

放射線教育

付放射線教育フォーラム 2020 年度活動報告

2020

VOL. 24 NO. 1

放射線教育フォーラム

Radiation Education Forum

放射線教育

Radiation Education

Vol. 24 No. 1

目次

【巻頭言】 放射線人材、大募集	篠原 厚	1
-----------------	------	---

【実践報告】 科学的に探究する力を育む放射線教育の歩み	佐々木 清	3
【資料】 ラザフォードの勘違い（トリチウムの発見をめぐる）	坂内 忠明	14
【資料】 コンフリクト・マネジメント ー認知の齟齬を対話により乗り越えるー	吉澤 幸夫	18
【惜別】 長谷川圀彦先生と放射線教育国際シンポジウム	工藤 博司	22
【惜別】 ラドンを測って半世紀	吉澤 幸夫	24

「放射線教育」投稿規定、原稿の書き方		28
編集後記	緒方 良至	32

発行：2021年3月31日，NPO 法人放射線教育フォーラム
〒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>

【巻頭言】

放射線人材、大募集

篠原 厚

大阪大学大学院理学研究科 教授



この巻頭言の依頼を緒方先生から頂いたときに、すぐに頭に浮かんだのは、放射線教育の重要性に加え、それを支え実践する人材の確保の危うさです。大学教員を長年務めてきた立場で見ると、大学学部の講座は減少しており、博士後期課程まで進む学生が減少している状況から、将来に不安を感じざる得ない状況です。ここでは放射線人材育成について、私が主に関係する放射化学分野を中心に述べてみますが、おそらくある程度広く共通している状況だと思います。

放射線に係る分野は、放射能の発見後、急速に発展し、早期に社会との（特に原子爆弾等でネガティブな）関わりを持ってしまいました。科学・学問が人類にとって大きな変革をもたらすものであればあるほど、その発展の過程で社会との間に衝突が起こるのが常です。新しいレベルの力、サブアトムの世界を受け入れるかどうかは、未来の人類の行動範囲に大きな影響を与えます。私は、社会が正しく課題も含め放射線を理解することが大事で、放射線教育の役割は人類の未来を左右するほど大きいと思っています。

私が関係する分野周りの研究面を見ると、これまで放射性同位体（RI: radioisotope）の主要なユーザーであった生物科学関連が激減した一方で、新しい量子ビーム利用、新元素の発見、医学・薬学分野での新規診断や治療など、基礎科学や応用研究で新しい芽が伸びています。しかしながら、原子力のゴミ問題、福島原子力発電所事故における環境回復、廃炉、放射線障害・被曝の問題、またこれらを受けた放射線規制の在り方なども含め、避けて通れない大きな課題もあります。このような人類的な課題解決は、将来の科学・技術の進歩に期待しているところが大きく、しっかりとした人材育成が必要条件となっています。

放射線関連の人材育成では、やはり学生が最初に放射線を実際に扱い始める大学が重要だと思います。ただ、今、大学も大学人も弱っています。大学における教育・人材育成の充実には研究の活性化が必須ですが、（ここでは述べませんが）この分野の研究の場である非密封 RI の取扱施設の維持も大きな課題に直面しています。この分野に興味を持つ学生は居ても、後継者になりうる博士後期課程に進む学生はほんの僅かで、これは我々の分野に限ったことではありません。諸外国に比べると日本のみが減少傾向にあり、科学技術立国を表明している我が国としては由々しき事態でしょう。

学生の進学に関して言えば、博士コースへの支援が充実すればするほど、学生が逃げている感があります。よく言われていることですが、今の学生は右上がりの社会を知りません。生まれてからずっと右下がりの状況ばかりで、将来なんとかなる、良くなる、と言ことはおそらく発想できないのでしょう。そのため、先が見えにくい博士後期課程への進学が躊躇されるのかもしれませんが。私が勤務する大阪大学では、全国でも唯一だと思いますが、放射線関連の卓越大学院「多様な知の協奏による先導的量子ビーム応用卓越大学院プログラム」が昨年からはスタートしました。このプログラムでは関連企業も参画することで出口支援も含まれることから、今後この分野に進む学生が増えることを期待しています。

ただ、一方で、その分野に学生が魅力を感じるか、研究者や教育者が魅力的な職に見えるかも重要なファクターです。幸い、我々の分野では、先にも述べましたが、解決すべき人類的課題あり、新元素などの夢のある研究あり、人類の健康長寿につながるテーマありで、実は魅力たっぷりの分野です。問題は、我々教員にあるのかもしれませんが。それだけ魅力的な内容の教育研究を楽しそうにしているかと言うと、実は、そうではない気がします。大学の教員は疲弊していますし、中高の教員も生徒に向き合う以外のことに忙し過ぎです。我々を見て、学生が大学に残りたい、研究者・教育者になりたい、と思うのでしょうか？ 私が学生だったのはるか昔のことを振り返ると、大学の先生は「いいなー」と思っていた気がします。教授などは尊敬の対象でしたし目標でした。昔はゆったりと楽しく研究できていたのでしょうか？ 今考えると、おそらく騙されていたようにも思えます。そこで、皆さんに学生を騙しましょう、とは言いませんが、とにかく我々が面白い研究を（見えるように）楽しく展開することが大事だと思います。

最後に、私がいま会長を仰せつかっている日本放射化学会のことを書かせて頂きます。当学会は、会員数が400にも満たない弱小学会ですが、正面から放射性物質や放射線を扱っているこの分野では重要な位置にある学会と思っています。しかしながら、本題の放射線教育は、実は、学会内では、昔に比べ活動が見えにくくなっています。今、当学会は、将来の活動の広がりや社会情勢を考え、任意団体から法人団体へ舵を切り新装しようとしています。これを機に、学会ロードマップの策定を進めています。その中で、教育人材育成ロードマップの検討も進めており、学会組織に教育部会を設置することを提案しています。教育コンテンツの開発・発信、組織的な学校や社会への教育・アウトリーチ活動、学校教員の放射線教育に関するスキルアップへの協力など、様々な活動が検討されています。これらのことは、個人では問題意識はあってもなかなか動きにくい側面もありますが、学会組織が表に立つことで、少しでも個々に負担が偏らず実現することが望めます。今後展開されるだろう予定のこれらの活動にご意見ご協力をいただければ幸いです。

【実践報告】

科学的に探究する力を育む放射線教育の歩み

佐々木 清

福島県環境創造センター交流棟教育ディレクター

〒963-7700 福島県田村郡三春町深作 10 番 2 号

(受理：2021.2.28)

【要旨】 東日本大震災・東京電力福島第一原子力発電所事故から、早 10 年の年月が流れた。その間、放射能の減衰と国挙げての大規模な除染によって、帰還困難地域を除けば、福島県内の空間線量率も低くなり、原発事故前の生活に戻りつつある。福島県内小・中学校では、毎年改訂発行される「ふくしま放射線教育・防災教育指導資料」などを活用しながら、どの小・中学校でも順調に放射線教育が行われている。

さて、「生徒が主体の放射線教育」をスローガンに、5年間毎年放射線教育研究公開授業を行い、福島内外からの数多くの参観者を迎え、皆様からの温かいエールと示唆に富むご助言をいただいていた。その記録を 2011 年から 2015 年まで「放射線教育実践報告書」にまとめ、放射線教育フォーラムのパネル討論会や勉強会などで発表させていただくとともに、「放射線教育」Radiation Education やニュースレターでも取り上げていただいた。

今回本誌では、放射線の知識を学ぶ授業から、放射線で科学的に探究する授業の転換期となった「放射線教育 3 年目」郡山市立郡山第六中学校での教育実践を報告する。

1. はじめに－「放射線に向き合う態度」「放射線を科学的に探究する力」を子ども達に

郡山市は、福島県中通り地方の中央に位置し、郡山第六中学校は、福島第一原子力発電所から約 50km 離れた地点にある。2011 年 3 月の東京電力福島第一原子力発電所事故により、福島県土が高濃度の放射能で汚染され、郡山市でも約 $8 \mu\text{Sv/h}$ の空間線量率が測定された。その後、高線量の放射能を含む表土は校庭に埋められるとともに、除染の成果もあって、現在学校敷地にあるリアルタイム線量計の値は約 $0.2 \mu\text{Sv/h}$ 前後まで低下した。

今後、福島未来を築く生徒たちに、いかに「放射線に向き合う態度」を身に付けさせるか、いかに「放射線を科学的に探究する力」を育て上げていくか、今学校を挙げて早急に取り組まなければならない喫緊の教育課題である。

2. 「めざす福島の生徒像」と「探究する力」を子ども達に

2011 年 3 月 11 日午後 2 時 46 分、M9 の東北地方太平洋沖地震が発生し、甚大な被害を及ぼした東日本大震災からおよそ 3 年が経とうとしている。その間、ライフラインや交通網が整備され、復興へ向けて着実に前進している。しかし、高濃度放射性物質の汚染土の除染が遅々として進まない地域も多く、人体への影響が懸念されている。さらに、廃炉作業 3 年目を迎えると、今度は福島第一原子力発電所汚染水の問題が顕在化し、原発地下汚染水の流出や地上タンクからの高濃度汚染水の漏えいおよび台風による「せき」からの大量汚染水流出など海洋汚染が心配されている。

このような状況の中、「福島の未来を築く目の前の子ども達のためにどのように放射線授業を展開しなければならないか」を真剣に考え、実践していく必要がある。その際、放射線の知識だけの伝達では、震災に対して「自ら考え、行動できる福島県民」は育たない。そこで、自ら空間線量率を測定し、他の情報と照らし合わせながら科学的に判断し、共に手を取り合って行動できるように、「めざす福島の生徒像」を以下のように設定した。

自ら放射線量を測定し、
自らデータを分析して判断し、
互いに助け合って行動できる生徒

学習指導要領で中学3年理科では、放射線の内容に触れる程度にしか扱われておらず、これでは**めざす福島の生徒像**にたどり着けない。そこで、各地に赴いて研修を積み重ね、目の前の子ども達が目を輝かす教材を集め、改良しながら3年間を見通した中学校理科における**放射線教育計画**を作成し、放射線に関する授業プランを練り上げてきた。授業を展開する際、何よりも大切にしてきたことは、次の3点である。これらが「生徒が主体の授業」の礎であり、まさしく**放射線教育の原点**となった。

- ①「見取る」～子ども達の考えを引き出す。
- ②「褒める」～子どもの良さを見つけ出す。
- ③「思いやる」～子どもの心をケアする。

この3点を意識して放射線授業を積み重ねることによって、教師にとっても生徒たちにとっても自己達成感を味わいながら、互いに優しさ・温かさを共有し合い、信頼関係を築き上げる**コミュニケーションの土台**になると考えた。その結果、今後震災が発生した際に生徒たちは、「自ら考え行動する福島県民」となって、共に手を携えながら、目の前の困難に対して、前向きに乗り越えることができると確信している。



写真1 養護教諭とのTeam Teaching授業



写真2 汚染水流出問題を提起している様子

3. 「放射線教育3年目」の歩み ～科学的に探究する力を育むために～

3.1 放射線の知識を学ぶから、放射線で学ぶ授業の転換

「放射線教育3年目」を迎える今年、放射線の知識や原発事故の実情を伝えながら放射線による遮へい実験を行い、データを収集して科学的に分析・解釈し、科学的根拠に基づく表現力を育成したいと考えた。つまり「放射線の知識を学ぶ」から「放射線で科学を学ぶ」のスタイルに発展させようと試みた。

3.2 「科学的に探究する力」とは

中学校学習指導要領解説理科編では、教科の目標として「科学的に探究する能力の基礎と態度を育てる」ためには、自然の事物・現象の中に問題を見だし、目的意識を持って観察、実験などを主体的に行い、得られた結果を分析して解釈するなど、科学的に探究す

る学習を進めていくことが重要である。』と述べられている。

そこで本研究では、「科学的に探究する力」を、放射線に関する現象の中に問題を見つけ出し、課題意識を持って、放射線に関する観察、実験、計測などを主体的に行い、得られた結果を分析して解釈するなど、科学的に探究しようとする能力と態度と定義した。

3.3 『放射線教育3年目』の実践

【実践1】 放射線量の測定技能・データの分析力・科学的な判断力を身に付ける中 学校理科放射線教育指導計画の作成

(1) 放射線教育で身に付けたい力

- ① 環境モニタリング力 → 自ら放射線量を正確に測定する力
- ② データの分析力 → 放射線量の変化に気づき、放射線量のデータを分析する力
- ③ 科学的な判断力 → 科学的な根拠に基づく情報を選択し、判断する力
- ④ リスクコミュニケーション力 → 放射線被ばくを少なくするため、科学的事実に基づいて本音で話し合い、互いに理解し合う態度

(2) 放射線教育指導計画の特徴

- ① 中学校3年単元「自然と人間」以前に1年から関連ある単元で放射線教育を行う。
- ② 毎日測定している放射線量データを活用し、科学的な分析力を身に付ける。
- ③ 知識の伝達ばかりでなく、実験や放射線量計測、モデル製作、事故検証などを行う
- ④ 総合的な学習の時間（放射線の人体への影響・放射線防護など）とリンクさせる。
- ⑤ 放射線教育に貢献した科学者の実績を紹介するなど、科学史的な取り扱いも行う。
- ⑥ 放射線授業は、「知識」+「観察・実験」+「事実」の3本柱で構築する。

【実践2】 放射線に対する生徒の関心を把握し、生徒が学びたい放射線の学習内容を授業に取り入れ、科学的な表現力を高める環境レポートの作成

(1) 生徒が学びたい放射線の学習内容調査および環境レポートのテーマ集計

休み前に、生徒が学びたい放射線の学習内容をアンケート調査したところ、「放射線による人体への影響」が最も93%（第1希望～第3希望者合計の割合）と最も多く、生徒たちの日常生活において放射能汚染に対する不安を隠せないことがわかった。

また、夏休み環境レポートのテーマを集計すると、福島第一原発汚染水問題が32%と最も多く、除染や原発に関する世論、放射線知識を含めると約50%を超えた。そこで、汚染水対策の経過および地上タンクの材質と厚さの問いを切り口にして、金属板や水、土壌による放射線の遮へい実験を選択させ、結果を分析・解釈しながら、どの材質が最も遮へい効果

