

原子力人材育成に向けた八代高専での取り組み

小田 明範* 木幡 進** 中原 潤士***

Practice of Upbringing of Students for Nuclear Energy Industry
in Yatsushiro National College of Technology

Akinori Oda*, Susumu Kohata**, Hiroshi Nakahara***

In this paper, some activities to develop human resource for nuclear energy industry in Yatsushiro National College of Technology are described. The activities include: visits to nuclear power plant, experiments using measuring instruments for radiation, lectures on atomic energy, and so on. Students have acquired profound knowledge on radiation and nuclear power. In the future, a cloud chamber is planned to use for introductory education to attract more interest of students toward this field.

キーワード：放射線，原子力，人材育成

Keywords：Radiation, Nuclear Power, Human Resource Development

1. はじめに

現在，発展途上国を中心にエネルギー需要が急増しており，今後も世界全体のエネルギー総消費量は大幅に拡大すると予想される。エネルギー自給率の低い我が国で，エネルギーを安定的に供給していくためには，エネルギー供給源の多角化を進めるとともに，準国産エネルギーとして原子力発電を進めていくことは，地球温暖化対策の観点からも重要となっている⁽¹⁾。

しかしながら，我が国では，近年，原子力分野においては，原子力産業の低迷や職業・研究対象としての魅力が乏しいとのイメージから，進学・就職を希望する学生は減少傾向にある。このような状況の下，大学および高等専門学校における原子力分野の人材育成の充実を図るために，平成19年度から文部科学省と経済産業省との連携により策定された公募事業「原子力人材育成プログラム事業」が開始された。「原子力人材育成プログラム事業」には，原子力研究促進プログラム，原子力コア人材育成プログラム，原子力教育支援プログラム，チャレンジ原子力体感プログラムなど複数の種類がある。

八代工業高等専門学校では，応募していた「原子力研究

促進プログラム」(文部科学省)が平成20年度に採択され，様々な取り組みを行った。本論文では，今回取り組んだ内容やその概要・成果，および今後の展望などについて報告する。

2. 実施事業の概要

平成20年度に本校で取り組んだ事業は，主に以下の講義や体験学習から構成される。

(1) 放射線計測システムを用いた実験による放射線に対する知識の獲得，放射線・原子力エネルギーに関する講義の実施

(2) 原子力発電所の見学会，インターンシップや学外実習，地元の小中学生への放射線測定の体験展示

2・1 放射線計測システムを用いた実験による放射線に対する知識の獲得，放射線・原子力エネルギーに関する講義の実施

本校では，専攻科の共通実験科目「工業基礎計測」の一つのテーマとして，放射線の貫通力，放射線源からの距離と放射線量の関係などを計測するガイガーミュラー(GM)計数装置と適切な強度の放射線源から構成される「放射線計数装置システム」により，原子力・放射線物質に関する安全教育を従来より実施してきた。これらの計測機器類は，平成11年9月の茨城県東海村の株式会社JCOのウラン燃料工場施設で発生した臨界事故を受けて，同年12月に文部省により全国の国立高等専門学校に対して原子力安全教育設備として整備されたもので，その際本校で整備された測定器や放射線源等を表1，図1に示す。

平成20年度の事業では，前述の「放射線計数装置システム」に加え，放射線物質に関する知識をより深めるために，放射線エネルギーを解析できるスペクトロメータ付き装置

* 機械知能システム工学科
〒866-8501 熊本県八代市平山新町 2627
Dept. of Mechanical and Intelligent Systems Engineering,
2627, Hirayama-shinmachi, Yatsushiro, Kumamoto 866-8501

** 生物化学システム工学科
〒866-8501 熊本県八代市平山新町 2627
Dept. of Biological and Chemical Systems Engineering,
2627, Hirayama-shinmachi, Yatsushiro, Kumamoto 866-8501

