放射線教育のインタラクティブな電子書籍の開発と 高専生による中学校での実験授業

Development of Interactive Electronic Books for Radiation Education and Class Experiments
at Junior High School by Student of National Institute of Technology

藤原 滋 泰^{*1}
Shigeyasu FUJIWARA

馬場 弘 明^{*1}
Hiroaki BABA

We performed a trial of education of ionizing radiation, using interactive electronic books, measurement of ionizing radiation and production of a simple cloud chamber at junior high school. The interactive electronic book was composed of an interpretive article of basic knowledge of radiation, video of cloud chamber, galleries, and interactive widgets of many exercises. In junior high school, using the electronic book, we were teaching about key properties of ionizing radiation. From the results of a student questionnaire given after the trial, about 90–100% of the junior high school students had acquired basic knowledge of the subject, about 90–100% thought the great fear of radiation have been dispelled. And a lot of junior high school students interested in the technology of ionizing radiation and the effects of ionizing radiation on the human body.

Keywords : Interactive Electronic Book, Ionizing Radiation, Cloud Chamber, Graduation Research, Delivery Class

キーワード：インタラクティブな電子書籍，放射線，霧箱，卒業研究，出前授業

1. はじめに

東日本大震災により、福島第一原子力発電所で事故が起き、大量の放射性物質が広範囲に拡散するという被害が生じた。それと同時に、被災地域に対する風評被害や偏見等の問題も発生している¹⁾。また、一般的に原子力発電所から出た高レベル放射性廃棄物を処分するには、30～50年間冷却した後、地層処分することになるので、次世代にわたる長い年月を要する^{2), 3)}。

このような現状を踏まえて、原子力に深く関わりがあり、実際に危険ではあるが、正確な知識が無いまま過度に恐れられていると思われる放射線について、竹原市立忠海中学校(平成26年7月8日と15日の2日間)と大崎上島中学校(平成26年12月2日と9日の2日間)で実験授業を実施した。実験授業に際して、次世代を担う中学3年の生徒達が分かり易く学べるインタラクティブな電子書籍を開発し、放射線の計測や霧箱の工作実験と連動させ、効果の高い放射線教育のあり方について研究した。また、流通情報工学科の卒研生(田淵友也学生と梶井一志学生)が主体性を発揮する形式の出前授業の教育効果についても議論する。

2. 電子書籍の開発

中学生達に、実験前の基礎知識を効率的に習得させる為、動画機能や練習問題ウィジェット等を装備するインタラクティブな電子書籍を開発した。電子書籍の開発には、iBooks Author⁴⁾というMac用のソフトウェアを使用した。大まかな手順は以下の通りである。

- (1) 解説記事を執筆する(必要な資料をまとめる)。
- (2) 中学生が分かり易いイラストや図解を作成する。実物の写真や動画を撮影する。
- (3) 解説記事と作成したイラストや図解を組み合わせる(iBooks Authorのファイルへ解説記事とイラストをコピーする)。
- (4) インタラクティブ要素を加える(動画やギャラリー機能、クイズ形式の練習問題ウィジェットを作成)。
- (5) 表紙や目次を作る。

開発した電子書籍は、専用のホームページ⁵⁾より配信中である。

3. 電子書籍を用いての放射線の解説

両中学校とも実験授業の導入部では、卒研生が主体となって開発した電子書籍を用いて、中学生達に問い掛けながら放射線の解説を行った(図1)。

まず、放射線自体は日常生活で自然に浴びている物

2015年6月7日受付

*1 広島商船高等専門学校

図1 放射線についての講義風景

図2 身近な放射線について

図3 線量限度について

であり、カリウム40を含む食物（干し昆布、干し椎茸、ポテトチップス、ほうれん草、牛乳等）や呼吸により取り入れられるラドンからの放射線、大地や宇宙線からの自然放射線等、身近に存在していることを説明した（図2）。その上で、放射線の被曝量と急性障害について具体的な数値を示し、どの程度なら安全で、どの程度で人体にどのような影響が出るのかを紹介した（図3）。

更に、医療分野での病気の診断や癌治療放射線による癌細胞の破壊、農業分野での品種改良や害虫駆除、工業分野での非破壊検査や材質強化等に放射線が利用されて役立っていることも紹介した（図4）。最後に、練習問題ウィジェットを用いたクイズ形式の理解度チェックも行った（図5－6）。

図4 放射線の応用について

図5 練習問題ウィジェット

図6 練習問題ウィジェットで楽しく理解度チェック

4. 身近な放射線の測定

放射線を出す物質が、私達の身近に沢山存在していることを実感する為に、以下の手順で放射線の計測実験を行った。その際、昨年度の卒研生が製作した計測ワークシート^{6)－7)}を忠海中学校用に改良したものを使用した（図7）。卒研生達は、中学生達がアクティブに実験に取り組めるように、介入のタイミング等に気配りし、質問し易い親しみのある雰囲気、的確な指導を行った（図8）。

