

放射線教育フォーラム ニュースレター

No.80 2021. 11

コロナの一つの波を半減期という目で見る

放射線教育フォーラム 荒谷美智



疫病としての新型コロナウイルス感染症（COVID-19）がこの2年間我国にも居座って視界不良の状況が続いている。しかしながら、伝染状況の実態は波状で明らかに断続的である。第一波と第二波は、どなたかが「さざ波」と表現されていたが、第三波はそうは行かなかった。GoTo政策の行楽期と、忘年会、クリスマス、新年会の饗宴期が重なって大変なことになった。疫病の社会的対応として本質的なことは「隔離」にあると考えるが、これらの時期には死者に対する隔離者数が、通常期（BGに相当）の5～6倍になっており、医療現場は労働的に異常に過重なことを強いられた筈で、特に大都市では看護師、等が多数離職している、との報道があった。

全く大雑把だが、ある一つの波で隔離者数が二分の一になる期間を、仮に半減期として見ると、第三波では行楽期のほうが42d、饗宴期のほうが15dとなっている。こう見ると、集まって一緒に食べたり飲んだりしたいという人の自然な気持ちより、GoTo政策という政治的対応のほうが、疫病に対して影響力が遥かに大きいことが分かる。

第四波は比較的平穏に経過しており、半減期は20dである。この時期は一年のうちでどういう時だろうかと思って見ると、いわゆる五月病の時期ではないか、と気付かされる。憧れの学校や念願の務め先に入ることができたのに、期待と大層違っがっくりし、連休後にも気分がノラナイというあれである。こんな時期にも疫病は取り付くのかと驚かされる。

第五波はオリンピック、パラリンピックの国際的行事で隔離者数が急増し、第三波の一番酷い時期を既に超えてしまっている。

感染者数全国第47位の鳥取県では、これまで隔離者数も死者も最少で推移しており、鳥取県知事が書いておられること（中央公論4月号）だが、「昨年7月に政府の新型コロナ専門家会議から、新型コロナウイルス感染症分科会に変わった時に、感染症の専門家のほかに、経済学者や地方自治体も加えていただき、そこで最初に議論に参加してみて、専門家の先生方は、全国津々浦々の事情を意外とご存じないのではと感じました。」とあり、地方自治体の代表者が分科会にお入りになった効用が、このようにたとえ事後的にでも外から見えるようになったことは、非常に時宜に合ったことと考えられる。

不幸中幸いといえることは、COVID-19の致死率が我国の場合、極めて低いことで、筆者が連続的に記録し始めた2020年秋彼岸頃の1.8%から現在1.0%まで低下している。BCGの影響とか、O型は強いとか、日本人は政府のいうことを他国より聴く傾向があるとか、一見科学的から、色々取り交ぜいわれており、これという決め手は無さそうだが、医療現場の方々による日夜のお働きの積み上げは大きいと有り難く思う。疫病退散の日が一日も早いことを心から願っている。

放射線の魅力

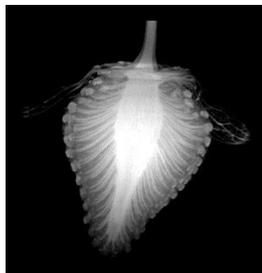
量子科学技術研究開発機構・高崎量子応用研究所 石岡 典子

1. はじめに

放射線を上手に使うと、体の中を巡る物質の動きが見えたり、悪い細胞を壊したりすることができる。例えば、植物が営む光合成には水と二酸化炭素が必要である。この二酸化炭素の炭素を、放射線を出す炭素に置き換えてあげると、目の前にいる植物の光合成の様子を画像として捉えることができる。がん細胞に集まる物質に放射性同位体（ラジオアイソトープ、RI）を組み込み、患者さんに投与すると、血液の流れに沿って次第にRIががん集まるので、放射線の種類に応じて診断や治療が可能になる。本稿では、くらしに役立つ放射線の魅力を、私たちの研究を通じて農業・医療の観点から紹介する。

2. イチゴ果実の立体構造と養分の流れ

まずは、右の画像をご覧ください。これは、イチゴの果実のX線CT像である。へたや果実表面の種に伸びる維管束の構造が手に取る様にわかる。紙面上、平面像であるが、実際にはイチゴの果実の内部構造を立体的に捉えることができている。



次に示すのは、葉でつくられた養分が果実に運ばれる様子を画像化したものである。冒頭で示した様に、この画像は、放射線を出す炭素（炭素11、 ^{11}C ）で構成される二酸化炭素（ $^{11}\text{CO}_2$ ）を、イチゴの特定の葉に与え、光合成によってつ



くられた $^{11}\text{CO}_2$ 由来の養分を、ガンマ線を計測することで追跡したものである。立体的な動画像として、経過時間に応じた養分の流れや強さを解析することができる。

これらの画像を組み合わせると、右の様な画像になる。詳細な内部構造に、養分の動きが加わることにより、特定の葉に与えた



二酸化炭素でつくられた光合成産物が、いつ、どの維管束を流れて養分として果実へ届いたのかが、画像から詳細に解析できる。どちらの撮影も非接触で行えるので、同じイチゴの果実を使い、異なる葉から輸送される養分の動きを画像として取得することができる。

上述した放射線画像のうち、特に、光合成産物の流れ等、生きた植物の営みを特定の元素や化合物に着目して画像化する技術を、植物RIイメージング技術と呼び、私たちが推進する研究である。植物RIイメージング技術を使うと、例えば、もっと甘いイチゴをつくるためには？という課題に対する解に迫ることができる。甘いイチゴをつくるためには、より多くの養分（砂糖）を果実に運ぶ必要があり、そのためには、運ぶ仕組みを理解しなければならない。理解に先立ち、様々な葉や栽培条件で $^{11}\text{CO}_2$ を与え、養分（砂糖）の動きを観測した。特定の葉に与えられた $^{11}\text{CO}_2$ は、養分（砂糖）となり、様々な果実へと運ばれる。観測の結果、養分（砂糖）は、全ての果実に運ばれるのではなく、特定の果実、しかも、片側に偏って運ばれていることがわかった。この様に、葉から果実へと繋がる道と養分（砂糖）の流れを紐解くことにより、養分（砂糖）を運ぶ仕組みに迫るこ

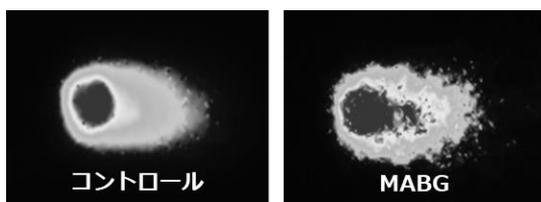
とができる。食糧増産や作物の高品質化へのアプローチの一つとして魅力的な技術である。