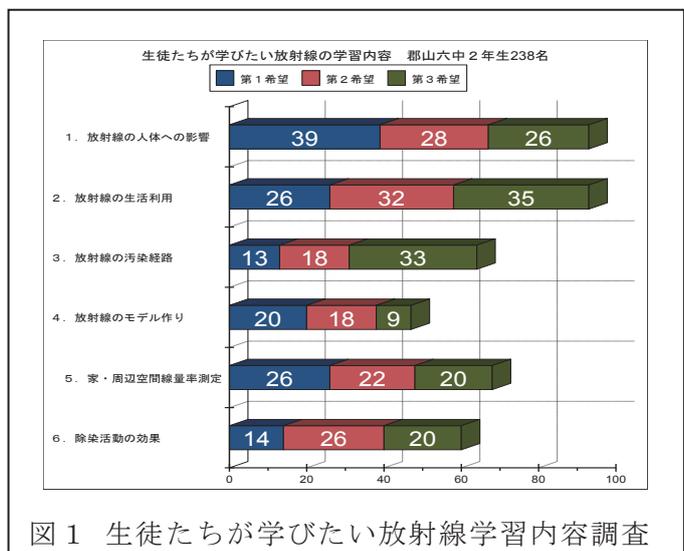


図1 生徒たちが学びたい放射線学習内容調査

があるか、どの材質が最も遮へい効果があるか、科学的に探究する授業を行った。生徒は、「放射線の透過力」の図表を学んでいるので、水が最も遮へいすると誤概念を抱く生徒が多い。そこで厚さ1cmの水槽を1槽・2槽…と重ねながら水による遮へい実験を行うことによって、水は金属より遮へい効果がないことを確認するためにBコースの実験を組み入れた。

(2) 生徒の科学的表現力を高める環境レポートの作成

- ① 環境に関する新聞記事やインターネット情報を環境レポート用紙に貼り付ける。
- ② 記事や資料を読んで、重要と思われる文章の部分にサイドラインを引く。
- ③ サイドラインの文章をまとめる。
- ④ キーワードについて自分なりに調べる。
- ⑤ 環境レポートを作成しての感想を書く。

なお、①～⑤を基本とし、さらに時間をかけて内容を充実させたい場合は、インターネット情報の追加やキーワードの詳細な説明、主張、図表の作成やカラーペンの活用などによるレイアウトの工夫など、表現の観点を環境レポートの上部に掲げ、推奨している。

生徒が夏休みに作成した環境レポートを点検すると、キーワードをカラーペンで書いて見やすくしたり、新聞で公表されたデータをグラフで表したりするなど、とてもわかりやすい力作の環境レポートが多く見られた。

なお、優秀な環境レポートは、冬休み環境レポート作成の見本として、理科室の背面黒

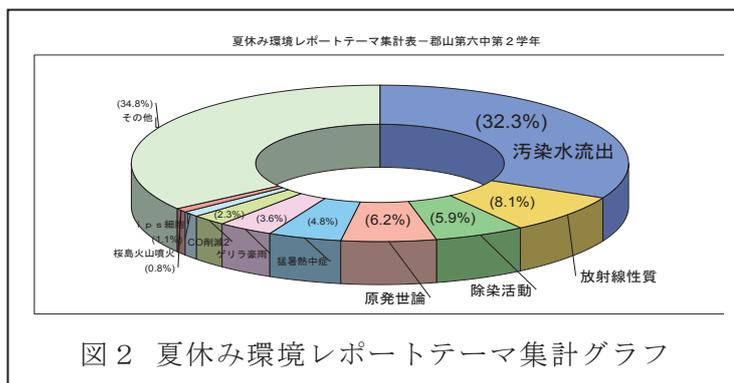


図2 夏休み環境レポートテーマ集計グラフ

理科環境レポート (No.2) 2年 郡山 6番 氏名 赤田 匠

環境問題や環境保全活動など、環境に関する内容について新聞や資料などの情報を集め、環境レポートにまとめてみよう。

【配点】 □題意 □内容 □情報 □見出し □転写 □図表 □キーワード □キーワード □感想 □主張 □図表 □17分 □20分

環境レポート 2013年 2013年
テーマ 削減、土壌に物行? 作成期間 8月26日 ~ 9月25日

1 2 3 4 5

早期に除染を川内村長らに求める

放射線量 (μSv/h)

日付	放射線量 (μSv/h)
H25.9.10	0.80
H25.9.11	0.70
H25.9.12	0.60
H25.9.13	0.50
H25.9.14	0.40
H25.9.15	0.30
H25.9.16	0.20
H25.9.17	0.10
H25.9.18	0.10
H25.9.19	0.10
H25.9.20	0.10
H25.9.21	0.10
H25.9.22	0.10
H25.9.23	0.10
H25.9.24	0.10
H25.9.25	0.10
H25.9.26	0.10

図3 生徒が夏休みにまとめた環境レポート例

板に掲示し、随時閲覧できるようにしてある。

【実践3】 金属板や水、土壌による放射線の遮へい実験を行い、思考の練り上げを行いながら、結果を分析し解釈させ、科学的に探究する授業の実践

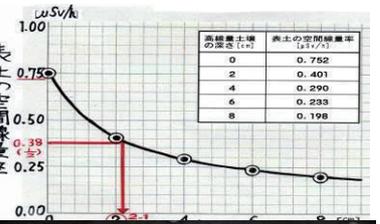
(1) 科学的に放射線を探究するコース別遮へい実験

放射線を科学的に探究する第一歩は、放射線量の測定にある。福島第一原子力発電所の汚染水を貯蔵する地上タンクが鉄鋼製で、側面壁の厚さが12mmしかないことから、生徒たちは、「地上タンクから放出される放射線量は高くないの？遮へいされているの？」と驚きを隠せなかった。この事実を授業の切り口にして、他の金属板では遮へい効果はどの程度か（Aコース）・水は遮へい効果が高いのか（Bコース）・校庭に埋めてある放射線量の高い表土から放出される線量は安全なのか（Cコース）という疑問が出され、次の3コースの遮へい実験の探究課題を設定し、最も興味のある課題を選択させ、実験させた。

- ① Aコース：金属板（Pd・Fe・Al）と水によるβ線またはγ線の透過線量の測定
- ② Bコース：水の厚さによるγ線の透過線量の測定
- ③ Cコース：線量のやや高い土壌の深さによるβ線またはγ線の透過線量の測定

(2) 自分たちが得たデータを基に科学的に分析・解釈

実験課題 金属や水、土による放射線の遮へい効果を確認しよう

Aコース：β線・γ線	Bコース：γ線	Cコース：β線・γ線																																																																																
Pd・Fe・Al・水による遮へい実験	水の厚さによる遮へい実験	土壌の深さによる遮へい実験																																																																																
																																																																																		
<p>総源正味の値=線源-B.G.= 290 - 40 = 250cpm</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>水槽・金属板1cm</th> <th>H₂O</th> <th>Pd</th> <th>Al</th> <th>Fe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>測定値 (cpm)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1回目</td> <td>200</td> <td>130</td> <td>150</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>2回目</td> <td>230</td> <td>120</td> <td>180</td> <td>165</td> </tr> <tr> <td>3回目</td> <td>215</td> <td>110</td> <td>180</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>合計 [cpm]</td> <td>645</td> <td>360</td> <td>510</td> <td>495</td> </tr> <tr> <td>平均 [cpm]</td> <td>215</td> <td>120</td> <td>170</td> <td>165</td> </tr> <tr> <td>正味の値 [cpm]</td> <td>175</td> <td>80</td> <td>130</td> <td>125</td> </tr> </tbody> </table>	水槽・金属板1cm	H ₂ O	Pd	Al	Fe	測定値 (cpm)					1回目	200	130	150	180	2回目	230	120	180	165	3回目	215	110	180	150	合計 [cpm]	645	360	510	495	平均 [cpm]	215	120	170	165	正味の値 [cpm]	175	80	130	125	<p>総源正味の値=線源-B.G.=1.12-0.10=1.02μSv/h</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>水の厚さ</th> <th>アクリル容器</th> <th>水2層 厚さ2cm</th> <th>水4層 厚さ4cm</th> <th>水6層 厚さ6cm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>測定値 (μSv/h)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1回目</td> <td>0.19</td> <td>0.15</td> <td>0.19</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>2回目</td> <td>0.17</td> <td>0.21</td> <td>0.19</td> <td>0.18</td> </tr> <tr> <td>3回目</td> <td>0.20</td> <td>0.20</td> <td>0.15</td> <td>0.19</td> </tr> <tr> <td>合計 [μSv/h]</td> <td>0.56</td> <td>0.56</td> <td>0.53</td> <td>0.52</td> </tr> <tr> <td>平均 [μSv/h]</td> <td>0.19</td> <td>0.19</td> <td>0.18</td> <td>0.17</td> </tr> <tr> <td>正味の値 [μSv/h]</td> <td>0.09</td> <td>0.09</td> <td>0.08</td> <td>0.07</td> </tr> </tbody> </table>	水の厚さ	アクリル容器	水2層 厚さ2cm	水4層 厚さ4cm	水6層 厚さ6cm	測定値 (μSv/h)					1回目	0.19	0.15	0.19	0.15	2回目	0.17	0.21	0.19	0.18	3回目	0.20	0.20	0.15	0.19	合計 [μSv/h]	0.56	0.56	0.53	0.52	平均 [μSv/h]	0.19	0.19	0.18	0.17	正味の値 [μSv/h]	0.09	0.09	0.08	0.07	
水槽・金属板1cm	H ₂ O	Pd	Al	Fe																																																																														
測定値 (cpm)																																																																																		
1回目	200	130	150	180																																																																														
2回目	230	120	180	165																																																																														
3回目	215	110	180	150																																																																														
合計 [cpm]	645	360	510	495																																																																														
平均 [cpm]	215	120	170	165																																																																														
正味の値 [cpm]	175	80	130	125																																																																														
水の厚さ	アクリル容器	水2層 厚さ2cm	水4層 厚さ4cm	水6層 厚さ6cm																																																																														
測定値 (μSv/h)																																																																																		
1回目	0.19	0.15	0.19	0.15																																																																														
2回目	0.17	0.21	0.19	0.18																																																																														
3回目	0.20	0.20	0.15	0.19																																																																														
合計 [μSv/h]	0.56	0.56	0.53	0.52																																																																														
平均 [μSv/h]	0.19	0.19	0.18	0.17																																																																														
正味の値 [μSv/h]	0.09	0.09	0.08	0.07																																																																														
考察 鉛→鉄・アルミニウム→水 鉛が1番遮へいすることができる。 鉄と、アルミニウムの結果はほぼ同じ 水は1番遮へい効果がない。	考察 水は放射線を遮へいする効果があまりない。 (水の厚さ6cm以下では)	考察 約2.1cm土壌が深くなると放射線量が半分になる ◎50cm下に、校庭の表土が埋められているので安心。																																																																																

(3) 科学的な思考力・表現力を向上させる思考の練り上げ (Oneself→Pair→Group→Team→All)

- ① **Oneself** : まず, 自分なりの考えをワークシートに鉛筆で書き込む。
- ② **Pair** : 次に隣の人とともに2人で考えを聞き取り合い, 互いに赤ペンで修正する。
- ③ **Group** : 2つの **Pair** が合体し, 4人で考えを出し合い青ペンで修正する。次に班としての考えをホワイトボードにまとめる。
- ④ **Team** : 同じ考えのホワイトボードを黒板に貼り付け互いに考えを確認し反論し合う。
- ⑤ **All** : どの考えが最も科学的な根拠に基づき, わかりやすく表現しているか評価する。



Oneself: 自分の考えを書く



Pair: 相手の考えを取り入れる



Group: 互いの考えを出し合う



All: ボードにまとめる

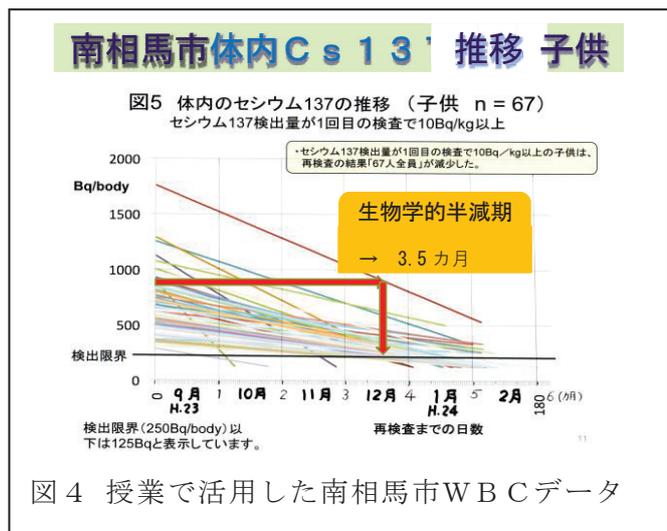
なお, 「思考の練り上げ」のステップは, 今後震災があったときに, 共に手を取り合い, 震災に立ち向かおうとするリスクコミュニケーションの基本パターンとなる。つまり, 震災が発生した際には, ただじっと支援を待つのではなく, まず, 隣の家の人と話し合い, 次に, 近所数件が集まって話し合う。そして最後は, 隣組など行政班単位で話し合っ避難や防災方法を考えていく必要がある。

今回の東日本大震災のような大災害では, 国および行政から支援物質が届くのは早くても3日間以上かかることもある。それまで, 自分たちの力でコミュニケーションしながら, 目の前の災害に対して立ち向かい対応していかなければならない。

【実践4】 養護教諭とTeam-Teaching授業を展開して, 放射線による人体の影響と防護について理解を深めた授業

(1) 南相馬市ホールボディカウンターデータの考察

福島第一原発事故が起きた年に, 福島県内で早くからホールボディカウンターで内部被ばく検査が行われた。今回南相馬市のデータを使って, 体内に蓄積された放射能の生物学的半減期を求めた。右図のグラフから約3.5カ月であり, 放射性セシウム137の物理的半減期30年よりきわめて小さい。人体の排出機能の素晴らしさを再認識するとともに, 今後は外部被ばくとともに食物などによる内部被ばくに注意することが大切であることを確認した。



(2) 生活の中で内部被ばくから体を守る方法

生徒たちが放射線授業で最も学びたい内容は、放射線による人体への影響と防護法である。そこで、生徒の健康管理の啓発活動を行い、より専門的な研修を受けている養護教諭と Team Teaching 授業を行った。理科教諭から放射線による細胞のDNA損傷及び修復・細胞死また変異細胞・がん細胞の発生過程について説明した。次に養護教諭から変異細胞を除去するためには「免疫力」を高めることが最も大切であることを、掲示物を駆使して説明して頂いたので生徒達は真剣になって聞いていた。



