

放射線教育

付放射線教育フォーラム 2016 年度活動報告

2016

VOL. 20 NO. 1

放射線教育フォーラム

*Radiation Education Forum*



# 放射線教育

Radiation Education

Vol. 20 No. 1

## 目次

---

【巻頭言】 教育の場で使う「ことば」	工藤博司	1
--------------------	------	---

---

【国際シンポジウム特集】 第5回放射線教育に関する国際シンポジウム(ISRE2016)開催報告	長谷川國彦	3
【国際シンポジウム特集】 第5回放射線教育に関する国際シンポジウム感想記	森 千鶴夫	7
【国際シンポジウム特集】 東京電力福島第二原子力発電所見学記	工藤博司	16
【研究報告】 実験・観察から「放射線の性質」学習への展開の試み	田中隆一	19
【解説】 ニホニウム、Nh —アジア初、日本発 113 番元素—	柴田誠一	25

---

「放射線教育」投稿規定、原稿の書き方		32
編集後記	柴田誠一	36

---

発行：2017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】

## 教育の場で使う「ことば」

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、東北放射線科学センター理事



マスメディアによる「ことば」の短縮が気になる。テレビやパソコンは今では広く認められた用語であり、TV や PC は海外でも日常的に使われている。だが、「スマホ」には未だになじめない。小生も便利な道具として使っているが、「スマートフォン」としてもらいたい。何故マスメディアはことばを短縮して使うのだろうか。紙面の節約のためだろうか。でも、そのような短縮形に目くじらを立てることはない。「ことば」の意味が正しく伝わっているのなら・・・。

ところが、教育の現場ではそれではまずい。大学で教鞭を取っていた時には、学生に正しい「ことば」(用語)を使うように指導した。論文執筆では当然であるが、セミナーや研究発表などの場でも短縮形の単語の使用を戒めた。特に、化学教室の学生には厳しく注意した。例えば、「アルミ」という単語だ。日常生活では小生も「アルミサッシ」と言うが、元素名や物質名として用いる時は「アルミニウム」と言う。学者や専門家の中にも、「ことば」に無頓着な人がいる(工学系の人に多い?)。ウランを“ウラニウム”と言ったり、チタンを“チタニウム”と言う人すらいるから困ったものだ。書物などでこのような誤りを見掛けると、著者に訂正を求めている。

勿論、放射線教育の場でも言葉は正しく使い、放射線リテラシーを高めていくことが肝要である。6年前の福島第一原子力発電所の事故以来日々マスメディアに登場する“放射能”という用語は正しく使われていない。マスメディアの多くは、“放射能”と“放射性物質”を同義語のように扱うが、これは誤りだ。放射能は学術用語であり「放射性物質の“量”」を意味する。“量”は概念であり実体はないので、「放射能漏れ」や「放射能汚染」のような表現は不適切だ。漏れたり、汚したりするのは放射性物質である。「放射能の影響」も間違いだ。“量”そのものが何らかの作用をすることはなく、人体に影響を与えるのは放射性物質から出る放射線である。このような誤りは、実はマスメディアだけではなく、専門家の文章や話にも見受けられるので厄介だ。学会の場などで正しく使うよう注意を促すのだが、「ことば」に無頓着な専門家も多く、なかなか直らない。

放射能が「放射線を出す“能力”」と説明されることも少なくない。文部科学省の学校向け副読本にもそのように記されている。間違いとは言い切れないが、誤解を招くので避け

るべきだ。この説明を聞くと、多くの人は放射能を「得体の知れ無い怖いもの」と受け取る。そこでマスメディアは、放射線のリスク (危険性) を強調するため、意図的に「目に見えない放射能の危険」とか「放射能の恐怖」というような使い方をする。大きな漢和辞典で調べてみると、「能」の意味は能力だけではない。

そもそも“放射能”という用語はフランス語の *radioactivité* の邦訳である。この「ことば」を最初に使ったのはキュリー夫妻であり、「原子が放射線を出す“性質”」を言い表した。英語では *radioactivity* といい、キュリー夫妻とともに 1903 年にノーベル物理学賞を受けたアンリ・ベクレルの受賞講演の題目は “On radioactivity, a new property of matter” (物質の新しい性質：放射能) であった。“放射能”という「ことば」は 1912 年頃に長岡半太郎の弟子である本多光太郎と田中三四郎が執筆した中学物理学教科書 (内田老鶴圃) で既に使われている。その頃、東京帝国大学の物理学教室には長岡が命名したとされる「放射能做学講座」があった (做：作の俗字)。“放射能做”は放射線を出す“性質”のことであり、この放射能做が後に放射能に変化して広まったようだ。

放射能とは「放射線を出す現象あるいは性質」と素直に受けとればよい。これに定量的な意味を付加したのはケンブリッジ大学のアーネスト・ラザフォードである。彼は、1910 年の国際会議で 1 グラムのラジウム ( $^{226}\text{Ra}$ ) の壊変率を 1 キュリー (Ci) とすることを提案し、それが認められた。そして、マリー・キュリーが所有していた塩化ラジウム (約 21 mg) によってつくられた線源が、パリ郊外の国際度量衡局に保管され、国際標準となった。各国に配られた副原器の一つは現在でも東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターに保管されている。その保証書にはラザフォードやマリー・キュリーなど当時の第一線の研究者 6 名の署名がある。キュリーという単位は長年使われていたが、1974 年の国際度量衡会議で SI 単位の採用が決まったことを受けて放射能の定義も改訂され、毎秒 1 壊変を 1 ベクレル (Bq) とする現行の定義になった。日本では、1986 年から Bq が公式の単位として使われている。

なお、SI の公式文書 (The International System of Units (SI) — 8th edition — 2006, p. 25) に放射能は英語で “activity referred to a radionuclide” と記されている。厳密にはその通りだが、もってまわった感がある。一語で済む “radioactivity” がよいと思うのだが、その脚注に “Activity referred to a radionuclide is sometimes incorrectly called radioactivity.” とあり、“radioactivity” の使用を認めていない。歴史的な流れを汲めば、個人的には “radioactivity” の使用を認めて欲しいと思っている。

一般の人や児童・生徒に放射能の定義や歴史的流れの詳細を話す必要はないが、科学の正しい理解のためには、「放射線を出す現象あるいは性質」という基本概念と「放射性物質の“量”」という定量的意味は、しっかり伝えたいものだ。

【国際シンポジウム特集】

## 第5回放射線教育に関する国際シンポジウム(ISRE2016)

### 開催報告

長谷川 圀彦

放射線教育フォーラム理事長

(2017年2月16日受理)

#### 1. はじめに

2016年12月16日から19日までの4日間、NPO法人放射線教育フォーラム主催のThe Fifth International Symposium on Radiation Education (ISRE2016)を、福島県、福島県教育委員会、郡山市、郡山市教育委員会、郡山商工会議所、郡山コンベンションビューロー、福島民報社、福島民友新聞社の後援を得て、郡山市の郡山商工会議所会館で開催した。郡山を開催場所としたのは、2011年3月11日の東日本大震災・大津波によって発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故による放射能汚染で福島県をはじめとする日本全体に放射能、放射線に対する恐怖心が高まり、風評被害にもつながってきた現状から、シンポジウムの成果として放射線の人体への影響について正しい知見が普及すれば、福島県民の心理的不安が軽減され、社会健全化にも役立つと考えたからである。

この国際シンポジウムは第1回を神奈川県葉山町(1998年12月)、第2回をハンガリー デブレゼン(2002年8月)、第3回を長崎県長崎市(2004年8月)、第4回を台湾新竹市(2008年12月)で開催した。第5回国際シンポジウムはそれらに続くもので、専門家や放射線教育に関心の高い方々のほか、教育現場の学校教員の積極的な参加を求めた。

シンポジウム参加者は3カ国から95名で、小規模ながら時勢に則した発表があり実り多いものであった。

#### 2. シンポジウムの概要

1日目(12月16日)は11時から参加登録の受付が始まり、長谷川圀彦放射線教育フォーラム理事長からの開会の挨拶のあと、3件の基調講演があった。まず始めに有馬朗人氏(日本アイソトープ協会会長)の「日本における放射線教育の必要性」では、福島原発事故後5年余りが経過し、この事故による放射線・放射能に対する恐怖心の高まりについて、放射線教育の問題点を検討し分析された。中西友子氏(東大特任教授)の「福島原発事故による放射能汚染について農業面で判ってきたこと」では、原発事故による復興支援の一環として行われた、水・土壌・植物・魚類・野生生物・家畜などへの放射能汚染の調査結果の報告があった。そして荘克士氏(台湾国立清華大教授)の「台湾における原子力・放射線教育」では、台湾における原子力発電所の現況について詳細な説明があった。いずれの講演も原発事故の地である福島環境と時宜に適した重要かつ最新の講演内容であった。

その後、シンポジウム参加者の記念集合写真を講演会場で撮り、夕方からは郡山商工会

議所会館内でウェルカムレセプションが開催され、参加者相互の交流親善を深めた。

2日目(12月17日)は、放射線医療のセッションで、台湾の参加者による放射線治療で蛍光線量計技術を用いた発表があり、その他にも台湾における放射線教育と原子力発電所についての発表があった。続いてタイからの参加者による、高校、大学における放射線教育の現状についての報告があった。自然放射線セッションでは、下道国氏の「日本人の自然放射線のリスク」、堀内公子氏の「放射能泉の効用」の発表があった。学校及び一般市民への放射線教育セッションで、大野和子氏の「放射線や放射性物質に対する市民の恐れをどのように軽減するか?」、工藤博司氏の「一般市民に対する放射線の性質の講義例」、学校での放射線教育のセッションで、森千鶴夫氏の「手作り GM 管計数器による放射線教育実験と他の理科教育実験」、秋吉優史氏らの「ペルチェ冷却式高性能霧箱を用いた放射線教育プログラムの開発」、野崎正氏の「小型  $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$  ジェネレーターを用いる種々の領域における教育実験」は、いずれも興味深い発表であった。

ポスターセッションは、口頭発表の後、発表時間90分で実施した。発表は14件あり、その内容は、学校授業の教材開発のものから、大野新一氏の「放射線教育から素粒子、量子力学、相対論の世界へ進む方法」に至るまで種々な題材であった。国際的な視野に立った議論から相互の国際交流が生まれたことは、極めて有意義であった。

3日目(12月18日)午前は三春町にある福島県環境創造センター(コミュタン福島)へ見学ツアーを実施した。参加者は外国人を含めて40人で、2011年3月11日に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故の状況について立体模型によって説明をうけ、放射能汚染からの環境回復、放射線学習教材の展示、生徒・児童へ放射線教育の実施状況などの説明があった。また、外国からの参加者に対しては、英語での説明があり、活発な意見の交換があった。

その日の午後は「放射線の健康影響と学校教育」をテーマに参加費無料の一般公開セッ

## あすから放射線教育シンポ

放射線や放射能、原子力の専門家、学校教育関係者らで構成するNPO法人放射線教育フォーラム(東京)は16日から、郡山市清水台の郡山商工会議所会館で第5回放射線教育に関する国際シンポジウムを開く。県内では初めての開催。福島民友新聞社などの後援。

会員と台湾、タイの教育関係者ら約50人が参加して19日まで4日間、学校や社会での放射線、エネルギー問題への教育の在り方について討論する。

18日午後1時からは「放射線の健康影響と学校教育」をテーマにした一般公開セッションを開き、長崎大の山下俊一副学長が「放射線健康リスクを一般公衆にどのように説明するのか―チェルノブイリと福島原発事故から学んだ教訓」と題して基調講演するほか、県内中学、高校の教諭らが放射線教育の取り組みなどを紹介する。

一般公開セッションへの参加を受け付けている。参加無料で定員100人。問い合わせは放射線教育フォーラム事務局(電話03・3843・1070、ファクス03・3843・1080)へ。

シンポジウムを報道する新聞記事

提供:福島民友新聞社

2016年12月15日

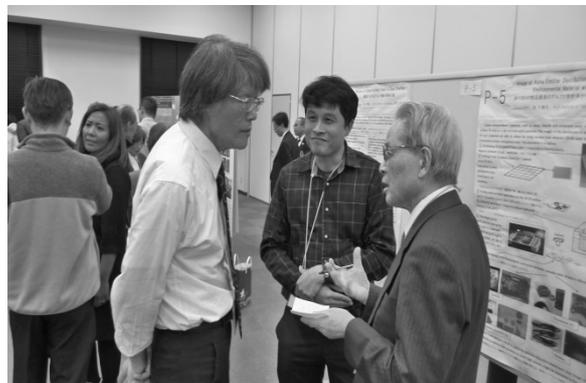


写真1. ポスターセッション

ションを実施した。

基調講演は、山下俊一氏（長崎大学副学長、福島県立医科大学）による「放射線健康リスクを一般公衆にどのように説明するか―チェルノブイリと福島原発事故から学んだ教訓―」で、放射線リスクの正しい評価と放射線リスクコミュニケーションの重要性が指摘



写真2. ISRE2016 参加者集合写真

された。チェルノブイリ原発事故と福島原発事故からの知識と教訓から、健全で正しい放射線健康リスク教育のあり方についての講演であった。

放射線の健康影響について、専門家や地元の市民から多くの質問や意見が述べられ、予定の時間をオーバーして終了した。続いて学校教育のテーマとして、阿部洋己氏の「福島県における放射線教育の取り組み」、佐々木清氏の「学校と学校とのつながり、人と人とのつながりを大切にしたい放射線教育」、原尚志氏の「福島高校での放射線教育の取り組み」の報告があった。さらに、放射線教育の支援活動として、田中隆一氏の「放射線教育フォーラムにおける近年の授業実践支援活動」、工藤和彦氏の「日本原力学会における原子力・放射線教育の支援活動」の報告があった。

4日目（12月19日）は、外国人12人を含むシンポジウム参加者21人で、浜通りの富岡町にある東京電力（TEPCO）福島第二原子力発電所見学のバスツアーを実施した。

TEPCO 所員による原子炉内部の説明があり、約2時間にわたって熱心に見学した。その日の晩、郡山商工会議



写真3. シンポジウムレセプション

所会館に戻った後、シンポジウムディナーが行われ、地元産の日本酒や海産物等を参加者それぞれに堪能し、友好親善と相互理解を深めあった。その後、長谷川理事長の挨拶と総括をもって、本シンポジウムは終了した。

### 3. おわりに

東京電力福島第一原子力発電所事故以前から原爆や原発事故についての恐怖心や悲慘さが人々の心にあるため、放射線や放射能に対して過剰な不安感や不信感を多くの人々が常に抱いている。このような人々に放射線の正しい知識を伝えることは、身体的な面にとどまらず、精神的心理的な面、また社会的な影響などの側面があり、なかなか難しい。このシンポジウムは、このような課題に向き合い、小規模ながら無事成功裏に終了できた。

このシンポジウムの開催にあたっては、様々な形で貢献していただいた基調講演者の先生方、お世話になった組織委員会委員各位をはじめ後援団体の関係各位、NPO 法人放射線教育フォーラム団体会員各位及び個人会員各位の財政的支援・運営につきまして感謝申しあげる。

また、今後の国際シンポジウムの開催については、シンポジウムの規模、方式などはいろいろ考えられるが、日本をはじめ世界の各所で頻繁に開催されるよう、関連の機関・組織のご支援を期待したい。

【国際シンポジウム特集】

## 第5回放射線教育に関する国際シンポジウム感想記

森 千鶴夫  
愛知工業大学  
(2017年2月6日受理)

### 第5回放射線教育に関する国際シンポジウム

主催： 特定非営利活動法人放射線教育フォーラム  
期間： 2016年12月16日(金)～19日(月)  
場所： 郡山商工会議所会館(福島県郡山市)

このシンポジウムは、第1回1998年12月神奈川県葉山町湘南国際村「生産性国際交流センター」、第2回2002年8月ハンガリー デブレツェン、第3回2004年長崎「ブリックスホール」、第4回2008年台湾、で行なわれた国際シンポジウムに続くシンポジウムで、開催年からも分かるように8年ぶりである。その間の福島原発の事故が開催に大きな影を落としていることは明らかである。過去のシンポジウムは例えば葉山や長崎では160～170名で外国からの参加者が多かった。しかし今回は95名で、外国からの参加者は、台湾とタイのみであった。

シンポジウム・スケジュールを下記の表に示す。

	午前	午後	夕方
16日(金)	11:00 参加者登録	14:00～14:10 開会挨拶 14:10～17:00 基調講演	17:00～17:10 グループ写真撮影 17:10～17:10 歓迎レセプション
17日(土)	8:30～11:50 本会議	13:00～15:50 本会議	16:00～17:30 ポスターセッション
18日(日)	9:00～12:40 見学 福島環境創造センター	13:00～16:40 パブリック・セッション 13:00～14:20 基調講演 14:30～16:40 本会議	17:00～19:10 シンポジウム夕食会 19:00～19:10 閉会挨拶
19日(月)	9:00～18:00 見学旅行 福島第二原子力発電所		

この感想記は本来ならば感想のみを記すべきかと思われるが、シンポジウムに対する筆者のまとめの意味も兼ねて、講演等の内容を要約して記し、各講演等に対する簡単な感想を記し、最後にまとめの感想を記した。

## **16日(金)午後**

開会挨拶を長谷川瓘彦理事長がされたあと、引き続き3件の基調講演があった。以下、**基調講演の題目と各セッションの名称は太字**で、講演者の名前と所属を[ ]内に記し、続いて講演等の内容を要約し、筆者の感想を( )内に記した。

### **基調講演**

#### **① 日本における放射線教育の必要性** [有馬朗人：日本アイソトープ協会会長]

内容：福島第一原発の事故により、日本全体に放射能・放射線への恐怖心が高まった。また、福島県産の農産物や海産物の不買が広がり、必要以上に恐れられる面があった。このような事態の発生の一因に、放射能・放射線教育が十分に行われていなかったことが挙げられる。日本の小中高生の理科力と成人の科学知識の向上への努力、初・中教育における放射能・放射線に関する客観的・科学的知識に基づく教育の必要性について述べられた。(原子力エネルギーに関しては議論があるかもしれないが、まだまだ放射能・放射線に関する正しい教育が必要で、こうした教育なくしては廃炉や廃棄物処理・処分なども、スムーズに進展しないと思われる。)

#### **② 福島原発事故による放射能汚染について農業面で判ってきたこと**

—東大農学部放射能汚染調査を中心として— [中西友子：東京大学]

内容：福島原発事故後、各分野の専門家教員40～50名が研究グループを作り、福島県農業総合センターや地域のNPO、個別の農家などの協力を得て、土壌・水・植物・魚類・野生生物・家畜など多岐にわたる対象について研究してきた。調査・測定などの多くの成果とともに、具体的な改善の方策の成果についても貴重な多くの報告があった。例えば、農地にカリウム施肥を行なうことにより、化学的に同族のセシウムの農作物への移行が格段に抑えられたことなどの報告があった。(原発事故に直接関係した貴重な報告であった。放射線教育フォーラムとしては、研究の成果をピックアップして一般に分かりやすく報告する必要があると思われる。)

#### **③ 台湾における原子力エネルギー教育** [Keh-Shih Chuang：国立精華大学教授]

内容：国立清華大学 原子力科学部局[College of Nuclear Science]は、唯一の研究炉THOR[Tsing Hua Open-Pool Reactor、出力2MW、1961年～]を運転し、教育・研究に貢献してきた。台湾は3カ所6基の原子力発電所を有し、4カ所目の建設が許可されていたが、福島の事故や廃棄物の問題をもとに、新政府が2025年までに原子炉を廃止することを提案し、新規の建設は不認可になっている。大学の原子力科学部局も組織や目的をそうした状況に合わせる必要に迫られた。組織としては、工学・システム科学部、生物工学・環境科学部、原子力工学・科学研究所、原子力科学学際プログラムになり、以前の原子力から関連分野への移行が行われつつある。しかし、放射線教育は廃炉や廃棄物に関連して依然として重要である。(状況の変化への対処に際して、Nuclear scienceに直接関係していた研究者の苦悩を静かに述べられたが、新しい部局に所属する方々が原子力科学の学際的立場で

活躍されることを祈りたい。)

## 17日(土)

**放射線治療のセッション**で、台湾から来られた4名の報告があった。①ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) へのホウ素含有金ナノ粒子の応用 [Wen-Yi Chang 他：中国医薬大学]、②幹細胞追跡子のための MRI イメージング増強剤としてのガドリニウムヘキサソジオンナノ粒子の作製と評価 [Feng-Huei Lin：国立台湾大学]、③台湾における放射線治療のためのポリマー・ゲル・ドジメトリーと光干渉断層撮影の進展 [Chun-Hsu Yao 他：中国医薬大学他]、④熱ルミネッセンス・ドジメーター(TLD)を用いた患者固体別の時間・放射能曲線の推定 [Hsin-Hon Lin 他：国立精華大学他]。(放射線教育に直接関係した項目ではないが、台湾において放射線治療の研究が活発に行われている様子がうかがわれる。医療面での放射線の利用が活発になるにつれて、一般への放射線教育もより重要になる。)

**自然放射線のセッション**では、2件の報告があった。①日本人の自然放射線のリスク[下道国：藤田保健衛生大学] 入手し得る最新のデータと、妥当かつ厳密な計算方法によって、外部および内部被ばくに係る自然放射線による発がんによる死亡率は0.88%、死亡者に対する割合は0.29%、全人口に対する割合は $2.9 \times 10^{-5}$ となることを示した。(このようなきちんとした計算は貴重である。これらの値に比べて喫煙や飲酒等の他の要因のリスクの大きさは驚くほどである。)、②放射能泉の効用 [堀内公子：東京慈恵会医科大学アイソトープ実験研究施設] 最近の研究において、ラドン温浴には慢性的な病気や老化を軽減し、細胞の活性化に効果があることが示されたが、そのメカニズムは複雑で未だ解明されているとは言えない。(より詳細な疫学的研究データが豊富になれば、老人の放射線浴が現実のものとなるかもしれない。)

**タイ国の現状のセッション**では、2件の報告があった。①タイにおける中学レベルでの核技術教育 [Thanakit Lerdlu 他：Hongsonsuksa School 他] タイでは、2020年、21年にそれぞれ2基ずつ、合計400万kWの原子力発電所の建設を計画していたが、福島事故などを受けて、現在は2026年に先送りされている。原子力技術は進展しているが、利点と欠点を併せ持つ。このような知識の普及のための公的な政府組織はなく、研究者が中学校などにおける放射線教育に関する情報を集めているが、人々は原子力教育の重要性の認識に乏しい。②タイの大学での放射線教育 [Nopporn Poolyarat 他：Mahasarakham 大学他] タイの主な大学では学部の段階で、核科学の基礎に関する教育が行なわれており、ある大学ではPhDレベルの教育も行なっている。また、多くの大学では、物理や工学の学生に対して、核工学、核物理、放射線科学の選択科目が設けられている。中性子散乱や核融合などの研究も行なわれているが、特に核融合研究は注目されている。(台湾に比べれば原子力にはより積極的ではあるが、やはり福島事故は影を落としている。放射線教育にもやや戸惑いがあるように感じられた。)

**台湾からの報告のセッション**では、台湾における放射線教育と原子力発電所についてと題して、東北大学への留学経験があるChin-Wang Huang [黄金旺：中原大学栄誉教授] 先生が日本語で話された。中学理科の教科書、高校の教科書においては放射線の安全性、核分裂反応、核融合の記述があり、大学の物理や化学には核物理や核化学に関する記述があるが、教員はあまりこれらを積極的に教えていない。原発の安全管理面で、行政的な対

応に問題がある。(大きな声で元気に話されたが、それだけでも何となく元気をもらった気がした。)

**生徒と一般市民に対する放射線教育のセッション**では、2件の報告があった。① 一般大衆に対する放射線の性質に関する講義の一例 [工藤博司:東北大学名誉教授] 10年以上にわたって行ってきた経験によれば、一般大衆に放射線に興味を持たせることはかなり大変であった。しかし、福島事故以来、主にマスメディアによる放射線のリスクの強調のせいでもあるが、人々は混乱し、放射線の健康への影響に関心を持つようになった。現在はかなり落ち着いてきて、受講者は放射線の危険性とともにもその利用などにも関心を示していて、長年にわたる講義は、大衆の日常生活において安心感をもたらすのに役立っている。(豊富な経験をもとにした実験器具を用いた講義は説得力がある。東北地方でのこのような活動は極めて意義深いと思われた。) ② 放射線や放射性物質に対する市民の恐れをどのように軽減するか? [大野和子:京都医療科学大学] 福島事故以来、病院でX線CTを断る人が出てきた。大衆の誤った先入観を正す知識を医療関係者が持つように努力してきたが、その一環としての質疑応答形式の小冊子やEラーニングシステムについて述べられた。(漫画風の小冊子の作成・配布、Eラーニングの構築など、斬新的、積極的な活動は目を見はるものがある。)