3. アルファ線でがん細胞を壊す

放射線によるがん治療は、外部から患部を狙った外部照射が一般的である。一方、RIを組み込んだ薬を投与して体の内部で照射を行う治療を核医学治療と呼ぶ。核医学治療は、がん細胞に集まる化合物に RI を組み込んだ薬を使うことから、外部照射の様に人為的に照準を合わせる必要はないが、がん細胞のみに集まる化合物の設計が重要である。核医学治療で使われてきた RI は、ベータ線が主流であったが、近年、ラジウム 223 のアルファ線による治療薬の発売やドイツの病院でのアクチニウム 225 によるアルファ線の治療効果が発表され、世界的に、アルファ線によるがん治療が注目されている。アルファ線は、DNA に与えるダメージ(二重鎖切断)がベータ線と比較して大きいことから細胞殺傷能力が高く、照射範囲は細胞約 1 個分であることから、周辺の正常な細胞への影響が少ないことが特徴である。この様な背景から、私たちは、これまで診断や治療に用いられてきた放射性ヨウ素の薬剤設計を活かすために、同族のハロゲン元素の中から、アルファ線を放出するアスタチン 211 (^{211}At) を選択し、がん治療薬の開発を進めている。

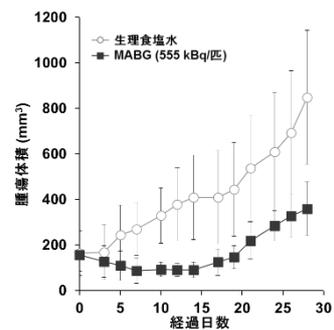
褐色細胞腫は、副腎で主に発生する腫瘍であり、悪性の場合、5年生存率が50%未満と予後不良の希少疾患である。悪性の褐色細胞腫の治療薬としてヨウ素 131 治療薬(MIBG)があるが、更に治療効果を高めるために、 ^{211}At のアルファ線による細胞を壊す力を評価したので紹介する。

下図は、ヨウ素 131 治療薬(MIBG)のヨウ素 131 を ^{211}At に置き換えてつくった MABG を、褐



中性コメットアッセイ

色細胞腫細胞に与え、 ^{211}At のアルファ線による DNA へのダメージを調べた図である。コントロールでは細胞核(黒丸)が維持されているのに対し、MABG を与えた細胞では、細胞核が崩れており、アルファ線による DNA の二重鎖切断が誘導されていることがわかる。続いて、褐色細胞腫細胞を移植したマウスに MABG を投与すると、他の臓器に比べてがんによく集まっており、24 時間が経過しても一定量の ^{211}At が留まっていた。この結果から、MABG は、すでに治療薬として使われている MIBG に類似した動きを体内で取ることがわかった。実際の ^{211}At のアルファ線による治療効果の一例を示す。がん細胞を移植したマウスに MABG を一度だけ投与し、腫瘍の大きさを日々計測して評価した。下図は、日毎の腫瘍の大きさをプロットしたものである。7 日目には腫瘍の大きさが半分に縮小し、20 日目まで増殖を抑制していることがわかる。腫瘍の再増殖を上手く抑制するタイミングで MABG を再度



投与することにより、根治が期待できる結果を得た。この様に、アルファ線の強力な細胞殺傷能力を存分に活かしたがん治療は、今後、益々盛んになってくると思われる。

4. おわりに

いろいろな種類の放射線を上手く使いこなすことで、放射線は、私たちの暮らしに密着した便利な道具となることを、今後も伝えていきたい。

<資料提供>

同研究所、三好悠太研究員(イチゴ)、大島康宏主幹研究員(がん治療)

「放射線はどんなに微量でも危険」か？

放射線教育フォーラム 酒井一夫

1. 放射線利用と障害

放射線はその発見の直後から医療をはじめ様々な分野で利用されてきた。放射線の人体影響に関する情報が乏しくて放射線を防護するという考え方がなく、放射線を無防備な状態で扱っていた初期においては、様々な障害の起こることが報告された。このような経験の蓄積と、人体に対する影響に関する医学・生物学の発展の中で、放射線の健康影響は2種類に分類されるようになった。

2. 放射線による障害の分類

(1) 細胞が失われることによって生じる障害（確定的影響）

人間の組織や器官を構成する多くの細胞のうち、いくつかがダメージを受けてもその数が少ない場合には周囲の細胞が補うので障害が顕在化することはない。ある線量を越え、残された細胞だけでは補いきれなくなった場合に、その組織や器官の障害が生じることになる。この線量のことを「しきい線量」と呼ぶ。しきい線量を超えるような高い線量を受けた場合に限ってこのタイプの障害が生じることになる。

(2) 細胞が変異することによって生じる障害（確率的影響）

細胞は通常増殖を繰り返し、一定のレベルに達するとそれ以上は増殖しない、という「秩序に従って」増殖をする。放射線によって遺伝子に変化が生じ（変異が起こり）、通常増殖の制御が効かなくなった場合に秩序を逸脱した増殖を繰り返すようになる。こうして生じるのががん（悪性腫瘍）であると考えられている。

広島・長崎の原爆被爆者の方々を対象とした疫学調査研究では、およそ 100 ミリシ

ーベルトを超える線量では、線量の増加に伴ってがんのリスクも増加することが示されている。100 ミリシーベルトよりも低い線量については、統計学的な不確かさもあり、本当に増加しているのかどうかは確たる結論が得られていない。疫学調査研究からは定かなことは言えないものの、放射線防護あるいは被ばく線量管理の立場からは、「低い線量であっても線量に応じたリスクの増加がある」と仮定して対応することとしている。この考え方を「直線しきい値無しモデル」と呼び、現状の放射線によるリスクに関する基本的な考え方とされている。また、「放射線はどんなに微量であっても有害」という考え方の背景ともなっている。

3. 放射線防護の考え方と実際のリスク

(1) 直線しきい値無しモデルの背景にある現象

放射線生物学の歴史の中で、放射線によって、線量に比例して DNA 疎な方が生じることが知られていた。DNA の傷は遺伝情報の変化（突然変異）につながる。突然変異によって細胞の秩序だった増殖が失われると細胞ががん化することになる(図)。

(2) 発がん過程と「生体防御機能」

一方、生体には、「生体防御機能」が備わっていて、放射線を受けてからがんになる各ステップを防ぐ働きを果たしている(図)。例えば、放射線の攻撃から DNA を護る物質の存在、DNA 損傷を修復する仕組み、突然変異を起こした細胞を死に至らしめて除去する仕組みやがん化してしまった細胞を除去する免疫機能などである。

