

# 附属中学校における理科授業実践

—— 原子と原子核のひみつ ——

栗田高明

(キーワード：附属学校園との連携、課題探究学習、原子核、放射線、放射性廃棄物)

## 1. 本研究の背景と目的

国立大学の法人化以降、教員養成系大学と附属学校園との間あるいは附属学校園間の連携・協力は徐々に強化されている。しかし、連携によって行われた研究テーマの中身については附属学校園固有の内容が多く、限られた教科や特定の領域の内容に偏りがちであるという指摘がなされているため、教科教育の教員のみならず教科専門の教員についても教員養成への意識を高め、附属学校園への理解を深める必要がある<sup>1)</sup>。

これまで鳴門教育大学では、附属学校園との間で、学生の教育実習のみならず教育研究発表会、授業研究会など、教科ごとあるいは教科にこだわらない内容について、緊密に連携しながら研究および教育を進めてきた。鳴門教育大学と附属中学校との連携においては、中学校教育研究会や附中 LF タイム(大学教員等が講演を行う)、教育実践フィールド研究(修士課程学生が授業実践を行う)などを中心に、大学教員と附属中学校教員との間で研究を進めてきているところである。また近年では、附属中学校2年生の「総合的な学習の時間」を利用して、主に大学教員が附属中学校において発展的な内容の授業を行うことで、生徒が各教科で身につけた基礎的・基本的な知識・技能をもとに思考力・判断力・表現力を育成する課題探究学習を行っている。

平成20年の学習指導要領改訂の経緯において<sup>2)</sup>、知識基盤社会におけるグローバル化や文化の多様性、国際協力等に必要で確かな学力、豊かな心、健やかな体を重視する「生きる力」をはぐくむことがますます重要なことが記されている。また OECD(経済協力開発機構)の PISA(生徒の学習到達度調査)等の結果の分析において、我が国の児童生徒は、思考力・判断力・表現力等を問う読解力や記述式問題、知識・技能を活用する問題に課題があり、また読解力で成績分布の分散が拡大しており、学習意欲や学習習慣に課題があることなどが指摘されている。また理科においては、IEA(国際教育到達度評価学会)が行う TIMSS(国際数学・理科教育動向調査)の結果も鑑みると<sup>3)</sup>、理解度を問う問題の得点は参加国中の上位に位置するが、質問紙調査において、理科に対する興味・関心については小学生では参加国平均よりも高いが、中学生では平均より低い結果となっている。そのため理科についての改善点として<sup>2)</sup>、「発達段階に応じて、こどもたちが知的好奇心や探究心をもって、自然に親しみ、目的意識をもった観察・実験を行うことにより、科学的に調べる能力や態度を育てるとともに、科学的な認識の定着を図り、科学的な見方や考え方を養う」ことが考えられている。また「基礎的・基本的な知識・技能は、実生活における活用や論理的な思考力の基盤として重要」であることを認識し、「理科を学ぶことの意義や有用性を実感する機会」をもたせることが必要と考えられる。

以上のことから、附属中学校との連携の一環として、総合的な学習における課題探究学習の時間を用い、身近な話題から入り、簡易な実験装置等を利用することにより生徒自ら実験・観察を行う内容を取り入れた発展的な授業展開を考えた。内容としては、近年話題となった新元素「ニホニウム」を端緒に、「原子と原子核のひみつ」について授業を行った。また授業のまとめとして、原子力発電所等から排出される「放射性廃棄物処理の問題」を取り上げ、短期間で問題解決することが困難な現代の問題をいかにして解決していくのか、どのように合意形成を行っていくのか、といった議論をアクティブ・ラーニングをまじえて行った。また授業の後にアンケートを採り、その分析をもとに生徒の興味・関心がどのように変容したかについて考察した。

## 2. 総合学習における課題探究学習

主に大学教員が授業を行う「鳴門教育大学附属中学校2年生総合的な学習における課題探究学習」については、毎年5月頃附属中学校から依頼があり、7月までに担当者を決定し、9月初旬までに授業の内容を附属中学校に

連絡，希望に応じて教科ごとのクラスを編成することになっている。平成28年度においては，平成28年11月の火曜日午後4週間に渡って5・6校時に全教科一斉に行われた。理科を希望する第2年生の生徒は19名であった。

