

特集 (教育部会の活動報告その2: 第2回教育セミナー)

第2回教育セミナーの開催報告

薬袋 佳孝

(教育部会幹事 (セミナー担当)・武蔵大学リベラルアーツアンドサイエンス教育センター)

教育部会第2回教育セミナーは令和5年(2023年)3月8日(水)、高エネルギー加速器研究機構 KEK 小林ホール(つくば市)を会場に開催された。同ホールではこのセミナーの直前まで第24回「環境放射能」研究会が3月6日(月)から開催されており、環境分野にも関心が深い部会員には参加し易いスケジュール設定であった、しかし、COVID-19への対応が必要な状況下であり、第1回セミナーと同様に、対面でのオーラル発表をベースとしてのハイブリッド形式での開催となった。参加者は45名で、その内訳は現地参加18名、オンライン参加27名であった。

セミナープログラムを表1に示す。第1回セミナーに続いて「次世代育成」をテーマとしてプログラムを編成した。ただし、セミナー主題は「次世代育成と放射化学」として、放射化学固有の領域における次世代育成と共に、放射化学に関連した広領域での次世代育成を取り上げることとした。

・特別レクチャー

篠原厚部会長によるセミナーの趣旨説明に続いて、岡田往子先生(原子力委員、東京都市大学)による特別レクチャー「原子力科学分野の次世代育成と放射化学」で第2回セミナーはオープニングとなった。岡田先生は武蔵工大炉、立教炉、京大炉などの研究用原子炉を利用した放射化分析とその応用について豊富な研究体験をお持ちで、それを踏まえてのレクチャーであった。研究用原子炉や加速器の利用、特にアイソトープ製造や放射化分析では、放射化学の概念や技法が重要な役割を演じていることを、具体例を挙げながら分かり易く解説された。詳しくは、先生ご自身の執筆による「プロシーディングス」(本号掲載)を参照されたい。

なお、プロシーディングスには「原子力科学分野でのジェンダーバランス改善」についても、当日の講演には含まれていない内容も含めて、ある程度まとまった形で執筆いただいた。先生の原子力委員としての今日における活動の他、そこに至るまでの様々なご経験を踏まえての一章である。ジェンダーバランスの改善は最も今日的な社会的課題の一つであるが、教育/普及/研究活動に広く反映されることで、初めて未来に継承される。このため、若い世代を含む部会員/学会員諸兄姉に、一刻も早く、現在進行中のジェンダーバランス改善の動きをお伝え願いたく、ご無理を申し上げて玉稿に含んでいただいた。

・主題講演

2セッション合計4講演による主題講演がこれに続く。第1回セミナーでは「他学会等の教育人材育成活動」として原子力学会、地球化学会、日本化学会の活動を主題講演として取り上げたが、今回の第2回セミナーでは、学協会の活動に限定することなく、「次世代育成と放射化学」に関する様々な角度からの主題講演でセッションを構成した。いずれも、詳細はプロシーディングスを参照いただくこととして、ここでは順次その概略を報告する。

・セッション1 関連学会における教育人材育成活動の紹介

セッション1では、まず中島覚先生(広島大学)に「日本放射線安全管理学会における人材育成」について、背景を含めて分かり易く解説していただいた。

中島先生は第24回「環境放射能」研究会で前

日に別テーマで発表されており、同じ小林ホールでの連日の講演となった。先生は、メスバウアー分光法を用いての鉄錯体の研究などで放射化学における先導的な研究を展開されるとともに、学際性の高い放射線安全管理学をリードされて現在に至っている。

講演では、日本放射線安全管理学会の活動内容、会員構成、会員動向の概略を紹介された上で、次世代育成をどのように展開しているのかについて、具体的な解説を展開された。35歳ごろのキャリアパスが次世代育成で重要となるとのアンケート分析の結果など、興味深い内容であった。同学会の場合、大学等で放射線安全管理の現場に立つ中堅/若手も多く、その後のキャリアをどのように切り拓いて行くかについての関心が深いことを反映したものと思われる。

続いて、小野正博先生（京都大学）には「放射性薬品科学・核医学分野における薬学系人材育成」について、ライブ配信でのオンライン発表の形式で解説していただいた。

先生のご専門の放射性医薬品科学・核医学領域では、加速器や研究用原子炉によるラジオアイソトープ製造とその利用は基盤としての役割を果たしている。薬学・医学系の領域では最も放射化学の概念や手法が必要となる分野である。このため、薬学系人材育成に関係する全体としての薬学系教育システムについてのお話と、その中での放射化学の教育に集約してのお話の両方について、分かり易く説明していただいた。

先生ご自身のキャリアパスを踏まえての講演であったが、薬学系人材育成の結果としてご自身の現在を位置付けるなど、今後の人材育成を考える上で示唆に富んだ内容であった。

•セッション2 関連機関における教育人材育成活動の紹介

セッション2では、まず、植竹修士先生（日本アイソトープ協会）に「日本アイソトープ協会の教育関連活動と人材育成」について発表していただいた。放射化学会の教育部会のセミナーということで、放射化学の教育や人材育成に関連するとみられる同協会の活動についても紹介していただ

いた。

測定器や微弱な密封小線源の貸与などの放射線教育についての実験教材のサポート、講習会や研究発表会の開催、書籍などの出版など、同協会の教育関連活動を整理した形で提示していただいた。今後、様々なレベルで協力が期待出来るように思う。

なお、次世代向けの事業として、「最前線のアイソトープ・放射線研究紹介-私が研究者になるまで-」が同協会webに公開中とのこと、キャリアパスにも触れられている場合もあり、放射化学会の若手にも参考となる情報であった。

続いて、平出哲也先生（日本原子力研究開発機構）に「自らの経験から思うこと」を表題に講演いただいた。都合によりライブ配信によるオンライン講義となったが、先生ご自身のキャリアパスをベースとしての熱のこもったお話であった。

先生ご自身は、日本放射線化学会や陽電子科学研究会をそれぞれ会長としても主導されて来られるなど、放射化学の関連分野にあって日本を代表する研究者である。また、ご所属の原子力研究開発機構は、放射化学を含む原子力科学研究の基盤分野の充実に、常に中核としての役割を果たして来た。若手メンバーに聴いていただいて、自らのキャリア構築に役立てていただければとの印象を強くした。聴講出来なかった方々には、まずは、先生ご執筆のプロシーディングスを一読いただければと願う次第である。

•まとめ

以上、特別レクチャー1件、主題講演2セッション4件、続いての総合討論をもって第2回教育セミナーは予定通り終了した。継続的な「教育セミナー」開催のために、教育部会に新たに設置されたセミナー実施委員会の下での初めてのセミナーであった。企画や運営についての反省点など、実施委員会では随時率直に意見を交換し、次回以降のセミナーに反映して行きたい。セミナーに参加いただいた方々、本記事などから教育セミナーに関心を持たれた方々など、ご意見やコメントなど是非とも実施委員会にお寄せいただきたい。実施委員会への参画の意志表明も歓迎である。次回以

降に取り上げて欲しいテーマなども含めて、若手からベテランに至る皆さんのメッセージをお待ちしている（照会先：薬袋佳孝 minai@cc.musashi.ac.jp または文末に記す実施委員会メンバー）。

• 謝辞

今回のセミナーは小林ホールの会場使用など KEK の皆さんの全面的なご協力があって、初めて開催することが出来た。改めて感謝の意を表する次第である。特に、別所光太郎先生、吉田剛先生には事前準備の段階から当日のネット環境や

AV 設備の利用に至るまで、全てに渡ってお世話いただいた。当日の昼まで開催されていた「環境放射能」研究会のお世話をされながらのことで、どのように感謝しても足りないというのが心底からの気持ちである。

- 教育部会セミナー実施委員会（令和5年8月1日現在、五十音順）
緒方良至、篠原 厚（部会長）、末木啓介、松尾基之（副部会長）、薬袋佳孝（セミナー担当幹事）、箕輪はるか、横山明彦、吉田 剛