これらの防御機能が存在することを考えると、放射線による発がんは、直線しきい値無しモデルから予測されるよりも少ないの

ではないかと考えられる。

同じ線量であっても、一度に受けた場合と時間をかけて長時間にわたって受けた場合とでは、後者の方が影響が小さいことが知られているが、この現象も、長い時間の間に生体防御の仕組みが機能した結果と考えられる。

4. 放射線の障害と線量

以上、放射線による障害を線量との関係から眺めてみると、高い線量の場合には確かに障害が生じるが、生体防御機能がきちんと働くような低い線量の場合には、そのリスクが低減されることがわかる。

5. 「放射線教育」の中で伝えたいメッセージ

次世代を担う子供たち、あるいは一般の方々を対象とする「放射線教育」の中では、次のメッセージを伝えることが重要と考える。

(1) 放射線の影響は線量に

よって大きく異なること。

したがって、放射線を受けた場合には、被ばくした(放射線を受けた)という事実だけでなく、「どれほどの量の放射線を受けたのか」を把握し影響を考える必要がある。

(2) 放射線の影響をあなどってはいけないが、怖がりすぎてもいけないこと。

このことによって、放射線利用することに伴う恩恵(ベネフィット)とリスクの両面を勘案しつつ放射線の利用について検討し判断する「放射線安全文化」を浸透させることができるものとする。

生体防御機能による発がん過程の抑制

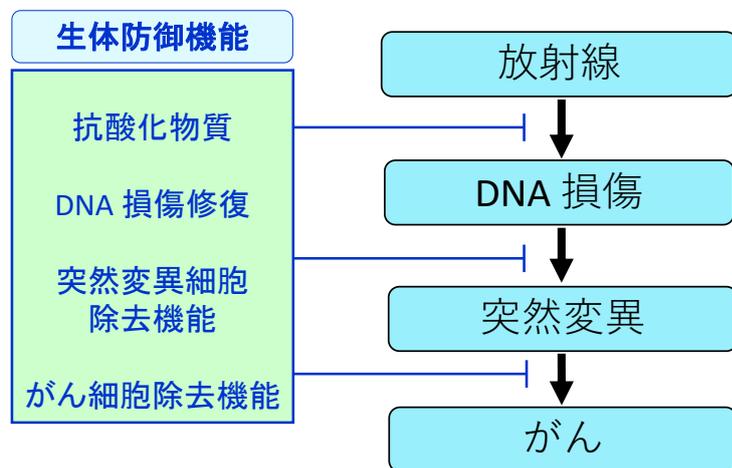


図1 生体防御機能による発がん過程の抑制

リモート授業（放射線の性質と利用）を受けた 中学2年生からのメッセージ

放射線教育フォーラム 宮川俊晴

はじめに

「まるで高島先生がこの教室にいるような授業でしたね！」

2020年12月に長野県上田市内の中学校で放射線授業を実施した際、担当の理科の先生からの言葉でした。コロナ禍で初めてのオンラインでの授業でしたが、対面授業と同様だったとの先生からの言葉にほっとした瞬間であった。私は現地支援員として教室で生徒の実験などのサポートをしたが、ここでは中学2年生2校の出前授業の様子と、授業後に生徒が記述した放射線に関する感想を「生徒からのメッセージ」として紹介する。

1. 出前授業の様子

上田市での放射線出前授業は2017年度より全国中学校理科教育研究会支援センターの高島勇二氏を招き実施してきた。しかし、2020年度はコロナ禍のため、東京の高島勇二氏とZOOM会議システムによるオンライン授業で行った。

A中学校では100分授業が5クラスで、B中学校は50分授業が4クラスで行われた。

講義は高島氏が大型スクリーンを通じて行い、教室では現地支援者として宮川が生徒の実験をサポートすることにより、ほぼ対面授業と同じ流れで行われた。また、2年生は電流の単元で実施した。その流れは、以下の通り。

○ 授業内容

- 1) 真空放電の概要(A校の100分授業ではクルックス管の放電実験を実施、B校の50分授業ではPPT解説)。電磁波、見えない光⇒X線、レントゲン博士による発見を解説
- 2) はかる君による教室内の線量測定(一人ずつ全員、上田市教育委員会から借用)教室内の線量と3.11当時の長野市内の線量比較(福島第一原子力発電所の事故とその影響)・・・全員、教室内の自然放射線の存在を認識、危険性の理解
- 3) ベータちゃんによる自然界の放射線測定、透過性能試験では、御影石、乾燥コンブなどからの放射線測定、遮へいと距離変化のカウント数の変化の測定実験

(50分授業では支援者の演示、100分授業では4名毎のグループ実験)・・・身の回りの線源を理解

- 4) 霧箱による飛跡観察(4名ごとのグループ実験)室内の放射線、マントル利用(α 線、 β 線の飛跡の違い)・・・飛跡から放射状に飛ぶ放射線の現象のイメージ理解
- 5) 放射線照射プラスチックの引っ張り試験を行い、放射線照射によりプラスチックが変質(固くなる。電離作用)することを体験する。・・・放射線の有用性を理解

2. 中学2年生からのメッセージ

授業後に記載されたA中学校(143名)、B中学校(98名)、合計241名の生徒からの自由記述の感想は、短い内容から長いものまで様々であるが、それを整理してみると、大きく3項目、細目では12項目にまとめることができた。(下表に各項目と生徒数を示す。)

大項目の1は、放射線の内容に関する記述で、①自然放射線について、28%、②放射線利用について、55%、③放射線の危険性について、57%、④放射線に関する防護や管理について、12%と4項目に区分できた。

大項目の2は、放射線についての考え方で、小項目としては、⑤学んだ内容の単純表現(基礎的記述)、10%、⑥自分の考えを含めた記述(応用的記述)、58%、⑦放射線に対する将来への意見(発展的記述)、23%、の3項目に区分できた。

大項目の3は、その他の内容で、⑧学習により学びたいとする気持ちや関心が向上したとする記述、7%、⑨講師に対する感謝の記述、36%、⑩授業前には無関心か知識が無かったとする記述、14%、⑪授業前には負のイメージがあったとする記述、26%、⑫学習後には負のイメージが好転したとする記述、24%、の5項目と区分された。

身の周りの自然界の放射線の存在を記述した生徒は約3割であったが、授業中は、教室内に放射線があると全員が認識しており、はかる君などの実測で体験的に理解できた効果は大きいと考えている。また約6割の生徒が放射線の危険を認めながらも、

利用する価値があると記述したのは、プラスチックが放射線照射で強度アップする、放射線の物質を変化させる働きを体験したことが大きいと考えられる。更に23%の生徒が書いた発展的記述の内容についても、多くが放射線の利用を進めるものであった。

授業の前には、26%の生徒は放射線に対して負のイメージを持っていたが、その生徒のほとんどがイメージは良くなったと書いており、学習を通じて放射線に関しては、メリットとデメリットの両面を理解し、その上で、有用であると受け止めている傾向があった。