以下に対象，テーマ，日時，授業の内容を示す。

I. 対象：鳴門教育大学附属中学校 第2年生 受講者 19名（理科の受講を希望）

II. テーマ：「原子と原子核の秘密に迫ろう」

内容：元素の周期表を基に，元素の性質や特徴，新しい人工元素（ニホニウム）の話を行う。また身近な物質から発生する放射線の軌跡を霧箱で観察するとともに，放出される放射線の量を測定することで，2年生で学習した元素の周期表の理解を定着させるとともに，3年生で学習する放射線に関する内容の理解を助ける。

III. 日時と授業内容

(1) 平成28年11月1日（火）5，6校時（13：30から15：20）

周期表の秘密（栗田担当）

地球の成り立ちと元素の誕生，周期表の秘密，新しい元素の誕生（ニホニウム）

(2) 平成28年11月8日（火）5，6校時（13：30から15：20）

放射線を見てみよう（大学院生2名担当：教育実践フィールド研究）

霧箱を用いた放射線の軌跡の観察（ラジウムセラミックボール）

(3) 平成28年11月15日（火）5，6校時（13：30から15：20）

放射線をはかってみよう（栗田担当）

放射性物質が含まれる鉱物などを家庭用放射線測定器で測定，距離や遮蔽効果

(4) 平成28年11月22日（火）5，6校時（13：30から15：20）

放射性廃棄物処理の問題（静岡大学教員2名）

iPadのアプリを用いて仮想の島のどこに放射性廃棄物を処分すればよいのか，アクティブ・ラーニング，社会合意形成コミュニケーション

### 3. 各授業の詳細

(1) 平成28年11月1日（火）5，6校時

附属中学校の担当教諭から授業の進度を聴取することで，11月の授業までに元素および周期表の内容を既に学習済みであることを確認した。また平成28年6月に理化学研究所の研究チームによって発見され，国際純正・応用化学連合（IUPAC）によって命名権が与えられ，チームが提案した日本初の新元素「ニホニウム」が正式に発表されたことを受け，周期表から見る元素の性質や特徴，元素の進化と放射線，新元素ニホニウムの作り方などの内容をまとめ，プロジェクターを用いた講義形式で授業を行った。理化学研究所の研究チーム（代表：森田浩介博士）によるニホニウムの研究の内容は徳島県内で使用されている啓林館の中学校理科用教科書「未来へひろがるサイエンス2」（180,181ページ）にも発展的な内容で取り上げられている。

授業のタイトルは「周期表の秘密」とし，①周期表とは？，②メンデレーエフの周期表，③元素記号・元素番号，④原子・分子・原子核，⑤元素の生成の秘密，⑥原子番号113「ニホニウム」，⑦元素生成の最前線，の順で行った。原子や分子の内容は既習とはいえ，化学反応や物質の性質を理解する化学分野での“粒子”概念で学習するため，元素の生成等につなげるためには，第3学年で学習する「放射線の性質」をあらかじめ説明しておく必要があった。そのため基本に立ち返り，中学校用教科書の内容も十分復習しながら，時間をかけて説明した。当日アンケートを採る時間がなかったため，11月15日の授業の後，併せてアンケートを採ることにした。

(2) 平成28年11月8日（火）5，6校時

この週の授業は，鳴門教育大学大学院の大学院学生2名が，修士課程の必修科目「教育実践フィールド研究」の授業実践の一環として行った。内容の詳細は鳴門教育大学授業実践研究に公表されている<sup>4)</sup>。「教育実践フィールド研究」とは，鳴門教育大学大学院のカリキュラムにおける教育実践コア科目として位置づけられた大学院科目（通期4単位）で，大学院学生が大学における教育理論と教育現場における実践を統合し，教育現場の様々な教育課題や授業改善等に対応できる実践力を高めるための授業科目である。授業実践校としては，鳴門教育大学

附属学校園および近隣の学校や教育機関に協力いただいている。

前時の授業（11月1日）で、主に宇宙を飛びかう放射線によって重い原子核が生成したことを話している。また東京電力福島第一原子力発電所の事故によって近年放射線に関する関心が高まるとともに、「放射線は危険である」といったイメージが広まっている。しかしながら実際には、放射性物質は空気中に存在し、放射線も飛びかかっていて、毎日一定量被ばくしているといった事実をしらない人も多く、より多くの事実や知識を得ることによって判断、行動することが求められている。また平成20年3月の学習指導要領の改訂によって中学校理科で放射線の内容が取り扱われることになった。そのため霧箱を用いた放射線の軌跡を観察することによって放射線の正しい知識を身につけて、様々な場面の判断等に利用できるように授業実践を行った。用いた霧箱を図1に示す。100円ショップで簡単に入手できる材料で作製したプラスチック容器に、エタノールとラジウムセラミックボール<sup>5)</sup>とよばれる中心部に放射性鉍物を含む入浴剤を入れて簡易霧箱とし、この容器の下部をドライアイスで冷やしエタノールの過飽和状態とし、ライトを用いて放射線の軌跡を観察した。