表1. 第2回教育セミナープログラム

日本放射化学会教育部会第2回教育セミナー	
日時	令和5年3月8日（水）13:30～17:00
場所	高エネルギー加速器研究機構小林ホール、オンライン（ZOOM）
全体テーマ	次世代育成と放射化学
参加者	日本放射化学会会員、「環境放射能」研究会参加者、関係学協会会員など
参加費	無料
アクセス	参考サイト https://www.kek.jp/ja/access/tsukuba/
タイムテーブル	コンテンツ
13:30	開会にあたって 篠原厚（部会長、大阪青山大学）
13:35	特別レクチャー 60分（含質疑） 座長 篠原厚（大阪青山大学） 原子力科学分野の次世代育成と放射化学 岡田往子（原子力委員、東京都市大学）
14:40	セッション1 関連学会における教育人材育成活動の紹介 各30分（含質疑） 座長 松尾基之（東京大学）
15:10	日本放射線安全管理学会における人材育成 中島覚（広島大学） 放射性薬品科学・核医学分野における薬学系人材育成 小野正博（京都大学） オンライン
	休憩
15:45	セッション2 関連機関における教育人材育成活動の紹介 各30分（含質疑） 座長 横山明彦（金沢大学）
16:15	日本アイソトープ協会の教育関連活動と人材育成 植竹修士（日本アイソトープ協会） 自らの経験から思うこと 平出哲也（日本原子力研究開発機構） オンライン
16:45	総合討論
17:00	閉会

特集 (教育部会の活動報告その2：第2回教育セミナー)

原子力科学分野の次世代育成と放射化学 — 中性子放射化分析法の経験から・女性が原子力科学分野で生きていくには —

岡田 往子 (原子力委員)

私の経験した機器中性子放射化分析は放射化学の一部ではあるが、生成する核種データ (天然存在率、核反応、反応断面積、半減期、ガンマ線エネルギーなど) を学ぶことができる。また、高純度材料中の微量な不純物を照射後に化学分離操作を用いて分離する放射化学中性子放射化分析では、放射化学的な知識が重要となる。今後の廃炉デブリの処理と医療用ラジオアイソトープの国産化は放射化学の知識をもった男女を問わない人材が要求される。

2021年6月から10月にOECD/NEA加盟国でジェンダーバランスアンケート調査を実施した。96組織/17カ国から提出された6項目のデータシートで、日本は原子力分野の女性の占める割合は17国平均24.9%に対して、日本は15.4%と最下位であった。他の項目も他の加盟国と比較して、低い値となった。放射化学分野の人材育成を強化して行く上でも、女性が働く周辺の理解と環境を整えてもらいたい。

要旨 (英文)

Future treatment of decommissioned debris and domestic production of radioisotopes for medical use will require to employ professionals with knowledge on radiochemistry under gender equality policy. We hope that the social environment, where women can make full use of their abilities, will be created in the future.

キーワード：放射化学、医療用等アイソトープ製造、国産化、放射化分析、ジェンダーバランス改善

1. 放射化学とは

放射化学とは放射性元素を扱う化学であり、天然放射性元素の存在状態、人工放射性元素の製法、

放射性元素相互の分離、分離精製された元素の核物理的核化学的性質、放射性物質の取り扱い技術、トレーサーとしての応用などが含まれる。核化学とは密接な関係にある。放射線化学とは混同されやすいが、放射線化学は通常の (非放射性) 物質に対する放射線の化学作用を研究する分野であって、両者は明確に区別すべきものである¹⁾。

また、今日では新元素の科学、宇宙科学、ミュオン科学、加速器・量子ビーム利用、福島関連科学、新しい核プローブ・分析手法、そして最近急増している医学応用、更に放射線、放射性同位体 (ラジオアイソトープ) や核燃料物質 (核燃) の関連する安全規制や核鑑識関連も放射化学が絡んで重要分野となっている²⁾。

本論文では、著者が経験から学んだ放射化学に関して記述する。

1.1 原子力分野で特に取り上げている放射化学の必要性

原子力利用にはエネルギー分野と非エネルギー分野があり、エネルギー分野とは、核エネルギーを熱や電気として利用する分野で原子力発電に代表される。非エネルギー分野とは、工学、農学、医学等で放射線を利用する分野で、殺菌や放射性医薬品の製造、分析等を言う。

福島第一原子力発電所事故の廃炉デブリの処理や医療用ラジオアイソトープの国産化の動きでも、それを支える放射化学を学んだ人材育成が重要になる。

本論文では医療用ラジオアイソトープ製造について述べる。

1.2 医療用等ラジオアイソトープ製造・利用推進アクションプランと放射化学

2022年5月31日に原子力委員会が医療用等ラ

ジオアイソトープ製造・利用推進アクションプラン³⁾を公表した。ラジオアイソトープは医療分野や工業・農業分野等に広く利用されている。特に医療分野では診断や治療の普及を通じ、国民の福祉向上に貢献することが重要され、諸外国では医療用アイソトープの製造や利用のための研究を国策として強化する動きがある。我が国としてもがん医療の向上とラジオアイソトープの国産化、国内自給を含む医療提供体制整備が求められている。日本は1996年に「海外からの輸入可能な中長寿命ラジオアイソトープは製造中止」「安定、大量需要の工業用ラジオアイソトープ宣言は民間移転」という政策により、国内製造は大量需要のあった⁶⁰Co, ¹⁹²In, ¹⁹⁸Auに限定された。そのため、医療用アイソトープの多くを輸入に依存している。

また、核医学画像検査はPET検査とSPECT検査に大別されるが、PET検査に用いるラジオアイソトープは主に国内の医療機関が加速器を整備し院内製造を行っているが、SPECT検査に最も多く用いられる^{99m}Tcは輸入に依存している。しかし、医療用アイソトープの需要は1997年から2017年までの20年間で約4.5倍に増加している。海外への依存が高いことは、世界情勢や今後の研究用原子炉のトラブルや老朽化などの影響を受けるリスクが高い。ラジオアイソトープの製造には研究用原子炉や加速器の整備、医療現場の整備、基礎研究、法整備、運搬輸送の整備など課題が数多くある。さらに、それらを支える人材育成もその一つで、研究人材、医療現場の人材が必要で、放射化学はそこを支える学問分野として重要な位置を占める。

2. 中性子放射化分析から学ぶ放射化学—私の経験から—

著者が中性子放射化分析で使用した研究用原子炉は武蔵工大炉、立教大原子炉、JRR-3, JRR-4, JMTR, 京大炉である。武蔵工大炉は出力100kWのTRIGA-II研究用原子炉は中性子放射化分析では利用し易い炉であった。中性子放射化分析の特徴は、一般的に取り扱う試料量が少ないこと(数mg～数100mg)、放射能測定により微量・極微量の測定が可能なこと、固体の状態での分析が可能であること、多元素を同時に分析可能である

こと、放射能測定で化学的干渉がないので真度が高いことなどがあげられる。欠点としては、 γ 線を放出する核種に起因する元素しか分析ができないこと、軽元素の分析ができないこと、統計的変動を伴う壊変現象のため精度が悪いことなどがあげられる。分析感度は元素により異なるがV, Mn, Ag, In, Cs, Hf, Au, Ir, 希土類などは $10^{-12} \sim 10^{-10}$ gのオーダーで分析可能であり、そのほかにも50以上の元素が分析可能である。照射試料は、照射場所にもよるが、一般的に高純度のポリエチレン袋に二重封入し、専用のカプセルに入れて照射する。ポリエチレン袋は洗浄したものを使用するようにし、照射前の試料作製作業中は周辺からや器具からの汚染に注意する。照射後は外側のポリエチレン袋を新しいものに交換して、測定を行う。

中性子放射化分析の特徴として、化学分析との違いを挙げることもある。一般的な化学元素分析では試料を溶解や分離、濃縮などで試薬を使い、煩雑な操作が入る。そのために試薬や操作中の元素の混入の可能性がある。しかし、中性子放射化分析の場合は、試料を秤量してポリエチレン袋に封入する作業に注意を払えば不純物を気にする必要はない。しかし、照射後の試料は非密封放射性物質のため、放射線管理区域内で放射化学の知識が必要になる。

2.1 機器放射化分析法 (INAA) は試料成分の放射化学的情報を前もって得ること

私がINAAを実践するときのバイブルとして使っていた教科書は放射化分析による環境調査—微量・多元素・同時分析の手法⁴⁾、放射化分析の実際⁵⁾、放射化分析⁶⁾などである。初心者には理解しやすく、とても使いやすかった。

INAAは多元素同時分析が可能という特徴があるが、試料に存在するマトリックス元素が照射後にマトリックス核種と分析目的核種が同一試料内に存在することになる。実際にはそれらの核種の半減期の違いによって多元素を分析する。半減期の違いにより、冷却時間(照射から測定までの時間経過)を変えて分析する。そのため、マトリックス元素や分析目的元素の核種(同位体)、天然存在比、核反応の種類、生成核種、半減期、ガンマ線エネルギー(keV)、熱中性子断面積(barn)、

