

放射線教育フォーラム ニュースレター

No.86 2023.11

放射性同位元素を扱うことを仕事にして

筑波大学 末木 啓介



私は東京都立大学大学院で非密封の放射性同位元素および放射線計測を主に扱う研究室に入った。それから私の研究生活は始まったのだが放射線とか放射性物質とかがどのようなものなのかはあまり深く考えることもなく学生生活を過ごし、そのまま研究室に残って研究及び教育の生活に入り、管理にも従事した。このような経歴を持ちながら放射性同位元素及び放射線がかかわる事故への知識はほとんど何も見についていなかった。自分の中で立場が変わったと思えるようになったのは2011年3月11日がキッカケになったことは間違いない。

放射線による人体への影響とか放射性同位元素による内部被曝とか言葉では知っていたのであるが、実際に自分の周辺に降りかかってくる可能性があることに対してかなり鈍感であった。自分が実験で扱っているときには学生には口では気を付けなければいけないとか言いながら私が扱っている程度ではそんな問題が起こることないだろうと過信していた。全身に非密封の放射性同位元素を被るなどという事故も起こしたことはなく、呼吸から入ってくることをそれほど脅威と感ずることもなかった。

それが2011年3月11日の東日本大震災後の東電福島第一原子力発電所で起こった冷却施設の電源喪失が引き起こした核事故によって放出された放射性物質によるもので引き起こされた。私は地震当日に筑波大学のアイソトープの施設内で実習を指導していた。その時の強くて長い地震は今までに経験したことがなかった。地震後は大学全体が停電となり、回復したのは緊急性を伝えて3月14日の朝一番に建物への電気を通電していただき放射線量率のモニターを、3月15日には施設内で使用していたローボリュームのダストサンプラーを起動させた。施設周辺の状況を実測することでその放射性物質の状況を知った。そこでの事実は私の研究者人生において、また放射性同位元素を扱っている者としてかなり動揺をきたした。

あの時、余震が続き何度も屋外に出た。その時に放射性プルームはつくばの空を何度か通過しており、考えたくないが全身が汚染しているだろうと思ったが、その状況を見無視している自分がいた。さらに3月22日から2日ほど天候が非常に荒れていた。それに伴い屋外は常に放射線量が高くなった。雨によって放射性物質が地上に落ちたのである。この状況がつくばから千葉の西北部まで続いている状況を知り愕然とした。今まで従事していた仕事は何だったのだろうかと思問した。

地下環境のおもしろさーナチュラルアナログ研究ー

東京慈恵会医科大学訪問研究員 吉川 英樹*

はじめに

本報は、令和5年度放射線教育フォーラム第1回勉強会で、「地層処分研究開発の一端に触れて」と題し、著者がこれまで日本原子力研究開発機構にて高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発の一環として取り組んだナチュラルアナログの講演概要である。

長寿命の放射性核種を含有する高レベル放射性廃棄物は、ガラス固化後、人工的に設けられる安全防護系(人工バリア)を用いて、地下 300m以深に埋設処分されることが考えられている。この高レベル放射性廃棄物を処分した際の安全評価で重要となるのはバリア機能の評価である。

人工バリアの機能は、ガラス固化体とその周囲に設置されるオーバーパックという金属容器、ベントナイトという粘土質の材料により、地下水中の放射性核種の漏えいを遅延させることである。評価する際に重要なのは地下の環境であり、特に酸化還元環境が重要で、評価の対象となる期間は1000年以上の長期間のものである。

オーバーパックの候補材料として考えられている炭素鋼について1000年間の腐食データ取得ができると望ましいが、実験室で実施する試験ではたかだか数十年の試験期間と限られたデータである。そこで、考古学的資料として発掘される何百年間と地中に埋設されていた金属遺物を用いて、腐食データ取得が行われている¹⁾。このような、自然界で、評価対象と同一な現象を用いた研究をナチュラルアナログ研究と呼ぶ。

想定される処分場環境における鉄の腐食は、大気と遮断され、弱酸性から還元性の化学環境下での変化である。実験室のデータを1000年に外挿し算出した腐食代の予測値は31.8mmであり、設計仕様として約40mmが例示されている²⁾。

*元日本原子力研究開発機構主任研究員

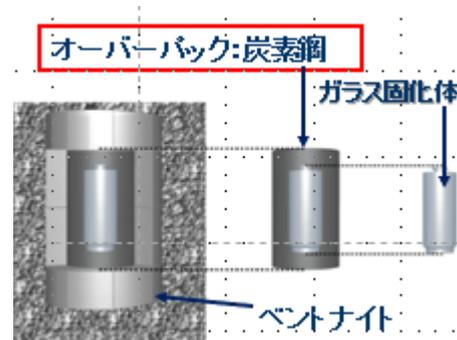


図1 人工バリアシステム

本研究では、地中に数百年から約1000年埋設していた鉄製遺物を試料として用い、この予測値の傍証とした。13の遺跡から出土した約40点の鉄製遺物の分析を実施した。我が国の鉄器は、弥生時代中期から用いられ、5世紀には全国的に普及していったことから、出土遺物から約1000年を超える埋設期間のデータが得られる可能性もある。

実験方法および結果

出雲大社境内遺跡から出土した鉄器を例にとって説明する。出雲大社境内遺跡は2000年3月に調査され³⁾、鉄製遺物がチョウナ(手斧)2点、鉄帯3点、鉄製釘5点が発掘された。図2の右側の写真に出土した鉄製遺物の外観写真を示した。右上の4枚の写真は鉄帯と鉄製釘が共存する20~30cmの鉄錆の塊状の試料であり、酸化性環境から出土した。外観は明るい黄褐色を呈していた。それに対し、右下の写真はチョウナで長さは約12cm。色は黒褐色であり、周囲が粘土質土壌で覆われた低酸素環境から出土した。左側写真はチョウナが発掘される前の状況を上から撮影した写真で、写真下部に半円状に木質の柱が、写真上部に隣接する岩が確認できる。岩の上部と下部では表面の色が異なり、上部は黄褐色、下部は紫色であった。これは酸化還元的环境による着色の違いと解され、矢印が想定される酸化環境フロントである。チョウナは柱の下から出土した。