### ○実験準備

1. 透明なカップにスポンジを貼る 
2. エタノールをスポンジ全体に染み込ませる  
※エタノールを出す量は1回くらい 
3. ふたをして、手のひらでカップの側面を温める 

図1 観察に用いた霧箱

(3) 平成28年11月15日（火）5，6校時

前時の授業（11月8日）で生徒は、簡易霧箱によって放射性鉍物や空気中の放射性物質から放出される放射線を定性的に確認をしている。この週は、家庭用放射線カウンターを用いて、放射性物質からどのくらいの放射線が出ているかを定量的に測定する実験を行った。

前時の授業の中で生徒から以下のような質問があり、その内容を説明することから始めた。質問の内容は、①カップに入っていた石はなんですか。②放射線の軌跡は見えただけ、放射線は見えないんですか。③自分たちは1日にどれくらいの放射線を浴びるのですか。④放射線とは物質なのでしょう。などであった。次に放射線の種類等の復習を行うとともに、放射線線量 Sv（シーベルト）、地球上での年間被ばく量、内部被ばくと外部被ばくなどの説明を行った。放射線線量の測定は、3名程度の班ごとに、エステー製家庭用放射線測定器エアカウンター S を用いておこなった。教育用放射性鉍物数種（リン灰ウラン石、リン銅ウラン石、センウラン鉍、カルーノ石、ツムヤン石、ラジウムセラミックボール）について、測定距離を変えたり、測定物との間に遮蔽物を置いたりして、放射線線量を測定した。実験で用いたワークシートを図2に示す。また実験中の生徒の様子を図3に示す。また時間に余裕のある班は、放射線測定器を用いて学校内の数ヶ所について、安全を確保しながら放射線線量を測定し、結果をワークシートに記入した。授業後、11月1日および15日の授業に関するアンケートを採り、後日分析した。アンケートの内容を図4に示す。

「放射線をはかってみよう」ワークシート

班番号（ ）名前（ ）

測定するもの（ ）

1. 距離を変えたときの測定結果

測定距離	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
1 cm					
5 cm					
10 cm					

まとめ

2. 入れ物に入れた時の測定結果

( )	1回目	2回目	3回目
なし			
あり			

まとめ

3. 学校構内での測定

場所 ( )	1回目	2回目	3回目
測定結果			

まとめ

図2 放射線測定に用いたワークシート



図3 放射線線量測定時の様子

「元素の秘密」と「放射線をはかってみよう」についてのアンケート  
2年( )組( )番 氏名( )