生徒の記述の中に、「これからの時代使い方を間違えなければとても大切」、「使い方を誤ると大変な事故が起こるので注意して

いきたい」、「放射線は危ないから社会全体で考えなければいけないと思った」などと、放射線の防護を意識した記述がみられた。これは、ICRPの放射線防護の三原則、①正当化、②最適化、③線量限度の概念に通じるものであった。

最後に今回の授業では講師の高島勇二氏への感謝が36%と多く、実験が多く、学びを楽しめた生徒との対話重視の講師の授業が素晴らしかったことを示していると感じた。初めてのオンラインでの授業であったが、文頭の担任の先生の言葉につがる授業であった。

今回はオンライン授業と言う貴重な経験をさせて頂いた。高島勇二氏、学校関係者に心より感謝したい。

		上田市内のA,B中学校、2年生からのメッセージ(241名)										2020年12月	
クラス	生徒数	①自然 界の放 射線	②利用 の有効 性	③危険 性への 記述	④防 護・管 理	⑤基 礎的	⑥応 用的	⑦発 展的	⑧関 心向 上	⑨感 謝	⑩無関 心	⑪負の イメー ジ	⑫イ メージ の好転
A1	29	8	18	20	8	10	14	2	1	8	5	8	8
A2	31	5	20	18	5	6	17	7	1	5	2	7	6
A3	28	6	17	16	6	2	20	4	2	11	4	6	6
A4	26	10	9	10	3	2	9	11	0	15	11	6	5
A5	29	5	18	18	1	4	17	5	2	16	2	13	12
B1	20	10	13	15	2	1	13	5	0	8	4	7	7
B2	26	7	10	11	3	0	16	6	4	12	2	4	4
B3	26	11	11	16	0	0	19	7	2	3	3	9	9
B4	26	6	16	13	2	0	15	8	5	8	0	2	2
AB合計	241	68	132	137	30	25	140	55	17	86	33	62	59
比率		28%	55%	57%	12%	10%	58%	23%	7%	36%	14%	26%	24%

令和3年度放射線教育フォーラム第2回勉強会

－ 放射線の理解を深めるための授業について考える －

(2021年11月23日(火) 13:30～16:00 オンライン開催(Zoom))

〔開催趣旨〕

中学校において今年度から実施されている新学習指導要領に基づく放射線の授業では、生徒への放射線に関する基礎的な事項の説明にとどまらず、放射線への興味を喚起するための授業も求められている。今回の勉強会では、放射線への理解を深めるため放射線の利用の例として、放射性炭素による年代測定についての講演を用意する。また、中学校・高校の現場で放射線への理解を深めるための授業に取り組んでいる教員から話題を提供してもらう。

〔プログラム〕

開会挨拶 (13:30～13:40) 工藤博司理事長

講演1. 放射性炭素で古文書を読む (13:40～14:20)

小田寛貴 (名古屋大学宇宙地球環境研究所年代測定研究部)

放射性炭素年代測定法は、遺跡から出土した考古遺物の分析法として広く知られている。しかし、近年は古文書などにも用いられるようになってきた。その原理を解説し、歴史学への応用例を紹介する。

講演2. 放射線から見える戦略なき日本の理科教育 (14:20～14:50)

畠山正恒 (聖光学院中学校高等学校)

中学・高校の理科で扱われる放射線関連の事柄から、物理分野を中心として理科教育の実態を分析し紹介する。このことが、過去・現在・未来の日本にとってどのような意味を持つのか、諸外国と比較して考えてみたい。

休憩 (14:50～15:00)

講演3. 『Rの正体』を活用した中2理科での放射線教育の紹介 (15:00～15:30)

森山正樹 (札幌市立白石中学校)

NPO法人放射線教育フォーラムが企画・制作した映像教材『Rの正体～放射線の性質と利用～』(2018)を、中学校2年生理科『電流とその利用』の授業において活用した実践について紹介する。

意見交換 (15:30～15:55)

講演や授業実践から、参加している現場の教員の疑問・悩み、要望を聞き、教材や授業の進め方について考える。

閉会挨拶 (15:55～16:00) 田中隆一事務局長

講演要旨

講演1. 放射性炭素で古文書を読む

小田寛貴（名古屋大学宇宙地球環境研究所年代測定研究部）

炭素 14 は天然に存在する放射性核種である。遺跡から出土した木炭などに含まれる炭素 14 の濃度を測定することで、その資料の古さがわかる。放射性炭素年代測定法ないし炭素 14 年代測定法とよばれる考古遺物の分析法である。この手法は、1940 年代後半、アメリカ・シカゴ大学の W.F.Libby によって行われた一連の研究により確立された。その後、日本にも木越邦彦・浜田達二らによって導入され、縄文時代以前の考古資料を中心に広く利用されてきた。当時、炭素 14 の測定には、放射壊変に伴う β 線を比例計数管等によって計数する方法が用いられていた。ただし、精度・正確度は高かったものの、約 1g の炭素試料を必要としたため、古文書や美術品は実質的に測定の対象外であった。こうした状況の中、加速器質量分析計を用いる新たな方法が登場した。その最大の特徴は、必要な炭素試料が約 1mg にまで低減されたところにある。これにより、植物の種子、土器に残されたおこげ、そして古文書等を対象とした炭素 14 年代測定の道が拓かれたのである。しかし、古文書に限らず、歴史・考古資料の年代測定を行う本質的な目的は、炭素 14 年代という自然科学的な数値を得ることではなく、その資料が何らかの役割をもって歴史の中に登場した年代を探求するところにある。土器であれば煮炊き等に利用された年代、仏像であれば制作された年代、古文書ならば書かれた年代である。そこで、まず我々は、筆跡や書風などから書跡史的に年代の判明している古文書・古経典・版本を試料とした年代測定を開始した。その結果、測定による年代と書跡史的年代とは矛盾することがなく、炭素 14 年代測定法は古文書等に有効な手法であることが実証されるに至ったのである。こうした研究成果の上に立ち、年代未詳の歴史史料に対する年代測定にも着手した。特に古筆切(こひつぎれ)とよばれる歴史史料では、いくつもの大きな発見があった。古筆切とは、古記録・古経典などが数行分だけ裁断された和紙の断片である。鎌倉時代以前の古いもの、歴史上有名な人物の手になるものもあり、これらの学術的価値は高い。ところが、金銭的な価値も付加されるようになったが故、江戸時代あたりに作られた偽物も大量に混在している。玉石混交の古筆切であるが、わずかに数行の書であるため、筆跡や書風などに基づく書跡史的な年代判定が困難なものが多い。こうした固有の問題をもつ古筆切には、炭素 14 年代測定法が大きな威力を発揮する。勉強会では、加速器質量分析計による炭素 14 年代測定法の原理を解説した後、年代既知の古文書の測定例、古筆切への応用例を紹介したい。

