

<論文>

中学校理科における放射線教育と生徒の認識の変容に関する研究

三宅峻也 信州大学大学院教育学研究科理科教育専修  
村松久和 信州大学教育学部理科教育講座  
三崎 隆 信州大学教育学部理科教育講座

Study Based on Changes Seen in the Students' Understanding on a Topic from the Field of Science, "Radiation", in a Junior High School

MIYAKE Shunya: Special Course of Science Education, Graduate School of Education,  
Shinshu University

MURAMATSU Hisakazu: Faculty of Education, Shinshu University

MISAKI Takashi: Faculty of Education, Shinshu University

The purpose of this study is to apply the jigsaw method, which is a collaborative learning method, and to observe its effectiveness in teaching about radiation. We examined a change in the recognition of students about radiation, and also in the conversations of students in a science class.

The following points were noted.

1. Many students gained more knowledge about radiation.
2. Students exchanged many conversations sharing his or her knowledge and experience.

Therefore, we were able to effectively apply the jigsaw method in teaching about radiation.

【キーワード】 中学校理科 放射線教育 ジグソー法 自然認識

1. はじめに

文部科学省は2008年(平成20年)に学習指導要領の改訂をし、2012年(平成24年)から完全実施を行なった。文部科学省(2008)で放射線の性質と利用について明文化された。これにより1969年(昭和44年)改訂以来、約30年ぶりに放射線が中学校で扱われることになった。

学習指導要領に放射線に関する記述が最初に見られたのは昭和26年の改訂である。内容は、X線写真や治療や診断などの医療分野、品種改良等の放射線利用を中心に扱われていた。これは科学技術の発展の具体例として示されていたことを意味する。次の昭和33年の改訂では放射線について記述はあるが、扱いがそれまでとは異なった。原子力関係三法の公布や原子力委員会の発足など国内で原子力開発が始まったことにより、原子の構造を学ぶ過程で放射性同位体

などと関連した内容へと変化した。これにより、より原子力と結びつく内容へととなった。これはその次の昭和44年の改訂でも踏襲された。しかし、昭和52年改訂では授業数の減少や内容の大幅な変更から放射線の記述が削除され、エネルギーの1つとして原子力が紹介されるにとどまった。これはそれ以降も続き、今回の改訂まで続いた。

学校教育と放射線についての問題点については様々な議論がなされている。松浦(1998)は高等学校ではあるが、教科書における問題点として理科では放射線・放射能関係の記述が少なく、特に原子力発電以外の放射線利用や身近の至る所に存在することへの記述が不十分であると述べている。また、理科以外(「現代社会」「政治・経済」「地理」「保健体育」「世界史」)では、原子力・放射線関係の記述が不正確・不適切な記述が多いことを指摘している。西谷(2004)は小・中学校での教科書の問題点として、原爆や核兵器、原発事故の記述が中心であり、放射線の多方面にわたる利用法についての記述はほとんどないと報告している。さらに西谷(2004)では大学生を対象にアンケート調査も行っている。そこでは全体の約8割以上が小・中学校で放射線を学ぶと報告している。そして、その中心は社会科や道徳などの平和学習であると報告している。NPO法人放射線教育セミナー(2008)の全国の中学校理科教員を対象としたアンケート調査では「放射線を教えたか」という項目に対し、半数以上が教えないか、また教えたとしても実験・実習を伴ったものは8%にとどまったと報告している。これは、小・中学校における放射線教育は社会科が中心であり、理科として科学的な見方・考え方はこれまでされてこなかったことを示唆している。また、実験実習が少ないことから、教科書を読むだけの授業が中心となる可能性があり、小・中学校での放射線教育を通じた見方・考え方の育成が不十分になってしまうことが懸念される。

近年、子どもたちの学力、社会性、仲間関係の改善や向上に効果があるとして協同学習が注目されている。文部科学省(2010)では21世紀を生きる子どもたちに求められる力をはぐくむ教育として、子どもたち同士が教え合い学び合う協働的な学びを創造していくことが提言されている。そして、協同学習の1つにジグソー法がある。筒井(1999)の中でジグソー法とは1970年代にアメリカの社会心理学者であるエリオット・アロンソン教授らが多くの人種や民族の混在する学級で協同する学習集団をつくるために開発した授業法であると述べられている。

