

高知工科大学における放射線教育

百田 佐多生^{1*} 榎本 恵一¹

(受領日：2013 年 5 月 7 日)

¹ 高知工科大学環境理工学群

〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185

* E-mail: momota.sadao@kochi-tech.ac.jp

要約：放射線は、基礎科学から産業界・医療に渡る広い分野で利用される強力なツールの 1 つである。また、2011 年の東日本大震災を原因とする福島原子力発電所からの放射性物質の放出事故は、発電所周囲の環境や食物の放射能汚染を引き起こし、解決に何十年もかかることが予想される。このような状況下で、放射線・放射能の正確な知識と計測技術を持った学生の育成を目的として、放射線の実習科目を開講した。この実習科目の立ち上げのために、放射線測定装置一式を導入した。特に、高度な知識と技術を要する Ge 半導体検出器を用いた実習では、日本分析センターの協力を得ることができた。この実習で学生が得た知見と体験は、福島原発事故によって引き起こされた環境や食品の汚染問題の解決や、風評に惑わされずに適切な判断や行動をするために役立つものと期待される。

識の定着

2) 法令・国際基準に基づく安全評価

3) 知識・測定結果に基づく適切な判断や行動

この論文では、実習科目の開講に向けた準備と、実習内容およびその成果に関して紹介する。

1. はじめに

放射線は、基礎科学だけでなく、広く産業界や医療の分野で利用される強力なツールの 1 つである。また、放射線の放出源である放射性物質は、地球表層における物質の輸送・循環や地球の内部構造に関する研究のためのトレーサの役割を果たす。2011 年に起きた福島原子力発電所の事故による放射性物質の放出と拡散は、エネルギー・環境の分野に深刻な問題を発生させた。また、放射線や放射性物質に関する一般社会での教育が不十分であったため、不正確な情報や流言を原因とする二次的な問題も発生した。

このような状況の下で、環境理工学群が 2013 年度から環境プログラムを開始することになった。このプログラムの中の放射線に関する講義を、実習を中心とする科目である「放射線実習」として 2012 年度からプログラム開始に先立って開始した。

この実習科目を通じて、放射性物質に関する知識と同定・定量技術を有し、正確な情報を発信できる人材の育成に貢献することを目指した。このために、以下の 3 点を実習科目の達成目標とした。

1) 体験を通じた放射性物質・放射線に関する知

2. 「放射線実習」の開講準備

2.1 実習内容の検討

環境理工学群における放射線教育の立ち上げのために、2011 年から準備を開始した。放射線の性質や環境に対する影響をオリエンテーションで学んだ後に、体験的に基礎技術を習得する実習形態とすることを考えた。放射線は強い透過力を持ち、放射線の種類や遮へい体によって透過度が大きく変化することを実習で体験することを一つ目の目標とした。次に、土壌や大気中など環境に含まれる自然放射線を測定することを 2 つ目の目標とした。最後に、2011 年の事故直後から問題になっていた放射能で汚染された食品に関する実習を通じて、放射線が人間に与える影響や規制値の意味合いを理解できるようにすることを 3 つ目の目標とした。

これらの実習のためには、それぞれの目的に適した放射線測定装置やサーバイメータを導入する必

要があった。また、測定装置を使った放射能の評価のために、装置の操作法だけでなく測定結果から放射能含有量を導出するプロセスを専門の機関から学ぶ必要があった。そこで、経産省の「原子力人材育成プログラム補助事業」への応募を契機として連携がはじまった日本分析センター(以下 JCAC)から、特にGe 半導体検出器を用いた実習内容に関して助言をいただいた。

2.2 実験装置の導入

『放射線実習』で使用する放射線測定装置やサーベイメータの導入のために、H24 年度共用大型機器経費に申請し採択された。この経費によって整備された放射線計測装置は以下の通りである。