講演2. 放射線から見える戦略なき日本の理科教育

畠山正恒（聖光学院中学校高等学校）

OECD によると、2020 年の日本の平均賃金は \$38,500 で 35 カ国中 22 位、OECD 平均は \$49,200 であった。一人あたり GDP は日本 \$42,939、米国 \$63,285 で大きな差がついている。また、IMF データから、2000 年と 2020 年の GDP の変化を比較すると、米国 2.04 倍、英国 1.63 倍、ドイツ 1.97 倍に対し日本は 1.02 倍であった。日本だけが置いて行かれた状態になっている。

こうした原因がわが国の政治や経済政策にあるとする分析は多いが、ここでは違う視点で原因を述べてみたい。

西村（2014）は「学習科目選択と大学卒業後の所得」で、大学入試で数学を使った人は、

使わなかった人よりも年間所得が上回り、文系学部出身者と理系学部出身者の平均所得差が年 100 万円あることを述べている。

また、米国は 2010 年米国科学アカデミーが NGSS (Next Generation Science Standards) を提唱した。米国政府はこれを基準にして STEM 分野 (科学・技術・工学・数学) の専攻学生を増やし、世界レベルの人材を育成することが国家戦略の要と位置付けた。さらに、大統領府は 2015 年に STEM 職業の女性の年収は非 STEM と比較し 33%高いという報告を出した。そして、高等教育機関入学者に占める女性の割合を上昇させることが男女間の賃金格差を縮めるだけでなく、女性の平等にも繋がるとして、教育改革を進めてきている。

しかし、わが国にこの様な戦略感覚は全く見られない。今年 9 月に OECD より発表された日本の高等教育機関入学者に占める女性の割合は、自然科学・工学分野ともに圧倒的最下位であった。

文科省は NGSS を参考にして、2022 年度から高等学校で「総合的な探求の時間」(必修)「理数探求」という新科目の開始を決定した。ところがこの科目の達成目標は具体的に何もない。理科教育の最終目的が述べられていないのである。日本も STEM 人材を増やすことを明確にすべきである。

STEM 人材が増えない理由は教科書に大きな原因がある。中学校理科教科書は系統的に各分野を学べず、高校理科教科書は「一度学習して分かっている人のための備忘録」のような体裁になっている。とても初めて学ぶ人を考慮して書かれているとは言えない内容である。その分かりにくさが、小学校の時に理科好きだった子供が中学・高校となるにつれどんどん理科離れしていく原因であると推察する。日本は検定教科書のため予算制限がありページ数が限定されるため、活字離れしている現代生徒の実態に合っていないものになっている。米国や英国には検定教科書はないので、自由に教科書作成ができるため図やグラフが豊富である。放射線を始めとして、各単元をどのように教えるかより、生徒が読んで理解できる教科書を提供する方が重要であり、それが STEM 人材を育てる近道である。高校物理の教科書を日米英で比較するとサイズは日本の A5 に対し米国英国は A4、ページ数は日本の 650 ページに対し、米国 1000 ページ、英国 1200 ページである。医療機器などについて、学んだ事柄(科学)が実際にどのように応用されているか(技術)を豊富な説明で紹介している。日本の教科書には見られない構成である。現在のスタイルを継続する限り、日本の理科教育は完全に周回遅れであり、このことに目を向けないと諸外国との所得格差は益々広がるであろう。今の高校生が社会の中堅となり日本を支えるまで、あと 20 年である。

講演 3. 『R の正体』を活用した中 2 理科での放射線教育の紹介

森山正樹 (札幌市立白石中学校)

今年度から中学校で完全実施となった中学校学習指導要領(平成 29 年告示)において、3 学年で学習していた「放射線の性質と利用」の内容が 2 学年の『電流とその利用』の中でも触れるようになった。この内容は移行措置として 2020 年度から実施された。昨年度に私は 2 学年に所属していたので、教科書会社から配付された補助教材を活用して、2 学年の生徒にクルックス管による陰極線の学習から放射線(X 線)について触れる学習を行った。昨年度は新型コロナウイルス感染症のまん延防止のため、北海道は長い期間、臨時休業になっていた。そのため、授業時数が通常よりも少なくなった。これまで 3 学年で行っていた「放射線」に関する学習について実験を交えてじっくりと行いたかったが、その時間がとれなかった。そこで、2018 年に NPO 法人放射線教育フォーラムが企画した映像教材『R の正体～放射線の性質と利用～』(以下、『R の正体』とよぶ)の DVD を用いて、短時間で効果的に放射線の

学習を行った。『Rの正体』は、中川恵一先生と小森栄治先生が監修しており、放射線の歴史と基礎知識、性質と利用、人体への影響などを取材映像とCGアニメーションでわかりやすく解説している。さらに、放射線関連の実験映像や福島県の現状のレポート映像も収録されている。構成としては①Rの正体(19分)②実験映像集(6分)③福島の現状を知る(8分)となっている。このように、50分の授業時間で放射線について詳しく知るために、重要な内容がコンパクトにまとめられている。しかし、映像をそのまま流して生徒が見るだけでは、効果的に学ぶことには繋がらない。前時の学習(クルックス管からX線が発生していた)内容をもとに、本時の学習課題を「放射線にはどんな種類や性質があり、どのように利用されているのか」と設定して、課題を明らかにするために目的をもって『Rの正体』を視聴した。その際に、必要に応じて映像を止めて解説をしたり、重要語句を黒板にまとめたりしたため、生徒は学習課題を解決しようと集中して視聴した。また、映像の中で自然放射線を測定する場面では、映像を見るのではなく、私が持っている簡易放射線測定器(映像と同じRadi(ラディ) PA-1100)を用いて、教室内の γ 線を測定して生徒に紹介した。視聴覚教材をそのまま使うのではなく、教師が必要に応じて内容を取捨選択しながら重点的に説明・解説をすることが、目の前の生徒に合った学びにつながると考える。学習後には振り返りの記述を毎回書いており、今回も自分の実体験や経験と結びつけて放射線について向き合っていた。今回は十分な時間が取れなかったため、3学年の「エネルギー資源とその利用」の学習の中で、放射線についての学習をさらに深めていく予定である。

文部科学省選定 学校教育教材
中学校生徒向き
理科 (2018年5月取得)

