

# 原子力人材育成事業への取り組みの経過報告

島岡 三義, 鬼頭 みずき<sup>\*</sup>, 中村 篤人, 玉木 隆幸

## Progress Report of Activities for Human Resource Development in Nuclear Fields

Mitsuyoshi SHIMAOKA, Mizuki KITO<sup>\*</sup>, Shigeto NAKAMURA and Takayuki TAMAKI

### 1. はじめに

1945年8月6日に広島市に、次いで9日に長崎市に投下された原子爆弾、ビキニ環礁での水爆実験、原子爆弾保有国による数多くの核実験など、原子力に関するイメージは決して良くはない。1972(昭和47)年にローマ・クラブが発表した「成長の限界」では、化石燃料の枯渇化が間近に迫ったことであると指摘され、我が国のエネルギー政策を大きく転換させる契機となった。エネルギー源の大半を石油と石炭に依存していた我が国では、すでに第三のエネルギー源として「原子力」に着目し、原子力発電所の建設を推進していった。原子力発電所を建設するのに必要な技術者を養成するために、1956(昭和31)年度に東海大学に原子力工学専攻が設置されたのを先駆けとして、1967(昭和42)年度までに東京工業大学、近畿大学、および旧7帝大に原子力工学、原子核工学系の学科、大学院専攻が設置された。

我が国での原子力発電所は、米国から導入した沸騰水型動力試験炉の1963(昭和38)年10月26日運転開始が出发点で、その後、英国から導入した東海発電所が1966(昭和41)年7月に営業運転を開始した。2011年3月11日の東日本大震災時に事故が発生した福島県大熊町の東京電力福島第一原子力発電所1号機が営業運転を開始したのは1971(昭和46)年3月のことであった。原子力発電所の建設はどんどん進められ、2011年3月11日時点で54基になって、電力供給の3割程度(関西電力では5割程度)を担うまでになったが、現在ほとんどが停止中であり、廃炉が決定したものもある。

1979(昭和54)年の米国のスリーマイル島の原発事故、1986(昭和61)年の旧ソ連のチェルノブイリ発電所の重大事故があり、原子力に対する信頼感が薄れ、学生の関心も薄れ、大学の原子力工学、原子核工学の学科名は1990年代に量子エネルギー工学などに変更されていった。その結果、原子力を専門に学ぶ学生や研究者が減少し、原子力人

材の育成・確保が再認識されるようになり、2004(平成16)年度に原発立地県である福井大学に原子力・エネルギー安全工学専攻が設置された他、2012(平成24)年度には3学科11専攻にまで増え、大学院の学生定員は1984(昭和59)年度レベル(約220名)まで回復している。原子力人材の育成は大学だけで可能なわけではなく、文部科学省と経済産業省が連携したいくつかのプログラムが2007(平成19)年度から実施されている。この中では、いくつかの高専が独自に取り組んでいるが、独立行政法人国立高等専門学校機構(以後「高専機構」と略記する)でも2010(平成22)年度、「機関連携による実践的原子力基礎技術者育成のフィージビリティスタディの実施(FS)」として取り組みを開始し、翌2011(平成23)年度から3ヶ年計画の「機関横断的連携による防災・安全教育を重視した実践的原子力基礎技術者育成の実施」として全国33高専が参加して取り組んだ。本校も、筆者が代表となって参加したので、この間の全体の取り組みの概略と本校の取り組みを報告する。また、平成24年度には、26高専による復興対策特別人材育成事業「国際的な原子力安全確保・防災・危機管理人材の育成」(フィージビリティスタディ)が実施され、さらに、平成25年度には本校独自の「原子力人材育成事業に関する奈良高専独自事業—自然災害発生現場と原子力発電施設の実情視察—」の事業を実施したので、これらも含めて報告する。

### 2. 高専機構の人材育成事業の概略

#### 2.1 参加高専と参加機関

原子力人材育成事業に参加した高専は以下の通りである。

函館高専、苫小牧高専、旭川高専、釧路高専、八戸高専、秋田高専、一関高専、福島高専、群馬高専、長岡高専、茨城高専、木更津高専、長野高専、沼津高専、富山高専、石川高専、福井高専、岐阜高専、鈴鹿高専、舞鶴高専、明石高専、津山高専、広島商船高専、松江高専、宇部高専、大島商船高専、阿南高専、香川高専、新居浜高専、北九州高専、熊本高専、鹿児島高専、沖縄高専、そして当奈良高

\* 元本校電子制御工学科助教、現在、鈴鹿工業高等専門学校機械工学科助教



0.100 $\mu$ Sv/hr, 広島商船高専で0.114 $\mu$ Sv/hrであり, 一関高専や福島高専より遠く離れた場所でも, 本校より高い値になっているところがあることがわかった。

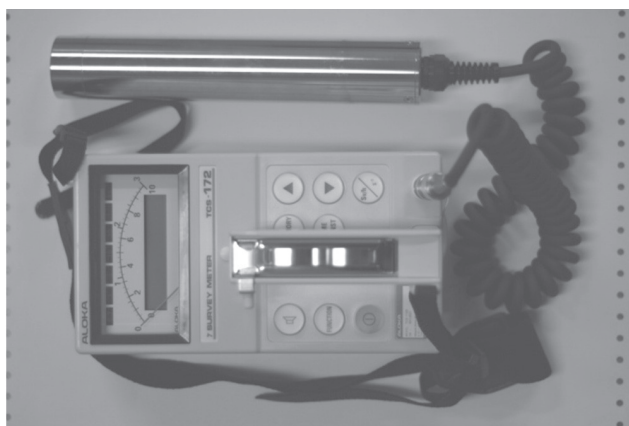


図2 NaI(Tl) シンチレーションサーベイメータ

### 2.3 平成24年度の人材育成事業

実施された事業の概略を表2に示す。本事業の学生への案内が昨年度よりは速く実施できたが, 富山高専での実習に1名が参加しただけだった。しかし, 他高専との卒業研究・特別研究の連携も重要な事業であり, 富山高専での実習に参加した学生が, 卒業研究で富山高専および秋田高専と連携して進めた。内容は, 「放射線シミュレーションコード: GEANT4による放射線遮蔽」に関するもので, 3月のフォーラムで研究成果を発表し(図3参照), 日本原子力研究開発機構や放射線利用振興協会の方々から注目を浴び, 有益な助言もいただいた。図3には, 中学生向け原子力・放射線関連のパンフレットの作成が示されているが, 難解な内容になりそうだったので, 図4, 図5に示す