1. 「元素の秘密」(11月1日)の授業はおもしろかったですか。番号に○を付けて下さい。

①とてもおもしろかった    ②おもしろかった    ③ふつうだった  
④つまらなかった    ⑤とてもつまらなかった

2. 「元素の秘密」(11月1日)の授業を受けての感想を答えて下さい。

3. 「放射線をはかってみよう」(11月15日)の授業はおもしろかったですか。番号に○を付けて下さい。

①とてもおもしろかった    ②おもしろかった    ③ふつうだった  
④つまらなかった    ⑤とてもつまらなかった

4. 「放射線をはかってみよう」(11月15日)の授業を受けての感想を答えて下さい。

5. 「放射線」にかんするイメージは変わりましたか。

ありがとうございました。

図4 授業後(11月15日)のアンケート

(4) 平成28年11月22日(火) 5, 6校時

福島第一原子力発電所の事故以降, 原子力発電に伴う放射性廃棄物の問題は「トイレのないマンション」として注目され, 将来に渡って解決すべき重要な問題であると認識されている。日本では平成12年6月に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」という, 高レベル放射性廃棄物の最終処分(現在: 地層処分を想定)に関する特別法を制定し, その事業主体として10月に原子力発電環境整備機構(NUMO)を設立し, 現在処分について検討しているところである。また高レベル放射性廃棄物の処分方法として地層処分を想定しているが, 日本のどの場所を最終処分地にするのかを検討するための「科学的特性マップ」(地域の科学的な特性: 火山や地震, 断層など)が平成29年7月に政府から公表された。世界では, 唯一フィンランドのみが処分地を決定(エウラヨキ自治体オルキルオト)し, ポシヴァ社が地下特性調査施設(ONKALO)を建設して調査を開始し, 2020年初頭に操業を開始する予定にしている。アメリカ合衆国では, 1982年に連邦議会において高レベル放射性廃棄物を地層処分する方針を決定し, エネルギー省に「民間放射性廃棄物管理局」を設立した。また2002年にネバダ州ユッカマウンテンを最終処分地に決定したが, 政権交代(オバマ大統領, 民主党)により方針を凍結, 現在エネルギー省にて検討がされている。欧州連合(EU)各国でも現在地層処分の処分地を選定中で, 決定に至った国はフィンランド以外にない。

国際原子力機関(IAEA, 本部ウィーン)では, 放射性廃棄物の地層処分のための勉強会 School of Underground

Waste Storage and Disposal を世界各国で開催しており、地層処分を検討している国の研究者や行政官が参加して活発な議論を行っている。2009年にスイス International Training Center の School of Underground Waste Storage and Disposal で、地層処分を前提にして処分地を選定する際に考慮される様々なファクター（例えば土地の特性、気候、人口密度、産業構造、原子力発電所までの距離）を選択しながら、仮想的に処分地を選定し、その結果を見てさらに処分地などについて議論を進めるようなプログラムを開発し、科学的な思考を育成するアクティブ・ラーニングの手法を用いた学習ツールとして注目されている。また静岡大学の菅野、菅野らによってこれらのプログラムを日本向けにカスタマイズし、一般公衆向けに簡略化、電子デバイス（iPod touch, iPad）を用いて実施できるゲームとして製作された<sup>6)</sup>。ゲームではまず仮想島を設定し、島内の原子力発電所で排出された放射性廃棄物を地層処分することになり、4か所の候補地（都市）が名乗りを挙げることから始まる。まず各自がどの都市に居住しているかを決定し、そののち地質構造、鉱物資源、自然、産業について、各自が処分地を選ぶにあたりどの程度重視しているかを設定する。これが初期設定値となる。その後、立候補した候補地4つの市に関する自然や産業についての文章やグラフなどを参考に、各自が各候補地のスコアを入力する（図5）。初期設定値とスコアによって、その和が最大の都市が自分が選定した処分地候補となる。最初に候補地と考えた都市と最後に決定される候補地が異なる場合もある。

この週の授業では、静岡大学の菅野先生、菅野先生をお呼びして、社会における様々な問題について議論する手法、またその問題を解決する過程での合意形成やコミュニケーション、といった講義を行っていただいたあと、受講者に iPad mini を一台ずつ配り、ゲームの概要を説明後、個々にゲームアプリを実行し、プログラムを進めた。ゲーム中の様子を図6に示す。その後、各班ごとにワークシートを参考に、自分が居住している都市、自分が選定した候補地と最初に考えた候補地との関係を重視しながら自由に討議し、最後に各班で発表と質疑応答を行った。授業終了後アンケートを採り、後日分析した。図7にアンケート内容を示す。

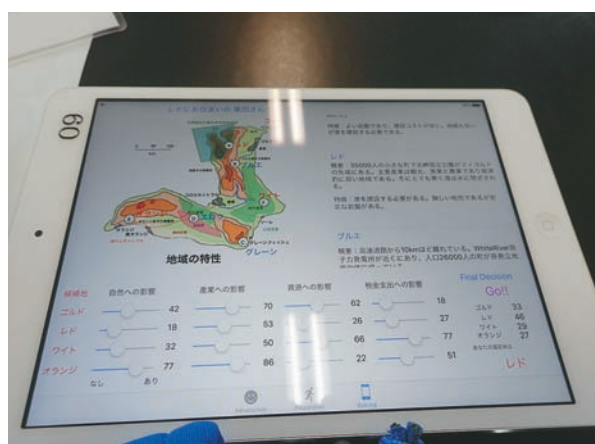


図5 放射性廃棄物の地層処分に関するゲームアプリ



図6 ゲームアプリ実行中の様子

課題探求学習についてのアンケート

2年( )組( )番 氏名( )