**放射線教育：実験・実践のセッション** ① 手作り GM 管を用いた放射線教育実験と他の科学教育実験 [森 千鶴夫:中部原子力懇談会顧問] 手作り GM 管は窓を自由に開閉できるので、紫外線による光電子放出、日よけクリームなどの紫外線吸収、金属表面の酸化、エキゾ電子放出、などの他の分野の科学実験が可能である。(放射線教育は他の分野の科学教育と結びつけながら行なう必要があるとの考えをもとにしているが、中・高の理科の先生方に理解して頂くにはかなりの努力が必要であるように思う。大学の学部の学生実験の一部に採用された。) ② ペルチェ冷却式高性能霧箱を用いた放射線教育プログラムの開発 [秋吉優史他:大阪府立大学他]  $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線による光電子などの観察が可能で、それらの飛跡の相違から、放射線の生体への影響の相違の説明へと繋げることができる。また、装置そのものは熱伝導、蒸気圧と過飽和・核生成、電気工作など、極めて多様な工学的要素を含んでおり、放射線以外の他分野を含めた教育プログラムを開発し、学部1年生向けに活用しつつある。(他分野との連携実験・連携教育の典型的な例であり、こうした複合的な内容を持つ放射線教育は大切であると思われる。) ③ 小型  $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$  ジェネレーターを用いる種々の領域における教育実験 [野崎 正:放射線教育フォーラム、北里大学理学部研究員] 表題の線源は RI ジェネレーターとして優れている。半減期、放射平衡、トレーサー、陽電子消滅、などの放射線実験と同時に、指数、対数、微分方程式、極微量物質・極低濃度物質の挙動、など関連分野は広い。こうしたことを経験した市民の声を放射線・原子力行政に反映させるのが望ましい。(このセッションの発表者、3者とも、放射線実験を広い視点でとらえて、他の分野と関連させることの重要性を述べている。)

**ポスター発表**: 14 件の発表があった。講演会場の後方のパネルに貼付されていたため、展示効果は良かった。① 確率的な起源アンサンブル・アプローチの適用による飛行時間同時計数イメージング法を用いた 2 光子放出核の空間分布の検出 [Chih-Chieh Chiang 他:国立精華大学] 核廃棄物ドラム缶中の  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{75}\text{Se}$ 、 $^{111}\text{In}$  などの 2 光子を放出する核種の空間

分布を標記の方法で検出するシステムを提案している。中心部分の位置分解能は約 20 mm であった。(コンプトンカメラによる線データの集まり(集合データ)からの像の再生などにも使われつつある手法のようで、データの処理時間が短縮されるようである。)

② 3D ポリマー・ゲル・ドジメーターを用いた臨床小線源治療に関する研究 [Chun-Hsu Yao 他：中国医薬大学他] 3D NIPAM (N イソプロピルアクリルアミド) ポリマー・ゲル・ドジメーターを用いた直径 10 cm、高さ 10 cm のファントムを作った。これを用いて、 $^{192}\text{Ir}$  線源からの線量率分布測定を行なった。高線量率と端増強効果が、線源の中心近辺における線量率分布測定に影響を及ぼした。今後の改良が必要である。(ポリマー・ゲル・ドジメーターは 3 次元の線量率測定に使われるようになっているが今後の研究対象でもある)。

③ 都市圏市民から中高生まで対象とした 3・11 後の科学・災害リテラシーのための文書および実践活動 [二本柳晴子他：六ヶ所村文化協会他] 六ヶ所村では、文化協会傘下の読書愛好会が 1995 年以来、放射線リテラシーの向上に努めてきた。一時は、放射線教育フォーラム青森支部を発足させた勢いがあったが、3・11 事故の後は、全国的に原子力・放射線リテラシーが極めて低調になった。これを由々しく感じ、これまでの活動の集大成”Women’s Messages from the Village of Rokkasho to the World”を刊行した。また、大消費地での活動として、東京、仙台、むつでシンポジウムを開催し、中高生に対して夏の学校を開催してきた。(大変なご努力を重ねて来られたことを改めて深く認識した。)

④ 霧箱におけるアルファ線の飛跡の謎 [森 千鶴夫：愛知工大]  $\alpha$  線は全飛程を 10 ナノ秒以下で飛行し、イオン対をほとんど同時に作るが、飛跡は線源から先端へ目に見える速度で伸びて行く。これを謎と呼び、原因を解明した。(放射線教育の現場では、この理由を説明する時間もなく、こうした現象の解明の面白さを伝えるのはかなり難しい。)

⑤ 身の回りの物品表面のアルファ放射体分布像を CR-39 で取得 [森 千鶴夫：愛知工大] 陶磁器や岩石には  $^{232}\text{Th}$ 、 $^{238}\text{U}$  および娘核種などが含まれ、 $\alpha$  線を放出している。これらの試料を CR-39 の上に 2~3 ヶ月間置き、化学エッチングすると安価に分布像が得られる。中・高の科学クラブなどでの活動対象として好適である。(ある高校からオファーがあった。)

⑥ ズイキで製作した放射線源と教育利用 [河野孝央：(株)日本遮蔽技研] タロイもの幹であるズイキを乾燥、粉末化し、円盤状に圧縮した線源を 10 個作製した。平均値で、直径 35.2 mm、厚さ 9.698 mm、質量 15.1 g、GMサーベイメータでの計数率 163.4 cpm [ $^{40}\text{K}$  からの  $\beta$  線]であった。距離、遮蔽、時間の放射線防護の 3 原則の実験などが容易にでき、かつ、この線源は法律的な制約を全く受けないのでどこでも使用できる。(ズイキという植物を線源としたことは極めてユニークで、しかも通常の実験がほぼできるので、教育効果は非常に大きいと思われる。)

⑦ NSG 郡山校正センターにおける放射線測定器校正の必要性を理解するための体験学習 [河野孝央：(株)日本遮蔽技研] 福島事故後、環境放射線レベルを、多くの人がそれぞれの測定器で測定したが、その測定値に不一致が出た。この原因の多くは測定器が校正されていないことによるが、ユーザーは校正の重要さに気付いていない。そこで日本遮蔽技研郡山校正センターでは、機器の校正の必要性を理解するための体験学習プログラムを確立した。参加者は、放射線の代わりに、外見は同じであるが重さの異なる重りを、校正されていない重量計を用いて測定し、お互いの結果を比べ、不一致の結果を議論する。このプログラムによって、重さの測定のみならず、放射線測定においても機器の校正が重要であることを理解する。(重りと重量計を使うという柔軟な発想は優れている。見習いたい。)

⑧ 沖縄県

の若者の放射線に対する意識分析 [坂下奈奈穂、濱田栄作：琉球大学教育学部] 平成 20 年に学習指導要領が改訂された。中学校で放射線を学んだ新課程の大学生と学んでいない旧課程の大学生の意識調査を行なった。放射線の種類や性質については新課程の学生は、より高い理解を示したが、ラドン濃度や医療を含めた放射線利用に関する意識は低かった。(教科書の内容から少し外れた内容には先生方も触れておられないのだと思われる。)

⑨ 固体飛跡検出器 CR-39 を用いた放射線教育教材の開発 [仲程夢斗、濱田栄作：琉球大学教育学部] CR-39 で $\alpha$ 線の飛跡をピットとして観測するためには化学エッチングが必要であるが、高濃度のエッチング溶液が必要で、小・中学校で使用するのは難しかった。低濃度の NaOH 溶液を高温で、あるいは室温で長時間、あるいはまた、紫外線を照射後にエッチングしたりして、教育現場での使用を可能にした。(着想に富んだ良い仕事で、教育フォーラムにふさわしい研究である。)

⑩ 放射線教育から素粒子、量子力学、相対論の世界へ進む方法 [大野新一、大野玲：理論放射線研究所] 原子構造が明らかになり、クォーク、ニュートリノ等の物質の構成要素や粒子間のエネルギー移動も、量子論、相対論によって理解されている。これらの現代科学の理解が、放射線教育現場の身近な実験を通じて可能である具体例を提案した。(簡単な放射線教育実験といえども、得られる結果の十分な咀嚼が大切であることを、具体例を通じて主張しておられ傾聴に値する。)

⑪ ガイスメーター管とイメージングプレートを利用した X 線透過像撮影 [緒方良至、森千鶴夫、佐久間陽一：名古屋大学、愛知工業大学、東京工業大学] 真空度を推定するガイスメーター管からは X 線が発生しているが、イメージングプレートと組み合わせることによって、野菜や魚などの X 線を透過しやすい試料の X 線像を容易に得ることができる。X 線写真の撮影を小・中学生や一般の方々に数分でデモンストレーション的に見せることは放射線教育上有用である。(子供たちの施設見学などの際には活用したいものである。)

⑫ 髪の中性子放射化機器分析 — 有毒金属を浴びた人の生物モニターの研究 — [大森佐興子：大妻女子大学] 有毒金属は単独で、あるいは複合的に種々の症状を引き起こす。硬合金工場やマンガン精錬工場の近くに住む人々の髪の中性子機器分析を京都大学原子炉で行ない、興味ある結果が見出された。(髪は体内の有毒物質の排出先と言われていて犯罪捜査などにも使われているが、興味ある手法で公衆衛生に貢献しておられる。)

⑬ トロン温浴水の甲状腺未分化癌患者に対する効果 [堀内公子他：(株) ヘルシーピープル] トロン温水浴を 1 日 6 回から 8 回、各 10 分間毎日行ない、その評価を血液検査等で総合的に行なった。甲状腺未分化癌の進行が遅くなった。この温浴の有効性のメカニズムは未解明であるが、癌症状の改善に有効である可能性が示された。(低線量の放射線被ばくが健康に有効であることは確かなのではないかとと思われる)

⑭ HATO プロジェクト/大学間連携による放射線教育の実践、[大西和子、平田昭雄、鎌田正裕：東京学芸大学] 放射線教育を指導できる中学校理科教員の養成が急務となった状況において、4 つの教員養成系大学 [北海道教育大学、愛知教育大学、東京学芸大学、大阪教育大学] が連携して HATO プロジェクト (HATO は各大学の頭文字) を立ち上げた。このうちの東京学芸大学が立ち上げた 2 つのプロジェクトを紹介する。(教育系の大学が放射線教育に取り組むことの効果は極めて大きい。)

## 18 日午前：福島環境創造センター見学

**午後：公開セッション**（学校の教員、一般市民、報道関係者の参加でほぼ満席になった。）

①**基調講演 放射線健康リスクを一般公衆にどのように説明するのか—チェルノブイリと福島原発事故から学んだ教訓—** [山下俊一：長崎大学理事副学長、福島県立医科大学] チェルノブイリ事故から30年、福島事故から5年の知識と教訓から、健全で正しい放射線健康リスク教育の在り方を中心に紹介する。原爆の恐怖とも相俟って、放射線リスクコミュニケーションの現場では多くの困難な課題を抱えた。事故のトラウマに苛まれ続けると、個人の精神心理的、そして社会的な影響が出るので、正確かつよく熟考された放射線教育を推進することが肝要となる。

放射線の健康影響には、急性放射線障害、すなわち大量被ばくによる確定的影響と晩発性放射線障害、すなわち低線量、低線量率の被ばくによる発がんリスクや遺伝的影響と呼ばれる確率的影響がある。これらの影響に関して、DNAの切断などをもとに顕微鏡写真を示しながら詳細に説明された。チェルノブイリの場合と異なり、福島では100 mSvを超える被ばくはほとんどない。甲状腺に関する世界でも類を見ない規模の大量検査では、小さなう胞がたくさん見つかったとか、大人の癌が見つかったとかの結果があったが、精度管理された超音波検査の結果、微細な病原が世界的に増えていて、統計的に放射線の影響とは言えない。メディアや医師にさえ誤った解釈をされてしまった。チェルノブイリで問題となった牛乳に対しては福島事故後の対応は正しかった。年間20 mSv以下の被ばくでは、事実上健康への明確な影響はない。（細胞への影響まで掘り下げた科学的 content と実際の現場での責任ある立場での経験に基づく説明は説得力があり、これほどの content の講演は貴重である。いくつかの質問に対しても非常に丁寧に対応しておられた。）

② **福島県における放射線教育の取り組み** [阿部洋己：福島県富岡町立富岡第一中学校]

大震災における地震や津波、原発事故などによる被害に伴い、避難生活を余儀なくされ、学校等においても、児童生徒の安否確認や教育活動再開等に向けて、未だかつて経験したことのない道を歩み始めることになった。子供たちの健康や生活に対する放射線の影響を、現在および将来において最小限に食い止めることが極めて重要な課題となっている。教育関係者でもほとんど知識を持たない手探りの状態からのスタートであった。「放射線等に関する指導要領」を平成23年（第1版）から平成28年（第5版）を作成、配布し、各校の実践に役立てている。「放射線教育推進支援事業」を平成25年から28年まで、進めてきた。長期にわたる廃炉作業などから、今後の放射線教育計画について、また放射線教育の全国展開の必要性についても言及された。（災害の未曾有の経験、手探りの活動、などの言葉から、如何に先生方が苦しい道を歩んで来られたかを改めて実感した。恐らくある時期には寝食を惜しんで、という状況であったと思われる。）

③ **学校と学校のつながり、人と人とのつながりを大切にした放射線教育** [佐々木 清：前福島県郡山市立第六中学校] 事故の翌年に、自主研究団体である中学校教育研究会が再開され、郡山支部理科部会では、全国に先駆けて、放射線教育推進委員会を発足させ、“放射線授業の玉手箱”なるCDを作成し、会員全員に配布し、学校間の連携が可能になった。福島第一原子力発電所廃炉作業員を迎えての授業、日本原子力開発研究機構から数名の専門家を迎えて生徒からの質問に答える授業など、人と人とのつながりを大切にした放射線教育を推進している。（放射線教育をどのようにすれば、より効果的に行なえるかを常に考え工夫しておられるのに感心した。）

④ 福島高校での放射線教育の取り組み [原 尚志：福島県立福島高等学校] 事故から5年半経過したが、「私は子供を産めますか?」という生徒の質問をいまだに受ける。原発に近い浜通り地区では健康への不安がさらに強い。不安の解消のために、福島の安全を学ぶ授業が必要と考えて実施している。「総合的学習の時間」を利用して、科学的事実だけでなく、住民全体で放射線について学び、対策を積み重ねてきた地域の活動など、社会的な取り組みについても学ぶ内容を学習に盛り込んでいる。2年生に合計9時間実施した。自ら測定することや情報を共有することの有効性を理解し、不安を和らげるのに有効であった。(生徒の測定行為への参加など、実践教育の効果は大きいと思われる。)

⑤ 教育フォーラムにおける近年の授業実践支援活動 [田中隆一：放射線教育フォーラム] 放射線に関する学習指導要領の改訂や福島の事故をふまえて、放射線学習の指導が強化されている。しかし、全国的には戸惑いを感じている教員や、一方では積極的に取り組んでいる教員がいる。放射線教育フォーラムはこうした教員同士、教員と専門家・支援者の意見交流の輪をパネル討論、勉強会などにより、全国的に広げる活動に取り組んでいる。これらの活動内容を「放射線教育フォーラムニュースレター」や、定期刊行誌「放射線教育」などを通じて発信しているほか、ホームページ上に設けた「先生の広場」の整備・活用を進めている。(放射線教育フォーラムがその果たすべき役割をしっかりと認識し、それに沿った活動をしていることが改めて分かる。教員自身の活動をこうした場で発表し、評価され、他の教員に活用されることは大きな励みになると思う。)

⑥ 日本原子力学会における原子力・放射線教育の支援活動 [工藤和彦：九州大学名誉教授] 小、中、高の教科書ではそれぞれの段階に応じて、エネルギー、放射線、原子力、原子核などの記述がある。しかし特に高校では科目の選択制や履修時期が関係して中学校の学習レベルに止まっていることが多い。原子力学会では教科書の記述を調査して、誤りなど報告書にまとめ、文科省や教科書会社等に提出し、公表している。また、シニアネットワーク連絡会を設け、シニア世代が、次世代を担う若者との対話活動を10年近く行なっている。原子力関係機関が協議して2011年に「原子力人材育成ネットワーク」を設立し、その中に中学校における原子力・放射線教育の充実のため、教諭の教材、授業モデルの紹介などを行なっている。(理科の教科書のみならず、社会系の教科書の内容も調査して誤りを指摘し報告書にまとめ、行政などに働きかけるなどの努力は並大抵ではない。)

## シンポジウム夕食会

講演会場の隣室で、台湾の黄金旺 中原大学名誉教授の元気な挨拶と乾杯で始まった。予算の関係から食事内容を筆者はかなり心配したが、十分な質と量で安心した。地元の業者がかなり奮発してくれたのかもしれない。台湾やタイの人達が日本酒を随分と好んで賞味していたのは少々驚きであった。筆者は、あまりアルコールは飲まないが、確かに地元の銘酒は風味やまろやかさにおいてワインなどに劣らないと思った。話は結構弾んでいた。台湾やタイの人達と日本人とのワイワイガヤガヤが盛んであった。最後に長谷川園彦理事長から謝意を述べられた。

## 福島第二原子力発電所の見学 (最終日、19日)

## 全般的な感想

国際シンポジウムの開催は理事長をはじめ、理事会の強い望みであったが、10年以上にわたる原子力エネルギーへの世間の逆風と福島事故とが相俟って、放射線教育フォーラムの財政状況は極めて厳しい状況にある。その中で開催のために理事長は外国人向けの放射線研修プログラムとのジョイントを提案され、有馬名誉会長のご助力もあって実現したと聞いている。そのために、シンポジウムの前日の夕方、および初日の午前中に、工藤博司東北大学名誉教授と東北放射線科学センターの滝沢洋一教育研修部長による研修プログラムが用意され、台湾とタイからの参加者に講義と実習が行われた。

また、このシンポジウムの1か月前の11月13日に、フォーラムの勉強会として、公開パネル討論会「今やる、放射線教育IV」が東京慈恵会医科大学で開催されたので、シンポジウムの組織委員会の皆さんは多忙を極めたと思われる。要旨集も手作りされたが、こうしたご努力に深く感謝したい。このような状況にかかわらず、福島県教育委員会、郡山市教育委員会、福島商工会議所、公益財団法人「郡山コンベンションビューロー」、福島民報社、福島民友新聞社の後援を得て、どうにか無事に開催されたと思う。

講演およびポスター発表はそれぞれの努力の跡が見え、かなりの内容があった。公開講座は参加者が多く相当熱気があった。公開講座の直前に地域のリンゴ業者がリンゴの試食を供してくれたので、台湾やタイからの方々を含めて賞味した。数日前に降った雪が道路や建物のわきに残っていて、さすが郡山だと感じた。タイからの方々も珍らしがって喜んでおられた。余談ではあるが、台湾やタイからの参加者の昼食には仕出し弁当を出したが、「ハラール認証」を確認したとのことであった。

筆者は個人的に、手作りGM管に関する口頭発表に関心を持ってくれ、台湾でも作りたいとのことで、台湾の方にノウハウを教えることになった。また、ポスターセッションのCR-39による $\alpha$ 線像の取得も、ある高校からクラブ活動に採用したいとの申し込みがあった。各参加者におかれても、それぞれ何らかの手ごたえがあったと思われる。

国際シンポジウムは先進国からの参加が必須ではなく、東南アジアを含む開発途上国の方々に日本に来て頂き、種々の経験と対話の機会を提供することにも大いに意義があると思われる。今回の国際シンポジウムはそうした意味では典型的な価値を持つシンポジウムであったと思われる。

各講演やポスターの内容をまとめてみて改めて勉強になり、編集委員会に感謝したい。

【国際シンポジウム特集】

## 東京電力福島第二原子力発電所見学記

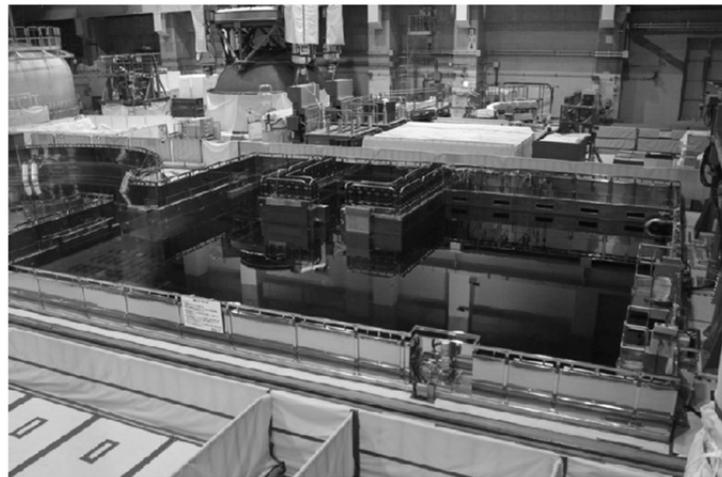
工藤 博司  
放射線教育フォーラム  
(2017年3月1日受理)

第5回放射線教育に関する国際シンポジウム (ISRE2016、2016年12月16～19日、福島県郡山市) のエクスカージョンとして最終日に東京電力福島第二原子力発電所 (F2NPS) を訪ねた。エクスカージョン参加者 25 名が乗車した貸し切りバスは午前 9 時頃に郡山市 (国際シンポジウムの会場である郡山商工会議所会館の近く) を出発し、郡山東インターから磐越道に入って東に向かった。いわきジャンクションで常磐道に入り、広野インターで高速道路を降りて国道 6 号線を北上した。急遽東京に帰ることになった吉澤理事が常磐線竜田駅付近で途中下車した。予定の 11 時頃に、国道から F2NPS へ向かう道路の入り口付近で発電所の職員と合流し、福島県警の検問を通過して F2NPS の正門に向かった。

正門脇のビジターズホールで運転免許証あるいはパスポートを提示して本人確認を受けた後、発電所のマイクロバス 2 台に分乗して入構した。事務本館 1 階の会議室で昼食 (幕の内弁当) を摂った後、F2NPS の広報担当者から見学スケジュールの確認と原子炉建屋に入るための装備の説明を受けた。見学者用作業衣に着替え、貴重品とカメラや携帯電話をロッカーに保管 (構内の写真撮影は禁止) してもらった後、原子昭準副所長の挨拶があり、つづいて上野恵美子広報リーダーから「東北地方太平洋沖地震とその後の福島第二原子力発電所の状況について」と題する説明を受けた。

まず発電所の概要及びレイアウトについての説明があった。F2NPS には沸騰水型軽水炉 (BWR) が 4 機 あり (楡葉町に 1、2 号機、富岡町に 3、4 号機)、電気出力はいずれも 1,100 MWe である。2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分に発生した地震 (M 9.0) の際には、全機が定格運転中であつたが「地震加速度大」のシグナルを受けて全機自動停止 (スクラム) した。

しかし、15 時 30 分頃に押し寄せた津波により 1 号機で浸水被害が発生し (2~4 号機は浸水なし)、ポンプが被水したため使用不能に陥り、原子炉除熱機能が一時喪失した。その後昼夜を厭わぬ様々な努力と適切な対応操作によって事象進展緩和に成功し、2011 年 3 月 15 日午前 7 時 15 分に全号機で冷温停止を達成した。外部電源が一部停止したもの



福島第二原子力発電所使用済燃料貯蔵プール (photo.tepco.co.jp より)

の、4回線のうち1回線が受電継続であったことが幸いし、最終的には無事冷温停止に至ったとの説明であった。

現在は、原子炉停止期間が長期に及ぶため、設備の維持管理の合理化と効率化の観点から原子炉内の核燃料は全て(1号機2662体、2号機2769体、3号機2740体、4号機2769体)使用済燃料貯蔵プールに移してあり、燃料冷却の安全確保に努めているとのことであった。以上は日本語の説明であったので、海外からの参加者(タイ9名、台湾4名)には筆者が要約し英語で伝えた。

12時40分頃、2班に分かれて再びマイクロバスに分乗して見学現場に向かった。第1班には広報部リスクコミュニケーターの太越吉弥氏が、第2班には放射線安全グループマネージャーの田中知信氏が説明にあたってくれた。タイからの参加者が含まれる第1班の英語による説明は筆者が、台湾からの参加者がいる第2班の英語の説明は近藤健次郎 KEK 名誉教授が務めた。第1班は事務本館→PP(保安)ゲート→3、4号機管理区域入域エリア→3号機原子炉建屋→高台にあるガスタービン発電機車(車中より見学)→事務本館の順で、第2班はその逆順で見学した。