共鳴積分 (barn)、速中性子断面積 (barn)⁷⁾ を前もって調べる必要がある。その上で、INAA が可能かを判断する。分析可能かどうかは生成放射能の計算が必須である。主要及び含有している元素の中で熱中性子断面積の大きな元素を中心に放射能計算をし、それぞれの半減期の長さで放射能の減衰を計算で予測する。さらに、測定を妨害する核種と目的核種の半減期で判断していくことになる。それらの情報から、照射条件 (試料量、照射場所、照射時間など) や測定条件 (冷却時間、測定時間など) を決めていく。INAA の場合、便宜的に短寿命核種を半減期は数十秒から数時間のもの、中寿命核種を数時間から数日の半減期のもの、長寿命核種を数十日以上のものに分類している。一般的な短寿命核種の測定では短時間の照射をして、長寿命核種からの放射能生成を抑え、冷却時間を短く取って、 γ 線測定を行う。ただし、これも試料の元素組成に大きく左右されるので注意が必要である。比較的半減期の長い中寿命核種を測定する場合は長めの照射を行い、短寿命核種の減衰後、測定をする。さらに、半減期の長い長寿命核種は、短寿命核種、中寿命核種の減衰を待って、長い測定をする。このような組み合わせによって、多元素同時分析を行う。この方法は一般的な場合で、試料の組成によっては、測定時期は変化させなければならない。

照射には研究用原子炉を使うが、その特徴である熱中性子断面積 (barn)、共鳴積分 (barn)、速中性子断面積 (barn) を前もって調べる必要がある。使用する原子炉と照射に使用する位置 (照射場) によって、中性子束密度が変わる。一般に INAA は熱中性子を使用した (n, γ) 反応を利用するが多い。熱中性子以外の反応 (n, α) 反応などを利用する場合はカドミウムカバーやポロンカバーを使用する場合があるが、この場合は照射場所も限られているので注意が必要である。

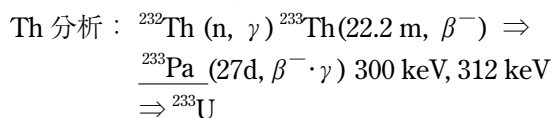
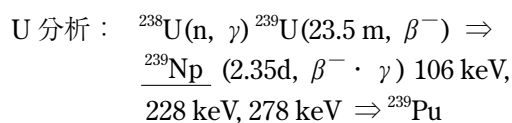
しかし、新たな試料の分析をしたいことが多い、その場合は前述の教科書⁴⁻⁶⁾ の応用編で分析したい試料に近い組成の照射条件を調べて判断するのが良い。放射化分析ハンドブック⁸⁾ は、比較的新しく出版された教科書で多種の試料の分析例を示している。

INAA は多元素分析により、多元素の情報が得

られるが、目的の分析元素が限られている場合がある。例えば、1980 年代に半導体材料や周辺材料中のウラン及びトリウム含有量がメモリに影響することが問題になり、高純度化とともに分析技術の開発が求められた。当初は、ウラン及びトリウム含有量が半導体材料中に ng/g レベルだったため、INAA で十分定量値を示すことができた。INAA は原子炉やラジオアイソトープを使用するために放射線業務従事者登録に伴う電離健康診断や教育訓練が必要となる。また、原子炉施設の利用には煩雑な手続きなどが必要になるが、しかし、高純度材料の分析過程において、不純物の混入が少ないことが利点としてあげられた。ICP-MS は分析者のラボに置くことができるという大きな利点がある。しかし、当時は ICP-MS の分析法がまだ確立していなかったことで、中 INAA とのクロスチェックも必要になった。さらに、その後、メモリの増大に伴い、より低レベルの pg/g オーダーの分析が要求された。次の段階として照射後、ウラン及びトリウムの目的核種をマトリックス核種から分離する放射化学中性子放射化分析法 (RNAA) を用いた。

2.2 放射化学中性子放射化分析

放射化学中性子放射化分析 (RNAA) は、試料照射後にマトリックス元素から生成したマトリックス核種から、化学分離操作でウラン及びトリウムの生成核種である ^{239}Np と ^{233}Pa を分離する。そのため、被曝や放射能汚染を十分に注意して作業を進めなければならない。核反応は以下である。



U 分析の場合の分析対象核種は ^{239}Np で半減期が 2.35 日と比較的短い。Th 分析の場合の分析対象核種は ^{233}Pa で半減期が 27 日と長い。INAA では、照射後、1 週間程度冷却をして、バックグラウンドを形成する ^{28}Al や ^{24}Na を減衰させ、 ^{239}Np のガンマ線ピークの 106keV, 228keV, 278keV

を測定する。その後、2週間程度冷却をして ^{233}Pa のガンマ線ピークの300 keV, 312 keVを測定する。しかし、RNAAでは、バックグラウンドを形成する他の放射性核種を除去するため、 ^{239}Np と ^{233}Pa を同時に測定が可能になる。

RNAAを行うには、コールドで予備実験を行い、十分に訓練することが大切である。放射能汚染を防ぐためのフード内の養生、被曝を防ぐために遮蔽の設置、足元の養生が必要である。また、器具・薬品、手袋なども手の届くところに準備する。また、放射線測定器を近くに置くことも必要である。さらに、作業は複数人で行う。

大まかな分離操作の過程は、溶解・分離（イオン交換法・共沈法）・捕集（フッ化ランタン共沈法）^{9,10}などで行う。フッ化ランタン法を用い、 ^{239}Np と ^{233}Pa をフィルター上に捕集して、それをケースに入れ測定を行った。初期は小さなテフロン容器に溶解液を捕集し、蒸発乾固していた。しかし、テフロン容器に ^{233}Pa が吸着することがわかり、繰り返し使えないことが判明した。このように、繰り返し使用する器具については、放射性物質の付着の恐れがあるので、測定で確かめることが必要である。

高純度二酸化ケイ素中のウラン及びトリウムの分析では、マトリックス元素のケイ素は同位体が ^{28}Si （天然存在率 92.2%）、 ^{29}Si （天然存在率 4.70%）、 ^{30}Si （天然存在率 3.09%）で、熱中性子断面積が高くなく、速中性子断面積も若干ある程度で、半減期も数分から数時間である⁷。RNAA分離作業中の被ばくが少ないことから、JAEAのJMTR（材料試験炉）で100時間の照射を行った。100時間の照射によって、二重中性子捕獲反応¹¹が起こっていることもわかった。これもRNAAを用いて低いレベルの分析が可能になった。

RNAAを用いることで、二酸化ケイ素¹⁰でサブpg/gオーダー、アルミニウム⁹でサブpg/gオーダー、銅で数100 pg/gオーダー、ニオブで数10 pg/gオーダー、白金で数100 pg/gオーダー、タングステンで数10 pg/gオーダー、チタンで数10 pg/gオーダーのウラン及びトリウムの定量が可能になった。

放射化学のごく一部の経験ではあるが、これか

ら、放射化学を志す人達のヒントになれば幸いである。まずは、基本的な放射線業務従事者の教育訓練から、勉強してほしい。

3. 原子力科学分野のジェンダーバランス改善

著者が理系を選んだ理由は、子供のころから、一人で虫を探し、魚を育て観察するのが好きだったことや不思議なことにのめり込む性格だったことが要因かもしれない。これは、多くの人たちが経験していることだと思う。しかし、これまで理工系を続けられた理由とは聞かれたら、一番は正義の味方に憧れたことだった。悪いものを撃退したい。小中学校のころ、公害が大きな問題となっていた。子供心に、なぜ身体に悪い物質が流されてしまったのか、毒であるかどうかなどすぐにわかるだろう、大人たちは何をやっているのかという単純な疑問が湧いた。それはその後も社会や企業の仕組みを含め大人たちへの疑問につながった。

著者自身は、日本大学農獣医学部水産学科（現：生物資源学部海洋生物学科）で、女性の指導教員の下で、大学2年生からウナギの魚病の研究をさせてもらうが、化学の知識が足りないことを知り、卒業研究としては生物化学研究室の配属を希望して、アサクサノリのうまみ成分¹²の研究をした。その後、大学院進学を目指す指導教員に「女の命は短い」「お嬢様実験で研究はできない」などと一喝される。指導教員に勧められて、東京工業大学の薬学系研究室の研究員になり、漢方薬に含まれる抗突然変異物質の研究¹³に携わる。そして、武蔵工業大学原子力研究所（現：東京都市大学理工学部原子力研究所）に就職をした。そこで、中性子放射化分析（INAA）と出会った。生物・化学・物理と広い分野に携わったとを感じるが、そうではない。人は誰もが24時間しか持っていないのだから、広く浅くということである。しかし、今や研究者のほとんどが他分野を学びながら研究を進めているのが現状であると思う。著者の専門分野は放射化学と称しているが、その中でも狭い領域の中性子放射化分析である。原子力研究所に就職して、研究用原子炉の身近で放射線を扱い、放射線管理をしながら、研究を行った。それが、原子力分野に足を踏み入れるきっかけとなった。そこには男性優位の世界があった。女性がなぜ、希望