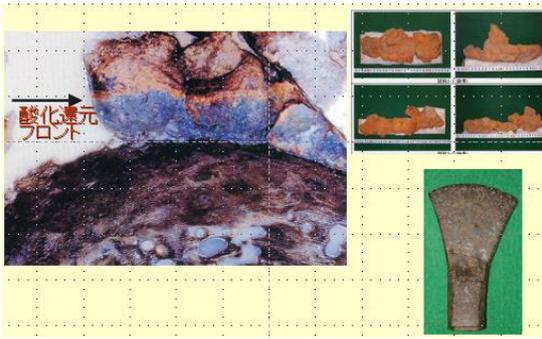


図2 酸素の多い環境と少ない環境の違いによる同一遺跡での出土鉄製遺物の外観の違い

試料は分析のため、茨城県ひたちなか市の日立製作所に運搬した。分析は非破壊分析として工業用X線CTを用いて錆の厚さを計測した。使用した機器は日立製HiXCT-6Mで、X線最大エネルギーは6MeV。測定可能な錆の厚さは最小0.2~0.6mm、鉄の厚さは280mmである。試料は回転式試料台上で測定可能であり、測定試料の大きさは1400mm以下である。

測定の結果を図3に示した。白い部分が残存鉄でやや灰色の部分が錆部分である。左側の鉄帯は残存鉄がわずかに確認でき、他の試料を含め錆の厚さ0.67~5.7mmとなった。右のチョウナは残存鉄がほとんどであり、周囲の薄い錆層が0.2~0.67mmであった。

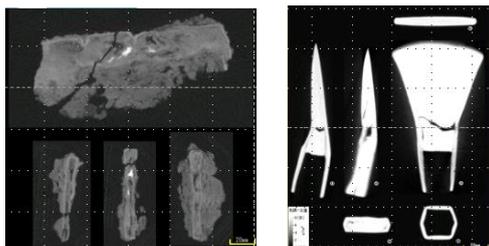


図3 X線CT画像(左鉄帯、右チョウナ)

考察

地層処分環境に類似した低酸素濃度の環境下で腐食したと考えられる試料のデータを取得できた。図4に鉄製遺物の錆の厚さをX線CTで計測し、腐食量を算出した結果をプロットした。その結果現在考えられている1000年後のオーバーパックの腐食量は十分に保守的な値であることが分かった。

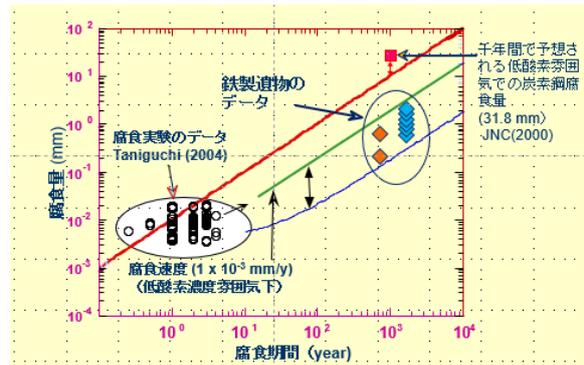


図4 腐食実験のデータ⁴⁾からの腐食予測値と鉄製遺物の腐食データの比較

まとめ

本研究により考古学資料は、地中での長期の廃棄物容器の腐食評価に有効な情報をもたらすことが分かった。

なお、本研究は日本原子力研究開発機構地層処分研究開発部門で実施されたことを記し、紹介したデータは文献3)、5)にて公開されている。

引用文献

- 1) 三ツ井誠一郎、「地層処分研究開発における出土遺物の知見の活用」、埋蔵文化財ニュース(独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所埋蔵文化財センター) p10-17、(2018)
- 2) 核燃料サイクル開発機構、「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次とりまとめ—分冊2、地層処分の工学技術」、JNC TN1400 92-022、pIV-52、(2000)
- 3) 大社町教育委員会、「出雲大社境内遺跡」、(2004)
- 4) N.Taniguchi, et.al., "The 2nd International Workshop on 'Prediction of Long Term Corrosion Behavior in Nuclear Waste Systems', 24-34, (2004)
- 5) 吉川英樹「遺跡が語る地下の世界」原子力eye, vol.54(3), p227-232, (2013)

放射線加工プロセスと品質管理

ビームオペレーション株式会社 小嶋 拓治

1.はじめに

健康診断の血液検査で「電子線滅菌済」の表示があるディスポーザブル注射器をご覧になった方もおられると思う。また、通販サイトで「滅菌 ガンマ線（または、電子線）」でネット検索すると数多くの商品を見つけることができる。表示がない場合もあるが、コバルト 60 ガンマ線や加速器・発生装置で発生させた電子線 (EB) を照射して滅菌されたヘルスケア用品や食品容器・包装材、また、耐熱性、発泡性、吸着・捕集・選択透過性などの特異な機能を付加して改質した樹脂・繊維材料などが、身近な生活の中で広く使用されている。ここでは、これらの製品の製造を行っている放射線照射施設、製品の品質管理/品質保証の手段となる線量測定について、その現状を概観する。

