

放射線教育フォーラム ニュースレター

No.83 2022.12

放射線・放射能の正しい理解に資するために

放射線教育フォーラム 柴田 誠一



私は放射化学を専門として大学の附置研究所で研究・教育に携わってきたが、退職後、非常勤講師として私立大学で教職科目の化学概論を担当する機会を得た。受講している学生は、数年後には教壇に立ち、教員として教える立場になる人もいることを意識して、化学の基礎だけでなく、放射線・放射能についても正しく理解して欲しいとの思いで講義した。その際、知り合いの若い研究者から以前聞いていた「教職は自分も受けましたが、高校の復習ばかりで全然面白くありませんでした。」という言葉を強く意識した。それで、講義では、基本的な事項の説明に時間を取られてしまうのは避けられなかったが、できるだけ学生の興味を引く内容にしたいと思い、放射線・放射能を盛り込んで、元素の周期律、エックス線の発見、元素合成、年代測定、ニュートリノ、113番元素、・・・などの話を紹介した。

この講義には、理系、文系を問わず、1年生から4年生までの学生が聴講に来てくれたが、哲学科の学生に、文系のあなたがどうして化学を聴講したのか講義の最後に尋ねた際、就職先の候補として博物館の学芸員も考えているのでと答えてくれた。なるほどと思ったが、そのあと、「先生のニュートリノの話、面白かったです。」との感想を聞いたとき、私の意図が少しは通じたかなとうれしく思った。

放射線という言葉は、一般的には、ある線源から放出されるあらゆる光線または粒子に対して使われるものであり、放射能というのは、原子核が、放射線をとまなつて自発的に変換していく性質である。これは、放射線教育フォーラムの創設にかかわったメンバー有志による翻訳書「放射線と放射能」(学会出版センター、1996年)からの引用である。この内容が示していることは、放射線が観測されたときは、その放射線を放出している放射線源が、それが放射性同位体、加速器や原子炉、宇宙線であったりするが、どこかにあるということである。それに対して、放射能という言葉は、上記の本来の意味から離れて、単位時間に壊変する原子核の数(ベクレル単位で表される放射エネルギー)の意味で用いられることもあり、さらには、放射線を放出する物質(放射性物質あるいは放射性同位体)そのものを表すこともある。これらの意味が混同して使われることが多いために、放射能という言葉には、常にわかりにくさが付きまとい、それがなんとなく不気味な印象を与えているのではないだろうか。

放射線教育フォーラムでは、昨年度から「放射線の理解を深めるための授業について考える」をテーマとして勉強会を開催している。これは、中学校で昨年度から実施されている新学習指導要領に基づく放射線の授業を受けて設けたテーマである。教職の講義から離れた今も、放射線・放射能を正しく伝えることの重要性、難しさを改めて感じている。放射線教育フォーラムのこの勉強会を通して、放射線・放射能への理解を深める活動を継続して行っていきたい。

東日本大震災からの復興と風評払拭に向けた取組み

復興庁 原子力災害復興班 参事官 中見 大志

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、東北地方を中心とした太平洋沿岸地域が、破壊的な大津波に襲われ数多くの犠牲者が出ました。それだけでなく、東京電力福島第一原子力発電所事故が発生し、周辺市町村では放射性物質の拡散によって居住ができなくなり、多くの方々が故郷からの避難を強いられることとなりました。

発災から11年以上が経過する中で、被災地の方々の絶え間ない努力と関係者の支援により、被災地の復興は着実に進展している一方で、地域によって状況は様々であり、未だ多くの課題が残されています。

特に、福島県を中心とした原子力災害被災地域については、市町村毎に復興の進み具合に差があり、被災者や被災地の置かれた状況が多様化する中で、地域の実情に応じたきめ細かい対応が求められています。

このような原子力災害被災地域では、帰還困難区域を除き、全ての地域で避難指示が解除され、住民の帰還に向けて、医療、介護、福祉施設の再開や開所、小学校の再開や開校、JR 常磐線や道路の開通、商業施設の開業など住民が安心して生活を再開するための生活環境の整備が進められています。また、営農再開の加速、森林・林業の再生、漁業の本格的な操業再開など生業の再生に向けた取組みも進められています。更に、復興の担い手となる新たな活力を呼び込むため、福島県外から移住して、就業・起業される方への支援金の給付など、新たな住民の移住・定住を促進する取組みも進めています。

一方、もともと将来にわたって居住を制限することとされ、避難指示が解除されていなかった帰還困難区域内でも、6町村において特定復興再

生拠点区域を設定し、除染やインフラ整備等、避難指示解除に向けた準備を進めており、一部の区域では先行して避難指示が解除されました。更に昨年8月に策定された政府の基本方針では、特定復興再生拠点区域外についても、2020年代をかけて、帰還意向のある全ての住民が帰還できるよう、避難指示解除に向けた取組を進めることとされ、各自治体による帰還意向の確認等が進められています。

更に将来を見据え、浜通り(太平洋沿岸)地域等における新たな産業基盤の構築を目指して、関係省庁が福島県と連携して「福島イノベーションコースト構想」を進めています。これまでに、福島第一原子力発電の廃炉を加速するための国際的な廃炉研究開発拠点が整備されるとともに、「福島ロボットテストフィールド」、再生可能エネルギーを活用した大規模な水素製造実証施設が開所するなど構想の実現に向けて拠点の整備が進められてきました。

また、来年4月には、この構想を発展させ、その司令塔となる中核的な拠点として、福島国際研究教育機構(F-REI)が設立される予定です。福島をはじめ東北の復興を実現するための夢や希望となるものとするとともに、我が国の科学技術力・産業競争力の強化を牽引し、経済成長や国民生活の向上に貢献する、世界に冠たる「創造的復興の中核拠点」となることが期待されており、「ロボット」、「農林水産業」、「エネルギー」、「放射線科学・創薬医療、放射線の産業利用」、「原子力災害に関するデータや知見の集積・発信」といった研究テーマに取り組むこととなります。