ように, 読者が退屈しないように問題を混えながらのパンフレットとした。

NaI(Tl) シンチレーションサーベイメータによる空間放射線測定を年度当初から実施することになり, 本校では電子制御工学科・専攻科棟前で, 週2~3回, 昼休みに測定している。また, 図6に示すポケット線量計による自己被曝線量の測定を, 全33高専で実施することとした。線量計の数に限りがあることから, 各校輪番で実施することにし, 本校は6月25日(月)の14時30分~7月2日(月)の14時30分までを測定期間とした。当時の専攻科1年生が主たる被験者として約40名が協力くれた。原則として胸ポケットにディスプレイ面を体に向けて測定するが, 自宅では電子レンジその他の電磁波等の影響がない場所においても良いとした。居住地によって被曝量に違いがあるかどうかを調べるものである。その結果を図7に示す。国際放射線防護委員会では, 一般公衆場合の年間被曝線量が1mSv以下であれば安全であろうという基準を設けている。図7では, 7日間で8~9 $\mu$ Svという地域が多いが, 年間に換算すると470 $\mu$ Sv=0.47mSvであり, 本校通学生が心配する被曝量ではないことがわかった。また, 10~12 $\mu$ Sv付近にピークがある高専もあり, 福島第一原発事故直後の風向きの影響が全高専の測定結果から読み取ることができた。

平成23年度から取り組んできた原子力工学のテキスト「高専生・大学生のための原子力工学テキスト 基礎 原子力工学」(B5版, 208頁, 執筆者20名)がようやく完成した。主要目次は以下の通りである。

- 第1章 原子力とエネルギー
- 第2章 放射線とは
- 第3章 原子力プラント入門
- 第4章 原子力プラントの安全と防災
- 第5章 核融合炉
- 第6章 放射線とその応用

表2 平成24年度の原子力人材育成事業一覧

実施期日	実施場所	実施機関	内容	参加者
4月20日(金)	キャンパス・イノベーションセンター	高専機構	実行委員会 (24年度の概要説明)	島岡
8月20日(月) ~24日(金)	長岡技術科学大学	高専機構 長岡技術科学大学	原子力システム, 放射線安全, 原子力システム安全工学の基礎 学習等	不参加
8月22日(水) ~24日(金)	富山高専本郷キャンパス	高専機構	放射線の健康影響と安全管理, X線の取り扱い, 放射線遮蔽安全 計算実習等	電子制御工学科 5年1名
9月5日(水) ~7日(金)	福島高専	高専機構	原子力災害対策ロボット, 放射 線計測ヘリ等での実習等	不参加
9月18日(火) ~28日(金)	日本原子力研究開発機 構大洗研究開発セン ター	高専機構 日本原子力研究開発 機構	原子炉理論の基礎, 安全・危機 管理等の講義, 照射装置の運転 シミュレータによる実習等	不参加
10月18日(木)	学術総合センター	高専機構 長岡技術科学大学	教科書, 教材, シラバス開発の 概要説明・打ち合わせ	島岡
翌3月4日(月) ~8日(金)	放射線利用振興協会 (茨城県那珂郡東海村)	高専機構 放射線利用振興協会	放射線測定の原理・実習と J-PARCの見学等	不参加
翌3月13日(水)・ 14日(木)	学術総合センター	高専機構	24年度フォーラム	島岡, 鬼頭 電子制御工学科 5年2名

### 奈良高専の卒業研究での取り組み

**目的**  
2011年の福島第一原子力発電所の事故以降、原子力や放射能汚染などが今まで以上に注目されるようになった。原子力や放射線に関する正しい知識の獲得と得られた知識を広く提供するために、計算機シミュレーションによるγ線の遮蔽効果を調べ、次代を担う高校生向けの原子力や放射線に関する解説書(パンフレット)の作成することを目的とする。

**= γ線の遮蔽に関する計算機シミュレーション =**  
シミュレーションツールGEANT4によるコンクリート遮蔽構造物(図1)内のCo60から放射されるγ線の遮蔽効果(図2)およびγ線の放射本数によるコンクリート透過の違い(図3)

**= 中学生向けのパンフレットの作成 =**  
作成のコンセプト: 原子力発電所の安全な停止並びに放射性廃棄物の管理等には、専門の知識を持った技術者が長期にわたり必要である。そこで、次代を担う中学生に放射線科学や原子力発電等をよく知ってもらうための分かりやすい解説書をパンフレットの形式で作成した。

**従来の専門書**

- 難解な数式が多く、専門知識が必須
- 原理、性質の説明は多いものの、具体的な影響等がすぐに理解できない
- 分量が多く、知りたい項目に至るまでが大変

**今回のパンフレット**

- 数式の記述を少なく
- 記述は平易に
- 短時間で読めるページ数(1項目で見開き1ページ)
- 図や写真を多用した説明
- 説明項目に関連するクイズで更なる知識の提供

図3 奈良高専における平成24年度の原子力関連の卒業研究

本校では島岡と鬼頭が第3章中の「原子炉の機械的挙動」(軽水炉の構造設計の基礎, 伝熱・流動解析の基礎, 管路内流量測定の基礎等, 約20頁)の執筆を分担した。本書では, 原子力プラントの安全と防災について詳述されているのが特徴で, 原子力関連の他図書にはない有益な情

報が含まれている。ただし, 非売品のため, 各高専に配付されている。本校には50部配付され, すでに希望があった教員には貸与している。授業で使用する場合, 学生にも貸与の形をとり, 授業終了後には回収している。

フォーラムで報告した24年度の本校の取り組みを図8に示す。NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータによるほぼ校内全域の空間放射線量測定を実施した。雨天時に線量が高くなる傾向あるとの指摘があり, 実測においてもわずかにそれが認められている。本館玄関付近の線量が高いが, 学校創設時の建物, 敷地であり, 放射性物質を若干含んだ土木・建築材料が使われていたのかも知れない。しかし, 国際放射線防護委員会が設けている安全基準内であるので, 心配は無用かと思われる。