写真3 免疫力の大切さを説明している様子

また、放射線から自分の体を防護する方法として「バランスの良い食事・十分な睡眠休養・適度な運動」がとても重要であることがわかり、生徒自身の日常生活を見直すきっかけとなった。

【実践5】 生徒の質問に答える放射線シンポジウムを開催して、放射線を探的に学ぼうとする態度を育てた実践

(1) 「放射線パネルディスカッション」の実施

10月下旬に、総合的な学習の時間を活用して、全校生「放射線パネルディスカッション」を開催した。昨年は大学の先生を招へいし、放射線についての講義を全校生で視聴した。しかし、放射線についての基礎的内容を中心に話をいただいたものの中学生にとっては難しかった。また日頃、放射線で不安に思っていることも質問できず、十分な成果が上げられなかった。



写真4 各学年代表生徒の質問の様子

そこで今年は、生徒の質問に対して専門家が応えるような対話式を進める全校生「放射線パネルディスカッション」を企画し、JAEA日本原子力研究開発機構福島環境安全センターの絶大な協力のもとで実現した。事前に、各学年2名選出して質問をとりまとめてJAEAに送り、当日は質問が多岐にわたるため、5名の専門家がPower Pointを駆使して、中学生にもわかるようにていねいに説明していただいた。また、フロアからも積極的に質問がなされ、1時間があっという間に過ぎた。その後、「放



写真5 生徒の質問に答えている専門家

「放射線パネルディスカッション」に対するアンケート調査を行うとともに、新たに出てきた質問に対しては、後日再びJAEAの専門家から紙面で応対していただいた。

(2) 後日専門家から生徒の質問に対してていねいに説明をしていただいた内容

- 大丈夫、大丈夫と言われている福島の食べ物は、本当に人体への影響はないのですか。
- なぜ、食品によって放射線物質の基準値が異なるのですか。
- 福島第一原発から汚染水が海へ流出すると、海の生物にどのような影響が出ますか。
- 福島県において、放射線による甲状腺がん発病の現状について教えてください。
- 放射能の半減期が長い放射線物質（Cs137）は、人体にどのような影響がありますか。
- 福島第一原子力発電所で貯蔵されている高濃度汚染水は、どのような方法で処理することが最適だと思いますか。また、福島第一原子力発電所の汚染水に対する東京電力および国の対策を教えてください。また、現段階でどの程度進んでいるのですか。

3.4 放射線授業を終えて－生徒の意識（情意面）のアンケート変容調査集計および感想

放射線授業について、情意面の変容調査を5段階総合評価で行ったところ、「放射線学習への意欲」は0.33、「放射線の実験意欲」は0.34と上昇し、観察・実験を含む放射線学習の有効性が読み取れる。しかし「放射線への恐怖感」は0.25と下降した。この理由として、放射線を知らない恐怖感よりも放射線を正しく理解しての恐怖感へ変容が見られた。今後、放射線による人体への影響について、甲状腺がんなども含め発達段階に応じた情報提供が求められる。

次に、授業について生徒たちの感想を紹介する。

- 放射線の遮へい実験を行ったので、放射線の性質（透過力）がとてもわかりやすくなった。
- 放射線計測器を借りて、実際に自分の家でも放射線量（空間線量率）を測ってみたい。
- 養護の先生の話聞いて、免疫力を高めるためにも、夜ふかしはやめようと思った。
- 規則正しい生活が放射線から身を守ることにつながる。もう少し早く寝たい。

- 家族に（授業で習った放射線のことを）話したら、「知らないことがたくさんあって、とても役に立った」と喜んでいました。ちゃんと自分の体を守っていきたいです。

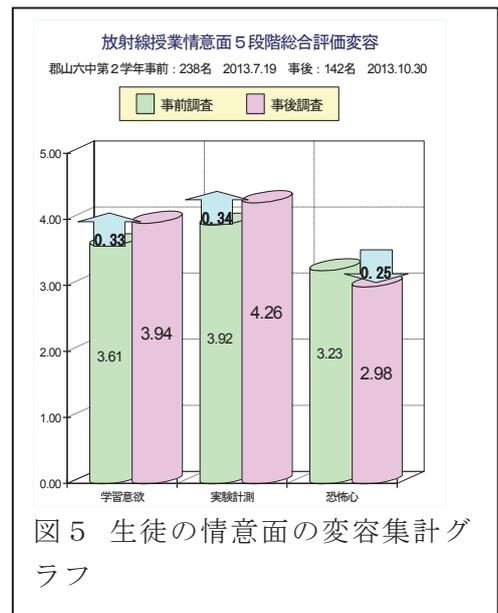
3.5 「放射線教育3年目」研究実践の成果

実践1 「中学校理科放射線教育指導計画」を作成した成果 →末尾ページ【資料2】に掲載

中学校理科では、3年間を見通して各学年がどのような内容で放射線教育を進めていけばよいのか。さらに、文部科学省発行放射線副読本や福島県教育委員会発行放射線教育指導資料等、どのような教材を併用すればよいか体系化され、全体像が明確となった。

実践2 「理科環境レポート」を作成させた成果

生徒一人一人が、環境レポートに新聞紙等を貼り付け、時間をかけて分かりやすくまと



めようと努力している姿が数多く見受けられ、科学的な表現力の向上につながった。また、環境レポートから生徒の放射線への関心の度合いを把握することができ、授業に活かした。

実践3 「思考の練り上げ」、ならびにコース別遮へい実験を行った成果

思考の練り上げによって、自分なりの考えを持ち、他者に分かりやすく伝え合うことによって、互いの考えを生かし深めることができた。さらにコース別遮へい実験によって、探究意欲が高まり、金属板や水による透過力のちがいを明らかにすることができた。

実践4 養護教諭とのTT授業を行った成果

放射線による人体への影響と防護の内容について、養護教諭と共に Team-Teaching 授業を行うことにより、「免疫力」を高めるためにはバランスの良い食事や睡眠、適度な運動が必要であることを理解し、放射線から身を守る生活様式として認識させることができた。

実践5 生徒の質問に応える「放射線シンポジウム」を開催した成果

総合的な学習の時間を活用して、生徒にとっての悩みや生活に密着した質問に対して、5人の専門家からわかりやすく説明していただき、福島県内外の放射線被ばくを受けた実情に呼応し、深まりのある放射線学習を展開することができた。

※ ワークショップ事後研究会を基に、修正学習指導案を作成→次のページ【資料1】に掲載

4 あとがき - 私たち教師の使命

放射線研究授業の導入で、一人の生徒が夏休みに書いてきた環境レポートの内容を発表し、最後に次のように感想を述べた。『人の生活が豊かになるように作られたものが、今、人の生活を苦しめるというのは、やはりおかしいと思います。原発を作ることは悪いとは思いますが、作るときはリスクや安全性を考え、絶対安全だと言えるものだけを作ってほしいです。汚染水関連の記事を見ると、汚染水漏れの原因が後日になって書いてあります。確かに事故原因を探るのも大事ですが、それ以前に被害が拡大しないように、もっと早く対処すべきだと思います。（以下省略）』

今後、福島県を担う子ども達。放射能と否が応でもつき合わなければならない子ども達。そんな子ども達が大人になっても、放射線を正しく理解し、正しく怖がり、正しく原子力発電所の行く末を考えられるように、真剣になって今、小中高を見通した放射線授業を積み重ねていくことが、私たち教師に課せられた使命ではないだろうか。

【資料 1】 → 1 時間の放射線授業から **2 時間** の修正放射線授業への提案

修正学習指導案 「動物の体のつくりと働きー金属,水,土の遮へい実験及び放射線による人体への影響と防護」

段階	学習活動・内容	時間 (学習時間)	○指導上の留意点 ■評価 ●テーマへの手立て
1時間 課題 把握	1 学習課題を設定する。 (1)東北地方太平洋沖地震や福島第一原発事故の事実をふり返る。 (2)福島第一原発汚染水をテーマにした環境レポートの発表を聞く。 (3)校庭の表土の埋め立て写真などを見て、学習課題を設定する。 (4)福島第一原発の地上タンクの材質と厚さについて予想する。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">金属板や水、土による放射線の遮へい効果を確認め、放射線から自分の体を守る方法を考えよう。</div>	20分 ↓ 15分 (一斉)	○ 2011.3.11 に発生した東北地方太平洋沖地震および福島第一原子力発電所事故について Power Point でわかりやすく紹介することにより、東日本大震災をふり返る。 ○ 生徒が夏休みに調べた環境レポートの中から、福島第一原子力発電所汚染水流出をテーマに挙げたレポートを発表させることにより、放射能汚染についての関心を高める。 ○ 雨の日と晴れの日モニタリングポストのデータの変化から、水による遮へい効果を気付かせ、学習課題の1つとして挙げさせる。 ○ 汚染された校庭の表土が埋め立てられていることを知らせることによって、土壌による放射線の遮へいに関心を持たせ、課題を設定させる。
実験 ・ 考察	2 放射線の遮へい実験を行う。 (1)金属板(鉛・鉄・アルミニウム板)と水によるβ線orγ線の透過線量を測定する。 (2)水の厚さによるγ線の透過線量を測定する。 (3)線量の高い土壌の深さによるβ線orγ線の透過線量を測定する。 (4)実験結果から、遮へい効果の高い物質の順序をまとめる。 (5)ホワイトボードを黒板に貼り付け、実験結果と考察の発表を聞く (6)全員で実験データを確認し、遮へい効果についてまとめる。	20分 ↓ 35分 (実験班) 実験1-1 実験1-2 実験1-3 (個別) (ペア) (実験班) (一斉)	○ 放射線カウンターの取り扱いカードを準備することによって、能率的に遮へい実験ができるようにする。 ● Oneself→Pair→Group→All と自分の考えを練り上げることによって、科学的な根拠に基づいた考察を行わせる。 ○ 実験結果および考察した内容を OHC などと併用させながらわかりやすく説明させる。 ■ γ線が鉛・鉄・アルミニウム・水の順に透過し難くなることや、放射線量の高い土壌が表土より深くなるにつれて放射線量が小さくなることを確かめることができたか。(発表・実験報告書)
2時間目 考察	(7)Aコースの実験結果から鉛・鉄・アルミニウム・水の順に遮へい効果があることをまとめる。 (8)Bコースの実験結果から水による遮へい効果がほとんどないことをまとめる。 (9)Cコースのグラフから放射線量が半分になる土壌の深さを求める	25分 (個別) (ペア) (実験班) (一斉) ↓ (個別)	※ ワークショップ型授業分析では、さらに工夫する点として、「内容が盛りだくさん」や「思考の練り上げが不足気味」「テンポが速すぎてしまった」などの課題が指摘された。したがって、1時間から2時間に授業時間を増やし、生徒が実験で得た結果を十分に時間をかけて考察しながら思考の練り上げを行えば、科学的に探究する意欲や探究の能力・資質が育成される。
予想 ・ 考察	3 南相馬のホールボディカウンターの値の変化を読み取る。 (1)南相馬市民の内部被ばく検査「ホールボディカウンター(WBC)」のデータを読み取る。 (2)内部被ばく量が0に近いことから現在生活する中で何に気をつけなければならないか考える。	5分 (一斉)	○ 南相馬市における2013年9月からの内部被ばく量の棒グラフを見て、すべての子供の内部被ばく量が減少していることや、福島第一原発事故後現在は子どもの体内にほとんど放射線が残っていないことに気づかせる。 ○ 放射線から自分の体を守る方法として、現在、外部被ばくよりも内部被ばくに注意しなければならないことに気づかせる。
課題 解決	4 生活の中で内部被ばくから体を守る方法について考える。 (1)放射線による細胞の中のDNAの損傷について説明を聞く。 (2)健康な細胞による傷ついた細胞の修復作用について視聴する。 (3)傷ついた細胞から発がん性細胞がまれにできることを聞く。 (4)体には、放射線の影響や病気から守る方法があることに気づく。 (5)免疫力を高めるための食事の方法や生活習慣について考える。	20分 ↓ 15分 (一斉)	● デジタルコンテンツやテキストを活用することによって、生徒の発表内容を補足説明し、DNA修復や損傷などについて、初歩的な学習内容の理解を補足させる。 ○ 養護教諭から体の免疫力とバランスのとれた食事及び規則正しい生活習慣の大切さについて話を聞くことにより、効果的に日常生活で放射線から身を守る方法を理解させる。 ■ バランスのとれた食事や生活習慣によって内部被ばくから自分の体を守る方法を考えることができたか。(発表・ワークシート)
感想	5 次の内容をリクエストする。 (1)今日の授業をふり返り、感想および放射線について今後学習したい要望を記入する。	3分 ↓ 5分 (一斉)	○ 本時の授業に対する感想と放射線について、さらに詳しく学習したい内容を集計することによって、次の放射線の授業内容の選定に生かしていきたい。