1. 今日(11/22)の授業はおもしろかったですか。番号に○を付けて下さい。

①とてもおもしろかった    ②おもしろかった    ③ふつうだった  
④つまらなかった    ⑤とてもつまらなかった

2. 「放射性廃棄物の問題」(11月22日)の授業を受けての感想を答えて下さい。

3. 「課題探求学習(全体)」(11月1日から4回)の授業は満足がいくものでしたか。番号に○を付けて下さい。

①強くそう思う    ②そう思う    ③どちらでもない。  
④あまりそうおもわない    ⑤強くそうおもわない

4. 「課題探求学習(理科)」の授業で希望する内容はありますか。

ありがとうございました。

図7 授業後(11月22日)のアンケート

#### 4. アンケートの結果と分析

##### (1) 生徒の関心および満足度の調査

図4および図7に示したように、第1回「元素の秘密」、第3回「放射線をはかってみよう」、第4回「放射性廃棄物処理問題に関するアクティブ・ラーニング」の授業についての満足度を5段階評価(とてもおもしろかった(5)、おもしろかった(4)、ふつうだった(3)、つまらなかった(2)、とてもつまらなかった(1))で回答を得た。第2回「放射線をみてみよう」については、既に結果を公表しているため<sup>4)</sup>、ここでは割愛する。また第4回目の授業後に、4週の一連の授業についての満足度も同様に回答を得た。結果を表1に示す。結果から回を経るごとに満足度が高くなる傾向があることが分かる。これは時間とともにどのような内容のことを学習していくのかを整理し、そのことが興味・関心が増えた原因ではないだろうか。特に第3回目においては、生徒自ら実験を行い、結果をワークシートにまとめ、それをグラフ化し考察することで科学的な思考を行い、内容の定着化が促進したと考えられる。また実際に実験活動を通じて科学的な検証を行っていくことについて非常に関心が高いことがうかがえる。第4回目も同様に、各個人の活動において、デジタルツールから得られた知識やこれまでの知識を統合して価値判断をし、その判断が最初の想定と比較して変容したかどうかを比較検討するという、普段の授業で行わないような考察を行ったことが高い満足度になったと考えられる。4回の授業を通した満

足度も比較的高い結果が得られた。普段の授業内容で扱われない内容について、最先端の研究や身近な現象との関連、思考力を問われる実験や活動など、かなり高い知的な刺激を受けたのではないかと考えられる。

表1 各授業の満足度

	5	4	3	2	1
第1回	0%	57%	36%	7%	0%
第3回	54%	38%	8%	0%	0%
第4回	33%	67%	0%	0%	0%
総合	16%	84%	0%	0%	0%

### (2) 第2回「元素の秘密」

各授業後に行ったアンケートでは、授業を受けての感想を記述式で回答をしてもらった。「元素の秘密」における主な回答例としては、

- ・少し難しくて分からない所もありましたが、元素のしくみについてよく分かりました。  
学校で元素の授業をするのが楽しみになりました。
- ・原子核には、安定な原子核と不安定な原子核があることが分かった。知らない言葉をいろいろ知ることができたので良かった。
- ・とても難しい内容だったけど、元素のでき方など今まで全く知らなかった元素について少し知ることができた。
- ・元素がつくられる3つのタイミングが面白かった。知らなかったことが多く、中学校では学習しない詳しい部分まで学べて楽しかった。
- ・周期表のひみつがよくわかりました。
- ・原子は化学反応で無くなったり別の種類になったりしないのに、どうやって新しい元素が生まれるのか疑問に思っていたけど、原子核と原子核が近づいたり分かれたりして新たな元素が生まれるとわかりました。ビックバンが起ってからずっと元素は変化していると思うと意外と不安定なものなんだなと思いました。