ポケット線量計による自己被曝線量の測定を6月末から7日間実施したが, 同じポケット線量計を購入し, 継続的に測定を行っている。生駒山地付近などで高線量になっているが, 信貴生駒スカイライン上でのシンチレーションサーベイメータによる測定値(24年1月31日)は0.07μSv/hr程度であり, 学校近辺での海拔の高低差との関連はないものと思っている。

福島県地方では放射性物質で土壌が汚染されており, 除線作業が進められている。本校近辺の土壌に放射性物質, 特にCsが含まれているかをエネルギー分散型X線分析装置で土壌(学校敷地, 島岡研卒研生の自宅近辺)の元素分析を行った。Csが検出された土壌もあったが, 放射能までは判定できないので, 存在割合が原子数比でわずかに0.03%(質量比では0.26%)であったことのみ報告しておく。

25年1月に京都大学原子炉実験所を見学した。学生は電気工学科4年生4名, 電子制御工学科4・5年生6名, 専攻科機械制御工学専攻生2名の計12名で, 島岡と中村(篤)の教員2名が引率した。排水処理施設と原子炉内部の見学が主であるが, 除き窓から冷却水に浸かっている制御棒を直視できる点で大変有意義な見学であった。

中高生のための  
**原子力・放射線**  
早わかりパンフレット

γ線? α線? β線? X線? Sv? Gy? 放射能? 放射線?

奈良工業高等専門学校 電子制御工学科  
原子力と放射線早わかりパンフレット制作プロジェクト

### 1. 放射線とは何か

**放射線とは**  
広義的の意味では物質から放射されることで光や熱とも呼ぶ。放射線とは電離作用をもつ放射線である。放射線とは電離作用をもつ放射線である。放射線とは電離作用をもつ放射線である。放射線とは電離作用をもつ放射線である。

**放射線**  
電離放射線  
α線  
β線  
γ線

**電離作用**  
放射線がもつ力場のことで、原子を原子核の軌道から引き離す。電子は原子核の軌道から引き離され、自由電子となる。電離作用では、その電子核の間に電子を捕らえ、イオン化させる。

**透過性**  
放射線が持つ電離作用により、物質は特有の波長の光を出す。この光の色を蛍光といひ、この蛍光を出すことのできる物質は蛍光物質と呼ばれる。これは、次の文章の中で詳しく説明しているのだからか?

**蛍光作用**  
放射線が当たると特定の物質が特定の波長の光を出す。この作用が蛍光作用である。蛍光作用が放射線の作用の仕方である。

**問題1-1**  
電離放射線といふものは意外に身近なものから放射されている場合があります。次のうち、電離放射線に分類されているのはどれか?  
1. 赤外線 2. 紫外線 3. 電波

**問題1-2**  
放射線は種類によって物質を透過する能力の強さが違う。それぞれ、γ線とα線が同時に発生した場合には次のうちのどの遮蔽方法を選ぶべきか?  
1. 強い力を持ったα線を止めるためにα線を止める薄い紙  
2. 薄い紙を透過できるγ線を止めるためにコンクリートの分厚い壁  
3. 間をとったアルミの薄い板

**問題1-3**  
放射線の持つ蛍光作用により、物質は特有の波長の光を出す。この光の色を蛍光といひ、この蛍光を出すことのできる物質は蛍光物質と呼ばれる。これは、次の文章の中で詳しく説明しているのだからか?  
1. 蛍石標本の石の中に紫外線ライトを当てると発光する石があった。  
2. 豆電球の両端にコトを繋ぎ乾電池をつくと光が生成した。  
3. 日中、蛍光塗料に光を当てておくと暗くても光が生成して、

**問題1-4**  
放射線の中でも、中性子線といふものは、厚かα線、β線、γ線、X線と少し異なる性質をもっている。この中性子線は、コンクリートや鉛といった物質で止めることができるが、鉛よりも重い物質で止めることができる。それはなぜか次の選択肢の中から選べ。  
1. 中性子線には原子がけり切り大きな原子を捕まらなければならない  
2. 中性子線の原子の大きさがとても小さく、素早く動いているため、重い原子にぶつかっても跳ね返る。止まらなから  
3. 中性子線のもつ原子の大きさが大きすぎるため、重い原子でもとめられないから

図4 平成24年度に作成したパンフレット(全12頁中1~3ページ)

### 2. 放射能と放射線

**放射線とは**  
物体から放射線が出て行くこと  
単位はSv(シーベルト)またはGy(グレイ)

例えば懐中電灯で考えると・・・  
懐中電灯 → 光 → 放射線  
放射線を出す能力 (放射能)

**放射性物質とは**  
放射線を出すことのできる物質のこと

**放射能とは**  
放射線を出すことのできる能力のこと  
単位はBq(ベクレル)

出典：電気事業連合会「原子力・エネルギー調査2012年版」

**Sv(シーベルト)とGy(グレイ)の違い**

**Gy(グレイ)**  
人や物が受けた放射線量に用いられるエネルギーのことである。Gyは物理的な放射線量、放射線の効果に用いられる。放射線による放射線障害は、Gyで表される。

**Sv(シーベルト)**  
放射線が人に与える影響を表す単位として、シーベルト(Sv)と、グレイ(Gy)がある。人が受けた放射線量に用いられる。放射線による放射線障害は、Svで表される。

出典：電気事業連合会「原子力・エネルギー調査2012年版」

**問題2-1**  
放射線、放射性物質の両者は関連して考えられている。放射線は、放射線を出す能力のことである。放射線を出す能力は、放射線を出す能力のことである。放射線を出す能力は、放射線を出す能力のことである。

放射能? 放射線?  
グレイ? Sv/h?  
放射性物質?