GM 測定装置	× 1 式
シンチレーションディテクタ	× 1 式
シンチレーションサーベイメータ	× 2 台
電子ポケット線量計	× 10 台
放射能測定システム(NaI)	× 1 台
Ge 半導体検出器	× 1 式

Ge 半導体検出器の本体は JCAC から無償で移譲していただいたため、鉛遮へい体を利用した高感度な測定が可能となった。

3. 実習内容

実習の動機付けのために、実習に先立って実習者に対して課題を出した。食の安全¹⁾と原子力発電の将来²⁾に関する資料を読んで、規制値の現状や自分の意見をまとめさせた。

最初に、43 名の実習者に対して放射線や放射能の基礎事項と各実習のねらいを説明した後、6つのグループに分かれて実習を行った。各実習の測定結果は、各個人で報告書にまとめ提出させた。

3.1 β 線・ γ 線の性質

GM 測定装置とシンチレーションディテクタを用いて、 β 線や γ 線の性質を理解するための実習を行った。図 1 は、GM 測定装置を用いて ^{90}Sr (β 線源) から放出される β 線の物質中での透過力を測定している様子である。

実習者はこの実習を通じて、放射線の放出が統計的な現象であることや、放射線が強い透過力を持つことを学んだ。さらに、シンチレーションディテクタと ^{137}Cs (γ 線源)を用いた実習を実施することによって、透過力が遮へいする物質や放射線の種類によって大きく変化することを学んだ。



図 1. GM 測定装置を用いた実習

3.2 空間線量率の測定

シンチレーションサーベイメータを用いて、空間線量率を測定した。空間線量率は図 2 中に示された地点で測定し、測定法は放射線測定に関するガイドライン³⁾に従った。ただし、ガイドラインで想定される線量率より低いために、時定数 30 秒で 1 分間測定した。測定は 3~4 名が一組となり、測定者を交代し全員が測定を経験できるようにした(図 3)。

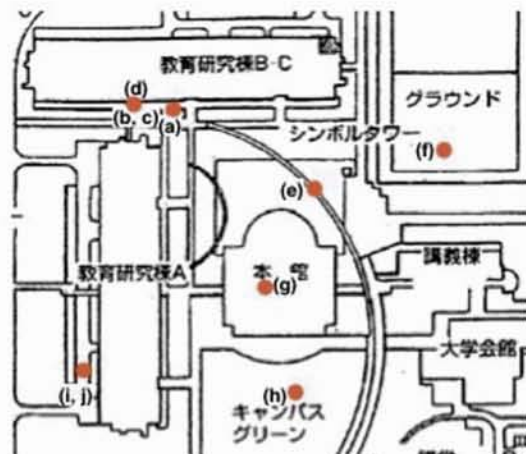


図 2. 空間線量率の測定位置



図 3. 屋外における空間線量率の測定

実習者は、測定結果から空間線量率が地面から高くなるほど減少する(図2の(b)と(c)の比較)ことや、池や川など水の上(図2の(c))で小さくなるなど、空間線量率の一般的な傾向を学んだ。それ以外の地点では、2004年に高知県衛生研究所が作成した線量マップ⁴⁾に示された線量率(40～60 nSv/h)に近い値となった。

3.3 放射能測定システムを用いた環境試料の測定

2種類の放射能測定システム(NaI, Ge)を用いて、環境試料中の放射性物質を同定し、その放射能濃度を定量した。NaIシンチレーションスペクトロメーターは食品中の放射性同位元素の検査にあたり最も普及している機器であり、多数の食品類の一次スクリーニングの役割を担っている。Ge半導体検出器は高価で測定に技術を要する装置であるが、試料中に含まれる放射性物質を高感度で検出し、その含有量を高い精度で決定できる装置である。これら2種類の放射線検出器の特徴を表1で比較した。