筆者は第1班に同行した。PPゲートの手前でIDカードとポケット線量計をもらい、手のひらの形をコンピュータに登録した後金属探知ゲートを抜けてPPゲートに向かった。電話ボックスのような小部屋に入り、IDカードを読み込ませ、パスワードを打ち込んで手のひらを所定の場所に置くと反対側の扉が開き、ようやくPPゲートを通過した。3号機の原子炉建屋に入る前に、管理区域入域エリアで各自の靴を脱ぎ、綿靴下、綿手袋、さらにゴム手袋をつけた後管理区域専用の靴に履き替え、エレベータに向かった。最初に、最上階(6階)の燃料交換機室まで行きオペレーションフロアにある燃料貯蔵プールや燃料交換機の説明を受けた。次いで2階に降り、普段はなかなか立ち入ることができない原子炉格納容器内に入り、原子炉の真下にあるペDESTAL(台座)を見学した。これには海外からの参加者も感激していた。原子炉建屋内の見学を終えた後、入域エリアに戻って手袋と靴下を脱ぎ捨て、汚染検査装置で全身をチェックしてから管理区域の外に出て、再びPPゲートを通過して屋外に出た。ポケット線量計を返す時に、係の人が「今回の被ばくは10マイクロシーベルトでした」と教えてくれた。微量ではあるが、格納容器内に入ったためその数値が記録されたようだ。

見学を終えて14時45分頃に事務本館の会議室に戻り、質疑応答の後ビジターズホールに移動して貸し切りバスに乗り換え、15時過ぎにF2NPSを後にした。



工房寸描(高柴デコ屋敷)

帰路、郡山市郊外(郡山市西田町)にある高柴デコ屋敷に立ち寄った。「でこ」とは人形のこと、この人形屋敷は三春駒と三春張子人形の発祥地として知られている。江戸時代に三春藩領であったため、そこでつくられる民芸品は“三春駒”や“三春張り子”と呼ばれるようになったそうだ。人形づくりの工房が4軒あり、伝統のいきづく集落に私たちが到着したのは17時に近く、冬至間近のこの時期、あたりは夕闇に包まれていた。工房は通

常 17時に店じまいとのことだが、その日は観光協会が私たちの訪問を知っていて閉めずに待っていてくれた。

短い時間ではあったがデコ屋敷の散策と工房での買物を楽しむことができた。17時30分頃にデコ屋敷を後にして郡山駅に向かい、駅前で解散した。長い1日だったが、このエクスカージョンは海外からの参加者にも大好評だった。

最後に、この大変有意義なエクスカージョンの企画と準備に尽力された事務局の辻 萬亀雄氏に心から謝意を表す。

【研究報告】

## 実験・観察から「放射線の性質」学習への展開の試み

田中 隆一

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

(2017年2月28日受理)

〔要約〕放射線の性質を実験・観察授業のなかで理解する学習の可能性を検討するため、中学校理科教科書に基づく「放射線の性質」学習内容の現状を把握したうえで、霧箱実験における飛跡観察及び「はかるくん」測定における線量表示という二つの典型的な実験・観察を例にとり、「放射線の性質」学習への展開を試みた。その結果と考察を述べる。

### 1. はじめに

放射線の実験・観察は放射線授業の実践に取り組んでいる理科教員が最も重視する学習手段である。中学校での放射線教育の復活や福島での原子力災害を契機にして、霧箱や簡易測定器に関わる実験機材の研究開発を中心に、様々な改良・工夫が試みられている<sup>1)</sup>。その背景には、霧箱や「はかるくん」の実験では、放射線との出会い体験それ自体の学習効果が極めて大きいという放射線教育の際立った特徴があるが、実験・観察は、自然放射線や放射線の種類だけでなく、放射線の性質、利用、影響、防護、単位、科学史など、放射線に関わる幅広い項目の学習への効果的に展開可能であるという利点もある。

しかし、放射線実験において着目されている観察対象、たとえば放射線の飛跡や測定器の線量表示などから、どんな理科学習の展開が可能なのかについての考察は意図してなされてはいないと思う。たとえば、霧箱実験での飛跡観察のなかで放射線の通りぬける性質や電離作用など、教科書にも書かれている放射線の基本性質の学習へ導く授業はあまり実践されていないように見受けられる。

その背景として、放射線の性質については、教科書に書かれた通りの一片の知識として触れる程度でよいと考え、放射線の実験・観察の機会を活用して学ばせることに気付いていないか、あるいは、気付いたとしても、観察をもとに放射線の性質へと学習展開するためには、放射線と物質の相互作用などに関わる基礎知識を必要とするので、放射線に不慣れな理科教員はそこまで自己研鑽に努めるのは荷が重いと考えているのかもしれない。また、授業時間が制約されている状況では、出会い体験と放射線の存在確認だけで十分とおられるかもしれない。

しかし、感動的な出会いであればなおのこと、観察対象を科学的に知りたい、あるいは追及してみたいと思う生徒もいるはずである。そうした興味や関心にも教員が応えられるようになることが望ましいと考える。そこまでいかにくとも、放射線の基本性質について

は、単なる知識としてではなく、実験・観察を通して理解することが効果的であろう。

ここでは、「放射線の性質」を実験・観察のなかで理解する学習について検討するため、中学校理科教科書に基づく「放射線の性質」学習内容の現状を認識したうえで、霧箱実験における飛跡観察及び「はかるくん」測定における線量表示という二つの典型的な実験・観察を例にとり「放射線の性質」学習への展開を試みた結果について述べる。

## 2. 中学校理科教科書に基づく「放射線の性質」学習の現状について\*2)

平成28年度から中学校で使用されている5社すべての理科教科書に放射線の性質、つまり、物体を通りぬける性質(透過力)と電離作用(あるいはイオンにする能力)が放射線記述の冒頭部で明記されている<sup>3)</sup>(1社だけが電離作用の代わりに物質を変質させる性質と表現している)。また、放射線の種類によって透過力が異なることはどの教科書にも図示されているが、電離作用は「イオンにする能力」というあまり科学的とは言えない説明に止まっている。「イオン」も「放射線」とともに最近復活したキーワードであるが、現状では水溶液中の存在として扱われており、水溶液とは異なる環境における電離作用の物理的な理解にはつながりにくい。

原子・分子の成り立ちの知識をもとに電離作用を物理的に説き起こせば、後段の放射線の利用や影響についての科学基礎の理解へと導きやすいが、そのためには、放射線記述に割り当てられたかなりの記載スペースを基礎科学的な説明に割かなくてはならない。しかし、現状の中学校における放射線学習は「科学技術と人間」の単元に相応しい学習内容が期待されているので、理科的な記述を抑制し、社会的な扱いを優先せざるを得ないのではないかと推察する。

こうした教科書記述の制約を理科授業で補おうとすれば、霧箱や「はかるくん」による実験・観察における「放射線の性質」学習への展開が有効ではないかと考える。

## 3. 霧箱実験から「放射線の性質」学習への展開

霧箱実験は多くの生徒にとって馴染みのない放射線との身近な出会いの体験を提供し、それによって放射線の存在を確認する機会となる。白い筋として観察される $\alpha$ 線の飛跡、及び実験技術の高度化によって観察される $\beta$ 線の飛跡は、放射線が通過した跡であり、通常は、放射線が通過した道筋に沿って気体原子のイオンが生成し、飛行機雲発生と同様な原理で放射線が通過した跡が見える、と説明される。

ここでは、その説明を一步、二歩進めて、霧箱実験における飛跡観察から、放射線の性質についてどんな科学的な理解につながられるか、教科書の記述内容を参考として、さらに進んだ科学的な学習内容まで含めて、その要点を以下のとおりまとめてみた。

### (1) 飛跡観察に基づく放射線の基本性質の理解

- ① 飛跡は放射線が気体物質を通りぬけたこと、それと同時に、通りぬけながら気体物質へ電離作用を及ぼすこと、つまり、放射線の二つの基本性質が飛跡の観察をもとに理解される。

②  $\alpha$  線と  $\beta$  線は気体物質中で電離作用を繰り返しながら、それらがもつエネルギーを気体物質に与えることによって、そのエネルギーを連続的に失っていく。

## (2) 直接電離放射線と間接電離放射線についての理解

① 放射線とは物質に電離作用を及ぼすエネルギーをもつ粒子や電磁波のことであり、電離放射線とも言う。

② 電離放射線は直接電離放射線と間接電離放射線に大別される。

③ 直接電離放射線は電荷をもつ放射線( $\alpha$  線、 $\beta$  線、電子線、重粒子線など)であり、物質を構成する電子への静電気力の作用によって原子を直接的に電離する。飛跡を観察できるのはこのタイプの放射線に限られる\*<sup>1</sup>。

④ 間接電離放射線は電磁波としての  $\gamma$  線、X 線、中性子線などを指す。 $\gamma$  線、X 線は電離作用とは異なる物質へ作用\*<sup>2</sup>において副次的に発生するエネルギーの高い電子線によって、間接的に物質に電離作用を及ぼす。 $\gamma$  線や X 線は物質を通りぬける道筋に沿って連続的に物質へ作用を及ぼさないので、 $\alpha$  線や  $\beta$  線の場合のような飛跡は残さない。

## (3) 直接電離放射線の電離密度\*<sup>3</sup>と物質へのエネルギー付与

①  $\alpha$  線の飛跡は太く、 $\beta$  線の飛跡は細いのは、両者の電離密度の違いに因る。 $\beta$  線の電離密度は  $\alpha$  線のそれよりはるかに小さいので明瞭な目視観察が難しい。

② 直接電離放射線は、その電離密度が高いほど、単位通過距離当たりに物質に付与するエネルギーが大きい。同一のエネルギーをもつ  $\alpha$  線と  $\beta$  線を比べると、 $\alpha$  線の透過力は  $\beta$  線に比べて格段に弱く、通常において紙 1 枚で止まる。

③ なぜ、 $\alpha$  線は  $\beta$  線よりも透過力がはるかに小さいのか？その最大の理由は、同一のエネルギーをもつ  $\alpha$  線と  $\beta$  線を比べると、その速さは  $\alpha$  粒子の方がはるかに遅いからである。遅いほど静電気力の作用時間が長く、結果として通路沿いの物質に多くのエネルギーを付与するので電離密度が高くなり、飛跡が太くなる。つまり、 $\alpha$  線の透過力が  $\beta$  線より弱いのは、 $\alpha$  粒子(ヘリウム原子核)が  $\beta$  粒子(電子)よりもはるかに重いからではない。このことは高校レベルの数式で説明できる。

④ なぜ、 $\alpha$  線の飛跡は直線的で、 $\beta$  線の飛跡は非直線的なのか？これは③の不正解の理由がここでは正解となる。

\* 1 霧箱を用いた自然放射線の観察実験では、 $\alpha$  線のほかに  $\beta$  線の飛跡が見えると説明されているが、実は  $\beta$  線だけではなく、 $\gamma$  線による物質への作用\*<sup>2</sup>によって副次的に発生する電子線も同時に観察される。しかし、この電子線を  $\beta$  線と判別することは一般的には難しい。

\* 2 光電効果、コンプトン効果、電子対生成など<sup>4)</sup>。

\* 3 直接電離放射線が通過する物質の単位通過距離当たりの電離数

#### 4. 「はかるくん」実験から「放射線の性質」学習への展開

霧箱実験では、これまで見てきたように、電離放射線( $\alpha$ 、 $\beta$ 線など)による空間的な特徴がよく現れるのに対して、自然放射線に関わる「はかるくん」実験では、むしろ間接電離放射線( $\gamma$ 、X線など)による時間的な特徴がよく現れる。

1時間当たりのマイクロシーベルト値として表示される「はかるくん」の線量表示は、内蔵された固体検出素子(シンチレータ)に入射する放射線( $\gamma$ 、X線)による間接的な電離作用の結果として、二次的に発生した光の量を線量に換算した結果である。

ここでまず学習すべきことは、どんな放射線測定技術も放射線の性質を利用することで成り立っている。「はかるくん」を含めて、線量計の多くの原理は放射線の基本性質としての電離作用に基づいている。

人工放射線の利用において、放射線の強度は通常において時間的に一定に管理されているが、学校授業の放射線実験に利用されている放射線の強度は時間的な変動の大きい微弱な自然放射線とほぼ同レベルであるため、「はかるくん」の線量表示は時間的に変動し、不安定な傾向を示す。このため、線量表示のための時定数の調節によって表示の不安定性をカバーする工夫や、表示値を繰り返し読み取って平均値をとる工夫が指導される。これは、遮蔽効果や距離減衰を調べる放射線実験において信頼に足るデータをとるために生徒が習得すべき実験技術とされている。しかし、「はかるくん」実験を通して自然放射線のどんな性質を学べるかについて考察する本著の目的からすれば、線量表示の時間的な変動やデータのばらつきは、解決すべき実験課題というよりも、考察の対象である自然放射線の性質そのものでもある。

ここでは、観察される線量表示の時間的な変動などから、自然放射線の性質についてどんな理解につなげられるか、以下に述べる二つの要点にまとめてみた。

##### (1) 自然放射線の時間的な性質

日常生活においてわれわれが受けている自然放射線は、太陽などの自然光とは大きく異なり、時間的にはとびとび、空間的にはまばらの不連続なものであることを、「はかるくん」やGMサーベイメータの線量表示を通して学習する。

付け加えるならば、「はかるくん」の線量表示は、自然放射線に特徴的な、とびとびの、まばらな作用を時間的・空間的に足し合わせた線量という“ものさし”を設けて、放射線による効果や影響を比較し予測できるように、科学研究と技術開発の積み重ねによって達成された大きな成果として認識すべきである。

##### (2) “素通り”という放射線の性質

すでに述べたように、通りぬけるという放射線の性質には、 $\alpha$ 線や $\beta$ 線のように、電離作用を連続的に繰り返しながら物質を通りぬける場合と、 $\gamma$ 線やX線のように、電離作用とは異なる物質へ作用\*<sup>3</sup>を不連続的に繰り返し起こしながら、物質の深いところまで通りぬける場合がある。 $\gamma$ 線は、不連続な作用点以外の物質空間を、作用なしの通過、つまり、“素通り”している<sup>5)</sup>。したがって、固体検出素子に入射しても、なにもせず“素通り”する

場合もある。“はかるくん”の場合、固体検出素子を素通りする  $\gamma$  線のほうが、作用を及ぼすことで検知される  $\gamma$  線よりもはるかに多い。この“素通り”が線量表示の時間的な変動を大きくしている。検知される割合は  $\gamma$  線のエネルギー、シンチレータの物質やサイズなどによって決まるが、シンチレータが小さいほど線量表示が不安定となる。このように、「はかるくん」実験で観察される線量表示の不安定性には、自然放射線の時間的な性質だけでなく、放射線作用の性質も大きく関わっている。

因みに、“素通り”という放射線の性質の極端な例示としてニュートリノがある。地球上の人間は大略 100 兆個ものニュートリノを毎秒受けている。ただし、身体中でのニュートリノの作用は零とみなせるので、人体を通りぬける“放射線の量”は莫大かもしれないが、線量はゼロとみなせる。線量(あるいは放射線量)は放射線による物質への作用の結果に関わる量であることが、ニュートリノのような極端な実例をとおして、明瞭に理解できる。

## 5. まとめ

以上、霧箱実験における飛跡観察及び「はかるくん」測定における線量表示という二つの実験・観察を例にとり、「放射線の性質」学習への展開を試みた。放射線の実験・観察に関わる考察のかなりの部分は、中学校での学習内容のレベルを超えてしまうが、霧箱や「はかるくん」による実験・観察を実践している理科教員がこれに関心をもち、「放射線の性質」学習への展開へ目を向けるきっかけとなればありがたいと考える。また、実験・観察の授業における生徒の疑問や関心に的確に応える材料としても役立つことを期待する。

考察の中では、できるかぎり専門的なキーワードを避けるように心がけたつもりであるが、 $\alpha$  線、 $\beta$  線と  $\gamma$  線、X 線の性質の違いに言及しないと、実験・観察の結果を的確に理解できない場合もあると考えて、教科書の学習内容のレベルをかなり越えて説明した。「はかるくん」実験が誘導する「放射線の性質」学習の内容が霧箱実験に比べて難しいのは、「放射線の性質」理解が間接電離放射線の作用や測定に関わるためと思われるが、実験・観察で抱かれるかもしれない疑問に対して、曖昧なままにしておく対応だけでなく、 $\gamma$  線作用の特徴に踏み込んだ説明も時には有効ではないかと考える。専門的内容に踏み込んだ説明が近年それほど敬遠されなくなっている傾向については、福島の原子力災害を踏まえて放射線測定器が広く普及したため、専門知識を遠ざけてばかりいられなくなった背景があると思われる。

放射線授業の実践において、本著の試みが実際に役立つかどうかについては、授業現場を知らない著者には判断する材料がない。今後の改善のためにも、放射線授業に関心のある理科教員から遠慮なくご意見を聴かせていただければありがたい。

最後に、大雑把なまとめとして、霧箱実験と「はかるくん」実験における学習内容の比較表を作ってみた(表1)。二つの異なる特徴的な実験・観察によって、放射線教育の広い分野の着目対象がカバーされていることに気付く。

今後の方向性としては、放射線の多様な利用についての学習の展開として、放射線そのものについて科学的に理解する考察を本論の延長として試みたいと考えている。

表1 霧箱実験と「はかるくん」実験における放射線の着目対象比較

項目	霧箱実験	「はかるくん」実験
観察対象	放射線飛跡	線量表示
観察対象の特徴	主に空間的現象	主に時間的現象
主対象の放射線	$\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 荷電粒子線、直接電離放射線	$\gamma$ 線(自然放射線)、X線 間接電離放射線
主な実験目的	飛跡観察、自然放射線・自然 放射性物質に関する学習	物質透過力、遮蔽、距離減衰、 放射線場・自然放射線量測定
学習可能な 放射線の性質	気体物質の透過、 電離作用	$\gamma$ 線の作用、時間的変動、 放射線の素通り
発展的な学習事項	電離密度、エネルギー付与	人工放射線(制動放射)、線量単位
科学史	チャールズ・ウィルソン	真空放電、クルックス管、加速器 ヴィルヘルム・レントゲン

#### 参考文献

- 1) 森千鶴夫, セミナーなどに触発された放射線実験機材の開発, 放射線教育, Vol.18, No.1, 66-70 (2014)
- 2) 田中隆一, 放射線学習の骨組みを構成するキーワードの要点解説, 放射線教育, Vol.16, No.1, 57-66 (2012)
- 3) 田中隆一, 新しい中学校理科検定済教科書における放射線記載の傾向, 日本エネルギー環境教育学会 第10回全国大会論文集, 114-115 (2015)
- 4) 原子力百科事典 ATOMICA
- 5) 田中隆一, 「放射線量」は「放射線の」量ではない, 放射線教育フォーラムニュースレターNo.63, 11 (2015)

【解説】

## ニホニウム、Nh\*

アジア初、日本発 113 番元素

柴田 誠一

理化学研究所仁科加速器研究センター研究嘱託、京都大学名誉教授

(2017年2月24日受理)

### 1. はじめに

私たちの身の回りには様々な物質が存在しています。人間は昔からすべての物質の根元となるものが存在すると考え、解明に努めてきました。この根元となるものが元素です。この元素として、古代中国では、木・火・土・金・水の五行、古代ギリシャでは、土・水・空気・火の4元素が考えられました。現在も用いられている元素の概念を確立したのはラボアジエで、彼は「分析の結果達しうる最後の物質に元素なる言葉を与えるならば、すべての物質は元素まで分解しうる。」としています。

現在では、物質を構成する究極的な粒子が原子で、原子は、その中心にきわめて小さい正の電荷をもった原子核と、そのまわりを運動している電子から構成されていることがわかっています。この原子核は、正の電荷をもつ陽子と電荷をもたない中性子とからなっていて、原子番号はこの原子核中の陽子の数に等しく、この陽子の数が原子の化学的性質を決定しています。そして、原子核中の陽子の数と中性子の数の和を質量数といいます。原子番号を用いて元素を定義すると、「特定の原子番号をもつ原子によって代表される物質種を元素という。」となり、また「元素とは同じ原子番号を有する複数の原子である。」ということもできます<sup>1)</sup>。

### 2. 113 番元素正式決定

2015年12月31日、埼玉県和光市にある理化学研究所(理研)の重イオン加速器施設で合成された113番元素がIUPAC(国際純正・応用化学連合)により新元素として正式に認定されたとのニュースが流れました。翌日の2016年元日の新聞にもこの記事が掲載され、新元素を発見した超重元素研究グループ(グループディレクター:森田浩介九州大学大学院理学研究院教授)にはその元素の命名権が与えられました。そして、グループが2016年3月18日にIUPACへ提出した113番元素の元素名案および元素記号案について、6月8日IUPACによるパブリックレビューが開始されました。その際、理研グループが提案した元素名案が「Nihonium (ニホニウム)」、元素記号案が「Nh」であることが明らかにされました。このパブリックレビューは5か月間行われ、IUPACの審議を経て、11月30日にIUPACは113番元素の元素名、元素記号を、「Nihonium (ニホニウム)」、「Nh」とすることを正式に発表しました。初めて日本人の手で発見された新たな元素が周期表に加わります。ここでは113番元素の発見に至る経緯について理研のホームページに掲載された記事<sup>2)</sup>をもとにその概要を紹介します。

### 3. 113 番元素の合成

原子番号が 103 を超える元素は、超アクチノイド元素または超重元素と呼ばれ、加速器で加速された原子核のビームを標的の原子核に衝突させ、核融合を起こすことで合成されます。

113 番元素は、理研の重イオン線形加速器ライラック (RILAC)

(図 1) を用いて、亜鉛

(Zn:原子番号 30、つまり陽子数 30 個)の原子核とビスマス (Bi:原子番号 83、陽子数 83 個)の原子核を衝突させ、融合させることにより合成されました。亜鉛とビスマスを融合させれば、 $30+83=113$  となり 113 番元素を作ることができます。この融合の難しい点は原子核の大きさが 1 兆分の  $1(10^{-12})\text{cm}$  と非常に小さくほとんど衝突しないこと、たとえ衝突したとしても融合する確率が 100 兆分の 1 バーン(barn)、つまり  $10^{-38}\text{cm}^2$  と大変小さいことで、実験では大量の亜鉛原子核をビームにしてビスマスの標的に当て続けました。また、原子核は正の電荷をもっていることから、原子核と原子核を近づけるとクーロン反発が生じます。このクーロン反発を乗り越えて融合させるように亜鉛原子核のビームのエネルギーを上げねばなりません、エネルギーを上げすぎると標的のビスマスの原子核が破碎され、113 番元素を作ることはできなくなります。したがって、ビームのエネルギーの微妙な調整が重要となるのです。このような条件は RILAC により克服されました。実験では、1 秒間に 2.4 兆個もの亜鉛原子を光速の 10%にまで加速し、ビスマスの標的に照射しました。もしビーム量が 10 分の 1 だったら、理研グループは 113 番元素を 3 個作るのに 10 年近くかかりましたから、時間的にはその 10 倍の 100 年かかることになり、実現不可能な実験でした。RILAC から得られるこのビームは、そのまま当て続けると厚さ 1 万分の 5 mm のビスマス標的に穴を開けてしまうほど強力なもので、それを避けるために同じ場所にビームが当たり続けることがないように、標的を円盤上に並べ、実験中は毎分 3000 回転以上で回す回転標的が用いられました。また、実際に 113 番元素が合成されるのは非常に稀で、そのうえ折角出来ても、大量の亜鉛ビームに混じっていて、その中から 113 番元素だけを効率よく確実に分離し、半導体検出器に導かねばなりません。そのための装置が気体充填型反跳分離器(GARIS)(図 2)です。

GARIS では電磁石で粒子の進路を曲げることによって、つまり粒子の質量と電荷によって曲がり方が決まることを利用して、目的の元素を選び出します。ビスマスの標的で作られた 113 番元素の質量は一種類ですが、電荷はバラバラなので、曲がり方もバラバラになります。そのままでは 113 番元素が生成しても検出器に導くことはできません(電子が 113 個付いていれば電荷 0 価、電子が 110 個(3 個取れている)なら+3 価になります)。

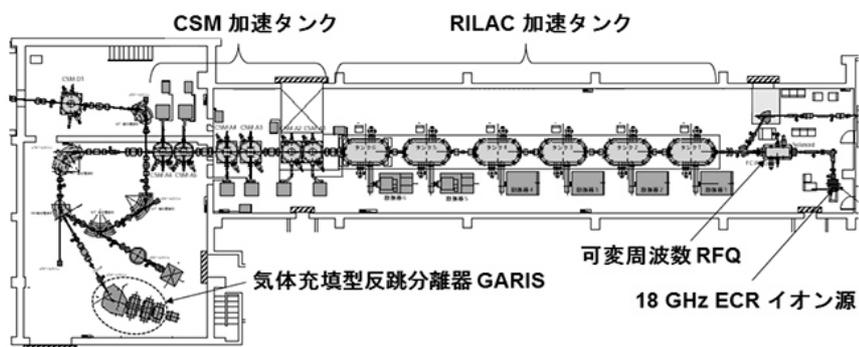


図 1. 重イオン線形加速器(RILAC)