*** 機械電気工学科5年生，現在は以下の通り
三井三池製作所株式会社九州事業所
〒836-0061 福岡県大牟田市新港町6番地 17

表1 平成11年度に導入した原子力安全教育設備

機器名称	会社等	モデル名	備考
シンチレーションサーベイメータ	Aloka	TCS-171	
電離箱式サーベイメータ	Aloka	ICS-311	
GMサーベイメータ	Aloka	TGS-136	
線量表示器	Aloka	EDB-103	
γ 線基準線源	日本アイソトープ協会		40kBq (137Cs)
ガイガーミュラー計数装置	千代田テクノ	ActivLAB	
AktivLab用のデモ線源	千代田テクノ	QCRB7471	α 、 β 、 γ 3核種混合線源
教育用放射線源保管箱	科学理科機器	RI-10	

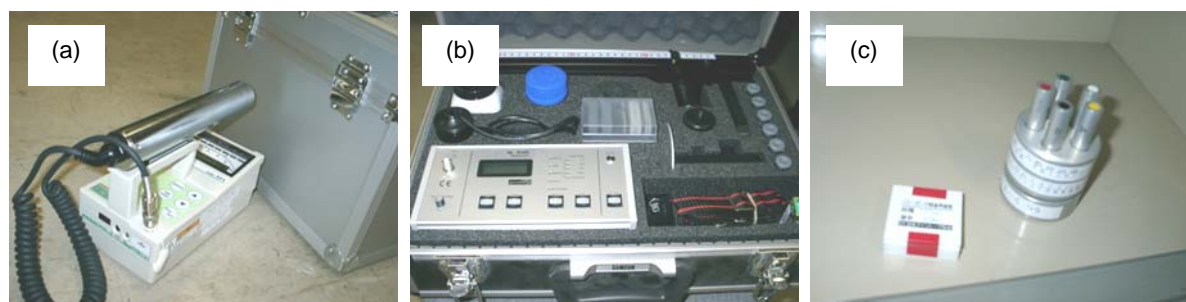


図1 (a) シンチレーションサーベイメータ, (b) GM計数装置 (ActivLab), (c) 放射線源

を導入した。既存のシステムと併用した実験・実習を行うことで、スペクトルの理解、未知核種の同定、半減期の測定等の実験を実施した。

専攻科だけでなく、本科で開講している「応用物理」（機械電気工学科5年、情報電子工学科4年）、「機器分析基礎」（生物工学科5年）や研究室での教育・研究活動（5年「課題研究」、4年「機械電気総合実習」）においても、これらの機器を用いた講義などを行うことで、技術者教育の一環として学生の放射線に対する知識の獲得を試みた。これらの内容を表2にまとめた。

2・2 原子力発電所の見学会、インターンシップや学外実習、地元の小中学生への放射線測定の体験展示の実施

講義・実験等で得られた知識をより深いものとして学生に身につけさせるために、原子力発電所の見学会を実施し

た。また、本科の4年・5年生を対象に、クラス担任等と連携して原子力発電所や関連施設へのインターンシップ・学外実習を働きかけた。

「八代こども科学フェア」等の地元小中学生を対象とした催し物や、「オープンキャンパス」「高専祭」など様々な機会において、放射線測定システムを利用することで、小中学生や一般の方々に対してデモによる紹介や測定を体験してもらった。来場者への説明等は学生に行わせることで、学生自身が原子力一般について、さらに理解を深めることを期待した。

放射線や原子力エネルギーは身近でありながら、漠然と怖いイメージを持つ人が多い。これらの活動を通して、本校の学生・教職員をはじめ小中学生・地域住民の方々が、放射線や原子力産業などに対して、正しい情報を知っても

表2 放射線や原子力に関係した講義・実験科目

科目名	対象学生	内容（開講時期等）
課題研究	機械電気工学科5年	・放射線計測システムの操作・取り扱いなどへの習熟，理解を主目的とした様々な実験に取り組み，その成果をマニュアル・報告書にまとめていく（通年開講）
機械電気総合実習	機械電気工学科4年	・放射線計測システムを利用した実習・実験に取り組む。また，装置利用のためのマニュアルを作成する（後期開講）
工業基礎計測	専攻科1年 （全専攻）	・既存の計数装置システムと併用した実験を実施し，放射線物質に関する知識をより深め，実践的な技術・技能を習得した人材の育成をはかる。また，原子力エネルギー利用に関する講義も実施（通年開講の後期）
応用物理	情報電子工学科4年	・放射線の基本的性質やその測定原理について機器を利用した講義などを実施する（通年開講）
応用物理	機械電気工学科5年	
機器分析基礎	生物工学科5年	・放射線の基本的性質やその測定原理について機器を利用した講義や環境放射能の測定などを実施する（後期開講）