1. 放射線が体内に入ると、Svの放射線量が蓄積する。  
2. 放射線が体内に入ると、Gyの放射線量が蓄積する。  
3. 放射線が体内に入ると、放射線量が蓄積する。

**問題2-2**  
放射線を受ける単位として、シーベルト(Sv)と、グレイ(Gy)がある。人が受けた放射線量に用いられる。放射線による放射線障害は、Svで表される。

1. Svの放射線量が蓄積すると、Gyの放射線量が蓄積する。  
2. Svの放射線量が蓄積すると、Gyの放射線量が蓄積する。  
3. SvとGyの関係は、1:1である。

**問題2-3**  
放射線が人に与える影響は、放射線の種類によって異なる。放射線の種類によって異なる。放射線の種類によって異なる。

組織・臓器	放射線感受性係数
皮膚	0.01
甲状腺	0.04
骨	0.04
食道	0.12
肺	0.12
肝臓	0.04
膀胱	0.04

1. 甲状腺 2. 肝臓  
3. 肺 4. 皮膚

**問題2-4**  
放射線が人に与える影響は、放射線の種類によって異なる。放射線の種類によって異なる。放射線の種類によって異なる。

放射線が人に与える影響は、放射線の種類によって異なる。放射線の種類によって異なる。放射線の種類によって異なる。

### 3. 放射線から身を守るには

放射線物質から距離を置く  
放射線物質を隔離する  
放射線物質に長時間近づかない

放射線物質 → 放射線 → 放射線物質

この3つをまとめて放射線防護の3原則と呼ぶ

**被曝と汚染**

放射線物質 → 放射線 → 被曝  
放射線物質 → 放射線 → 汚染

汚染: 放射線を出す物質が皮膚や衣類に付着すること  
被曝: 放射線を浴びること  
放射線物質が皮膚や衣類に付着すること  
放射線物質が体内に取り込まれること

出典：電気事業連合会「原子力・エネルギー調査2012年版」

**問題3-1**  
次の文章の中で、外部被曝の説明として間違っているものはどれか?

1. 放射線によって汚染された水を飲んでしまった。  
2. 病院で、骨折がひどい場合にレントゲン写真を撮った。  
3. 放射性物質を実験のとき取り扱った。

**問題3-2**  
もし、福島のような状態に自分の地域が今後発生した場合、放射線から身を守るためにどのような方法をとるべきか? 次の文章の中から正しいものはどれか選べ

1. 外出時にマスクを付けることで、放射線物質を吸い込むことを防ぐ。  
2. 帰宅時、シャワーを浴びて、肌や衣服について放射線物質を洗い落とす。  
3. 定期的に部屋の窓の空気を換気することで、室内の放射性物質を外に出す。

**問題3-3**  
次の文章は放射線に関する情報、汚染に関する文章である。この文章の中で間違っている文章の番号を1つだけ選んでください。

1. 放射性物質を使った実験を行ったことで、放射線に汚染された。  
2. 空気に含まれる放射性物質を吸い込んで、放射性物質が体内に蓄積する。  
3. 放射線による外部被曝を抑えるために外出時にマスクを着用すべきである。

**問題3-4**  
放射線防護の3原則というの、おもに放射線、放射性物質を取り扱う施設の作業員の作業環境を考えると考えると考えなければならない。以下の文章の中で、放射線防護の3原則の考え方を説明しているものはどれか?

1. 放射性物質に近づいて作業すると危険だからマスクや防護服を用いて作業を行う。  
2. 放射線物質を扱う作業は、放射線物質を隔離して行う。  
3. 放射性物質を保管する場合は、外部に放射線が出ないように遮蔽を施さなければならない。

### 4. 身近な放射線

**食べ物**  
食料品の中には放射性物質が含まれているものがある。放射性物質が含まれているものがある。放射性物質が含まれているものがある。

**医療現場**  
医療現場では、レントゲンの撮影などで放射線が使用されている。放射線が使用されている。放射線が使用されている。

**自然放射線**  
自然放射線は、自然界に存在する放射線。自然放射線は、自然界に存在する放射線。自然放射線は、自然界に存在する放射線。

出典：電気事業連合会「原子力・エネルギー調査2012年版」

**問題4-1**  
人は、日常生活の中で放射線にさらされている。放射線にさらされている。放射線にさらされている。

1. 宇宙からくる宇宙線  
2. 空気中に含まれる放射性物質の放射線  
3. 食べ物に含まれる放射性物質の放射線  
4. 地面から出てくる放射線

**問題4-2**  
がんの治療に放射線が用いられることがある。放射線が用いられることがある。放射線が用いられることがある。

1. 放射線を当ててがん細胞を殺す。  
2. 放射線を当ててがん細胞を殺す。  
3. 放射線を当ててがん細胞を殺す。

**問題4-3**  
放射線物質が汚染されているかを確認するために、放射線計を用いる。放射線計を用いる。放射線計を用いる。

1. 放射線計の読み取り値を確認する。  
2. 放射線計の読み取り値を確認する。  
3. 放射線計の読み取り値を確認する。

**問題4-4**  
自然放射線の量は、地域によって異なる。自然放射線の量は、地域によって異なる。自然放射線の量は、地域によって異なる。

1. 放射線計を用いて放射線量を測定する。  
2. 放射線計を用いて放射線量を測定する。  
3. 放射線計を用いて放射線量を測定する。

### 5. 日本で稼働している発電方法

**火力発電**  
- 燃料が安価に得られる  
- 石油などの燃料の準備が容易  
- 発電効率が比較的高い  
- 発電コストが比較的低い

**水力発電**  
- 燃料が不要  
- 環境にやさしい  
- 発電効率が比較的高い  
- 発電コストが比較的低い

**太陽光発電**  
- 太陽光をエネルギーに変換する  
- エネルギーの準備が容易  
- 発電効率が比較的低い  
- 発電コストが比較的高い

**原子力発電**  
- 燃料が安価に得られる  
- 石油などの燃料の準備が容易  
- 発電効率が比較的高い  
- 発電コストが比較的低い

出典：電気事業連合会「原子力・エネルギー調査2012年版」

**問題5-1**  
火力発電は、燃料を燃やして熱を発生させ、熱を回転運動に変換して発電する。火力発電は、燃料を燃やして熱を発生させ、熱を回転運動に変換して発電する。

1. 火力発電 2. 水力発電  
3. 原子力発電 4. 太陽光発電

**問題5-2**  
水力発電は、水の落差を利用して発電する。水力発電は、水の落差を利用して発電する。水力発電は、水の落差を利用して発電する。

1. 水力発電 2. 火力発電  
3. 原子力発電 4. 太陽光発電

**問題5-3**  
太陽光発電は、太陽光をエネルギーに変換して発電する。太陽光発電は、太陽光をエネルギーに変換して発電する。太陽光発電は、太陽光をエネルギーに変換して発電する。

1. 太陽光発電 2. 火力発電  
3. 原子力発電 4. 水力発電

中高生のための  
原子力・放射線  
早わかりパンフレット

1. 放射線とは何か  
放射線の定義と威力

2. 放射能と放射線  
放射線、放射性物質の単位

3. 放射線から身を守るには  
放射線の防護方法、被曝と汚染の違い

4. 身近な放射線  
食べ物、医療、日常生活における放射線

5. 日本で稼働している発電方法  
発電方式のメリット・デメリット

2013/3/12  
奈良工業高等専門学校 電子制御工学科  
原子力と放射線  
早わかりパンフレット制作プロジェクト

電子制御工学科 電気 奥田 三雄  
学生 中本 健

図5 平成24年度に作成したパンフレット(全12頁中4~12ページ)