ECR イオン源から引き出された亜鉛イオンは可変周波数 RFQ と RILAC 加速タンクで加速され、CSM 加速タンクを通過後、最終的に光速の 10%程度の速度に到達してビスマス標的に照射される。

そこで GARIS に詰めてあるヘリウムガス（気体充填型というのはヘリウムガスが詰めてあるということを意味します）が重要な役割を果たします。できた 113 番元素がガス中を進む際、ヘリウムと衝突を繰り返しながら電子のやり取りを続けます。実はこの電子のやり取りを続けることによって電荷の平均値が一定の値に定まってくるのです（平均平衡電荷:この実験

では+11.9 価）。113 番元素はこの値で決められる一定の軌道上を生成当初の電荷とは関係なく進み、もれなく検出器に達し、検出されるのです。

実験は 2003 年 9 月 5 日に開始され、翌年の 2004 年 7 月 23 日に最初の 113 番元素の合成が確認されました。113 番元素の合成を確認するためには、この新元素がアルファ壊変を利用します。アルファ壊変は原子核からアルファ粒子（ヘリウム原子核、原子番号 2）が放出される現象で、1 回のアルファ壊変で原子番号が 2、質量数が 4 減少します。新元素からは数秒のうちに次々と 4 個のアルファ粒子が放出され、その後核分裂を起こしました。この 4 個目のアルファ粒子のエネルギーが当時既に知られていた Bh-266（ボーリウム-266、原子番号 107、中性子数 159）が放出するアルファ粒子のエネルギーと一致していて、これは新元素が陽子数 2 のアルファ粒子を 3 個放出してボーリウムになったということ、つまり新元素は、 $107+2+2+2=113$  番元素であるということを示していたのです。

さらに翌年の 2005 年 4 月 2 日に 2 個目が確認されました。この場合も 1 個目と同様の 4 回のアルファ壊変とその後の核分裂が観測されました。しかし、この 2 つの観測では IUPAC の認定を得ることが難しかったため、実験はさらに続けられました。そして 7 年の歳月を経て 2012 年 8 月 12 日、ついに 3 個目が観測されたのです。これは 4 個のアルファ粒子を放出して Db-262（ドブニウム-262、原子番号 105、中性子数 157）になった後も核分裂しないで、さらに 2 個のアルファ粒子を放出し、既知核の Md-254（メンデレビウム-254、原子番号 101、中性子数 153）に壊変したことが確認されました。Db-262 は、核分裂とアルファ壊変の両方の壊変モードを持っていることが既に確立されていて、アルファ壊変の観測が待望されていました。この 3 個目がアルファ壊変を示したことにより、新元素の合成が疑義なく証明できたのです。図 3 にこれら 3 個の壊変過程を示します。

113 番元素については、ロシアの研究グループも別な核反応を使って発見したことを主張していたのですが、この 3 個目の発見が決定打となり、IUPAC が、作業部会での審議を経て、理研グループの 113 番元素発見を正式に認定することとなり 2015 年大晦日の発表になったのです。

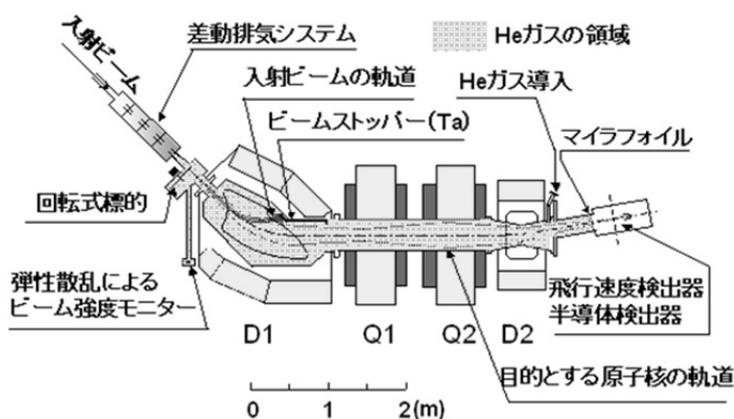


図2. 気体充填型反跳核分離装置 (GARIS)

核融合反応で合成された 113 番元素は、この装置で入射ビームや妨害生成物から分離され、半導体検出器で観測される。

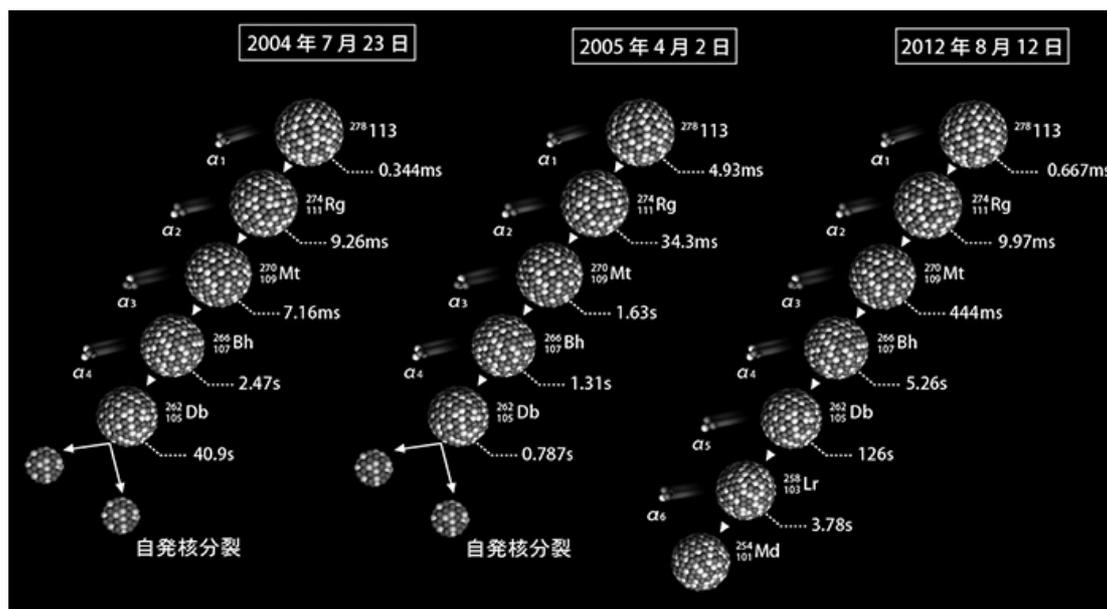


図3. 観測された3個の113番元素の壊変過程

#### 4. ニホニウム (Nh) の提案

理研グループは、この113番元素に対し、元素名として「Nihonium (ニホニウム)」、元素記号として「Nh」を提案しました。この名前は、事前に漏れてしまうと認定されなくなることから、IUPACが提案名を発表するまで厳密に機密が守られました。提案された「ニホニウム」、そこにはこの実験が国(つまり国民の税金)の支えにより遂行できたことによる心からの感謝の気持ちが込められています。

「ニホニウム」と提案されたと聞くと、なぜ「ニッポニウム」ではないのかとの疑問が生じると思います。その理由は、100年ほど前に東北帝国大学の小川正孝教授がトリアナイトと呼ばれる鉱物中に新元素を発見し、その名前として「ニッポニウム」を提案したことによります。周期表の43番元素がこの新元素であると報告したのですが、残念ながら追試で確認できず周期表から除かれました。現在では、小川教授が見つけていたのは周期表で43番の1周期下の、当時これも未発見だった75番元素レニウムであったことが示されています。ちなみに43番元素は、その後天然には存在しない人工放射性元素のテクネチウムであることがわかっています。この「ニッポニウム」という名前は1900年代初期の一時期、元素の周期表に掲載されていました。一度使われた名前は再び使うことはできないというIUPACのルールにより、「ニッポニウム」は使えないのです。

今回、113番元素に加えて、115番、117番、118番元素の元素名、元素記号がパブリックレビューを受け、2016年11月30日に113番元素と同時に正式に決まりました。それらの元素名は、115番元素がMoscovium (モスコビウム)、Mc、117番元素がTennessine (テネシン)、Ts、118番元素がOganesson (オガネソン)、Ogです。これらの名前の由来は、それぞれ115番がロシアのモスクワ、117番がアメリカのテネシー州、118番がロシアの物理学者オガネシアンにちなんだものです。115、117、118番元素の命名は、ロシアとアメリカの合同チームが発見したことによります。IUPACが発表した今回正式に決まった元素

名を含む周期表を図4に示します。これで第7周期までのすべての元素が発見され、周期表が第7周期まで完結したことになります。この周期表では、これまで未発見の元素に用いられた元素の系統名（注1）が消えて、すべて正式名称になっています。

113番、115番元素については、第1から16族の新元素と同様に語尾に“-ium”が付けられて命名されましたが、117、118番元素の名前は、それぞれテネシン、オガネソンと決まりました。これらの命名についてはハロゲン元素、希ガス元素に対する従来の命名法が踏襲されています。

**IUPAC Periodic Table of the Elements**

Key: atomic number Symbol name combined atomic weight standard atomic weight																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1 H hydrogen [1.0078, 1.0082]	2 He helium 4.0026												13 B boron 10.81	14 C carbon 12.011	15 N nitrogen 14.007	16 O oxygen 15.999	17 F fluorine 18.998	18 Ne neon 20.180																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3 Li lithium 6.941	4 Be beryllium 9.0122											13 Al aluminum 26.982	14 Si silicon 28.086	15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06	17 Cl chlorine 35.45	18 Ar argon 39.948																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
11 Na sodium 22.990	12 Mg magnesium 24.305											19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078	21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.867	23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 51.996	25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845	27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.693	29 Cu copper 63.546	30 Zn zinc 65.38	31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.631	33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.96	35 Br bromine 79.904	36 Kr krypton 83.796																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224	41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.94	43 Tc technetium 98.906	44 Ru ruthenium 101.07	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60	53 I iodine 126.90	54 Xe xenon 131.29	55 Cs cesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.38	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium [209]	85 At astatine [210]	86 Rn radon [222]																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
87 Fr francium [223]	88 Ra radium [226]	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium [261]	105 Db dubnium [262]	106 Sg seaborgium [263]	107 Bh bohrium [264]	108 Hs hassium [265]	109 Mt meitnerium [266]	110 Ds darmstadtium [267]	111 Rg roentgenium [268]	112 Cn copernicium [269]	113 Nh nihonium [270]	114 Fl flerovium [271]	115 Mc moscovium [272]	116 Lv livermorium [273]	117 Ts tennessine [274]	118 Og oganesson [276]	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY

For notes and updates to this table, see [www.iupac.org](http://www.iupac.org). This version is dated 28 November 2016. Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

図4. 元素の周期表 (IUPAC: 2016年11月28日版)

第17族（ハロゲン元素）は、第2周期のフッ素（Fluorine）から順に、塩素（Chlorine）、臭素（Bromine）、ヨウ素（Iodine）、アスタチン（Astatine）、そして第7周期がテネシン（Tennessine）となり、第18族（希ガス元素）は、第1周期のヘリウム（Helium）は除きますが、第2周期のネオン（Neon）から順に、アルゴン（Argon）、クリプトン（Krypton）、キセノン（Xenon）、ラドン（Radon）、そして第7周期がオガネソン（Oganesson）となりました。つまり、117番元素については第17族（ハロゲン元素）に共通である“-ine”が、118番元素については第18族（希ガス元素）に共通の“-on”が命名にあたり語尾に付けられたのです。

5. おわりに

今回、発見が正式に認められた113番元素は、2003年9月の実験開始から10年近い年月の間に、困難ななか3個の原子が合成されました。その寿命は約1000分の2秒と短く、瞬く間にほかの元素へと壊変します。新元素は現在のところ、人々の生活に直接かかわることはないと考えられます。しかし、元素は世界の構成要素であり、これを探求することは、人類に科学の基礎を与え、原子核の安定性についてより深い理解を与えます。物質の存在にかかわる基礎研究の深化は、未来の科学、ひいては科学技術と社会の発展に大きな

貢献をすることは間違いありません。

このようなひたすら待ち続ける忍耐を要する実験がこの日本で行われ、しかも見事に結実したことは驚くべきことです。昨今の、研究者は自ら外部研究資金を獲得し、短時日に結果を出さなければならない風潮では到底なしえない研究といえるでしょう。

グループディレクターの森田教授は「待っていれば、必ず来る。」と信じて、10年にわたって実験を継続して行いました。しかし、さすがにエンドレスで実験はできません。実はこの実験は、2012年10月までで終了とされていたのです。3個目の合成は実験終了の二か月前に放たれた「劇的ホームラン」でした。

理研の超重元素研究グループは、次の目標を119番元素に定めて新たな挑戦を開始しています。119番元素は元素の周期表の第8周期に登場する最初の元素です。新たな周期、未知の領域への挑戦の始まりです。元素は何番まで存在するのでしょうか。この根元的な問いへの答えを求めて、新たな装置、測定法を開発することにより、さらなる超重元素合成への挑戦は続くことでしょう。さらに121番元素になると、原子の構造において未知の電子軌道であるg軌道が現れることが予想されます。d軌道元素（遷移元素）、f軌道元素（内遷移元素）に続いてどのような性質を持つのでしょうか。また、1970年代頃から、原子番号114、質量数298、つまりフレロビウム-298 (Fl-298)の付近に存在すると理論的に予想されている「安定の島」(注2)は本当に存在するのでしょうか。今回発見されたのは、質量数278のニホニウム (Nh-278)ですが、中性子がもっと多く含まれる（中性子過剰）領域への挑戦も期待されます。新たな発見へ向けて克服すべき課題はとてつもなく大きいものですが、興味は尽きません。

ここでは、113番元素の発見に至る実験内容と、元素名の提案、正式決定について簡単に紹介してきましたが、元素名の命名に込められた研究者の思いに触れるたびに、筆者は19世紀フランスの生化学者、細菌学者レイ・パスツールの有名な言葉を思い出し、その意味をかみしめています。最後にそれを引用して結びとします。

「科学に国境はない。しかし科学者には祖国がある。」

\*この解説は、ニホニウム正式決定を受けて、学校図書株式会社「教科研究 理科 No. 203(2016)」に執筆した原稿に加筆、改訂したものです。

#### 参考資料

- 1) 長島弘三、富田功 共著「一般化学（三訂版）」裳華房 2013年
- 2) <http://www.nishina.riken.jp/113/>

#### 注1. 元素の系統名

1960年代に103番元素のローレンシウム (Lr) が発見され、元素の周期表に加えられてからその後30年ほど周期表に新しい元素が加えられることはありませんでした。実は104番元素は、1960年代のうちに発見されていたのですが、アメリカと旧ソ連のグループがそ

れぞれに発見の優先権を主張し、その決着がつかなかったからです。そのようなこともあって、104番元素のことを、ウンニルクアジウム(Unq)という系統名で呼んでいました。(104番元素の正式名称は1997年に、ラザホージウム、Rdと決まりました。)

表1. 元素の系統名

数字	名称	原子番号	系統名	省略表記	元素記号
0	nil	113	Ununtrium	Uut	Nh
1	un				
2	bi	115	Ununpentium	Uup	Mc
3	tri				
4	quad	117	Ununseptium	Uus	Ts
5	pent	118	Ununoctium	Uuo	Og
6	hex	119	Ununennium	Uue	
7	sept	120	Unbinilium	Ubn	
8	oct	121	Unbiunium	Ubu	
9	enn				

これは、IUPACが1970年代後半に、正式な名称が定まっていない新しい元素を呼ぶために決めた系統的な命名法による呼称です。表1にIUPACが定めた0から9までの表し方と元素の系統名を示します。113番で説明すると、1がウン(un)、3がトリ(tri)で、最後にイウム(-ium)を付けて、ウンウントリウム(Ununtrium)となります。この表記では長すぎるのでふつうはそれぞれの頭文字をとって、Uutと表します。

この方法では、0から9までの表し方が決められていますので、今後発見されるであろうすべての元素について系統的に名前を付けることができます。例えば120番元素はun-bi-nil-ium、つまりUnbinilium、Ubnとなります。

## 注2. 安定の島

原子核の安定性を示す尺度として、魔法数があります。これは、原子核が特に安定となる陽子と中性子の数のことで、陽子と中性子に共通の魔法数として2、8、20、28、50、82が、さらに中性子の魔法数としてそれらに加えて126が知られています。これは、原子が希ガスの電子構造をとるときに化学的に安定になることを説明する原子模型と同様の考えに基づきます。両方とも魔法数(二重魔法数)になる原子核、たとえば質量数208の鉛(原子番号(陽子数)82、中性子数126)は、非常に安定な原子核として知られています。ところが、50年ほど前に陽子については次の魔法数は114との理論的予測が出されました。中性子の次の魔法数は184と予測されていましたから、原子番号114、質量数298の原子核は二重魔法数を持ち、その付近には相対的に安定で半減期が長い核種が存在する可能性が指摘されました。横軸を中性子数、縦軸を陽子数として原子核の存在を表す核図表でみると、これらの原子核は既知の核種が分布する領域から離れたところに飛び地のようになっていることがわかります。それで、この領域のことを「安定の島」と呼んでいます。この「安定の島」の発見をめざして、この領域にあるまだ見ぬ超重元素を人工的につくる挑戦も続いています。

# 「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と思われるもので、長さ、新規性により研究報告、ノート、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](mailto: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すると思われる、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する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 ページ以下)

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。

## 資料 (10 ページ以下)

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 を使い、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 を使い、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 →  $3.7 \times 10^5$  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ぬときは、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  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{131}\text{I}$  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に一括すること。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  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{40}\text{K}$  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】

2016年度は、当フォーラムの活動において特記すべきことがありました。昨年12月に第5回放射線教育に関する国際シンポジウム(ISRE2016)を、8年ぶりに福島県郡山市で開催したことです。今回は、開催のための準備期間が短かったにもかかわらず、4日間の開催行事を当初の予定通り、前回までと比較して小規模ながら、盛会裏に終えることができました。開催にあたっては様々なご支援、ご協力をいただきました。それらの方々に、この場をお借りして感謝申し上げます。シンポジウムの内容は、本号の国際シンポジウム特集としてまとめてあります。

また、当フォーラムでは、2013年度より主に中学校理科における放射線授業を支援するため、教員と専門家や支援者が参加してのパネル討論会を開催してきました。その大きな目的は2011年度から30年ぶりに復活した中学校理科の放射線教育を対象とし、福島県をはじめ全国各地の先生方が実践した授業の報告を受け、教育現場の現状を知るとともに、専門家による授業支援のあり方を検討していくことでした。そのまとめの報告は次号に掲載の予定です。4年にわたったこの活動は、今年度で一区切りとし、次の企画についての議論が始まっています。この活動を受けて、放射線の性質を実験・観察授業のなかで理解する学習の可能性を検討した研究報告を掲載しています。中学校理科教科書に基づく「放射線の性質」学習内容の現状を把握したうえで、霧箱実験における飛跡観察及び「はかるくん」測定における線量表示という二つの典型的な実験・観察を例にとり、「放射線の性質」学習への展開を試みた結果と考察が述べられています。

2015年大晦日に、理化学研究所で発見された113番元素が国際純正応用化学連合(IUPAC)により正式に認定されました。そして、昨年11月にIUPACにより、その名称がニホニウム、元素記号がNhと発表されました。これは放射線関連研究分野における久々の快挙でした。その簡単な紹介記事も掲載しています。

本号の内容から、前号の編集後記にも書かれていましたが、放射線は特別なものではなく、自然界のどこにでも常に存在し、ノーベル賞につながるようなワクワクする最先端の研究テーマを包含するものであることを理解していただければと思います。

最後にお願ひです。「放射線教育」と「ニュースレター」の発行には会員各位の協力が欠かせません。ぜひ皆様の積極的な投稿をお願いいたします。(柴田誠一)

## 放射線教育 Vol. 20, No. 1 (2016)

発行日： 2017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： 柴田誠一（委員長）、工藤博司（副委員長）、堀内公子、細渕安弘、  
岩崎民子、大野新一、緒方良至、菊池文誠、小高正敬、畠山正恒、  
大森佐與子

事務局： 〒110-0015 東京都台東区東上野 6-7-2 萬栄ビル 202 号室

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](mailto:forum@ref.or.jp)

# 放射線教育フォーラム 2016 年度活動報告

頁

1. NPO 法人放射線教育フォーラムの活動の概要	1
2. NPO 法人放射線教育フォーラムの 2016・2017 年度役員名簿	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、ニュースレターの発行	5
5. 第 5 回放射線教育に関する国際シンポジウムの開催記録	8
6. 第 5 回放射線教育に関する国際シンポジウム実施報告	10
7. 国際シンポジウム海外参加者の教育研修(報告)	12
8. 2016 年度教育課程検討委員会の活動報告	13
9. 第 53 回アイソトープ・放射線研究発表会におけるパネル討論の企画	15
10. 第 63 回全国中学校理科教育研究会群馬大会への出展報告	16
5. ～7. は放射線教育フォーラムニュースレター67号に掲載。	
10. は同 65 号に掲載	



## 1. NPO 法人放射線教育フォーラムの活動の概要

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るボランティア組織であり、1994年4月に設立してから今年度で22年目を迎えた。その間に2000年11月にNPO法人の認証を受けた。

当フォーラムは、2011年に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故から6年を経過したが、その事故以前から多くの人々が放射線や放射能に対して過剰の不安感・不信感を抱いており、そのことが原子力エネルギーに対するリスク認知を歪めている。さらには世間一般の人々が科学・技術の進歩によって恩恵を受けている一方で、生徒達に「理科離れ」、「理科嫌い」の傾向が見られる現状を憂慮している。

この現状を打開するために、当フォーラムは小・中・高の教育において、エネルギー環境問題・放射線・放射能・原子力に関する正しい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を改善するとともに、学校における放射線授業の支援に重点を置いて、勉強会、セミナー、および国際シンポジウムを企画・開催している。また、専門委員会を設けて諸課題を検討し、それをもとに文部科学省など関係当局に政策提言を行なうなどの活動を行ってきた。

第5回放射線教育に関する国際シンポジウム (ISRE2016) を第4回国際シンポジウムから8年ぶりの2016年16日～19日の4日間、福島県郡山市の郡山商工会議所ホールで開催した。このシンポジウムでは一般公開セッションおよび見学会も企画し、小規模ながら時宜に合った基調講演、口頭発表、ポスター発表など37件があった。参加者数は、専門家、放射線教育への支援者、台湾、タイからの参加者に加えて、教育現場の学校教員や一般市民などを含めて、95名であり、盛会裏に終了した。基調講演者の先生方、組織委員会委員各位、後援団体関係者各位、当フォーラム団体会員ならびに個人会員の財政的支援および開催運営へのご協力に心より感謝申し上げます。

当フォーラムの会員数は、2017年3月現在で個人正会員数122名、団体正会員数29団体である。福島原発事故の発生以後、原子力事業関係団体の団体会員の退会が急増した経緯がある。当フォーラムにとっては、団体及び個人会員の減少が直接に財政に影響を及ぼし、NPO活動にとって危機的状況をもたらしかねないのが現状である。このような財政的基盤の改善を図るためにも団体および個人会員の勧誘に努力を重ねている。活気あるフォーラムを目指すためには、なにを置いても会員数の増強が重要である。

今年度の定常的な事業活動としては、第1回勉強会を6月、公開パネル討論「今やる、放射線教育Ⅳ」を11月、第2回勉強会を3月、いずれも東京慈恵会医科大学ラジオアイソトープ実験研究施設との共催により開催した。今年度もこれらの催し全てが参加者に好評であった。

専門委員会の活動については、「教育課程検討委員会」を今年度は4回実施した。その他の委員会は開催されなかった。

当フォーラム運営のための今年度の活動については、通常総会を6月に開催するとともに、理事会を2回開催した。円滑な運営を図るため、一昨年度から実施している「事務連絡会議」を毎月1回定例的に実施した。

定期・不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.20, No.1を発行した。2016年度の活動報告や活動に関わる参考資料は同誌の巻末付録とした。ニュースレターをこれまで通り3回(6月、11月、3月)発行し、フォーラム設立以来の全号数は67に達した。

以上の活動については、当フォーラムのホームページ (<http://www.ref.or.jp>) に掲載されている。トップページには主な情報分類として、「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」 「GREETINGS IN ENGLISH」など7項目を編集し配置した。

## 2. NPO法人放射線教育フォーラムの2016・2017年度役員名簿

理事：(理事長) 長谷川 圀彦 (静岡大学名誉教授)  
(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)

大森佐與子 (元大妻女子大学教授)  
緒方良至 (名古屋大学医学部保健学科)  
小高正敬 (元東京工業大学助教授)  
柴田誠一 (理化学研究所)  
畠山正恒 (聖光学院中学・高等学校)  
堀内公子 (元大妻女子大学教授)  
吉澤幸夫 (東京慈恵会医科大学教授)  
渡部智博 (立教新座中学・高等学校)

