

放射線教育フォーラム ニュースレター

No. 81 2022. 2

フォーラムの役割

立教新座中学校・高等学校 渡部 智博



毎日のように教壇に立つ身である。

初めて教壇に立った頃は、毎時間のように落ち着かない自分がいた。不安であるからこそ、幅広く、深く、そして徹底的に調べ、確認し、振り返っていた。しかし、いつしか教壇というものに慣れてしまった自分がいた。そして、本フォーラムに身を置き、何となく「放射線」のことを知っているつもりになっていた。

「放射能とは放射線を出す能力」と書いてしまった。工藤博司先生から丁寧にご指摘を頂いた。「能」には能力の意味はない。「性質あるいは現象」と記すべきところであるとご教示頂いた。キュリー夫妻のノーベル賞講演で、きちんと説明されているというのである。ぼんやり見ていた我が身を恥じた。

マリー・キュリーのノーベル賞講演には、「All the elements emitting such radiation I have termed radioactive, and the new property of matter revealed in this emission has thus received the name radioactivity.」とあった。

教科書の記述が気になり調べてみた。中学校の場合、5社中4社が「能力」という用語を用いて説明していた。ところが、高等学校の場合、「物理基礎」では5社中1社、化学基礎でも5社中1社が「能力」の用語を用いていた。「物理基礎」と「化学基礎」それぞれの1社は異なる出版社であった。また、中学と高校とで、同じ出版社でありながら、異なる説明の仕方をしている教科書もあった。一方、4社の辞典類を調べてみたが、いずれも「性質」または「現象」の用語を用いた説明であり、「能力」という用語を用いた出版社は皆無であった。

省庁関係のホームページを調べてみると、「性質」、現象」、能力」を用いた説明が混在していた。

「放射能」という用語を基本的にどのような説明すると良いのか。現在は、専門家の間では統一されていると言って良いかもしれない。しかし、教育現場などの現状では混在しているようである。

本フォーラムは専門の研究者や技術者、企業、そして教育現場の教師で構成されている。生徒に直接対峙するのは教育現場の教師であるが、それだけでは足りない。力不足なのである。教師は教科書を通して学び、教科書で教えることはできる。しかし、それに疑問を呈することなく授業を行ってしまうことがある。教育現場を支え、導く役割が本フォーラムにはある。生徒は将来の企業を支え、日本を支え、そして次世代を支え導く人材となる。そのようなことを考えてみると、本フォーラムを構成するどこかが欠けても教育の現場が成り立つものではない。あらためて本フォーラムの役割を振り返り、実感したいものである。

放射性炭素で古文書を読む

名古屋大学 小田寛貴

放射線教育フォーラム 2021 年度第 2 回勉強会で標題のもと、放射性炭素 (^{14}C) 年代測定法の原理とその古文書・古筆切への適用について紹介した。測定法の原理については多くの教科書等において述べられているため、本稿では古文書・古筆切の測定について述べた。

^{14}C 年代測定法は、1949 年の W. F. Libby によるその創始以来、考古資料と深いかかわりを持ってきた。 ^{14}C が放出する β^- 線を計数することで年代を得るこの方法は、時代とともに、固体比例計数管、気体比例計数管、液体シンチレーションカウンターと測定器は変遷したが、おおむね 1 g の炭素試料を要するものであった。また、歴史学の資料を扱う上では、 ^{14}C 年代と実際の暦年代との間に誤差があるという問題もあった。それゆえ、日本では縄文時代以前を対象とする測定法という印象が強く、文字記録が登場する歴史時代の資料について適用されることはほとんどなかった。特に、古文書などの和紙資料では、30 cm × 30 cm もの面積を要することからも、測定例は皆無であった。しかし、1960 年代半ばから木越邦彦、H. E. Suess らにより ^{14}C 年代と暦年代との誤差に関する定量的な研究が開始され、 ^{14}C 年代を実際の暦年代に換算することへの道が開かれた。また、1980 年代には加速器質量分析法による ^{14}C 年代測定が本格的に稼働し始め、試料量が数 mg にまで低減されるに至った。その後、1 mg 炭素試料での測定が可能となり、 ^{14}C 年代を暦年代に換算する較正法が国際的な基準で整えられたのが 1993 年頃である。

こうした状況の中、古文書等に ^{14}C 年代測定

の門戸が開かれていった。しかしながら、古文書は歴史学・国文学・書跡史学等の研究対象であり、その年代を理化学的分析によって測定するという事は新しい手法であるものの、実績のない新興の視点であった。そこで、その有効性を実証すべく、筆者らは年代の判明している古文書の測定から研究を開始した。