最後に、もう1つ残された大きな課題に風評の影響があります。原子力災害に伴う風評の影響については、これまでの政府一体となった取組

により、その払拭に向けて一定の成果はみられるものの、福島県産農林水産物について、米、牛肉等多くの品目で出荷量は依然震災前の水準まで回復しておらず、もも、牛肉等の品目で、依然、価格が全国平均を下回るなど影響が残っています。その背景には、流通段階における消費者への付度や震災後の販売棚の減少と他県産への置換えの固定化などがあると考えられます。福島県への観光についても、教育旅行も含め、伸び悩んでいます。また、「福島第一原子力発電所事故による放射線被ばくの健康影響は確認されていない」、「子供への遺伝的影響が出ることはない」といった健康影響に関する事実に関しても、全国に理解が十分に広がっていないことも浮き彫りになっています。

国外に目を転じて、当初55の国・地域で実施されていた輸入規制措置は、43の国・地域で撤廃されたものの、中国、韓国など未だ12の国・地域において規制が残っています。

こうした風評の影響の払拭に向けて、関係省庁で連携して、「知ってもらう」、「来てもらう」、「食べてもらう」の3つの観点から、風評払拭・リスクコミュニケーションに取り組んでいます。復興庁では、ユーチューブをはじめとするインターネットやラジオなど様々なメディアを活用しながら、科学的根拠に基づく正確な情報と復興の進捗や福島の魅力の発信を行っているほか、今年度からは、全国各地の高校へ職員を派遣して行う出前授業の取組も始めました。そのほか、地元自治体が行う地域の魅力の発信への支援や海外に向けた多言語での情報発信などにも取り組んでいます。

ところで、事故のあった東京電力第一原子力発電所については、現在でも燃料デブリや使用済み燃料の取出などの廃炉に向けた作業が続けられています。廃炉を進めるにあたって、放射性物資を含む汚染水を浄化処理して貯蔵されているALPS処理水を処分することが避けては通れない課題です。このため、昨年4月、ALPS処理水について、2年程度の準備期間を経て、

安全性を確保し、政府を挙げて風評対策を徹底することを前提に海洋放出の方針を決定したところです。しかし、海洋放出については、新たな風評の発生を懸念する声もあがっています。海洋放出されるALPS処理水は、ALPS(多核種除去設備)等によって、トリチウムを除く放射性物質が、世界共通の安全性確保の考えに基づき設定されている規制基準を満たすまで取り除かれたものです。また、ALPS処理水に含まれるトリチウムは、雨水など自然界にも広く存在するものであり、放出する放射線(ベータ線)が微弱で、体内に入っても蓄積されずに水と一緒に排出されることなどから、健康への影響の心配はありません。なお、トリチウムは、世界中の原子力施設から、各国の基準を守って、海や大気に放出されています。海洋放出に伴う新たな風評の影響を生じさせないため、このような安全性に関する理解を広く醸成することが求められています。

これまで述べてきたような風評の影響の払拭に向けては、放射線教育なども通じて、科学的根拠に基づく正確な知識を広く浸透させていくことが非常に重要です。放射線教育に携わる関係者の皆様におかれましては、引き続き、ご理解ご協力のほどよろしくお願いいたします。

風評の払拭に向けた復興庁のタブレット「放射線のホント」



高校での出前授業の様子



復興の現状や放射線の基礎知識、福島県産農林水産物の魅力等を伝えるWEBサイト「タブレット先生の福島の今」(QRコード)



研究用原子炉を用いた中性子放射化分析

産業技術総合研究所計量標準総合センター 三浦 勉

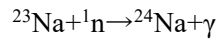
初めに:原子核に粒子を照射しておこる原子核反応によって非放射性的安定原子核から放射性核種を生成させることを放射化という。この原子核反応による放射化で生成した放射性核種が放出する放射線を測定して、ある試料に含まれる目的元素の量を計ることができる。この方法は放射化分析法と呼ばれ、固体試料中の元素の量を高い正確さで計ることができる元素分析法として認知されている。放射化分析法は、照射粒子に陽子、重陽子等の荷電粒子を用いる荷電粒子放射化分析法、中性子を用いる中性子放射化分析法、光子を用いる光量子放射化分析に分類される。ここでは、放射化分析法の歴史、放射化分析法のなかで、汎用的な中性子放射化分析法の特徴と代表的な応用例、今後の展望について紹介する。

放射化分析法の歴史:1930年代は原子核反応に関する研究が進んだ。Frédéric Joliot と Irène Joliot-Curie は ^{210}Po から放出される α 線をアルミニウムに照射して初の人工放射性核種 ^{30}P (半減期 2.5 分) の製造 ($^{27}\text{Al} + ^4\text{He} \rightarrow ^{30}\text{P} + \text{n}$) に成功¹⁾した。Enrico Fermi はパラフィンで減速した中性子を用いると核反応の効率が增大することを発見²⁾した。これらの功績に対して、1935年にFrédéric Joliot と Irène Joliot-Curie に Nobel 化学賞が、1938年にEnrico Fermi に対して Nobel 物理学賞が授与された。上記の発見に続き、George de Hevesy と Hilde Levi は1936年と1938年に発表した論文^{3, 4)}で、初の中性子放射化分析法を発表した。600 mg の ^{226}Ra を用いた Ra-Be 中性子源をパラフィンブロックの中心に設置した。パラフィンで減速された中性子を3日間、酸化ガドリニウム試料に照射した。照射後、酸化ガドリニウム (Gd_2O_3) 中の Eu から生成した $^{152\text{m}}\text{Eu}$ (半減期: 9 時間) の放射能を測定した。その結果、酸化ガドリニウム中の 0.4% の Eu の定量に成功し