監 事：朝野武美 (元大阪府立大学先端科学研究所助教授)

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)

会 長：松浦辰男 (立教大学名誉教授)

幹 事：荒谷美智、大野和子、笠井篤、岸川俊明、菊池文誠、熊野善介、黒杭清治、佐藤正知、  
下道国、関根勉、鶴田隆雄、中西孝、西尾信一、坂内忠明、宮川俊晴、村石幸正

顧 問：飯利雄一、今村昌、岩崎民子、工藤和彦、黄金旺、村主進、住田健二、野崎正、森千鶴夫、  
山口彦之、山寺秀雄、渡利一夫

### 3. 通常総会、理事会、勉強会等の開催記録

2016年

- 4月12日(火) 第1回事務連絡会 (フォーラム事務所、6名)
- 4月21日(木) 第1回編集委員会 (フォーラム事務所、9名)
- 5月10日(火) 第2回事務連絡会 (フォーラム事務所、6名)
- 5月22日(日) 第1回教育課程検討委員会 (フォーラム事務所、5名)
- 5月31日(火) 第1回理事会 (フォーラム事務所、8名)
- 6月12日(日) 通常総会 (東京慈恵会医科大学、委任状含む主席者86名)
- 6月12日(日) 第1回勉強会 (東京慈恵会医科大学、60名)

(勉強会プログラム)

講演 地球温暖化防止のための国際協調(パリ協定) — 日本の現状と進路 —  
山寺 秀雄 名古屋大学名誉教授

講演 教育系大学生等との対話会を通して見えてきた若者の意識動向  
大野 崇 日本原子力学会シニアネットワーク

講演 放射線の生物影響 — 「リスクのものさし」を目指して —  
酒井 一夫 東京医療保健大学

講演 理科教科書における放射線記述の変遷  
— 中学校教科書を中心に、明治から現在まで —  
林 壮一 立教新座中学校・高等学校

講演 中学校理科教科書の放射線に関わる記述の分析とアクション  
— 教育課程検討委員会の討議から —  
大津 浩一 愛知県立一宮南高等学校

6月22日(日) 第3回事務連絡会 (フォーラム事務所、6名)

7月8日(金) 第53回アイソトープ・放射線研究発表会において当フォーラムが  
企画した放射線教育に関わるパネル討論実施 (東京大学 90名)

(詳細は 7. 第53回アイソトープ・放射線研究発表会におけるパネル討論の企画 に記載)

9月9日(金) 第4回事務連絡会 (フォーラム事務所、6名)

10月3日(月) 第5回事務連絡会 (フォーラム事務所、7名)

11月16日(日) 授業支援タスクグループ会合 (フォーラム事務所、6名)

11月10日(木) 公開パネル討論「今やる、放射線教育IV —今やりたい放射線の授業づくりを考える—」(東京慈恵会医科大学、69名)

(プログラム)

基調講演 授業の評価規準について

清原 洋一 文部科学省初等中等教育局主任視学官

実践報告 放射線に関する授業実践で生徒から私が学んだこと

島田 雅人 栃木県小山市立絹中学校

実践報告 放射線を題材にした授業実践 — 無理なく継続できる教育課程を目指して

坂本 晴生 福島県田村郡三春町立三春中学校

実践報告 熊本地震と放射線教育

- 小林 信一 熊本県合志市立西合志南中学校  
 実践報告 放射線教育の今後を考える ―新学習指導要領を見据えて―  
 青木 久美子 東京都世田谷区立千歳中学校  
 提案 中学校の放射線授業の評価規準について  
 宮川 俊晴 NPO 法人放射線教育フォーラム  
 コーディメータ 渡部 智博 立教新座中学・高等学校
- 12月6日(火) 第7回事務連絡会 (フォーラム事務所、9名)  
 12月15、16、20日 JST放射線国際研修 (郡山商工会議所、17名)  
 12月16日(木)～20日(月) 第5回放射線教育に関する国際シンポジウム  
 (郡山商工会議所、95名 開催内容の詳細は4.に記載)
- 1月13日(金) 第8回事務連絡会 (フォーラム事務所、7名)  
 2月18日(土) 第9回事務連絡会 (フォーラム事務所、12名)  
 2月18日(土) 第2回理事会 (東京慈恵会医科大学、10名)  
 3月4日(土) 第2回勉強会 (東京慈恵会医科大学、61名)  
 (勉強会プログラム)
- 報告 第5回放射線教育に関する国際シンポジウム開催報告  
 長谷川 圀彦 放射線教育フォーラム理事長
- 講演 廃止措置等に向けた放射線安全分野の人材育成  
 近藤 健次郎 高エネルギー加速器研究機構名誉教授
- 講演 学校教育における放射線計測器等の使用の現状と今後の展望について  
 ―(株)千代田テクノルの経験を踏まえて―  
 谷口 和史 (株)千代田テクノ
- 講演 放射線教育の公開パネル討論  
 ―4年間の実績と中学校3年間の授業プランについて―  
 宮川 俊晴 放射線教育フォーラム
- 講演 放射線から見た高校理科の現状  
 廣井 禎 元筑波大学附属高等学校副校長
- 3月5日(日) 第2回教育課程検討委員会 (フォーラム事務所、7名)  
 3月10日(金) 第10回事務連絡会 (フォーラム事務所、6名)

## 4. 「放射線教育」誌及びニュースレターの発行

### 4. 1 「放射線教育」誌 2016 Vol. 20, No. 1

【巻頭言】 教育の場で使う「ことば」

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、  
東北放射線科学センター理事）

【国際シンポジウム特集】 第5回放射線教育に関する国際シンポジウム(ISRE2016)開催  
報告

長谷川圀彦（放射線教育フォーラム理事長）

【国際シンポジウム特集】 第5回放射線教育に関する国際シンポジウム感想記

森千鶴夫（愛知工業大学）

【国際シンポジウム特集】 東京電力福島第二原子力発電所見学記

工藤博司（放射線教育フォーラム）

【研究報告】 実験・観察から「放射線の性質」学習への展開の試み

田中隆一（放射線教育フォーラム）

【解説】 ニホニウム、Nh\* —アジア初、日本発 113 番元素—

柴田誠一（理化学研究所仁科加速器研究センター研究嘱託、京都大学名誉教授）

「放射線教育」投稿規定、原稿の書き方

編集後記

柴田誠一

### 4. 2 ニュースレター

「ニュースレター」No. 65 2016. 6

巻頭言 ベクレルの不確かさ 緒方良至（名古屋大学アイソトープ総合センター分館）

STEM 教育改革の観点と放射線教育 — 次期学習指導要領の方向性を踏まえて —

熊野善介（静岡大学創造科学技術大学院・大学院教育学研究科）

事故から 5 年、福島の避難住民帰還問題の現状

河田東海夫（元原子力発電環境整備機構理事）

平成 28 年度版中学校理科教科書による放射線モデル授業の提案

宮川俊晴（日本原燃株）、高島勇二（エネルギー・環境理科教育推進研究所）

エネ理研の活動のこれまでとこれから — これからの放射線教育を見据えて —

高島勇二（エネルギー・環境理科教育推進研究所 副代表理事）

日本発 113 番元素

柴田誠一（理化学研究所仁科加速器研究センター）

平成 28 年度放射線教育フォーラム通常総会及び第 1 回勉強会（案内）

訃報 更田豊治郎先生を偲ぶ

大野新一（理論放射線研究所）

書評 「放射線 必須データ 32 被ばく影響の根拠」 田中司朗、角山雄一、中島裕夫、  
坂東昌子編、2016年3月、創元社

緒方良至（名古屋大学アイソトープ総合センター分館）

2016年・2017年度役員（理事、監事）選挙について

放射線教育フォーラム選挙管理委員会

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

### 「ニュースレター」No. 66 2016.11

巻頭言 「第5回放射線教育に関する国際シンポジウム」(ISRE2016)の開催に向けて

長谷川罔彦（NPO法人放射線教育フォーラム理事長）

地球温暖化防止のための国際協調 パリ協定 —日本の現状と進路—

山寺秀雄（放射線教育フォーラム顧問、名古屋大学名誉教授、大同大学名誉教授）

教育系大学生等との対話会を通して見えてきた若者の意識動向

大野 崇（日本原子力学会シニアネットワーク連絡会会員）

放射線の生物影響—「リスクのものさし」

酒井一夫（東京医療保健大学）

理科教科書における放射線記述の変遷 —中学校教科書を中心に、明治から現在まで—

林 壮一（立教新座中学校・高等学校）

中学校理科教科書の放射線に関わる記述の分析とアクション：教育課程検討委員会の討議  
から

大津浩一（愛知県立一宮南高等学校）

NPO法人放射線教育フォーラム2016・2017年度役員名簿

公開パネル討論「今やる 放射線教育IV」—中学校3年間につけたいカー（案内）

第63回全国中学校理科教育研究会群馬大会への出展報告

田中隆一（放射線教育フォーラム）

第5回放射線教育に関する国際シンポジウム（ISRE2016）の概要

平成28年度総会報告（活動計画書、貸借対照表、財産目録）

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

### 「ニュースレター」No. 67 2017.3

巻頭言 放射線リスクをどうとらえるか

岩崎民子（元放射線医学総合研究所）

放射線に関する授業実践で生徒から私が学んだこと

島田雅人（栃木県小山市立絹中学校）  
学習指導要領改訂案の公表に関する速報 田中隆一（放射線教育フォーラム）  
三春中の実践 ―放射線を正しく理解し，発信できる生徒の育成のために―  
坂本晴生（福島県田村郡三春町立三春中学校）  
熊本地震と放射線教育  
小林信一（熊本県合志市立西合志南中学校）  
放射線教育の今後を考える ―新学習指導要領を見据えて―  
青木久美子（東京都世田谷区立千歳中学校）  
公開パネル討論「今やる放射線教育 IV」を開催して ―中学校3年間に付けたいカー  
宮川俊晴（放射線教育フォーラム）  
平成28年度放射線教育フォーラム第2回勉強会（案内）  
The Fifth International Symposium on Radiation Education (ISRE2016)  
第5回放射線教育に関する国際シンポジウム（ISRE2016）開催報告  
長谷川罔彦（放射線教育フォーラム理事長）  
第5回放射線教育に関する国際シンポジウム実施報告  
田中隆一（放射線教育フォーラム）  
国際シンポジウム海外参加者の教育研修(報告)  
工藤博司（放射線教育フォーラム/東北放射線科学センター）  
福島第二原子力発電所を訪問して  
辻萬亀雄（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

## 5. 第5回放射線教育に関する国際シンポジウムの開催記録

### The Fifth International Symposium on Radiation Education (ISRE2016)

#### Symposium Schedule Venue: Hall A, 6F, Koriyama Chamber of Commerce and Industry (KCCI)

	Morning	Afternoon	Night
Friday, December 16, 2016	11:00- Registration	14:00-14:10 Opening Address 14:10-17:00 Keynote Lectures	17:00-17:10 Group Photo 17:10-18:10 Welcome Reception
Saturday, December 17, 2016	8:30-11:50 Plenary Session	13:00-15:50 Plenary Session	16:00-17:30 Poster Session
Sunday, December 18, 2016	9:00-12:40 Tour : Fukushima Environmental Creative Center	13:00-16:40 Public Session 13:00-14:20 Keynote Lecture 14:30-16:40 Plenary Session	17:00-19:00 Symposium Dinner 19:00-19:10 Closing Address
Monday, December 19, 2016	9:00-18:00 Excursion: Fukushima Daini Nuclear Power Plant		

#### Symposium Program

##### Friday, December 16

14:00-14:10 Opening Address **K. Hasegawa**

##### Keynote Lectures

14:10-15:10 (S-1) **A. Arima** Necessity of Education on Radiation and Radioactivity in Japan

15:10-15:20 Tea break

15:20-16:20 (S-2) **T. M. Nakanishi** Agricultural Effects by Fukushima Daiichi Nuclear Accident —The Findings by the Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo—

16:20-17:00 (S-3) **Keh-Shih Chuang** The Nuclear Energy Education in Taiwan

17:00-17:10 Group photo

17:10-18:10 Welcome reception

##### Saturday, December 17

##### Plenary Session

8:30- 8:50 (O-1) **Chun-Yi Wu** Applications of Boron-containing Gold Nanoparticles to Boron Neutron Capture Therapy (BNCT)

8:50- 9:10 (O-2) **Feng-Huei Lin** Preparation and Evaluation of Gadolinium Hexanedione Nanoparticles as MRI Imaging Enhancer for Stem Cell Tracker

9:10- 9:30 (O-3) **Yuan-Jen Chang** Development of Polymer Gel Dosimetry and Optical-CT for Radiation Therapy in Taiwan

9:30- 9:50 (O-4) **Hsin-Hon Lin** Patient-specific Time Activity Curve Estimation Using External Thermoluminescent Dosimeters (TLDs)

9:50-10:10 (O-5) **M. Shimo** Risk of Natural Radiation of Japanese

10:10-10:30 (O-6) **K. Horiuchi** Effects of Radioactive Spring

10:30-10:50 Tea break

10:50-11:20 (O-7) **Thanakit Lerdlu** Nuclear Technology Education at the Secondary Level in Thailand

11:20-11:50 (O-8) **Nopporn Pooyarat** Nuclear Radiation Education in Thai Universities

11:50-13:00 Lunch

13:00-13:30 (O-9) **Chin-Wang Huang** Radiation Education and Nuclear Power Plants in Taiwan

13:30-13:50 (O-10) **H. Kudo** An Example of Lectures on the Nature of Radiation for General Public

13:50-14:10 (O-11) **K. Ohno** How Can Clinical Radiologists Mitigate the Public's Fear of Ionizing Radiation and Radioactive Materials?

14:10-14:30		Tea break
14:30-14:50	(O-12) <b>C. Mori</b>	Radiation Education Experiments and Other Science Education Experiments with a Hand-made GM Counter
14:50-15:10	(O-13) <b>M. Akiyoshi</b>	Development of Radiation Educational Program Using the Peltier Cooling Type Highly Performance Cloud Chamber
15:10-15:50	(O-14) <b>T. Nozaki</b>	Use of $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ Generator as Experimental Tool in Wide Fields of Education

#### Poster Session

16:00-17:30

(P-1)	<b>Chih-Chieh Chiang</b>	Detection of Spatial Distribution of Dual Photon Emitters Using TOF Coincidence Imaging Technique with Stochastic Origin Ensemble Approach
(P-2)	<b>Chun-Hsu Yao</b>	A Study on Clinic Brachytherapy Using 3D Polymer Gel Dosimeter
(P-3)	<b>M. Aratani</b>	Post-3.11 Literacy Promotion Activities for Urban Citizenry and High School Students, by Literature and Practice Covering Science and Disaster
(P-4)	<b>C. Mori</b>	Mystery of Alpha Particle Track in Cloud Chamber!
(P-5)	<b>C. Mori</b>	The Image of Alpha Emitter Distribution on the Surface of Environmental Material with CR-39
(P-6)	<b>T. Kawano</b>	Radiation Sources Fabricated from the Zuiki Taro Plant and Educational Uses
(P-7)	<b>T. Kawano</b>	Experiential Learning to Understand the Necessity of Radiation Device Calibrations at NSG Koriyama Calibration Center
(P-8)	<b>N. Sakashita</b>	Analysis of the Consciousness of University Students in Okinawa about the Radiation
(P-9)	<b>Y. Nakahodo</b>	Development of Teaching Materials for Radiation Education Using CR-39 Solid State Nuclear Track Detectors
(P-10)	<b>S. Ohno</b>	The Road to a World of Elementary Particles, Quantum Mechanics, and Relativity Theory from the Radiation Education
(P-11)	<b>Y. Ogata</b>	X-ray Imaging with Imaging Plate by Geissler Tube
(P-12)	<b>S. Ohmori</b>	Instrumental neutron activation analysis of the hair - A study of the biological monitor in persons exposed by toxic metals -
(P-13)	<b>A. Kishimoto</b>	Effects of the Thoron Spa or Bath on the Anaplastic Carcinoma of Thyroid
(P-14)	<b>K. Ohnishi</b>	HATO Project / Practice of Radiation Education through Partnership of Teacher Education Universities

#### Sunday, December 18

9:00-12:40      Tour to Fukushima Environmental Creative Center  
Lunch (Fukushima Environmental Creative Center)

#### Public Session

Keynote Lecture

13:05-14:20 (PS-1) **S. Yamashita**      How to Explain Radiation Health Risk to the General Public — Lessons learned from Chernobyl and Fukushima Nuclear Power Plant Accidents —

14:20-14:30      Tea break

Plenary Session

14:30-14:55 (PS-2) **H. Abe**      Radiation Education Initiatives in Fukushima Prefecture  
14:55-15:20 (PS-3) **K. Sasaki**      Education for Radiation Awareness which Values a Relationship among Schools or People  
15:20-15:45 (PS-4) **H. Hara**      Radiation Education in Fukushima High School

15:45-15:55      Tea break

15:55-16:20 (PS-5) **R. Tanaka**      Recent Support Activities of Teaching Practice in Radiation Education Forum  
16:20-16:40 (PS-6) **K. Kudo**      Support Activities of Nuclear and Radiation Education in Atomic Energy Society of Japan (AESJ)

17:00-19:00      Symposium dinner

19:00-19:10      Closing Address      **K. Hasegawa**

#### Monday, December 19

9:00-18:00      Excursion: Fukushima Daini Nuclear Power Plant

## 6. 第5回放射線教育に関する国際シンポジウム実施報告

放射線教育フォーラム 田中隆一

大量の放射性物質の環境放出による社会混乱から5年以上を経過して、落ち着きを取り戻しつつある地元郡山市での国際シンポジウムであったが、放射線教育という専門的要素の濃い国際的な催しの地方開催にもかかわらず、100名近い参加人数を得たことは大きな成果であると考えられる。

12月16日午後、小雪がちらつく寒空の下、東北の玄関口、福島県郡山市の商工会議所6階ホールにおいて国際シンポジウムは幕開けとなった。その後は好天にも恵まれ、4日間にわたる開催行事を熱心な討論や活発な意見交換を通して、盛会のうちに予定通り終了することができた。

開催初日は、長谷川圀彦理事長による開会挨拶の後、3件の基調講演として、福島原発事故発生後5年を経た現在において放射線の正しい知識の普及の意義を改めて強調された有馬朗人元文部大臣の講演、復興支援の一環として実施された同事故による福島県の土壌、水、植物、家畜、野生生物への放射能汚染の影響に関する総合的な調査結果を報告された中西友子東京大学特任教授の講演、及び福島事故を受けて新政権が脱原発に舵を切りつつある台湾における原子力・放射線教育の現状に関する莊克士国立精華大学教授の講演があり、この時期に放射線教育を考えていくに相応しい幕開けとなった。



有馬先生の基調講演

続く17日は放射線医療、自然放射線、放射線実験、学校及び一般市民教育、台湾及びタイにおける現状をテーマにした専門家による一般講演として、14件の口頭発表及び14件のポスター発表があり、活発な意見交換がなされた。

放射線医療セッションでは、台湾からの参加者による放射線治療における線量計測技術など4件の発表があり、台湾の現状報告セッションでは、台湾中原大学の黄金旺名誉教授から原子力・放射線教育の現状が紹介された。タイの現状報告セッションでは、タイの高校や大学における原子力・放射線教育の現状が紹介された。

自然放射線のセッションでは自然放射線による発がんリスクや放射能線の効用に関する発表があった。一般市民への放射線教育のセッションでは、放射線に関する科学的リテラシーの高め方や医療現場での患者への向き合い方についての発表があった。学校での放射線教育のセッションでは、手作りGM管計数器による放射線実験の開発や、それを放射線以外の科学実験の視点から見直す提案、ペルチェ冷却式霧箱による教育プログラムの開発、ラジオアイソトープの特性を活用した教育法の開発に関する発表があった。

口頭発表後のポスターセッションは会場ホール内の後方スペースにパネルを並べて実施された。学校授業のための教材開発などのテーマに、発表者を囲こむ熱心な議論の輪が随所で展開された。

18日午前には半年前にオープンした三春町の福島県環境創造センター交流棟（コミュタン福島）へのシンポジウム参加者40人による見学ツアーを実施し、立体模型を使った東電福島第一原子力発電所事故の状況、放射能で汚染された環境の回復、豊富で高度な放射線学習教材を利用した展示、生徒・児童への放射線教育の実施状況などについて説明を受けた。外国からの参加者17名には英語で説明されたが、福島原発事故と環境汚染の実態が初めて知らされる内容でもあり、活発な質疑応答で盛り上がった。

18日午後は「放射線の健康影響と学校教育」をテーマに一般公開セッションを実施した。長崎大学・福島県立医大副学長の山下俊一氏による基調講演では、一般公衆に放射線健康リスクを正しく理解させるのにどのように説明するかをテーマに、リスクについての認知とコミュニケーションの重要性が指摘されるとともに、放射線基礎知識の教育による科学リテラシーの向上が強調された。健康影響について専門家や地元の参加者から数多くの質問があり、予定

時間を延長して真摯な意見交換がなされた。

続く学校教育のサブテーマでは、県内の中学校や高校での放射線の授業実践や教育指導の取組みが紹介された。復興に向けて福島県の放射線教育の最前線で指揮をとられた富岡第一中学校の阿部洋己校長からは、福島県独自の放射線教育推進の取組みが紹介された。郡山市の元中学校教員の佐々木清先生からは、全国に先駆けて地元の理科教員グループが放射線教育推進委員会を立ち上げるとともに、福島の復興を目指して熱い使命感を持てる子供を育てる放射線教育の実践が報告された。県立福島高校理科教員の原尚志先生からは、個人積算線量計による生徒の被曝線量測定やその国際比較によって線量の相場観をもたせることで、健康不安の解消や福島産食品への信頼回復を図ることを通して福島への誇りを取り戻す放射線学習の成果が報告された。福島県産リンゴの試食コーナーも設けられた。

最後の放射線教育支援のサブテーマでは、当フォーラムにおける近年の授業実践支援の活動報告及び日本原子力学会における原子力・放射線教育の支援活動についての報告がなされた。



#### 山下先生の基調講演

最終日の 19 日はシンポジウム参加者 21 名（外国人 12 人）による、避難管理・居住制限区域が間近に迫る浜通りの富岡町の東電福島第二原子力発電所見学のバスツアーを実施した。5 年前の大震災における原子炉の冷却停止以後、1～4 号の全号機において使用済燃料プール内にある全燃料の安定した冷却状態を継続的に維持・管理している様子をつぶさに見学できた。

終わりに、開催全般にわたって円滑な行事運営のためにも終始ご支援ご協力をいただいた郡山商工会議所及び郡山コンベンションビューローの方々に深く感謝する。

## 7. 国際シンポジウム海外参加者の教育研修(報告)

放射線教育フォーラム/東北放射線科学センター 工藤博司

### 1. はじめに

昨年12月16日から19日まで当フォーラム主催の「第5回放射線教育に関する国際シンポジウム (ISRE2016)」が福島県郡山市で開催された。その日程の前後に、海外からの参加者を対象とした“放射線教育に関する研修会”を開催したのでその概略を紹介する。

この研修会は、当フォーラム名誉会長の有馬朗人先生の勧めを受け、長谷川理事長の尽力により得た国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) からの助成金を基に開催した。タイ王国から9名、中華民国台湾から8名の受講者を招き、放射線教育推進のための人材育成を目指した講義と実習を ISRE2016 の会場 (郡山商工会議所会館) で実施した。

### 2. 日程

12月15日 19:00~20:30 講義

題目 The Nature of Radiation: Its origin and interactions with matter

講師 工藤博司 (東北大学名誉教授)

12月16日 9:00~11:30 実習

テーマ Experiments for understanding the nature of radiation

機材 実験キット Isotrak (Aktiv Lab)

指導 滝沢洋一 (東北放射線科学センター)

12月20日 9:00~10:00

質問・総括、修了証授与

出席者 研修生 17名

主催者側 長谷川罔彦、工藤博司、  
田中隆一、辻 萬亀雄

### 3. 研修内容

講義：受講者の幅が高校教員 (物理、生物) から大学教員 (研究者) までと広がったので、筆者がわが国の高校生や一般市民を対象として実施した放射線基礎講座を一つの例として紹介した。

実習：電力会社の新入社員教育などに用いる実験キットを使い、各種放射線の遮蔽やベータ線の磁場による偏向などの実験に取り組んでもらった。放射線の理解につながる実験であったと、実習は好評であった。

### 4. 受講者と所属

#### タイ王国 (9名)

Boonmark Chantana (サンアン イン校)

Chumthong, Surat (サンアン イン校)