その一例が中院宣胤筆奥書切である。印刷技術が普及する以前、本は書き写されて広められてきた。これは中院宣胤という人物が書写した本の最終部、つまり奥書にあたる部分であり、「文亀元 (1501) 年」という年号が付されている。この奥書切を測定した結果は 1484~1523 年であった。測定誤差を有するものの書写年代の文亀元年を含んでいる。

もう一例が右少弁吉田冬方奉御教書という行政文書である。この古文書には年号の記載がなく、「八月九日」という作成日のみである。しかし、その内容から年代を知ることができる。作成日の下に「右少弁冬方」と差出人の官職と名が記されている。一方、宛先に「(虫損)守殿」とあることから、ある国の地方長官への文書であることがわかる。そこで、『弁官補任』という太政官の職員録をあたってみると、文保二 (1318) 年の 2 月 29 日に吉田冬方という人物が右少弁に就任していた。吉田冬方以外に冬方という名で右少弁に就いていた人物はいない。また、吉田冬方は同年 10 月 6 日には左少弁に昇格しているため、この古文書は 1318 年の 2 月 29 日から 10 月 6 日の間に作成されたものであることになる。また、この文書の内容は近く行われる大嘗会に関するものであった。文保二年

の11月22日に後醍醐天皇即位後の大嘗祭が行われている点とも符合することから、この文書の作成年は文保二年と判定することができる。この古文書を測定した結果は1314~1356年であり、文保二年を含む値を示した。

こうした書写年代既知の古文書・古写経・版本等の測定例は現在までに50点を超えており、いずれの¹⁴C年代も書の年代と合致する値を示している。こうした実例の蓄積から、古文書の年代を決定する上で、¹⁴C年代測定法が有効な手法となることを示してきた。その研究成果の上に立ち、年代未詳の史料についての¹⁴C年代測定を開始した。

古筆切とは流麗な筆跡で物語や和歌などが書かれた和紙の断簡である。これらは元々は鎌倉時代以前の古写本の1ページないしその一部分であった。それが室町時代の茶道の流行に伴い、掛軸や屏風などに貼るために切り取られたものである。さらに、江戸時代に入ると古筆切の収集が流行し、古写本の解体は一層加速された。そのため現在、鎌倉時代以前の古写本はほとんど残っていない。一方、歴史学・古典文学・書跡史学等の研究においてはできるだけ原本に近い古い時代の写本が必要になるのだが、その現存数の少なさがこれら諸学問の進展にとって障害となっている。

しかし、完本として残っていなくても、古筆切という形ではかなりの量が伝世している。古筆切は断簡とはいえ、その史料的価値は極めて高い。ところが、収集の対象となったが故に、古筆切には後世(特に江戸時代)になって作成された偽物が大量に混在している。また、悪意はないものの、その流麗な筆跡を手本とした写しも多い。そのため、書写年代が不明では古筆切の史料的な価値は潜在的なものにすぎない。通常古文書などでは、年代や真贋をその筆跡・書風・字形などの書跡史学的な知見から判

定することができる。

しかし、古筆切はわずか数行の書であるために断定的な判定を下せないことが多い。そこで、筆者らはこうした固有の問題を有する古筆切への¹⁴C年代測定法の適用を研究した。

鎌倉時代を代表する歌人藤原定家(1162~1241)の手になると伝えられる一葉の古筆切がある。筆線の強弱に強いメリハリをもつ定家流で、古今和歌集の恋歌ばかりが五首書かれている。ただし、完成された定家流ではなく、やや稚拙な部分も散見される書である。定家の真筆であれば、若い時期の筆(若書き)となり、定家流の変遷を知る上で貴重な史料となる。その価値を判定するために¹⁴C年代を測定した。結果は1647~1792年、定家の活躍した鎌倉時代ではなく江戸時代の別人の書であった。

悪意ある偽物か悪意のない写しであるかは判断できないが、いずれにしても、この書をもって定家の筆跡を語ることはできないと¹⁴C年代が示したのである。

「伝円珍筆三井寺切紙背文選断簡」は『文選注』という古典文学が書かれた古筆切である。しかし、その中に現在の『文選注』にはない文章が二カ所含まれている。¹⁴C年代測定の結果は678~773年という極めて古いものであった。すなわち、これらの文章は『文選注』が書写によって伝えられる中で失われてしまったものであるということになる。¹⁴C年代測定によって、かつてあった古典文学の姿が一部分ながら復元された研究例である。

古筆切には極めて高い史料的価値が潜在している。書跡史学的手法だけではその解明に限界があるが、自然科学という別の視点を加えることで史料的価値の判定が可能となった。これは同時に、実質的な新出史料の発見ということができ、歴史学・古典文学・書跡史学等の新たな展開につながるものである。

