

薬学教育における放射化学実習の評価

Evaluation of Radiation Measurement Practice on Understanding Radiation
Relating Characteristics and Protection Principles in Pharmacy Education

國 枝 英 子

Eiko KUNIEDA

小 崎 康 子

Yasuko KOZAKI

Abstract:

Most Japanese people have not learned about radiation because radiation education had not been provided in junior and senior high schools from 1977 to 2011. When the disaster at the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station happened, people of Japan were filled with a fear of radiation. Their fear may not be based on scientific grounds. Since then they have been more concerned about radiation and desirous to get correct knowledge based on scientific grounds. The students of college pharmacy similarly have vague fears of radiation. They also seem to be desirous to acquire knowledge based on scientific grounds.

The students of college pharmacy in the fourth year have a course of fifteen lectures on radio-pharmacy and one radiation measurement practice which determines the dependence of radiation count rate on distance, shielding thickness and shielding material.

As it has been four years since we introduced the course in 2009, we conducted a questionnaire survey of the pharmacy students at the end of the course. We asked them to remark on radiation measurement practice.

As a result most of the students came to think that being sensitive to radiation is not the same as fearing it. They realized that they need to acquire knowledge of radiation based on scientific grounds. They understood

the risk of radiation exposure and thought that it must be safe if they can handle radiation in a safe manner. Our results suggest that they can better understand radiation relating characteristics and protection principles through radiation measurement practice.

はじめに

我が国では、1977年以降35年間にわたり、小学校から高等学校に至るまで放射線に関する教育が行われてこなかった¹⁾。そのため、多くの人が放射線に関する十分な科学的知識を学ぶ機会のないまま現在に至っている。したがって、ほとんどの学生は放射線について学んだことがなく、広島や長崎の原爆投下、チェルノブイリ発電所事故等によって漠然と放射能は危険、怖いという負のイメージを持っていると思われる。

2011年3月に福島第一原子力発電所事故が起こり、一般の人の放射線に対する関心が高まっている。学生の多くも放射線について知りたいと思っていると推測される。

金城学院大学薬学部では、2009年度から4年生で半年間の放射薬学の講義及び4時間の放射化学実習を行っている。実習を始めて4年が経過したのを機に、この実習について学生が何を感じているのか、実習の目的がどの程度達成されたかなどを調査し検討した。さ

らに、学生の放射線に対するイメージに実習がどのような影響を与えたかも調査し考察した。

その結果、放射化学実習は、放射線に関する科学的基礎知識の習得度を高め、科学的根拠に基づく放射線のイメージの構築に貢献したことを報告する。

実習の要約

放射化学実習は、二つの実習AとBとからなる。4年生113名を4~5名単位の24グループに分け、1回に4グループずつ、実習A、Bそれぞれ2時間、合計4時間行う。すべての学生に結果と考察のレポートを提出させる。学生実習用密封小線源を用いるので、被曝の恐れはないと考えられるが、念のために外部被曝個人線量計を学生全員に装着させ、線源のまわりに1cm厚アクリル樹脂遮蔽板を設置した。

実習A：①GM計数管を用いて放射性検体(密封小線源Cl-35)から放出される β 線をいろいろな厚さのアルミニウム吸収板で遮蔽して計数率を測定し、吸収曲線を作成する。②吸収曲線から最大エネルギーを求める。③最大エネルギーから放射性検体の核種を推定する。①、②、③の操作を通して、GM計数管の特性、 β 線最大エネルギーの測定と放射性検体の核種の推定、及びアルミニウム板の遮蔽効果の概略を理解する。

実習B：①GMサーベイメータを用いて密封小線源Sr-90から出る β 線を線源からの距離を変えて測定する。②厚さ2mmのアクリル樹脂板、アルミニウム板、鉄板、鉛板の遮蔽効果を比較し、遮蔽効果の弱い遮蔽材は枚数を増やして遮蔽できる厚さを求める。①、②の操作を通して、放射線の外部被曝防護の3原則のうち「距離をとる」、「遮蔽する」の二つを確認する。また、これらの実験と並行し

て、天然線源である昆布、カリウム肥料、温泉の華、塩化カリウムの計数率を測定し、ユークセン石から出るラドン-220の α 線及び閃ウラン鉱石から出るウラン-238の α 線の飛跡を観測する。

実習前の準備

- 年度始めに実施される4年生健康診断のときに電離放射線健康診断(問診、血液検査、皮膚と眼の視診)を合わせて実施する。
- 事前学習(教育と訓練)を実施する。その内容は次のとおりである。