【資料 2】 → 1年2時間・2年2時間・3年2時間 + 総合的な学習の時間各学年1時間

中学校理科における放射線教育の指導計画

中学校理科 1年・2年・3年		
年	学 習 課 題	基本的な学習内容 ・ 重要語句
第 1 学 年	(2)大地の成り立ちと変化 ア火山と地震 (イ)地震の伝わり方と地球内部の働き 1年 4大地の変化 第2章動き続ける大地 3地震と災害 地震による大地の変化 津波・地震災害 【東京書籍p.207】	
	放射線とは何だろう 【文科省中・高校生放射線副読本P.9】 放射線ってなあに? P.38~41 放射能と放射性物質とは 【文科省中・高校生放射線副読本P.9】 放射線ってなあに? P.42~43 放射線等に関する福島県指導資料P.52】	《VTR視聴》拡大する放射能汚染(NHKドキュメンタリー) 【調査生徒発表】放射線とは 日別放射線量変化 / 9河川の川底や堤防の放射線量変化 粒子放射線 - α線(He原子核)・β線(電子)・中性子等 電磁放射線 - γ線(原子核の外側)・X線 放射性物質 - 放射線を出す性質 / 放射能 - 放射性物質が放射線を出す能力 [Bq] 放射線量 - 人が受けた放射線影響の度合い[Sv] 【放射線実験】簡易霧箱で放射線を観察してみよう
第 2 学 年	自然放射線とは 外部被曝と内部被曝とは 【文科省中・高校生放射線副読本P.11】 放射線ってなあに? P.48~49 放射線等に関する福島県指導資料P.46 《科学史》レントゲン-X線発見 《科学史》ベクレル-放射線発見	【調査生徒発表】自然放射線・宇宙線 / 放射線の人体への影響 / 外部被曝と内部被曝 自然の放射線 - 宇宙からの宇宙線・地面からのα線β線γ線 建築物からのα線γ線・食物からのβ線 【放射線実験】距離と放射線量との関係を調べよう 放射線の透過力と遮へい - α線・β線・γ線・X線・中性子 放射線から身を守るための三原則 - 遮へい物・距離・時間 外部被曝と内部被曝 【データ分析①】校庭の放射線量の変化を考察しよう。
	(4)化学変化と原子・分子 ア物質の成り立ち (イ)原子・分子 2年 1化学変化と原子・分子 第1章物質の成り立ち 3物質をつくる原子 原子・周期表 【東京書籍p.14】 (3)動物の生活と生物の変遷 イ動物の体のつくりと働き (ア)生命を維持する働き 2年 2動物の生活と生物の変遷 第2章動物のからだのつくりとはたらき 【東京書籍p.87】	
第 3 学 年	原子とは何だろう 【文科省中・高校生放射線副読本P.9】 放射線ってなあに? P.36~37】	【調査生徒発表】原子の構造・原子核・電子 / 周期表 原子の構造 - 原子核・電子 / 原子核の構造 - 113種類・周期表 物理的半減期 / 除染作業の現状と効果 / 汚染水問題 【放射線実験】遮へい物による放射線の透過力
	放射線の人体への影響 【文科省中・高校生放射線副読本P.11】 放射線ってなあに? P.50~51 放射線等に関する福島県指導資料P.47 《科学史》リイ/シーベルト 《科学史》キリー夫妻-放射線研究	【調査生徒発表】放射線による人体への影響 / 放射線に対する人体の防護・遺伝子の修復 《VTR視聴》放射線による人体の影響と防護(日本原子力文化財団) 体内に蓄積される放射性物質 / グレイ(放射線量)とシーベルト(放射線量) (実効線量) 身体的影響と遺伝的影響 / 確定的影響と確率的影響 / 免疫力 体内の放射線 / 放射性物質の対外排出 / 生物学的半減期 / 遺伝子修復 【放射線実験】除染作業モデル実験で線量の減衰の様子を調べよう。 【データ分析②】郡山市内放射線量の変化を考察しよう。
第 3 学 年	(6)化学変化とイオン ア水溶液とイオン (イ)原子の成り立ちとイオン 3年 1化学変化とイオン 第1章水溶液とイオン 3イオンと原子の成り立ち 原子核・陽子・電子・中性子【東京書籍p.9】 (7)科学技術と人間 アエネルギー (イ)エネルギー資源 3年 5科学技術と人間 第1章いろいろなエネルギー 3エネルギー資源の利用・放射線の利用 【東京書籍p.204】	
	原子から出る放射線 【文科省中・高校生放射線副読本P.9】 放射線に関する福島県指導資料P.40 放射線の活用とリスク 【文科省中・高校生放射線副読本P.12】 放射線ってなあに? P.52~53 放射線等に関する福島県指導資料P.8~19 【理科ねっとわーく 原子力発電所のしくみ】	【調査生徒発表】放射線による人体への影響・リスク / 原子力発電所のしくみ・福島第一原発事故 原子核の構造 - 陽子・中性子 / 質量数=陽子の数+中性子の数 同位体 - 安定同位体・放射性同位体 (RI) / 放射線の遮蔽 α線の変例の例 / β線の変例の例 / 放射性同位体の半減期 / 線量限度 原子力発電の原理・しくみ・危険性 / 原発のリスク 放射線対策 / 福島第一原子力発電所事故と廃炉作業 放射線リスクコミュニケーション / 仮設住宅での生活 《VTR視聴》福島第一原発事故と廃炉作業(NHKドキュメンタリー) 【放射線実験】放射線を利用した実験を行ってみよう。
第 3 学 年	【活躍する放射線】 【文科省初級中学校放射線副読本P.7~8】 放射線ってなあに? P.54~58 放射線等に関する福島県指導資料P.49 《科学史》ジャコブ・ヘンリッヒ・シュタットムット 《科学史》湯川秀樹-中間子理論	【調査生徒発表】放射線の利用・社会貢献・放射線科学 放射線の利用 - 工業分野・医療分野・農業分野・その他の分野 野・これからの放射線の利用・非破壊検査・ 放射線がん治療・放射線による年代測定 【放射線実験】身のまわりの食品の放射線量を測ってみよう。 【データ分析③】福島県内放射線量の変化を考察しよう。

+ (「他教科」・「道徳」・「総合的な学習の時間」と効果的に連携)

中学校総合的な学習の時間 1年・2年・3年	
学 習 課 題	放射線の人体への影響 / 放射線防護策 / 原発汚染水問題

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (引
用
文
献)
(引
用
文
献)
(参
考
文
献)
(参
考
文
献)
(参
考
文
献)
(参
考
文
献)
(参
考
文
献) | 『中学生・高校生のための放射線副読本～放射線について考えよう～』文部科学省
『放射線ってなあに? Science Window』(独立行政法人科学技術振興機構)
『平成26年度 放射線等に関する指導資料 第4版』福島県教育委員会
『らでい 教材コンテンツ』放射線教育推進委員会
『理科ねっとわーく』(独立行政法人科学技術振興機構)
『改訂版 放射線のABC』(社)日本アインストープ協会 (丸善)
『いま知りたい からだと放射線』(一般財団法人日本原子力文化振興財団)
『放射線教育マンガ』(学校法人島津学園 京都医療科学大学) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

【資料】

ラザフォードの勘違い（トリチウムの発見をめぐる）

坂内 忠明

量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門
放射線医学総合研究所 放射線防護情報統合センター
〒263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川4-9-1
(2020年9月24日受理)

1. はじめに

本稿ではトリチウム発見の歴史を英国ケンブリッジ大学キャベンディッシュ研究所のラザフォード (Ernest Rutherford: 1871-1937) を中心に紹介する。ラザフォードは重水素 (^2H , D とも表記) の原子核同士の核反応で生成する2つの核種 (^3H , ^3He) のうち、トリチウム (^3H , T とも表記) は安定であり、 ^3He は放射性であると推測したため、大量の重水 (D_2O) を濃縮した試料からトリチウムを探したが見つからなかった。トリチウムが放射性であることが分かってから、しばらく経って米国のリビー (Willard Frank Libby) がラザフォードが調整した試料 (D_2O) には大量のトリチウムが含まれていたことを確かめるが、それまで研究所の誰もが調べなかったのはラザフォードを神格化していたためと、筆者は考える。

2. 重水素の核反応

トリチウムが発見されたのは1934年であるが、発見に至る研究で、トリチウムを生成する核反応のためには二つの実験条件を満たす必要であった。一つは重水素、もう一つは重水素を加速する装置である。重水素は1931年にアメリカのコロンビア大学準教授ユーリー (Harold Clayton Urey) が分光学的に発見した¹⁾。米国の国立標準局 (現在、国立標準技術研究所: NIST) に設立された低温物理研究所で、液体水素5Lを1mLに蒸留濃縮し、重水素の単離に成功した。

もう一つの加速装置であるが、1920年代の通説では、原子核にはそれを守る“壁” (ポテンシャル障壁) があって、入射粒子が400万V前後に相当するエネルギーを持っていなければ、原子核内に侵入して核変換を起こすことができないとされていた²⁾。しかし、1928年にガモフ (George Gamow) が、またガーネー (Ronald Wilfred Gurney) とコンドン (Edward Uhler Condon) のグループがそれぞれ独立に、より低エネルギーのアルファ粒子でもポテンシャル障壁を通り抜けて、原子核に接近し反応する可能性があることを示した (トンネル効果)³⁾。

英国のキャベンディッシュ研究所の Cockcroft (Sir John Douglas Cockcroft) は同じ論理が高速の陽子 (p) にも当てはまるに相違ないと考え、エネルギーが低ければ (粒子を加速する電圧が低ければ)、原子核内に侵入する確率は低くなるが、それでも、それなりの確率で原子核と反応する可能性があるのではないかと考えた。

Cockcroft とウォルトン (Ernest Walton) はタンデム加速器を完成させ、薄い金属リチウムの標的に約50万Vまで加速した陽子を当てることで2個のアルファ粒子 (α) に変わることを ($p + ^7\text{Li} \rightarrow \alpha + \alpha$) をラザフォードらに見せた²⁾。

キャベンディッシュ研究所のオリファント (Marcus Laurence Oliphant)、ハルテック (Paul Karl Maria Harteck) およびラザフォードのグループは、重陽子 (d) をタンデム加速器で加速し、標的の重水素に当

ることによって、速度の異なる高速の陽子と中性子を観測した。彼らは二種類の反応が起きると考え、そのうちの一つはトリチウムを生成する反応であると考えた⁴⁾。

その二つの反応は



である。この新しい同位体 ${}^3\text{He}$ の質量は3.0151と計算された（現在のトリチウムの質量は3.0160）⁵⁾。

しかし、 ${}^3\text{H}$ と ${}^3\text{He}$ を単離しておらず、これらの核種は短時間であれば安定しているように見えるが、永続的に安定であるかどうかは今後の課題とされた。

3. ラザフォードの考え

ラザフォードは、これらの2つの新しい同位体のうち、1つは放射性でなければならず、もう1つは安定でなければならないことに気づいていた。しかし彼は安定なのはトリチウムであり、不安定なのは ${}^3\text{He}$ であると推測した。これは、ある意味当然で、2つの核種について陽子と中性子の内訳を考えた場合、 ${}^3\text{H}$ （陽子1、中性子2）または ${}^3\text{He}$ （陽子2、中性子1）であり、陽子数が中性子数より多い核種で、安定核種は、現在でも ${}^3\text{He}$ しか見つかっていない。原子番号が大きくなればなるほど、安定核種の中性子数は陽子数より多くなるので、今後も見つかることはないであろう。

ラザフォードはトリチウムを探すために1936年の早い時期に、ノルウェーの企業Norsk Hydroの協力を得て大量の純粋な重水(D_2O 、同位体比99.99%)を電気分解した。濃縮した試料をフランシス・アストン(Francis William Aston)に質量分析を依頼したが、トリチウムはみつからなかった。彼は、この研究や他の研究者の研究を含めたいくつかの検討結果でも十分な量のトリチウムは得られていないことを1937年8月21日の*Nature*に報告した⁶⁾。

質量3の謎が解けないまま、ラザフォードの死は突然やってきた。1937年10月のある日、ラザフォードはいつも通り、庭仕事をしていた。木の枝を切り落としている最中に木から落ちて腹部を強打してしまった。最初は重大なことには見えず、マッサージ師を呼んでもんでもらった。しかし翌日はひどく具合が悪くなり、小さな病院に運ばれて外科医の手術を受けた。一時は良くなるかと思っただ、翌日、病状は急に悪化し、痛みの症状が出て6日目の10月19日に亡くなった⁷⁾。結局、ラザフォードはトリチウムが放射性であることを知らないままであった。

しかしこの時点でトリチウムが放射性であることはすでに示されていた。1936年にRad Labでマクミラン(E. McMillan)は、 ${}^9\text{Be}(\text{d}, \text{n}){}^{10}\text{B}$ 反応によって中性子を生成するために使用され、1年間照射されたBe-Alターゲットの放射能の減衰を追跡した。彼は、半減期が10年を超える放射性核種を見つけただが⁷⁾、彼はそれがトリチウムであるとは考えなかった。

1940年、トリチウムが放射性同位元素だとわかった後に、イリノイ大学のオニール(R. D. O'Neal)とゴールドハーバー(M. Goldhaber)は、10年を超える半減期は ${}^{10}\text{Be}$ のものであると推測した。彼らはマクミランと同様のターゲットからベリリウムに放射能を発見しなかったが、ターゲットの一部を酸に溶解することで放射性ガスを得た。彼らは、 ${}^9\text{Be}(\text{d}, {}^3\text{H}){}^8\text{Be}$ の生成物を扱っていると想定していた⁸⁾。しかし実際は ${}^{10}\text{Be}$ の半減期は 1.51×10^6 年なので、当時はまだ測定できなかった。また、この反応で生成する ${}^8\text{Be}$ の半減期は非常に短く(6.7×10^{-17} 秒)、2つの α 粒子として跳び出すので、測定できるものではなかった。

4. トリチウムが放射性であること発見

結局、トリチウムが放射性核種であることが最初に報告されたのは、1939 年になってからである。報告したのはカリフォルニア大学のアルヴァレ (Luis Walter Alvarez) と大学院生のコールノグ (Robert Alden Comog) らであった⁹⁾。

トリチウムの安定性に疑問をもった 2 人は加速器の周波数を質量 3 に同期するようにセットして、³He と ⁴He の混合ガスから、³He を単離した。それとともに、大気と天然ガス井戸の両方から採取した天然ヘリウムガスのサンプルからも ³He が検出されることを示して、³He が安定核種であることを確認した。

³He が安定核種であれば、必然的に ³H は放射性核種となるわけで、そのあとの報告では¹⁰⁾、重水に重陽子を当てて、電気分解して酸素の方には放射性核種がないことを確認し、放射線はトリチウムから出ていることを証明した。ガイガーカウンターで測定したトリチウムの収量は、D-D 反応で生成する中性子の数にほぼ等しいことも確認した。半減期は 3 つのサンプルで 80 日間ほど測定したものの、最良の値で 150 ± 40 日であった (翌年、半減期は 10 年以上と修正されている。現在のトリチウムの半減期は 12.32 年⁹⁾)。ベータ線の平均エネルギーは、約 10 keV と計算された (現在の核データではベータ線の最大エネルギーは 18.591 ± 0.001 keV¹¹⁾、平均エネルギーは 5.7 keV とされている¹²⁾)。

トリチウムが自然界にもある以上、ラザフォードが調製した試料にもトリチウムが含まれていたはずである。そこで、第二次世界大戦終了後、リビーはかつてラザフォードがトリチウムの検出に失敗した重水の濃縮試料に、トリチウムが含まれているかどうか調べてみることにした。そのサンプルは、質量分析計でしか調べられておらずガイガーカウンターでは調べられていなかった。ガイガーカウンターで調べると、最初は検出器が飽和してしまい反応せず、かなり希釈することでようやく測定できたという¹³⁾。