た。Gd と Eu は双方とも希土類元素であり、化学的性質が類似している。1930年代では、主に溶解度差に基づく分別沈殿法が希土類元素の相互分離に用いられており、正確な分析が非常に困難であった。George de Hevesy と Hilde Levi による中性子放射化分析法は試料を分解、化学分離することなく、Eu の非破壊定量に成功しており、非常に画期的な成果であった。一方、日本国内では1942年に嵯峨根遼吉ら⁵⁾による理研サイクロトロンで生成した重陽子をアルミニウム試料に照射し、アルミニウム試料中のナトリウム (^{23}Na) から生成した ^{24}Na を測定する Na の荷電粒子放射化分析が報告されている。その後、海外では研究用原子炉 (以下、研究炉) で高強度の安定した中性子場が得られるようになり、中性子放射化分析法が実用分析法として利用されるようになった。浜口博はシカゴ大学留学時に隕石中の極微量のウランを中性子放射化分析法で正確に定量することに成功⁶⁾し、宇宙化学の分野で重要な成果を挙げている。日本国内でも日本原子力研究所研究炉 JRR-1 (熱出力 50 kW) が、1957年に臨界に達したことで、中性子放射化分析が実施できるようになった。その後、近畿大学原子炉 UTR-KINKI (熱出力 1 W、1961年臨界~)、JRR-2 (熱出力 10 MW、1960年~1996年)、JRR-4 (熱出力 3.5 MW、1960年~2010年)、JRR-3 (熱出力 10 MW、1962年~1985年)、JRR-3 (改造後、熱出力 20 MW、1990年~)、京都大学炉 KUR (熱出力 5 MW、1964年~)、立教大炉 (熱出力 500 kW、1961年~2001年)、武蔵工大炉 (熱出力 500 kW、1963年~1989年) が利用できるようになり、中性子放射化分析法は広く普及した。2022年現在、 $10^{13} \text{ n cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ レベルの中性子照射を実施できる研究炉は JRR-3 と KUR の 2 基となっている。

中性子放射化分析法の特徴:中性子放射化分析法は目的原子核に中性子を照射し、中性子

捕獲反応で生成する放射性核種が壊変するとき放出する放射線を測定する分析法である。例えば質量数 23 の Na に熱中性子を照射すると以下の核反応で半減期 14.959 時間の放射性同位体 ^{24}Na を生成する。



^{24}Na が壊変するとき放出する 1369 keV の γ 線を Ge 半導体検出器で測定し試料中の Na を分析できる。中性子放射化分析法の利点として、以下の点が挙げられる。1) 中性子と目的原子核との原子核反応に基づく分析法であり、他の化学分析法とは原理が異なる。2) 原子核反応に基づく分析法なので、試料中の目的元素の存在形態(錯形成、酸化還元状態)に影響されない。3) 中性子照射後、複数回試料を測定することで、試料の分解・溶液化をすることなく 30 元素以上を定量できる。4) 分解・溶液化が必要ないので、汚染・損失がない。ハロゲン、水銀等の揮発性元素の分析に有効である。5) 炭素、窒素、酸素の存在は他の元素の測定に影響しない。1 ng から 1 μg 程度の存在量の元素分析に適している。上記の特徴によって、中性子放射化分析法は、完全分解が困難な試料(土壌、鉱物、岩石、隕石、セラミックス)、水素・炭素・窒素・酸素が主成分の試料(植物、生物、食品)、溶液化に伴い汚染の危険がある試料(高純度物質、半導体材料、宇宙塵、小惑星等の宇宙物質)、厳密な値付けが必要な試料(認証標準物質、科学捜査)に適用され、それぞれの分野で有効に活用されている。

代表的な応用例: 中性子放射化分析法応用例とした以下の 3 つを紹介する。

1) L. W. Alvarez ら⁷⁾は、イタリアグビオ近郊の白亜紀・第三紀境界粘土層中の多元素を中性子放射化分析法で測定し、異常に高濃度な Ir が存在することを見出し、地球外物質の寄与を示した。これは恐竜絶滅に地球外物質の寄与があったことを初めて示した重要な成果であった。

2) M. Ebihara ら⁸⁾は、JAXA 探査機が小惑星イトカワから回収した 3 μg 程度の微小粒子の ng 以下の元素を中性子放射化分析で測定することに成功し、元素存在量から小惑星イトカワの宇宙化学的な性質を考察した。

3) M. D. Luzio ら⁹⁾は中性子放射化分析法で ^{28}Si 同位体濃縮けい素単結晶の純度を評価し、kg 再定義に貢献した。

今後の展望: KUR は 2025 年に停止される予定であり、その後は国内で利用できる研究炉は JRR-3 となる。一方、もんじゅサイトに新たな試験研究炉を設置する計画¹⁰⁾が進んでいる。新たな試験研究炉では医学に利用できる放射性同位体の製造、中性子ビーム利用に加えて中性子放射化分析も重要な利用方法として検討されている。できるだけ早い時期にもんじゅサイトに新設される試験研究炉の利用が可能となることを期待したい。

参考文献

- (1) <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1935/summary/>
- (2) <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1938/fermi/facts/>
- (3) Det. Kgl. Danske Videnskabernes Selskab, *Mathematisk-fysiske Meddelelser XIV*, 5(1936) 3–34.
- (4) Det. Kgl. Danske Videnskabernes Selskab, *Mathematisk-fysiske Meddelelser XV*, (1938) 11–21.
- (5) 日本数学物理学会誌, 16, 383.
- (6) *Geochim. Cosmochim. Acta*, 12, 337-347-, 1957.
- (7) *Science*, 208, 4448.
- (8) *Science*, 333, 1119.
- (9) *Anal. Chem.*, 89, 6214, 2017.
- (10) <https://www.pref.fukui.lg.jp/doc/dengen/sikenkenkyuro.html>

立教新座中学校における放射線教育

立教新座中学校・高等学校 島野 誠大

1. はじめに

立教新座中学校(以下、本校とする)の理科で実施してきた放射線教育の内容について紹介する。特に、筆者が赴任した 2017 年度以降の、本校独自のカリキュラムにおける中学 3 年生全員を対象とした授業と、理系部活動での取り組みを紹介する。

2. 理科授業での取り組み

2021 年度までの本校の理科では、中学 3 年間の学習内容を入れかえて、中学 3 年次に化学分野と物理分野に特化した学習を取り入れてきた。このため、例年、物理分野の授業において、電気やエネルギーと関連づけながら放射線の学習を進めてきた。特に、公益財団法人 日本科学技術振興財団の放射線測定器貸し出し事業 [1] を毎年利用しており、これにより校内の自然放射線測定(図 1)、放射線の距離・遮蔽特性について生徒実験をしてきた。また、シャーレ内に閉じ込めたエタノールをドライアイスで冷やすことで放射線の飛跡を見る霧箱の生徒実験も長く実施してきており、講義などの知識伝達だけでなく、実験や実体験に基づいた学習を進めてきた。