表3 平成20年度に導入した主要機器

機器名称	製造会社	モデル名	備考
マルチチャンネルアナライザー (MCA)	工研電子産業	MSP-1000	1,024 チャンネル
シングルチャンネルアナライザー (SCA)	工研電子産業	KRC-200	
γ線検出端	工研電子産業	CSX-10	
α線検出端	工研電子産業	CSA-5	
放射線測定用実習キット	工研電子産業	KT-300	



図2 (a) マルチチャンネルアナライザー, (b) シングルチャンネルアナライザー, (c) 放射線検出端

らうと同時に、より興味・関心を持ってもらうことを目的とした。

3. 実際の取り組み

3・1 講義・実験の実施

放射線のエネルギースペクトルが分析可能なシステムを導入した。実際に導入した機器類を表3, 図2に示す。

導入した計測システムに対する操作法の習熟を兼ねたテスト実験や、既存の実験装置と併用した種々の実験を実施し、「機器利用マニュアル」, 「実験手順マニュアル」などの作成を「課題研究」(機械電気工学科5年), 「機械電気総合実習」(機械電気工学科4年)で行った。

「機器分析基礎」(生物工学科5年)において、放射線と環境、環境中の放射能の調査の事例、放射能測定装置 (GM およびシンチレーションサーバイメータ) の原理について講義を行い、さらに、図1(a)のシンチレーションサーバイ

メータ TCS-171 を用いて環境放射能の測定を実施した。この測定データは従来の数年来の計測値などを含めて整理して論文として発表した⁽²⁾。

「応用物理」(機械電気工学科5年, 情報電子工学科4年)において、放射線測定器を用いた講義を実施した。「工業基礎計測」(専攻科1年)において、放射線測定実験を実施した。

3・2 放射線計測実験の例

図2(a)のマルチチャンネルアナライザー (MCA) を用い、教育用放射線源 (図1(c)参照) から得るγ線のエネルギースペクトルの計測例を図3に示す (放射線源として Cs137 を利用)。横軸はチャンネル数 (γ線のエネルギーに対応)、縦軸は放射線のカウント数を示す。この例では、109チャンネルの位置にピークが表れている (矢印の部分)。Cs137 線源のγ線エネルギーが 662keV であり、一つのチャンネルが $662/109 \approx 6.07 \text{ keV}$ 程度に対応しているといえる。

これ以外の放射線源 (Co60, Na22, Am241) でのスペクトル計測においても、適切なスペクトルピークが得られ、未知核種の同定の可能性が確認できた。また、図2(b)のシングルチャンネルアナライザー (SCA) を用いることでも、計測エネルギー範囲を適切に選択することで、スペクトルを得ることができた。

次に、放射線の遮蔽に重要なγ線の吸収係数の計測実験例を示す。図4は、SCA に放射線検出端 (γ線用) を接続し、検出端から 10cm 離れたところに Cs137 線源を置き、その間に厚さ 0.1cm~1cm の鉛の板を挟み、鉛によるγ線の減衰の度合いを調べている様子を示す。測定結果を図5に示す。横軸は鉛板の厚さ、縦軸は検出端でのγ線の検出個数の自然対数をとっている。鉛板の厚さが大きくなるに従い、