放射線の基礎知識、放射線測定法(以上放射薬学の授業で4.5時間)

放射線の人体に与える影響、放射性物質の安全取扱い、放射線障害防止に関する法令、金城学院大学薬学部放射線障害予防規程(以上放射線安全講習として1.5時間)

調査のねらい

放射化学実習全般

薬学部の学生は、将来薬剤師として放射性医薬品の調剤など、放射線を用いた医療に携わる可能性があり、薬剤師には、利用する放射線のレベルを把握し線量とリスクとの関係を知っておくことが求められる。このことを踏まえ、この実習が学生の放射線に対する意識にどのような影響を与えたかを調査した。

実習A

GM計数管は気体の電離作用を利用した測定器である。電極に入射した放射線の種類やエネルギーに関係なく一定の高さの電圧パルスが得られる電圧をかける。この電圧下、放射線によって電離された気体の電子が中心電極(陽極)に集められるとき、十分な加速を得てほかの気体を電離するようになり、電子数が急激に増大するなだれ現象(電子なだれ)を起こす。そのため取り出される電圧パルス

は大きく一定の高さになる（プラトー）。しかし、この電子なだれによって中心電極を陽イオンの鞘が包み、引き続いて入射した放射線が測定できない状態になり、数え落としが発生する。陽イオンの鞘が消えて次の放射線が測定できるまでの時間を分解時間という。したがって、GM計数管で計数率を測定するときは、分解時間と数え落としの補正をしなければならない。これらのほかに、放射線がGM計数管の有感領域に入射する以前の空気や入射窓による吸収も考慮しなければならない。

β 線は電子線であり、電子は物質中で電離などによってエネルギーを失う。 β 線が物質中の最も深いところまで届く距離を最大飛程という。放射性核種の β 壊変に伴って放出される β 線は連続スペクトルをもっているため、物質の吸収曲線から β 線の最大飛程を求めるのは難しい。しかし、アルミニウム中の最大飛程から β 線の最大エネルギーを求める経験式が知られている。したがって、 β 線を放出する放射性検体とGM計数管の間にアルミニウム吸収体を置き、吸収体の厚さを変えて作成した吸収曲線から放射性検体の核種を推定することができる。

実習Aを通して、これらのGM計数管の特性と動作原理、測定における補正因子、及び β 線の吸収特性についてどのくらい理解できたかを調査した。

実習B

放射線は五感（視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚）でとらえられないので、測定が重要である。薬学分野の研究では、 β (γ) 線を放出する放射性物質による表面汚染の測定及び空間線量率の測定に適しているGM計数管式サーベイメータ（以後GMサーベイメータと略記する）が広く用いられる。

実習Bでは、GMサーベイメータを用いて、

線源からの距離の2乗に反比例して計数率が減少すること（距離の逆2乗則）と線源の前に遮蔽物を置けば計数率を自然計数率まで減弱できることを確かめられたか、及び外部被曝防護のために「距離をとる」、「遮蔽する」ことで放射性物質を安全に取扱えることを理解できたかを調査した。また、GMサーベイメータの取扱いに習熟できたか、バックグラウンド放射線（自然放射線）の存在や身近にある物質からも放射線が出ていることを実感できたか、及び天然線源の測定と α 線の飛跡の観察で感じたことを調査した。

調査対象

金城学院大学薬学部4年生113名（2009年度入学）。

調査方法

実習後の放射薬学の授業のときに、(1)放射化学実習全般、(2)実習A、(3)実習Bに分けて別表1、2、3に示す内容のアンケートを取った。

(1) 放射化学実習全般についてのアンケート（別表1）

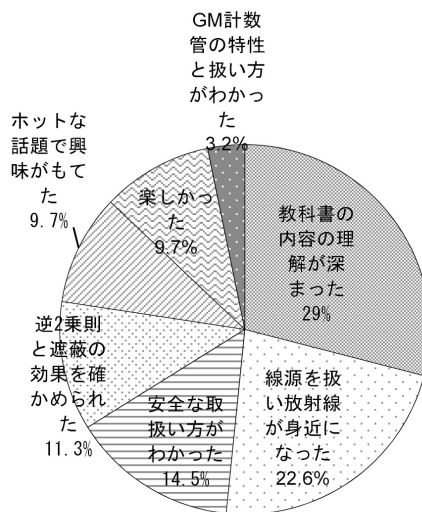
①放射化学実習についての感想、②実習時間は適切か、③実習後に放射線に対する意識が変化したか、④将来、薬剤師として放射性医薬品を調剤したいと思うか、以上4項目をすべて選択式で問い、その理由や具体的な内容を記述できるようにした。