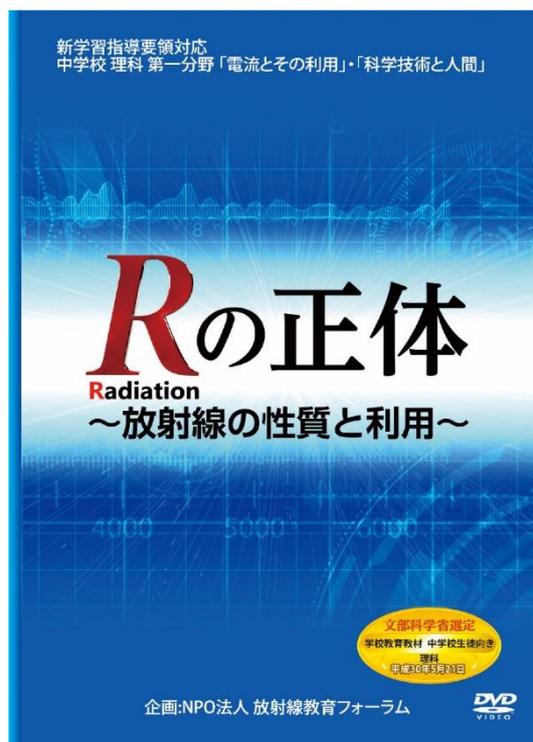
<Rの正体> 約19分

- chapter① オープニング
- chapter② 放射線の歴史と基礎知識
- chapter③ 放射線の性質と利用
- chapter④ 放射線の人体への影響
- chapter⑤ エンディング

<実験映像集> 約6分

- chapter① 放電管を使って真空放電の実験
- chapter② 霧箱を使って放射線の飛跡を確認
- chapter③ 身の周りの放射線を測定

<福島の現状を知る> 約8分



第6回放射線教育国際シンポジウム報告

6th International Symposium on Radiation Education (ISRE2021)

放射線教育フォーラム 工藤博司

標記国際シンポジウム “6th International Symposium on Radiation Education: (ISRE2021)” が本年8月7~8日に台北市(台湾)で Radiation Education and Radiation in Medical Science をテーマに開催された。当初の予定では昨年6月に高雄市(台湾)で開催されることになっていたが COVID-19 のパンデミックのため1年延期され、台湾での感染拡大のためさらに延期され上記日程で開催された。台湾の国家衛生研究院と中原大学の共催により、張英發基金会国際会議中心を会場として開催されたが、入国制限のため海外からはオンライン参加となった(Webex 使用)。台湾での食事と観光を楽しみにしていたが現地を訪れることができず、何よりも対面での人的交流ができず残念だった。



今回のシンポジウムには海外からのオンライン参加を含め合計 202 名の参加者があり、そのうち台湾からの参加者は 151 名だった(講演 6 件、ポスター発表 9 件)。日本からは 10 名が参加し(講演者 8 名、ポスター発表 1 件、一般参加 1 名)、米国から 2 件、ロシアから 2 件、トルコから 2 件、イタリアから 1 件の講演があった。

7日午前の開会式では組織委員会の黄金旺委員長と林峯輝副会長の挨拶に続き本年1月に亡くなった当フォーラム前理事長長谷川罔彦先生の追悼ビデオが上映され、淳子夫人とご長男の挨拶があった。開会式に続き、特別講演が2件あり、翌日の午前まで計5件の特別講演と計16件の基調講演があった。休憩時間と昼食時を利用してポスター発表があった。

発表の大半は Radiation in Medicine のテーマに沿うもので、Radiation Education のテーマに沿った発表は日本からの特別講演2件、基調講演6件、ポスター発表1件のみであった。以下に日本からの発表とその概要を記す。

特別講演

○工藤博司(東北大学名誉教授)

Science in Radiation Education: The new chemical element Nihonium and an old one Nipponium

(概要) 放射線リテラシーの向上につなげる科学史として日本人科学者によるニッポニウム(Np: 43番元素)の発見とニホニウム(Nh: 103番元素)の合成を取り上げ、現在の43番元素であるテクネチウム(^{99m}Tc)の医学利用について紹介した。

○大野和子(京都医療科学大学)

How Can Radiologists Mitigate the Public's Fear of Ionizing Radiation and Radioactive Materials? — The Usefulness of an E-learning System —

(概要) 病院を訪れる患者は放射線に恐れを抱いていることが多いが、患者に接する医療従事者の放射線の理解は必ずしも十分ではなく患者の気持ちを和らげることができない。その現状を打開するために実施した医療従事者に対する放射線教育の実例を紹介した。

基調講演

○田中隆一 (放射線教育フォーラム)

Recent Progress of Radiation Education Support for School Teachers Focusing on the Activities of Radiation Education Forum

(概要) 日本の学校教育における放射線教育の歴史を述べ、2007年の文部科学省による理科の学習指導要領改定後に放射線教育フォーラムが中学校の理科教員を対象に実施した支援事業を紹介した。

○緒方良至 (名古屋大学)

Practice of radiation education for nurses

(概要) 患者の身近にいる看護師の放射線についての知識不足が患者の放射線に対する不安を増長することが少なくない。その状況を改善するために実施した放射線教育の実例を紹介した。

○秋吉優史 (大阪府立大学)

Radiation safety management for Crookes tubes in education field

(概要) 日本の中学校の理科教員の多くは、クルックス管からX線が出ることを知らずに演示実験をしている。危険な量の放射線ではないが、現場の教員が実際に線量を測定するなどしてそのことを認識し、安全な実験ができるようになってもらうための方策を検討した。

○柴田誠一 (京都大学名誉教授)

Measurement of fast-neutron product of ^{63}Ni for reassessment of neutron dosimetry of the Hiroshima atomic bomb

(概要) 加速器解現場の安全確保のために留意すべき ^{55}Fe 、 ^{60}Co および ^{63}Ni の残留放射能測定の実験を生かし、広島原爆ドームの銅材中に原爆の速い中性子の $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$ 反応によって生成する ^{63}Ni を定量することに成功した。

○吉澤幸夫 (慈恵柏看護学校)

The Importance of Measuring Radon Concentrations as a Cause of Lung Cancer

(概要) ラドン温泉で有名な三朝温泉 (鳥取県) と猿ヶ城温泉 (鹿児島県) の温泉水中のラドン濃度を測定したところ、それぞれ1070 Bq/L および1470 Bq/Lであった。これらの値から見積られる浴室の空気中濃度はWHOが定める肺がん誘発の基準値100 Bq/m³を超えことになるので注意を要する。

○林 壮一(福岡大学)

Description of Radiation in the New Curriculum Guidelines—How Radiation is treated in Japanese language and Social studies Textbooks in Primary and Junior high Schools

(概要) 小中学校の国語や社会科の教科書では、“放射線”という用語が負の側面を強調して使われることが多い。5年前の文部科学省の学習指導要領の改定により理科で放射線教育が復活したのを受けてつくられた新しい教科書で、この用語がどのように使われているかを調査した。

ポスター発表

○大西和子, Shiori ODAKA, Masahiro KAMATA (東京学芸大学)