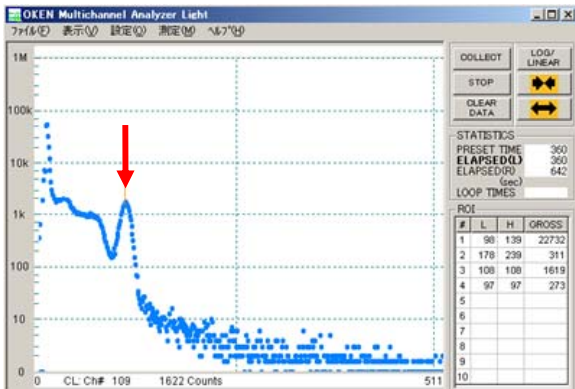


図3 MCAでのスペクトル計測例



図4 「工業基礎計測」での放射線計測実験の様子（ γ 線の吸収係数測定）

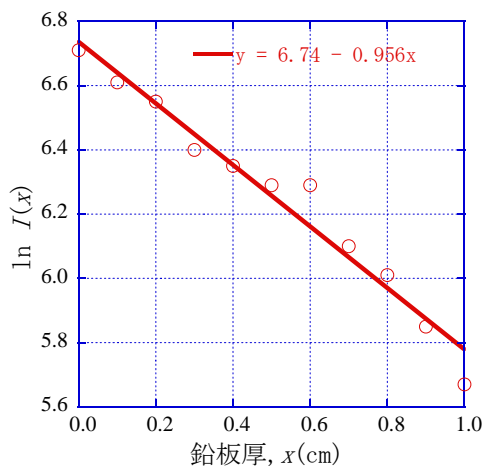


図5 Cs137の γ 線遮蔽実験

γ 線の強度が弱まっていることがわかる。

γ 線の強度 I は、物質の厚さ x （ここでは、遮蔽物質の厚さ）と

$$I(x) = I_0 \exp(-\mu x) \quad (1)$$

の関係となる。ここで、 I_0 は物質表面での γ 線強度、 μ は遮へい物質の吸収係数である。この式より

$$\ln I(x) = -\mu x + \ln I_0 \quad (2)$$

となり、図5のグラフの傾きが吸収係数を示す。グラフより実験値は約 0.96cm^{-1} であり理論値 (1.2cm^{-1})⁽³⁾とほぼ一致している。参考のため、GM計測器“Aktivlab”（図1(b))を用いて同様な実験を行った。この場合の吸収係数の実験値は約 0.88cm^{-1} であり、SCAを用いた場合の値と概ね等しいことがわかった。

なお、これらの実験は「工業基礎計測」（専攻科1年）、「課題研究」（機械電気工学科5年）、「機械電気総合実習」（機械電気工学科4年）において実施した。



図6 玄海原子力発電所見学会で原子炉の仕組みの説明に聞き入る専攻科の学生

3・3 原子力発電所の見学会

機械電気工学科の3年生が九州電力川内原子力発電所を見学し、専攻科1年生（23名）およびその他の学生・教職員の希望者を対象とした九州電力玄海原子力発電所の見学会を実施した（図6参照）。このうち、専攻科1年生（約85%の学生が初めての見学であった）を対象に以下のアンケートを実施した。

（設問）

「地球環境を護るために炭酸ガスの放出を削減することが必要であり、原子力発電は火力発電に比べ炭酸ガスの放出が少ないことから原子力発電をもっと増設する必要があるといわれています。この問題についてどのようにお考えですか」

（回答選択肢）

- イ. 原子力発電所の増設はもっとも効果的な方法である。
- ロ. 原子力発電所は増設せず、今後電気の消費量を増加しないように各自が電気製品の使用を控える。
- ハ. 風力発電、太陽光発電を出来るだけ増設し、不足分は原子力発電でまかなう。

アンケート結果は、イ：7名、ロ：6名、ハ：13名であった。炭酸ガスの放出を削減するためには、原子力発電所の増設はある程度やむを得ないといとの意見が支配的と言える。また自由記述の結果を表4に示す。原子力発電に対する否定的なコメントも幾つかみられたが、原子力発電に対する理解度が深まった、具体的なイメージが明確になりよかった、省エネの重要性を再認識できた、など肯定的なコメントが多かった。

3・4 インターンシップや学外実習への参加

機械電気工学科5年生の1名が、近畿大学原子力研究所の教育・研究用原子炉（UTR-KINKI）を使用した原子炉の運転実習に参加し、他大学の学生と共同実習を行った。その様子を図7に示す。この実習では、以下の内容を体験した。