(2) 実習Aについてのアンケート（別表2）

①GM計数管のプラトー特性を理解したか、②自然放射線の影響を考慮することの重要性を理解したか、③ β 線の吸収曲線と最大エネルギーについて理解したか、④GM計数管の分解時間と数え落としを理解したか、⑤GM計数管の計数率補正の仕方を理解したか、以上5項目をすべて選択式で調査した。

(3) 実習Bについてのアンケート (別表3)

①GMサーバイメータの使用法を習得できたか (選択式), ②自然放射線が大気中に存在していることを理解したか (選択式), ③線源からの距離と計数率の関係の実験をして何を感じたか (選択式), ④遮蔽体の種類と遮蔽効果の実験をして何を感じたか (選択式), ⑤天然線源の測定で感じたこと (記述式), ⑥霧箱で α 線の飛跡を観察して感じたこと (記述式), 以上6項目について調査した。



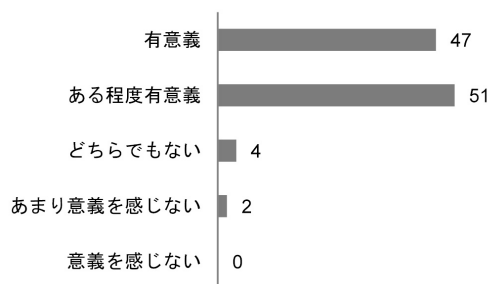
第2図 有意義の理由

結果と考察

(1) 放射化学実習全般について

①放射化学実習についての感想

この項目については, 113名中104名が回答した。有意義47名 (45.2%), 有る程度有意義51名 (49%), どちらでもない4名 (3.8%), あまり意義を感じない2名 (1.9%), 意義を感じない0名であった (第1図)。98名 (94%) が有意義あるいはある程度有意義と回答している。その理由は, 教科書の内容の理解が深まった18名 (29%), 線源を扱い放射線が身近になった14名 (22.6%), 安全な取扱い方がわかった9名 (14.5%), 距離の逆2乗則と遮蔽の効果とを確かめられた7名 (11.3%), ホットな話題で興味を持てた6名 (9.7%), 楽しかった6名 (9.7%), GM計数管の特性と扱い方がわかった2名 (3.2%)



第1図 放射化学実習の感想

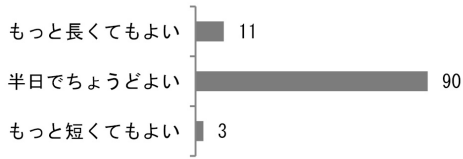
であった (第2図)。実習によって, 放射線に対して正しい知識を身につけることができ, 距離をとる, 遮蔽する等の防護策を講じれば安全に取扱えることを十分理解できたといえる。初めはこわごわ操作していた学生が, 実験が進むにつれて不安や恐怖も薄れ, 楽しそうに実習を行うようになっていった場面もあった。線源を実際に扱うことで, 今までは“放射線って何?”という状況で, 漠然と怖いと感じていた放射線を身近に感じることができたと思われる。

②実習時間は適切か

この項目については113名中104名が回答した。もっと長くてもよい11名 (10.6%), 半日でちょうどよい90名 (86.5%), もっと短くてもよい3名 (2.9%) であった (第3図)。「短くてもよい」理由は, 第4時限で終了したい (3名) であった。「長くてもよい」理由は, 半日を2日間に分けてじっくりやってもよい (10名), もっと深い内容までやりたい (1名) であった。