図 1 本校チャペル前での測定の様子

2021 年度は、これまでの学習内容に加えて、2022 年度からはじまる高校の新学習指導要領や探究活動、さらには本校独自の活動である高校 3 年次の卒業論文執筆を見据えて、放射線も関わるエネルギー全般について調べ学習をし、レポートを作成する物理・化学分野を横断した形式の活動を、3 学期の授業時間のほぼすべてを利用して実施した。特に、例

年の内容に加えて、次の 2 つの活動を取り入れた。

①外部講師によるオンライン出前授業

・復興庁の由良英雄統括官による授業(図 2)

放射線の学習のまとめとして、東日本大震災後の被災地の状況、原発事故による風評、経済や産業の復旧の取り組みなどについてお話しいただいた。また、「福島復興に向けてできること」といったテーマについて生徒自身で考えをまとめ、発表する活動を行った。生徒達に放射線と社会のつながりについて自分ごととして考えさせることができた。



図 2 復興庁による出前授業の様子

・東京理科大学の川村康文教授による授業

エネルギーを学習する導入として、エネルギーに関する講義とサボニウス型風力発電機を活用した生徒実験を指導していただいた。うちわで扇ぐことによる発電を実験させたこととで、エネルギー変換について実感をもって理解させることができた。

②個人レポートの作成

経済産業省資源エネルギー庁が発行した副読本「わたしたちのくらしとエネルギー」[2] の探究課題を利用し、太陽光発電、放射性廃棄物、エネルギーミックス、エネルギー利用技術といったキーワードで個人レポートを作成させた。なお、副読本の内容理解については、ジグソー法 [3] を活用した。さらに、卒業論文を見据えた独自のルーブリックを作成し、それをもとにレポートの自己・相互評価をさせた。理科だけでなく幅広い視点があることや、読み手を意識した文章表現について気づかせた。

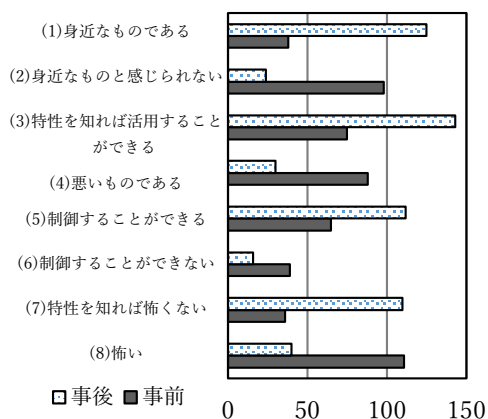


図3 アンケート結果 (2022年1月)

これらの活動の総括として放射線に関するアンケートを実施したところ、図3の結果を得た(横軸は人数を表す)。事前事後を比べると、「怖い」という印象から、「身近」といった印象に変容したことがわかる。

3. 理系部活動での取り組み

本校の理科部では、「放射線に関する正しい知識を持ち、判断ができる生徒の育成」を目標にして、2015年度から継続して国立研究開発機構 量子科学技術研究開発機構 人材育成センターに、夏休み期間中2日間の研修をお願いしている。隔年で物理分野と生物分野に特化した講義、実習、施設見学を実施しており、生徒達から好評を得ている。また、生徒達からは「放射線というものは危険だというイメージがあったが、医学利用のあたりで放射線のおかげで人々は長生きしているんだなと思った。今後、もっと放射線を使うことによるメリットを知りたい。使えば役に立つものはリスクが少なればできるけど、リスクが多くなっている場合はやめたほうがいいというこ



図4 本校の畑で栽培しているトマト

とを、しっかり頭にのこしておきたいです。」というような感想を例年得ており、放射線に対する「危険」という印象が、「リスクを考慮する」という考えに変容していると考えている。なお、2021年度からは図4のように、校内の畑で重粒子線を照射したミニトマトの栽培をはじめた。条件制御などの課題があるが、継続して定量的な実験ができるように努めたい。

4. まとめ

本校独自の放射線教育について紹介した。中学3年生を対象とした授業では、公益財団法人 日本科学技術振興財団にお世話になり、生徒実験を実施していることを紹介した。また、特に2021年度は復興庁や東京理科大学といった外部と連携した出前授業や、探究を意識した個人レポート作成を実施したことについて紹介した。一方で、理科部の活動では、国立研究開発機構 量子科学技術研究開発機構に研修をお願いしており、2021年度から本校の畑を活用した活動をはじめたことを紹介した。

これらの活動を通して、生徒達の放射線への印象が、「怖い」から「身近」や「リスクを考慮する」というものに変容したことを見た。今後も、放射線に関する正しい知識の伝承と、適切な判断のできる生徒の育成を目標に放射線教育を継続していきたい。

謝辞

本報告にあたり、渡部智博先生からご助言をいただきました。御礼申し上げます。

参考文献

[1] 公益財団法人 日本科学技術振興財団, 放射線教育支援サイト らでい, <https://www.radi-edu.jp/about/order> (参照:2022年10月27日).

[2] エネルギー教育推進事業事務局, SDGs エネルギー学習推進ベースキャンプ, <https://energy-kyoiku.go.jp/teaching-materials/> (参照:2022年10月28日).

[3] 東京大学 CoREF, 知識構成型ジグソー法, <https://ni-coref.or.jp/archives/5515> (参照:2022年10月27日).