しかし、なぜリビーが調べるまで誰もラザフォードのサンプルの放射能を調べなかったのだろうか? のちにリビーが指摘しているように、調べてもわからなかった可能性もあるが¹⁴⁾、筆者は、調べたくなかったのではないかと憶測する。

5. おわりに

ラザフォードは 1908 年に「元素の壊変及び放射性物質の研究で」ノーベル化学賞を授与されており、業績からいっても、神格化されていたと思われる。普通なら、いくら時間もお金もかかったとはいえ、使う予定もない試料なら廃棄されるのに、彼の死後 10 年近く経っていたにもかかわらず、彼が調製したサンプルが保存されていたのは、そのためではないだろうか。神格化した人のミスを認めたがる人がいるとは思にくい。ラザフォードを知るエドワード・アンドレード (Edward Neville da Costa Andrade FRS) によるラザフォードの伝記²⁾にはトリチウムの発見は記されているが、詳しい記述がない。

参考文献

- 1) Urey, H. C., Brickwedde, F. G. and Murphy, G. M., A Hydrogen Isotope of Mass 2, *Physical Review*. **39** (1): 164–165 (1932)
- 2) エドワード・N.C. アンドレード (訳: 三輪光雄)、ラザフォード: 20 世紀の錬金術師 (現代の科学 6)、276p、河出書房 (東京) (1967)
- 3) Gamow, G., *The Quantum Theory of Nuclear Disintegration*, *Nature* **122**, 805–806 (1928)
- 4) Oliphant, M. L., Harteck P., Rutherford, Transmutation Effects observed with Heavy Hydrogen, *Nature*, **133**, 41 (1934)

- 5) <https://www.ndc.jaea.go.jp/cgi-bin/nucltab14?01> 核データの表 (1-Hydrogen)、日本原子力研究開発機構
- 6) Lord Rutherford, The Search for the Isotopes of Hydrogen and Helium of Mass 3, *Nature*, **140**, 303–305 (1937)
- 7) McMillan, E., Artificial radioactivity of very long life, *Physical Review*, **49**, 875-876 (1936)
- 8) O'Neal, R. D. and Goldhaber, M., Radioactive hydrogen from the transmutation of beryllium by deuterons, *Physical Review*, **57**, 1086-1087 (1940)
- 9) Alvarez, L. W. and Cornog, R., Helium and Hydrogen of Mass 3, *Physical Reviews* **56**, 613 (1939)
- 10) Alvarez, L. W. and Cornog, R., Radioactive Hydrogen. *Physical Review* **57**, 248 (1940)
- 11) <https://www.ndc.jaea.go.jp/cgi-bin/nuclinfo2014?1%2C3> 核データの表 (1-H-3)、日本原子力研究開発機構
- 12) Browne, E and Firestone R. B. ed., Shirley, V. S., Table of radioactive isotopes, Wiley, New York (1986)
- 13) Libby, W. F., History of tritium, Tritium (Moghissi, A. A. and Carter M. W.編, Messenger Graphics), 3-11 (1973)
- 14) https://www.cytivalifesciences.co.jp/newsletter/biodirect_mail/chem_story/77.html
 生化夜話 第6回：実験材料はビンテージワイン、Cytiva

コンフリクト・マネジメント

－ 認知の齟齬を対話により乗り越える －

吉澤幸夫

放射線教育フォーラム

はじめに

コンフリクト・マネジメントは放射線教育と何の関係もないと思うかも知れません。放射線教育フォーラムの主催している勉強会や公開市民講座において、演者が正しい科学知識を出来るだけ分かりやすく話そうと努めていても聴衆にうまく伝わっていないと感じることを度々経験してきました。このような演者と聴衆の間の溝を埋めるスキルがコンフリクト・マネジメントです。

私がコンフリクト・マネジメントを知ったのは慈恵医大附属柏病院の医療安全講習会においてです。医療安全講習会と名乗っていますが、実はリスクマネジメント講習会です。医療の分野では、核という言葉を含む Nuclear Magnetic Resonance (NMR) を magnetic resonance imaging (MRI) と呼ぶように、良い印象を与えるために一般とは違う用語を用いることがあります。NMR の原理を説明し、放射線被ばくがないと話しても「何か難しいことを言っている。検査など受けない」、これがコンフリクトです。リスクマネジメント講習会を医療安全講習会としてやっているのも、医療従事者に関心を持って参加してもらうためです。この講習会の名前自体すでにコンフリクト・マネジメントと言えます。

1. コンフリクトとは何か

コンフリクト (conflict) とは紛争、衝突、対立そして葛藤等の言葉で表せる「2つの物事がぶつかり合う状態」を指します。大変幅広い意味合いを持つ言葉で、それに対する対応も様々なものになります。今回の話の主題となる教育や医療の場で起こるコンフリクトを私は「認識の齟齬」と呼んでいます。しかし、却って難解かも知れませんが、以下ではコンフリクトを使います。これは教育コンフリクトや医療コンフリクトを意味すると理解してください。

医療の場において、患者と医療従事者の間でコンフリクトが間々生じます。治療について納得できないとか、看護師の態度が悪いとか様々な苦情が寄せられますが、医療コンフリクト・マネジメントの専門家が患者と医療従事者の仲介役となります。良い医療を受けたい患者と良い医療を提供したい医療従事者の間でなぜ対立が起こるのか、双方の話を聞くことにより言葉や態度に表しきれない真意を引き出して行きます。

さて、教育の場におけるコンフリクト、ある事象に対する認知が相容れない形で存在しているとは、どのような状態でしょうか。一例としては教師と学生が、同じ物を見ているも見えている物が違うと言う状況です。コンフリクトは、気づかれずに潜在化している場合が多々ありますが、そのような時は、第三者が外から見てみるとコンフリクトが見えて

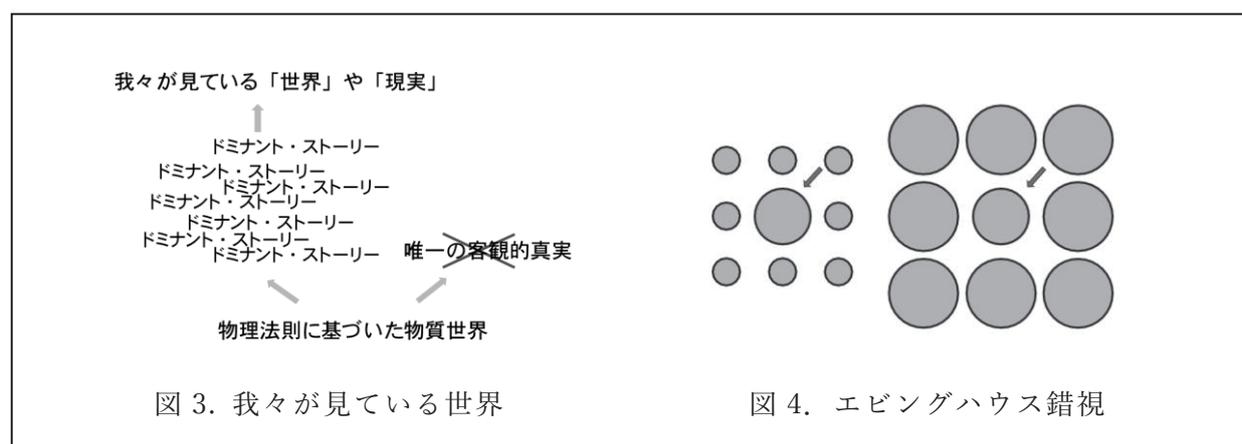
来ます。病院では医療メディエーターが中立・公正な立場で対立する患者と医療従事者の対話を促しますが、教育の場では教師が当事者とメディエーターを兼ねることになります。類型的な説明になってしまいますが、図1に教師から見た教室を、図2に学生から見た教室を示しました。教師にとって教室にいる全員は一緒に学び成長する仲間です。しかし、学生からすれば、良い成績を取らないと進学や就職で不利になるし、単位を落とせば進級・卒業が出来ません。教師は教わった通りに試験に解答し課題を提出しなければ点数をくれない面倒な人です。良い進学・就職先を得ることを考えれば、同級生は競争相手となります。



2. コンフリクトの原因

医学部の学生の間には、国家試験には選択したら不合格となる選択肢が含まれる問題があるという都市伝説があります。私も講義後にそんな選択肢を入れた練習問題を出した事があります。絶対に選ぶわけがないと思っていたら、一人その選択肢を選んだ学生がいました。「なんでこれを選んだの？患者さん死んじゃうでしょ」と尋ねたら、「昔、おばあちゃんがそう言っていた」という返事が返ってきました。教師である私が話したことより、子供の時におばあちゃんが教えてくれたことの方が記憶に強く残っていたのでしよう。

人間関係（社会的な相互交渉）が現実を作るという考え方を社会構成主義と言います。ヒトは物理法則に基づいた物質世界を直接観察することは不可能であり、我々が見ている「世界」や「現実」は人々の頭の中で作り上げられたものであるとするものです。人が「世界」や「現実」を頭の中で構成する時には、生まれや育ちに依存する自明の事実、ドミナント・ストーリーが介在します（図3）。ドミナント・ストーリーは、人種・性別・階級・宗教・教育等により一定の傾向を有しつつも、個人個人に特有のものであり、また同一人であっても矛盾するドミナント・ストーリーを持つことがあります。このため、「唯一の客観的真実」というものは存在し得ないことがコンフリクトの原因です。



エビングハウス錯視という現象があります。同じ大きさの円を大きな円で囲むと小さく見え、小さな円で囲むと大きく見える現象です（図4）。近年、Dohertyらにより、この錯視は7歳未満の子供には生じないことが報告されました。つまり、6歳までに自ら体験したことや教わったことをドミナント・ストーリーとして身につけた結果として錯視を起こすのです。子供が両方同じ大きさだと言っても、大人は「小さな円で囲まれた方が大きいに決まっている」と子供の言うことを否定する事になります。

3. コンフリクトへの対処

日本では、コンフリクトはビジネス用語として広まったため、交渉により Win-Win の関係に持ち込むのが最良の方法とされています。しかし、医療や教育におけるコンフリクト・マネジメントは解消や解決を目的としないのが特徴です。相手の話を無心に聞き、共感し、より深く理解しようと質問したり自分の考えを伝えたりする。この様な対話を通すことにより、相手に新たなストーリーの構成を促すことをナラティブ・アプローチと呼びます。

本稿を読んでコンフリクト・マネジメントに興味を持たれた方は、和田仁孝さんと中西淑美さんの著書「医療コンフリクト・マネジメント –メディエーションの理論と技法–」を手にとってみてください。参考になると思います。

参考文献

1. 医療コンフリクト・マネジメント –メディエーションの理論と技法–、和田 仁孝、中西 淑美、有限会社シーニュ
2. The Ebbinghaus illusion deceives adults but not young children, Martin J. Doherty, Nicola M. Campbell, Hiromi Tsuji and William A. Phillips, *Developmental Science* 13:5 (2010), 714–721.

【惜別】

長谷川圀彦先生と放射線教育国際シンポジウム

工藤 博司

放射線教育フォーラム副理事長、東北大学名誉教授

当フォーラム理事長・長谷川圀彦先生が本年1月15日に86歳で亡くなりました。昨年春の精密検査で膵臓がんが見つかり、ご自宅で療養中でしたが、亡くなる直前まで電話で当フォーラムの運営にご指示をいただいていた。本年6月にオンラインで開催される第6回放射線教育国際シンポジウム(6th International Symposium on Radiation Education: ISRE2021)のことも、台湾側の窓口である黄郁慈先生とZoomを使って打ち合わせをされていました。突然の訃報を耳にした台湾の関係者も大変悲しんでおられました。

この国際シンポジウムの成功を最も切望していたのは長谷川先生ご自身でした。前回のシンポジウムは2016年12月に郡山市(福島県)で開催されましたが、長谷川先生は主催者代表として次回はぜひ台湾で開催するよう親交の深い黄金旺先生(中原大学名誉教授)に強力に働きかけたのでした。本来なら、昨年6月に台湾・高雄市で開催される予定でしたが、新型コロナウイルスのパンデミックのため延期せざるを得なくなり、改めて台北の中原大学と国家衛生研究院が共同で開催することになったのでした。そのような経緯があって、黄金旺先生のご息女である黄郁慈先生(中原大学准教授)と頻りに連絡を取り、現地の実行委員会に助言をされていたのでした。

この国際シンポジウムは当フォーラムが中心になって第1回(ISRE1998)を神奈川県葉山町で、第2回(ISRE2002)をハンガリーのデブレツェン市で、第3回(ISRE2004)を長崎市で、第4回(ISRE2008)を台湾の新竹市で開催してきましたが、当フォーラムの創設(1994年4月)以来総務幹事や理事として運営に関携わってこられた長谷川先生は国際シンポジウムの開催にも多大な貢献をされました。

理事長として直接指揮を取られたのが、郡山市で開催された前回のISRE2016でした。2011年の東京電力福島第一原子力発電所の事故の後、資金難もあり開催が予定通りに実現しなかった中で、長谷川先生は資金集めに尽力され、最終的には成功裡に国際シンポジウムを終え台湾開催へと引き継がれました。台湾から8名、タイから9名の参加者の旅費と滞在費を用意することに成功したことは特筆しなければなりません。長谷川先生の考えは、シンポジウムと併行して「放射線教育研修会」を開催し、両国から中堅の教員を招待するという案でした。科学技術振興機構に申請した研修会の企画が見事に採択されたことにより、運営資金も整いISRE2016の開催に漕ぎ着けたのでした。開催は無理だろうと思っていた理事も少なくなかった中で、長谷川先生の太っ腹で前向きな姿勢と実行力に感銘を受けました。

長谷川先生は放射線化学がご専門で、静岡大学を卒業後、同大学理学部(放射科学研究施設)助手、助教授、教授としてコバルト-60を使った研究をされ、多くの優秀な人材を世に送り出されました。その間、文部省在外研究員として米国パーデュー大学(Perdue University)に滞在されました。



長谷川圀彦先生(1934-2021)