放射線から見える戦略なき日本の理科教育

聖光学院中学校高等学校 畠山 正恒

1. はじめに

IMF 統計によると、G7 の国々でここ 25 年間の名目 GDP (US\$換算) が増えていない国は日本のみであり、1 人あたりの GDP は OECD 38 カ国の平均を下回っている。この原因をよく語られる経済政策ではなく、教育の視点で考えてみる。なお、日本の GDP に占める教育関係支出の割合は OECD で下から 8 番目である。¹⁾本稿では主に理数系教育に焦点を絞り、理数系教育が振興していかない理由を考えてみる。

2. 学習内容と所得

神戸大学の西村和雄らは 2000 年に大学入試での数学の選択と年収の関係を、2008 年に文系学部出身者と理系学部出身者の所得を比較した。^{2,3)}その結果、①大学入試で数学を選択した人は年代を問わず所得が高い。②すべての入試難易度比較で、理系学部出身者の所得は文系学部出身者より高い。③高難易度の文科系学部で数学を選択しなかった者と、それよりも難易度の低い大学の理系学部出身者を比較すると、後者の所得が全ての年齢で高いの 3 つの知見が得られた (表 1)。この結果から、大学入試に数学を選択することを奨励し、その人数を増やす。さらに、理系学部進学者を増やすことが日本の GDP を増やすことに繋がるのが容易に想像できる。しかし、ここ 25 年間の理学・工学・農学系学部進学者は漸減で増えてはいない。

表 1 入試の数学使用、理系・文系の所得差

2000年調査	数学受験者	数学未受験者
平均所得 (万円)	748	641
2008年調査	理系学部出身	文系学部出身
平均所得 (万円)	681	583
企業内での役職者比率 (%)	35.0	20.3
経営者比率 (%)	2.1	1.3

表 2 学習指導要領に基づく理科学習時間数

小学校入学年度(年)	最小学習時間	標準的な時間	最大学習時間
2002	617	646	734
1996	673	703	790
1994	694	723	840
1992	694	811	957
1985	827	944	1060
1980	827	1060	1294
1973	938	1171	1404
1964	996	1171	1521
1961	1142	1171	1434
1955	1151	1180	1559

(第 4 回大阪市大 FD 研究会根本泰雄より抜粋)

3. 理系進学者が増えない理由

理系進学者が増えない理由はひとえに日本の学校教育や社会にある。その理由は①授業時間数、②カリキュラム。③教員の質、④女子進学者数が少ない 4 つに集約できる。

①について、小中高を通じた理科の総学習時間をまとめた (図表 2)。授業時間数の変遷からは理科系進学者を増やすという目標にはほど遠いことが分かる。

②はカリキュラムが義務教育 (小学校・中学校) と高等学校とで上手く連携していないことである。高校入試のため、中学校と高等学校の理科教育の連携や継続性が維持できない。この連携を上手くこなしている私立中高一貫校や公立の中等教育学校の進学実績が良いのは、系統的で無駄のない学習が出来ているためである。米国は幼稚園から高校 3 年生までの一貫した科学教育カリキュラムを考え構築している。

③は教員免許法改正により教育学部以外で教員免許取得が極めて難しくなったことである。その結果、中学校理科を教えられる教員はいるが、高校理科をある程度のレベルで教えられる教員は激減しており、授業レベルの低下が静かに進行している。

④は日本独特の現象である。女子の理系進

学を両親が勧めない風土があり、OECD レポートは男女間格差の存在を指摘している。⁴⁾

4. 理系進学者を増やすためには

米国は 2013 年以降、STEM (科学・技術・工学・数学) 教育が国際競争力を維持し、所得を増やし、男女間格差を減らすという国家戦略のもとに学校教育を再構築している。米国のみならず英国も理系教育の充実に国と学術団体が協力して取り組んでいる。^{5,6)} 日本も遅ればせながら米国の STEM 教育を模して、文科省は様々な教育活動を学校現場に求めだした。しかし、日本では国の基本戦略として教育の位置づけが極めて曖昧である。学習指導要領で学習内容が示されても、その先の未来は示されていない。学校現場は与えられた実践を繰り返すだけで、目的地の定まらない航海を続けているのに等しい。