放射線教育フォーラム令和4年度第2回勉強会

2022年11月20日(日) 13:30~16:15 (オンライン開催 [Zoom])

【開催趣旨】

中学校で昨年度から実施されている新学習指導要領に基づく放射線の授業では、放射線の理解を深めるために、放射線に関する基礎的事項の説明にとどまらず、放射線への興味を喚起するための授業も求められている。今回の勉強会では、GIGA スクール構想の背景から今後の新たな教育の在り方について文部科学省の取り組みの紹介、また、大気中ラドン濃度の変化と地震との関連性についての紹介、さらに、中学校における放射線教育にエネルギー資源のベストミックスを考える活動を利用した実践例についての報告を取り上げた。

【プログラム】

開会挨拶 (13:30~13:40) 工藤博司理事長

[座長：畠山正恒 (聖光学院中学校・高等学校)]

講演1. 何故、令和の教育改革なのか？ 何故 GIGA スクール構想なのか？

～学校改革の今と関係者への期待～ (13:40~14:40)

武藤久慶 (文部科学省初等中等教育局学校デジタル化
プロジェクトチームリーダー)

GIGA スクール構想の背景として理解しておくべき社会構造の変化、我が国の青少年の実態、そこから求められる新たな教育の在り方、今後の施策の方向性について、豊富なデータや写真を交えて具体的に解説する。

休憩 (14:40~14:50)

[座長：吉澤幸夫 (放射線教育フォーラム)]

講演2. ラドンと地震 (14:50~15:30)

安岡由美 (神戸薬科大学)

1995年兵庫県南部地震の前に大気中ラドン濃度の変動が観測された。天然に存在する放射性希ガスのラドンについてと地震前のラドン変動の今までの解析について紹介する。

[座長：宮川俊晴 (放射線教育フォーラム)]

講演3. アプローチを変えることによる生徒の考え方の変化

～エネルギー資源のベストミックスを考える活動をとおして～ (15:30~16:10)

島田雅人 (栃木県小山市立豊田中学校)

中学校では2年生時に放射線の特徴について学ぶ。3年生になるとエネルギー資源の活用として原子力発電を学ぶ。2年時と3年時においてアプローチを変え、電源のベストミックスを考えさせることで生徒の考え方の変化を考察している。

閉会挨拶 (16:10~16:15) 柴田誠一副理事長

講演要旨

講演 1. 何故、令和の教育改革なのか？ 何故 GIGA スクール構想なのか？

～学校改革の今と関係者への期待～

武藤久慶

1. はじめに

「一人一人の児童生徒が、自分のよさや可能性を認識するとともに、あらゆる他者を価値のある存在として尊重し、多様な人々と協働しながら様々な社会的変化を乗り越え、豊かな人生を切り拓き、持続可能な社会の創り手となることができるようにすることが必要」という学習指導要領の前文

2. 教育を取り巻く社会構造変化

なぜ、1. のような前文がわざわざ書かれるに至ったのかについて、以下のような諸観点から、データと実例、研究者の主張等を交えて、分かりやすく説明します。

- ① グローバル化
- ② 人口減少・少子高齢化
- ③ デジタル化 (Society 5.0)
- ④ 変化の激しい、不確実性の時代
- ⑤ 人生 100 年時代

3. データで見る我が国の教育と社会

2. で述べる社会構造の変化から導き出される教育改革の必要性について、学齢期の子供から大学生の学びやビジネスマンの学びまで含めて、現実との落差をデータで紹介します。

- OECD PISA 調査の結果
- 日本の子供はデジタルを遊びに使い、学びに使っていない。
- 21 世紀出生児縦断調査の結果
- 学年進行とともに勉強嫌いが増える傾向
- ユニセフ報告書「先進国の子どもの幸福度ランキング」〈総合順位：20/38 位〉
- 「国や社会に対する意識」(9 カ国調査)
- 20 代の投票率は全世代で最低 (60 代の半分)
- 日米の大学 1 年生の学習時間
- ビジネスマンが学んでいない現状
- 日本企業の従業員エンゲージメント指数

4. 学校が抱える困難

2. 3. を踏まえれば改革の必要性が認められるが、児童生徒の多様化が進む中で、これまで通りのやり方では立ち行かなくなっていること、学校教育のアップデートは働き方改革と両立した形で行われなければならないことを説明します。

5. 令和の教育改革と GIGA スクール構想

こうした中で生まれた改革のコンセプトが令和の教育改革であり、GIGA スクールであること。そこでのキーワードは、「個別最適な学び」と「協働的な学び」の一体的な充実であること、そうした指導の充実を行うに当たって、「社会に開かれた教育課程の理念」が大事であることを述べた上で、実際の教育現場の状況について写真等で説明。

その上で、「社会に開かれた教育課程の理念」からすれば、学校教育を取り巻く様々な関係機関・関係団体が魅力的なコンテンツを提供することの重要性が高まっていること、GIGA 端末の整備により外部コンテンツ活用の可能性が飛躍的に高まっていることなどについて、概算要求をはじめとする関連施策とともに論じます。

講演 2. ラドンと地震

安岡由美

ラドン (^{222}Rn) とは、放射性の希ガスで天然に存在しています。日本では、ラドン温泉として親しまれていますが、高濃度のラドンは、肺がんの原因といわれています。また、地震予知のために研究されている重要なパラメーターの 1 つとして注目されています。ラドンは半減期が 3.83 日であるため、短期間 (数日または数か月) の地震予知の信号を調査するための理想的なパラメーターと見なされます。以前の研究では、地震前および地震後のラドン濃度の土壌、地下水、洞窟、室内空気および大気中における変化が報告されています。これらのデータから、ラドンが地震の発生に関連する地殻のひずみ変化の敏感なトレーサーであると考えられてきました。さらに、ラドンの地震前の異常な放射は、地震前の電磁気現象に関連していると考えられています。神戸薬科大学では、1995 年兵庫県南部地震 (Mw 6.9; 深さ 16 km) の前に、大気中のラドン濃度の異常な変化を捉えました。アイソトープ実験施設の排気モニタで観測しました。地下水または土壌中のラドン測定は、「局所点」での地殻ひずみ変動の図を提供します。対照的に、大気中のラドン濃度の測定値は、比較的広い範囲で発生する「平均化された」変動を捉えます。前兆現象が発見されたのは、次の条件でラドン異常増加データが測定されたためです。(i) 観測点は、大量のラドンを含む花崗岩地帯に位置し、(ii) 震源域に隣接しています。兵庫県南部地震の震源域では、多くの観測が地震前からなされており、それらのデータと、本学で得られた結果の比較や、2011 年東北地方太平洋沖地震前の福島・栃木・宮城のアイソトープ実験施設の排気モニタの観測結果や、2018 年大阪府北部地震前のラドン変動などについて紹介します。