A safe and easy experiment to measure natural radiation using charcoal filter and underground water

(概要) 地下水や水道水中の微量のラドンを定量するための簡便な機器を製作した。これは採取用のプラスチック容器と吸着用の活性炭フィルターを備える安全で安価な装置で、USBガイガー簡易測定器を用いてラドンの壊変鎖を測定することもできた。

理事会報告

－ オンラインでの勉強会の開催 －

放射線教育フォーラム 柴田誠一

新型コロナの感染拡大により、2020年2月から7月にかけて当フォーラムの事務連絡会議、理事会など、フォーラム事務所にメンバーが会しての会議はすべて中止され、フォーラムの実質的な活動はほとんどできない状況に陥った。その状況を打開するためオンライン形式での会議が提案され、昨年7月24日に理事会をオンラインで初めて実施した。この間の事情については、2020年11月発行のニュースレター（NL-77）において、その概略を報告した。以降の理事会も現在（2021年10月）に至るまで、オンラインで、ほぼ月1回のペースで行っている。

NL-77でも触れたように、従来のフォーラム事務所での会合では、どうしても首都圏在住のメンバーの出席に限られ、また、当フォーラムの活動の大きな柱の一つである勉強会の開催も首都圏にほぼ限られていたため、必然的に首都圏からの参加者がほとんどで幅広く会員からの意見等を聞きそれを活動に反映させることについては必ずしも十分ではなく、如何にして活動の幅を広げるかが大きな課題であった。しかし、オンライン会議の導入を契機として、首都圏に限らず広く意見を直接聞くことが可能になり、当フォーラムが真の意味で全国ネットでの活動ができることに手ごたえを感じている。

前回の報告では、それまで中止のやむなきに至っていた勉強会について、オンラインでの開催に向けての取り組みを始めている旨報告した。そして、様々な検討を経て、最初のオンラインでの勉強会を、2020年11月29日に令和2年度第1回勉強会として開催した。ほぼ1年ぶりの勉強会開催であった。開催の趣旨として、中学校の学習指導要領の改訂を控え、広い視点から見たこれか

らの理科教育の目指す方向性と放射線教育への展開を取り上げた。この開催に当たっては、オンラインでの初めての開催で、そのための準備期間もあまりないということで、講師としては当フォーラムの会員の中からお願いし、参加者に関しては、これまでの勉強会は会員に限らず一般の方々にも開かれていたことを考慮して、会員、非会員の区別なく参加を募ることとした。オンラインでの開催は、運営側にとって初めての経験であり、また参加者の中にも初めてオンライン形式を経験する人が含まれていたが、何とか大過なく実施できた。開催後のアンケートには、遠方の居住者から、東京での勉強会には参加できないが、オンライン開催だったので参加できてよかったという意見のほか、この形式の勉強会開催に好意的で、かつ建設的な意見が寄せられた。

この初めての勉強会が、おおむね好評であったことを受け、令和2年度第2回勉強会の開催に向けて準備を開始した。コロナ禍において、科学コミュニケーションの重要性が再認識されていることを受けて放射線教育の在り方を考えることをテーマとして、科学教育に携わる3名の講師を迎えた。そして、2021年2月28日に開催した。

この第2回勉強会への準備を始めた昨年12月から今年1月にかけて、当フォーラムの設立（1994年）当初から活動をけん引されてきた、有馬朗人名誉会長、長谷川圀彦理事長、堀内公子理事、工藤和彦顧問が相次いで亡くなられた。1月の理事会では黙とうをささげ、ご冥福を祈った（追悼記事はNL-78に掲載）。

その後、新理事長に工藤博司副理事長が選出され、新年度最初の勉強会（令和3年度第1回）を6月13日にオンラインで開催

した。今年度からは、中学校において新学習指導要領に基づく放射線の授業が実施されており、勉強会のテーマとして「放射線の理解を深めるための授業を考える」を取り上げた。放射線に関する基礎的な事項の説明にとどまらず、放射線に興味を喚起するための授業も求められている。そこで、放射線の魅力とともに放射線の危険性に関して、わかりやすく解説することで放射線の理解を深めるための授業を考え、さらには、「放射線を学んだ延長上にはこんな世界が広がっている」ということを知るきっかけとなる話題の提供も考えた。放射線の魅力として、医学利用に関する講演、放射線の影響は線量によって大きく異なることを解説する講演、放射線授業の実践とそれを受けた中学生からのメッセージの紹介の3件の講演を実施した。また新たに今回は、質疑討論の時間を設けた。

2021年11月23日には、4回目のオンラインでの勉強会（令和3年度第2回）を開催の予定である。今回も前回と同様に「放射線の理解を深めるための授業を考える」をテーマとして、放射線への理解を深めてもらうため放射線の利用の例として、放射性炭素による年代測定についての講演を、また、中学校・高校の現場で放射線への理解を深めるための授業に取り組んでいる教員からの話題提供を予定している。

また今回は、勉強会開催に際し、参加者に寄付をお願いすることとした。どのように、この活動支援のための寄付をお願いするかについては、オンライン勉強会を開始する当初から理事会で議論を重ねてきたが、この形式での開催が軌道に乗ってきたこともあり、有志の方に支援のための寄付を募ってみようということになった。

オンライン開催では、参加者が全国に広がり、通常で開催では出席できなかった方々から、この形式での開催だったので出席できた。出張して出席するというハードルがないので、これからもこの形式での開

催を望むとのコメントも届いている。その一方、運営する側にとっては、進行を滞らせることなく、講演に対する十分な質疑が行えたかどうかについては常に気になっている点である。

以上、昨年9月から、オンラインでの勉強会の開催について理事会で検討してきた内容等についてその概略を紹介した。（NL-77、NL-78、NL-79にも勉強会に関する記事が掲載されている。そちらも参照していただきたい。）

理事会、勉強会をオンラインで開催することにより、運営面では会の進行担当者に多大な負担を強いてきたが、事務局としては旅費、管理費等の費用の負担軽減を図ることが出来たことも付記しておきたい。

このところ（2021年10月末）、コロナの感染はかなり抑えられてきつつある。まだ油断はできないが、感染が終息したのち、勉強会をどのような形で開催するかについては、今後の理事会での検討課題である。

今年8月、第6回放射線教育に関する国際シンポジウム（ISRE2021）が台湾台北市で開催された。このシンポジウムは、当フォーラムが1998年に第1回を神奈川県葉山町で開催した国際シンポジウムに続くものであるが、昨年6月に開催の予定が、コロナの感染拡大のため延期されていた。このシンポジウムは、会場での発表とオンラインでの発表を組み合わせた方式で開催され、日本からの発表は前もって講演を録画して台湾へ送り、それをシンポジウムのスケジュールに合わせて上映することで行われた。当フォーラムの現況からはこのような形式での勉強会開催はなかなか難しいが、今後の進め方の参考となるシンポジウムであった。