では、日本で理系進学者を増やすためには何をしたら良いのか。少しでも興味を持つ生徒の学習を加速させ、可能性を伸ばすことができる新しいテキストの作成である。日本の検定教科書は、定価が決められているためページ数に上限があり、系統的に記述するとページ数が直ぐにオーバーする。そのため、数学や理科の教科書は基本概念や原理の説明が不十分で、いきなり問題の解説になる場合が多い。基本概念が理解できないため、生徒は数学嫌いや理科離れに至ると考えられる。高校物理教科書を調べると、単純比較はできないが、ページ数だけ見ても米国や英国のテキスト内容の充実が推定出来る。しかも、日本の 1 ページが A5 サイズに対して、米国・英国は A4 である。(表 3)

当フォーラムでも放射線の教科書記述に関して調査してきているが、米国や英国などの教科書とは記述内容の質と量ともに比較にならない。教科書会社に期待できないので、私たちの手で得意な分野から新しいテキストを作り、生徒に提供する必要がある。

表 3 日本・米国・英国の代表的な高校物理教科書比較

	出版社	書籍名	合計ページ数
日本	数研出版(2019)	物理基礎 p.272 (11)	704 (71)
		物理 p.432 (60)	
米国	Prentice Hall	(易しい総合科学を学習)	?
		Physics Giancoli p.1058 (176)	1058 (176)
英国	Oxford	Physics for you p.512 (78)	1234 (122)
	CGP books	A-level Physics p.722 (44) [7]	

() は放射線・原子力関連ページ数

5. 結言とお願い

テキストを作るには多くの皆さんの幅広い知識と経験が必要です。実験実習の実践報告も含めて、ホームページ(HP) に書き込みサイトを設け、少しずつ情報を蓄積できればよいと考えています。数学や物理が難しい、理解できないという高校生は沢山います。小さいときから覚えることが勉強だと言われて育ってきたからです。原理や本質を説明すると、砂漠に水がしみ込むがごとく吸収し理解していきいます。放射線を暗記の知識にしないために、皆様のご協力をお願いします。

参考資料

- 1) <https://www.oecd.org/tokyo/statistics/#d.en.248016>
- 2) 西村和雄ほか、数学学習と大学教育・所得・昇進、日本経済研究 **46**、22-4 (2002).
- 3) Hirata, J., Nishimura, K. *et al.* "Mathematics & Science Education and Income: An Empirical Study", *J. Rev. Global Economics*, **2**, 1-8 (2013).
- 4) OECD 教育レポート
<https://www.oecd-ilibrary.org/sites/12d19441-ja/index.html?itemId=/content/component/12d19441-ja>.
- 5) 米国物理学協会
<https://www.aip.org/statistics/reports/high-school-physics-overview-19>.
- 6) 英国物理学会 <https://www.iop.org/education>
- 7) <https://www.docdroid.net/OFMOth4/giancoli-physics-principles-7th-ed-pdf>.

『Rの正体』を活用した中2理科での放射線教育の紹介

札幌市立白石中学校 森山 正樹

今年度(2021年度)から中学校において、学習指導要領が完全実施となった。『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 総則編』(文部科学省、2018)において、「現代的な諸課題に対応して求められる資質・能力」の例として、放射線に関する教育が挙げられている。今回の改訂では、「放射線の科学的な理解や科学的に探究する態度(中学校理科)」の内容の充実を図っており、「放射線に関する科学的な理解や科学的に思考し、情報を正しく理解する力を育成すること」が求められている。そこで、中学校理科での改善・充実した内容として、「第3学年に加えて、第2学年においても、放射線に関する内容を扱うこと」が示され、3学年で学習していた「放射線の性質と利用」の内容図1放射線教育の位置付けが2学年の『電流とその利用』の中でも触れられるようになった。

放射線に関する上記の学習内容は、移行措置として2020年度から実施されている。筆者は昨年度2学年に所属していたため、教科書会社から配付された補助教材を活用して、2学年の生徒を対象に、クルックス管による陰極線の実験を通して放射線(X線)につ

いて触れる授業を実施した。しかし、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、北海道は長期間臨時休業になったため、授業時数が通常よりも少なくなった。これまで3学年で実施していた「放射線」に関する学習が2学年で行えるようになったため、実験を交えた授業をじっくりやりたかったが、時間がとれなかったので、放射線教育フォーラムが2018年に企画した映像教材『Rの正体～放射線の性質と利用～』(以下、『Rの正体』、図2)のDVDを活用することによって、短時間で効果的に放射線の授業をすることができた。

『Rの正体』は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。構成は①Rの正体(19分)②実験映像集(6分)③福島の実状を知る(8分)になっており、50分の授業時間中に放射線について詳しく知ることができるよう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体的かつ効果的に学ぶことにはつながらないため、工

放射線教育の位置づけ(現在)				
※移行措置により、2020年度から実施				
中学校	物理	化学	生物	地学
3年 (140時間)	エネルギー 放射線	イオン	遺伝・生態系	宇宙
2年 (140時間)	電流 放射線	2・3学年で放射線を扱う 化学変化	生物の つくり・はたらき	気象
1年 (105時間)	光・音・力	物質	生物の 共通点	大地

これからは2学年の「電流」の単元において、クルックス管の陰極線の学習に伴ってX線が発生することに触れる。科学的に放射線を扱うことができる。→大きなチャンス!