1) 自然放射線の測定：周辺の空気中に、どの位の放射線が飛んでいるのかを測定する。

年 月 日		姓 名	氏 名
教室の外で放射線を測ってみよう！			
1. 自然放射線（バックグラウンド）の測定			
【目的】身の回りの自然放射線の存在を確認する。			
【手順】			
① 測定機の電源を入れる。			
② 測定機のまわりに放射線が出ていないものがないか確認する。			
③ 1分測定にレバーを合わせる。			
④ その状態で30秒待つ。			
⑤ (1分後) 測定値を確認する。			
⑥ ストップにレバーを合わせる。			
⑦ 5分後に繰り返す。			
⑧ 5分後に繰り返す。			
【結果】			
測定値	1回目	-	-
	2回目	-	-
	3回目	-	-
2分間に大きな値（中央値）	-	-	-

図7 計測ワークシート（忠海中学校用）

図8 放射線計測での学生による巡回指導

- 測定試料を使った放射線の測定：湯ノ花，カリ肥料，塩，ランタンマンツルの放射線を測定する。
- 校舎地区建物等の放射線の測定：校舎地区の石碑や石垣，花壇等，タイヤ等の放射線を測定する。

5. 簡易霧箱の工作と放射線の観察

2時間目は，電子書籍の動画機能を用いながら，視覚的に分かり易く霧箱の解説（図9）を行った後，目に見えない放射線を実感する為に簡易ケース霧箱⁶⁾の工作を行い，放射線の観察を行った（図10-11）。

以下の手順で，生徒達は自ら工作した霧箱を用いて， α 線（直線的に見える飛跡）と β 線（縮れて見える飛跡）を確認することが出来た。

- スチロールケースの底に隙間テープを貼り付け，エタノールを浸透させる。
- 蓋に黒画用紙を両面テープで貼り合わせ，黒画用紙の上にウラン鉱石を配置する。
- ケースを被せた蓋を下にしてドライアイスの上に置き，ケースをライトで照らす。

6. アンケートの分析と中学生達の感想

実験授業終了後，次の(1)～(5)の各項目についてアンケートを行った。両中学校に於いて，全項目で“強くそう思う”と“そう思う”の合計が9割以上という好結果が得られた。

- 試料の測定や放射線マップの作成などで，原子力発電所だけでなく，身の回りには放射線を出す物質が多くあり，放射線が出ていることを知った。
- 霧箱の実験により，五感では感知できない放射

図9 電子書籍の動画機能による霧箱の解説

図10 霧箱の工作手順の解説

図11 霧箱による放射線の観察

線の存在を実感することができた。

- 電子書籍の内容は，放射線について学ぶのに役に立った。
- 放射線について，どの程度なら安全で，どれだけ被爆すると，どのような影響があるのかが，わかった。
- 放射線について，興味関心を持っているテーマは何ですか（複数投票可能）。
- 測って，目で見ても，正しく知った結果，放射線に対する過度の不安や怖さが解消された（大崎中学校でのみ実施したアンケート項目）。

6.1 忠海中学校でのアンケート結果

まず、身の回りに放射性物質が多くあることを知れたと思った生徒は、図12-(1)より、“強くそう思う”と“そう思う”が計35名(97%)であった。理由欄には、「実際に測ってみて、身近な物から放射線が出ていたことが分かったから」とか「外で色々なものを測定したから」等というコメントが書かれてあった。

図12-(2)より、霧箱実験から放射線を実感出来たと思った生徒は、“強くそう思う”と“そう思う”が計36名(100%)であった。「生まれて初めて放射線を目で見られたから」とか「装置を作って、自分の目で見られたから」、「いつもは目に見えない放射線が、霧のような線で見ることが出来たから」等というコメントが数多く寄せられた。

図12-(3)より、電子書籍の内容が学習に役立ったと答えた生徒は、“強くそう思う”と“そう思う”が計36名(100%)であった。「分かり易く教えて下さったから」とか、「画像や映像を使用して説明してくれたから」等という好意的なコメントが多く書かれていた。

図12-(4)より、放射線の被曝量とその危険性の程度について、わかったと思った生徒は、“強くそう思う”と“そう思う”が計36名(100%)であった。生徒達からは、「250以上あがったらヤバイ」とか、「クイズ式で楽しくできたから」というコメントを頂くことが出来た。電子書籍ならではの、練習問題ウィジェットの活用が功を奏したものと思われる。

6.(5)の興味関心を持っているテーマについては、1位が「人体・環境への影響」と「医学利用」で、「原子力発電等による原子力エネルギーの利用」は最下位であった(図13)。