- ・原子炉起動前の点検
- ・原子炉の起動・臨界運転・停止



図7 近畿大学原子力研究所の原子炉の運転実習の様子

- ・制御棒の反応度の測定
- ・原子炉内中性子束分布の測定
- ・原子炉からの γ 線測定
- ・原子炉建屋内の中性子線量測定
- ・中性子ラジオグラフィ

学校の講義で習っていない事も多かったが、放射線や原子力に対する知識を深めることができた。

また、機械電気工学科の4年生2名が日本原子力発電株式会社（茨城県）の夏季インターンシップに参加した。原子力発電所の炉心管理、放射線管理などを含む様々な講義や、東海発電所や社外施設の現場見学などを行った。発電所を見学することでその内部の構造や施設について知ることができた。また、原子力発電所に関連している施設を見学することで、燃料等の仕組みなどについても知識を得ることができ、貴重な体験をした。

3・5 オープンキャンパス、高専祭等への出展による地域の小中学生への放射線測定の体験学習

地域の小中学生を含む来場者に対して、放射線についての興味や放射線に対しての正しい知識を持ってもらうことを目的として、説明用パネルを作成し「オープンキャンパス」「高専祭」「やっしろ子供科学フェア」などに放射線測定機器類を出展し、来場者に対する説明や様々な放射線測定の実演などを行った。その様子を図8、図9に示す。

学校の授業で習っていないこと、内容の難しさ、イメージがわきにくいなどの理由からか、あまり興味を持ってもらえなかった。よって、小中学生などの興味を引くための、より一層の工夫が必要であることがわかった。

3.6 専攻科学生へのアンケート結果の分析

専攻科1年生は原子力発電所の見学や「工業基礎計測」において、原子力エネルギーの説明や放射線の知識獲得、放射線計測実験などを行っている。そこで、平成21年の2月に、今回の事業の総合評価を主目的としたアンケートを実施した。結果を表5、表6に示す。

表5は、原子力への興味・関心(A)、原子力への正確な



図8 「やっしろ子供科学フェア」で地域の子供が放射線測定を体験している様子



図9 オープンキャンパスで中学生に説明している機械電気工学科5年生の様子

知識・情報の習得(B)、実習・実験による課題発見能力の獲得(C)、スペクトル解析装置の原理・概要の理解(D)の4項目の質問に対して、①そう思う、②多少は思う、③あまり思わない、④そう思わない、として回答結果をまとめたものである。項目(C)については、「あまり思わない」という回答が20%程度みられたが、それ以外の質問項目に対しては①、②の回答が95%程度であり、概ね当初の目標を達成できたものと考えられる。表6の自由記述から、全般的には今回の講義・実験および見学会という組み合わせの取り組みは、効果的であったと言えよう。

4. まとめと今後の展望

本論文では、平成20年度の「原子力人材育成プログラム事業」に基づく八代高専の様々な取り組みの概要やその成果を述べた。

学生は、原子力発電所の見学会や専攻科の実験・実習科目「工業基礎計測」での放射線計測実験などの放射線・原子力教育の実施を通じて、放射線・原子力などへのより深い正確な知識を得ることができたと同時に、放射線・原子力について、興味・関心を持てるようになった。なお、原子力発電所の分析業務を主体とする企業へ内定した専攻科学

生を輩出した（平成 22 年 4 月入社予定）。

私たちは、空から降りそそぐ宇宙線、地上の放射性物質から生まれる放射線など“自然放射線”のなかで暮らしており、放射線は非常に身近なものである。しかし、実際には、放射線は目で直接見えないため、その存在に気付かず馴染みの薄いものとなり、ひいては、漠然と怖いイメージを持つことにつながりやすい。以上の点を踏まえ、今後は、放射線の飛ぶ様子を直接観ることが可能な“霧箱”も利用し、今回導入した放射線測定機器などと組み合わせ工夫を行い、学生の関心や教育効果をより高めるとともに、原子力分野に適応できる人材の輩出を目指したい。

（平成 21 年 9 月 30 日受付）

文 献

-
- (1) 原子力人材育成の在り方研究会調査報告書: 平成 19 年 3 月, 社団法人 日本原子力産業協会
 - (2) 木幡進, 小田明範: “環境放射能測定実習への講義への導入による放射線教育の実践”, 技術・教育研究論文誌, Vol.15, No.2, pp.47-50 (2008)
 - (3) アイソトープ手帳 10 版 机上版, 日本アイソトープ協会(2002)