図1 放射線教育の位置付け

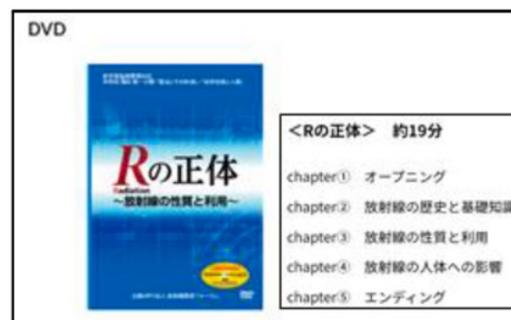


図2 「Rの正体～放射線の性質と利用～」
Teacher's Net (teachers-net.com)



図3「Rの正体」を活用した授業の様子
夫が必要である。

放射線について学ぶ前に、クルックス管から X 線が発生すること教えた。それを受けて、授業当日の学習課題を「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、目的をもって『R の正体』を視聴するように促した。

必要に応じて映像を止めて補足したり、重要語句を板書することにより、生徒は自分事として学習課題を解決しようと集中して取り組んだ(図 3)。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、筆者が所有している簡易放射線測定器(映像と同じ Radi PA-1100)を用いて、教室内のγ線を測定して生徒に示した。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扱うことが、目の前の生徒に合った学びにつながったと考える。授業の終盤には、学習課題に対する振り返りの文章を毎回書かせて評価している。今回も自分の実体験や経験と結びつけて放射線に向き合う姿が見られた。

『R の正体』は素晴らしい映像教材であり、さらに Teacher's Net から YouTube 等で公開

- ・『Rの正体～放射線の性質と利用～』
→素晴らしい映像教材です！
- ・教師が映像をただ見せるのではなく、目的(学習課題)に応じて、必要な活用の仕方をすることが大切である。
- ・一人一台タブレットにより、子ども一人一人が調べたい内容を自分でweb上で調べられるようになった。
→放射線に関するコンテンツの充実をさらに期待したい。

図4 スライドのまとめ

中3理科の放射線教育への展望

- ・「化学変化とイオン」の単元で**同位体**を学習
→放射性同位体の学習を実施(年代測定、トリウム等の話)
- ・昨年度にできなかった放射線の距離、遮蔽の実験を行いたい。
- ・これまでに私が測定してきた各地の放射線量率のデータを生徒に示し、身の回りの放射線を実感させたい。
- ・従来の「エネルギー資源の利用」の部分で、**原子力発電の扱いを含めた未来の電源構成の学習**を展開したい。

図5 今後の展望

されているため、手軽に授業で活用することができる。ぜひ、全国の現場で広く活用されることを望む(図 4)。

今年度、GIGA スクール構想により一人一台タブレットが整備されたため、学校における授業の様子が大きく変わった。授業中に疑問が生じた場合には、生徒が自らタブレットを用いて調べることができるようになった。また、これまで DVD を用いて見せていたものが、YouTube 等のオンライン映像で手軽に見せられるし、生徒が自分で見ることができるようになった。教師が授業をデザインしながら、従来の学習の在り方を変えていく時代が来た。自然科学に関わるものとして、自然事象を直接体験することも大切にしていきたい。放射線に関しても観察や実験を通して、科学的に事象を捉えていくことを大事にしたい。

昨年度の 2 学年ではコロナ禍のため十分な授業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、放射線についてさらに深めていく学習を展開したいと考えている(図 5)。

【引用・参考文献】

- ・文部科学省(2018)『中学校学習指導要領(平成29年告示) 解説 総則編』東山書房。
- ・文部科学省(2018)『中学校学習指導要領(平成29年告示) 解説 理科編』学校図書。
- ・Teacher's Net 中学校教材紹介 R の正体 ~放射線の性質と利用~
<https://www.teachers-net.com/education/r>
(参照 2022-02-07)。