図6 自己被曝線量測定用ポケット線量計

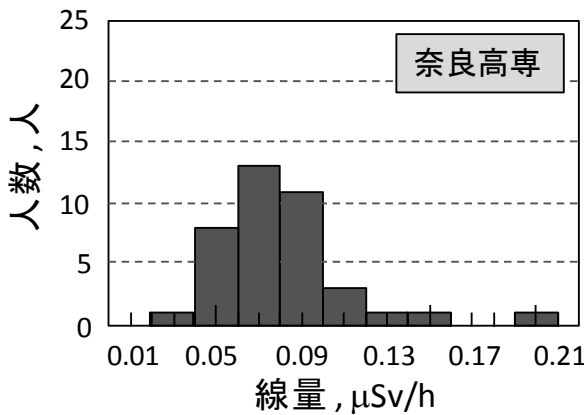


図7 ポケット線量計による自己被曝線量

### 奈良高専における原子力人材育成教育

**目的** 奈良高専は最寄りの教育・実業・大産・大産各原子力発電所からは100km圏の外に位置し、この距離特性が学生や教職員の原子力に関する意識・企業や産業界と低下してきていると認め、学生・教職員共に原子力や放射線に関する認識と理解を深めていくことが本校の目的である。

**実施内容**

- NaIシンチレーションサーベイメータによる奈良高専内における空間放射線量の測定
- NaIシンチレーションサーベイメータによる奈良高専周辺の放射線量測定と土壌の成分分析
- ポケット線量計による自己被曝線量の測定
- 京都大学原子力実験所の見学による原子力の実験と放射線応用に関する学習
- 卒業研究による取組
  - γ線遮蔽に関する計算機シミュレーション
  - 原子力と放射線科学の概要に関するパンフレットの作成

**今後の計画**

- NaIシンチレーションサーベイメータによる校内各所並びに学校周辺地域の空間放射線量の測定(卒業学生に測定法を習熟させ、線量マップの充実を図り、経年変化を監視する)
- ポケット線量計による自己被曝線量の継続測定(被測定者を増やし、奈良高専周辺の線量マップを充実させると共に経年変化を監視する)
- 基礎 原子力工学のテキストを活用した原子力、放射線科学に関する学生の教育の推進
- 原子力と放射線科学の概要(パンフレット)の配布(中学生対象の体験入学等)による基本情報の提供
- 原子力の実験を見る学生と教職員を対象とした京都大学原子力実験所の見学の実施
- 原子力関連の話題を【原子力から版】として教職員にメール配信し、情報提供に努める。

図8 奈良高専における平成24年度の原子力関連事業

### 2.4 平成25年度の人材育成事業

3ヶ年計画の最終年度にあたる。本校の取り組み(フォーラムで発表したポスター)を図9に、実施された事業の概略を表3に示す。この年は電気工学科の学生が参加してくれた。日本原子力研究開発機構での10日間の実習をはじめ、4年生では知識レベルの高い講義や実習であったかと思うが、実習に参加して貴重な体験や新たな知識を獲得できて良かったとのコメントを頂いている。

高専間連携での卒業研究も継続して実施した。一つは前年からの継続で、放射線シミュレーションコードの一つであるGEANT4による放射線(γ線)遮蔽であり、富山高専射水キャンパス(当時、高専一技科大間交流人事で長岡技術科学大学に赴任中)の阿蘇司教授の指導を受けている。もう一つは、土壌と水のGe半導体検出器による環境放射能測定である。後者は北九州高専の中村裕之教授が測定を担当し、本校でも校内5ヶ所、学生と島岡の自宅敷内の土壌、物質化学工学科等横の池の水と島岡自宅近辺の用水路(上流に産業廃棄物処理場有り)の水の分析を6月に依頼した。結果として、北は秋田高専から南の熊本高専八代キャンパスまで、どの土壌、水にも興味深い放射能が含まれていないとの報告を受けている。

ポケット線量計による自己被曝線量測定は5月28日(火)~6月4日(火)まで、電子制御工学科5年生の協力を得て実施した。結果は図8に示しているが、前年より低線量である学生数が多い結果となった。

中・高校生にもわかりやすい原子力・放射線に関する解説書の改訂版の作成を試みたが、力量不足でうまくまとめられなかった。

### 奈良工業高等専門学校 原子力人材育成教育

**目的** 福島第一原子力発電所の事故原因は東日本大震災(地震と津波)と関係が深い。2011年8月の奈良県南部における台風による水害は重大な関心事であったが、東北の津波による被害地域と同様に、人々の記憶から風化しつつあることを恐るべき事態である。奈良高専は最寄りの教育・実業・大産・大産各原子力発電所からは100km圏の外に位置する。大産等の一時的な閉鎖が原因で、原子力に関する、重大な自然災害を被った地域。被災者に対する思いを忘れずにいくことが、現在の奈良高専に課せられた使命ではないかと考えている。