Piyanart, Prayong (チャラボーン女子短期大学)

Aodton, Mutita (バーンチャーンガーン校)

Sunthornward, Khawee (バーンチャーンガーン校/ボンソンスクサー校)

Pudwat, Sayan (サマサット大学)

Sangaroon, Siriyaporn (マハサラカーン大学)

Poolyarat, Nopporn (タマサート大学)

Lerdlum, Thanakit (ホンソンスッカ校)

#### 中華民国台湾 (8名)

莊克士 Keh-Shin Chuang (国立清華大学)

姜智傑 Chih-Chieh Chiang (国立清華大学)

林信宏 Hsin-Hung Lin (国立清華大学)

黄金旺 Chin-Wang Huang (中原大学)

姚俊旭 Chun-Hsu Yao (中国医薬大学)

吳駿一 Chun-Yi Wu (中国医薬大学)

林峯輝 Feng-Huei Lin (国立台湾大学)

張淵仁 Yuan-Jen Chang (中台科技大学)



写真1 実習風景 (12月16日)



写真2 修了証授与後の集合写真 (12月20日)

## 8. 2016年度の教育課程検討委員会活動の記録

委員長 黒杭 清治

### 1. 設立趣旨（設立当時の趣旨）

放射線の内容は学校教育（初等中等教育）のいろいろな教科・科目で取り扱われ、一部では効果的な実験も発表されているが、大部分は取り扱いが断片的で、学習指導の時間は少ない。また、放射線の重要性や利便性に反して、一般には怖い、危ないなどの危険性の印象が定着している。

これらの現状を鑑み、誤った知識を是正し、市民としての素養に不可欠な放射線についての事項を、どのように学校教育の中に組み込むかを検討するため、1998年8月に本委員会が設立され現在に至っている。

### 2. 委員名簿(2016年度)

委員長	黒杭 清治	元芝浦工業大学教授
委員	大津 浩一	愛知県立一宮南高等学校教諭
同	田中 隆一	元日本原子力研究所高崎研究所長
同	広井 禎	元筑波大学附属高等学校副校長
同	村石 幸正	東京大学教育学部附属中等教育学校教諭
同	渡部 智博	立教新座中・高等学校教諭
相談役	山寺 秀雄	名古屋大学名誉教授

### 3. 活動経過と成果

#### (1) 前年度までの活動と成果

1998～2007年度 資料収集・調査活動

教員、および小中高校生・大学生の放射線に関する知識・意識調査（アンケート等）。

『児童・生徒の放射線リテラシー育成のための指導資料集』4章構成の制作

2008～2009年度 中学校理科新学習指導要領の内容検討と放射線学習計画制作

「中学理科新学習指導要領に沿った放射線教育の先行的実践記録」

関東・信越地区(2)エネルギー・環境・放射線セミナーで発表

2010～2013年度 放射線教育 PPT 教材の制作、HP へ公開

1. 原子構造と放射線の基礎
2. 自然界の放射線
3. 放射線の性質と利用
4. 放射線医療
5. ウリミバエの撲滅
6. 福島原子力事故から何を学ぶか

第1部原発事故による健康への影響 第2部原発事故は防げるか

第3部未来のエネルギーを考える 第4部「住民が受けた原子力災害」

2014～2015年度 放射線教育 PPT 教材制作継続及び中学校理科教科書の放射線記述検討

a. PPTによるモジュール教材（授業支援のための部品のような教材）の制作

大津委員の作品「放射性炭素年代測定法の種明かし」をHPへ掲載

b. 「平成28年度中学校3年理科教科書に記載された放射線に関わる記述」を検討教科書出版会社に提出する提案書の教育課程検討委員会案を作成した。

#### (2) 2016年度の目標と活動

##### (2)-1 目標：

- ① 中学校理科教科書会社との意見交換会を実施し、下記リテラシー集に反映させる。
- ② 『児童・生徒の放射線リテラシー育成のための指導支援資料集』の再検討

③ PPT 教材の継続制作

④ 高等学校新教科書「物理基礎」「化学基礎」の放射線に関わる記述の調査と資料作成。

## (2)-2 活動内容（紙面の都合で詳細記録は省略）

2016年5月22日（日）第1回検討委員会

2016年6月12日（日）第1回勉強会で大津委員が下記演題による活動報告

「中学校理科教科書の放射線に関わる記述の分析とアクション」  
— 教育課程検討委員会の討議から —

勉強会終了後第1回中学校理科教科書会社との意見交換会  
（学校図書との意見交換）

2017年3月4日（土）第2回勉強会で廣井委員が下記演題で私見を含めた意見提示

「放射線から見た高校理科の現状」

勉強会終了後第2回中学校理科教科書会社との意見交換会  
（東京書籍との意見交換）

2017年3月5日（日）第2回検討委員会

### (2)-2-1 第1回勉強会における大津委員の報告内容

①自己紹介 ②検討委員会の活動 ③新中学校教科書放射線記述の検討結果 ④検討結果をベースにして、放射線を含めた教科書記述のあり方の私見を含めた分析 ⑤検討委員会の今後のアクション

### (2)-2-2 教科書会社との意見交換会についての進捗状況

学校図書との意見交換：当委員会が提出した要望書に対して、第二編集部荻野氏より学校図書としての考えの文書が出され、それについて意見交換を実施した。

東京書籍との意見交換：当委員会が提出した要望書に対して編集局中学理科編集部今吉拓哉氏と上記のように意見交換を実施

両社とも要望を好意的に受け止め、可能な限り要望に沿う改訂を行いたいとの回答が得られた。問題点は、ページ数、文字数、用語の制約等があり、期待通りに実行できない。

本年度までの成果は来年度（2017年度）第1回勉強会前にまとめる予定である。

他の3社（大日本、啓林、教育出版）とも意見交換会が開けるよう順次話を進めたい。

### (2)-2-3 放射線リテラシー改訂についての検討

改訂に必要な基礎資料

①2015年度に当委員会が作成した『平成28年度中学校3年理科教科書の放射線に関する記述の検討集』

②各教科書会社に要望書を提出し、それを基に意見交換会を実施して得られる成果

③HPに掲載した放射線学習支援資料（PPT教材）についての教育現場の反応

④本年度作成したPPT教材：「放射線の単位」「低線量放射線の健康への影響」

昨年度完成した①と、各教科書会社宛ての要望書を基に田中委員を中心になって折衝を続けた結果、②として、上記のように学校図書、東京書籍との会合を開くことができ、一定の成果を挙げたが、残る3社（大日本、啓林、教育出版）との連絡会は次年度に持ち越したため、改訂リテラシーの資料として文書にまとめるに至っていない。

PPT教材は、現実には学校現場でほとんど利用されていない。改訂リテラシー作業は行き詰まり、検討委員会で計画の見直しを諮った結果、「一時中止」になっても「廃止」や「終了」ではなく、息長く「継続する」と決まった。

また、PPT教材は、最近になっていくつかの企業の社内研修に利用されていることが分かり、“学校における指導支援資料”と謳っていても、広く社会教育に役立てられていることを希望に、あせらず制作を継続することになった。

## (3) 来年度の目標 本年度の目標を継続し。改訂放射線リテラシー作成の資料にする。

①教科書会社との意見交換会 大日本、啓林館、教育出版に要望書を提出し順次開催。

②高等学校新教科書「物理基礎」「化学基礎」の放射線に関わる記述の調査と資料作成。

③PPT教材の制作：「霧箱」（仮題、担当大津）「宇宙線」「放射線の検出と測定」の制作。

## 9. 第53回アイソトープ・放射線研究発表会におけるパネル討論の企画

### (1) 同研究発表会と放射線教育フォーラムの関わり

日本アイソトープ協会の主催で毎年開催されるアイソトープ・放射線研究発表会における催しとして、共催団体である放射線教育フォーラムが放射線教育・コミュニケーション分野を代表してパネル討論を企画した。

### (2) パネル討論のテーマ

「北から南から福島を踏まえた放射線教育の全国展開Ⅳ」

— 新たな中学校放射線授業への展望 —

### (3) パネル討論の企画概要

①趣旨： 学習指導要領改訂によって放射線記述が30年ぶりで復活した中学校理科教科書が4年に一度の改訂時期を迎えている。すでに検定済みの教科書見本が本年5月から公開されており、来年度からの使用される教科書について、福島第一原子力発電所事故を踏まえた放射線に関わる記述の充実を窺うことができる。

今回のパネル討論会では教科書による授業実践に焦点を当てるが、中学校で現在使用している教科書、来年度から使用される教科書、さらには放射線副読本などをもとに、これからの望ましい授業のあり方について意見を交換する。実践報告としては、福島県、東京都、九州、及び初めての四国の4校の先生方を招聘し、実践事例を報告していただくとともに、今後の授業展望についてパネル討論を行う。

② 日時： 平成28年7月8日(金) 13:00～15:30

③ 場所： 東京大学 弥生講堂 一条ホール

④ プログラム：

実践事例1 阿部 洋己 福島県富岡町立富岡第一中学校

「福島県教育委員会における5年間の放射線教育への取り組み」

実践事例2 中島 誠一 東京都杉並区立阿佐ヶ谷中学校

「放射線の学習を通して科学的な見方や考え方を育成する指導方法及び教材の開発」

実践事例3 北畑 謙一 大阪府中学校理科教育研究会(中学理科教諭)

「評価の4観点を視野に入れた放射線教育」

講演 高島 勇二 エネルギー・環境理科教育推進研究所副代表理事

「エネルギー・環境教育推進研究所における放射線教育の活動について」

提案 宮川 俊晴 放射線教育フォーラム

「中学校理科における学年別の放射線教育について」

実践報告・パネル討論座長： 渡部 智博(立教新座中・高等学校)

## 10. 第63回全国中学校理科教育研究会群馬大会への出展報告

2016年8月4～5日に高崎市の群馬音楽センター及び高崎シティギャラリーで開催された第63回全国中学校理科教育研究会群馬大会におけるブース出展に参加した。当フォーラムとしては昨年に引き続き2度目の参加である。今回はフォーラム主催の公開パネル討論や勉強会においてブース出展に参加協力した団体会員への共同出展の呼びかけに応じていただいた(株)千代田テクノルの合同チームで出展した。

**大会の概要：** 今回の主題は自然との関わりを通して科学的に探求する力を育む理科教育。5つの分科会でそれぞれ各地域から選ばれた5人の先生方による研究報告と質疑、文部科学省教科調査官の講演などがあつた。参加者数は4～5百名(詳細不明)。

**ブース出展の概要：** 出展数は25件(理科教材企業5社、教科書会社5社、公益法人等15)。

**出展の内容：** 当フォーラムからは、会員の戸田一郎氏による自然放射線観察用の拡散型霧箱による演示実験、手渡し用の資料(ニュースレター、公開パネル討論など放射線授業支援に関わる活動報告、パネル討論会開催予告など)、及び当フォーラムの簡単な紹介パネルと霧箱実験写真等の説明パネル。

(株)千代田テクノルからは、放射性物質分布状況を手軽にイメージ化できるガンマ・キャッチャー、積算線量の変化を手軽にチェックし記録できるD-シャトル、教育訓練用機器及び関連紹介資料、及びこれらを紹介するための展示パネル。

**出展参加者：** 当フォーラムから戸田一郎、宮川俊晴、田中隆一。(株)千代田テクノルから谷口和史、金澤恵梨子、他2名。

**出展の結果：** 今回もできるだけ多くの理科教員と接触し、放射線の授業への関心度をお聞きしながら、わが国で最も経験豊富な戸田先生による霧箱の演示実験や(株)千代田テクノルの教育に役立つ放射線測定機器をつぶさに見ていただくと同時に、放射線教育フォーラムの存在や活動を知っていただくことに主眼をおいた。霧箱実験は接した先生方全てに見ていただくのは難しかったが、用意した各100部の資料を全て手渡すことができた。これらを通して、大会に参加した理科の先生方との貴重な直接交流の機会をもてた。また、新教科書の放射線記述の大幅な充実に対応して、授業への取組みを思案している教育現場の現状が垣間見えた。

**講演会及び分科会の感想：** 文部科学省教育課程調査官の野内頼一氏の講演では、教科を越えた視点から理科教育の現状と問題点が述べられた。中学生の到達能力に関して、わが国はいくつかの強みをもつ一方で、①自己肯定感②学習意欲③社会参画の3点の不足傾向が、国際比較から見えてくる共通的な弱点であるとのこと。今回の学習指導要領の改訂においては、教科の学習内容よりも教科を越えた公民的資質の涵養に重点が置かれていることが述べられた。そんな視点から文部科学省HPに掲載中の中教審の諮問内容、論点整理、理科ワーキンググループのまとめを読み取ることも、今後の放射線授業支援を考えるうえでヒントになる。エネルギー・原子力・放射線に直接的に関わらない内容であっても、広い視野から放射線授業支援策を考えるべきであることが、われわれシニアボランティアに特に望まれていると思う。分科会については、エネルギー、原子力、放射線などの授業に主眼を置く報告はなかったが、教育課程分科会において、岐阜県の先生方から報告された「エネルギー」と「放射線」を系統的に学ばせる実践計画が、生徒の実態を踏まえて中学校3年間を見通した単元指導として注目された。

**今後に向けて：** 昨年よりも得るものが多かったと考える。指導的な立場にある多くの先生方との交流を促進するためにも、財政的な負担とならない程度の出展参加は今後も継続したいと考える。興味・関心を引き付ける霧箱と測定機器の二大放射線教材を展示できたことが今回の成果であると考えている。

会員の戸田先生は脚が不自由な身でありながら、ご家族による多大なご協力もあって、出展参加の主役を務めていただいた。猛暑のなか、貴重な実験機材等の富山市からの搬送も含めて、ご尽力をいただいたことに感謝する。

田中 隆一

# 放射線教育フォーラム

## 2016 年度活動に関わる参考資料

頁

1. パネル討論「北から南から福島を踏まえた放射線教育の全国展開Ⅳ」予稿  
日本アイソトープ協会編集・発行の第 53 回アイソトープ・放射線研究発表会要旨集から転載
  - (1) 福島県教育委員会における 5 年間の放射線教育への取り組み (阿部洋己) 1
  - (2) 放射線の学習を通して科学的な見方や考え方を育成する指導方法及び教材の開発 (中島誠一) 2
  - (3) 評価の 4 観点を視野に入れた放射線教育 (北畑謙一) 7
  - (4) エネルギー・環境教育推進研究所における放射線教育の活動について (高島勇二) 8
  - (5) 中学校理科における学年別の放射線教育について (宮川俊晴) 10
2. 「第 52 回アイソトープ・放射線研究発表会」から「パネル討論 (北から南から福島を踏まえた放射線教育の全国展開パートⅣ)」(渡部 智博) 13  
日本アイソトープ協会編集・発行の ISOTOPE NEWS Nov. '16 No.748 から転載
3. 公開パネル討論「今やる、放射線教育Ⅳ」を開催して (宮川 俊晴) 15  
放射線教育フォーラムニュースレター No.67 に掲載



# パネル討論 3(1)

福島県教育委員会等における5年間の放射線教育への取組

Efforts to practical radiation education of five years in the School Board of Fukushima Prefecture

福島県双葉郡富岡町立富岡第一中学校

○阿部洋己

(ABE, Hiroki)

## 1 東日本大震災と東京電力福島第一原子力発電所の事故による福島県教育委員会等の対応

平成23年3月の東日本大震災では、地震や津波により本県でも多くの学校、児童生徒等に甚大な被害・犠牲が生じている。被害の状況等については、防災教育指導資料（平成26年2月・平成27年2月・平成28年3月、福島県教育委員会）を参照していただきたい。

福島県では、東京電力福島第一原子力発電所の原子炉建屋の水素爆発等による放射性物質の飛散等により、多くの住民が避難生活をおくることになっている。子どもたちの健康や生活に対する放射線の影響を、現在及び将来において最小限に食い止めることが極めて重要な課題となっている。各学校では、校舎内や校庭等の空間線量率の測定や、それらに基づいての子どもたちの屋外活動の制限などを手探りで進められてきた。

## 2 福島県教育委員会の放射線教育

福島県教育委員会は、喫緊の重要な課題解決に向けて、指導の拠り所となる指導資料の早期の作成や、それらを元にした教員研修の実施に向けての取組がスタートしている。「放射線等に関する指導資料」は、平成23年11月発行の第1版、平成24年8月発行の第2版、平成26年3月発行の第3版、平成27年3月には第4版、そして平成28年3月には第5版が作成されており、県内の各学校に配付され、各校の実践の参考にさせていただいている。放射線教育等の取組は平成23年度から始まっているが、平成25年度～28年度は、「放射線教育推進支援事業」の事業として本県の放射線教育の推進している。その主な内容は、次の4つの内容である。

- ・実践協力校による授業実践例の開発
- ・指導者養成の研修会の開催
- ・運営協議会の開催（年6回開催）
- ・地区毎の研修会や授業実践で使用する教材等の整備

## 3 福島県双葉地区等被災地の現状と、被災地から見た今後の放射線教育

### (1) 被災地の現状

本県では、原子力発電所の廃炉作業等に今後長期間かかることが予定されている。避難地域の学校等では避難先等で学校を再開している学校、またいまだに再開の見通しがたっていない学校もある。避難して6年目に入り、多くの再開している学校では児童生徒数の減少等の学校の存続にも危機感が持たれるなどの現状もある。

### (2) 放射線教育におけるDVD教材の作成等の新たな取組

福島県教育委員会の放射線教育推進支援事業では、県内の学校において、放射線教育は積極的に実施されているものの、放射線の基礎知識等の学習をする際の導入教材が必要であるとの意見が寄せられていた。そこで、導入用教材としてのDVD教材を平成27年3月に作成し、5月に配付し活用を推進している。また、カードゲーム（カルテット）の活用による放射線教育の実践も指導資料等で紹介し、ゲームで楽しく学ぶ事も出来るという、新しい可能性も示している。

### (3) 今後の福島県における放射線教育について

東京電力福島第一原子力発電所で行われている国や民間の総力をあげた廃炉等の作業に注視し続け、これからの復興を担う子どもたちの新たな希望や夢の実現のため、福島から発信する放射線教育等を創造していきたい。また、福島県として建設を行い、本年7月よりオープンする環境創造センター交流棟における放射線教育のプログラムづくり、他の関連施策との連携など、独自の放射線教育を推進していきたいと考えている。

Tomioka Daiichi Junior High School

(出典:第53回アイソトープ・放射線研究発表会要旨集, p.174 - 185 (2016) )

## パネル討論 3(2)

放射線の学習を通して、科学的な見方や考え方を育成する指導方法及び教材の開発

Through the learning of radiation, the development of teaching methods and teaching materials to foster a scientific point of view and way of thinking

杉並区立阿佐ヶ谷中学校 主任教諭

○中島誠一\*

(NAKAJIMA, Seiichi)

### 1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震と津波によって、原子力発電所で事故が起こり、放出された放射性物質は、日本に大きな被害を与えた。事故の直後には放射性物質による汚染のイメージによって「風評被害」も発生するなど、非常に深刻な問題も生じた。そのため、原子力や放射線の利用にあたっては、安全の確保に最善かつ最大限の努力を払うことを大前提として、放射線に関する基礎知識や放射線による人体への影響等について、生徒が正確に身に付けることが求められている。

一方、現行学習指導要領には、内容の取扱いに「放射線の性質と利用にも触れること。」と、新たに位置付けられた。しかし、学校現場では長期間教えることがなかったため、多くの教員にとっては、理科の中でこれまで放射線について授業をした経験がなく、「具体的に授業で何をどのように指導すればよいか、自信がない。」「指導事例などがあまりない。」などの課題がある。

そこで、手軽に放射線の存在を観察するために自作できる霧箱の開発とともに、科学的な見方や考え方を育成する指導法を開発し、検証授業を行った。

### 2. 研究の内容

#### (1) 手軽に放射線を観察するための自作霧箱の開発

放射線は、目に見えず、体に当たっても感じないことから、通常の生活においては、その存在を感じる事が難しい。放射線を感じるためには、放射線の通過した軌跡を飛行機雲のように観察できる霧箱の観察が有効である。しかしながら、霧箱は高価又は使い勝手が悪いなどの課題があるため、冷却装置として「ペルチェ素子」を使うとともに、低価格な材料を探し自作できる霧箱を開発した。



#### (2) 科学的な見方や考え方を育成する放射線学習についての指導方法

生徒の興味・関心を高め、科学的な見方や考え方を育成するためには、放射線の測定を行うことが有効である。そのためには、簡易放射線測定器を一人一個程度用いることが必要である。実験に使用する簡易放射線測定器は、一個数万円するものが多いため、「はかるくん」という簡易放射線測定器を 40 個借りた。まず、身の回りの放射線を観察し、自然放射線の存在について気付かせる。また、放射線の利用として、物を壊さずにその内部状況を調べることができることを体験的に学習する授業を開発した。

#### 〔指導計画〕

第3学年 科学技術と人間

ア エネルギー (9時間)

(ア) 様々なエネルギーとその変換 (3時間)

(イ) エネルギー資源 (6時間)

- ・エネルギー資源の種類と様々な発電方法 (1時間)
- ・放射線の性質と利用 (4時間) 本小単元
- ・エネルギーの有効利用と環境への負荷が小さい資源の開発と利用 (1時間)

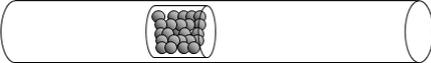
時間	学習内容
第1時	<ul style="list-style-type: none"><li>●放射線に関する事前アンケート</li><li>●放射線の存在を実感する。<ul style="list-style-type: none"><li>・霧箱の実験</li></ul></li><li>●放射線量と健康の関係</li></ul>

第2時	<ul style="list-style-type: none"> <li>●放射線の種類とその性質 <ul style="list-style-type: none"> <li>・様々な場所の放射の測定</li> <li>・自然放射線と人工放射線</li> <li>・放射線の数値による表し方</li> <li>・放射線の種類</li> <li>・放射線の性質</li> </ul> </li> </ul>
第3時	<ul style="list-style-type: none"> <li>●放射線の特徴 <ul style="list-style-type: none"> <li>・放射線と距離の関係の実験</li> <li>・放射線の透過性の実験</li> </ul> </li> </ul>
第4時	<ul style="list-style-type: none"> <li>●放射線の利用 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ブラックボックスの内部を検査する実験</li> <li>・放射線の利用</li> </ul> </li> <li>●放射線から身を守る方法</li> </ul>
後時	●放射線に関する事後アンケート

〔学習活動の展開（第4時）〕

本時の目標

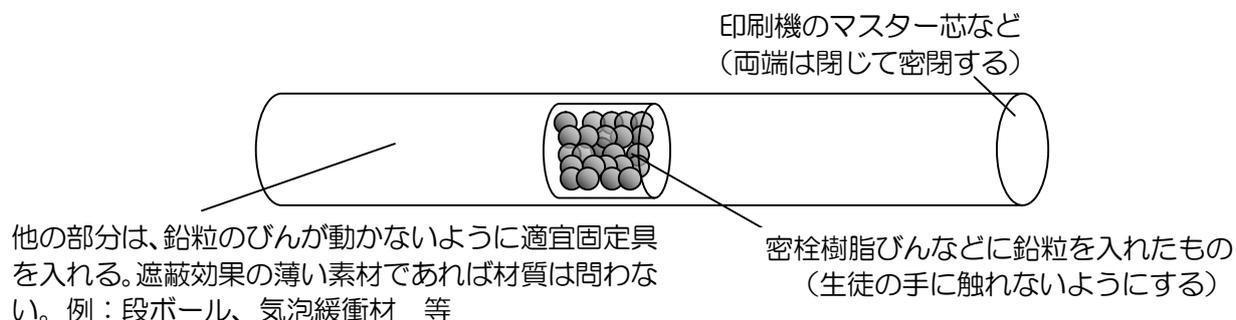
- ・放射線を活用し、物を壊さずにその内部状況を調べ、その結果について自らの考えを、筋道を立てて説明することができる。【科学的な思考・表現】
- ・物を壊さずに内部を調べる検査についての基本操作を習得するとともに、実験を計画的な実施する技能を身に付けている。【観察・実験の技能】

	○主な学習内容・利用教材	□指導上の留意点・配慮事項 S：生徒の反応 ◆評価 [方法]
導入 5分	≪前時までの学習内容の確認≫ ○放射線量が距離によって減少すること、種類や厚さによって透過性が異なることを復習する。	
展開 3分	≪放射線の利用≫ 【発問】放射線はどのようなものに利用できるだろうか？	S：レントゲン、がん治療など □結論は、後ほど確認する。
展開 25分	≪実験開始≫ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;">             鉛粒があるのはどの範囲か、当ててみよう！（放射線の透過性を利用して）           </div> 【発問】ブラックボックスを壊さずに鉛がどこにあるか調べるにはどうすればよいだろうか？	S：放射線源とはかるくんを使って調べる。 □必要な各道具を考えさせ、調べる方法に気付かせる。  ※ブラックボックス：内部が明らかでない円筒の内部に、一部鉛粒が入っている。鉛がどの範囲にあるかを推定する。○後述 <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>