の職種に着けないのか、希望さえもしないのかなどを考え、私は放射線知識普及活動と理系を目指す女性の応援活動を始めた。そして、原子力分野の女性を増やす活動を行っていた。以下、原子力委員に就任してからの活動を紹介する。

3.1 OECD/NEAの調査結果¹⁴⁾

OECD/NEA (Nuclear Energy Agency) では、2019年よりジェンダーバランス・タスクグループを設立して、国際的なSTEM (科学、技術・工学・数学) 分野でのジェンダーバランス改善について取り組んでいる。その一環として2021年6月から10月に加盟国でアンケート調査を実施した。アンケート調査は、原子力分野の機関対象とした(定量的アンケート)と個人向けのもの(定性的アンケート)から構成されており、2023年3月に集計結果が公表された。

定量データではNEA加盟国の96組織/17カ国から提出された6項目のデータシートを分析した。6項目は女性比率(STEM/non-STEM、専門職/事務職、職位)、新規雇用、従業員離職率、人材育成、昇進、賃金で、それぞれ従業員全体に対する女性の割合を算出した。その結果から、原子力分野の女性の占める割合は17国平均24.9%に対して、日本は15.4%と最下位であった。新規雇用の割合は17カ国平均が28.8%に対し、日本は若干低めの27.0%であり、ジェンダーバランスの今後の改善が期待できる。離職率では17カ国平均が23.9%に対し日本は16.4%であり、よい傾向であると判断できる。人材育成関連の女性参加率は17カ国の平均が26.0%であるのに対し、15.5%と低く、女性の人材育成の機会を増やすような環境の改善が必要になる。昇進関連の女性比率は17カ国平均が27.1%に対し、日本は14.0%と低く、今後男女間格差をなくす人事評価の努力が必要である。賃金では男性に比べ、17カ国平均が-5.2%に対し、日本は-26.4%と非常に男女間の格差があることが分かった。賃金に関しては昇格、職種、職位などが改善されなければならない。定量的データでは、原子力分野のSTEM/non-STEM、専門職/事務職が含まれている。原子力分野のSTEM出身の女性の比率は参加国の全体でみると20.6%で、STEM出身の上級管理職

は18.3%である。

この結果を踏まえOECD/NEA加盟国では、STEMの女性たちのジェンダーバランス改善に向けて動き出している。OECD/NEAでは、2023年6月にジェンダーバランス改善の勧告¹⁵⁾が発表された。日本はOECD/NEA加盟国の中でも、ジェンダーバランス改善が特に遅れている。

原子力委員会では、「原子力利用の基本的な考え方」¹⁶⁾の見直しを行い、原子力利用の基盤となる人材育成強化の基本目標の中に、「人材育成においては多様性も意識し、若い世代での女性の比率を高めたり、人材の文理融合を強化したりすることで、研究開発機関や原子力関係事業者内に多角的な視点を取り入れ、研究開発・イノベーションに適した環境を醸成し、原子力利用のための基盤強化を推進する。」と書かれている。原子力分野の技術にイノベーションを起こすためにも、早急な取り組みが必要である。

OECD/NEAでは人的及び組織的要因、ジェンダーバランス、公的なコミュニケーション、安全文化、利害関係者の参加などを挙げ、原子力安全には人的な側面が大きいと述べている¹⁷⁾。ここで、ジェンダーバランスの改善はなぜ必要なのかを改めて考えてみる。原子力分野は総合科学技術である。科学技術には優秀な人材を必要とする一方、原子力安全は過去の経験から人間の行動が大きく関わっていることが明らかである。この安全文化の醸成は、多様な人材が関わることで、より深くなると考えている。そのためには、多様な人材として、女性の能力を必要としている。

日本では理工系学協会が呼びかけて、設立した男女共同参画学協会連絡会¹⁸⁾が2002年から活動をして、STEM分野の科学・技術・工学・数学分野における女性研究者の比率向上のため、活動を行い、5年ごとの大規模アンケート調査やその結果から、内閣府男女共同参画局への提言・要望活動を行っている。

世界で初となる人工雪の製作に成功した中谷宇吉郎は、1950年の随筆「未来の足音」¹⁹⁾のなかで、「原子力の解放が、人類の文化の滅亡を来すか、地上に天国を築くか、それは目の前に迫った問題である。そして、それを決定するのは科学ではなく、人間性である。人類の総数の半ばを占め、

その上子供を味方にもっている婦人たちが、この問題について割り当てられた任務は、かなり重いと書いていいだろう」と書いている。この言葉は今や原子力分野だけのものではない。人類の半数の女性は責任を果たさなければならない。責任を果たすためには、平等に学び、社会への貢献、平等な評価を受ける環境が必要である。日本の女性は平等な学びの機会を与えられている。しかし、社会では、十分に平等の環境が整っていない。日本のジェンダーバランスの遅れは、社会全体の問題である。今働いている女性の環境を改善していくこと、上位職へ積極的な女性の登用、無意識なバイアス²⁰⁾を一人一人なくす努力、さらに次世代への働きかけなど課題は山積している。

原子力産業は総合科学技術が集まり、広い分野である。そこがジェンダーバランスの改善に旗を振れば、社会全体に大きな進展が生まれる。原子力委員として、そのきっかけを作りたい。そのためにも、原子力利用分野にとって重要な放射化学分野の方々に、女性の能力の発揮できる環境を整えていってもらいたい。

引用文献

- 1) 森北出版「化学辞典 第2版」.
- 2) 篠原 厚、放射化学とは 現状と課題、そして未来へ」、2020年3月24日 原子力委員会定例会、資料第1号.
- 3) 日本原子力委員会、医療用等ラジオアイソトープ製造・利用推進アクションプラン、kettei220531_2.pdf (aec.go.jp).
- 4) 日本アイソトープ協会編、放射化分析による環境調査—微量・多元素・同時分析の手法.
- 5) 橋本芳一、放射化分析の実際. 講談社サイエンティフィク
- 6) 日下譲、放射化分析. 共立全書
- 7) 日本アイソトープ協会編, アイソトープ手帳 (12版).
- 8) 伊藤泰男・海老原充・松尾基之監修、放射化分析ハンドブック - 確度の高い多元素同時微量分析への実践. 日本アイソトープ協会.
- 9) 岡田往子、平井昭司、分析化学、42(4)、249-254 (1995).
- 10) 岡田往子、平井昭司、分析化学、40(10)、549-555 (1991).
- 11) 岡田往子、平井昭司、三頭聡明、分析化学、42(11)、449-785 (1993).
- 12) K. Nisizawa, Y. Okada, K. Kubo, H. Anzai, The Japanese Journal of Phycology SORUI, 22(4), 205-210, (1980).
- 13) K. Kakinuma, Y. Okada, N. Ikekawa, T. Kada, , Agric.Biol.Chem. 48(6), 1647-1648. (1984) ,
- 14) **Human Aspects of Nuclear Safety 2023 Gender Balance in the Nuclear Sector**
https://www.oecd-nea.org/jcms/c_12884/human-aspects-of-nuclear-safety
- 15) **Recommendation of the Council on OECD Legal Instruments Improving the Gender Balance in the Nuclear Sector**
<https://legalinstruments.oecd.org/api/print?ids=708&lang=en>
- 16) 原子力委員会、原子力利用の基本的な考え方、<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/kettei230220.pdf>
- 17) **Human Aspects of Nuclear Safety**
https://www.oecd-nea.org/jcms/c_12884/human-aspects-of-nuclear-safety
- 18) 男女共同参画学協会連絡会 (djrenrakukai.org)
- 19) 中谷宇吉郎、随筆；未来の足音.
- 20) 無意識のバイアスコーナー - 男女共同参画学協会連絡会 (djrenrakukai.org)

特集 (教育部会の活動報告その 2 : 第 2 回教育セミナー)

日本放射線安全管理学会における人材育成

中島 覚 (広島大学自然科学研究支援開発センター)