この手法は次のような手順を踏む特徴を有する(文部科学省2002)。  
①初めに4~5人の小集団を編成する。  
②①の小集団の中で、課題から幾つかに分かれた問題の一つを各自が分担する。  
③次に、他の①の小集団で同じ問題を担当する学習者同士が集まって、①と異なる小集団を編成する(以下、この小集団での活動を「エキスパート活動」とする)。  
④③の小集団で、同じ問題を担当する学習者同士が、その問題を追究する。  
⑤元の①の小集団に戻って、③の小集団での追究結果を話し合う(以下、この小集団での活動を「ジグソー活動」とする)。

義務教育における放射線教育の授業実践例には中村(2011)や原田(2011)があり、ジグソー法の授業実践例には筒井(1999)、三崎(2000)などがある。放射線教育におけるジグソー法の授業実践例には中條(2010)がある。中條は3単位時間の放射線教育の授業の中で第2時でのみジグソー法による授業を行なっている。第1時ではパワーポイントを用いた講義であり、第3時は霧

箱を用いた放射線の観察を行なっている。しかし、どの授業実践の報告も授業中の会話分析をしているわけではなく、生徒の授業におけるコミュニケーションが学習活動にどのような効果をもたらしているのか明らかにはなっていない。

本研究では、学習者が中心となる協同学習の1つであるジグソー法を用いて、放射線教育における有効性を授業中の会話分析から検討することを目的とする。

## 2. 研究方法

### 2.1 調査対象

公立中学校の第3学年1クラス38名。ただし、調査期間中に1単位時間以上欠席した生徒2名、事前アンケート、事後アンケートの一方しか受けなかった生徒1名は調査対象外とした。

### 2.2 調査期間

平成24年10月29日～31日

### 2.3 調査単元

本研究では第3学年小単元「エネルギー資源の利用」（3単位時間）を対象とする。

### 2.4 授業実践

本研究では、文部科学省(2008)及び文部科学省(2009)を基に、生徒に対して「原子力・放射線は身近に存在する」、「原子力・放射線は使い方、使う量によって有益にも有害にもなる」、「放射線は様々な分野で利用されている」ということを理解し、放射線に対する正しい知識を身につけさせることを必要不可欠なこととした。本単元では、それに基づき原子力や放射線に関する自然の事物・現象に対して自ら考え、自ら判断し、自ら行動できるような意欲や態度を身に付けることができるようになることを目指した。また、放射線に関する内容を設定するに当たっては、文部科学省検定済の5社の教科書、東京書籍(2012)、啓林館(2012)、学校図書(2012)、大日本図書(2012)、教育出版(2012)に加えて、放射線等に関する副読本作成委員会(2012)を参考にした。教科書と副読本で重要とされる内容には相違点があり、本研究においては放射線に関する自然の事物・現象に対して科学的に見たり考えたりしながら科学概念を形成していくには、文部科学省検定済の教科書で取り扱っている科学的な記述内容に加えて、副読本で取り上げている記述内容を加味していくことが必要不可欠であると判断した。そこで、本研究において取り扱う放射線に関する内容を次のように設定した。

・自然放射線 ・人工放射線 ・影響 ・量(単位) ・放射線と放射能 ・種類  
・透過 ・電離 ・蛍光 ・半減期 ・放射線利用 ・放射線測定器 ・霧箱

また、ジグソー法による授業を実践する上で、1つの小課題のみあるいは少数の小課題では、放射線に関する自然の事物・現象についてより適切に科学的に見たり考えたりすることは十分とは言えないものが、全ての小課題に関する探究成果が集積されることによってより適切に科学的に見たり考えたりすることができるようになって、大課題の解決に至ることができるように小課題を設定して行なった。図1は実際に行なった授業の活動内容を示している。筆者の一人がジグソー法を用いた授業を行なった。

	学習問題	●学習活動	◆評価
第1時	自分ならどの発電方法を選ぶだろうか。経済面と環境面の2つの視点から考えよう。	● 日本で行われている発電方法を大きく4つに分類し、4人グループで4種類の資料を分担して調べる。 A) 火力発電 B) 水力発電 C) 原子力発電 D) 再生可能エネルギーによる発電 ◆ それぞれの発電方法には特徴があることが分かる。	
第2時	様々な分野で使われている放射線は安全だろうか。危険だろうか。放射線の安全性と危険性について種類や性質から考えてみよう。	● 放射線の種類や性質・量と影響の関係性等についてジグソー法を用いて調べる。 A) 自然放射線と人工放射線 B) 放射線の種類と性質 C) 放射線の量と影響 D) 半減期 ◆ 放射線の安全は放射線の量と性質によって決まることが分かる。	
第3時	身の周りに放射線は本当にあるのだろうか。	● 簡易霧箱セットを用いてウラン鉱石と地下室の空気中のホコリを集めたる紙から出る放射線の飛跡を観察する。 ◆ 自分たちの身近にも放射線が存在していることが分かる。	