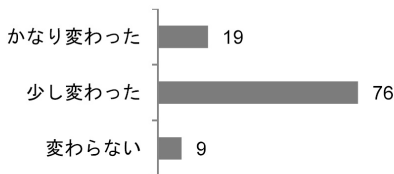
薬学部の実習スケジュールを考えると, 2

日間にするのは無理がある。86.5%の学生が半日の実習でちょうどよいと回答しているので、実習時間は半日程度が適当と考えられる。

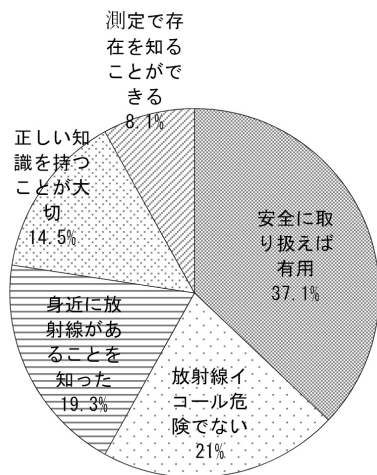


第3図 実習時間

③実習後に放射線に対する意識が変化したか
この項目については113名中104名が回答した。かなり変わった19名(18.3%)、少し変わった76名(73.1%)、変わらない9名(8.6%)であった(第4図)。95名(91.3%)の学生が少し変わったあるいはかなり変わったと回答している。その理由は、安全に取扱



第4図 実習後の放射線に対する意識の変化

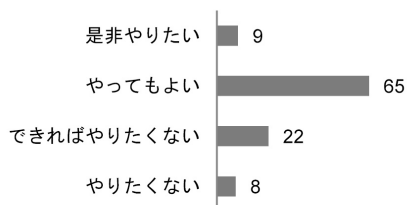


第5図 どのように変わったか

えば有用であることを理解した学生が最も多く23名(37.1%)、放射線すべてが危険ではないと感じた13名(21%)、天然線源を測定して身近に放射線が存在することを知った12名(19.3%)、放射線について何も知らずに、ただ怖がっていたことに気付き、正しい知識をもつことの大切さを実感した9名(14.5%)、放射線は五感でとらえることができないので、放射線の存在とその量を知るためには測定が重要であることを理解した5名(8.1%)であった(第5図)。「食べ物、肥料にカリウム40が存在し、人体にもカリウム40が存在するから、自然にはある程度の放射性物質が必要と感じた」と記述した学生がいた(1名)。身近に放射線が存在することを実感することによって、放射線に対するイメージが変化したと思われる学生が多かった。また、線源から離れたり遮蔽したりすれば被曝を防げることを実験で確認できたことで、防護策を講じて適切に扱えば、放射線は有用なものであることに気付いた学生も多かった。

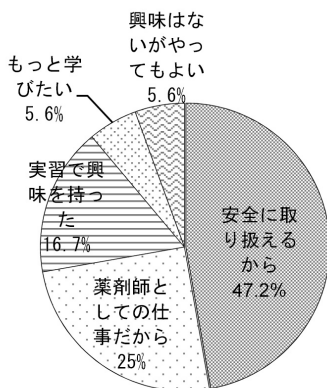
④将来、薬剤師として放射性医薬品を調剤したいと思うか

この項目については113名中104名が回答した。是非やりたい9名(8.7%)、やってもよい65名(62.5%)、できればやりたくない22名(21.1%)、やりたくない8名(7.7%)であった(第6図)。74名(70%)の学生が是非やりたいあるいはやってもよいと回答している。やりたいあるいはやってもよい理由は、

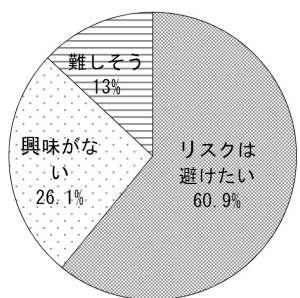


第6図 放射性医薬品の調剤

安全に取扱えるからが17名 (47.2%) と最も多く、薬剤師としての仕事だから9名 (25%)、実習で興味を持った6名 (16.7%)、もっと学びたい2名 (5.6%) であった (第7図)。興味はないがやってもよいと消極的な学生は2名 (5.6%) いた。これに対して、やりたくない理由は、リスクを避けたいが最も多く14名 (60.9%)、興味がない6名 (26.1%)、難しそう3名 (13%) であった (第8図)。安全に取扱えば危険ではないことを理解しても、実際にやるのは避けたいと思われる。