2.身近にある放射線加工製品

まずは、各社ホームページなどからその継続的な製造・販売が行われている放射線加工品の例を、利用している放射線の効果に分けて、その URL 等とともに例示する。

(1)放射線滅菌

- ・注射筒、キムワイブ、広口瓶など：
<https://www.monotaro.com/>
- ・医療用ディスポーザブル不織布用品類：
<https://hogy.co.jp/product/nonwoven.html>
- ・実験動物用飼料：
https://www.clea-japan.com/products/diet/radiation_diet
- ・目薬容器等：
http://www.shinko-ccl.co.jp/product/general_index.html
- ・ペットボトル滅菌システム：
<https://www.shibuya.co.jp/index.html>

(2)架橋

- ・自動車内装材料

<https://www.plastics.toray/ja/>

<https://www.sekisuichemical-hppc.com/products/detail/150/>

- ・ラジアルタイヤ

<https://www.nhv.jp/eb/crosslink/tirerubber.html>

- ・ポリスイッチ（復帰型サーミスタ）：

<https://www.littelfuse.co.jp/products/polyswitch-resettable-pptcs.aspx>

- ・津軽三味線の糸：<http://www.marusan-hashimoto.com/products/lineup.html#raytone>

- ・熱収縮結束用チューブ：

<http://www.sei-sfp.co.jp/products/>

- ・ゲル絆創膏：https://www.taiho.co.jp/medical/product/detail/index.html?_productGroupId=552

- ・軸受フッ素加工：

<http://www.sei-sfp.co.jp/products/>

- ・航空機エンジン用 SiC 材料：

https://www.carbon.co.jp/products/silicon_carbide/

(3)表面硬化加工/印刷

- ・抗菌フロアリング、化粧板等：

<https://livingspace.dnp.co.jp>

(4)

- ・再生細胞脱着培養皿：

<https://www.cellseed.com/business/product/upcell.html>

- ・水浄化用微量金属除去フィルタ：

<https://www.kurasen.co.jp/filter.html>

- ・電池隔膜：https://yms.gs-yuasa.com/jp/products/grafted_membrane/

他にも、食品容器・包装材・ネット、竹串、化粧品原料など、表示（の義務）がない場合もあり、放射線加工品が身近で使用されている。

3.放射線照射施設

このような放射線加工では、コバルト 60 ガンマ線源または電子加速器/EB 装置が発生する放

放射線の場合を遮蔽構造の密室内に形成し、コンベア等により遠隔で室外から室内に連続巡回することで対象物を均一に照射するプロセスが用いられている。照射によって対象物に新たな放射性物質を生じない種類/エネルギーの放射線であり、また対象物には線源からの汚染はない。一方、加工製品は人の健康や使用の安全に影響を与えることはない。照射施設には、自社工場内に設置されている施設と放射線照射プロセスを販売会社から受託する施設があり、前者では製造ラインに組み込まれている場合もある。建屋構造や運転保守管理、及び人的管理などに関して、通常の労働安全や労務管理に加えて放射線利用特有の法律順守による許認可が必要ではあるが、一般的な製造工場とほぼ同様に連続的に大量の加工プロセスが行われている。コバルト線源や電子加速器を用いた線源近傍に対象物を巡回して連続的に加工プロセスの動画を示す。

<https://www.radia-ind.co.jp/services/c01/facility>

加工プロセス・製造においては、目的とする滅菌や改質などの達成に必要な放射線の量、また、放射線照射に伴う材質変化などが私たちの健康や安全に及ぼす影響や製品の品質低下などについて、予め得た知見に基づき、その加工工程の設計、実施における制御の再現性、最終的にはそれらの達成の確認（品質保証）が重要である。特に、健康への影響や安全に関わる滅菌製品などに関しては、法律の遵守が求められており、製品及び処理工程毎の許認可が必要である。

4.品質保証手段としての線量測定

放射線加工製品の品質保証の尺度となるのが吸収線量(以下線量)である。例えば、滅菌処理では、かつては微生物試験による滅菌検査による品質保証なども行っていたが、現在では、滅菌が完遂できる放射線の量を予め把握しておき、対象物がプロセス全体で受けた積算の線量（水等価）の実測値に基づいてその品質保証を行う手法が国際的な基準となっている。

この目的に使用する線量計素子には、組成が水に近く、小型で対象物の近傍に貼付してプロセス全体を対象物とともに同行できる小型の素子が用いられている。線量計素子には、ペレット、小片、フィルムなどの形状があり、放射線照射に起因する着色変化量を分光光度計などにより定量し、予め求めておいた検量線により線量に換算する。健康や安全に関わるヘルスケア用品の滅菌などの認可が必要な対象物の放射線加工処理では、この品質保証手段に使用する読み取り装置類を含めた線量計測システムの信頼性確保のため、最適な線量計測システムの選択、的確な取り扱い方法、線量計測値の読み取り方法などを規定した国際規格や日本産業規格などが整備されている。さらには、この品質保証の根拠となる線量値について、国際/国家標準等とのトレーサビリティ(遡及性)に基づく不確かさの明示が実施されている。

なお、滅菌処理等以外の許可を必要としない放射線加工の場合では、事前の線量測定結果に基づき、加速器等の運転パラメータと工程管理の最適条件を把握しておき、日常ではその制御と管理のみで処理・品質管理を行う場合もある。

おわりに

放射線加工は一般的にコスト高であるが、代替技術がない付加価値の高い製品類は、身近で長年にわたり使用されている。電気、熱など、どんな技術で製造されているかは一般的には問われなように、「放射線加工製品」も「滅菌製品」「発泡樹脂」などだけの用語のネット検索により容易に見つけられることを期待する。これにつながる放射線教育の進展の一助となれば幸いである。

<参考になる文献>

清藤一:「放射線照射施設における吸収線量測定」
[RADIOISOTOPES 71\(2\): 85-91 \(2022\) \(jst.go.jp\)](https://www.jst.go.jp/radioisotopes/71(2):85-91(2022))