図1 第1時と第2時の学習問題と小課題、第3時の学習問題と活動内容  
(※平成24年度に通常行われるであろう授業は当該校で採択している教科書に準じる)

## 2.5 調査方法

### (1) アンケート調査

小単元の前後で事前アンケートと事後アンケートを実施し、生徒の放射線に対する知識の実態を調査した。事前アンケートと事後アンケートの質問内容は同一である。アンケートの内容はエネルギーに関する項目、放射線に関する項目の計11項目で構成され、選択式と記述式で回

表1 事前アンケートと事後アンケートに用いたアンケートの内容

質問項目	内容
1	現在、家庭で使用している電気の発電方法には様々なものがあります。あなたの知っている発電方法を全て挙げてください。
2	1.の中で、最も二酸化炭素(CO <sub>2</sub> )排出が少なく電気を得られる発電方法はどれですか。
3	1.の中で、お金がかからずに電気を得られる発電方法はどれですか。
4	身の回りに放射線はありますか。 ある ない 「ある」と答えた人は具体的にどこにあるか書いてください。
5	放射線には以下の5つがあります。それぞれの放射線の正体は何ですか。 X線... α線... β線... γ線... 中性子線...
6	放射線には次のような性質がありますが、知っているものを全て選んでください。 目に見えない 蛍光作用 透過作用 電離作用
7	放射線は人体に対して様々な影響を与えます。考えられる影響を全て書いてください。
8	放射線の被曝量(ひばくりょう)を表す単位を知っていますか。単位名を答えてください。
9	放射線を出す原子は時間がたつとその原子の数はどうなりますか。 増える 変わらない 減る
10	放射線を見るためにはどのような方法がありますか。
11	放射線は様々な分野で利用されています。あなたは現在の知識で知っている利用分野を全て挙げてください。

答を求めた(表1).

## (2) 授業中の生徒の会話時間と内容の調査

対象者全員にICレコーダーを配り、授業における発話及び会話を全て録音した。また、広角レンズを取り付けたビデオカメラを設置し、授業中の対象者の様子を全て記録した。

### 2.6 分析方法

#### (1) アンケート調査の分析

事前アンケートと事後アンケートの回答内容を比較し、各質問項目に対する回答について、「①改善が見られた」、「②改善が見られなかった」、「③悪くなった」の3つのカテゴリーに分類した。各質問項目においてそれぞれのカテゴリーに分類できた生徒の人数を集計し、「①改善が見られた」のカテゴリーに分類することのできた生徒の人数と「③悪くなった」のカテゴリーに分類することのできた生徒の人数について1×2のクロス表を作成し、Fisherの直接確率計算によって出現確率を求めた。また、「③悪くなった」のカテゴリーに分類された回答数が0個であり、かつ「①改善が見られた」のカテゴリーに分類された回答数が7つ以上の生徒を、特に知識に改善の見られた生徒として抽出し、分析対象生徒とした。表2は「①改善が見られた」、「②改善が見られなかった」、「③悪くなった」の3つのカテゴリーの判断基準を示している。

表2 「①改善が見られた」、「②改善が見られなかった」、「③悪くなった」の各カテゴリーの判断基準

① 改善が見られた	事前アンケートと事後アンケートの内容を比較した際に、誤答から正答になった、該当する回答数が増加した場合、改善が見られたとした。
① 改善が見られなかった	事前アンケートと事後アンケートの内容を比較した際に、正答、誤答に関わらず変化しなかった、該当する回答数が変化しなかった場合、改善が見られなかったとした。
① 悪くなった	事前アンケートと事後アンケートの内容を比較した際に、正答から誤答になった、該当する回答数が減少した場合、悪くなったとした。

#### (2) 授業中の生徒の会話時間の分析

分析対象生徒について、記録した発話及び会話を全てプロトコルに起こした。分析対象生徒のエキスパート活動とジグソー活動及び実験時の会話を分析対象とし、会話内容を「①課題に関する会話」と、「②課題以外に関する会話」のカテゴリーに分類した。第1時、第2時、第3時全てでそれぞれのカテゴリーに分類することのできた会話時間を計測し、分散分析によって有意差を検討した。