第7図 調剤したいと思う理由



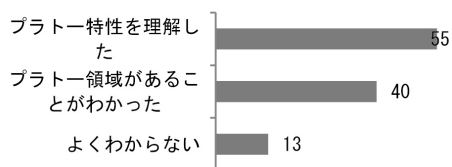
第8図 調剤したくないと思う理由

(2) 実習Aについて

①GM計数管のプラトー特性を理解したか

この項目については113名中108名が回答した。GM計数管のプラトー特性を理解した55名

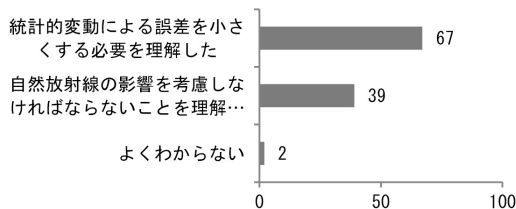
(50.9%)、プラトー領域があることがわかった40名 (37.0%)、よくわからない13名 (12.0%) であった (第9図)。計数率がプラトーになる領域はGM領域と呼ばれ、放射線エネルギーに関係なく、一定の高さの電圧パルスが発生するので測定感度がよい。実験条件を決める手順を省略しないで、実際に学生自身で計数率がプラトーになる領域を求め、使用電圧を決めて実験を行うようにしたことで、GM計数管の動作原理の理解が深まったと考えられる。



第9図 GM計数管のプラトー特性

②自然計数率の影響を考慮することの重要性を理解したか

この項目については113名中108名が回答した。測定時間を3分と長くし、測定回数を3回にしたのは、自然計数率の統計的変動による誤差を小さくするためであることを理解した67名 (62.0%)、放射線の測定では自然放射線の影響を考慮しなければならないことを理解した39名 (36.1%)、よくわからない2名 (1.9%) であった (第10図)。自然計数率は統計的に変動するので、測定時間1分で30回以上測定するのが望ましい。しかし、実習

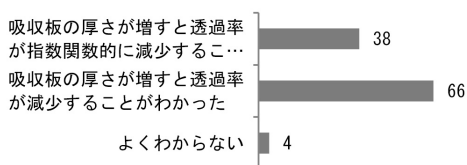


第10図 自然計数率の影響の考慮

時間を多くとれないため、測定時間3分で3回測定し、その平均を自然計数率とした。測定値の確率分布までは踏み込めないが、計数率が統計的に変動することは理解できたと考える。さらに、自然放射線の存在が測定する線源の計数率を実際より高くしているのを、その影響を除外しなければならないことをほとんどの学生が理解した。

③β線の吸収曲線と最大エネルギーについて理解したか

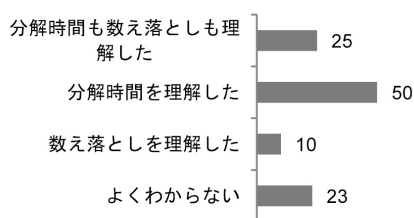
この項目については113名中108名が回答した。アルミニウム吸収板の厚さが増すと透過率が指数関数的に減少することがわかった38名(35.2%)、吸収板の厚さが増すと透過率が減少することがわかった66名(61.1%)、よくわからない4名(3.7%)であった(第11図)。β線がアルミニウム板を透過するとき、エネルギーが吸収され透過率が落ちるので、片対数方眼紙にプロットしたグラフ(β線の吸収曲線)は右下がりの滑らかな曲線を描く。レポートをみると、ほとんどの学生がグラフからβ線の最大飛程をかなり正確に求めて最大エネルギーを算出し、未知検体を推定した。β線の吸収曲線からアルミニウム板の厚さと透過率の関係を理解し、さらに最大飛程から最大エネルギーを求めることについてもある程度理解できたとと思われる。



第11図 吸収板の厚さとエネルギー吸収

④GM計数管の分解時間と数え落としを理解したか

この項目については113名中108名が回答した。分解時間も数え落としも理解できた25名(23.1%)、分解時間は理解できたが数え落としはよくわからない50名(46.3%)、数え落としは理解できたが分解時間はよくわからない10名(9.3%)、よくわからない23名(21.3%)であった(第12図)。

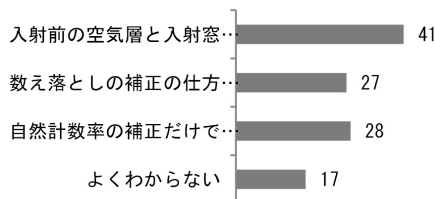


第12図 分解時間と数え落とし

分解時間はオシロスコープで観測したので理解しやすかったと思われる。しかし、数え落としは理解できない学生が多かった。GM計数管の動作原理や特性を熟知していないと理解するのは難しいかもしれない。

⑤GM計数管の計数率補正の仕方を理解したか(複数回答可)

この項目については113名中108名が回答した。入射前の空気層及びGM計数管の入射窓による吸収の補正の必要性を理解した41名(38.0%)、数え落としの補正の仕方を理解した27名(25.0%)、自然計数率の補正だけでは不十分であることを理解した28名(25.9%)、よくわからない17名(15.7%)であった(第13図)。入射前の空気層や入射窓の吸収は理解しやすいが、数え落としを理解するのは難しかったようだ。