図12 アンケートの結果(全36枚)

アンケートの結果より、8日・15日ともに生徒達から大変良好な評価を得られたことが分かった。この結果を踏まえての改善点として、卒研生からは以下の4点が挙げられた。(1)画像や図があるところは分かり易かったが、放射線の作用の説明の所で難しい説明もあったので、中学生用の分かり易い図解を作成し、より理解し易い様に工夫したい。(2)加えて、専門用語の用語集も作成し、学び易さを向上させたい。(3)クイズ問題も更に増やし、生徒達により興味を持ってもらえるように改良したい。(4)最後の自由記入欄に「問題の答えを隠し忘れていたのがおもしろかった」とあったので、次回からはこのような細かい点にも注意したい。

6.2 大崎上島中学校でのアンケート結果

大崎上島中学校でのアンケート結果では、身の回りに放射性物質が多くあることを知れたと思った生徒は図14-(1)より、“強くそう思う”と“そう思う”が計50名(100%)であった。理由欄には「テレビを使って分かりやすい説明をしてくださったので分かった」と書かれてあった。図14-(2)より、霧箱実験から放射線を実感出来たと思った生徒は、“強くそう思う”と“そう思う”が計47名(94%)であった。理由欄には、「こんな風に案外簡単に見ることができたのでビックリした」とか「シャーって沢山の放射線がでていた」等のコメントが書かれていた。図14-(3)より、電子書籍の内容が学習に役立ったと答えた生徒は、“強くそう思う”と“そう思う”が計47名(98%)であった。「とても分かりやすい説明に加え、説明している場所を指して下さったり、例(身の回りのこと)も教えて下さったから。拡大してくださったところも見やすかったから」など。図14-(4)より、放射線の被曝量とその危険性の程度について、わかったと思った生徒は、“強くそう思う”と“そう思う”が計45名(96%)であった。生徒達からは、「資料や電子書籍の中で、放射線量の表示とともに、その放射線量によって、どのような影響があるのか、例があげられていたから」というコメントを頂くことが出来た。測って、目で見、正し

図13 興味関心について

図14 アンケートの結果（全50枚）

図15 興味関心について

く知った結果、放射線に対する過度の不安や怖さが解消されたと思った生徒は図14-(6)より、「強く思う」と「そう思う」が計45名（92%）であった。理由欄には、「もっと危ないものかと思っていたけど、そんなに危なくないのでビックリしました」や「ドライアイスを使って実験をしたから、不安や怖さが解消された」、「前までは危ないと思っていたので、今日の授業で学んで安心した」、「いろいろなことを知れたので、今までの不安感などは消えた」、「もっと危ない物かと思っていたけど、そんなに危なくないのでビックリしました」等が書かれていた。興味があるテーマは、忠海中学校の結果と同様に、1位が「人体・環境への影響」と「医学利用」であった（図15）。

また、授業の最後に卒研究生達が行った学校紹介では、後輩に語り掛けるように、自身の入試体験や入学後の

図16 卒研究生の研究発表

成績やクラブ活動の状況、学んだこと、来春からの就職先等について、笑いを誘うトークも交えながら受け答えを行っていた。大崎上島中学校の先生からは、「この子達に、5年後の具体的な姿を見せてあげられたようで良かったです。有難う御座います」との感謝の言葉を頂いた。

7. IEEE広島支部学生シンポジウムでの成果発表

第16回IEEE広島支部学生シンポジウムの論文集に、2人の卒研究生の卒研内容の論文2本が審査を経て採択された^{8), 9)}。平成26年11月15日(土)～16日(日)に広島市立大学で行われた学生シンポジウムのポスター発表では、電子書籍をiPadで実演しながら、中学校での実践経験を基にした話の展開や質問への真摯な受け答えで好感を集めていた（図16）。また、他大学の先生方や、他高専の学生達からは、動画やギャラリー機能で放射線について分かり易く解説がされていることへの好評や「中学生向きに安心感を与えられるような内容を増やせばどうか」といったご提案も頂いた。

この“安心感”に対するご提案を元に、12月の実験授業では、実験シートの冒頭に、「Q：放射線ってなんかこわいなあ。A：先生も正しく知る前は、怖いとばかり思っていたよ。なので、君達と一緒にだったよ」、「Q：放射線の実験って、大丈夫かなあ。A：本当に怖い物なのかどうか、実際に測って、目で見て、確かめてみよう」といったQ & Aの文章を加えて、安心感に配慮した。

8. まとめ

開発した電子書籍は、実験前に基礎知識を効率よく習得させるのに、大変有用であった。動画は実験前の限られた時間で視覚的にイメージを伝えるのに、練習問題ウィジェットはクイズ形式で教える側（卒研究生）が問い掛けながら講義をするのに、極めて役に立った。