1997年に退官され、その後は静岡大学名誉教授として活躍されました。

当フォーラムでは創設当時(1994年4月)から総務幹事や理事として長い間運営に携わってこられました。中でも2000年11月にNPO法人の認証を得る際には、その実現に尽力されました。2014年7月に松浦辰男理事長の跡を継いで代表(理事長)に就任され、その年に創設20周年を迎えた当フォーラムの記念事業を積極的に展開されました。



研修会終了式で台湾およびタイからの研修生と記念写真におさまる長谷川先生(中段中央、右手側に黄金旺先生)＝郡山商工会議所会館、2016年12月20日

松浦先生とは立教大学原子炉の共同利用を通して古くから親交があり、運営の息もピッタリでした。当フォーラムが主管して2001年から2009年わたって全国10地区で開催した「エネルギー・環境・放射線セミナー」(文部科学省主催)で各地に出張されたお二人はよくカラオケバーなどで交歓されていました。そのセミナーを2009年9月に筆者が世話人となって仙台で開催した際には、終了後に松浦先生と連れ立って秋保温泉に行かれ1泊されたことを後で知りました。長谷川先生は大の温泉好きで、筆者も何度かお供しました。

筆者が長谷川先生に初めてお会いしたのは1965年のことでした。東北大学の塩川研究室で放射化学の研究を始めたばかり頃です。文部省の内地研究員として静岡から仙台に来られ、同じ居室で机を並べました。研究内容は違っていました。頼りになる“兄貴”には多くのことを教えていただきました。学問以上に印象に残ったのはスポーツ万能ということでした。研究室対抗の野球大会では豪速球ピッチャー長谷川を擁する放射化学チームは連戦連勝でした。立派な体格の長谷川先生は元々ラグビーの選手で、静岡県代表として国体にも何度か出場されました。一昨年9月、上野の事務所で開かれた理事会で運営日程を相談していた時、「その日は都合が・・・」と呟いておられたことがありました。他の理事たちは気づかなかったようですが、筆者はすぐわかりました。ラグビーW杯の日本代表の一戦が組まれている日で、テレビ観戦と重なることを気にされているようでした。

長谷川先生とビールを酌み交わす機会は数え切れないほどありました。仙台で、静岡で、上野で。当フォーラムの理事会や運営会議の後でも、先生は毎回「帰りの新幹線は何時・・・」と声を掛けてくださり、短い時間ですが上野駅のアトレでジョッキを傾けました。そのような時、先生はよく「何か薬を飲んでいますか」と訊いてきました。「降圧剤に、中性脂肪を減らす薬に、膝の痛み止めに・・・」と答えると、「私は何も飲んでいなよ。嫌いだから」と先生。「80歳半ばでどこも悪いところはないのですか」と伺うと、「ハハハ・・・」と自慢げに笑っておられたのですが、もうそのような会話もできなくなってしまいました。先生が検査入院から自宅に戻られた時、「入院しないのですか」と電話で申し上げると、「病院に1週間いたが、もうたくさんだ。空気も、食事もまずいし・・・」とのお話でした。療養中もお元気そうでしたので、早い回復を願っていたのですが、今となっては心からご冥福を祈るばかりです。

長い間のご指導有難うございました。ISER2021の成功をお見守りいただき、どうぞ安らかにお休み下さい。

【惜別】

ラドンを測って半世紀 堀内公子さんを偲んで

吉澤 幸夫
放射線教育フォーラム

[要約]堀内公子さんの昭和51年における都立大学理学部化学科での日常と研究を紹介し、ラドンとその測定法について解説します。

1. はじめに

昨年暮れに亡くなった堀内公子さんはラドン測定の第一人者でした。液体シンチレーションカウンター(LSC)を用いて主に温泉水中のラドンを研究していました。ラドンにはラドン温泉から来る良いイメージがありますが、実はタバコに次いで肺がんの2番目の原因とされています¹⁾。屋内ラドン濃度をLSCにより測定するオープンバイアル法の開発も堀内さんの業績の一つです²⁾。

本稿では、私が大学4年生であった昭和51年(西暦1976年)における都立大学理学部化学科での堀内さんの日常と研究を紹介します。LSCを使ったラドンの測定法を専門家でない人にも理解していただけると望外の喜びです。

ここに登場する人たちは、先生と敬称を付けなければならない人ばかりですが、私たち学生は陰では教員を「さん」付けで呼んでいました。堀内さんに至っては本人に対しても「堀内さん」と呼んでいたのも、全て「さん」付けとさせていただきます。

2. 核・放射化学研究室の放射線測定器

堀内さんは学生には一般教養の化学実験を受け持つ「一般化学教室」の教員と認識されていました。しかし、卒業研究を希望して教室を訪問した私に教授の村上悠紀夫さんは「一般化学ではなく、核・放射化学研究室だよ」と訂正しました。居室と学生実験室は目黒校舎にありましたが、深沢校舎にある測定室は狭いながらもLSCとGe(Li)半導体検出器があり、なるほど核・放射化学研究室だと納得させられました。

LSCはパックカード(現パーキンエルマー)のTri-carb3320という製品が入ったばかりでした。LSCは光電子増倍管により光を増幅して、電氣的パルスに変換する機械です。放射線のエネルギーを光に変える性質を持つ物質をシンチレータと言い、有機シンチレータをトルエン等の有機溶媒に溶かしたものを液体シンチレータと言います。透光性のバイアルの中で液体シンチレータと試料を均一に混合して、LSCに入れると放射能を測定することができます。

私には卒研として、湧水中のトリチウムをインスタゲルという乳化シンチレータを使って定量するというテーマが与えられました。乳化シンチレータとはTriton X-100のような液体界面活性剤を含有する液体シンチレータで、シンチレータと等量の水試料を効率よく測定することができます。しかし、湧水中のトリチウムは地下に入ってから12年の半減期に従って減衰していくので、計数が非常に低くなります。そこで、水を電気分解するとトリチウム水は分解しにくい事を利用して、電解濃縮を行います。低温で行うと効率が良いのでアイスショーケースに水を張り、その中に装置を浸して半年ほど時間をかけて濃縮しました。濃縮装置が一式揃っているのに、濃縮した試料水を精製する蒸留装置がないのが不思議でした。これは、堀内さんを含め何人かの研究者が途中でやめてしまった実験だったそうです。蒸留装置を組み立てるガラス器具を買って欲しいと堀内さんに頼むと、「学

生さんのための予算は取ってあるから、どんどん使って」とうれしそうだったのを思い出します。

Tri-carb には今のようにマルチチャンネルアナライザが付いておらず、私は3つあるチャンネルのうち、トリチウムチャンネルで測定していました。堀内さんは試料水に含まれるラドンをトルエンで抽出し、そこへ蛍光体であるPPO (DPOとも言います)とPOPOPを加えて測定していました。堀内さんがLSCのゲインとウインドウを「適当でいいのよ」と設定しているのが不思議でしたが、どうやら後述する積分計数法の開発途中であったようです。また、なんでPOPとPOPOPが後入れなのかも謎でしたが、後年には先入れに変わっていました。

Ge(Li)半導体検出器はマルチチャンネルアナライザと組み合わせて、 γ 線スペクトルを測る装置です。村上研では、サイクロトロンで核反応させて生じた核種を同定・定量するためと放射化分析のために使われていました。ある日、大学院生の矢野倉 実さんが「人形峠の石が手に入った」と言って、村上さんが留守の教授室で金槌を使って粉末にして、深沢校舎に持って行きました。しばらくすると慌てて帰ってきて「デッドタイムが出て測定できないくらい凄い放射能だった」と青い顔をして掃除を始めました。この他、抄読会で海水からウランをイオン交換樹脂で回収する論文を読んだりしたこともあって、私はウラン鉱探査を目的としてラドンを測定していると思っていました。しかし、後になって発表された論文を読むと、すでに堀内さんと村上さんは肺がんの原因としてのラドンに注目していたようです。

3. ラドンを測定する事になったなりゆき

堀内さんについて今でも印象に残っている事が二つあります。

一つは立教大学の研究用原子炉で放射化分析を行った時の事です。放射化分析は、原子炉でウランが核分裂して生じる中性子と分析試料を反応させることにより行います。中性子を取り込んだ原子核は中性子過剰となり、放射性壊変を起こします。その結果出てくる γ 線を測定して核種を同定します。同時に標準試料を放射化し、測定することにより定量ができます。実験が終わり、放射線管理区域から出てきた私たち学生が見たのは、煎餅をかじりながら電卓でデータ解析する堀内さんでした。原子炉と煎餅という組み合わせのミスマッチが強く印象に残っています。

この年から関数電卓が10万円台で買えるようになり、計算尺や対数表から解放されました。先輩たちが関数電卓なしで加重平均や標準偏差を計算していたとは信じられない思いです。新しい道具と言えば、助教授の中原弘道さんがアメリカから帰国するときにピペットマンを持って帰ってくれました。20 μ l から200 μ l を正確に量り取れ、やはりこれなしの実験は考えられません。関数電卓とピペットマンという援軍を得る事が出来て、とても良い時期に研究を進めることができたのです。

もう一つの印象に残っている事は、堀内さんが12月30日に年賀状を中央郵便局から出すと言って東京駅に向かったことです。なんでも30日の午前中に中央郵便局に持って行けば元旦に届くのだそうです。本当かな、もっと早く年賀状を書けば良いのにと思いました。なぜ堀内さんがそんな慌ただしい生活をおくっていたかという、村上研に日本温泉科学会の事務局が置かれていたからです。一人で三人分の仕事をしていたのではないのでしょうか。堀内さんは、事務局の仕事を始めると同時にラドン測定法を研究テーマとしました。ラドンが有機溶媒に良く溶けるので、トルエンにラドンを溶解させ、LSC で測定するという方法は昭和39年頃に村上さんが考案したそうです³⁾。昭和51年は堀内さんが測定法を検討し始めて3年経って、ほぼ完成した頃でした。

4. 温泉のラドン濃度測定

ラドンには質量の異なる同位体が2つあり、どちらも放射性です。 ^{222}Rn と ^{220}Rn で、通常ラドンと言うと前者を指し、後者はトロンと呼ばれています。発見されたのはトロンの方が早く、トリウム放射

線を測定していた研究者が扉を開けると計数が減る事に気づき、放射性ガスの存在が明らかになりました。その後、ラジウムからラドンが発見されました。つまり、トロンはトリウム系列の、ラドンはウラン系列の壊変生成物です。正確を期すとアクチニウム系列の ^{219}Rn も存在しますが、半減期が4秒と短いのでアクチノンという名前が話題に上がることはほとんどありません。ちなみにトロンの半減期は55秒、ラドンは3.8日です。

堀内さんは試料採取を都内から日帰りで行ける山梨県の増富温泉で行っていました。カーキ色の大きなリックサックに1Lのポリタンクを詰めて、新宿から特急で蕪崎駅に行き、そこから増富温泉郷まではバスです。幸いなことにハイキングコースがあるので、怪しい人ではなく登山客と見られていたと思います。増富でラドン濃度が一番高いのは不老閣の岩風呂とされていました。湧出口から直接採取するために、野外にある湯船から水をどんどん汲み出して空にしました。鉱泉なのでお湯ではなく水なのです。ロートをつけたチューブを使って、サイホン方式でポリタンクに1Lの目盛りまで試料水を採取しました。そこにトルエンを25ml加えて、激しく振盪します。トルエンを駒込ピペットでバイアルに移して、そこに予め計量して薬包紙に包んであったPOPとPOPOPを加えて、測定試料のできあがりです。この時、試料水の温度とpHを測っておきます。特に温度はラドンの水とトルエン間の分配係数を知るために必要です。半減期の補正のために時刻も記録します。その後改良された方法は鉱泉分析法指針に記載されています⁴⁾。トルエン抽出した試料の他に、試料水もポリタンクに入れて持ち帰っていました。

私が初めて増富に行った時は都立大に戻らずに、山梨大学のLSCを使わせてもらいました。そうすると時間が経つにつれて計数率(cpm)がどんどん増えて行きました。これは、ラドンの子孫核種の半減期がラドンの半減期に比べて短いので起こる放射平衡という現象です。ラドンとその子孫核種 ^{218}Po 、 ^{214}Pb 、 ^{214}Bi 、 ^{214}Po から放出された α 線と β 線の計5本が測定されます。半減期22年の ^{210}Pb は計数に関与しません(図1)。

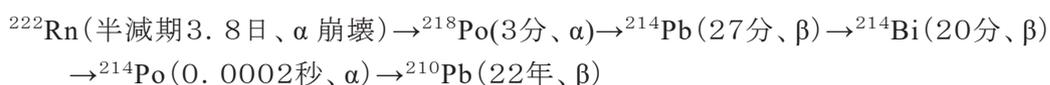


図1. ウラン系列のうちラドン測定に関係する核種

計算上は3時間10分で放射平衡になると分かっていましたが、実際に計数率が増えていくのを見ると感動しました。トルエン抽出後4時間経ってから測定すると測定感度が5倍になるのです。

5. 積分計数法

LSCによる放射線測定では、線スペクトルをもつ α 線はクエンチング(消光)現象により計数効率が低下しないが、連続スペクトルをもつ β 線はクエンチングが起こると計数効率が低下します。主なクエンチングの原因として、試料中の化学物質が放射線のエネルギーを吸収する事と着色物質が放出された光子を吸収する事があげられます。積分計数法は、放射平衡となったラドン試料の 3α 線+ 2β 線を計数効率100%で測定する方法です。村上研で学位を取り、共立薬科大学(現慶應義塾大学薬学部)の助教授であった本間義夫さんが考案しました⁵⁾。Tri-Carbの3つあるチャンネルのゲインを90%にして、ウインドウの下限を100、200、300に上限を無限大に設定します。得られた計数率をy軸に、ウインドウ下限をx軸にプロットしてグラフを描き、 $x=0$ に外挿すると壊変率(dpm)が求められます⁶⁾。3点プロットで外挿とはずいぶんと大胆に思えます。これには予兆がありました。村上さんがGe(Li)半導体検出器からマルチチャンネルアナライザを外してTri-Carbに接続して

ごらんと言ったのです。私は β 線のスペクトルを感心して見ていただけでしたが、堀内さんたちはデータをもち帰って解析したに違いありません。1024チャンネルの計数を解析した結果の積分計数法なのです。

積分計数法の効果を調べるために堀内さんが測定試料にクレンザーを加えているのを見て、色クエンチャーとか化学クエンチャーとか機序別に調べた方が良いのではないかと聞いたところ、「大丈夫、これで良いの」と言っていました。確かにクレンザーにはいろいろ入っていきそうで万能クエンチャーかも知れません。しかし、論文になった時は色クエンチャーを用いて検討したとなっていました。

