒でも十分に理解できるようにとくに構成と表現を工夫し、わかりやすさに重点をおいて執筆した。

## 成果報告書

### 2-1-2. 装置・機器

- ①エネルギー分散型蛍光X線分析装置（(株) X線技術研究所、型式：EDF-05R）：実習用試験片の中性子照射前の含有元素の組成分析、および中性子照射後の放射性核種の組成分析に使用する。液体窒素による冷却が必要のない電子冷却式検出器を採用し、測定試料の前処理が不要な非破壊分析であり、エネルギー分散による元素同定が直観的に可能である。（写真左下）
- ②放射化試料研磨用の試料埋め込み装置（ラピッド・プレス）（リファインテック社 型式：MPB-3 2 2）：放射化した試料の組織観察や特性評価に不可欠な表面研磨の前準備に用いる。ジャッキシステムと加熱装置の併用により迅速・簡便・確実な押し込み成形が可能で、研磨用試料作製時の学生の放射線被ばくを軽減することが可能である。（写真右下）



①エネルギー分散型蛍光X線分析装置  
装置の外観を示す。



②ラピッド・プレス  
装置の外観を示す。

- ③GMサーベイメータ（日立アロカメディカル(株)、型式：TGS-146B）：放射性物質を用いた学生実習の途中および終了後に、この大口径表面汚染検査用サーベイメータにて、表面汚染がないことを常時確認し、作業環境を適正に保つ。（写真左下）
- ④シンチレーションサーベイメータ（日立アロカメディカル(株)、型式：TCS-172B）：放射性物質を用いた学生実習の最中に、このシンチレーションサーベイメータにて、常時、作業環境の空間線量率（時間当たりの被ばく線量）を測定することにより被ばく線量を直接見ることができ、作業環境を適正に保つ。（写真右下）



③GMサーベイメータ  
装置の外観を示す。



④シンチレーションサーベイメータ  
装置の外観を示す。

## 成果報告書

- ⑤電離箱サーベイメータ：(日立アロカメディカル(株)、型式：ICS-331B) 放射性物質を用いた学生実習の最中に、この電離箱サーベイメータにて、高線量域の空間線量を測定することにより、被ばく線量を直接見ることができ、作業環境を適正に保つ。なお、測定値の表示がアナログとデジタル両方であるため、初心者が使用しても誤読の心配がない。(写真左下)
- ⑥走査型電子顕微鏡：(日本電子(株)、型式：JSM-6010LA) タッチパネル式の操作計と最新の操作ソフトにより、簡便で分かりやすい高画質での観察を行える。また、附属のラップトップPCを装置本体から離して遠隔操作による観察を行えるため、放射線量の高い試料の破面観察の場合にも十分な距離を取ることが可能となり、被ばく線量の低い安全な場所での観察や、広い場所での観察が可能である。(写真右下)



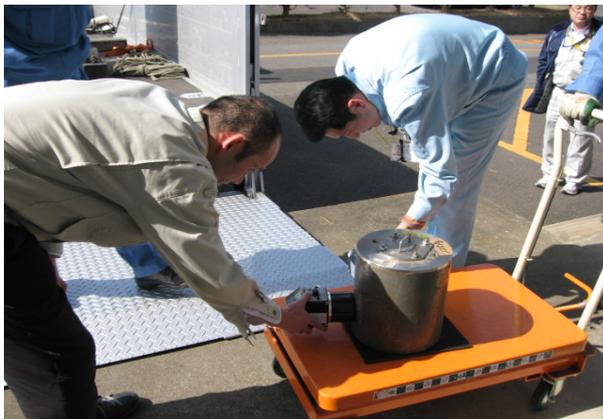
⑤電離箱サーベイメータ  
装置の外観を示す。



⑥走査型電子顕微鏡  
装置の外観を示す。

### 2-2. 放射線の基礎知識と核種分析技術に関する業務

- 基礎的な放射線計測技術の習得としてサーベイメータ等の感度校正及び特性試験(エネルギー依存性、方向依存性の確認)に使用する密封Co-60線源を購入し、照射設備に据付けを行い正常動作することを確認した。