1. 日本放射線安全管理学会の紹介

日本放射線安全管理学会 (以下、JRSM) 設立趣意書には次のことが書かれている。放射線や RI の利用は広範囲の学術分野に及んでいることから、放射線安全管理に係わる研究成果は、各々の専門領域に立脚して設立された学会で分散して発表されて来た。これまで放射線安全管理の現場で遭遇する実務に直結した学術的課題を、横断的に議論する共通の場が必ずしも備わっていなかった。分散している研究者が一同に会し、研究成果発表や情報交換が出来る場を提供することによって、この分野の一層の活性化を図り、放射線安全管理実務の学術的基礎を考究する放射線安全管理学を確立する、と書かれている。

放射線の利用は物理系、化学系、生物系、工学系、医療系と幅広く、その管理を行うスタッフも元々の専門は多様である。したがって、JRSM の会員の専門も様々であり、日本放射化学会会員も多い。JRSM 理事の中で放射化学会会員は、吉村先生 (大阪大学)、矢永先生 (静岡大学)、松垣先生 (東京大学)、中島 (広島大学) となっている。

JRSM の活動は、理事会のもと常設の委員会 (企画委員会、編集委員会、広報委員会) が中心になって行っている。さらにアドホック的にその都度委員会を作り活動している。現在動いているアドホック委員会は、教育訓練検討委員会と医療用サイクロトロン廃止に関するアドホック委員会である。主な活動は 12 月の学術大会、6 月のシンポジウムである。規制庁のパブリックコメントに対する会員の意見をまとめて提出をするのも重要な活動である。

JRSM は、平成 28 年度に一般社団法人化された。これにより事業を請け負うことができるようになった。そして、放射線防護研究分野における課題解決型ネットワーク型統合プラットフォームの形成事業 (以下、アンブレラ事業) (平成 29 年

度～令和 3 年度) から事業を請け負うことができた。この事業を通して、活動が広がるとともに他の放射線防護関係学会との横の連携が進んだ。

2. アンブレラ事業で行ったアンケートから

アンブレラ事業の目的は、放射線防護に関する課題が生じた際に、直ちに適切な関係者が集まり、効率的に合意形成に向けた検討を行うことである。具体的な活動としては、放射線安全規制研究の重点テーマに関する新たな提案、専門家と行政のオープンディスカッション、若手人材の確保・育成、Webinar や提言を行った。

2015 年、米国放射線防護審議会 (NCRP) が放射線防護人材の不足に関するステートメントを行った¹⁾。これを受けてアンブレラ事業でも 2018 年に共同調査を行った^{2,3)}。伝統ある放射線防護関連学会の会員数は減少傾向にあるが、JRSM の会員の推移は、350 名から 400 名の間を推移しておりほぼ一定である。JRSM は学会設立時に比べて 30 歳以下の層は微増傾向にある。これは、学術大会参加のため入会する学生さんが一定数いるためであり、会員の先生方のご努力による。しかしながら、高齢化の傾向があることも分かった。

共同調査結果から次のことが考察されている。学生会員にはアカデミックポストに就職するという強い希望があるわけではなく、学生のニーズに合ったキャリア支援が必要であると考えられた。また、35 歳程度のキャリアパスに関する情報提供を求める声があった。若手育成というとしても大学院生から助教へのキャリアパスを考えがちだが、私自身を考えても 35 歳程度でのキャリアパスを考えることは有用である。

50 歳以上で博士号を持ち、第一種放射線取扱主任者を持たない人材が、放射線研究分野以外から多数転入していることが推測された。大学教授の定年退職後、研究業績が高い放射線以外の研究

分野の人材が新任教授となるケースがあるようである。

放射線防護・放射線安全管理学の専門人材で、40歳代の減少がみられた。博士号取得に何らかの関係があるかは不明であるが、この時期のキャリアアップに博士号の取得は重要な意味があるようである。この分野の博士号取得をしやすい環境やアカデミアによるキャリアアップ支援が重要となる。

3. 日本保健物理学会との連携

JRSMでは日本保健物理学会と合同で学術大会を開催することがある。最初は当時の学会長間で話し合い、2017年に第1回合同大会が大分で開催された。規模が大きく、活力を感じ、刺激を受けた。2019年に第2回合同大会が仙台で開催された。保健物理学会ではその前日に国際会議を開催し、国際交流の重要性、IAEAやICRPの動向を知る必要性を感じた。

その後、日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会連携協力WGを設けて検討し、2年に一度程度の頻度で合同大会を開催することを決めた。2021年に第3回合同大会を金沢大等が中心になり、コロナ禍、オンラインで開催した。2022年に第4回合同大会を福岡で対面とオンラインのハイブリッドで開催した。

保健物理学会のエックス線被ばく事故検討WGにJRSMからもメンバーを出し、活動に貢献した。JRSMは放射線施設の現場での安全管理に集中しがちであるが、保健物理学会との連携でもっと広い視点に立って放射線安全管理に貢献する人材育成に繋がりたいと考える。

4. 日本放射線安全管理学会における人材育成

我々の世代は、ある日突然、放射線安全管理に携わるようになった例が多いように思う。当時は、放射線防護人材を養成する確固たる仕組みはなかった。放射線安全管理は自分で勉強し、現場で覚えるしかなかった。もちろん、日本放射線安全管理学会、日本アイソトープ協会放射線安全取扱部会、大学等放射線施設協議会、アイソトープ総合センター長会議で横の連携を取って勉強できた。現在では、診療放射線技師養成課程を有する

大学の研究室では放射線防護分野に人材を出す仕組みがある。

学術大会では優秀プレゼンテーション賞、ポスター賞を設け、会員の励みとしている。JRSMの邦文誌、英文誌中の論文の中から、論文賞（最優秀論文賞、技術賞、研究奨励賞）を選出して会員の励みとしている。さらに若手会員の申請により研究支援金の贈呈（10万円）を行っている。10万円という金額は多くないが、支援金の獲得は本務の組織における評価につながることを祈念している。この支援を継続的に行うために、会費を集める際に、合わせて寄付金を募集している。

JRSM内で活動を行いながら人材育成する側面がある。まずは各種委員会で活動していただき、理事会メンバーになっていただくようなルートになっている。また、理事は本人の意思により立候補できるシステムになっており、やる気のある会員にはできるだけ活躍いただけるようにしている。

先にも書いたが、35歳程度でのキャリアパスは重要である。日本放射線安全管理学会誌に、特集記事「おしえてボスー放射線安全管理ポスト取得後のキャリアパスー」を組んで、理事、顧問、監事の思いを掲載した⁴⁾。さらにこの特集を受けて、放射線安全管理に係わる大学関係若手のキャリアパスに関する座談会を開催した⁵⁾。メンバーは、教員3（准教授1、助教2）、技術員2とした。男女比（男性4、女性1）にも配慮した。ここでは、自己紹介・所属施設の紹介、放射線管理に携わるようになった経緯、自身の放射線管理に関して問題になっていること、自身の研究について、今後のキャリアパスについて考えていること（教えてボスの記事も参考に）、他の人に聞きたいこと、その他、キャリアパスに関することならなんでも議論いただいた。私が興味を持ったのは次の点である。教員2名は管理業務を合理的にやって自身の研究に集中したい、もう1名は安全管理学を極めたいとのことであった。JRSMがこのような方の本務先でのプロモーションにどのように貢献できるかが我々の課題でもある。技術員2名は、ボスから自由にやりなさいと言われて頑張っただけで工夫しながら業務を進めたり、独自の教育コンテンツの開発に努めたりしている。子供を育てながらの業務遂行も話題に上がった。

日本学術会議提言「大学等における非密封放射性同位元素使用施設の拠点化について」（平成29年6月）を受けて非密封RI施設の集約化が行われている。それにより放射線取扱主任者や安全管理担当者が減少している。しかしながら、篠原先生や吉村先生の短寿命アルファ線放出核種の合理的な安全規制に関する放射線安全規制研究を受けて新たな放射線安全管理へ対応できる人材育成も我々の課題である。

5. まとめ

日本放射線安全管理学会を紹介した後、放射線防護関連学会の会員に関する実態調査の結果を紹介し問題点などをコメントした。そして日本保健物理学会との連携や日本放射線安全管理学会における人材育成について説明した。学生から安全管理ポストへのキャリアパスだけでなく、安全管理

ポストに就いた人のポストアップを含むキャリアパスが重要であることについてコメントを行った。そのためにはJRSMでの活動が本務で評価されるようにする方策も必要であろう。

参考文献

- 1) NCRP Statement No. 12, December 17, 2015.
- 2) 神田、赤羽、甲斐、児玉、小林、酒井、富永、中島、細井、松田、杉浦、百瀬、吉澤、放射線生物研究、54, 104-113 (2019).
- 3) 神田、飯本、甲斐、児玉、小林、酒井、富永、中島、細井、松田、杉浦、百瀬、吉澤、ATOMOS、62, 735-740 (2020).
- 4) 中島、松田、保田、日本放射線安全管理学会誌、20, 61-66 (2021).
- 5) 岩崎、永田、阿保、近藤、山内、日本放射線安全管理学会誌、21, 10-16 (2022).