福島の高校での放射線の授業

福島県立安積高等学校 原 尚志

筆者は東日本大地震後「福島での放射線教育」に取り組み、実践の一部は放射線教育フォーラムでも紹介してきた。現任校に赴任して4年となるが、これまではコロナ感染症防止対策などによる休校のため、予定する放射線の授業は実施できなかった。昨年度ようやく1年生の授業で実践できたので報告したい。指導計画で重視した点は、生徒が、(1)放射線と福島の社会課題を学ぶ、(2)生徒主体で友人と学ぶ、(3)グループでまとめ発表する、である。まずこれらの3点について詳述する。

(1) 放射線と福島の社会課題を学ぶ

事故直後、科学的正確さを欠く多数の報道で放射線への過剰な不安が掻き立てられた。誤解に基づく福島県産品への風評は消えておらず、処理水放出でも必ず市民の不安の声は伝えられた。国連科学委員会は2013年の報告書で、原発事故による福島県民の被ばくは充分低く健康影響が見えるレベルではないと、影響を否定した。しかしこの報告書が大きく報道されることはなく、12年を経過して福島の放射線に関する報道量は少なくなり、人々が誤解を解く機会もない。三菱総研が「福島県民健康調査」で行われる調査項目の1つを東京で実施した調査結果にその姿が見える。図1は「現在の放射線被ばくで、後年に生じる健康障害(例えば、がんの発症など)が福島県の方々にとどれくらい起こると思いますか」との問いの、直近5年間の結果だが、起こる可能性が高い、非常に高いを選ぶ人が4割にも及ぶ。環境省も似た調査を実施しており、やはり4割が高いを選ぶ結果である。

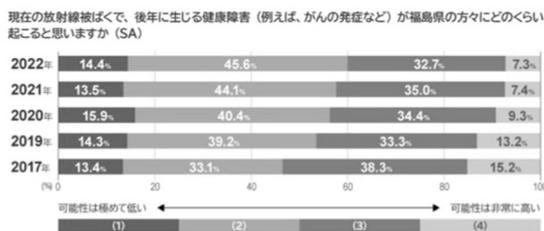


図1 三菱総研の資料から

そこで授業では、放射線はもちろん、風評や福島の復興などに関しても、学ばせることを目的としている。本校生徒は地域内では高い学力を有する生徒であり、教科書に記載された放射線に関する知識は一部すでに獲得している。地域への関心もあり、福島復興には様々な社会課題が存在することを知っている。

(2) 生徒主体で友人と学ぶ

生徒に提示した授業課題は「放射線や震災後の福島について自分が関心を持つことを調べ、友人・家族などに伝えたい事柄をまとめる」であり、50分×5回の授業で実施した。テキストは、「文科省放射線副読本」「ふくしま復興のあゆみ」「放射線リスクに関する基礎的情報」など行政や研究機関が発行する資料を用いた。初回の授業で授業テーマと資料について説明した。資料説明では、どこにどんなデータがあるか簡潔に説明するのにとどめ、その後すぐ生徒が自分の関心に従って資料調査を始められる様にした。そして教師は、生徒の探すデータが見つからない場合や、データの読み取りが難しい場合などに手助けをする学びの補助に徹した。生徒が自分の疑問や関心に従って自ら調べて友人と深め合う学び、つまり生徒主体の学びを重視したためである。情報の伝達だけでは伝わらないという3.11直後の経験を踏まえて、生徒の納得が得られる学習活動にするためでもある。第2回第3回の授業で、生徒は発表内容をまとめて資料を作成し、グループ発表の準備を行なった。

(3) グループでまとめ、発表する

第4回第5回の授業は発表会とし、各グループは作成した資料に基づき、5分程度の発表を行った。多くの班で発表が長引き、質疑の時間は取れなかった。次の左の表は、各グループが作成した資料から、筆者が内容を分類しその内容を取り上げたグループ数を示したもので、右の表は10年前

(2012年)の生徒たちの不安を調べたものである。

表 発表内容分類(2023)と不安の分類(2012)

復興の進捗……5	総合学習「放射線をまなぶ」講座(17名) 「心配なことは何ですか？」自由記述 ■内部被曝……………4 ■がん(甲状腺)などの健康被害…3 ■人体への影響……………3 ■遺伝的影響……………1 ■食品放射能汚染の状況…………2 ■風評被害……………1 ■効率的な除染の方法がない……1
県産品の風評…7	
原発再稼働……3	
放射線と健康…2	
原発事故……6	
他県民の意識…2	

10年前の生徒の多くが、健康影響を避けるために放射線を学ぼうとしていたのとは違い、関心は被ばくによる健康影響より、風評や福島復興に向かっている。

以下では、生徒が作成した発表資料からいくつか紹介する。図2はある生徒が作成したスライドの一部である。政府トリチウム告示濃度限度 60000 Bq/L を追加被ばく量 1 mSv/年と関連づけて説明し、処理水放出濃度がその 1/40 の 1500 Bq/L であることを示して、これを「なんとなく危険」とするのは学びの不足ではないか、と説明した。



図 2 生徒作成の資料 1

図3は2名の生徒が作成した資料末尾の抜粋である。放射線や原発事故について網羅的にまとめたが、再び原発事故が起こったらどう対処するかを最後にまとめた。

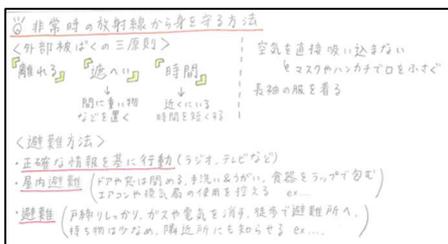


図 3 生徒作成の資料 2

他にも、桃など福島県産品の価格が全国平均より下回ることを示し、これが風評による被害を意

味するとした発表、電力の安定供給や発電コスト、気候変動対策をふまえて「日本に原子力発電は必要」とする発表などがあった。

授業の前後で実施した三菱総研と同じアンケートの結果を以下に示す。授業の実施前に「可能性は高い」「非常に高い」を選んだのは 13%であったが、授業実施後には 0 となり、「可能性は極めて低い」が 46%から 84%まで増加している。この結果と生徒が作成した資料を見比べると、放射線の科学的な知識を正しく身につけた上で、社会課題について考察している生徒たちの姿が見える。