といった感想があった。

第1回目は80分近く講義が続いたため、満足度が他の回に比べて低いものであったが、具体的な感想を聞くと、これまで学習してきた元素についての新しい知識を得られ、知的な好奇心が高まったことがうかがえる。中学校では原子核の詳しいことは学習しないが、原子同士の化学反応と原子核同士の融合や分裂との相違や原子核の不安定性をあらかじめ学習しておけば、第3学年で学習する放射線の内容の理解が進むだろうと予想される。TIMSSの調査によれば、日本では、小学生で関心が高い理科や科学が中学生で低くなる傾向がある。これは理科においては、中学校では内容が難しくなるとともに実験・観察が少なく、教科書の内容を教えることが中心になるためだと考えられている。そのため「総合的な学習の時間」などを利用し、実験・観察の活動を行ったり、博物館や自然体験センター等を訪問し、生徒の知的な好奇心が落ちないような工夫をする必要がある。また感想から「難しいけど面白い」という感想が複数あった。これは大事なことである。一般的に、自然現象を理解することは極めて難しい。長時間にわたる観測・実験等によりデータを集め、試行錯誤しながら規則性や傾向等を明らかにしていく思考を必要とする。そのため、それが中学生にとってはじめての内容であれば、当人はこれまでの知識を総動員して理解しようとするが、その内容の事実を突き止めるためには膨大な人数の努力が背景にあり、現在において判明していないことが多い。特に原子・原子核・放射線の研究分野においては物理学、化学、数学などの知識を総動員して理解しなければならず、難しいと感じることは致し方ない。しかしそのような内容でも理解しようとする意欲が強いことは喜ばしいことである。大学教員による課題探究学習においては、難しい内容でも興味深い内容であれば生徒は興味がわく、という趣旨で企画されたと聞かすが、まさにそれを実証する結果となった。

### (3) 第3回「放射線をはかってみよう」

授業後に行った、授業を受けての感想の主な回答例を以下に示す。



- ・放射線は身の回りにもとんでいるということが改めて分かった。放射線の量は放射線がでているものとの距離によって変わるということも分かり、初めて知ることができたのでよかった。
- ・さまざまところ（の放射線線量）を実際にはかり、とてもよい学びとなりました。また機会があればはかれないところもはかってみたいです。
- ・放射線を身近に感じ、おもしろかった。空気中にも放射線があることがわかった。
- ・いろいろな石を拾ってきて（放射線線量を）はかってみたいと思いました。
- ・放射線をはかったことで、前回のときより、放射線に対する怖さなどの気持ちが変わりました。
- ・放射線が身近にあるとは思わなかった。様々な場所から放射線は出ていることを初めて知ることができて楽しかった。
- ・空気中にも微量だけど放射線が含まれていることが実感できました。鉱物からはやはり放射線が多く出ていたけど、測定器で測るときは結構時間差で量が変化していました。また $\alpha$ 線や $\beta$ 線、 $\gamma$ 線などによって何を通り抜けられるかが違うことがわかりました。

前時の授業で、簡易霧箱を用いてラジウムセラミックボールから発生する放射線（アルファ線）の軌跡を目で確認するとともに、空気中に放射性同位元素であるラドンが微量ではあるが含まれていることを学習し、霧箱でも確認しているため放射線を身近に感じ、放射性鉱物を測定したり、校内の様々な場所での放射線線量率を興味をもって測定した様子がかがえる。また放射線線量率を測定することで、放射線は身近に存在するがその量は人体に影響が出るレベルではないことを確認できたという感想もあり、実験事実に基づいて判断や意思決定ができることを体験的に学んでいるのではないかと考えられる。放射線の発生は確率的でランダムな現象であるが、生徒の感想において「時間差で測定値が変わる」という書き方でそのことに言及し、実際に測定することでしか体験できないことを記述しており、これは正直驚いた。また時間が余った班には、アルファ線、ベータ線、ガンマ線を区別して測定できる機能を持つ放射線線量率測定器を貸し出し測定してもらったが、この測定についての正確な記述もあり、短時間で放射線に関する知識の習得に驚かされた。またこの際のアンケートでは講義や実験・観察を通じて、「放射線」に関するイメージが変わったかも回答してもらった。主な回答例は以下のとおりである。

- ・人にとって害があり危険なものと思っていたのですが実際放射線を見ることで身の回りであることを知り、イメージが変わりました。
- ・（イメージが）かわった。危ないもののわりに人間がちゃんと対応しているのがすごいと思った。
- ・今まで少し怖いイメージがあったけど、そこまで危険なものではないというイメージが変わりました。
- ・たくさんあると危ないけど、少しだと体には影響がない。空気中にもとんでいる。
- ・最初はこわいというイメージがありましたが、いろいろな実験などを通して、段々便利なものだということが分かってきました。もっともっと放射線について学びたいです。
- ・危険、病気、危ない...→身近にある、空気中にもある、そこまで危険ではないたぶん...
- ・今まではただ危ない、怖いというイメージしか無かったけれど、医療などでは有効利用もされているとわかりました。これからは普段の基準値を知って、原発事故が起こるなどしたときに正しく対処したいです。