講演 3. アプローチを変えることによる生徒の考え方の変化

～エネルギー資源のベストミックスを考える活動をとおして～

島田雅人

中学校では 2 年生時に電流の正体を学んだ後放射線の特徴について学ぶ。しかし、放射線とはどのようなものなのか全く示されていない (啓林館教科書)。これでは全く放射線がブラックボックス化された状態である。たしかに医療や農業、工業等での利用については述べられているが、利用できる理由には全く触れられていない。そこで、放射線の基礎知識として、放射線と放射性物質の違い、はかるくんによる放射線量の測定による自然放射線があることへの理解、特性実験セットによる放射線の特徴を学習に加えることにした。また、放射線の最大の利用は原子力発電であるため、主要な発電の方法と比較しながら原子力発電の方法を学んだ。学習のまとめとして未

来（2030）のエネルギーミックスを考えさせることで、自分の身近な問題として考えさせた。

3年時にはエネルギー資源の活用として原子力発電を学ぶ。2年時とはアプローチを変え、SDGsを利用して学習を進めた。SDGsには17の目標があり、問題を切り分け、問題自体をクローズアップさせることに利用した。問題を把握した上で、どの目標に属する問題なら自分で内容に迫れるかを考えさせ、方向性を定めて論を進めさせた。たとえば、12番の目標である作る責任・使う責任では、原子力発電の災害や火力発電の温室効果ガスの排出、太陽光パネルの廃棄などについて調べ学習を行いながらまとめさせることで生徒の考えを深める作業になった。さらに東京電力に出前授業をお願いし、生徒の考えを確認するとともに新しい情報に触れることで今までの学習の振り返りを行った。ここで生徒に再びベストミックスを考えさせた。これは、昨年とアプローチを変えたことで生徒の考えに変化が起きるかということと、たくさんの情報をうまく処理できているのかを検証するためである。やはりここでも経済活動と使う責任とのバランスを苦慮しながらのベストミックスの作成となった。全体としては再生可能エネルギーを活用しながら原子力発電や火力発電を使っていくプランを作った生徒が多かったが、期限を定めて、すべての電源を再生可能エネルギーへと置き換える展望を持つ必要について訴える生徒もいて、本気で取組を行おうとする意識の高さを私自身が教師として実感できた授業となった。

《通常総会報告》

令和4年度通常総会は6月12日に書面表決により行われた。総会員数106名のところ参加者は67名となり、定款所定数を満たして総会は成立した。第1号議案から第6号議案について審議した結果、いずれの議案も異議なく原案が承認された。

| | |
|-------|-----------------|
| 第1号議案 | 令和3年度事業報告 |
| 第2号議案 | 令和3年度決算報告 |
| 第3号議案 | 令和3年度会計監査報告 |
| 第4号議案 | 令和4年度事業計画 |
| 第5号議案 | 令和4年度予算計画 |
| 第6号議案 | 2022・2023年度役員承認 |

参考資料1

令和4年度予算書

(単位:円)

| 科目 | 令和3年度決算額 | 令和4年度予算書 |
|--------------|-----------|-----------|
| (1)収入の部 | | |
| 個人会費収入 | 662,000 | 618,000 |
| 団体会費収入 | 1,125,000 | 1,125,000 |
| 寄附金 | 30,000 | 0 |
| 資料掲載料収入 | 275,000 | 275,000 |
| 雑収入(勉強会支援金) | 16,000 | 16,000 |
| 預金利息他 | 8 | 0 |
| 助成金等 | 0 | 0 |
| (収入合計) | 2,108,008 | 2,034,000 |
| (2)支出の部 | | |
| A. 事業費 | | |
| 勉強会・活動報告開催費 | 144,456 | 150,000 |
| 企画検討グループ | 0 | 0 |
| 教育課程検討委員会 | 32,205 | 70,000 |
| 編集委員会開催費 | 0 | 70,000 |
| 定期刊行物発行費 | 229,000 | 275,000 |
| 研究会等出展費 | 0 | 20,000 |
| 全国中学校理科教育研究会 | 0 | 25,000 |
| (事業費合計) | 405,661 | 610,000 |
| B. 管理費 | | |
| 理事会開催費 | 0 | 80,000 |
| 総会開催費 | 26,151 | 30,000 |
| 旅費交通費 | 44,950 | 50,000 |

| | | |
|---------------------|-----------|-----------|
| 家賃 | 615,300 | 616,500 |
| 光熱費 | 27,690 | 28,000 |
| 事務用品・消耗品費 | 252,424 | 250,000 |
| 通信運搬費 | 271,962 | 272,000 |
| 支払手数料 | 915 | 1,000 |
| 雑費 | 57,984 | 40,000 |
| 会計監査費 | 55,685 | 55,700 |
| 予備費 | 0 | 800 |
| (管理費合計) | 1,353,061 | 1,424,000 |
| (支出合計) | 1,758,722 | 2,034,000 |
| 収支差額 | 349,286 | 0 |
| | | |
| (当期経常増減額) | | |
| 前期繰越正味財産額 | 2,873,558 | 3222844 |
| 当期正味財産増加額 | 319,286 | 0 |
| 次期繰越正味財産額 | 3,222,844 | 3222844 |
| 固定金融財産額 3222844 の内数 | 1,680,000 | 1,680,000 |
| 繰越正味財産額 3222844 の内数 | 1,542,844 | 1,542,844 |