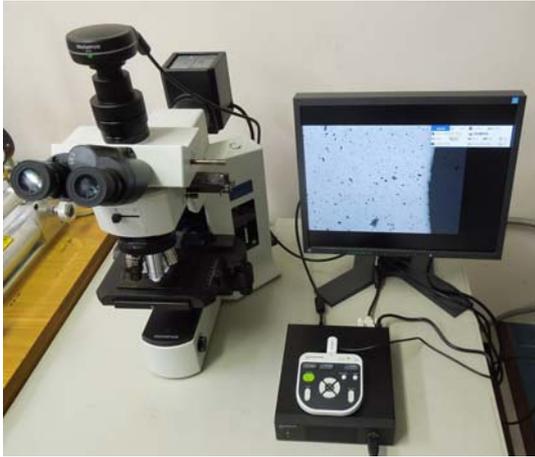
Co-60線源の受入れ風景



照射装置 (Co-60線源) の外観  
サーベイメータ等の校正及び特性試験の実習に  
使用する照射装置 (線源貯蔵) の外観を示す。

### 2-3. 照射材料を用いたホットラボ照射後試験に関する業務

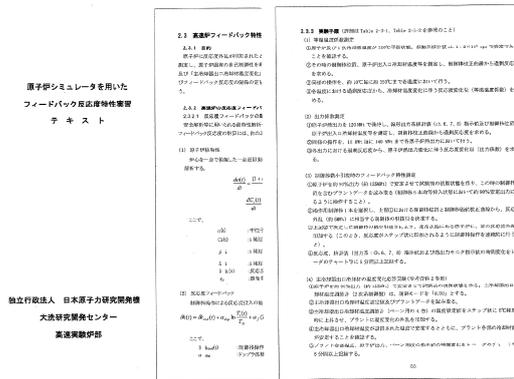
- 微細組織観察を行うための環境整備として、材料調製に必要な機材の検討を行い、材料の表面状態を確認するために必要となる光学顕微鏡用デジタルカメラを購入した。
- ホットラボでの実習に向けて、照射後試験施設における材料調製や試験方法等について、作業手順の検討を行い、燃材部内のコールド試験設備においてモックアップ作業が実施可能であることを確認した。



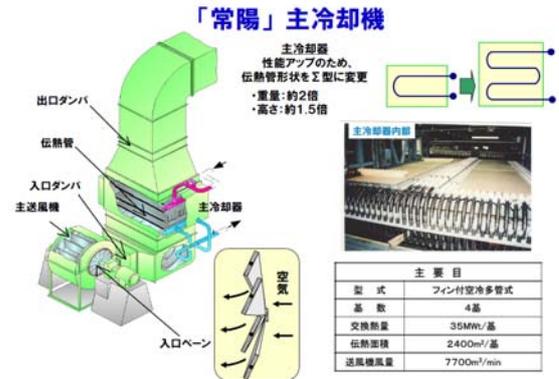
光学顕微鏡用デジタルカメラ  
顕微鏡で観察した試料の表面状態を液晶ディスプレイに表示することが可能となっている

### 2-4. 運転訓練用シミュレータを用いた原子炉動特性解析に関する業務

- ・「常陽」実機データを用いた実習の予備解析として実施する JUPITER 標準解析手法を用いた核特性解析に用いるユーティリティ及びそのマニュアル、解析計算用入力データセットを整備し、実習テキストを編集した。
- ・シミュレータ実験に先立ち実施する「常陽」プラントシステムの講義及び「常陽」プラントオンサイト講義において説明対象の機器・設備の原理等を補完するパネルを製作した。



実習テキストの例  
(抜粋：フィードバック特性実験、実験方法の概要)



「常陽」プラントオンサイト講義用パネルの例（「常陽」の主冷却機の説明用）

### 3. 成果

- ・本事業を実施するために必要なテキスト（基礎編・応用編）を作成した。基礎編の中で、「放射線・物質・材料」を正しく理解するための諸事項について、高等学校初学年の生徒でも十分に理解できるように分かりやすさに重点をおいたテキストとした。
- ・高度材料解析システムに関する教育・実習のために整備の必要な以下の装置を購入した。
  - ①エネルギー分散型蛍光X線分析装置、②放射化試料研磨用の試料詰め込み装置（ラピッドプレス）、③GMサーベイメータ、④シンチレーションサーベイメータ、⑤電離箱サーベイメータ、⑥走査型電子顕微鏡。
- ・基礎的な放射線計測技術の習得としてサーベイメータ等の感度校正及び特性試験（エネルギー依存性、方向依存性の確認）に使用する密封 Co-60 線源照射設備に据付け及び正常動作を確認し環境整備が整った。
- ・光学顕微鏡用デジタルカメラの整備により、顕微鏡像を参加者全員で確認できるようになり、実習の効率が向上するとともに内容の理解を深めることが可能となった。

## 成果報告書

- ・照射後試験施設における材料調製方法の検討及びコールド試験設備においてモックアップ作業が実施可能であることを確認し、ホットラボでの実習をスムーズに進めるための見通しを得た。
- ・解析実習テキストを整備したことにより、「常陽」シミュレータを用いた反応度フィードバック特性の実習を実験と解析の両面から学ぶことができ、解析結果の妥当性を実験により評価できるより実践的な研修プログラムが可能となった。  
また、設備・機器の原理や動作の解説パネルを現場の実機と並べて展示できることで、原子炉施設の現場での説明に際し、原子炉プラントシステムの理解が深まることが可能となった。

### 4. 取組の評価と今後の展開

- ・これまでの取り組みはすべて計画通りである。
- ・平成24年度以降に、理工系の大学院生、学部生および高等専門学校学生を対象に実施する実践的高度教育実習において、今回新たに導入した装置及びテキスト等を有効に活用し、今後の原子力システムを担うべき人材の育成に寄与する。

### 5. 添付資料

- 1) テキスト：基礎編「放射線・物質・材料に関する基礎事項」（約160頁：和英対照索引付）
- 2) テキスト：応用編「平成24年度大洗原子力材料夏の学校」テキスト（約330頁）