表1. 放射線測定装置の比較

装置	Ge 半導体検出器	NaI シンチレーションスペクトロメーター
特徴	遮へい体があり、重量1.5～2 t。液体窒素による冷却が必要。測定時間30 min以上。公設試験場等に設置。	遮へい体があり、重量50～100 kg。比較的小型であり、短時間(10～20 min)で測定できる。農業や食品関係の事業所等に設置。
分解能	分解能が高く、核種ごとの定量ができる。	Ge 半導体検出器より分解能は劣る。
検出限界	10 Bq/kg 程度	20 Bq/kg 程度

3.3.1 放射能測定システム(NaI)を用いた実習

NaIシンチレーションスペクトロメーターの放射線検出機構は、NaI結晶に入射した放射線を蛍光として検出し、比較的大型の結晶(2～3 インチ)を装備しているため検出感度が高い。また、放射線のエネルギーによる核種の識別と定量が可能である。機器そのものはテーブルに置けるほど小型であるが、外部からの放射線を遮へいする鉛に覆われているため重量は50 kg 近くある。Ge半導体検出器と比べると放射線エネルギーの分解能が劣っているため、

エネルギーレベルが近接している放射線の測定は困難である。表2に示す食品の放射性セシウム基準値である50 Bq/kgは検出可能であるが、飲料水の基準値10 Bq/kgは精確に測定できない。検出下限値は測定条件と試料によって異なることは言うまでもない。多くの事業所で本機器が使用されているのは、Ge半導体検出器に比べて低価格であること、普通の事務所に設置できること、測定に液体窒素は不要で取り扱いや維持管理が簡便であること等がその理由である。この特徴を利用し、本機器による一次スクリーニングとそれに続くGe半導体検出器による精密測定という役割分担が成されている。

表2. 放射性セシウムの基準値

食品群	規制値(Bq/kg)
一般食品	100
乳児用食品	50
牛乳	50
飲料水	10

厚生労働省(平成24年4月1日施行)⁵⁾

実習では、Raytest社製NaIシンチレーションスペクトロメーターMuchaを使用し、機器の起動と校正、試料の放射線測定を行った(図4)。測定した試料は¹³⁷Cs線源、塩化カリウム(試薬)、市販の粗塩、玄米である。試薬の塩化カリウムや粗塩に含まれる塩化カリウムには0.0117%の放射性⁴⁰Kが含まれている。



図4. NaIシンチレーションスペクトロメーターを用いた実習

この実習では¹³⁷Cs、⁴⁰Kとも明瞭に検出することができた。実習者は比較的簡単な操作で放射線を測定できることを学び、試薬の塩化カリウムからわずかとは言え放射線が出ていることに少し驚いたようである。市販の玄米(高知産、秋田産)の測定

では実習者は真剣なまなざしで実習に参加し、 ^{137}Cs が検出されなかった時には感激の声が上がったのは思ってもみなかった実習の成果であった。

3.3.2 Ge 半導体検出器を用いた実習

環境試料(放射性物質を含んだ玄米)から放出される γ 線を Ge 半導体検出器で測定し、試料中に含まれる放射性物質の同定と定量を行った。図 5 は、Ge 半導体検出器を用いた実習の様子である。Ge 半導体検出器の動作原理を説明した後に、標準線源(^{60}Co , ^{137}Cs)から放出される γ 線を測定し、波高分析のチャンネルと γ 線のエネルギーを直線式で校正した。次に、U8 容器に入れた玄米から放出される γ 線のエネルギースペクトルを測定した。測定に用いた試料は、放射性セシウム(^{137}Cs)を含有する放射能濃度測定用の玄米である。測定したスペクトル中のピークエネルギーから試料に含まれる放射性物質が ^{137}Cs であることを同定させた。次に、 γ 線の計数率に Ge 検出器の検出効率などの補正を行い、試料に含まれる放射性セシウムの放射能濃度(Bq/kg)を求めさせた。最後に、この玄米を精米した後に 1 年間摂取した場合の平均的な年間内部被ばく線量を求め、人体に対する影響に関して考察させた。