**実施内容**

- NaIシンチレーションサーベイメータによる奈良高専内における空間放射線量の継続測定
- ポケット線量計による自己被曝線量の継続測定(卒業研究を中心として)
- 学務教職員に【原子力から版】(原子力に関する科学的事実等の情報提供)をメールで配信(島岡)
- 高専(11月)における原子力・放射線に関する普及イベントの展示
- テキスト「基礎 原子力工学」の教員と学生(電子制御工学科5年生、機械制御工学科専攻)への貸与
- 原子力人材育成事業への学生派遣(電気工学科4年生 長岡技術科学大学インターンシップ2名、富山高専実習1名、日本原子力研究開発機構インターンシップ1名)
- (他) 日本原子力研究開発機構大洗研究開発センターでの研修講座への派遣(電子制御工学科5年生 4名)
- 東京電力(株) 研修特別原子力発電所の見学(電子制御工学科教員1名と電子制御工学科5年生 3名)
- 東日本大震災による津波被害地域の視察(宮城県仙台市、東北電力川内発電所、南三陸町、茨城県、岩手県陸前高田市、釜石市、大槌町等、電子制御工学科教員(島岡)1名、事務職員1名、電子制御工学科5年生 4名)
- 電子制御工学科卒業研究における「GEANT4によるγ線遮蔽のコンピュータシミュレーション(2名)」と「原子力・放射線に関する解説書の改訂版(1名)」

**25年5月~6月の測定結果**

測定期間: 平成25年2月26日 ~ 12月10日  
連続7日間  
教員: 6年、4年  
学生: 5年、4年  
平均線量: 10~12 μSv/h  
最高線量: 13~15 μSv/h  
最低線量: 16~18 μSv/h

**7日間で15μSvライン**

**ポケット線量計による自己被曝線量の測定結果(単位: μSv/h)**

測定期間: 平成25年5月28日 ~ 6月4日  
連続7日間  
教員: 6年、4年  
学生: 5年、4年  
平均線量: 10~12 μSv/h  
最高線量: 13~15 μSv/h  
最低線量: 16~18 μSv/h

**γ線遮蔽効果の計算(ボックス内の0.060からの放射線の透過の様子)**

測定期間: 平成25年5月28日 ~ 6月4日  
連続7日間  
教員: 6年、4年  
学生: 5年、4年  
平均線量: 10~12 μSv/h  
最高線量: 13~15 μSv/h  
最低線量: 16~18 μSv/h

**γ線遮蔽効果の計算: 100本のシミュレーション結果**

① アホムニウム(AI)  
② 鉛(Pb)  
③ 鉛(Pb)  
④ 鉛(Pb)  
⑤ コークス(Coalite)  
⑥ 鉛(Pb)  
⑦ 鉛(Pb)  
⑧ 鉛(Pb)  
⑨ 鉛(Pb)  
⑩ 鉛(Pb)

**まとめ**

- 原子力産業やそれらへの就職者が少ない地域であり、原子力に対する関心や人によって大きく異なる。特に2011.3.11以降、「原子力」への関心や不信感が高まり、各種の取り組みの難しさを痛感した。
- 原子力人材育成事業に関わることで、関心のある学生には「原子力」、「放射線」等を通して理解しようという気持ちを持たせることができた。
- NaIシンチレーションサーベイメータによる校内並びに周辺地域の空間放射線量の測定、ポケット線量計による自己被曝線量の測定を継続して経年変化を監視していきたい。
- 基礎 原子力工学を補助テキストとして、原子力や放射線科学に関する教育を継続していきたい。

図9 奈良高専における平成25年度の原子力関連事業

表3 平成25年度の原子力人材育成事業一覧

実施期日	実施場所	実施機関	内容	参加者
4月19日(金)	キャンパス・イノベーションセンター	高専機構	実行委員会 (25年度の概要説明)	島岡
8月19日(月) ～23日(金)	長岡技術科学大学	高専機構 長岡技術科学大学	原子力システム安全工学の基礎 学習, 東電柏崎刈羽原発見学等	電気工学科4年 2名
8月19日(月) ～30日(金)	日本原子力研究開発機 構大洗研究開発セン ター	高専機構 日本原子力研究開発 機構	原子力の基礎, 放射線に関する 安全教育等の講義, 照射装置の 見学, ホットラボでの実習等	電気工学科4年 1名
8月22日(木) ～24日(土)	富山高専 本郷キャンパス	高専機構	放射線と物質との相互作用, 放 射線の健康影響等の講義, X線 非破壊検査, 放射線計測システ ム等の実習	電気工学科4年 1名
8月26日(月) ～28日(水)	松江高専 島根県原子力防災セン ター	高専機構	原子力発電に関する基礎講義, 島根原発シミュレータ, 防災安 全対応施設, 島根県防災セン ター見学等	不参加
8月27日(火) ～29日(木)	福島高専	高専機構	保放射線量測定技術, 原子力発 電に必要な材料特性の講義, 食 品や土壌の放射線量測定, 材料 特性評価等の実習	不参加
12月21日(土)	キャンパス・イノベー ションセンター	高専機構	25年度フォーラム	島岡, 鬼頭 電子制御工学科 5年2名

その他の事項は、本校独自の「原子力人材育成事業に関する奈良高専独自事業－自然災害発生現場と原子力発電施設の実情視察－」の事業と関連するので後述する。

## 2.5 3年間の人材育成事業の総括

人材育成事業（各種実習やインターンシップ）に参加した学生は、全高専の延べで240名であったが、本校では6名だけであった。また、卒業研究・特別研究への取り組みは、全高専の延べで153名であったが、本校では5名が関わった。本校は、図7に示したように、最寄りの原子力発電所から100km圏外であり、電力会社への就職者数は多くても、原子力発電所での勤務者が少ないこと、原子力関連製造業への就職者が少ないこと、福島第一原子力発電所の事故後の放射性物質の飛散も奈良県を飛び越えており、原子力に関する関心が低く、放射線に対する恐怖の実感が伴わないで来ていることが、これまでの事業への積極参加が少ない原因ではないかと考えられる。

本事業は、高専関係外の原子力関連の専門家7名で構成される評価委員会が毎年評価（審査）されてきた。この3年間の全体としての評価は以下のようなことであった。

「いくつか実施されてきた原子力人材育成事業の中でも、高専機構の取り組みは特に組織的であり、機能的に実施されており、突出して高い効率を上げていると思われる。原子力を取り巻く厳しい状況の中、参加者が年々増加していることもその現れである。本事業が開始される以前から、高専機構には実践的原子力人材育成に対する強い気運があった。本事業はその気運を実現化する良い機会であったと考えられる。この活動を今後も継続するための適切な措置が望まれる。」