#### (3) 授業中の生徒の会話内容の分析

②で分類した会話の中で「①課題に関する会話」のカテゴリーに分類できた会話に着目し、古田・西川(2001)の会話ケースに準拠し、4つのケースに分類し、その会話数を数えた。表3は会話ケースとその分類の判断基準を示している。

表3 会話のケースと各ケースに分類する判断基準  
 (各ケースの判断基準については、古田・西川(2001)から引用)

会話のケース	会話のケースに分類する内容の判断基準
無関心ケース	お互いの「経験についての考え(知識)」に関心が無く交流を求めない。
強制ケース	お互いの「経験についての考え(知識)」を強制的に排除または無視をする。
安易合意ケース	お互いに「経験についての考え(知識)」を述べるが交流が浅い。意見の対立を避け、どちらかが同調し安易に合意する。
経験交換ケース	お互いに「経験についての考え(知識)」を説明し合い、交流する。納得するまで対話しようとしている。

また、第1時の1人の分析対象生徒について「無関心ケース」以外のカテゴリーに分類した会話を「それ以外」のカテゴリーに分類された会話としてまとめた。「無関心ケース」のカテゴリーに分類された会話数と「それ以外」のカテゴリーに分類された会話数で1×2のクロス表を作成し、母比率不等のFisherの直接確率計算により出現確率を求めた(表4)。「強制ケース」のカテゴリーに分類された会話数、「安易合意ケース」のカテゴリーに分類された会話数、「経験交換ケース」のカテゴリーに分類された会話数についても同様に処理した。当該処理を第1時のすべての分析対象生徒について実施した。それを第2時、第3時も同様に行なった。

表4 第1時の分析対象生徒の「無関心ケース」のカテゴリーに分類された会話数と「それ以外」に分類された会話数についての分析

「無関心ケース」に分類された会話数(個)	「それ以外」に分類された会話数(個)

### 3. 結果

#### 3.1 アンケート調査の分析の結果

表5は事前アンケートと事後アンケートを分析した結果、質問項目について各カテゴリーに分類できた人数を示している。表中の\*は5%の有意水準で統計的に有意差が認められたものを示している。

表5 事前アンケートと事後アンケートの各質問項目におけるカテゴリーごとの人数(人)

質問項目	①改善が見られた	②改善が見られなかった	③悪くなった		出現確率
1	17	17	1	*	p=0.000
2	2	33	0		p=0.500
3	23	11	1	*	p=0.000
4	21	11	3	*	p=0.000
5	3	31	1		p=0.625
6	23	11	1	*	p=0.000
7	26	12	7	*	p=0.001
8	10	22	3		p=0.092
9	19	15	1	*	p=0.000
10	28	6	1	*	p=0.000
11	12	21	2	*	p=0.013

また、生徒ごとに事前アンケートと事後アンケートの回答内容を比較した結果、分析対象生徒として生徒 K、生徒 Q、生徒 Z の 3 名の生徒を抽出することができた。

### 3.2 授業中の生徒の会話時間の分析の結果

表 6 は分析対象生徒の第 1 時から第 3 時までの「①課題に関する会話」の категорияに分類された会話の全会話時間と、「②課題以外に関する会話」の categoriaに分類された会話の全会話時間を示している。

表 6 授業中の会話時間

	第1時		第2時		第3時	
	課題に関する会話 (秒)	課題以外に関する会話 (秒)	課題に関する会話 (秒)	課題以外に関する会話 (秒)	課題に関する会話 (秒)	課題以外に関する会話 (秒)
K	521	53	612	343	328	166
Q	515	71	684	222	130	139
Z	286	102	349	176	130	343

分散分析の結果、第 1 時、第 2 時、第 3 時いずれも 5% の有意水準で統計的に有意差が見られなかった (第 1 時:  $F(1,2)=16.14, ns$ , 第 2 時:  $F(1,2)=12.57, ns$ , 第 3 時:  $F(1,2)=0.03, ns$ )。