6. オープンバイアル法

液体シンチレーションに関する国際学会が4年に1度開かれています。パリで開催されたLSC2010で演題取り下げがありました。通常は演者が参加できなくなったという理由ですが、この時は「すでに日本の研究者が発表していた」という理由でした。オープンバイアル法にどんな改良が行われたのか楽しみにしていたのがっかりしました。

オープンバイアル法は大気中のラドン濃度を測るための方法です。村上研では当初CR39というプラスチックを使った α トラック法を検討していました。ラドンの α 線によりCR39に出来た傷を水酸化ナトリウムでエッチングして、生じた穴を顕微鏡で観察する方法です。現在のように画像解析装置もなく、結果を目で確認しながら条件設定を試みたのですが、困難を極めました。オープンバイアル法はこの失敗を踏まえて開発されました。トルエンシンチレータが入ったバイアルを放置し、分配により大気から溶け込んでくるラドンを測定します。これから先は昭和53年以降の話になりますので、本稿では割愛します。

参考文献

- 1) 放射線医学総合研究所「WHO 屋内ラドンハンドブッカー公衆衛生の観点から」、(2015)
- 2) 飲島南海夫、堀内公子、村上悠紀夫:温泉化学 32、42-51(1981)
- 3) 野口正安:RADIOISOTOPES 13、362-367(1964)
- 4) 環境省自然環境局「鉱泉分析法指針」(2014)
- 5) Y. Homma and Y. Murakami:Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 36、173-184(1977)
- 6) 堀内公子、村上悠紀夫:温泉化学 28、39-52(1977)

「放射線教育」の投稿規定

NPO 法人放射線教育フォーラム編集委員会

NPO 法人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原稿の投稿を募集している。

1. 投稿資格

本誌への投稿資格は原則として NPO 法人放射線教育フォーラム会員 (個人正会員、学生会員、団体正会員、賛助会員) とする。「放射線教育」の内容及び体裁に合えば、会員は誰でも投稿できるものとする。ただし、編集委員会が認めた場合にはその限りではない。

2. 掲載する論文について

内容としては、放射線教育、エネルギー・環境教育の進展に寄与すると思われるもので、長さ、新規性により研究報告、ノート、総説、解説、資料、意見、諸報に分かれる。詳細については別紙に定める。原則として未発表のものとするが編集委員会の判断によっては転載を認める。原稿の書き方は別に定める。

3. 原稿の審査

編集委員会は、論文の審査を複数の専門家に依頼する。その結果、内容・体裁に問題があると判断した場合にはその旨を著者に伝え、修正を求める。受理できないと判断した場合は、理由を明記して、報文を著者に返送する。

4. 論文の著作権

掲載された論文の著作権は放射線教育フォーラムに属するが、論文内容についての責任は著者にあるものとする

5. 原稿の送付

原稿は放射線教育フォーラム編集委員会に E-mail で、または CD あるいは DVD に記録し、下記に送付する。

(送付先) E-mail: forum@ref.or.jp

〒110-0015 東京都台東区東上野 6-7-2 萬栄ビル 202 号室
放射線教育フォーラム編集委員会

論文の分類

NPO 法人放射線教育フォーラム編集委員会

研究報告 (10 ページ以下)

結果と考察を含み、十分な意義があるもの

- a) 放射線教育、エネルギー・環境教育の進展に寄与と思われる、独創性のある研究論文。実験、調査、比較研究なども含む、
- b) 放射線教育、エネルギー・環境教育の進展に寄与と思われる教育実践の報告
- c) 新規に開発した教材・実験方法・器具の報告

ノート (1~2 ページ)

- a) 放射線の理論や現象に関する新規の解釈
- b) 新規性の高い教材・実験方法・器具の報告
- c) 新規な実験データ及び考察
- d) 新規に考案した指導法、授業展開法、評価法など
- e) 放射線教育、エネルギー・環境教育に関する授業実践、イベント実践の報告

総説 (10 ページ程度)

原則として編集委員会の依頼によるものとする。

各専門分野の研究について、その方面の進歩の状況、現状、将来への展望などを放射線教育若しくはエネルギー環境問題、放射線及び原子力問題に関連させてまとめたもの。

解説 (10 ページ程度)

放射線教育、エネルギー・環境、放射線及び原子力などに関する解説。

資料 (10 ページ程度)

実験ならびに調査の結果または統計などをまとめたもので放射線教育、エネルギー・環境教育に利用できるもの (含む科学史研究)

意見 (1~2 ページ)

放射線教育、エネルギー・環境教育、放射線に関する制度、教育制度などに関する種々の提案・意見など

諸報 (1~2 ページ)

- a) 会議報告 (放射線、エネルギー・環境教育に関連する会議に参加した報告で、教育的価値が高いもの)
- b) 訪問記 (放射線、エネルギー・環境教育に関連する施設に訪問若しくはイベントに参加した報告で、教育的価値が高いもの)
- c) ニュース (放射線、エネルギー・環境教育、理科教育に関連するニュースの紹介)
- d) 書評 (放射線教育、エネルギー・環境教育、理科教育に資する書籍の紹介)
- e) 製品紹介 (放射線教育、エネルギー・環境教育、理科教育に資する製品の紹介)
- f) サイト紹介 (放射線教育、エネルギー・環境教育に資するホームページの紹介)

「放射線教育」原稿の書き方

NPO 法人放射線教育フォーラム編集委員会

1. 使用言語

使用言語は日本語とする。

2. 使用ソフト及び保存ファイル

原稿はそのまま印刷できるように MS-Word (Microsoft) で作成する。他のソフトを利用した際は、doc ファイルで保存する。それができない場合は、文章を text ファイルで、図を JPEG 若しくは GIF で保存する。

3. 用紙

3.1 用紙の設定

用紙は A4 を用い、1 ページに 40 字 40 行、上下それぞれ 30 mm、左右それぞれ 25 mm 以上を空ける。意見、諸報は二段組にし、1 段に 17 字入れる。

3.2 枚数制限

研究報告、総説、資料は原則として 10 ページ以内にまとめる。ノート、意見、諸報は 2 ページ以内とする。別刷り作成に便利のように諸報以外は偶数ページの原稿となることが望ましい。

4. フォント

日本語のフォントは明朝体、英語は Times を用い、研究報告、総説、資料の場合、大きさは表題のみ 16 ポイント太字、その他は 10.5 ポイントとし、見出しは太字、本文は標準とする。意見、諸報は表題のみ 12 ポイント太字、その他は 10.5 ポイントとする。

5. 図表

図表のタイトルは太字とする。図は、図 1、図 2 と、表は表 1、表 2 と番号を振る。図表は上下左右のいずれかの欄に沿う状態で体裁を整える。図のタイトルは図の下に置き、表のタイトルは表の上に置く。表は縦線がない方が望ましい。

表 1 図表の書き方

	番号の振り方	タイトルの位置	Word に入らない時の 保存形式
表	表 1, 表 2.....	表の上	表を送付し、TEXT あるいは DOC
図	図 1, 図 2.....	図の下	JPEG あるいは、GIF

6. 表題, 要約及び見出し

研究報告, 総説, 資料の場合, 1 ページ目の第 1 行目に表題, 2 行目を空けて, 3 行目に氏名, 4 行目に所属, 5 行目に住所を書く。ここまでは各行の中央にそれぞれ記載する。6 行目, 7 行目を空けて, 8 行目から[要約] (50~200 字程度) をつける。所属が複数になる場合, 右肩にアルファベットを上付で付け, アルファベット毎に所属と住所をつける。本文の大見出し, 中見出し, 小見出しは point system とし, 1., 1.1, 1.1.1 等のように書く。意見, 諸報の場合は, 要約を書く必要がない。

7. 数値, 単位, 核種の表記

数値は, 桁数が多くなる場合はなるべく 10 の乗数を用いる。

例: 370000 Bq → 3.7×10^5 Bq

単位は SI 単位を使用する。古い文献を引用するため, SI 単位以外の単位を用いなければならないときは, その単位を使用した後に, SI 単位に換算した値を示す。

例: 検出された放射能は 1 nCi (=37 Bq) であった。

核種の質量数は ^{60}Co , ^{131}I のように元素記号左肩に上付きで表記する。

8. 引用文献

引用文献は番号に片かっこを付して本文の右肩につける。

引用文献は下の形式で原稿の最後の一括すること。ただし, 文献のタイトル記載については, 著者の判断に任せる。雑誌のタイトルは省略形を用いても構わない。

[雑誌] 著者名, タイトル, 雑誌名, 巻数, ページ (西暦発行年)

日本語の論文の場合, 著者は全員の名前を書くようにする。英語の論文の場合, 名前はファミリーネームとイニシャルを用いる。ページは最初のページと最後のページをハイフンで結ぶ。

例) 坂内忠明, 霧箱の歴史, 放射線教育, 4, 4-17 (2000)

Ban-nai, T., Muramatsu, Y. and Yoshida, S. Concentration of ^{137}Cs and ^{40}K in edible mushroom collected in Japan and radiation dose due to their consumption. Health physics, 72, 384-389 (1996)

[単行本] 著者名, タイトル, 編者名, 「書名」, ページ, 発行所, 発行地 (西暦発行年)
タイトルと編者名はある場合のみ。

例) 松浦辰男, 「放射性元素物語」, 154p, 研成社, 東京 (1992)

渡利一夫, 放射性セシウム, 青木芳朗, 渡利一夫編, 「人体内放射能の除去技術: 挙動と除染のメカニズム」, 7-10, 講談社, 東京 (1996)

9. その他の注意

- 1) 用語はなるべく各学会制定の用語を用い, 翻訳不能の学術語, 日本語化しない固有名詞に限り原語 (活字体) のまま用いる。数字はアラビア数字を用いること。
- 2) 文献でない備考, 注などは, *, **を右肩につけ, 説明を脚注とし, その原稿用紙の下部に書くこと。

【編集後記】

前号の編集後記でコロナ禍が世界中に広まりはじめたことを記した。「東京オリンピックの開催も危ぶまれて、云々」。東京オリンピックは、延期され、また、開催されるか否か、今も不透明な状態である。欧米などでは、未だ、ロックダウンが続いている都市もある。ワクチンの供給が始まったと言え、未だ、コロナ禍の終息は見えない。

昨4月に始まった新学期、大学の授業は、インターネットを使ったオンライン授業となった。慣れないオンライン教材の製作は、かなりの負担であった。小中高校も含めて、教員のみならず学生・生徒・児童も大いに戸惑ったことと思う。学会も、軒並み延期、あるいは、Web開催となった。Web開催は、移動の時間と経費が節約できるとは言え、リアルに会い、言葉を交わし、飲食をともにすることで育まれる交流・情報交換がないのは誠に残念であった。本フォーラムも関与する第6回放射線教育国際シンポジウム(6th International Symposium on Radiation Education; ISRE 2021、台湾)もオンライン開催となった(放射線教育フォーラム ニュースレターNo78参照)。

放射線教育フォーラムでは、年に3回、勉強会を開催している。今年度も6月に開催する予定であったが、緊急事態宣言が発出されたため中止となった。理事会や編集委員会もインターネットを使ったオンライン会議となった。理事会メンバーも、また、会員も少しずつオンライン会議やWeb開催学会などに慣れてきたこともあり、11月に初めて「オンライン勉強会」を開いた。慣れてきたとはいえ、オンラインセミナーの素人の集まりで運営せざるを得ない状況で、多少のトラブルもあり、視聴者にご迷惑をおかけした。おそらく接続できなかった方も見えるのではないだろうか。それでも、オンライン勉強会について好意的な感想も多く、また、普段は東京で開催するため参加できない遠方の方にもご参加いただき、ある意味で好評であった。2月もまた、オンライン勉強会となった。定員の100名を超える申込があった。11月より少しはましな運営ができたのではないかと思われた。今後、状況を見て判断する必要があるが、オンラインとリアルのハイブリッドでの開催も考えられる。それにしても、インターネット技術に習熟した若い方のお手伝いが欲しい。

今年度は、名誉会長の有馬朗人先生、理事長の長谷川圀彦先生、理事会メンバーの堀内公子先生、会員の工藤和彦先生の訃報に接することとなった。誠に残念である。ご冥福をお祈りする。

さて、本巻に載せた解説・資料が教育現場の教員ばかりでなく、放射線教育に関心を持つ人に少しでも資することができれば幸甚である。「放射線教育」、「ニュースレター」の充実には会員各位のご協力が不可欠である。会員各位の積極的な投稿を切に願う。

(緒方良至)

放射線教育 Vol. 24, No. 1 (2020)

発行日： 2021年3月31日

発行者： NPO 法人放射線教育フォーラム

URL: <http://www.ref.or.jp>

編集者： 緒方良至（委員長）、柴田誠一（副委員長）、大野新一、大森佐與子
工藤博司、畠山正恒、細渕安弘、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

NPO 法人放射線教育フォーラム

Tel: 03-3843-1070 FAX: 03-3843-1080

E-mail: forum@ref.or.jp

放射線教育フォーラム 2020 年度活動報告

	頁
1. NPO 法人放射線教育フォーラムの活動概要	1
2. NPO 法人放射線教育フォーラムの 2020・2021 年度名簿	2
3. 通常総会、理事会、勉強会等の開催記録	3
4. 放射線教育誌およびニュースレターの発行	4
5. 2020 年度中学理科教科書検討ワーキンググループ活動記録	6

1. NPO 法人放射線教育フォーラムの活動概要

NPO 法人放射線教育フォーラムは、放射線、放射能、原子力の専門家および学校教員の有志により構成されるボランティア組織である。1994 年 4 月に設立し、今年で 27 年目を迎えた。2000 年 11 月に NPO 法人の認証を受けた

2011 年に発生した東京電力第一発電所事故(3.11 事故)以前から、多くの人々が放射線や放射能に対して強い不安感・恐怖感を抱いており、そのことが原子力エネルギーに対するリスク認知に大きな影響を与えている。放射線の学習は高等学校だけでなく中学校の理科教育において指導されるようになったが、理科における他の学習分野に比べれば特殊な扱いをされているのが現状である。