アンケート結果から、回答した全員がイメージが変わったと答えた。主要なものとして、「これまで危険、怖いと思っていたイメージがより身近になった。」「医療現場等で幅広く利用されており便利なものがある。」などがある。上述したように、福島第一原子力発電所の事故では、高い放射線レベルのため長期避難者が多数でていること、原子力発電所自体に容易に近づけないこと、現在も放射性物質が流出していることなど、いまだ収束を見ず危険な状態が続いているという事実があるために、「放射線＝怖い、危険」というイメージが浸透している。これもまた事実である。しかしながらアンケート結果の分析から、本授業を通じて、霧箱を用いて放射線の軌跡を見たり、あるいは空気中に放射線がとんでいることを学習したすることで放射線に対する理解が進み、放射線に対する正しい知識に基づいたイメージに変容していったことが分かった。

#### (4) 第4回「放射性廃棄物の問題」

授業後に行った感想の主な回答例を以下に示す。

- ・アプリを使って楽しく土地の特性をこうりょしながら（放射性廃棄物を）どこに埋めるかをみんなで討論しながらできたから（とてもおもしろかった）。
- ・初めてこのようなことについて考えて、放射性廃棄物を処分する場所はこのようにして考えられているのだなあと知りました。アプリを使って考えられたので分かりやすかったです。
- ・環境という意味について考え直すことができた。またゲームを通してどのような場所に設置するのが適しているのか分かった。
- ・アプリの情報からその地域のメリット、デメリットを考えて結論を出すのが楽しかった。
- ・だれも喜んで受け入れるものではないので、科学的根拠とかを言ってもなかなか難しいだろうと思った。
- ・条件が多くて、どこも一長一短で選ぶのが難しかったです。またじっくり考えてみたいです。
- ・自分の住んでいるところにならないようにしようと思ってしまったので、現実の世界で処理について考えるのは難しいことだと思った。
- ・地層処分の場所などの沢山の課題があることがわかった。
- ・放射性廃棄物を処分するときに、自然、産業、安全などすべての面で完璧という場所はないのだと感じました。でも、日本でもどこかに処分しなければいけないので、自分のところはいやと思うのではなくよく考えていきたいと思いました。

ゲームアプリを用いた学習は、現代の生徒には受け入れ易いとともに、画像や説明文章もよくできており、わかりやすいものだったと考えられる。また自分自身で判断した内容を他者に対して説明を行うことを面白いと答えた生徒がいたことは、想定していたとはいえアクティブ・ラーニングの効果を実感できる内容であったと思う。また生徒の意見にもあるように、科学的根拠を論理的に説明されても、生理的、感情的に反対が起こるような問題もあり、ある一定の意見の合意を得られることが難しいことが、議論を通して理解が進んだのではないかと考えられる。そのため個々の価値観が判断の基準の一つとなる場合には、正しい知識や理解を必ず必要とするため、理科にかかわらず様々な教科を勉強し、知識の習得や感性などを磨く必要がある。またグローバルに幅広く横たわる問題に関しては、各国の文化的な背景や慣習、民族の多様性なども考慮に入れる必要があり、そのような知識を習得することも重要なことである。

#### (5) 「課題探究学習（理科）」で希望する内容

これから受けてみたい内容についての主なアンケート結果を以下に示す。

- |           |                 |          |
|-----------|-----------------|----------|
| ・地震       | ・さまざまな元素についての性質 | ・実験      |
| ・化学反応の実験  | ・生物について         | ・化学反応    |
| ・電気の面白い実験 | ・魚の骨格標本製作       | ・火山活動    |
| ・周期表      | ・原子の分け方         | ・原子核について |
| ・様々な物質の性質 |                 |          |

このように理科の幅広い内容の授業を希望しており、今回の授業でさらに深く知りたいと思った生徒、自分の興味ある分野の授業を受けてみたいと思った生徒、中学校では行われないうり高度な実験活動を行いたい生徒など、様々な回答があった。全般的に実験や観察を伴う活動を行いたい生徒が多く、座学だけでなく、探究心をもって勉強していく姿勢が結果から見える。