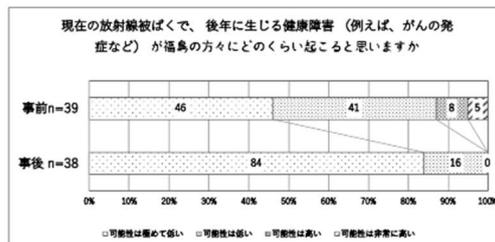


図 4 授業前後でのアンケート結果

福島での被ばくによる健康影響を正しく理解させるのは、教科書の学習だけでは難しい。教科書は放射線や放射能の物性を学ぶことが基本で、線量そのものについてはほぼ学ばない。放射線被ばくの早見図(放射線医学総合研究所)は一部の教科書に参考として掲載されているが、福島線の線量や Bq とは結びつかないため、生徒の納得は得られない。福島健康影響を理解するのは、①放射線を量的に捉えることができ、②基準値の持つ意味を理解し、③現実の福島線の線量と比較し判断するリスク評価の力が必要である。そして国連科学委員会のような専門性と信頼性を有する関係機関の報告を学べば、生徒の健康影響懸念は著しく小さくなるのが、今回の授業実践で確認できた。

原発事故時に掻き立てられた放射線への過剰な不安は、いまだに社会に散見される。震災からの復興を着実に進めていくためには、放射線教育の充実が欠かせない。筆者はいましばらくこの実践を続け、有効な放射線教育の内容を明らかにしていきたい。

放射線教育フォーラム令和5年度第2回勉強会

2023年11月19日(日) 13:30~16:00 (オンライン開催 [Zoom])

【開催趣旨】

放射線教育フォーラムでは、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から、放射線への興味を喚起するための事項を取り上げて勉強会を開催している。今回の勉強会では、イオンビーム照射の応用例としてカドミウム低吸収性イネ品種の育成・開発の紹介、また、我々の身の回りには自然放射線が普通に存在していることを知るための放射線初学者向けの体験的学習プログラムの事例の紹介、さらに、中学校において理科だけではなく、道徳科や総合的な学習の時間においても広く実践されてきた放射線教育の内容の紹介を取り上げる。

【プログラム】

開会挨拶 (13:30~13:40) 工藤博司理事長

[座長：田中隆一 (放射線教育フォーラム)]

講演1. イオンビーム照射で作出されたカドミウム低吸収米
～SNSなどで拡散されている誤情報について～

(13:40~14:20)

小林泰彦 (QST 高崎量子応用研究所)

お米に含まれる有害なヒ素とカドミウムというトレードオフ関係にある両者を同時に低減するために開発された「コシヒカリ環1号」を紹介するとともに、ネガティブキャンペーンで拡散されている誤情報を批判する。

[座長：緒方良至 (愛知医科大学)]

講演2. 放射線初学習者に自然放射線の線量率感覚を養成する試みについて (14:20~15:00)
角山雄一 (京都大学環境安全保健機構放射線管理部門)

放射線初学者には普段の生活中にある自然放射線の存在を「自分事」として知るための体験的学習の機会が不可欠です。これまでに実施した自然放射線の平熱感覚を養成するための学習プログラムの事例をご紹介します。

休憩 (15:00~15:10)

[座長：林 壮一 (福岡大学理学部)]

講演3. 道徳科や総合的な学習の時間においても行える放射線教育 (15:10~15:50)

原口栄一 (鹿児島市立吉野東中学校)

中学校における放射線教育の実践についてである。理科教科だけではなく、道徳科や総合的な学習の時間においても広く実践してきた内容であり、オリジナル動画やもの作りなども紹介したい。

閉会挨拶 (15:50~16:00) 柴田誠一副理事長

講演要旨

講演1. イオンビーム照射で作出されたカドミウム低吸収米 ～SNSなどで拡散されている誤情報について～

小林 泰彦

放射線育種は、自然界で起きている変異を人為的な放射線照射で積極的に誘発することによって農作物などの品種改良を行う技術である。日本で1966年に認定された耐倒伏性に優れた水稲「レイメイ」は γ 線によって育成された品種の代表例であり、以来様々な作物で多くの品種が照射による変異誘発によって、あるいは変異誘発で作出された品種との交配によって作り出されてきた。

一方、 γ 線やX線ではなく加速器を用いた炭素やヘリウムなどのイオンビームを変異原とするイオンビーム育種の研究も進められ、1998年に原研高崎研（当時）で世界初の成果が発表され、その特長が明らかとなった。2012年にはイオンビームを用いて「カドミウムをほとんど吸収しないコシヒカリ変異体」が得られ、その原因遺伝子も特定され、2015年5月に「コシヒカリ環1号」が品種登録された。

日本のコメには、土壌に含まれる有害な重金属カドミウムと天然由来で遺伝毒性が懸念される無機ヒ素が国際基準を上回る高濃度で含まれることがあり問題となっている。また、この両者は、栽培条件においてカドミウムの吸収を減らす湛水管理をすると無機ヒ素の吸収が増え、逆にヒ素の吸収を抑えるとカドミウムが増えるというトレードオフの関係にある。そこで、ヒ素とカドミウムの同時低減を可能にする切り札として、どのような環境でもカドミウムをほとんど吸収しない画期的な「コシヒカリ環1号」を全国各地の水稲品種と交配することによって農研機構や各地方自治体で100種類以上のカドミウム低吸収性イネ品種の育成・開発が進められている。今後、これらの新品種の普及で国民のカドミウムと無機ヒ素の摂取量の減少が期待されている。