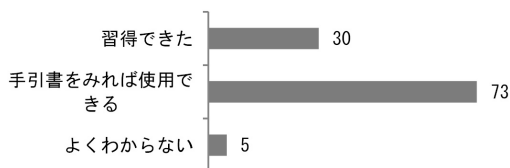


第13図 計数率補正

(3) 実習Bについて

①GMサーベイメータの使用法を習得できたか

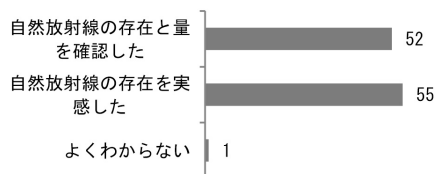
この項目については113名中108名が回答した。習得できた30名(27.8%)，手引書をみれば使用できる73名(67.6%)，よくわからない5名(4.6%)であった(第14図)。103名(95.4%)の学生が習得できたあるいは手引書をみれば使用できると回答したので，GMサーベイメータの使用法はほぼ習得できたといえる。



第14図 GMサーベイメータの使用法

②自然放射線が大気中に存在していることを理解できたか

この項目については113名中108名が回答した。自然放射線の存在とその量を確認した52名(48.2%)，自然放射線の存在を実感した55名(50.9%)，よくわからない1名(0.9%)であった(第15図)。1分間に40程度自然放

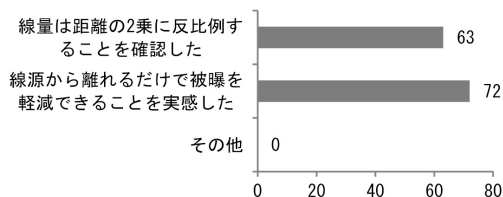


第15図 自然放射線の存在

射線を計数するので，まわりに自然放射線が存在することをほぼ全員が理解した。

③線源からの距離と計数率の関係の実験をして何を感じたか(複数回答可)

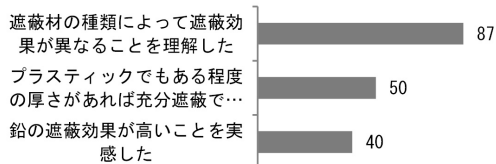
この項目については113名中108名が回答した。線量は距離の2乗に反比例すること(距離の逆2乗則)を確認できた63名(58.3%)，線源から離れるだけで被曝を軽減できることを実感した72名(66.7%)であった(第16図)。すべての学生が，外部被曝防護の3原則の一つである「線源との間に距離をとる」ことの重要性を理解したといえる。



第16図 線源からの距離と計数率の関係

④遮蔽材の種類と遮蔽効果の実験をして何を感じたか(複数回答可)

この項目については113名中108名が回答した。遮蔽材の種類によって遮蔽効果が異なることを理解した87名(80.6%)，プラスチックでもある程度の厚さがあれば充分遮蔽できることを理解した50名(46.3%)，鉛の遮蔽効果が高いことを実感した40名(37.0%)であった(第17図)。すべての学生が，外部被曝防護の3原則の一つである「線源との間に遮蔽物を置く」ことの重要性を理解した。鉛

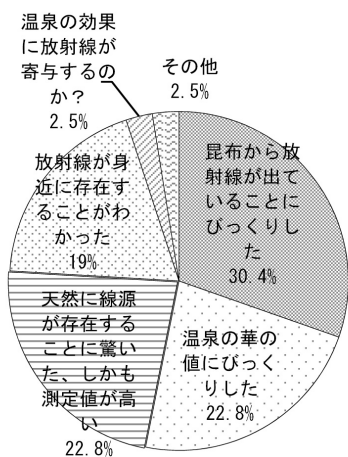


第17図 遮蔽材の種類と遮蔽効果

については、厚さ1mmの鉛板、厚さ5cmの鉛ブロック、厚さ0.25mmの鉛エプロンを準備して、持ち上げたり身につけたりしてもらったので、実際に持ったときの重量感や測定値などから、鉛の遮蔽効果を実感できたようだ。