	<p>○実際の利用例として、はかるくんを用いてブラックボックスの内部を非破壊で調べる。</p> <p>○物質によって透過できる放射線量が変化することを確認する。</p> <p>○班で結果をまとめ、ホワイトボードに記入する。</p>	<p>□ワークシートを配る。</p> <p>◆物を壊さずに内部を調べる検査についての基本操作を習得するとともに、実験の計画的に実施する技能を身に付けている。【観察・実験の技能】（ワークシート）</p> <p>□班員が協力して結果を記入するように誘導する。</p>
展開8分	<p>《結果発表》</p> <p>○記入したホワイトボードを持ち、代表者は前に並び。</p> <p>○ホワイトボードを提示装置で表示しながら、説明を行う。</p> <p>○実験結果をまとめ、片付けを行う。</p>	<p>□説明できない者には、書いたものを読むように指導する。</p> <p>□実験結果に基づき、範囲を示せるように「○○なので、○○の範囲に鉛粒が存在すると思われる」など、文型について指導する。</p> <p>◆放射線を活用し、物を壊さずにその内部状況を調べ、自らの考えを、筋道を立てて説明することができる。</p> <p>【科学的な思考・表現】（ワークシート）</p>
展開5分	<p>○放射線の利用について学ぶ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・人体に危険 ⇔ 殺菌に使う、ガン治療、ジャガイモの芽を出なくする</li> <li>・物質を透過する ⇔ 非破壊検査</li> <li>・物質の性質を変える ⇔ ゴムを強くする など</li> </ul>	<p>□放射線の性質と表裏の関係にあることを確認する。</p>
まとめ4分	<p>【発問】放射線から身を守るためにはどうすればよいか。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・離れる・間に重い物を置く・近くにいたる時間を短くするなど、外部被ばく3原則を学ぶ。</li> </ul>	<p>S：鉛などの金属の陰に隠れる。</p>

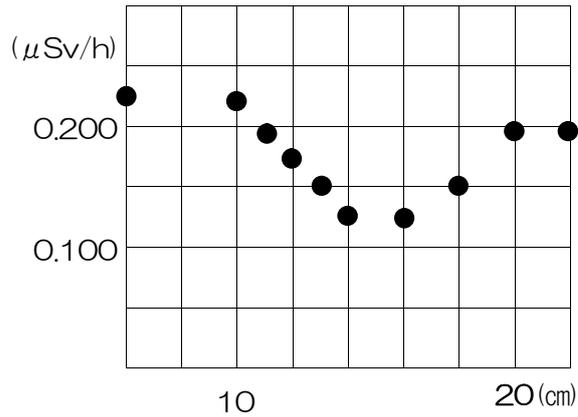
〔実験装置（ブラックボックス）について〕

不透明な円筒の内部に、一部鉛粒が入れたもの。円筒の内部構造を、放射線を使って明らかにする非破壊検査を想定している。放射線源と測定機器（はかるくん）を平行移動させることにより、放射線が鉛粒によって遮蔽され、内部構造を調べるための実験器具。



〔授業の様子〕

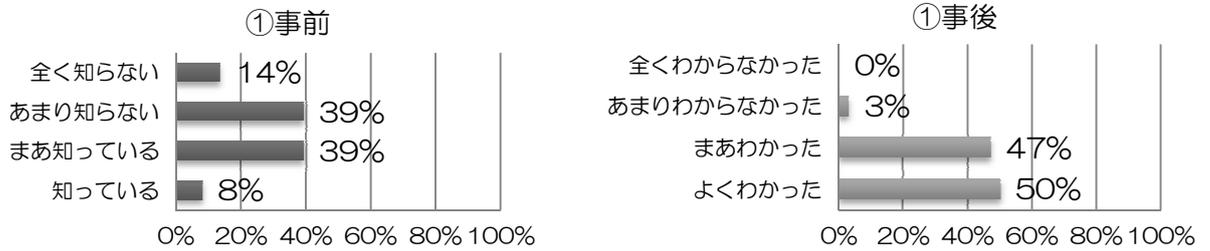
生徒は班で活発に話し合い、自分たちで考えた実験手順に従って、実験を進めていた。2cm毎に調べていく班、大まかに調べたのち、はかるくんの値の低かった付近を詳しく調べる班など、手順はまちまちであった。記録の方法としては、メモや簡易な表で記録した班が多かったが、グラフに示したある班の結果は、次に示すように、明らかに鉛のあるところの放射線量が低く表れた。班の発表については、机間指導を行った上で2～3班を指名して行った。



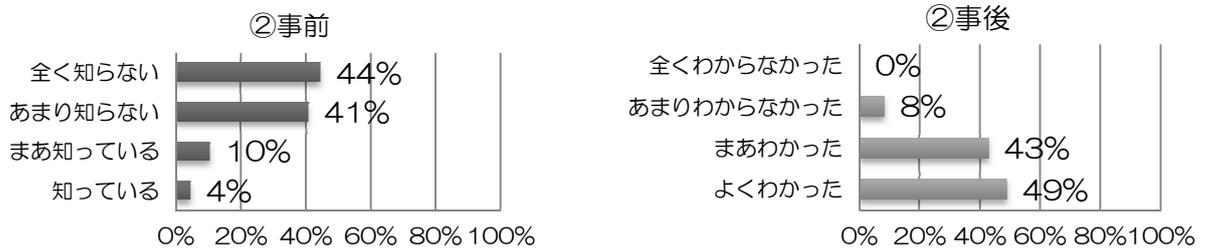
### 3. 研究のまとめ

放射線の学習前後に行った生徒アンケート項目及びその結果は以下のとおりである。

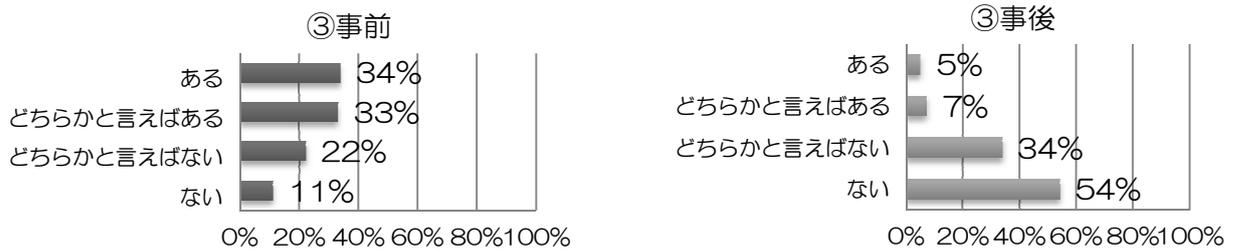
① 「放射線」がどのようなものから出ているか。



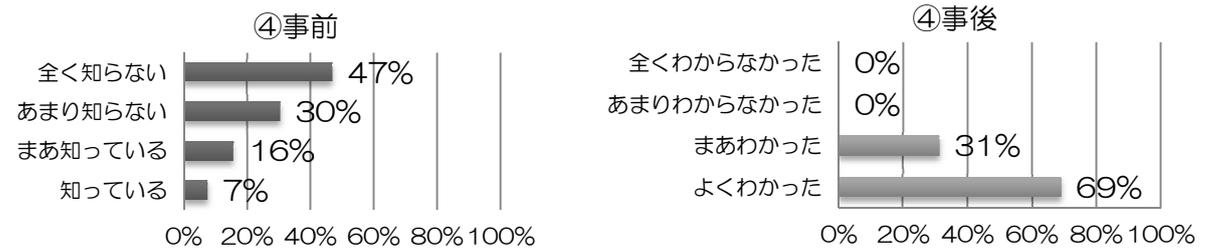
② 「放射線」と「放射能」のちがいを。



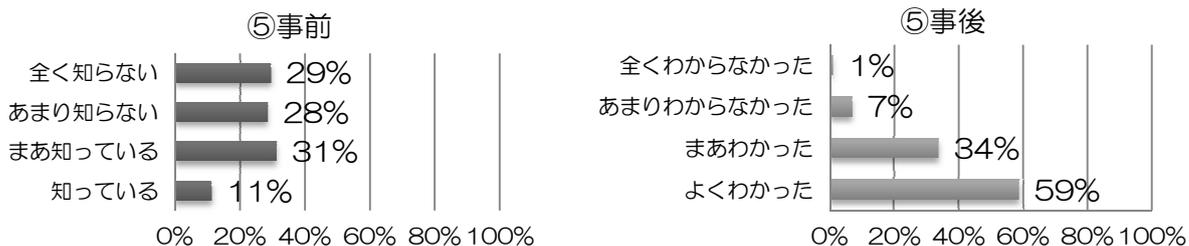
③ 自然界に存在する「放射線」の人体への影響。



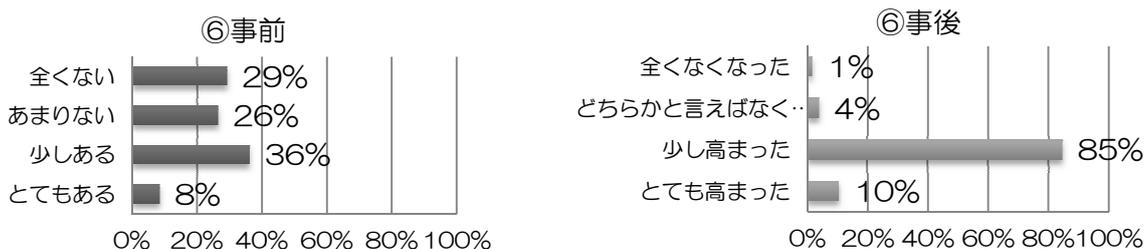
④ 「放射線」から身を守る方法



⑤ 「放射線」がどのように利用されているか。



⑥ 「放射線」に対する興味や関心。



①～⑥の全ての項目で、授業後に肯定的な回答をする生徒が大きく増える結果となった。事前のアンケートによると、多くの生徒は放射線に対して、目に見えない漠然としたもの、健康被害を引き起こすもの、レントゲンなどで多少の使い道のあるものといった程度の知識しかもっていなかった。

放射線に関する学習は、観察・実験の事例が少なく、放射線に関わる研究の歴史を通して学んだり、動画などの視聴覚教材を使用したりするなど、教師主導型の学習が多くなってしまっているのが実情である。今回、観察・実験を実施したことで、改めて、生徒の関心・意欲・態度を高められることが分かった。生徒アンケートにおいては、「興味・関心がある・どちらかというところ」と肯定的に答えた生徒は、学習前には44%であったものが、学習後は99%と、非常に高くなった。

また、放射線に関する知識についても、大変良好な結果が得られた。放射線から身を守る方法に至っては「よく分かった・まあ分かった。」と肯定的に答えた生徒は、学習前の23%から、学習後には100%に激増した。このように、実際に放射線の存在を実験で確かめ、放射線について学習することで、興味や関心をより高め、知識を正しく身に付けることができた。

さらに、「放射線」がどのように利用されているかについて、「知っている・まあ知っている」と肯定的に答えた生徒は、学習前の42%から学習後には93%になっている。また、放射線の種類や性質の学習を通して、「管理をきちんと行い、安全に配慮することで、数多くの有効な使い道がある」ことに気付くことができたという記述も見られた。知識として習得するだけでなく、科学的な見方や考え方を元にして、実社会や実生活へと関連付けることができたと言える。

## 5. 課題

### (1) 指導時間について

本研究においては、4時間扱いで指導計画を作成した。しながら、生徒に考えさせ、意見交換を通して思考力・表現力を育成するためには、観察・実験や考える時間を設定するなど、時間がかかる。5時間をかけてもよいと思う。

### (2) 費用面での配慮

新たな内容を指導する際は、実験器具が必要となるが、放射線に関わる器具は大変高価である。平成26年度まで、文部科学省において、簡易放射線測定器「はかるくん」の貸し出しを行っていたが、現在は行っていない。放射線教育をよいものにしていくためには、放射線測定器や放射線源など、学校の授業支援が不可欠であり、今後の予算措置が望まれる。

### (3) 更なる教材開発

本研究において、ブラックボックスを作成した。結果がよく出るように鉛を使用したが、より手頃で探究的な学習を行いやすい教材が望まれる。今後さらに開発を続けていきたい。

# パネル討論 3(3)

## 評価の4観点を視野に入れた放射線教育 —各学年の放射線学習の実践に合わせて— A Radiation Education with an Assessment for Four Items

大阪府中学校理科教育研究会 研究委員会

○北畑 謙一  
(KITAHATA, Kenichi)

### 1. はじめに

平成24年度より完全実施されている中学校学習指導要領において、約30年ぶりに放射線が扱われることになったが、放射線教育をどのように進めていくべきか議論され、少しずつ実践例もでてきている。

しかし、学習時期が3年生の入試を意識する中で十分な時間が費やせないことや、指導計画の検討や観察・実験方法の開発が進められても、評価の具体的な方策については、ほとんど議論されていないことが課題であった。放射線教育を充実させるためには、評価方法を含めた系統立てた取り組みが必要であると考えている。

### 2. 現在の学習指導要領と課題

放射線の扱いに関して中学校学習指導要領では、「エネルギー資源」の項目の中で「放射線の性質と利用」にも触れることにとどまっているが、生徒に科学的な根拠に基づいた意思決定ができる力を身につけさせるには、3年間を見通して系統立てて学習を充実させる必要がある。そのためには、評価の4観点を視野に入れた計画的な評価方法を開発することが急務であると考えられる。

児童生徒の放射線に対する意識調査で、アンケートの記述内容より、放射線に対する関心が高いことがわかった。放射線のイメージは、多くの児童・生徒が負のイメージをもっていたが、放射線についてよくわからないと答えている生徒も半数いたことから、児童生徒が持つ負のイメージの根拠は曖昧であると考えられる。科学的な根拠に基づいた意思決定をするためには、放射線についての正しい理解が必要であり、そのためには3年間を見通した指導計画と評価方法の開発が必要であると考えられる。さらに放射線教育を充実させることを考えると現在の学習指導要領での「触れる」にとどまる扱いでは不十分である。

### 3. 放射線教育の目標と各学年の授業実践

#### ①目標

放射線等に関する基礎知識とその利用についての理解を深め、人類をはじめ地球全体に有益で安全であるために、科学的な根拠に基づいた正しい意思決定できる力を育成する。

#### ②3年間を見通した評価規準

<b>観点Ⅰ</b> (自然現象への関心・意欲・態度) すすんで放射線の性質や利用方法について学ぼうとしている。
<b>観点Ⅱ</b> (科学的な思考・表現) 放射線の性質に関する実験結果をもとに、放射線の性質を説明できる。
<b>観点Ⅲ</b> (観察・実験の技能) 身近な放射線について調べる技能を身につけている。
<b>観点Ⅳ</b> (自然事象についての知識・理解) 放射線についての性質や利用方法について理解している。

#### ③各学年で実践した単元

1年	「光と音」 光の性質 「火山と地震」 火山活動と火成岩
2年	「静電気と電流」 真空放電
3年	「科学技術と人間」 エネルギー資源とその利用

### 4. まとめと今後の課題

大阪府中学校理科教育研究会では、3学年を通しての放射線教育の評価規準を設定し、一部を実践した。系統立てて行うことで、生徒の興味関心をもたせるなど成果は得られた。しかし、放射線教育の社会的意義は、放射線に関する知識理解にとどまらず、放射線の有効利用や放射線から身を守る方法、福島の問題、日本のエネルギー問題、環境問題に科学的な根拠に基づいて賢明に意思決定ができるようになることである。

また、放射線教育は物理と化学の粒子等の単元、そしてエネルギーを含めた利用面や安全確保面等の社会的問題として扱う二面性が必要であると考えられる。

# パネル討論 3(4)

エネルギー・環境理科教育推進研究所における放射線教育の活動について

Activities for Radiation education at the Institute for Energy・Environment Science education Promotion

エネルギー・環境理科教育推進研究所

高島勇二

(Yuji Takahata)

## 1. はじめに

学習指導要領の改訂で 30 年ぶりに放射線教育が中学校理科に盛り込まれ、完全実施が目前となった平成 23 年 3 月 11 日、東北地方太平洋沖地震とそれに伴って発生した津波及びその後の地震によって福島第一原子力発電所事故が発生した。

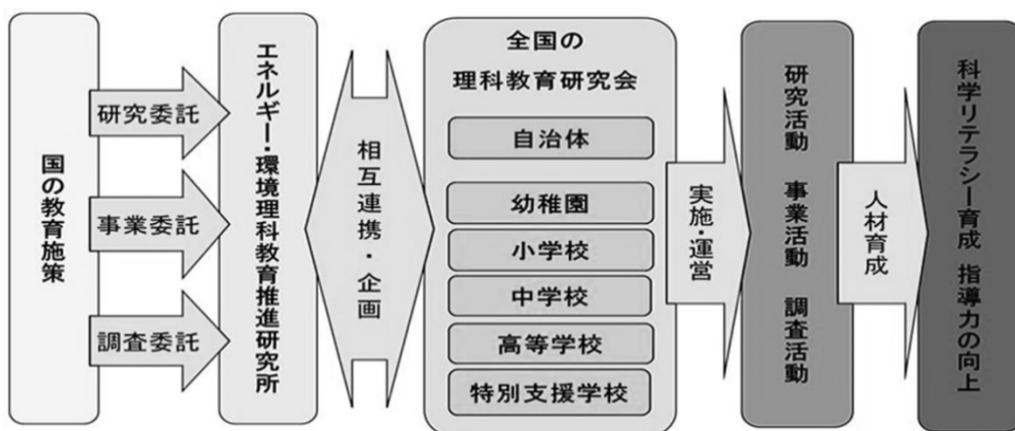
当時、これから中学校の理科教育の中で放射線教育をどのように進めていくかについて検討していた。しかし、この事故を境にしてその状況は一変した。それまでの日常では全く意識のなかった放射線が突然に生活の中に入ってきた。大気中に放出された放射性物質に対する関係者のそれぞれの立場からの統一性のない発言や感情的な発言などの様々な発言などによって、この社会的な混乱はますます大きくなり根深く社会に浸透していった。放射線は人工的に作ったもので自然界にはないもの、放射線は少しでもあると病気になる危険なもの、医療などに用いられる放射線は心配ないが原発の放射線は特別な危険なものであるなどの認識から、様々な風評被害も生じている。

## 2. エネ理研の活動のねらい

学校教育の場では放射線教育に対してためらう傾向も見られ、これは現在も続いているが、そのような社会状況の混乱を克服していくために学校教育が果たす役割は重要であり、全国各地での放射線教育を継続していかなければならない。30 年間の空白を埋め、現在求められている放射線教育をすすめていくためには、何よりもまず、教師自身が放射線に対する見識を高めるとともに、様々な工夫された教育実践を相互に情報交換し集積していくことが必要である。

そこで、平成 26 年、全国中学校理科教育研究会(以下、全中理という)の組織を基盤としてエネルギー・環境理科教育研究所(以下、エネ理研という)を設立し、文部科学省の「科学的な理解をすすめる放射線教育」事業の委託を受けて、全国で教職員を対象とした放射線セミナー及び児童・生徒を対象とした放射線出前授業を行っている。

エネ理研の活動の目的は、継続的に全国で放射線セミナーや出前授業を行うことはもちろんであるが、この事業を通して、各地における放射線教育リーダーとなる教員の



育成、充実した放射線教育の基盤整備のための関係機関に対する働きかけを全国の教育研究会組織を通して行い、教員の資質向上と全国の理科教育を活性化することにある。

## 3. これまでの活動

平成 26 年 4 月から始まったエネ理研の活動の実績合計は、26 年度 232 校、27 年度 259 校になる。

エネ理研としては、学校にうかがって出前授業を行い、併せてその出前授業を元にした教職員の研修会セミナーを併せて行う事業を基本設定とした。しかし、学校などからの要望の半数以上が授業のみであった。数校の聞き取りでは、この理由として、外部機関の教育力を生かして効果的な学習を展開したいこと、行事予定などの関係で研修会の時間設定が難しいことなどが挙げられた。

これらのセミナーや授業とは別に、放射線教育を全国で継続的に行うための基盤整備として、各都道府県の全中理理事から推薦を受けた理科教員を集め各地の放射線教育リーダーを育成するための全国放射線教育推進リーダー講習会を毎年3回行ってきた。この2年間で延べ208名にのぼるリーダー講習会の参加者が、自らの地元で放射線研修会や授業の講師を務める際には、エネ理研として人的・物的支援を行ってきた。

また、教材・教具の開発などについては、放射線利用の説得力のある教材としての照射プラスチックの提案やβ線の磁界による偏向を確認するための教材の開発なども行った。

#### 4. これからの活動

このように、事業としては一定の成果を収めているが、エネ理研の目的である全国で自主的・主体的に放射線教育が継続して行われる状況を構築するためには、放射線教育推進役を果たすリーダーの育成や教員の資質向上、標準的な放射線教育の指導計画の提案、教育研究会相互の連携強化など、今後も継続して取り組まなければならない課題があり、具体的な次のような活動を行っていく。

##### (1) 放射線教育推進リーダーの養成

各都道府県・地域には、優れた放射線教育実践者がいる。これらの実践者の経験や英知を集約するとともに、それぞれが地域のリーダーとして活動できる条件整備を行うために、全国放射線教育推進リーダー講習会をより充実したものにする。

##### (2) 標準的な授業の提案

どのような授業が考えられるのかを指導案の文字として示すだけでなく、教育研究会などを通して、幼稚園、小学校、中学校、高等学校の4校種で5分から10分程度の授業を収めた動画や指導案、学習プリントなどをDVDで提供し、各校種での標準的な授業を提案する。

##### (3) 児童・生徒が扱いやすい霧箱などの工夫

現在、エネ理研で活用している霧箱は、ドライアイスと20cm四方のガラス容器を用いたものである。ドライアイスの入手法や取り扱い上の注意点、1回の観察でのエタノールの使用量などの操作面に関して工夫を要する点や室内照明の消灯など指導面での改善工夫を要する点がある。今後、明るい室内でも自然放射線がある程度観察できる霧箱の開発を行っていく。また、Sv/h、mSv/h、μSv/hの単位の違いと量的な認識を実感できる教材の開発を行っていく。

##### (4) 継続学習のための授業の工夫

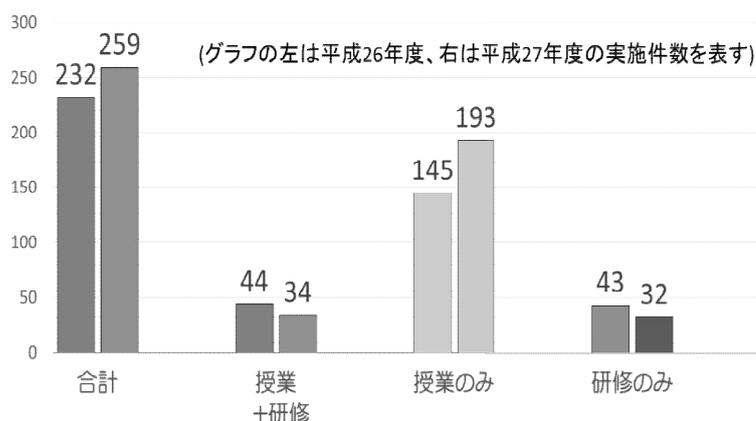
この放射線事業に申し込みを行ってくる学校の約半数は前年度のリピータ校である。例えば、小学校で昨年に続き5,6年生で申し込みをされる学校があるが、5年生は放射線授業が初めてだが、6年生は2回目となる。その6年生に同様の内容で繰り返しも可能であるが、子どもたちの意欲の問題や中学校への橋渡しとしての観点から、その地域で継続的に放射線授業を行うための授業の工夫が必要となる。当研究所が行う出前授業などを通して、より実践的・継続可能な授業の工夫を提案していく。

##### (5) 研究会相互の連携強化

これまで述べた活動を進めていくためには、都道府県の理科を中心とする教育研究会との連携が不可欠である。理科ばかりではなく、他の教科、領域も含めて教育研究会との連携を強化していく。そのために、各研究会との情報交換を頻繁に行うとともに、研究会の会合などにも参加し、直接的な連携を深める働きかけを行っていく。

(The Institute for Promotion of Science Education related to Energy and Environmen)

形態別実施件数



## パネル討論 3(5)

中学校理科における学年別の放射線教育について

### A Progressive approach of radiation education in Junior-High School

エネルギー・環境理科教育推進研究所\*1

高島 勇二\*1、○ 宮川 俊晴\*2、

NPO 法人放射線教育フォーラム\*2

(Yuji Tatahata、Toshiharu Miyakawa)