第 1 時、第 2 時については「①課題に関する会話」の categoriaに分類される会話時間が多かった。

### 3.3 授業中の生徒の会話内容の分析の結果

図 2 は分析対象生徒 K、Q、Z の全 3 単位時間の「①課題に関する会話」に分類された会話を各 categoriaに分類した結果を示している。

		①無関心ケース (回)	②強制ケース (回)	③安易合意 ケース(回)	④経験交換 ケース(回)
第 1 時	K	1	5	7	4
	Q	0	2	3	5
	Z	0	1	1	▲5
第 2 時	K	▼1	4	5	▲9
	Q	1	▼0	3	▲10
	Z	2	4	3	3
第 3 時	K	▲9	2	2	6
	Q	3	0	4	2
	Z	4	6	2	2

図 2 分析対象生徒の各単位時間における各 categoriaの会話数の比較

(▲は 5% 有意水準で有意に多い会話ケースであり、▼は 5% 有意水準で有意に少ない会話ケースを表している。)

図 2 から、第 1 時では分析対象生徒 Z の経験交換ケースの categoriaに分類された会話数の割合が 5% 有意水準で統計的に有意に多かった ( $p=0.013, p<0.05$ )。第 2 時では分析対象生徒 K では無関心ケースの categoriaに分類された会話数の割合が 5% 有意水準で有意に少なく ( $p=0.031, p<0.05$ )、経験交換ケースの categoriaに分類された会話数の割合が 5% 有意水準で有

意に多かった( $p=0.029, p<0.05$ ). 分析対象生徒 Q では強制ケースのカテゴリーに分類された会話数の割合が 5%有意水準で有意に少なく( $p=0.017, p<0.05$ ), 経験交換ケースのカテゴリーに分類された会話数の割合が 5%有意水準で統計的に有意に多かった( $p=0.000, p<0.05$ ). 第 3 時では分析対象生徒 K の無関心ケースのカテゴリーに分類された会話数の割合が 5%有意水準で統計的に有意に多かった( $p=0.029, p<0.05$ ). それ以外のカテゴリーにおいて有意差は認められなかった.

## 4. 考察

### 4.1 アンケート調査の分析の結果の考察

事前アンケートと事後アンケートとの比較結果から, 11 項目中 8 項目で有意差が認められた. このことから, 授業前に比べて多くの生徒が放射線に関する科学的な概念の形成を図ることができたのではないかと考える.

全ての項目について有意差が認められたわけではないが, 有意差が認められなかった項目については授業を行う前から十分な知識があったことや授業における学習課題やそれに伴う小課題が十分なものではなかったことが考えられる.

### 4.2 授業中の会話の調査の分析の結果の考察

第 3 時は実験であるため, 単純比較することはできないが, ジグソー法を用いた授業 (第 1 時, 第 2 時) と一斉授業 (第 3 時) ではジグソー法を用いた授業の方が「①課題に関する会話」を多くしている事が明らかとなった. また, ジグソー法を用いて授業を行なった第 1 時と第 2 時では「経験交換ケース」のカテゴリーに分類される会話数の割合が有意に多く, 「無関心ケース」のカテゴリーに分類される会話数の割合や「強制ケース」のカテゴリーに分類される会話数の割合が有意に少なかった. 一方, ジグソー法でなく, 実験という形で一斉授業を行なった第 3 時では, 「無関心ケース」のカテゴリーに分類される会話数の割合が有意に多かった. これはジグソー法を放射線教育に採用した結果であると考えられる.

ジグソー法は, その授業形態の特徴から, いくつかの小課題に対する探求の成果を持ち寄って総合的に考察することによって, 大課題の解決に至る. そのため, ジグソー法を用いた方が生徒主導の活動時間が多い. また, 単に自分の調べてきたことを発表するだけにとどまらず, 自分の得た情報と他の班員の得た情報を交換しながら大課題である学習問題の解決に向けて活動を展開する. それによって, 「経験交換ケース」のカテゴリーに分類される会話数の増加が起きたものと考えられる. 一方, 「無関心ケース」のカテゴリーに分類される会話や「強制ケース」のカテゴリーに分類される会話が多く生じた場合には, 大課題である学習問題の解決に向けて相互の情報を交換して, よりよい問題解決を図ることは難しいと考えられる. 本研究ではジグソー法を採用した授業の時, 両者の割合が低いことからジグソー法を採用した授業の学習問題の解決に果たす役割の重要性が示唆される.