ところが2023年春、「放射線で育種したお米、食べたいですか？育てたいですか？」などと不安を煽るネガティブキャンペーンが始まり、間違った情報が拡散されている。遺伝子組換えやゲノム編集などに対する根拠のない主張で不安を煽ってきたグループが「放射線」という言葉の不安を煽る効果に眼をつけたようである。農業の技術革新を否定する傲慢で独善的な有機・自然イデオロギーと、不誠実な不安商法は、まじめな生産者と消費者の双方を不幸にする。関係者による素早い反論と毅然とした対応、丁寧な情報提供が望まれる。社会の放射線への理解を深めるためにも放射線教育フォーラムの場でこの問題を共有したい。

講演2. 放射線初学習者に自然放射線の線量率感覚を養成する試みについて

角山 雄一

福島第一原発事故の直後から、小中高での出前授業等を行う機会が急増しました。教育現場においてしっかりと放射線のことを知ろうとする姿勢は大いに歓迎すべきです。しかし、私どものような大学教員に割り振っていただける時間はそう長くはありません。そうなりますと、生徒や児童の皆さんにお伝えする内容を相当に厳選せざるを得ません。

例えば、これまでに実施した三十校近い小中高生に対する講義等では、以下の4つの基礎事

項に焦点を絞り、お話しして参りました（もちろん、各事項の比重や、とりあげるトピックや用語等は学年や学習段階に応じて変えることになります）。

- ① 基礎知識（放射性同位体の存在と半減期、主な放射線の種類、距離と遮蔽）の学習
- ② 普段の生活の中にある自然放射線の存在を自分事として知るための体験的学習
- ③ からだの中に備わる放射線による損傷を修復する仕組みの基礎と、この仕組みを超える大量被ばくの際に発生する健康被害について学ぶ
- ④ 放射線利用の恩恵とリスクについて知る（リスクリテラシー教育）

さて、これらの内、おそらく③の説明や扱いが最も難しいと感じる方が多いのではないのでしょうか。なぜなら、③をきちんと生徒や児童に説明するためには、未だ科学者間での議論に明確な決着がついていない「長期低線量率放射線の被ばく影響」についての調査や実験、議論に関するさまざまな知識が背景として必要だからです。短時間での生徒や児童向けの解説となると、生体影響の専門家でもなかなか苦労することとなります。ところが、実際の教育現場では、教師や保護者の皆様が生徒や児童たちの背後にいらっしゃるわけで、この問題こそが最も一般的に知りたい部分でもあるわけです。

私どもは、この科学的に未解明な部分も含め、どう生徒や児童たちに放射線リスクを正しく伝えるか、このことにこれまで相当に腐心して参りました。試行錯誤の結果、どうやら放射線や放射性同位元素の物性について知り、あわせてバックグラウンド放射線の線量率を自分事として身に着ける、いわば上記の①と②をセットにした学習プログラムを③や④の学習の前に徹底して実施しておくことが、最も学習効果が高いとの感触を得るに至りました。本講演では、これまでに私どもが実践して参りました放射線初学者向けの体験的学習プログラムについて、いくつかの成功事例を紹介します。

講演 3. 道徳科や総合的な学習の時間においても行える放射線教育

原口 栄一

中学2年と3年の理科の中では、放射線について教えることができる内容がある。私は、中学1年においても放射線教育を火成岩の観察の中で取り入れている。（火山岩と深成岩を比べる方法の一つとして放射線測定を加えた。その前の1時間は、いろいろな物質の放射線を測定するという実験をしている。）中学1年の理科以外にも放射線教育は、道徳や総合的な学習の時間など様々な時間で扱えると考えている。また、そうすることによって、放射線についての理解が深まると思う。

このことについて2018年に一度単元化もしており、東京書籍の第33回東書教育賞の中学部門で最優秀賞をいただいた。ホームページにも論文がPDFの形でアップされているのでご覧いただきたい。⇒ <https://ten.tokyo-shoseki.co.jp/contest/kyoiku/no33/haraguchi.pdf>

このように一度は完成させた総合的な学習の時間を含めた放射線教育の単元化であったが、その後も対象となる学校や学年、生徒の変化により、常に新しい教材の開発に力を入れてきた。最近、道徳科の授業実践や小学生にも関心が持てるような放射線や原子力に関する「もの作り」を取り入れている。

今回講座の前半は、2018年の実践をふまえた理科や総合的な学習における実践の紹介を行う。ある学年の生徒たちが、理科の授業を中心にして次のように3年間計8時間で授業を行ってきた成果についてである。

- I 中学1年 地学分野の中で「放射線測定器の使い方」と「火成岩観察の中の放射線測定」2時間
- II 中学2年 化学分野の発展で2時間+修学旅行前の学習として総合的な学習の時間「核戦争後の地球による放射線障害」1時間
- III 中学3年 総合分野の中で「放射性廃棄物を考える」1時間+「放射線の性質調べ実験」1時間+3年間の「原子力・放射線」まとめレポート1時間

後半は、ある程度、放射線について学んだ生徒たちに対して、道徳科で実践した授業について模擬授業形式で紹介する。

道徳教材のタイトルは「どうする〇〇さん」で、〇〇には生徒それぞれの名前を入れるように指示している。ねらいとしては「福島第一原発事故について知る」「勉強の意義を知る」「感謝の気持ちをもつ」で、道徳科の内容項目では、「A5 真理の探究」としている。実際の授業で使用したパワーポイントを使って進めていく予定である。