放射線教育フォーラム令和3年度第3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 －

2022年2月27日(日) 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、放射線に関する基礎的事項の説明にとどまらず、放射線への興味を喚起するための授業も求められている。今回の勉強会では、放射線への理解を深めるため放射線利用の例として、がんの放射線治療法として注目を集めているホウ素中性子捕捉療法について、およびこれからのデジタル社会を支える半導体の微細加工への放射線利用についての二つの講演を用意する。また、中学校の理科の授業で現在使用されている5社の教科書における放射線やエネルギー資源に関わる記述について、その変遷を踏まえた話題を提供する。

【プログラム】

開会挨拶 (13:30~13:40) 工藤博司理事長

講演1. ホウ素中性子捕捉療法 (Boron Neutron Capture Therapy : BNCT)

－がん細胞選択的放射線療法の魅力と展望そして課題を語る－ (13:40~14:20)

小野公二 (大阪医科薬科大学 BNCT 共同臨床研究所)

我が国では世界に先駆けて BNCT 用加速器中性子照射システムと BNCT 用ホウ素薬剤を開発した。現在、BNCT は保険適用ともなり、世界の研究と臨床を先導している。講演では今に到る歴史、現状そして未来を展望する。

講演2. デジタル社会を支える超微細加工への放射線利用 (14:20~14:50)

山本洋揮 (国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 高崎量子応用研究所)

半導体リソグラフィの露光源の波長がはじめて電離放射線領域に入り、量子ビームの産業利用は大きな展開を迎えている。本講演では、デジタル社会を支える半導体産業における放射線の利用の重要性について紹介する。

休憩 (14:50~15:00)

講演3. 放射線・エネルギー資源に関する中学校理科の教科書(5社)の記述の比較

－平成24年度版からの変遷も踏まえて－ (15:00~15:30)

羽澄大介 (名古屋市立西前田小学校)

現在出版されている中学校理科の教科書について、放射線・エネルギー資源に関する観点を示した上で、出版社の違いという横軸、出版年度の違いという縦軸で比較する。それを基に教科書について考える。

意見交換 (15:30~15:55)

閉会挨拶 (15:55~16:00) 田中隆一事務局長

講演要旨

講演 1. ホウ素中性子捕捉療法 (Boron Neutron Capture Therapy : BNCT) — がん細胞選択的放射線療法の魅力と展望そして課題を語る — 小野 公二

1. BNCT の始まりと日本人研究者の貢献

ホウ素-10 (^{10}B) は熱中性子を捕獲し α 粒子と Li 原子核を放出する。これらの飛距離は極短く、X 線基準の相対効果が極めて大きい。したがって反応の生じた細胞は確実に破壊される。米国での臨床試行は失敗に帰したが、研究を日本人研究者が継承し、故畠中博士と故三島博士が各々、ホウ素薬剤 BSH と BPA を用いて脳腫瘍および悪性黒色腫の治療を成功させた。特に BPA は多種の癌に効率良く集積し、BPA の開発成功が今日の BNCT を拓いた。 ^{18}F -FBPA-PET の開発も日本人による大きな成果である。また、我が国には京都大学に研究用原子炉と BNCT 研究部門 (演者が教授を務めた) が置かれ、基礎と臨床の研究が大いに進み、今世紀の初頭に現在に繋がる大きな成果が京大複合研で生まれた。再発頭頸部癌の BNCT に世界で最初に成功したのである。これは、世界の BNCT 研究の流れをも変え、研究を加速し、我が国は世界最多の臨床例を蓄積した。こうした成果が加速器中性子源開発を真剣に考える契機となった。

2. 世界初の加速器 BNCT システム NeuCure とステボロニンの開発

京大複合研と住友重機械工業による加速器中性子源の開発は 2007 年に始まった。2008 年末に 1 号機を設置、基礎データの取得の後、2012 年から再発悪性神経膠腫と切除不能の局所進行および局所再発の頭頸部癌に対する承認を得る治験を連続で実施し、2020 年 3 月に頭頸部癌が承認され、6 月には保険収載された。私のセンターと南東北 BNCT 研究センターにて保険診療が実施されている。承認された唯一の癌で慎重に実施しているが、最近の成績では CR (完全縮退) 率は 50% を超え、ほぼ全例で PR (部分縮退) 以上である。

再発悪性神経膠腫は承認申請に向けて医薬品医療機器総合機構と相談中である。また、私のセンターでは再発高悪性度髄膜腫の第 II 相医師主導治験が終了に近い段階にある。他に、国立がん研究センター中央病院では別種の加速器設備による皮膚の悪性黒色腫と血管肉腫の第 I 相治験が進行中である。

3. BNCT の課題と将来展望

システムの高度化は喫緊の課題である。単位時間の中性子量の増強が 2 年以内には実現できると考えている。照射時間の短縮や多方向照射、分割照射などの可能性が拓ける。中性子エネルギーの最適化も課題で、1 年以内により最適化した深部分布の良いビームによる BNCT の実現を目指している。