さらに, ジグソー法を採用していない授業において, 「無関心ケース」のカテゴリーに分類される会話の割合が多いことは, ジグソー法を採用した授業と比較するとジグソー法を採用して



いない授業は学習者相互の情報を交換する会話の出現を促すものではなく、無関心な会話しか導出しないものであると考えられる。

これらのことから、ジグソー法を用いることにより「①課題に関する会話」が多く現れ、「経験交換ケース」のカテゴリーに分類される会話を多く交わすことで生徒は周りの生徒と共に協力し合いながら課題解決に向かっていくものと考えられる。

## 5. 結論

放射線の知識の理解に顕著な改善が見られた生徒は、第1時と第2時の授業の方が第3時の授業よりも会話における交流の深さが高次であることが明らかになった。これらのことは、第1時と第2時の授業におけるジグソー法の採用によるところが大きいと言える。

## 6. 今後の課題

本研究ではジグソー法を用いることで、周りの生徒と多く関わりながら知識を変容させていくことが明らかとなった。しかし、同じ内容についてジグソー法を用いない授業との比較をしていないため、同じ単位時間数で同じ内容の授業を行ない、科学的な概念がどのように変容していくのかを比較する必要がある。

また、本研究は小単元の前と後におけるアンケート調査から放射線に関する知識の変容を比較した。しかし、授業を通して得られた知識が定着しているかどうか時間を追って調査はしていない。そのため、授業後3カ月後に同様のアンケートを用いて調査を行うなど、生徒の放射線に関する知識の定着度についても検討していく必要があると考えられる。

さらに、本研究では全てのアンケートの質問項目で知識の変容が見られたわけではなかった。このことは、エキスパート活動で使用した資料の内容の質的・量的な問題、大課題である学習問題とそれに対する小課題の問題、ジグソー活動とエキスパート活動における人数と小課題の数の問題の可能性が考えられる。今後は、それらの改善を図ることによって放射線に関するよりよい科学的な概念形成を促進させる授業改善が必要である。

## 文献

大日本図書, 2012, 理科の世界3, 大日本図書, 313p.

放射線等に関する副読本作成委員会, 2012, 知ることから始めよう放射線のいろいろ, 文部科学省, 22p.

古田豊, 西川純, 2001, 小学校理科学習における学び合いの発達に関する研究—話し合いケースに着目して—, 日本教科教育学誌, 24(2), pp.11-20.

学校図書, 2012, 中学校科学3, 学校図書, 289p.

原田忠則, 2011, 中学生を対象とした放射線教育, 日本放射線安全管理学会誌, 10(1), pp.53-56.

啓林館, 2012, 未来へ広がるサイエンス3, 啓林館, 249p.

教育出版, 2012, 自然の探究中学校理科3, 教育出版, 233p.

- 松浦辰夫, 1998, これからの原子力・放射線教育の在り方, 原子力 eye, 44(4), pp.84-87.
- 三崎隆, 2000, ジグソー法の導入によって授業がわかる生徒を育てる, 理科の教育, 49(7), pp.480-483.
- 文部科学省, 2002, 「個に応じた指導に関する指導資料—発展的な学習や補充的な学習の推進— (小学校編)」, 教育出版, p.23.
- 文部科学省, 2008, 中学校学習指導要領解説理科編, 大日本図書, 149p.
- 文部科学省, 2009, 高等学校学習指導要領解説理科編理数編, 大日本図書, 313p.
- 文部科学省, 2010, 教育の情報化ビジョン.
- 村石幸正, 1995, 「放射線の学習」の実践報告, 物理教育, 43(2), pp.154-159.
- 中條悟, 2010, 義務教育における放射線教育, 放射化学ニュース, 21, p.31.
- 中村麻利子, 2011, 小学生を対象とした放射線教育 - 三朝温泉の温泉水を用いた実践例 -, 日本放射線安全管理学会誌, 10(1), pp.49-52.
- 西谷源展, 2004, 放射線に対する意識と学校教育の影響, 日本放射線技術學會雑誌, 60(11), pp.1555-1563.
- NPO 法人 放射線教育フォーラム <http://www.ref.or.jp/>(2012/11/21).
- 大島浩, 2008, 放射線教育の実践と課題 - 安全と安心のはざまに揺れるもの -, 放射線教育 *Radiation Education*, 12(1), pp.85-92.
- 東京書籍, 2012, 新しい科学3年, 東京書籍, 272p.
- 筒井昌博, 1999, ジグソー学習入門—驚異の効果を授業に入れる24例—, 明治図書.

(2013年4月1日 受付)

(2013年11月13日 受理)