## 5. まとめ

平成29年3月に改訂された学習指導要領では、「生きる力」をより具体化し、「生きて働く「知識・技能」の習得」「未知の状況にも対応できる「思考力・判断力・表現力等」の育成」「学びに向かう力・人間性等」の涵養」の3つにまとめ、各教科の目標や内容もこれらに基づき再整理された。またこれらの力を育成していく上で、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善の推進がいわれている<sup>7)</sup>。また理科では、「自然の事物・現象に進んで関わり、見通しをもって観察・実験を行い、その結果を分析して解釈するなどの科学的に探究する学習を充実した。また、理科を学ぶことの意義や有用性の実感及び理科への関心を高める観点から、日常生活や社

会との関連を重視した。」といった内容の改訂がなされている。

様々な自然現象に興味を持ち、主体的に関わって、予想をしながら実験・観察を行い、試行錯誤しながら結果を科学的に分析する。今回の一連の授業においては、まさに先行してこの様な活動ができたと考えられる。また様々な先端研究の一端を教科書の内容と関連させて説明することで、一見無味乾燥な教科書の記述に興味・関心がわき、これからの授業で勉強が楽しみであるという生徒の感想もあった。また「主体的・対話的で深い学び」として、将来解決していかなければならない「放射性廃物処理の問題」を取り上げ、デジタルツールを用いながら他者と議論する体験をしたことは、かなりの刺激になったのではないだろうか。

今年度の課題探究学習では、実験・観察を取り入れた化学分野の「酵素」、地学分野の「化石」が予定されている。生徒たちがどのような反応を示すのか今から楽しみである。

## 6. 謝 辞

本研究を行うにあたり、実践の場を提供していただき、大変お世話になりました鳴門教育大学附属中学校三原弘明教諭、宍野彰彦教諭に深く感謝申し上げます。また第4回の授業をお願いいたしました静岡大学の萱野貴広先生、大矢恭久先生に深く感謝申し上げます。本研究の一部は、原子力規制庁原子力規制人材育成事業「放射線安全のための大学間連携 放射線計測専門家・教育者育成プログラム」の補助を受けました。

## 7. 参考文献

- 1) 大学・学部の附属学校園における改革の現状と問題点今後の展望に関する調査報告書 日本教育大学協会附属学校委員会 平成21年12月.
- 2) 中学校学習指導要領解説理科編 平成20年9月 文部科学省.
- 3) 全国的な学力調査（全国学力・学習状況調査等）文部科学省.  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/gakuryoku-chousa/sonota/detail/1344312.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku-chousa/sonota/detail/1344312.htm).
- 4) 乾宏樹, 是石幹文, 中村嘉秀, 松村瑤子, 宍野彰彦, 三原弘明, 栗田高明, 寺島幸生, 放射線に対する科学的思考を向上させる授業実践－霧箱を用いた観察をとおして－, 鳴門教育大学授業実践研究, 第16号, 2017, pp. 77-80.
- 5) たとえば <http://www.ceramic-kouseki.com/product/2>.
- 6) 萱野貴広, 熊野善彦, 大矢恭久, 奥野健二, 池谷渉, デジタルツールとして iPod を活用したエネルギー環境学習－高レベル放射性廃棄物処分地選定を題材に－, エネルギー環境教育研究, vol. 8, 2012, pp. 3-10.
- 7) 中学校学習指導要領解説理科編 平成29年6月 文部科学省.

# **Lesson Practice of RIKA (Science) in Fuzoku Middle School Attached to Naruto University of Education – The Secret of Atom and Atomic Nucleus –**

AWATA Takaaki

We have arranged and performed the special lessons about contents of atom and atomic nucleus at attached middle school of university. Those lessons include a lecture for discovery of new atom in Japan (Nihonium) and for evolution of nucleus at universe, an observation for trajectory of radiation using cloud chamber, a measurement radiation dose rate of minerals using simple instrument, a playing game of decision of dispose land for high-level radioactive waste, an active learning and discussion each about the future of problem of high-level radioactive waste. In the revised Japan government guidelines for education (2017, Science (RIKA)), “Students have been concerned with things and a phenomenon of nature in advance, and then done observations and experiments it with a prospect, and learns to research scientifically as analyzing the result and interpreting it. In addition, from a point of view that be raised interest in actual feeling of significance and the useful of learning science, it have been made much of connected with everyday life and society.” From the analyzing the results of questionnaire after class, it is clear that the students’ interest of atom and relation things are great increasing, an active learning and/or discussion with each student are quiet interesting. We can successfully carried out class along the government guidelines for science education.