表4 原子力発電所見学会参加者に対するアンケートの自由記述（専攻科学生）

<ul style="list-style-type: none"> ・原子力発電の利点、欠点を補う努力にすごいと思った。エネルギーの大切さもよくわかりました。ありがとうございました。 ・原子力発電について具体的なイメージをもていなかったが、今日の見学でどのように発電がおこなわれているかということ、また、安全管理が徹底されていることを知った。原子力の有効性は理解できたがやはり原発事故のイメージが大きく不安はあるが、今回のような見学はそのイメージを変えることができたと感じた。 ・原子力発電についての知識が深まり、今日の見学に参加することができてよかったと思う。 ・ウランやプルトニウムといった物質は核爆弾などのイメージが強く、怖いというイメージがあった。今日の見学会では核エネルギーがこれからの先の世の中で非常に重要になりうるということがわかり、もっと原子力による発電を増やすべきだと思った。そのために、原子力発電所の安全性をもっと広く理解してもらう必要があると思った。 ・発電の管理の徹底が感じられた。 ・一人一人が省エネしていく必要があると思った。 ・省エネをこころがけよう。 ・詳しい説明でわかりやすかったです。サイエンス館のパネルなどをもう少し詳しく見たかったので時間が欲しかったです。 ・高速増殖炉が早くできるといいですね。 ・非常に興味深い見学会でした。個人的には施設にもう一度来てみたいです。 ・一度インターンシップで浜岡原子力発電所に行ったので、ある程度の知識はあったが、今回の見学で改めて勉強をすることができてとても為になりました。 ・太陽光発電にしたらいいのではあるまいか。各家庭での消費電力を減らせば十分では。 ・建設に対して住民からどのような反応があり、どのように対処したのかが気になった。また、設備面での安全は非常に気をつけていたが環境に対しては定期的に測定し土や森が変わっていないか、海に温水を流すことで生態を変えていないかなどに配慮しているのかが気になった。 ・日ごろは見学があまりないので、いい機会であった。 ・自分の家の隣に作るといわれたら何ともいえない。安全性の周知が必要。
--

表5 専攻科1年生に対するアンケート結果（平成21年2月実施）

質問	回答			
	そう思う	多少は思う	あまり思わない	そう思わない
A: 今年度の経験(講義や見学会など)を踏まえて、あなた自身は以前より放射線・原子力について、興味・関心・親しみを持てるようになりましたか。	7	13	1	0
B: 原子力を主たる専攻としない(周辺分野を専攻とする)学生として、従来と比較して、放射線・原子力などへのより深い正確な知識を得たと思いますか。あるいは、正しい情報を身につけたと思いますか。	12	8	1	0
C: 実習・実験への取り組みを通して課題発見能力が身についたと思いますか。	4	12	5	0
D: 本年度の事業で購入したスペクトル解析装置(放射線強度のエネルギー依存性を表示する装置)について、その原理・概要などについて、ある程度理解できましたか。	4	16	1	0

表6 専攻科1年生に対するアンケートの自由記述（平成21年2月実施）

<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギーとして勉強したいと思った。 ・原子力というだけで嫌なイメージを持ちがちであったが、少し考え方が改められた感じがする。 ・放射線のイメージを変えることのできた実習となった。 ・見学会は急ぎすぎてよくわからない部分も多かったです。原子力に対してただ危険なものではなかったことに気付いたです。しかしながら、危険でないことを知るのは必要だが、どうしたら危険かも知らなければならぬと思った。 ・正しい知識が得られることは良いことだと思います。 ・放射線について正しい知識を身につけることが重要で、実験と原発の見学でそれらができた。 ・見学を通じて原子力発電の原理を学び、実験によってその内容を深く理解することができた。 ・放射線は非常に便利である反面、非常に危険であることがわかった。 ・実験をしたり、原発に見学に行くことで実際に原子力というものにふれてみて、とても勉強になりました。 ・これからも大切なことだと思うので、勉強して良かったと思う。 ・原子力というものについて初めて深く考える良い機会になりました。是非今後ともこのような実習や見学会などを続けて欲しいと思います。