図 5. Ge 半導体検出器を用いた実習

4. 教育効果

β 線・ γ 線の性質を理解するための実習では、放射線が持つ強い透過力や距離とともに強度が減衰していく様子を測定した。この実習で得た知識は、放射線を研究のツールとして効果的に利用するだけでなく、放射線から身を守るための基礎知識としても役立つことが期待できる。また、空間線量率の測定では、実習者は日常生活で自然放射線に常にさらされており、この放射線量は土壌や高度などによってわずかではあるが有意に影響を受けることを

学んだ。放射能測定システム(NaI, Ge)を用いた実習では、環境試料(食物)中に含まれる放射性物質を同定・定量するための分析法を体験し、得られた結果を食品の規制値と比較した。実習のレポートでは、実習者は単なる数値の比較だけでなく、その数値が持つ意味や自分自身の行動に関しても記述されていた。これは、事前課題の資料¹⁾で、食品に関する基準値が決まる経緯や風評被害に関する情報を学んでいたからであろう。

5. おわりに

平成 24 年度から新規に放射線に関する実習科目を開講した。受講した学生は、実習を通じて放射線の性質や環境放射線に関する知識を学び、放射線を測定する基礎技能を習得した。事前課題やレポートをまとめることによって、法令・国際基準に基づく安全評価や適切な判断・行動を主体的に決定する姿勢を持たせることができ、当初の目的を達成できたものと考えている。

今回の実習では、技能習得が主な達成目標となり、放射線の性質や測定原理の説明は実習に必要な項目のみを実習の中で説明するのにとどまった。この放射線教育をよりいっそう充実させるために、次年度からは座学の時間を増やして放射線とその応用原理や環境に与える影響などを学べるようにする予定である。

文献

- 1) 松永 和紀, “放射線リスクと「食の安全」—風評被害と報道の課題(上)—”, FBNews, 第 433 号, P.2-6, 2013.01
- 2) “Climate Change and Nuclear Power 2011”, IAEA ホームページ (URL = <http://www.iaea.org/newscenter/news/2011/reportclimatechange.html>)
- 3) “放射線測定に関するガイドライン”, 首相官邸ホームページ (URL = http://www.kantei.go.jp/jp/tyoukanpress/201110/_icsFiles/afieldfile/2011/10/21/21shiryou02.pdf)
- 4) 近澤紘史, 植村多恵子, 石井隆夫, “高知県の地表 γ 線量率”, 高知衛研報, 50, P.59-64, 2004
- 5) “食品中の放射性物質への対応”, 厚生労働省ホームページ (URL = http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/shokuhin.html)

Radiation Education Performed at KUT

Sadao Momota^{1*} Keiichi Enomoto¹

(Received: May 7th, 2013)

¹ School of Environmental Science, Kochi University of Technology,
185 Tosayamadacho-Miyanokuchi, Kami, Kochi, 782-8502, JAPAN

* E-mail: momota.sadao@kochi-tech.ac.jp

Abstract: Radiation is one of the powerful tools, which are utilized in various fields ranging from fundamental sciences to industries and medical treatments. In addition, radioactive substances were released from Fukushima Daiichi nuclear power station caused by 2011 Tohoku earthquake and tsunami. This disaster has induced radioactive contamination on surrounding environment and foods and it is evaluated that many decades are needed to settle this problem. In order to educate the knowledge of radiation/radioactivity and their detecting skill, we have designed and begun a training class of radiation. The facilities for radiation detection have been introduced for the starting up. For the training with Ge semiconductor detector, which needs advanced knowledge and special skill, we could obtain a considerable support from Japan Chemical Analysis Center. It is confirmed from the reports that the trainee of this class has acquired knowledge and experience concerning radiation and radioactivity. It is expected that their results will help them to treat the radioactive contamination induced by the disaster of nuclear power station and make proper decision without influences of rumors.