参考資料 2

令和3年度 貸借対照表

3月31日現在

(単位：円)

| 科目 | 金額 | |
|------------|-----------|-----------|
| | | |
| I 資産の部 | | |
| 1 流動資産 | | |
| 現金預金 | 3,268,687 | |
| 未収金 | 220,000 | |
| 流動資産合計 | | 3,488,687 |
| 2 固定資産 | | |
| 無形固定資産 | | |
| 保証金(賃料2月分) | 90,300 | |
| 固定資産合計 | | 90,300 |
| 資産合計 | | 3,578,987 |
| II 負債の部 | | |

| | | | |
|------------|---------|-----------|-----------|
| 1 流動負債 | | | |
| 未払金 | 307,458 | | |
| 前受金 | 43,000 | | |
| 預り金 | 5,685 | | |
| 流動負債合計 | | 356,143 | |
| 2 固定負債 | | | |
| 固定負債合計 | 0 | 0 | |
| 負債合計 | | | 356,143 |
| Ⅲ 正味財産の部 | | | |
| 前期繰越正味財産 | | 2,873,558 | |
| 当期正味財産増減額 | | 349,286 | |
| 正味財産合計 | | | 3,222,844 |
| 負債及び正味財産合計 | | | 3,578,987 |

参考資料 3

令和 3 年度財産目録

3 月 31 日

(単位：円)

| 科目 | 金額 | | |
|----------------|-----------|-----------|--|
| I 資産の部 | | | |
| 1 流動資産 | | | |
| 現金預金 | | | |
| 手元現金 | 0 | | |
| ゆうちょ銀行 当座預金 | 0 | | |
| 郵便振替口座 特別口 | 0 | | |
| みずほ銀行鷺沼支店普通預金 | 152,610 | | |
| みずほ銀行虎ノ門支店普通預金 | 502,091 | | |
| みずほ銀行虎ノ門支店普通預金 | 1,680,027 | | |
| ゆうちょ銀行普通預金 | 933,959 | | |
| 合計 | | 3,268,687 | |
| 未収金（資料掲載料） | 220,000 | | |
| 合計 | | 220,000 | |

| | | | |
|---------------|---------|-----------|-----------|
| 流動資産合計 | | 3,488,687 | |
| 2 固定資産 | | | |
| 無形固定資産 | | | |
| 保証金（家賃2月分） | 90,300 | | |
| 固定資産合計 | | 90,300 | |
| 資産の部合計 | | | 3,578,987 |
| II 負債の部 | | | |
| 1 流動負債 | | | |
| 未払金（印刷代、他） | 307,458 | | |
| 前受金（個人・団体年会費） | 43,000 | | |
| 預り金（源泉徴収税） | 5,685 | | |
| 流動負債合計 | | 356,143 | |
| 2 固定負債 | 0 | | |
| 固定負債合計 | | 0 | |
| 負債の部合計 | | | 356,143 |
| 正味財産 | | | 3,222,844 |

第 69 回全国中学校理科教育研究会三重大会出展報告

日時： 2022 年 8 月 9-10 日

場所： 三重県四日市市文化会館、

フォーラム参加者： 田中隆一、緒方良至、秋吉優史

全国中学校理科教育研究会については、放射線教育フォーラムは 7 年前の富山大会以来毎年出展に参加してきたが、昨年(広島大会)及び一昨年(福岡大会)はコロナ禍のため展示なしの大会となったので、今回は第 66 回(秋田大会)以来の 3 年ぶりの出展となった。

今大会への全国からの参加教員数は約 400 で、コロナ禍の影響で例年の半数以下であり、出展参加については、教科書会社及び教材会社以外の参加が例年より少なかった。

展示物は前回と同様に大阪公立大学の秋吉先生が自ら開発した電源一体型のペルチェ霧箱と従来のペルチェ霧箱 EX 型、フォーラムが 4 年前に企画した DVD 教材「R の正体」、近刊の放射線教育誌などに加えて、工藤理事長が本年 5 月の日本放射化学会第 1 回教育セミナーで発表した「NPO 法人 放射線教育フォーラムの活動」のスライド集からピックアップした活動の現状を大写しの背景展示として活用した。

展示会場が本会場とかなり離れて設営されたこともあって、初日は来場者がまばらで期待外れであったが、翌日は朝から大勢の来場者に恵まれた。特に、展示した霧箱の鮮やかな α 線飛跡のみならず、糸くずのようでありながらも明瞭に識別できる電子 (β 線) 飛跡に来場者の多数が強い関心を示した。この電子飛跡観察を通して、来場者との間でクルックス管学習についてのコミュニケーションへと毎度発展し、大いに盛り上がった。これらを通して、放射線教育誌の記事内容にも関心を示していただくとともに、来場者の関心度の高さに応じて、クルックス管学習記事が掲載されている近刊の同誌についても紹介した。

DVD 教材「R の正体」の普及度は予想以上に高く、来場者の半数以上が利用しているのではないかという感じがした。主教材として理科教科書の放射線記述だけでは、生徒の興味関心を引き出すのは難しいと多くの教員が実感しているためと思われる。

今回の出展では、来場者のために用意した「R の正体」約 100 部を配付することができた。例年よりも厳しい大会運営や展示条件のもとでの成果としては成功だったと言える。それよりも、教材を手渡したとき、放射線授業についてのコミュニケーションを一人一人とったことの意義が大きいのかもしれない。

来年の第 70 回大会の開催地は東京都(会場：東京ビッグサイト国際展示場)に決定済みである。東京大会は例年よりも多くの教員参加が予想されている。首都圏在住のフォーラム会員を中心に、当フォーラムに相応しい展示企画やフォーラム会員の積極的な参加をお願い申し上げる。

(田中隆一記)



全中理三重大会展示ブースでの一コマ

近畿大学原子力研究所の研修会に参加して

愛知教育大学附属名古屋中学校 理科教諭 奈良 大

2022年8月4日～5日に近畿大学原子力研究所で実施された『中学・高校教員のための原子炉実験・研修会 原子炉を用いたエネルギー・放射線体験講習』に参加した。

初日は、放射線の基礎から始まり、霧箱の制作、放射線の利用、放射線の測定、そして、放射線の健康影響を学ぶことができた。特に記憶に残った研修を紹介させていただく。まず、放射線の基礎では、「放射線とは何か？どのような種類や性質があるのか？」、「放射線、放射能、放射性物質の区別」をテーマにした講義であった。中学2年生の段階から放射線について取り扱うことができるようになった。放射線の種類や性質、放射線・放射能・放射性物質の言葉の意味については、我々大人でもしっかりと覚えていないと間違えてしまうこともあるため、その違いを生徒へ丁寧に説明することが必要であると感じた。ベクレル、グレイ、シーベルトの単位の違いについても同様である。また、放射線を All or Nothing で考えるのではなく、「リスク」と「ベネフィット」で考えることの大切さも学ぶことができた。次に、放射線の利用についての講義を受けた。工業・医療・農業等の様々な分野で利用されている例についての見識を深めることができた。私は、放射線の性質とその利用については、放射線のもつどの性質がどのように利用されているのかまでリンクさせて学ばせたいと考えている。そのため、「透過作用」、「電離作用」、