#### 1. はじめに

2008年3月に告示された中学校理科学習指導要領に30年ぶりに放射線に関する記述が入り、2012年度から放射線が記載された教科書を用いて、各地で放射線の授業が開始された。しかし、多くの教師にとって放射線の授業経験はほとんど無かった。その上に、2011年3月11日の東日本大震災に端を発する福島第一原子力発電所の事故による環境への大量の放射性物質の放出の影響は大きな社会混乱を起し、その渦中で、中学校で放射線の授業を行うことには、理科教師のみならず多くの学校関係者にためらいが見られた。

そのような状況の中、教師の経験を共有して放射線教育を全国に普及するために、NPO法人放射線教育フォーラムでは、2013年7月から、全国で先行的に放射線授業を実践している教師を東京に招き、パネル討論を開催し、教師と放射線の専門家が協力して授業を進める仕組みを模索して来た。そして、2016年度より教科書が改訂されることを機に、これまでの6回のパネル討論の結果を参考にして、新教科書で実施する放射線教育に対するモデル授業を提案することとした。

#### 2. 最近の状況

2016年度から新しく採用された全国5社の中学校の教科書は、従来から比較的詳細な記述がなされていたD社を除き、他の4社は1、2ページ程度の記述が4、5ページと倍の量になり、多少のばらつきは認められるが、総じて充実した内容となったといえる。例えば、従来の教科書で、囲み記事として本文外にあった記述が本文に示されたり、放射線・放射能・放射性物質の関係が懐中電灯との比較でより分かりやすく明示されたり、放射線の性質では、透過力や電離作用の記述、自然放射線から受ける年間線量の値、ベクレル、グレイ、シーベルトの放射線に関わる単位、放射線の利用事例、レントゲン博士、キュリー夫妻などの放射線の発見にかかわる人物や科学史の紹介などの記述が充実している。また、霧箱や簡易放射線測定器を用いた実験紹介もなされている。更に、福島第一原子力発電所の事故の記述も新たに加わえられている。

もう一点、高校の入試に放射線が出題されたことである。

「次の□□□□にあてはまることばは何か、漢字3字で書きなさい。」

「□□□□には、アルファ線、ベータ線、ガンマ線、エックス線などの種類があり、物体を通りぬける性質により、医療検査や物体内部の検査に利用されている。一方、生物に悪い影響をあたえる場合があるので、注意してとりあつかう必要がある。」

これは福島県の平成28年度の県立高校Ⅱ期選抜試験の理科の放射線についての出題である。

福島県では3.11を経験して、全県を挙げて、小学校1年生～中学校3年生の9年間の各学年で毎年2,3時間の放射線授業が県教育委員会から指導されているが、その福島県ならではの出題と言える。

### 3. 現状の問題

中学校における放射線教育内容の充実のきっかけとして、福島県の高校入試での出題はきわめて画期的なことであるが、他の自治体で同様な状況になるには、もう少し時間を要すると推察される。逆に、教科書の内容は充実されたが、多くは3年生の3学期の最終単元での授業計画となっていることが、高校受験を目の前にして、3年間の総復習に時間を当てている現状が多い中で、放射線教育が消化不良になる恐れが否定できない。

一方、これまで6回のパネル討論や福島県での実践事例では、1年生、2年生でも実施する工夫が紹介された。それらの事例を踏まえて、今回のパネル討論「北から南から福島を踏まえた放射線教育の全国展開、IV」では、1年生、2年生、3年生と段階的に放射線教育をスパイラル・アップする授業プランを提案し、多くの関係者からご意見を頂きたいと考える。

### 4. 授業プラン

授業プランは、3年生の3学期に集中する放射線授業を、1年、2年、3年と段階的に実施する計画とし、各学年の単元の中で、発展的に扱うことを考慮した。

また、より効率的な授業とするためには、目に見えず直接体感できない放射線を理解し、科学的に考え、判断し、それらに基づいて行動していくことはたやすいことではないため、できるだけ霧箱や簡易放射線測定器を利用した実験を組み合わせ、放射線に対する実感を伴ったイメージを醸成することを提案した。

以下、学年別にその概要を示す。

#### 4.1 1年生における授業プラン

1年生では、自然界にある放射線の理解を図ることを目的とする。「火山」の授業において、火成岩のひとつ花崗岩から自然放射線を測定することにより、その存在を認識する。

また、放射線が電磁波の1つであることへの理解を図ることとする。そのため、「光」の分光実験から、光には波長や周波数という物性を持つことを知るが、可視光意以外に見えない光として、赤外線や紫外線とともに、更に波長の短い領域にエックス線、ガンマ線が存在することを理解する。

#### 4.2 2年生における授業プラン

2年生では、放射線が原子や原子核から出ているものであることへの理解を図ることとする。そのため、「電流」の授業で実施される真空放電の実験では、クルックス管を利用するが、その際に僅かながら放射線が出ていることを検知し、更に放射線の特性として、線源からの距離や遮へいにより線量率が変化することから、外部被ばくの防護の基礎知識を習得する。

「化学変化」では、物質のミクロの世界の理解を図るが、原子・分子の構造とともに、原子

核・電子の概念を習得する。さらに原子核自体も融合や分裂をし、その際にエネルギーの放出などがあることについても触れる。

また、「生命」の動物の体のつくりと働きでは、遺伝子の理解とともに、放射線による遺伝子への影響など健康影響の基礎を理解する。

#### 4.3 3年生における授業プラン

3年生では、「化学変化とイオン」で、原子・分子構造とそれらの反応から、原子や原子核の内部での放射線の発生の原理の基礎を理解する。

「生命」では、遺伝に関連して、遺伝子の構造と損傷や修復の機能の基礎を理解する。2年生の振り返りから、放射線の健康影響について深化させる。

「科学技術と人間」のエネルギー資源の利用では、原子力発電所とともに、放射線の性質や利用の理解を深化させる。特に外部被ばく、内部被ばくからの防護に関する基礎知識の習得を図る。

#### 5. 今後の取り組み

これらの授業は各単元の中で発展的に実施する範囲となるが、生徒の実態や理解の到達度が今後の課題といえる。そのためには授業の評価規準を具体化し、その学習状況を評価し授業にフィードバックすることが大切になる。そのためには、評価規準の策定を図り、それを活用した各地での実践事例を集約し、効果的・能率的な授業のあり方を求めていく必要がある。今後、多くの現職の先生、教育関係者、放射線の専門家の方々のご理解とご協力を頂きたい。

以上

\*1 The Institute for Energy・Environment Science education Promotion

\*2 Radiation Education Forum

取組」の題目で、東日本大震災以降の活動を報告した。①何をどう教えたらいのか、②何の教科で指導したらよいか、③具体的な指導時間を示してほしい、④研修の機会がほしいなどの課題があった。県教育委員会は平成23年11月に「放射線等に関する指導資料」を作成し、12月に研修会を実施した。平成27年度には「生き抜く力」を育む福島県の防災教育」として第5版が発行となった。取り組みを通して様々な効果や指導の改善が見られた。例えば、防災個人カードを書かせる学習を通して家庭で話し合うきっかけができ、啓発的な意味が生じた。放射線に関する指導の時間を2~3時間程度としていたが、機会を捉えて柔軟に対応するようにするなど、多様な展開を促すようにした。そして、福島発の放射線教育の実践の必要性を述べた。

中島誠一氏（杉並区立阿佐ヶ谷中学校）は、「放射線の学習を通して、科学的な見方や考え方を育成する指導方法及び教材の開発」を発表した。現在、放射線に関する授業経験がなく、指導事例が少ないなどの課題がある。これらの課題を克服するため、安価な自作の霧箱や、ブラックボックスを利用した新しい授業を展開した。後者は、円筒内部に鉛粒を固定して“はかるくん”で内部構造を調べ、班毎に結果を発表し、討議させるものであった。非破壊検査に通じ、生徒らの関心や意欲の高まりがわかる発表であった。

北畑謙一氏（大阪府中学理科教育研究会）は、「評価の4観点を視野に入れた放射線教育—各学年の放射線学習の実践に合わせて—」として、系統立てた中学3年間の授業の実践活動を報告した。①自然現象への関心・意欲・態度、②科学的な思考・表現、③観察・実験の技能、④自然事象についての知識・理解を視野に入れた計画的な評価方法の開発が急務であると述べた。大阪の放射線教育の目標には、放射線等の基礎知識について理解を深める、心身ともに健康で安全な生活を送るために科学的な根拠に基づいて意思決定できる力を育成するとある。中1~中3までの授業実践、生徒のレポートと評価の事例を紹介した。

高島勇二氏（エネルギー・環境理科教育推進研究所）は、「エネルギー・環境理科教育推進研究所（エネ理研）における放射線教育の活動について」と題し発表した。これまでの活動では不十分である

### パネル討論 3

#### 北から南から福島を踏まえた放射線教育の全国展開Ⅳ—新しい中学校理科教科書による放射線授業を考える—

渡部 智博

Watanabe Tomohiro

##### 1. はじめに

平成23（2011）年3月11日の東日本大震災から5年が経過した。平成28（2016）年7月8日（金）の午後1時から3時半、東京大学一条ホールでパネル討論会が実施された。

##### 2. パネラーの話題

阿部洋己氏（富岡町立富岡第一中学校）は、「福島県教育委員会等における5年間の放射線教育への

と考え、平成26年4月に中学校の理科教員経験者によるエネ理研を発足し、発展的な活動を始めた。上から目線や単発的なものではなく、継続的な出前授業、研修会、そしてこれらの複合型の放射線教育を全国で展開されていた。受講者には幼稚園から高校や特別支援までの児童・生徒1万8千名、教職員が2千名以上というから驚きである。

最後に、宮川俊晴氏（放射線教育フォーラム）が、「中学校理科における学年別の放射線教育について」とし、1年生から3年間で実施する放射線授業の総括的な提案をした。

### 3. 討議とまとめ

ある大学の教員から、放射線は怖いという印象は小中学生と大学生とであまり変わらないという話題が紹介された。ミリやマイクロの違いをふまえた定量的な理解だけでなく、いろいろなリスクを科学的に理解するとともに放射線を理解する大切さを新たにした。がん治療などの健康影響については、自らとその周りの親しい人に関わる場合があるので、教育現場ではデリケートな話題である。実践的な活動が活発になされており、これからの放射線教育に期待したい。

（立教新座中学校・高等学校）

# 公開パネル討論「今やる放射線教育 IV」を開催して

— 中学校3年間に付けたい力—

放射線教育フォーラム 宮川俊晴

【はじめに】平成28年11月13日（日）東京慈恵会医科大学高木2号館南講堂にて開催された掲題の公開パネル討論会は、約70名が参加し、今年度から新しくなった中学校理科の教科書で、生徒にどのような力をつけさせるか討論が実施された。はじめに文科省の清原洋一先生の基調講演があり、続いて4名の中学の先生の実践報告が行われ、筆者から中学校の放射線授業の評価規準への取り組みの提案を行い、そののち会場の参加者を交えパネル討論が実施された。最後に文科省の野内頼一先生の総括で閉じた。以下にその概要を報告する。

## 基調講演 「放射線の指導と評価」

清原洋一先生（文科省初等中等局主任視学官）の基調講演では、中学校の理科学習指導要領の放射線の扱いの変遷を紐解き、改定作業の当事者の一人として関わられた平成20年の改定で復活した社会的な背景が解説された。その上で、放射線教育に限らず、中学校理科における生徒を主体とした教育の取り組みの重要性や授業が改善されるための授業の評価の目的について解説された。まず、学習指導要領では、放射線については、第二次世界大戦以降から昭和40年代の学習指導要領までは放射性元素として教育されることになっていたが、昭和50年代の改定時に、ゆとり教育が叫ばれ、放射線は高校の理科Iに移行し、中学校の指導要領からは消え、また理科の授業時間数も少なくなった。しかし、平成11年9月の東海村の核燃料加工工場（JCO）の臨界事故後の茨城県産の農作物への風評被害などの社会的混乱を、当時茨城県内の高校教諭として体験したこともあり、中学校理科教育での放射線の重要性を強く意識、平成20年の改訂時に現行の内容として復活された。復活に当たっては、30年間の空白期間は大きく、科学的概念の複雑な専門性や想定される放射線に対する社会的なネガティブ感から現場の先生方の負担感を軽減する狙いで「触れること」という表現に配慮し、とにかく深くなくていいから授業を実施することが規定された。また、科学技術と人間や自然環境の保全と科学技術の利用において学ぶこととしたのは、科学技術が発展する現代において、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方を科学的に考察し、持続可能な社会を作ることが重要であることを認識する教育が実施されることを意図したものであることが示された。しかし、現場で実施される正にその時に、福島第一原子力発電所の事故が起こり、放

射線に関する社会的な大混乱が生じ、現場の先生方は相当苦勞され実践に向かわれたが、福島県を中心にその対応に奔走したことが述べられた。更に、学習指導要領は、現場の先生方の創意工夫で弾力的に扱うことが可能であり、学校の置かれている時代の要請や地域の事情を考慮して生徒を主体とした生徒の自主的な学びを促進する教育を具体的に展開できることが解説され、その規範として、学力の3要素と評価の4つの観点などが大変丁寧に解説された。

## 実践報告1 「放射線に関する授業実践で生徒から私が学んだこと」

島田雅人先生（栃木県小山市立絹中）は、3年生で4時間の授業実践を報告した。前段の3時間で放射線の授業を実施し、放射線の科学的知識を持って、原子力などのエネルギーの選択を考える授業とした。また、生徒の関心が放射線の人体への影響などにあつたことを踏まえ、霧箱観察や簡易型放射線測定器で実感できる授業を重視し、安全と安心の違いについて、放射線以外のリスクについても触れた。4時間目には、福島第一原子力発電所の事故を踏まえたエネルギーの選択の学習とするために東電社員を招き、事故の経緯と廃炉の現状の理解を図った。

授業の結果、生徒自身が纏めた授業の振り返りでは、「地球上のどこにいても、放射線はあるのだと分かった。」「放射線の遮へい力は物質の密度と関係があることがわかって面白かった。」「原子力発電は、便利なものだが、事故が起きてしまうと大変だと思った。」「福島県の復興のために一生懸命に働いていた人達が沢山いた。無関心でいて恥ずかしい。」「関東に電気を供給するために、原子力発電所があつたのに、無関心でいたこと恥ずかしいと思った。」などの記述があつたことを紹介した。生徒たちの受け止め方はとても道徳的で、理科の授業から、このように考える生徒がいることは素晴らしく生徒から学ばせてもらうことで授業の改善が図れると述べた。更に、授業後に「島田先生の理科は暗記する授業ではなくて理解する授業と思った」との生徒の言葉に、教師冥利に尽きる職業と述べ報告を閉じた。

## 実践報告2 「放射線を題材にした授業実践～無理なく継続できる教育課程を目指して～」

坂本晴生先生（福島県三春町立三春中）は、平成27年度から福島県教委の放射線教育の実践協力校に指定され、先生方が協力して1年生の理科で2時間、保健体育で3時間、総合で4時間の授

業を実践し、更に今年度は社会科で1時間追加した授業の実践報告をした。授業計画は、①誰でも実践出来る放射線教育を目指し、決してスーパーティーチャーがいるから出来る授業としないこと、②教科などの内容で対応した放射線教育とし特定の教師に負担が偏らないこと、③生徒と教師がともに学びあうこと、④見せるため・形にするための取り組みはしない。出来た失敗したもの、ありのままの姿を見せる。つまり、「肩ひじ張らずに片手間に放射線教育をやって行こう」と策定方針を述べた。

実践は1年生で3段階のステップに分けて実施した。ステップ1は理科の3時間の授業で、福島市の除染情報プラザの専門家を講師に招き、霧箱、簡易型放射線測定器の体験的授業とした。ステップ2は保健体育で、外部被ばくや内部被ばく、放射線の健康影響など安全性について専門家を講師に学んだ。その上で、ステップ3として、4時間の総合の時間にこれまでの学びと、「台湾で福島県産の輸入食品が他県産で売られていた。」などの風評被害を扱う報道記事から、地域の将来を考え、学んだことを一人一人ポスターに纏め、それを3年生に対して発表・質疑を行った。また、1年生での実施理由を、3年生は春の修学旅行や、卒業式により授業日数が少ないこと、2年生はキャリア教育の時間や理科は化学反応式や電流で一杯、結局、若干の余裕ある1年生で集中的に実施とした。生徒のポスターには、授業では教えなかったグレイの単位まで調べた。福島県産の果物はおいしくて安全なことを多くの人に伝えたい。放射線の減衰をグラフから読み取り、自分で解析したことを書いた事例などを紹介した。講師となる専門家に対しては学校現場の要望に簡明に伝えて頂きたいと要望を述べるとともに、今後とも誰でも気軽に取り組める授業のあり方を求めて行きたいと意欲が語られた。

### 実践報告3 「熊本地震と放射線教育」

小林信一先生(熊本県合志市立西合志南中)は、3年生の2時間の実践例を報告した。今年4月に発生した熊本地震での経験から、熊本県民の共通の課題である水俣病やハンセン病に関する差別や風評被害の解消のための小中学校での系統的な学習の現状を紹介し、科学的な情報的確な入手とそれに基づく判断力が重要で、放射線教育においても、その点を育成するために、また単に知識のみを与える授業ではなく、興味関心を持って取り組める授業とするために、霧箱や簡易計測器を用いた体験的授業が報告された。また、授業のポイントを1枚のポートフォリオに記録し、理解を深める取り組みを実施していた。更に放射線教育を普及するために、近隣の12校の中学校の先生方と年間5回程度、自主勉強会を開催し、最近では借用が難しくなった簡易型放射線測定器を

各校で購入し、互いに流用する仕組みを構築したことが報告された。

### 実践報告4 「放射線教育の今後を考える～新学習指導要領を見据えて～」

青木久美子先生(東京都世田谷区立千歳中)は、エネルギー・環境教育等との関連を図りながら、これまでの1年生から3年生の実践内容を報告した。1年生では、「光」から電磁波としての放射線を、「大地の花崗岩」からは岩石から出ている自然放射線の測定を体感させ、放射線教育の導入を図り、2年生では、生物の脊椎動物と無脊椎動物の骨格の違いをレントゲン写真で識別することができることを啓発し、いろいろな単元で放射線の理解を深め、スパイラルアップする授業実践が報告された。最後のまとめでも、今後の指導要領に期待することとして、1, 2, 3年生と継続できる授業体系を要望された。

### 提案「中学校の放射線授業の評価規準について」

筆者からは、過去4年間のパネル討論の総括として、授業の継続的改善を図る授業の評価規準に関して提案があった。現状認識として青森県の中学生のアンケート結果から平成24年以降の放射線教育によりある程度の知識の増加は認められるが、平成28年度からの新教科書は、「自然界の放射線、放射線の種類、利用、単位、健康影響と管理、半減期、測定実験、科学史そして福島第一原子力発電所の事故」と多くの項目を扱う内容であり、3年生の3学期に実施することの現状の課題を上げた。この対策として、1年生から3年に分散する授業体系を再提案し、更に授業の効果を上げるために、授業の評価規準として、現状の①自然事象への関心、意欲、態度、②科学的な思考・表現、③観察・実験の技能、④自然現象への知識・理解の4つの観点の理科の評価規準に準じて放射線版を策定するものであるが、大阪府の研究会の活動実績や福島県の事例を引用して解説した。

### パネル討論

渡部智博先生(立教新座中学・高等学校)の進行で会場参加者とともにパネル討論が進められた。島田先生には安心と安全の指導に関して、リスクをきちんと伝えて行く重要性が質問されたが、島田先生からは基準のある安全と気持ちの問題であり基準のない安心について、大豆のイソフラボンなどの食品の例なども引用し、リスクを伝える努力をしていると回答された。また食品の放射能測定が不検出でもゼロではないことの意味を説明していくことの重要性が述べられた。会場からは材料科学系の大学生でもウランが壊変して鉛になることを知らない現状があり、放射線教育は幼稚園からでも出来るところから早期に始める必要性が提起され、大学入試に出すべきとの意見やノーベル賞受賞者に放射線科学者が多く、

その実験器具も興味を持って学べる教材と提案があった。小林先生に官制研修がなかなか進んでいかない中で、自主的に放射線の勉強会を実施していることへの敬意が示され、その成果の質問に、小林先生は具体的に授業の展開は把握していないが、測定器を揃えたことの期待が述べられた。水俣病に関連した取り組みに関して、子供達も将来差別を経験する場面もあり、遅く育って欲しいが、放射線教育は知ることから始める原点の重要性が指摘された。福島県からの会場の参加者からは、県教委作成の指導教材に人権教育を取り込み、偏見、差別への対応に重要なことは、不幸な境遇と同情されることではなく、人間同士の関係性、社会との関係性を構築できる自立した人格形成のために、教育されることを狙いとしていることが紹介された。青木先生には、1, 2 年生で実施することへの問いに対し、ESD の教育の中で実施できる意義を説明していることと回答があった。会場からはやれるところ、やれそうなところ

からやるという 4 名の先生方の取り組む姿勢が素晴らしいと賛辞があった。その他多くの意見交換があったが、最後に野内頼一先生（文科省国立教育政策研究所教育課程調査官）から、4 名の実践報告者一人一人に対して、島田先生には、生徒から学ぶという教師の姿勢が生徒の学ぶ意欲に火をつけたこと、坂本先生には、専門家の登場に、生徒が一番いい状態で授業が受けられるように何度も協議して双方向の理解を深めたこと、小林先生には、地域性を活かした教育と全国的な課題である若手の育成に先見的に取り組んでいること、青木先生には、かつて学んだことを結びつける大変難しい指導をやる中で、知識だけではなくどんな力をつけさせたいのか考え抜いた素晴らしい実践であったことと皆さんに敬意とねぎらいの言葉が述べられ、更に専門家と先生が協力して生徒を中心に据えた教育の討論の機会に参加できたことへの謝意が述べられた。

# 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！

検索

<http://www.fepc.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**

URL: <http://www.c-technol.co.jp>

e-mail: [ctc-master@c-technol.co.jp](mailto:ctc-master@c-technol.co.jp)

千代田テクノル 検索



JQA-QM8513  
Tokyo・Osaka  
Kashiwazaki Kariwa

# ずっと健康でいたいあなたに



トロンの  $\alpha$  線による  
刺激作用に伴い細胞を活性

トロンの温熱効果による  
低体温の改善

トロンの発汗作用による  
睡眠の改善

人間がもともと持っている自然治癒力を高める

## 病気になりにくい体

トロンはラジウム(トリウム系列)より放出される放射性元素のひとつで、自然界に存在する物質中で最も強力なイオン化作用を有します。

トロン温浴水は、トロン濃度が常に一定なので、天然の放射能泉とは違い、季節や時間・天候などによって放射性元素の種類や濃度が左右されないメリットがあるため、身体に効果的に作用します。

次のような健康効果が確認されています。

- ① 抗酸化作用
- ② 抗炎症作用
- ③ 血液やリンパ液の循環促進
- ④ 免疫機能の回復や調整力の強化
- ⑤ 血圧の正常化
- ⑥ 血糖やコレステロールの正常化

## 病気と共存する体

本誌、各地に取られた放射性元素のうち、今でも放射能を  
放出している鉱物の代表がトリウム系列・ウラン系列の鉱物



特にがんに対しては改善効果が顕著に現れ、抗がん剤の副作用の軽減にも役立っています。

＊ 2016年10月27日開催の『第49回日本甲状腺外科学会学術集会』において、  
一般演題「トロン温浴水の甲状腺未分化癌患者に対する効果」のテーマで発表しました。

## メディカルスパ 花巻トロン

住所: 〒025-0244 岩手県花巻市湯口字松原 76-9

電話:0198-28-2683 FAX:0198-28-2395

営業時間 午前8時～午後11時(最終受付10時)

●団体様の送迎承ります。ご相談ください。

●宿泊のご予約・お問い合わせはお電話ください。

●ホームページ「花巻トロン」で検索ください。

URL <http://spathoron.jp/>

花巻トロン

検索



# この星に、たしかな未来を

## OUR TECHNOLOGIES, YOUR TOMORROW

私たち三菱重工は、次の世代の暮らしと、そこにある幸福を想い、人々に感動を与えるような技術と、ものづくりへの情熱によって、たしかな未来を提供していくことを目指します。そのために私たちは、これまで培ってきた技術を磨くとともに、新たな発想で様々な技術を融合させるなど、さらなる価値提供を追求し、地球的な視野で人類の課題の解決と夢の実現に取り組みます。

三菱重工業株式会社

エネルギー・環境ドメイン 原子力事業部

〒108-8215 東京都港区港南2-16-5 Tel 03-6716-3111  
www.mhi.co.jp

 **三菱重工**

この星に、たしかな未来を