指導する教員の側から見て、7月の忠海中学校での実験授業は初めての経験ということもあり、卒研究生達は緊張感の中でベストを尽くしていた。特に、2人の“学生ならではの親しみある語り掛け”は、中学校の生

徒達から大変好評で、質問のし易さや話し易さに繋がっており、中学生達がアクティブに学習や実験を進める上で、非常に大きな効果を発揮していた。

実験授業終了後に、卒研生からは、以下の3つの感想を聞くことが出来た。(1)自分自身、発表してみても感じたことは、自身が放射線について更に深く理解していれば、より分かり易く伝えることが出来たということです。緊張していたこともあって、急いで話してしまい生徒達のペースに合わせる事が出来なかった部分もあったので、皆の前で話すときは落ち着いて、周りをよく見て話すことが大切だと感じると共に、人前で話すことの難しさを知りました。(2)自身も最初は放射線というものに対して悪い印象しかありませんでしたが、学んでいくうちに、放射線は誤れば危険なものだが、正しく使用することができれば、幅広く役に立つことが分かりました。(3)今後は、高レベル放射性廃棄物の地層処分や再利用可能な廃棄物に対するクリアランス制度等についても解説と練習問題を加えていきたい。

以上のように、実際の教育現場での経験を振り返り、今後の展開も含めて、8月の卒研中間発表を行った。

11月には、IEEE学生シンポジウムでの研究発表^{8), 9)}を通して、外部の専門家や大学の先生達から貴重なご意見とご好評を得て、当初の緊張感が達成感に変化しつつあるのを、身近で指導して感じていた。

12月の大崎上島中学校での実験授業では、忠海中学校での実践経験や学生シンポジウムでの研究発表を経て、より練度が増しており、本人達も自信と責任を持って、主体的に授業をリードしていけるまでに成長を遂げていた。特に、2人の巧妙なトークは、笑いが起きるアットホームな雰囲気を作り出し、放射線に対する過度の不安や恐怖を解消するのに極めて有効であった。

一連の7月、8月、11月、12月の流れの中で、卒研生達は主体性を持つことで、緊張感の中で責任感と達成感を育むことが出来、学生シンポジウムで様々な方達との議論を通して、客観的に自身の研究に磨きを掛け、最終的には、大崎上島中学校の先生からも高い評価を受けるまでに大きく成長した。教育を受ける中学生にとっても、測定や工作で行き詰まった際に、先輩の様な卒研生には質問がし易く、アクティブな学びが捗るというメリットがあった。

今後もこのような、電子書籍と実験を連動させる教

育手法を研究しつつ、学生が主体的に活躍する過程で、自己を高めながら社会に貢献できる卒業研究の指導を継続していきたい。

参 考 文 献

- 1) 文部科学省：中学生・高校生のための放射線副読本～放射線について考えよう～
- 2) 原子力発電環境整備機構NUMO：知ってほしい今、地層処分, 2013
- 3) 電気事業連合会：原子力 コンセンサス2014, 2014
- 4) Apple社の「Mac App Storeプレビュー iBooks Author」のWebページ, <http://itunes.apple.com/jp/app/ibooks-author/id490152466?mt=12>, 参照日：2014-8-14
- 5) 開発した電子書籍の専用の配信ホームページ, <http://dep.hiroshima-cmt.ac.jp/~general/staff/fujiwaral.htm>, 参照日：2015-1-5. ご要望等がありましたら、ご連絡いただけると幸いです。
- 6) 藤原滋泰：身の回りの放射線の測定と簡易霧箱の製作による放射線教育の試み：工学教育, 59(4), pp.108-113, 2011
- 7) 篠原望真, 藤原滋泰, エネルギー環境教育の実験教材とワークシートの開発. 第15回IEEE広島支部学生シンポジウム論文集 pp.360-361, 2013
- 8) 田淵友也, 藤原滋泰, 馬場弘明：放射線教育の電子書籍の開発と中学校での教育実践. 第16回IEEE広島支部 学生シンポジウム論文集, CD-ROM : A-62.pdf, 2014
- 9) 梶井一志, 藤原滋泰, 瀧口三千弘：物理の学習到達度試験のためのインタラクティブな電子書籍の開発. 第16回IEEE広島支部 学生シンポジウム論文集, CD-ROM : A-64.pdf, 2014

.....

著 者 紹 介

藤原 滋泰

2004年 茨城大学理工学研究科博士後期課程卒業, 博士(理学)

2004年 広島商船高等専門学校 一般教科(現職)

専門分野：量子系のカオス, 非平衡統計力学, 物理教育

所属学協会：日本物理学会, 日本工学教育協会, 日本LD学会