この評価委員会の総括を踏まえ、平成26年度には、ほ

ぼ全国の高専が参画する「国際原子力イニシアチブ事業」が実施される。本校も島岡が実行委員として参加することになった。

## 3. 「国際的な原子力安全確保・防災・危機管理人材の育成」（フィジビリティスタディ）

この事業は、上記人材育成事業の実施中に、平成24年度に並列的に実施されたものであり、26高専が参画し、本校では島岡が実行委員として参加し、中村（篤）の協力を得た。この事業の目的は、福島第一原発事故以後、1年経過したが、広範な放射能汚染への対応とこれを教訓とした他の原発における防災・安全対策が大きな問題であること、原子力関連機関における人材育成活動の一層の取り組みが求められていること、原発事故の教訓を世界で共有し、世界共通の安全基準に反映させるため、各国との情報共有を一層図るために、優れた国際感覚やコミュニケーション能力を持った専門家の育成が従来にも増して重要であること、原子力の国際動向に関する高専教員の知識の充実を図ることにある。

実施事業を表4に示す。事業の目的にもあるように、教員対象のセミナーが設定されており、英語での講演が含まれている。EU（ヨーロッパ連合）における原子力発電依存度はフランスが76%、次いでリトアニアが70%で突出していることがわかった。東京電力柏崎刈羽原子力発電所には原子炉が7基あり、6号機の見学を行った。もちろん運転停止（炉内での核反応停止）中であったが、格納容器の真上まで、使用済み燃料棒の冷却水槽の近くまで見学できたことは貴重であった。BWR トレーニングセンターは、全国のBWR発電所の運転員の教育・訓練機関であり、同

表4 国際的な原子力安全確保・防災・危機管理人材の育成事業の概要

実施期日	実施場所	実施機関	内容	参加者
10月19日(金)	キャンパス・イノベーションセンター	高専機構	実行委員会 (24年度事業の概要説明)	島岡
11月15日(木) ～17日(土)	長岡技術科学大学	高専機構 長岡技術科学大学	ヨーロッパにおける原子力状況(英語), 原子炉とシステム安全, 核燃料の燃焼の講義, 東電柏崎刈羽原発とBWR運転センター見学, 討論会	教員対象セミナー 島岡 中村(篤)
12月12日(水) ～14日(金)	学術総合センター 東芝・磯子エンジニアリングセンター 電力中央研究所 キャンパス・イノベーションセンター	高専機構 (株)東芝 電力中央研究所	原子力の基礎, 放射線に関する安全教育等の講義, 照射装置の見学, ホットラボでの実習等	教員対象セミナー 島岡
翌3月6日(水) ～9日(土)	茨城高専 日本原子力研究開発機構	高専機構 日本原子力研究開発機構	我が国と諸外国の原子力の動向と今後, 原子炉の基礎・構造と安全システム, 放射線応用, 核燃料サイクル, 韓国および英国における原子力の状況(英語)等の講義, 原子力機構(NUCEF, J-PARC, JMTR, 常陽, HTTR)等の見学, 検討会(GW)	専攻科機械制御工学専攻1年2名

型の原子炉であれば、どの電力会社の原子炉も運転可能とのことであった。東芝・磯子エンジニアリングセンターでは、沸騰水型原子炉(BWR)の実物大カットモデルがあり、大きさの実感ができた。授業で使用するチョークの太さで長さが1cm位の燃料ペレット1個で、標準家庭の半年分の電気エネルギーを賄えるということであるから、原子力の威力を改めて思い知った。電力中央研究所は9電力会社、電源開発(株)、日本原子力発電(株)からの出資金で運営されている一般財団法人であり、新たな電源開発、電力会社あるいは民間企業からの委託研究などを行っている。

一方、学生対象の事業は1回だけであるが、英語での講義もあるので、事前学習として、あらかじめ指定された原子力とエネルギーに関するテーマについて(複数の中から選択)、日本語と英語(400Words程度)による論文提出が2回課された。専攻科生が取り組んでくれたが、真っ赤に添削されて返却されてきていたので、自信を失ったかも知れないが、めげずに対応し、その後のセミナーにも臨んでくれた。

本事業の総括は特になく、学生対象のセミナーを最後に終了した形であるが、26年度の「国際原子力イニシアチブ事業」が一部引き継いでいると言える。

#### 4. 「原子力人材育成事業に関する奈良高専独自事業 —自然災害発生現場と原子力発電施設の実情視察—」

本事業は平成23年度～25年度の高専機構の事業『機関連携による防災・安全教育を重視した実践的原子力基礎技術者育成の実施』とは別の、本校独自の事業として平成25年度に取り組んだものである。先の東日本大震災では近年において経験のない、大規模な津波に見舞われ、広

い範囲で甚大な被害を受けている。東北地方の人々にとっては切実な問題も、関西地方では他人事になっているかも知れないことから、彼らと同じ認識を持つ必要があると考え、学生に自然災害発生現場と原子力発電施設の実情視察の機会を与えた。実施内容は以下の通りである。

(1) 7月29日(月)～8月9日(金): 原子力や放射線の知識の獲得が必要との観点から、(独)日本原子力研究開発機構大洗研究開発センターでの「最先端研究基盤JMTR及び関連施設を用いた研修講座」に電子制御工学科5年生4名(島岡研究室所属)が参加して研修した。大学生や社会人向きの高度なレベルの研修内容で苦労したようであるが、簡単には見学できない施設を見学でき、研修に参加した人達との交流などを通して有意義な研修だったとの報告を受けている。

(2) 8月19日(日)～8月20日(火): 東京電力柏崎刈羽原子力発電所を玉木と電子制御工学科5年生3名(島岡研究室所属)が見学し、原子力発電所、特に格納容器周辺施設、原子力技術について学習した。この発電所は、国内の原子力発電所のほとんどが運転停止状況にある中で、唯一、原子炉内まで見学できる施設である。

(3) 11月8日(金)～11月10日(日): 島岡、二宮技術専門職員、電子制御工学科5年生4名(島岡研究室所属)が宮城県石巻市から女川原発、南三陸町、気仙沼市、陸前高田市、釜石市、大槌町等、三陸海岸沿いの津波被災地域の被災状況、復興状況を視察した。図10に当時の被災地の状況を示す。

(4) 11月9日(土)・10日(日): 高専祭において、島岡を中心に取り組んできた、原子力、放射線に関する事項について、図11、図12に示すパネル4枚を、電子制御工学科展の一部として展示して来校者へ情報提供した。