⑤天然線源の測定で感じたこと

この項目については113名中79名が回答した。昆布から放射線が出ていることにびっくりした24名(30.4%)、温泉の華の値にびっくりした18名(22.8%)、天然に線源が存在することに驚いた、しかも測定値が高い18名(22.8%)、放射線が身近に存在することがわかった15名(19%)、温泉の効果に放射線が寄与するのか? 2名(2.5%)、その他(事故で汚染した範囲を知りたい、カリウム肥料は使いたくない) 2名(2.5%)であった(第18図)。天然に放射線が存在すること、食べものに放射性物質であるカリウム40が含まれていることを事前に学習したにもかかわらず、計数率を測定して存在することに驚いた学生が多かった。特に昆布から放射線が出ていると知って、日常生活において普通に触れているものから意外に多くの放射線が出てい

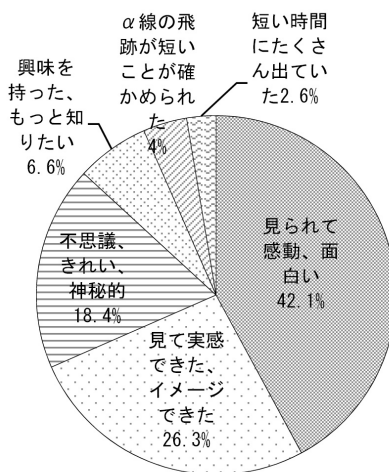


第18図 天然線源の測定の感想

ることにびっくりした学生が多かった。また、遮蔽板の外側から線量を確認し、安全であると理解してもなお机の下に隠れるようにして怖々実験をしていた学生が、この実験で怖さを払拭できた場面もあった。

⑥霧箱でα線の飛跡を観察して感じたこと

この項目については113名中79名が回答した。見られて感動した、面白かったなど32名(42.1%)、見て実感できた、イメージできたなど20名(26.3%)、不思議、きれい、神秘的など14名(18.4%)、興味をもった、もっと詳しく知りたいなど5名(6.6%)、α線の飛跡が短いことが確かめられた3名(4.0%)、短い時間にたくさん出ていた2名(2.6%)だった(第19図)。飛跡の観察では「すごい」、「きれい」という声を何度も耳にし、学生の興奮が伝わってきた。実際に目で見て観察することは重要である。α線の飛跡が数cmと短いことから、「α線は少し離れば被曝を防ぐことができる」と納得した学生(1名)、「目に見えないα線が短時間にたくさん出ていることで怖い」と感じた学生(1名)がいた。



第19図 α線の飛跡の観察

今後の課題

今回は実習後にアンケート調査したので、実習前と実習後の意識の差を客観的に把握しづらかった。また、放射化学実習についての感想で意義を感じた理由を自由記述式にしたため、それらを分類するにあたって、どの範疇に入れるかを決めるのが難しいものもあった。次回は実習前に意識調査を行って、実習後の意識の変化と比較したい。変化した理由は、選択式と自由記述式との長所短所を比較検討し、学生の考えたこと、感じたことをなるべく正確に把握できる方法を採用したい。また、実習A、Bのアンケートの文面で、実習の目的を理解したか把握しづらいものがあったので、文面の検討をする必要がある。

実習の内容が多く、学生がゆっくり考える時間をもう少しとれるとよいと思われるが、時間の制約があり、半日1回で実習を終えなければならない。2012年度から新学習指導要領が全面実施され、小学校では総合学習の時間で放射線について学習し、中学校では理科第1分野において放射線の利用と性質が取り入れられた²⁾。実習Bのような内容の実験を経験した学生が多くなったら、実習Aを発展させた内容の実習ができるようになるかもしれない。

おわりに

実習前は、ほとんどの学生が“放射線は危険、怖い”というイメージを持っていたと思われる。事前学習では、危険か安全かといったことには触れず、放射線についての基礎的な科学的知識を正しく身につけることに的を絞った。そして実習を行った結果、「放射線全てが怖いわけではない」、「放射線は身近にも存在する」、「防護策をとれば安全に取扱える」、「人類に有用なものなので安全に留意して取扱う」、「放射線について正しい知識を持

たなければならない」等と冷静に考えるようになった学生が多くみられた。

また、天然線源の測定と飛跡の観察は、放射線に対する恐怖を無理なく払拭し、放射線に対する関心を高めるのに役立ったと思われる。

アンケートの結果から、放射化学実習は、学生が放射薬学で学ぶ、放射線と物質との相互作用、放射線測定法、放射性物質の薬学領域への応用、放射線の防護と管理等についての基礎的な知識を確認し、安全取扱いに必要な具体的手法を習得するのに大いに役立ったといえる。