当フォーラムは小・中・高等学校の教育において、放射線・放射能・原子力・エネルギー環境問題に関する適切な理解が啓発・推進されるように、学習指導要領などの教育政策について調査・提言を行い、授業実践に意欲のある教員の支援に重点を置いて、勉強会、国際シンポジウムなどを企画・開催している。また、情報発信および調査・研究のため、専門委員会の活動や放射線教育に関する定期刊行を発行するとともに、学校における放射線教育の政策に関わる調査・提言を行っている。

当フォーラムの会員数は、2020 年 12 月現在で個人正会員数 101、団体正会員数 25 である。3.11 事故後の団体及び個人会員の退会急増によって財務状況が悪化したことを受けて、経費削減に努める一方で、外部資金の獲得に励んできたが、安定した改善策を見出せていない。しかし、令和 2 年度末に始まった新型コロナウイルス感染拡大を防止するための自粛要請に対応して現在進めつつあるフォーラムの運営や活動のオンライン化は財務状況にプラスの効果を与えつつある。具体的には、接触機会低減のために採り入れつつあるオンラインによる理事会、勉強会等によって諸経費をかなり削減できる見通しとなった。

今年度のフォーラムの活動はコロナ感染拡大を受けて、前半は自粛を余儀なくされたが、後半はオンラインの活用によって、第 1 回勉強会を 11 月に、第 2 回勉強会を 2 月に開催した。その結果、予想以上の多数の参加が得られ、好評であった。

専門委員会活動については、「教育課程検討委員会」の活動が昨年度で終了したことを受けて、学習指導要領改訂に則して令和 3 年度から本格的に使用される中学校理科教科書の放射線等に関わる記述などを検討するワーキンググループの活動を開始した。

当フォーラムの運営については、コロナ禍に対応するオンライン会議を採用し、事務局メンバーも加わる拡大理事会を中心とする敏速で機動性に富む運営が可能となった。本年度は理事会を 8 回開催した。

定期印刷物の刊行については、当フォーラムの機関紙である「放射線教育」Vol. 24, No. 1 を発行し、今年度の活動報告を後付けとした。ニューズレターについては、コロナ禍の影響を受けて例年より発行回数を減らし、2 回(11 月、2 月)発行した。

以上の活動は当フォーラムのホームページ(<http://www.re.f.or.jp>)に掲載されている。トップページには情報分類として、「放射線教育 先生の広場」、「放射線学習支援資料」、「活動報告」、「出版物」、「放射線教育フォーラムとは」、「会員が提供する放射線教育「GREETINGS IN ENGLISH」の 7 項目を編集し配置している。

2. NPO法人放射線教育フォーラムの2020・2021年度役員名簿

理事：(理事長) 長谷川罔彦 (静岡大学名誉教授) *¹

(副理事長) 工藤博司 (東北大学名誉教授)

(副理事長兼事務局長) 田中隆一 (元日本原子力研究所高崎研究所長)

(以下五十音順)

朝倉 正 (東京慈恵会医科大学教授)

大森佐與子 (元大妻女子大学教授)

緒方良至 (名古屋大学アイソトープ総合センター)

小高正敬 (元東京工業大学助教授)

酒井一夫 (東京医療保健大学教授)

柴田誠一 (京都大学名誉教授)

畠山正恒 (聖光学院中学校・高等学校教諭)

細渕安弘 (元東京都立保健科学大学助教授)

堀内公子 (元大妻女子大学教授) *²

吉澤幸夫 (東京慈恵会医科大学)

渡部智博 (立教新座中学校・高等学校教諭)

監事：大野新一 (理論放射線研究所)

名誉会長：有馬朗人 (根津育英会武蔵学園理事長、元文部大臣、元東京大学総長) *³

会長：松浦辰男 (立教大学名誉教授)

幹事：石井正則、大津浩一、大野和子、菊池文誠、岸川俊明、熊野善介、小林泰彦、
下道国、関根勉、鶴田隆雄、林壮一、坂内忠明、広井禎、古田雅一、宮川俊晴、
村石幸正、若杉和彦

顧問：荒谷美智、大野新一、金子正人、河村正一、工藤和彦、黒杭清治、黄金旺、
野崎正、森千鶴夫、山寺秀雄、渡利一夫

(*¹ 2021年1月15日逝去、*² 2020年12月21日逝去、*³ 2020年12月6日逝去)

3. 通常総会、理事会、勉強会等の開催記録

2020年

- 5月1日～5月14日第1回理事会（メール審議、12名）
- 6月7日（日）通常総会（書面決議、委任状含む出席者79名）
- 7月24日（金）第2回理事会（オンライン、8名）
- 7月24日（金）第1回編集委員会（オンライン、7名）
- 9月6日（日）第3回理事会（オンライン、8名）
- 9月6日（日）第2回編集委員会（オンライン、9名）
- 10月11日（日）第4回理事会（オンライン、9名）
- 10月24日（土）勉強会オンライン化検討会（オンライン、9名）
- 11月23日（月）教科書検討グループ第1回リモート作業会（オンライン、8名）
- 11月29日（日）第1回勉強会（オンライン、63名）

（勉強会プログラム）

- 講演 コンフリクト・マネジメント ～認知の齟齬を対話により乗り越える～
吉澤 幸夫 元東京慈恵会医科大学 総合医科学研究センター
- 講演 クルックス管プロジェクトの着地点 ～新学習指導要領全面实施を前に～
秋吉 優史 大阪府立大学地域連携研究機構 放射線研究センター
- 講演 これからの中学校理科教育が目指すもの
～新学習指導要領改訂の方向性と放射線教育～
高島 勇二 全中理支援センター

- 12月6日（日）第5回理事会（オンライン、8名）
- 12月6日（日）第3回編集委員会（オンライン、7名）

2021年

- 1月17日（日）第6回理事会（オンライン、9名）
- 1月17日（日）第4回編集委員会（オンライン、9名）
- 2月21日（日）第7回理事会（オンライン、8名）
- 2月21日（日）第5回編集委員会（オンライン、8名）
- 2月28日（日）第2回勉強会（オンライン、81名）

（勉強会プログラム）

- 講演 次世代型高校理科科目「科学技術と社会」の創設
～「信頼の危機」における科学コミュニケーション～
大島浩 佐野日本大学高等学校 非常勤講師
- 講演 教育とリスク管理 ～原発事故とCOVID-19の経験から～
大野和子 京都医療科学大学
- 講演 科学議論における市民の役割 ～放射線とコロナの比較～
坂東昌子 NPO法人 知的人材ネットワークあいんしゅたいん

- 3月13日（土）第8回理事会（オンライン）
- 3月13日（土）第6回編集委員会（オンライン）

4. 「放射線教育誌」およびニュースレターの発行

4.1 「放射線教育誌」2020 VI.24, No.1

- 巻頭言 放射線人材 大募集 篠原 厚(大阪大学)
実践報告 科学的に探究する力を育む放射線教育の歩み
佐々木 清(福島県環境創造センター)
[資料] ラザフォードの勘違い(トリチウムの発見をめぐる)
坂内 忠明(量子科学技術研究開発機構)
[資料] コンフリクト・マネジメント ―認知の齟齬を対話により乗り越える―
吉澤 幸夫(放射線教育フォーラム)
[惜別] 長谷川圀彦先生と放射線教育国際シンポジウム 工藤 博司(放射線教育フォーラム)
[惜別] ラドンを測って半世紀 堀内公子さんを偲んで 吉澤 幸夫(放射線教育フォーラム)
「放射線教育」投稿規定、原稿の書き方
編集後記 緒方 良至(名古屋大学)

4.2 ニュースレター

ニュースレター No.77 2020.11

- 巻頭言 コロナ禍と放射線教育 大野 和子(京都医療科学大学)
放射線教育フォーラム運営の現状について ―コロナ禍を転じて福となそう―
田中 隆一(放射線教育フォーラム)
理事会報告―オンライン勉強会、セミナーの開催に向けて―
柴田 誠一(放射線教育フォーラム)
会員の声 新学習指導要領の全面実施を控えて 奈良 大(名古屋市立長良中学校)
会員の声 学校の勉強と子どもの命とどちらが大事なんですか? ―リスクとベネフィット―
羽澄 大介(名古屋市立山田東中学校)
会員の声 科学と政治、そして放射線教育フォーラム 工藤 博司(東北大学名誉教授)
会員の声 放射線教育は必要か? 森 千鶴夫(名古屋大学名誉教授)
令和2年度放射線教育フォーラム第1回勉強会案内(オンライン勉強会) 放射線教育フォーラム
会務報告
原稿募集案内(ニュースレター、放射線教育)
編集後記 緒方 良至(放射線教育フォーラム)

ニュースレター No.78 2021.2

- 巻頭言 自ら判断できるようにする教育 下 道國(藤田医科大学客員教授)
令和2年度放射線教育フォーラム第2回勉強会案内 放射線教育フォーラム
令和2年度放射線教育フォーラム第1回勉強会の記録 放射線教育フォーラム
(報告)令和2年度放射線教育フォーラム第1回 On-Line 勉強会 幸 浩子(チームEEE)
オンライン勉強会を開催して 田中 隆一(放射線教育フォーラム)
オンライン勉強会の進行係から 緒方 良至(放射線教育フォーラム)

有馬朗人先生と放射線教育フォーラム
長谷川圀彦先生を偲んで
堀内公子先生を偲ぶ
ありがとう、堀内先生
工藤和彦先生を偲んで
第6回放射線国際シンポジウムの開催について
会務報告
原稿募集案内(ニュースレター、放射線教育)
編集後記

工藤 博司(放射線教育フォーラム)
矢永 誠人(静岡大学)
大森 佐與子(放射線教育フォーラム)
辻 萬亀雄(放射線教育フォーラム)
石井 正則(日本原子力学会フェロー)
工藤 博司(放射線教育フォーラム)
大森 佐與子(放射線教育フォーラム)

5. 2020年度中学理科教科書検討ワーキンググループ活動記録

TWG (Text review Working Group)

1. 設立趣旨

- ・学習指導要領改訂に基づいて、新中学校理科教科書が2021年度から使用開始される時期に鑑み、全5社の教科書を調査し、今後の有効な授業内容に関して、調査・提言する。

2. 委員名簿 (2020年度)

- ・大津浩一 (名古屋経済大学市邨高等学校中学校)
- ・高島勇二 (全国中学校理科教育研究会支援センター)
- ・畠山正恒 (聖光学園中学校・高等学校)
- ・渡部智博 (立教新座中学校・高等学校)
- ・田中隆一 (放射線教育フォーラム)
- ・宮川俊晴 (グループリーダー、事務局。放射線教育フォーラム)
(外部協力委員)
- ・佐々木清 (コミュタン福島)
- ・羽澄大介 (名古屋市立山田東中学校)
- ・森山正樹 (札幌市立白石中学校)

3. 活動経過

- ・2020年11月23日に第1回リモート作業会を実施。

活動方針として、活動目的・実施内容・スケジュールなどの審議を行い原案決定し、理事会に諮ることとした。また、外部協力委員として中学校の現役教諭である羽澄大介氏、森山正樹氏、更には、福島県で3.11後、早くから放射線授業を推進してきた元中学教諭の佐々木清氏の参加が了承された。

高島勇二委員から、移行措置で本年度の2年生で始まった電流の単元における放射線授業計画案を含む「新学習指導要領に対応した新しい放射線指導の提案」(出典、青山学院大学教職研究第6号、2020)が提供された。

羽澄大介氏からは教科書会社5社の平成24年版、28年度版、令和3年度版(新年度用)の要点比較表が提供された。

また、佐々木清から、コミュタン福島の社員研修用の資料が提供された。

以上の情報を共有し、今後リモートで作業会を継続することが確認された。

- ・2020年12月6日、理事会にて活動目的などの了承を得て、一部文言の修正を行い活動方針が了承された。
- ・現在、事務局に置いて5社の教科書の比較調査のための情報整理を実施中。
- ・高島勇二委員の提案の出前授業の今年度実績について事務局にて分析を実施中。

(文責 宮川俊晴)

知りたい！ エネルギーの？ 電気の？

体験して学ぶ



科学技術館(東京・北の丸公園内)の「デンキファクトリー」,「アトミックステーション・ジオラボ」では、エネルギーや電気について、見て、触って体験できる展示を行っています。

科学技術館は日本科学技術振興財団が運営しています

 公益財団法人 日本科学技術振興財団・科学技術館
Japan Science Foundation / Science Museum

データで学ぶ



各種パンフレット



動画などの情報



電気事業連合会及び電力各社ホームページには、エネルギーや電気について、役立つ情報がいっぱいです。

まずは検索！ (<https://www.fepec.or.jp>)

電気事業連合会

千代田テクノルは
放射線

を から
測る 守る
で
治す

放射線は危険な性質を持っている反面、
有効に利用すれば人類に大きなメリットを与えてくれる無限の可能性をそなえています。
千代田テクノルは、医療・原子力・産業・放射線測定などの各分野において、
放射線を安全に有効利用するための機器やサービスをトータルに提供。
放射線の「利用」と「防護」の双方において、お客様のあらゆるニーズにきめ細かく対応しています。

株式会社 **千代田テクノル**

U R L: <http://www.c-technol.co.jp>
e-mail: ctc-master@c-technol.co.jp

千代田テクノル



JQA-QM8513
Tokyo・Osaka
Kashiwazaki Kanwa

自然とともに、人とともに。

三菱重工の原子力技術

エネルギーの安定供給と、CO₂削減や資源の有効利用による自然環境の保護。
私たち三菱重工は持続可能な未来を見据え、
原子カプラントメーカーとしての技術と経験をもって、より豊かな暮らしの実現に貢献しています。
人と社会と環境を確かな技術で支える —— 三菱重工グループ。



三菱重工株式会社 原子力セグメント
〒100-8332 東京都千代田区丸の内 3-2-3 TEL. 03-6275-6200 www.mhi.com/jp

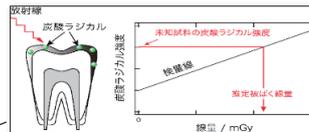
MOVE THE WORLD FORWARD MITSUBISHI
HEAVY
INDUSTRIES
GROUP

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 —

これから進学先や専門分野を選ぶ高校生や大学生に向けて、放射線や放射性同位体(RI)を利用して
いる研究者を当協会ホームページにて紹介しています。

研究の面白さやどのような紆余曲折を経て研究者になったのかなどのメッセージもぜひご覧ください。



公益社団法人
日本アイソトープ協会
Japan Radioisotope Association



<https://www.jrias.or.jp/report/cat1/219.html>