また、効果的な新規ホウ素薬剤の開発、BPA の腫瘍と正常組織での分布と動態の予測研究も重要である。講演ではこれらの課題に関しても述べる。

講演 2. デジタル社会を支える超微細加工への放射線利用 山本 洋揮

ウィズコロナ時代において Society 5.0 に向けた取り組みが急激に進み、ビッグデータ、人工知能 (AI)、IoT の発展により新たなデジタル社会に突入しようとしている。このデジタル社会を支えているスマートフォン、パソコン、自動車といった我々の身近で使用されている様々な電子デバイスにはリソグラフィと呼ばれる超微細加工技術が使われている。半導体デバイスの微細化による高性能 (高密度) 化が進むほど、信号伝達の高速度化や省エネ化および低価格化が進み、Society 5.0 やカーボンニュートラルの社会を実現する。これまで、波長 193 nm の ArF エキシマレーザー (紫外光) が用いられてきたが、最先端リソグラフィでは経済

的にも技術的にも限界に達したため、新たなリソグラフィ技術への転換が迫られてきた。

2020年にスマートフォン、タブレット等のロジックデバイスの量産技術として極端紫外線（EUV、波長13.5nm）リソグラフィ技術が本格的に半導体製造の量産ラインに導入された。その結果、半導体リソグラフィの露光源の波長がはじめて電離放射線領域に入り、量子ビームの産業利用は大きな展開を迎えることになった。現在、多くのニュースでも取り上げられているように、深刻な半導体不足や先端半導体の覇権争いがアメリカと中国との間で起こっており、半導体を制するものは世界を制するとして国を挙げて熾烈な開発競争を展開するとともに、半導体の確保のため、自国にファウンダリー（受託生産）企業を誘致している。しかしながら、このような状況において、量子ビーム利用が不可欠にも拘らず、微細化限界を決定するレジスト材料については分子設計指針が全く存在しない。本講演では、デジタル社会を支える超微細加工への放射線利用の現況を解説した後、我々が推進しているEUVリソグラフィの基礎研究から応用研究まで実行できる先端リソグラフィプラットフォームの構築について紹介する。

講演3. 放射線・エネルギー資源に関する中学校理科の教科書（5社）の記述の比較 — 平成24年度版からの変遷も踏まえて — 羽澄 大介

平成20年文部科学省告示（平成24年実施）の中学校学習指導要領において、放射線に関する学習が盛り込まれたことにより、平成24年度版の中学校3年生理科の教科書から、放射線に関する内容が掲載されるようになりました。（放射線の学習自体は、先行実施により平成23年度の中学校3年生から履修）これ以前の中学校学習指導要領において、放射線に関する学習が含まれていたのは昭和44年告示（昭和47年実施）の中学校学習指導要領まで遡らなければなりません。したがって、放射線に関する学習は数十年ぶりに復活しました。

以降、平成28年版の改訂教科書を経て、平成29年告示（令和3年度実施）の中学校学習指導要領では、中学校3年生に加えて中学校2年生でも放射線に関する学習が示されました。これにより、令和3年度版の中学校2年生理科、3年生理科の両方の教科書に放射線に関する内容が掲載されるようになりました。

また、平成23年3月の東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故があったこと、平成20年告示の中学校学習指導要領では、放射線の学習が原子力発電と関連付けて示されていたことなどから、放射線・エネルギー資源に関する教科書の記述は、注目すべき点を多く含むこととなりました。

私は教科書を使って教えるユーザーの立場で、平成24年版、平成28年版、令和3年版の中学校理科教科書（5社が発行）の記述について、いくつかの観点を示した上で、出版社の違いという横軸、出版年度の違いという縦軸で比較した資料を作成しました。

社会の教科書は、記述されている史観などが話題になることがありますが、自然科学を扱う理科の教科書は、どこの社も同じようなものと思われがちです。しかし、実は各社の記述に比較的大きな違いがあることを講演の中で話していきたいと思います。

また、教師の中には出版社ごとや出版年度ごとの記述の違いにそれほどこだわっていない方もおり、そのような方の中には、どのような教科書でも優れた授業を展開できる實力をお持ちの方もいらっしゃいます。しかし私は、それでもなお教科書の記述がとても大切だと考えています。このように考える理由を講演の中で話していくつもりです。

団体会員への謝辞

放射線教育フォーラム理事長 工藤博司

放射線教育フォーラムの団体会員として下記の法人・団体に対して心から感謝の意を表します。団体会員のますますのご発展をお祈りするとともに、今後とも本フォーラムに格段ご配慮・ご支援を賜りますようお願い申し上げます。