特集 (教育部会の活動報告その2：第2回教育セミナー)

放射性薬品科学・核医学分野における薬学系人材育成

小野 正博 (京都大学大学院薬学研究科)

本稿では、現在2023年時点での放射性薬品科学・核医学分野における薬学系人材の育成について、浅学非才の身ながら著者の見識のもとで整理したい。著者自身、「放射化学」との出会いをはっきりと記憶しているのは、大学2年あるいは3年生の時に「放射化学」の授業を受けたのが始まりのように思う。本来、高校の化学の教科書にも放射化学の基本的な事項は載っているが、恥ずかしながら高校時代に放射化学を学んだという明確な記憶はない。このような著者が大学学部生からシニア研究者までどのように人材育成されてきたのか客観的に振り返りつつ、関連分野の教育・人材育成の現状についてまとめる。放射性薬品科学・核医学分野の人材は多岐に亘ることから、薬学部出身で薬学部教員をしている著者の狭い観点からの情報となることをあらかじめご了承ください。

薬学系教育・人材育成の対象

まず薬学系教育・人材育成の対象となる者についてまとめると、学部学生・大学院生、薬学系分野研究者、異分野研究者、核医学認定薬剤師に大別されると思われる。これら対象者の教育・人材育成を担っているのは、主に日本全国の薬学系大学、放射化学、放射性薬品科学、核医学に関連した国内学会および国際学会になるとと思われる。次に、これらについて概要を紹介する。

薬学系大学における教育・人材育成

一般社団法人 薬学教育協議会のホームページの情報¹⁾によると、放射薬学教科担当教員会議名簿には、全国の国公私立79大学105名の教員が登録され、各大学にて学部教育が実施されている。この薬学教育協議会主催の放射薬学教科担当会議は、毎年3月末に行われる日本薬学会年会の期間中に開催されており、放射薬学関連の最新情報を共有し、各大学での教育・人材育成をアップデー

トすることを目的としている。毎回、薬剤師国家試験問題ワーキンググループからの報告がプログラムされ、その他の話題は最新のトピックスで構成されている。本会議には学生は参加していないため、各大学の担当教員がそれぞれの大学に持ち帰り、授業等にて最新情報を学生にフィードバックしているものと思われる。

次に大学学部における教育について、著者の所属している京都大学薬学部を例に挙げて紹介する²⁾。京都大学薬学部では、「新 放射化学・放射性医薬品学 (南江堂)」を教科書として採用し、薬学教育モデルコアカリキュラムに準じて、2年生後期に配当された分析化学Ⅱ (放射化学) では放射化学を、3年生前期に配当された分析化学Ⅳ (臨床分析学) ではその一部に放射性医薬品に関する内容を講義している。座学にて放射化学、放射性医薬品学の基礎を学んだ後、3年生後期には、薬学専門実習という科目の中に放射性薬品化学実習があり、この実習で初めて密封線源および非密封線源を用いた放射化学的な実験を行う。この実習を通じて、放射線を適切な方法で測定すること、代表的な放射性医薬品の調製および使用に関する実験手法を習得することを到達目標として学部学生に対する教育を行っている。

国内学会における教育・人材育成

国内学会における教育・人材育成を紹介する。まず日本薬学会の教育・人材育成に関係する取り組みとして、日本薬学会年会における大学院生・学生シンポジウムが挙げられる³⁾。このシンポジウムは大学院生が立案・企画から当日の発表までのすべてを担当するというものである。その過程において、全国の様々な大学の大学院生がいろいろと意見交換をしながらシンポジウムの内容を深く討議する必要があることから、当日の発表と質疑応答に留まらず、論理的思考や批判的思考を養

成する良い機会となっている。また学生間の交流という観点からも非常に良い取り組みであると考えられる。また日本薬学会の物理系薬学部会には「次世代を担う若手のためのフィジカル・ファーマフォーラム (PPF)」という学術集会があり、若手研究者および大学院生・学部学生が日頃の研究成果をまとめ口頭発表する場を提供している⁴⁾。PPFは研究発表会だけではなく、若手研究者・学生同士の交流を活性化する良い機会となっている。

次に日本核医学会における教育・人材育成の取り組みを紹介する。日本核医学会の分科会として放射性薬品科学研究会が組織されている⁵⁾。本分科会では、年1回の総会および研究発表会を実施し、若手研究者および大学院生・学部学生の育成の場を提供している。また日本核医学会では春季大会が毎年実施されている⁶⁾。新たに核医学診療に参加する初学者教育やベテランの知識リニューアルなどを目的として薬剤師を含む幅広い方を対象とした講習を提供している。この中で、放射性医薬品エキスパートセミナーなど、薬学に関連するセミナーを実施することによって、若手研究者や薬剤師の育成に貢献している。さらに日本核医学会では、2017年度より核医学認定薬剤師制度が実施され、核医学分野の薬剤師の教育・人材育成に貢献している⁷⁾。核医学会認定薬剤師の登録・更新には、「放射性医薬品取り扱いガイドライン講習」を受講する必要がある。

国際学会における教育・人材育成

放射性薬品化学分野の代表的な国際学会として、まず Society of Radiopharmaceutical Sciences (SRS) が挙げられる⁸⁾。SRSでは、隔年で International Society of Radiopharmaceutical Sciences (iSRS) が開催され、世界各国からの研究者による最新の研究成果の報告が行われている。また SRSでは、SRS ThinkTank (SRS-TT) と呼ばれる次世代リーダーの育成制度が整備されている。SRS-TTの主な役割は、iSRSのプログラム作成においてプレシンポジウム・ワークショップの提案を行うことにある。世界中の様々な国々から13名の若手研究者が参画しており、この研究分野の若手研究者育成に大きく貢献していると思われる。現在のところ、SRS-TTのメンバーには

日本からの若手研究者が登録されておらず、今後、日本人若手研究者にも積極的に SRS-TT に参加し、日本の放射性薬品科学研究のプレゼンスを示してもらいたい。

放射性医薬品科学に関連する国際学会として、The China-Japan-Korea Association of Radiopharmaceutical Sciences (CJKARS) が挙げられる⁹⁾。CJKARSは文字通り、中国、日本、韓国の3カ国の放射性薬品科学関連の研究者が属する連合であり、隔年で開催される研究発表会が主たる活動となる。各国で顕著な活躍をしている若手研究者に対して、Young Investigator Award を授賞し、若手研究者の活性化を行っている。

次に核医学関係の国際学会として、Society of Nuclear Medicine & Molecular Imaging (SNMMI) が挙げられる¹⁰⁾。毎年、アメリカあるいはカナダの主要都市で開催されており、主な学会員は核医学関連の医師であるが、放射性薬品科学関連の研究者や薬剤師も参加している。さらに、ヨーロッパにも同様の国際学会として、European Association of Nuclear Medicine (EANM) が組織されている¹¹⁾。こちらも SNMMI と同様に、毎年ヨーロッパの主要都市で総会および研究会が開催されている

さらに SNMMI や EANM よりも大きな枠組みの国際学会として、世界核医学会と呼ばれる、World Federation of Nuclear Medicine and Biology (WFNMB) が組織されている¹²⁾。WFNMBでは、4年おきに総会が開催されており、2022年9月には13th Congress of World Federation of Nuclear Medicine and Biology が初めて日本(京都)で開催された。若手研究者および大学院生・学部学生を含む、本分野の関連研究者はこれらの国際学会に参加し、日頃の研究成果の発表の場となっている。

まとめ

図1に示すように、放射性薬品科学および核医学分野における教育・人材育成は、各大学での放射化学の学部教育を起点として、大学院までの教育によって、若手研究者としての基礎力が養成される。その後、大学院を修了した若手研究者は、さらにシニア研究者へと成長していく。この学部学生からシニア研究者へ成長していく各ステー