参考文献

- 1) 田中隆一：学校における放射線教育，第12回原子力委員会資料第1-2-2号，2010
- 2) 文部科学省：新学習指導要領・生きる力，2012
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/index.htm

別表 1

放射化学実習についてのアンケート

1. 放射化学実習についての感想をお聞かせください。

- ①有意義だった ②ある程度意義を感じた ③どちらでもない
④あまり意義を感じなかった ⑤意義を感じなかった

その理由は？

[

]

2. 放射化学実習の実習時間（半日）についてお聞かせください。

- ①もっと短くてよい ②ちょうどよい ③もっと長くてよい
具体的にはどのくらいの期間が適当だと思いますか？

[

]

3. 実習前後で放射能や放射線についての認識が変わりましたか？

- ①かなり変わった ②少し変わった ③変わらない

具体的にはどんな点ですか？

[

]

4. 将来、薬剤師として放射性医薬品の調剤をやりたいと思いますか？

- ①是非やりたい ②やってもよい ③できればやりたくない
④やりたくない

その理由は？

[

]

別表 2

実習 A についてのアンケート

1. GM 計数管は計数率が一定（プラトー）となる，ある範囲の印加電圧領域で放射線を測定するので，その使用電圧を決定する実験をしました。GM 計数管のプラトー特性について理解できましたか。
 - ① GM 計数管はプラトー特性を利用する測定器であることを理解した
 - ② プラトー領域があることがわかった
 - ③ よくわからない

2. バックグラウンドと呼ばれる自然計数率を測定し正味計数率を計算しました。測定にあたって自然計数率の影響を考慮することを理解できましたか。
 - ① 自然計数率測定が必要であること及び誤差を少なくするために測定時間を長くする必要があることを理解した
 - ② 放射線の測定では自然放射線の影響を考慮しなければならないことを理解した
 - ③ よくわからない

3. β 線の吸収特性を利用して β 線の最大エネルギーを測定しました。アルミニウム吸収板の厚さとエネルギー吸収の関係が理解できましたか。
 - ① 吸収板の厚さが増すと透過率が指数関数的に減少することがわかった
 - ② 吸収板の厚さが増すと透過率が減少することがわかった
 - ③ よくわからない

4. GM 計数管の分解時間と数え落としについて理解できましたか。
 - ① 分解時間も数え落としも理解した
 - ② 分解時間は理解したが，数え落としはよくわからない
 - ③ 数え落としは理解したが，分解時間はよくわからない
 - ④ よくわからない

5. β 線のエネルギー測定では，入射前の空気や GM 計数管の入射窓による吸収，GM 計数管の数え落としを考慮し補正しました。補正について理解できましたか。（複数回答可）
 - ① 入射前の空気層による吸収や GM 計数管の入射窓の吸収を補正する必要があることを理解した
 - ② GM 計数管の数え落としの補正の仕方を理解した
 - ③ 自然計数率の補正だけでは不十分であることを理解した
 - ④ よくわからない

別表 3

実習 B についてのアンケート

1. GM サーベイメータの使用法を習得できましたか。

- ①習得できた ②手引書をみれば使用できる ③使用できるかよくわからない

2. 私たちのまわりには放射線が存在しています。バックグラウンドを測定してそのことを理解できましたか。

- ① 理解し、どのくらいか確認できた
 ② バックグラウンド放射線の存在を実感し理解した
 ③ よくわからない

3. 線源からの距離と計数率の関係の実験をして何を感じましたか。(複数回答可)

- ① 線量率は距離の 2 乗に反比例することを確認した
 ② 線源から離れるだけで被曝を軽減できることを実感した
 ③ その他

()

4. 遮蔽材の種類と遮蔽効果の実験をして何を感じましたか。(複数回答可)

- ① 遮蔽材の種類によって遮蔽効果が異なることを理解した
 ② プラスティックでもある程度の厚さがあれば十分に遮蔽できることを理解した
 ③ 鉛に触れ、遮蔽効果が高いことを実感した
 ④ その他

()

5. ウラン鉱石以外の天然線源の計数率を測定してどのように感じましたか。(複数回答可)

測定例

試料	塩化カリウム	昆布	カリウム肥料	玉川温泉の素
正味計数率	315.3 cpm	61.7 cpm	672.0cpm	627.9 cpm

[]

6. 霧箱でウランやラドンから出る α 線の飛跡を観察したことについて、感じたことを述べてください。

[]