NPO 法人放射線教育フォーラム
トリチウム学習会

2023年12月10日（日） 13:30～15:00（オンライン開催）

当フォーラムでは、福島第一原子力発電所の処理水の海洋放出の開始を受けて、定期的に開催している勉強会とは別に、トリチウムについておさらいするための『トリチウム学習会』を開催します。

トリチウムについて、科学的、技術的な疑問点等を事前にお寄せいただき、いただいた質問事項について、この学習会の席上で講師が解説し、回答することで質問内容の理解を深めていただくことを企画しています。

[開催要項]

開催方法：Zoomによるオンライン開催

参加申込・事前質問受付：次のURLから申し込んで下さい。

URL: <https://forms.gle/biniyvJT2Nry4cz37>

定員：100名

参加申込期限：2023年12月4日（月）17:00（ただし定員に達し次第締切）

参加費：無料

問い合わせ先：NPO 法人放射線教育フォーラム事務局
entry@ref.or.jp

第 70 回全国中学校理科教育研究会東京大会出展報告

8月7、8日に東京ビッグサイトで開催された第70回全国中学校理科教育研究会東京大会の企業ブースに出展した結果を報告する。

1. 出展内容

- ① クルックス管実験と霧箱実験を結合した新しい放射線実験教材（会員の秋吉優史先生の考案）

学校教材のクルックス管を用いて発生させた電子線が管壁に衝突することで発生するX線を隣接の高性能ペルチエ霧箱へ導き、X線による空気中での光電効果によって発生する比較的低いエネルギーの電子線の微細な飛跡群を観察するシステム。

- ② 放射線利用学習のための新しい実験教材としての形状記憶樹脂ポリカプロラクトン（株NHVCが製造販売）

放射線の産業利用に広く活用され、暮らしに役立っている放射線橋かけ技術を活用した学校実験教材。放射線橋かけを施した実験片と施さない実験片とでは、温水中での溶解性、伸縮性及び形状記憶性が異なることを体験的に知ること、放射線利用技術を安全かつ簡単に体験、理解できる。

- ③ DVD 学校教材「放射線の正体」の映像展示及び配布
- ④ 放射線教育フォーラムの定期刊行物（ニュースレター及び放射線教育誌の最近号）の配布
- ⑤ 背景展示

工藤理事長による外部向けのフォーラム活動報告からのスライドピックアップ（昨年の三重大会を踏襲）及び放射線産業利用理解のための（株NHVC）パネル

2. 出展参加者

放射線教育フォーラムから、吉澤幸夫、秋吉優史、大森佐與子、辻萬亀雄、田中隆一。（株NHVC）から、野口美徳さん、吉谷駿さん。

3. 出展結果

割り当てられたブースの展示面積が狭かったので、上記展示物の全てを収容しきれないことを当初は心配したが、秋吉先生が事前に日本原子力産業協会に相談を持ち掛けて、隣接する同協会の広いブースの一部を利用させてもらうことができた。当フォーラムのブース端にクルックス管を、同協会のブース端に霧箱をセットして、30 cmの通路間隙を隔てて、両ブースに跨る新しい実験教材を展示できた。

ポリカプロラクトン樹脂には多くの来場者が興味を示し、（株NHVC）出展者の説明を通して、新しい放射線産業利用の実験教材の意義を認識していただいた。

定期刊行物の配布では、クルックス管学習など、できるだけ記事内容の紹介も含めて、関心をもっていただけるように努力した。

なお、今大会の企業ブースの出展数は 20 であり、そのすべてがワンルームに収められた。このうち、放射線教育に関わる出展は当フォーラム、原産協、原子力発電環境整備機構 (NUMO) の 3 団体であった。

4. 今後に向けて

今回の全中理大会は当フォーラム事務局としては地元での開催であり、例年より力を入れて取り組んだこともあって、期待していた出展成果が得られたと思う。初日午後は多数の来客があり、特に秋吉さんと吉谷さんは放射線実験教材に関心をもつ先生方への対応に追われ続けた。来場者への説明や段ボールの詰め込んだ資料配布などの準備作業も含めて、全員で大いに頑張ったと思う。

今回が最初の試みとなった放射線の産業利用に関わる教材ポリカプロラクトン樹脂の実験展示に協力いただいた(株)NHVC 及び霧箱とクルックス管を結合した新しい放射線実験教材の展示に協力いただいた日本原子力産業協会に感謝する。これらの協力関係を来年夏開催予定の第 71 回山梨大会につなげていきたいと考える。

(田中隆一記)



2023年7月26日～28日青森県六ヶ所原燃PRセンター施設

見学会

鹿児島県中学理科教諭 原口栄一

原子力関連施設には、今までいろんな所に行った。いつか再処理施設の見学をしたいと考えていたところ、NUMOのHPで教職員見学会の案内をみつけることができた。なんという僥倖。念ずれば通じるんだな。

7月26日 八戸市にて、まず勉強会及び意見交換会

ここでは、高レベル放射性廃棄物の地層処分についての授業実践レポートを持って行き自己紹介を兼ねて発表する。意見交換のためには求められていなくても実践を用意するように心がけているので。夜は有志で懇親会。やはり、リアルで意見交換できたら交流は欠かせない。

7月27日 見学会当日

総勢10名の参加者である。ホテルから八戸駅を横断して駅裏に停めてある貸し切りバスに乗る。そして、目的地の六ヶ所原燃PRセンターへ出発。自然あふれる景色を見ながら下北半島を北上する。約1時間半で到着。