### 奈良高専近辺の放射線量はどの位?

電子制御工学科 教授 鳥岡三憲

平成24年1月から2・3回/週ペースで1mシンチレーションサーベイメータで地上1m付近のγ線量の測定を行っています。右のグラフは平成24年1月から2月にかけての測定結果です。年間の線量は $24 \times 365$ とすれば良いので、およそ $700 \mu\text{Sv}/\text{年} \sim 0.7 \text{mSv}/\text{年}$ になります。残念ながら原発事故以前の測定データがありませんので、事故前後の変化は不明ですが、国策放射線防護委員会が安全だとする放射線管理目標値の1mSv以下であることから、また、電子制御工学科棟玄関前南側地上1m付近の放射線量も現在 $0.07 \mu\text{Sv}/\text{hr} \sim 0.62 \text{mSv}/\text{年}$ であることから、放射線に対する過度な心配は不要と思われる。

また、ポット線量計での自己線量率の測定も行っています。右下の小さな線量計を常時胸ポケットに入れて測定します。多くの学生に協力していただきました。図に示すように、居住地によって、線量率の違いが認められます。7日間で $20 \mu\text{Sv}$ 以上の地域もありますが、7日間で $20 \mu\text{Sv}$ の場合は年間1.0mSv程度ですから、これも深刻な値ではないと考えて良いと思えます。

日本全国の放射線汚染マップを下に示します。左側の緑・黄緑は北緯・東経を示し、土中の放射線を色分けしています。右側は都道府県別の色分けになっていますが、福島第一原発付近の値が最も高いことが一目瞭然ですが、日本アルプス、飛騨山脈を隔てると中国地方に汚染が広がっていることがわかります。原発事故時の気候、日本の地形によって汚染被害に差が出たことを理解しておきましょう。

放射線線量によって人体の一部が曝露すると、その曝露はきわめて微量と言われています。Cs137に汚染された物質を摂取すると、およそ100年は体内に蓄積することになります。一方で放射線の有効利用も図られています(右のツリー参照)。

### 放射線の有効・平和利用

電子制御工学科 教授 鳥岡三憲

#### 医療の世界で用いられている放射線

★使い捨ての医療器具の殺菌 ★がん治療

ガラス製の医療器具は消毒水で殺菌されてきましたが、現在のプラスチック製の使い捨て医療器具の多くは熱に弱く、変形してしまいますので、放射線による殺菌が行われています。「がん」の治療法の一つに放射線治療法があります。放射線治療法は、放射線でがん細胞を破壊して小さくし、消滅させることを目的としています。

出典:(独)放射線医学総合研究所  
放射線治療は、上の図のようなニック治療装置が用いられています。このような治療法で助かっている人がいる現実がありますが、放射線の過度な曝露は危険であることを述べました。放射線は「両刃の剣」と言えますので、正しい知識を習得する必要があります。

#### 食品に用いられる放射線

★放射線によって生じる突然変異を利用した新品種の開発により、耐病性や高収量など優良な作物が生産されています。

★日本では、二十世紀梨を品種改良してゴールド二十世紀梨が開発されました。二十世紀梨は黒腐病にとても強くその点が問題点でした。

★放射線を照射することで、ジャガイモの芽止めをするのを日本が世界で初めて商業化に成功しました。

★米国では、生肉のO-157などが原因で多くの食中毒が起こりましたが、日本でも発生して問題になったことを記憶されている方は多いと思います。食中毒を防ぐために生肉に放射線照射が行われて

#### 害虫駆除に用いられる放射線

環境を汚さない害虫をなくす放射線不妊法

これを利用することで、沖縄からゴーヤが輸入できるようになりました。

- ①産卵したい害虫を工場で大量に増殖させる。
- ②害虫のさなぎにガンマ線をあてる。
- ③さなぎを成虫にする。
- ④不妊オスが自然交配のメスと交尾して生まれる卵は不化しない。
- ⑤これを数世代繰り返すことで絶滅する。

#### まとめ

「原子力」→「核反応」→「原子炉原理」? 我が国では1970年代に原子力発電所が建設されてから、およそ40年間にわたって「原子力」の恩恵を受けてきました。原発に限らず、人工建造物は「寿命」が存在し、いつかは廃棄処分されます。廃棄処理は簡単ではないのが「原子力」の大きな問題です。原子力に対してあまりにも無関心であったように思い、反省しているところです。放射線は自然界にも食物にも存在するもので、全く無害でないということはありません。どの程度の曝露量なら安全・安心なのか? 決定的な値はわからないと言えます。放射線防護に3原則があり、時間・距離・遮蔽の3つを言います。「時間」は、放射線に曝されている時間を短縮すること。「距離」は放射線源と自分の中間に遮蔽物を設置すること。「遮蔽」は、放射線と自分の距離を短縮することです。これを守り、支援することで被曝量を軽減できます。「原子力」は放射線 産正しく知って、正しく怖がるのが大事だと思いますが、正しい知識を習得するために、まだまだ勉強が必要だと認識しています。

図12 平成25年の高専祭にて展示したポスター(4枚中の3,4枚目)

### 5. おわりに

我が国における原子力人材育成事業は、大学における原子力工学系人材の不足が懸念されたことが発端である。福島第一原発事故後の原子力行政の行方とは直接的には関係しないし、筆者らも原子力を積極的に推進していく意図はない。原子力を利用するに当たっては、核物理学以外に、高専でも修得できる材料(物性、強度)、熱・流体力学、振動、電気・電子工学などの知識が必要であり、原子力を専門とする学科を持たない高専卒業生でも原子力産業に従事する可能性が否定できないことから、少しでも原子力

に関する知識を持った学生を育成しておきたいと考えて、平成23年度からの育成事業に参加した次第である。原子力人材育成事業に直接参加した学生は決して多くはないし、原子力や放射線に関する学問分野の一端に触れただけかも知れない。少しでも異分野に興味を持っていただければと思うし、人材育成事業は他高専の学生との交流もできる良い機会と捉えて、今後の事業に参加していただければ幸いです。

本事業の遂行にあたり、人材育成事業に参加した学生諸君、自己被曝線量測定に協力いただいた学生、教職員、研究協力担当職員らに謝意を表します。