九州電力 (株)

クリアパルス (株)

(財) 高輝度光科学研究センター

四国電力 (株)

大日本図書 (株)

中国電力 (株)

中部原子力懇談会

中部電力 (株)

(株) 千代田テクノ

(株) デルタサイエンス

電気事業連合会

電源開発 (株)

東京書籍 (株)

東京ニューリア・サービス (株)

東北放射線科学センター

長瀬ランダウア (株)

(社) 日本アイソトープ協会

(財) 日本エネルギー経済研究所

(社) 日本原子力産業協会

日本原燃 (株)

日本電気協会

(社) 日本理科教育振興協会

(財) 放射線影響協会

北海道電力 (株)

(2022年1月16日現在五十音順)

NPO 法人放射線教育フォーラム

令和4年度・5年度役員等選挙について

選挙管理委員会 吉澤幸夫 (委員長)、細渕安弘、辻萬亀雄、皆川喜満

平素より NPO 法人放射線教育フォーラムの運営にご高配を賜り心より御礼申し上げます。さて、本フォーラムでの令和2年度・3年度役員等 (理事、監事) の任期満了に伴い、定款第14条に基づき、令和4年度・5年度役員等選任選挙を実施いたします。

本選挙では、定款第13条に定める通り、理事を3人以上、監事を1人以上選出いたします。各役員の人数の上限は従来 of 慣習によります。つきまして、3月下旬に「放射線教育」誌とともに選挙要領 (候補者名簿、投票用紙、案内、手続き等) を郵送いたしますので、選挙権を有する会員の方は選挙要領に従い投票をお願いいたします。

《会務報告》

日時	名称	開催場所・形式	参加者/出席者数
2021年11月23日(火)	2021年度第2回勉強会	オンライン	61名
2021年12月4日(日)	2021年度第7回理事会	同上	11名
2021年12月4日(日)	2021年度第3回編集委員会	同上	8名
2022年1月16日(日)	2021年度第8回理事会	同上	13名
2022年1月16日(日)	2020年度第4回編集委員会	同上	10名
2022年2月13日(日)	2021年度第9回理事会	同上	13名
2022年2月13日(日)	2021年度第5回編集委員会	同上	11名
2022年2月27日(日)	2021年度第3回勉強会	同上	—

《ニュースレター原稿募集のご案内》

編集委員会では、会員の皆様からの寄稿をお待ちしています。「会員の声」は、学校教育の場での体験談、新聞・雑誌の記事に対する感想、研修会等への参加など、多少とも放射線・原子力・エネルギーの関係するもので、1000字以内です。「放射線ものしり手帳」は難しい話題を面白く親しみやすい読み物で解説するもので2000字以内。

「書評」は最近刊行された本の紹介で2000字以内。投稿は原則として電子メールでお願いします[送付先(編集委員長) yoshimune.ogata@aichi-med-u.ac.jp。発行は、3月、6月、11月の年3回です。ニュースレターへのご意見や特集記事などの提案も歓迎いたします。

《「放射線教育」誌の原稿募集案内》

放射線教育フォーラム発行の論文集「放射線教育」では、広く放射線教育に有益と考えられる内容の論文[研究報告、ノート、総説、解説]、資料、意見、諸報を募集しています。論文は編集委員会での審査を経て掲載されます。

「放射線教育」は、年1回3月末に発行されます。原稿の締め切りは、1月31日です。論文に含まれる図表は原則として白黒とし、編集委員会が認めたときに限りカラーの使用を認めます。カラーページの印刷費は、原則として全額を投稿者に負担していただきます。投稿論文は編集委員長に電子メールの添付ファイルでお届け下さい。CDまたは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》

このところ猛威を奮っているCOVID-19は見えない脅威ですが、放射線もよく「見えないからこわい」といわれています。COVID-19はその場で存在を確認することができませんが、放射線は計測器を用いれば、音で存在を確認できるし、その場で計量することもできます。また、ガンマカメラを用いれば、画像でガンマ線の空間分布も把握できます。小中学校での放射線講座に参加した経験がありますが、子供たちが測定器や霧箱の実験を通じて放射線の存在を知ることによって、放射線に大きな興味を持つことを実感しました。「敵を知り、己をれば百戦危うからず」といわれていますが、まさに放射線も正しく知れば、人類の強力な味方になってくれる。そのことが社会で普及されないのはもったいないことだ...COVID-19対策で開かれた窓から寒風が吹きこんでくる電車の中で、改めてそんなことを思いました。(皆川喜満)

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: https://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.81、2022年2月27日発行