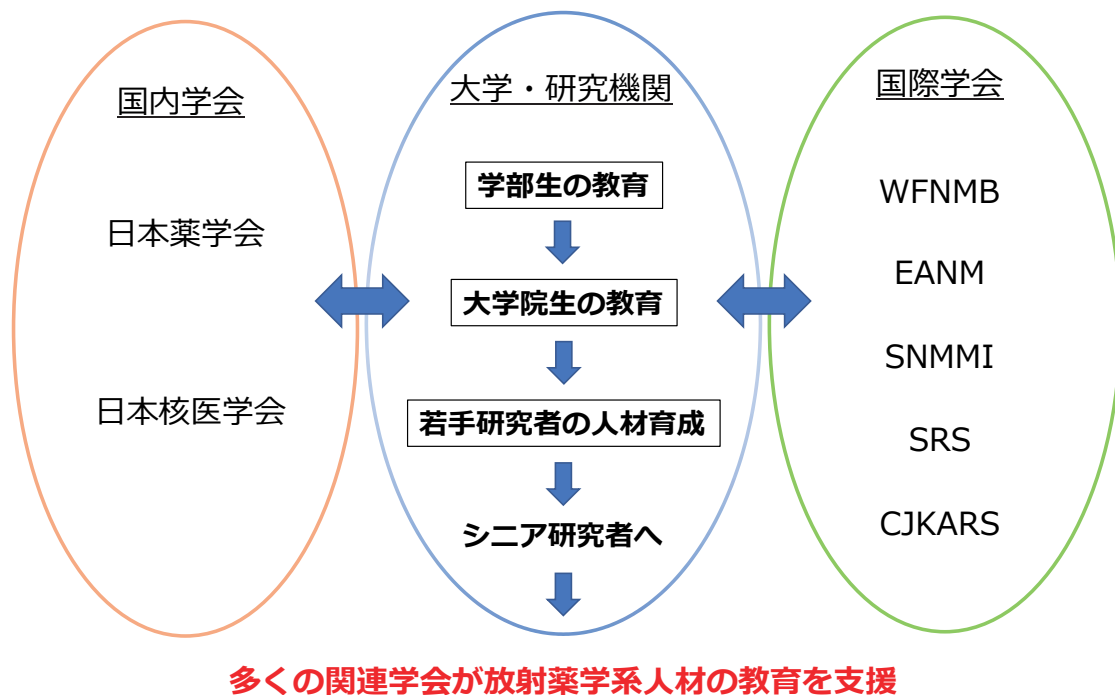


図1. 放射性薬品科学および核医学分野における教育・人材育成とその関連学会

ジにおいて、国内学会においては、日本薬学会、日本核医学会など、国際学会においては、SRS、CJKARS、SNMMI、EANM、WFNMBなどの関連学会が定期的に研究成果の発表の場を提供している。若手研究者および大学院生・学部学生はその発表を一つの目標として、日々の研究活動に取り組むことによってシニア研究者として成長していくと思われる。

このように本分野の人材育成のための教育システムは十分に整備されている状況にあるにも関わらず、このシステムに寄与すべき肝心の若手研究者および学部学生・大学院生の数は減少傾向にある。特に薬学領域においては、博士課程進学者が減少し続けており、将来的に博士号と薬剤師免許を持つ人材の激減が予想されている¹³⁾。この傾向は放射性薬品科学や核医学分野においても同様であり、将来、薬学研究者、核医学関連薬剤師として活躍する人材の減少にもつながり、本分野全体が立ち行かなくなることが懸念される。この問題に対して現在いろいろな議論がなされているが、現存の教育システムを維持するだけでなく、多くの学生を惹きつける魅力を持ち合わせた教育

システムへと積極的に変革していく時期にあるように感じている。

著者自身もシニア研究者と呼ばれる年齢になったが、本稿をまとめる機会をいただき、自分自身がどのような教育を受け、どのような学会で発表してきたか、研究者としてどのように成長してきたのかを自己分析する良い機会となった。また多くの若手研究者および学部学生・大学院生の本分野への参入を促すべく、より魅力的な人材育成の教育システムを構築していく必要があることも再認識できた。これからも若手研究者と同じく、初心を忘れず、日々向上心を持って研究者として成長していくこと、さらには本分野の将来を牽引できる後進の教育・人材育成を決意しながら、本稿を閉じたいと思う。

参考情報

- 1) 一般社団法人 薬学教育協議会 https://yakukyou.org/?page_id=921
- 2) 京都大学薬学部シラバス <https://www.pharm.kyoto-u.ac.jp/campuslife/schooldays/handbook/syllabus-2018/>

- 3) 日本薬学会年会 <https://www.pharm.or.jp/nenkai/>
- 4) 次世代を担う若手のためのフィジカル・ファーマフォーラム (PPF) https://bukai.pharm.or.jp/bukai_butsurikei/PPF.html
- 5) 日本核医学会分科会 放射性薬品科学研究会 <https://tcors.org>
- 6) 日本核医学会春季大会 <https://www.jsnm-spring.org/greeting>
- 7) 核医学認定薬剤師 <http://jsnm.org/specialist/kakuigakuninteyakuzaishi/>
- 8) Society of Radiopharmaceutical Sciences (SRS) <https://www.srsweb.org>
- 9) The China-Japan-Korea Association of Radiopharmaceutical Sciences (CJKARS) <https://www.cjkars-kr.org>
- 10) Society of Nuclear Medicine & Molecular Imaging (SNMMI) <https://www.snmmi.org>
- 11) European Association of Nuclear Medicine (EANM) <https://www.eanm.org>
- 12) World Federation of Nuclear Medicine and Biology (WFNMB) <https://www.wfnmb.org>
- 13) 薬事日報 <https://www.yakuji.co.jp/entry71185.html>

特集 (教育部会の活動報告その2：第2回教育セミナー)

日本アイソトープ協会の教育関連活動と人材育成

植竹 修士 (日本アイソトープ協会)

日本アイソトープ協会（以下、「当協会」という）は、仁科芳雄博士の尽力により輸入されたアイソトープを全国の研究者に配分したことを契機に、アイソトープの安全取扱い及び取扱技術の向上と普及を図ることを目的とし、昭和26年に設立された。今回は、当協会が実施する教育関連活動及び人材育成について紹介する。

【当協会の教育関連活動と人材育成】

①各種講習会

放射線取扱主任者資格講習や放射線取扱主任者定期講習などの放射性同位元素等規制法に定める登録講習や、主に医療関係者を対象としたアイソトープ内用療法講習会を開催している。また、初学者を対象としたアイソトープ基礎技術入門講習会は、放射性同位元素、放射線に関する基礎的な知識や取扱い、測定等に関する講義と実習を行う。現在各種講習会は、COVID-19の流行を受け、オンライン形式の導入を進めているが、放射線取扱主任者資格講習など放射性同位元素を直接的に取扱う実習を含む講習は、感染対策を徹底しながら対面形式で実施している。

②アイソトープ・放射線研究発表会等

各分野の知見と技術の交流を図ることを目的とし、様々な分野の研究者や施設の放射線管理者に研究内容や施設管理技術等を発表いただく、アイソトープ・放射線研究発表会や放射線安全取扱部会年次大会等を開催している。特に教育関連活動の一環として、アイソトープ・放射線研究発表会の「若手企画：研究者のキャリアパス」では、大学院生やポスドクなどの若手研究者を対象とし、40代前後の研究者に自身のキャリア形成の際の経験や苦難等を講演いただいている。

③書籍・図書

様々な分野のアイソトープ及び放射線の利用やその基礎となる研究における学術誌として

RADIOISOTOPES誌や、放射性同位元素等規制法や医療法・薬機法などの医療放射線に関する内容を掲載したアイソトープ法令集、核種の半減期やエネルギー等の各種データを掲載したアイソトープ手帳等を発行している。また、一般市民を対象とした教育関連活動の一環として、学校の先生や警察官・消防士・自治体関係者等に向けた「やさしい放射線とアイソトープ」を発行している。

④各種表彰制度

若手研究者の支援の一環として、アイソトープ・放射線研究発表会における若手優秀講演賞やRADIOISOTOPES誌論文奨励賞、日本アイソトープ協会奨励賞等の表彰制度を設けている。各応募条件は、当協会ホームページを確認いただきたいが、多くの若手研究者からの応募をお待ちしている。

⑤その他

初等・中等教育の教員を対象とした放射線教育用テキストの配布や、学校の理科室等で使用できる下限数量以下の密封線源の無償貸出を行っている。また、高校生や大学生を対象とし、様々な分野の若手研究者に自身のキャリアや研究内容を紹介いただいた「最前線のアイソトープ・放射線研究紹介－私が研究者になるまで－」が公開されている。現在30名以上の研究者が当協会ホームページにて掲載されており、是非とも確認いただきたい。