この施設では、原子力燃料再処理施設のことが学べる。案内係の方に丁寧に教えていただきながら高レベル放射性廃棄物再処理の行程を一つ一つ見学する。

昼食後、いよいよリアルな再処理施設見学であるが、テロ対策・防犯上ゆえに写真撮影は禁止となっているのでスマホも持ち込めず。教材

としての写真を取りたかったが残念である。ゆえに目で覚えていくしかない。

係の方から説明を聞きながら主にバスで見学する。まずは、安全性向上対策の現場である。大きな屋外ダクトには金属製防護版、冷却塔には、金属の防護ネットが設置されていた。平成18年11月7日に大きな被害をもたらした北海道佐呂間町の竜巻がここで起こっても被害が出ないようにだそう。確かに、竜巻は台風より風が強い。東日本大震災以来、想定外が起きないようにしている事がうかがえる。他にPRセンターで見た低レベル放射性廃棄物埋設センターの実物見学。高レベル放射性廃棄物の貯蔵管理センターは鉛入りのガラス窓から見学できた。処理工場なども一部見られた。科学技術の粋を集めた施設であることが実感できた。

さて、その再処理施設では何百人もの方々が働いていた。みんな工場稼働のために仕事されている。2024年度には稼働させたいということを知った。

これらのことを基に授業作ってみようと思う。再処理について賛否はあるが、この現状と感じたことをベースにして既に作成し実践している地層処分の授業に負荷してバージョンアップした教材にしていきたい。

《通常総会報告》

令和5年度通常総会は6月11日（日）に東京慈恵会医科大学南講堂にて行われた。個人会員81名、団体会員23団体の総計104のところ出席者は12名、委任状は53通の計65となり、定款に定められた定足数（1/5）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4年度事業報告

第2号議案 令和4年度決算報告

第3号議案 令和4年度会計監査報告

第4号議案 令和5年度事業計画

第5号議案 令和5年度予算

第6号議案 会員・会費細則の制定について（特別会員の追加）

参考資料1

令和5年度予算書

単位（円）

費目	令和4年度 決算	令和5年度 予算
1. 収入		
個人会費収入	587000	563000
団体会費収入	1095000	1065000
寄附金	0	0
資料掲載料収入	253000	253000
雑収入（勉強会支援金）	23000	15000
預金利息他	38	0
助成金等	0	0
（収入合計）	1958038	1896000
2. 支出の部		
A. 事業費		
勉強会・活動報告開催費	175438	200000
企画検討グループ	0	0
調査活動研究費	0	70000
編集委員会開催費	0	70000
定期刊行物発行費	190575	275000
研究会等発表費	0	20000
全国中学校理科教育研究会	20000	20000
（事業費合計）	386013	655000
B. 管理費		

理事会開催費	3300	80000
総会開催費	27280	30000
旅費交通費	90620	100000
家賃	701250	616500
光熱費	31139	30000
事務用品・消耗品費	106552	113500
通信運搬費	239749	230000
支払手数料	0	1000
雑費	39522	40000
会計監査費	-55685	0
予備費	0	0
(管理費合計)	1183727	1241000
(支出合計)	1569740	1896000
収支差額	388298	0
(当期経常増減額)		
前期繰越正味財産額	3222844	3611142
当期正味財産増加額	388298	0
次期繰越正味財産額	3611142	3611142

参考資料 2

令和 4 年度貸借対照表

単位 (円)

科目	金額		
I 資産の部			
1 流動資産			
現金預金	3,366,990	—	
未収金	200,000	—	
流動資産合計		3,566,990	
2 固定資産			
無形固定資産			
差入保証金 (賃料 2 ヶ月分)	90,300		
固定資産合計		90,300	
資産合計			3,657,290

II 負債の部			
1 流動負債			
未払金	10,148		
前受金	36,000		
預り金	0		
流動負債合計		46,148	
2 固定負債			
固定負債合計	0	0	
負債合計			46,148
III 正味財産の部			
前期繰越正味財産		3,222,844	
当期正味財産増減額		388,298	
正味財産合計			3,611,142
負債及び正味財産合計			3,657,290

参考資料 3

令和4年度財産目録

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	16,000		
郵便振替口座 特別口	0		
みずほ銀行鷺沼支店普通預金	325,173		
みずほ銀行虎ノ門支店普通預金	677,414		
みずほ銀行虎ノ門支店普通預金	1,680,055		
ゆうちょ銀行普通預金	668,348		
合計		3,366,990	

未収金（資料掲載料）	200,000		
合計		200,000	
流動資産合計		3,566,990	
2 固定資産			
無形固定資産			
差入保証金（家賃2ヶ月分）	90,300		
固定資産合計		90,300	
資産の部合計			3,657,290
II 負債の部			
1 流動負債			
未払金（印刷代、他）	10,148		
前受金（個人・団体年会費）	36,000		
預り金（源泉徴収税）	0		
流動負債合計		46,148	
2 固定負債	0		
固定負債合計		0	
負債の部合計			46,148
正味財産			3,611,142

《会務報告》

日時	名称	開催場所	出席者数
2023年6月11日(日)	2023年度通常総会	東京慈恵医大 南講堂	12名 委任状53通
同上	2023年度第3回理事会	同上	9名
同上	2023年度第1回勉強会	同上	35名
2023年9月9日(日)	2023年度第4回理事会	オンライン	8名
2023年10月15日(日)	2023年度第5回理事会	同上	8名
同上	2023年度第1回編集委員会	同上	8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》

今年は、インフルエンザの流行が例年になく早いとのこと。昨今、出張等あけられない用務が多々あり、やっと昨日、予防接種を受けた。明後日から、また、6日間の出張で移動や会議で人と接触する機会も多い。接種後、抗体ができるのは2週間後とのことなので、明後日からの遠征には間に合わない(〇;)。放射線は目に見えないので「こわい」と言われるが、病原菌も目に見えない。私自身は、放射線より病原菌の方がよっぽど「こわい」と思う。皆さまもくれぐれも健康に気をつけてつつがない年末年始をお迎え下さい。(緒方良至)

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
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.86、2023年11月19日発行