「多量に当たると細胞を死滅させる」といった放射線のもつ性質のうちのどの性質を利用して、日常生活や社会を豊かにしているのかまで理解させたい。そのために、まずは我々教員が放射線の利用の具体例について適切に理解しておくのは重要なことであると考えます。「放射線の測定」の実習では、セシウムやコバルトの線源を用いたγ線の遮蔽の実験も行った。γ線は鉛（厚さ1cm程度）でも30～60%程度しか遮蔽できないことを、実験を通して知ることができた。

2日目は、実際に原子炉運転をした。原子炉の運転では、炉出力と制御棒の位置関係を実際のデータをとりながら調べることができ、核分裂連鎖反応を制御して原子炉をコントロールしていることがよく分かった。また、原子炉から出る中性子を利用した中性子ラジオグラフィによる透視画像とX線管から出るX線を利用したX線ラジオグラフィによる透視画像との比較もできた。X線は電子とよく反応してなくなり、中性子線は軽い原子核とぶつかったときによく止まってなくなるこの違いを実感することができた。さらに、X線管にかける電圧を変えると、写し出される画像が異なることから、X線のエネルギーによる透過作用の違いも知ることができた。やはり、実際に原子炉を運転させていただくことができたのはとても貴重な機会となった。

《会務報告》

| 日時 | 名称 | 開催場所 | 参加者/出席者数 |
|----------------|----------------|-------|----------|
| 2022年6月12日(日) | 2022年度通常総会 | 書面表決 | 67名 |
| 2022年6月12日(日) | 2022年度第1回勉強会 | オンライン | 52名 |
| 2022年6月26日(日) | 2022年度第3回理事会 | 同上 | 7名 |
| 2022年9月18日(日) | 2022年度第4回理事会 | 同上 | 10名 |
| 2022年9月18日(日) | 2022年度第2回編集委員会 | 同上 | 8名 |
| 2022年10月16日(日) | 2022年度第5回理事会 | 同上 | 12名 |
| 2022年10月16日(日) | 2022年度第3回編集委員会 | 同上 | 11名 |

《ニュースレター原稿募集のご案内》

編集委員会では、会員の皆様からの寄稿をお待ちしています。「会員の声」は、学校教育の場での体験談、新聞・雑誌の記事に対する感想、研修会等への参加など、多少とも放射線・原子力・エネルギーの関係するもので、1000字以内です。「放射線ものしり手帳」は難しい話題を面白く親しみやすい読み物で解説するもので2000字以内。「書評」は最近刊行された本の紹介で2000字以内。投稿は原則として電子メールでお願いします [送付先 (編集委員長) yoshimune.ogata@aichi-med-u.ac.jp。発行は、3月、6月、11月の年3回です。ニュースレターへのご意見や特集記事などの提案も歓迎いたします。

《「放射線教育」誌の原稿募集案内》

放射線教育フォーラム発行の論文集「放射線教育」では、広く放射線教育に有益と考えられる内容の論文[研究報告、ノート、総説、解説]、資料、意見、諸報を募集しています。論文は編集委員会での審査を経て掲載されます。「放射線教育」は、年1回3月末に発行されます。原稿の締め切りは、1月31日です。論文に含まれる図表は原則として白黒とし、編集委員会が認めたときに限りカラーの使用を認めます。カラーページの印刷費は、原則として全額を投稿者に負担していただきます。投稿論文は編集委員長に電子メールの添付ファイルでお届け下さい。CD又はDVDの場合には、NPO法人放射線教育フォーラム事務局宛に送付して下さい。投稿規程は、放射線教育フォーラムのホームページから「刊行物」のページにある過去の「放射線教育」誌中に記載されています。別刷りは有料となります。(詳細は事務局にお問い合わせください)。投稿規程は、の詳細は事務局にお問い合わせください。

《編集後記》

注目度が低下している福島の現状報告がなされ、改めて襟を正された。復興の進捗状況と今後の福島の再生だけではなく、新産業創出や国際教育研究拠点の創設などイノベーションを起こす地域として進化していく計画が紹介された。また、風評の払拭と汚染水対策についての行動計画も知ることができた。今後の推移を見守るとともに、会員諸氏が協力できることがあればお願いしたい。

放射化の歴史を紐解いていただき、放射線が様々な分野に応用されていったことを学び直す切っ掛けになる講演であった。歴史を踏まえておくことが、新しい活用につながることを示してくれた。

立教新座中学校の理科教育について、エネルギーや放射線についての実践例と外部講師や量子科学技術研究機構との7年に渡る連携も紹介された。どの学校でもできる教育内容ではないが、高校入試がないこととカリキュラムを柔軟に運用することができる私学の強みを活かした例であり、柔軟な教育内容が予想以上の成果を生んでいると理解できる。公立学校も生徒の実態に即した柔軟なカリキュラムを実践すべきであろう。(畠山正恒)

NPO 法人 放射線教育フォーラム編集委員会
 緒方良至 (委員長)、柴田誠一(副委員長)、
 田中隆一、細渕安弘、畠山正恒、大森佐興子、
 皆川喜満
 事務局：〒110-0015 東京都台東区東上野 6-7-2
 萬栄ビル 202 号室
 Tel: 03-3843-1070 FAX: 03-3843-1080
 E-mail: forum@ref.or.jp HP: http://www.ref.or.jp

NPO 法人放射線教育フォーラム ニュースレター
 No.83、2022年12月10日発行