【まとめ】

当協会では、多くの教育関連活動・人材育成を実施している。特に当協会では、実際に放射線・放射性同位元素を利用または管理する研究者・技術者の他に、一般市民に向けた活動を推進している。今後、更なる活動推進に向けて、関連団体と協力した企画検討や情報共有等を実施していきたい。

<https://www.jrias.or.jp/>

教育関連活動と人材育成

① 各種講習会の実施

- 放射線業務従事者のための教育訓練講習会
- 放射線取扱主任者講習
- 放射線取扱主任者定期講習
- アイソトープ内用療法・小線源治療講習会

② アイソトープ・放射線研究発表会

- ⇒ 研究者間の交流・発表機会の提供・キャリアパス（人材育成）企画

③ 書籍・図書 ⇒ 論文投稿機会・情報提供

④ 表彰制度 ⇒ 研究者への支援

⑤ その他（一般市民向け対話・講師派遣 etc）

- ⇒ コンテンツの提供・異分野交流・キャリアパス紹介

オンライン形式とし、受講しやすい仕様

Japan Radioisotope Association

図 1. セミナー当日の講演資料

特集 (教育部会の活動報告その2: 第2回教育セミナー)

自らの経験から思うこと

平出 哲也 (日本原子力研究開発機構原子力科学研究部門)

今回、日本放射化学会から思いがけない依頼を受けました。人材育成に関する講演の依頼です。私は、名前は似ていますが、「日本放射線化学会」の会長などもしてきましたが、今まで放射化学会とはかかわりはなく、近くにいた放射化学会の会員の方から、是非にということで、講演させて頂くこととなりました。その時のタイトルが、「自らの経験から思うこと」という、極めて無責任なタイトルで、講演させて頂く機会を頂きました。その上、今回は、執筆のご依頼まで頂くこととなり、内容は他の先生方とは相当異なる色を呈しており、本当に恐縮しております。

私は、高校時代、なんとなく、コンピューターに関係したことでやるかなと思っていました。ただし、恐ろしいほど勉強していませんでした。ちょっと悪い友人たちと学園祭に没頭していました。そして当然のように迎えることとなった浪人時代、予備校の物理の講義が面白くて、物理を勉強してみようと思ってしまい、私の人生を大きく変えることとなりました。そして入学した大学では、成績など何も気にしないで、実験と演習の時間だけ楽しく過ごしました。卒論と修論のための研究室生活でも、とにかく実験が面白く、週末も夜中も、装置が空いていればいつも実験をしていました。指導教員はたまに褒める以外は完全に放任主義だったような気がします。この教育方針には今も本当に感謝しています。D論では大学を飛び出し、当時の原研高崎研で3年間過ごしました。おかげで恐ろしいほどスキーがうまくなりました。そして、ひよんなことから、原研東海研究所に入所し、現在に至っています。

ひよんなこととは、入所した当時の化学部において、あるミッションがありました。デンマークから著名な研究者を招聘して陽電子化学研究を立ち上げるといふものでした。新入職員であり、陽電子なんて聞いたこともない私が、一人でこの

ミッションに立ち向かうこととなり、結果、研究所の中では一匹狼として生きていくこととなり、その結果が現在の私かもしれません。本当は研究グループを作ることまでがミッションだったのかもしれませんが。後に当時の部長から、「失敗しても自殺しない人間だ。」と思って採用したと言われました。

さて、それから5年後、上の娘がゼロ歳の時スウェーデン (Chalmers 工科大) に留学しました。4年後、下の娘がゼロ歳の時、再びスウェーデン (Linkoping 大学) に留学しました。結果として、日本でも最近盛んになってきた、男性の育児参加を十二分に行える環境がある、子育てに最高の国を経験しました。妻子を連れて、国際会議にも参加しました。その後、著名な研究者から妻にだけ、クリスマスカードがたくさん届いていました。

研究所生活では、昔は、少なくとも若手の間には組織の壁はなかった気がします。私が一匹狼的な生活をしていたせいもあるかもしれませんが。結果、毎週金曜の夜は、若手研究者で集まって、当時はまだあったゲストハウスで食事などをし、夢を語っていました。

いろんな人と広く付き合ううちに、人材育成センターの仕事を手伝うことになりました。その後、茨城大学で新しい専攻の立ち上げのために研究所から3名人選され参加することとなりました。新しい試みなどもできる状況で、大学院の必修科目に研究所側の人材育成センターの実習を導入させて頂きました。受け入れ側講師+引率教員を行い、文化の異なる組織間に挟まれ、奮闘しました。(いろいろありました…汗)

学会としては、日本放射線化学会と日本陽電子科学会において主に活動してきました。日本陽電子科学会は学会の立ち上げから関わり、直ちに、「陽電子科学研究交流会」といういわゆるサマースクールを開始するのに参加しました。日本放射

線化学会の「夏の学校」にも毎年、自称若手ということで参加させて頂きました。

ここまでは、いろいろあったとしても、それほど珍しいこともないかなと思います。私が自らの経験として、普通の人とはちょっと違うかもしれないと思う経験がいくつかあります。その一つが修士時代に政府の研修船である青年の船（第20回、現在の世界青年の船）に渉外団員（簡単な通訳なども担当）として参加したことでしょうか。1月に晴海から出航して、韓国、シンガポール、パキスタン、インド、マレーシアを回って、3月に戻ってきました。残念ながら、スリランカは航行中に内戦が勃発し、寄港出来ませんでした。現在も国はこの事業を行っていますので、ぜひ、若い方々には参加を考えて頂きたいです。学年末試験を受けられませんでした。が、大丈夫な時代でした。ここでの経験はその後の国際会議の運営などで非常に役立ちました。

さて、タイトルは「自らの経験から思うこと」で、テーマは人材育成に関することでした。まずは、いろいろなことに参加できる環境を作って頂きたい。なんでも、あとで役に立ちます。小さい子供を連れて国際会議に参加するなんて、ものすごく大変ですが、でも、その後の人生が変わります。外部の研修に参加するなんて大変です。私は学生の時に国の研修船でしたが、これも人生に役立ちます。ふらっと行けるゲストハウス、あって良かったです。学会活動の中で、友人を作り、同じ目的に向けて活動する。これも役に立ちます。こういういろいろなことが出来る環境が大事です。

最後に、私が、講義で行っているお話を書かせて頂きます。学生に、夜明け前に南の空に月があった。これはどんな風に見える月か。ということを考えてさせます。小学校低学年で習うことだと思えますが、多くの学生が半月だと答えてくれますが、理由をちゃんと説明します。そして、そのあとで、アリストタルコスの話をしてします。半月とは月の横か

ら太陽の光が当たっていることを意味していて、そこにできる角度が直角であり、その時の太陽と月の角度を測定すれば、月までの距離と太陽までの距離の比がでます。これを実際に行ったアリストタルコスは歴史に名を残し、月のクレーターの名前になっています。人に何かを習うとき、本で何かを勉強するとき、論文を読むとき、「あー、なるほど、わかった！」で終わる人は、歴史に名を残せないと言います。そもそも、論文も本も、間違ったことがたくさん書かれていますので、信じてはいけません。そして、その先にさらに、我々が知らない世界が待っています。

さて、私が書いたものも、例外ではありません。私の言っていることも例外ではありません。間違っているはずだと思ってください。そんな私がどうしろ、こうしろ、などと言えません。言えるのは、やはり、そういうことを尊重した環境を作ろう、ということです。

人材育成がミッションとして掲げられ、そして、それを報告しなくてはならない。手取り足取り、こんなことしました、みたいに。今、目の前にいる若者は、自分なんかよりよっぽど才能にあふれ、もしかしたら新しい物理体系をつくるきっかけを見つける人かもしれないです。若きアインシュタインに、研究とはこうやりなさいと言うようなものかもしれないです。私はたまに褒めてくれるだけの、放任主義だった指導教員は本当に人を育てるということをご理解されていたと感じます。感謝しかありません。

ただ、極めて重要で言いたいことは、「我々は極めて多くのことをほとんど知らない。」「だから、やることはたくさんあるし、そして面白い。」ということになります。これこそモチベーションのもとになり、重要です。

若い人たちには、良い環境の中で、どんどん、いろいろなことに挑戦して頂きたいです。その環境がより実現する方向に進むことを期待したいです。