次回の国際シンポジウムは日本での開催が予期されているが、残念ながら財政面等、当フォーラムの現状では、当面、開催はなかなか難しいというのが理事会での共通した認識である。

令和3年総会報告(資料)

令和2年度 活動計算書				
令和2年4月1日から令和3年3月31日まで				
特定非営利活動法人放射線教育フォーラム (単位:円)				
科 目		金 額		
I 経常収益				
1	受取会費			
	個人会員受取会費	717,000		
	団体会員受取会費	1,155,000	1,872,000	
2	その他収益			
	資料掲載料収入	253,000	253,000	
3	寄付金個人口			
	その1 預り金 10名	900,000		
	その2 13名	750,000	1,650,000	
経常収益計				3,775,000
II 経常費用				
1	事業費			
	(1)勉強会等開催			
	勉強会	85,188		
	(2)調査研究・情報発信			
	教育課程検討委員会	0		
	編集委員会	0		
	全国中学校理科教育・他	0		
	定期刊行物 放射線教育誌等	120,285		
	事業費計		205,473	
2	管理費			
	(1)理事会開催	0		
	(2)総会開催	35,530		
	(3)旅費交通	105,690		
	(4)その他経			
	人件費	0		
	家賃	701,250		
	光熱費	19,682		
	事務用品・消耗品等	97,804		
	通信・運搬	218,563		
	会計監査	55,685		
	支払手数料	1,758		
	雑費	30,143		
	管理費計		1,266,105	
経常費用計				1,471,578
当期経常増減額				2,303,422
III 経常外収益				
	受取利息	20		
	雑収入	0		
経常外収益計				20
IV 経常外費用		0		
経常外費用計				0
当期正味財産増減額				2,303,442
前期繰越正味財産額				570,116
次期繰越正味財産額				2,873,558

令和2年度 貸借対照表			
令和3年3月31日現在			
特定非営利活動法人放射線教育フォーラム			
(単位：円)			
科 目	金 額		
I 資産の部			
1 流動資産			
現金預金	3,117,980		
未収金	110,000		
流動資産合計		3,227,980	
2 固定資産			
無形固定資産			
差入保証金(賃料2ヶ月分)	90,300		
固定資産合計		90,300	
資産合計			3,318,280
II 負債の部			
1 流動負債			
未払金	80,037		
前受金	359,000		
預り金	5,685		
流動負債合計		444,722	
2 固定負債			
固定負債合計	0	0	
負債合計			444,722
III 正味財産の部			
前期繰越正味財産		570,116	
当期正味財産増減額		2,303,442	
正味財産合計			2,873,558
負債及び正味財産合計			3,318,280

令和2年度 財産目録			
令和3年3月31日現在			
特定非営利活動法人放射線教育フォーラム			
(単位：円)			
科 目	金 額		
I 資産の部			
1 流動資産			
現金預金			
手元現金	0		
ゆうちょ銀行 当座預金	319,597		
郵便振替口座 特別j口	0		
みずほ銀行鷺沼支店普通預金	333,646		
みずほ銀行虎ノ門支店普通預金	326,848		
みずほ銀行虎ノ門支店普通預金	1,650,027		
ゆうちょ銀行普通預金	487,862		
合計		3,117,980	
未収金(資料掲載料)	110,000		
合計		110,000	
流動資産合計		3,227,980	
2 固定資産			
無形固定資産			
差入保証金(家賃2ヶ月分)	90,300		
固定資産合計		90,300	
資産の部合計			3,318,280
II 負債の部			
1 流動負債			
未払金(印刷代、他)	80,037		
前受金(個人・団体年会費)	359,000		
預り金	5,685		
流動負債合計		444,722	
2 固定負債	0		
固定負債合計		0	
負債の部合計			444,722
正味財産			2,873,558

《 会務報告 》

日時	名称	開催場所	参加者/出席者数
2021年6月13日(日)	2021年度 通常総会 (書面表決)	—	69名
2021年6月13日(日)	2021年度 第1回勉強会	オンライン	75名
2021年7月4日(日)	2021年度 第3回理事会	同上	12名
2021年9月5日(日)	2021年度 第4回理事会	同上	8名
2021年10月3日(日)	2021年度 第5回理事会	同上	13名
2021年10月3日(日)	2021年度 第2回編集委員会	同上	10名
2021年11月14日(日)	2021年度 第6回理事会	同上	11名
2021年11月23日(火)	2021年度 第2回勉強会	同上	

《ニューズレター原稿募集のご案内》

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

《「放射線教育」誌の原稿募集案内》

放射線教育フォーラム発行の論文集「放射線教育」では、広く放射線教育に有益と考えられる内容の論文[研究報告、ノート、総説、解説]、資料、意見、諸報を募集しています。論文は編集委員会での審査を経て掲載されます。「放射線教育」は、年1回3月末に発行されます。原稿の締め切りは、1月31日です。論文に含まれる図表は原則として白黒とし、編集委員会が認めたときに限りカラーの使用を認めます。カラーページの印刷費は、原則として全額を投稿者に負担していただきます。投稿論文は編集委員長に電子メールの添付ファイルでお届け下さい。CD 又は DVD の場合には、NPO 法人放射線教育フォーラム事務局宛に送付して下さい。投稿規程の細部および「原稿の書き方」はお手元

の「放射線教育」誌の巻末に掲載されています。別刷りは有料となります。(詳細は事務局にお問い合わせください)。

《編集後記》

このところ新型コロナの新規感染者数が抑えられてきています。このまま終息に向かえばいいのですが、この冬の動向が気になります。今年の今頃は、教職を目指す学生への初めてのオンライン講義(化学概論)で追われていました。受講している学生は数年後には教壇に立って教える立場になります。化学の基礎だけでなく、放射線・放射能についても正しく理解して欲しいとの思いで講義しましたが、オンラインではその意図がどこまで伝わったでしょうか。講義の時間内は説明に追われ、質問を受ける余裕がほとんどありませんでした。これもオンラインの難しいところです。当フォーラムの勉強会もオンラインでの開催が続いています。困難な点多々ありますが、全国に配信できるオンラインのメリットを生かして一層の充実を期待しています。(柴田誠一)

NPO 法人 放射線教育フォーラム編集委員会

緒方良至(委員長)、柴田誠一(副委員長)、
工藤博司、大野新一、細渕安弘、畠山正恒、
大森佐興子、皆川喜満

事務局: 〒110-0015 東京都台東区東上野 6-7-2

萬栄ビル 202 号室

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

E-mail: forum@ref.or.jp

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

NPO 法人 放射線教育フォーラム ニュースレター

No. 80, 2021年11月23日発行