

中学2年生における放射線教育の授業事例

愛知教育大学附属名古屋中学校 教諭 奈良 大

1 基本的な考え方

私は、仮説を立てて予想し、観察・実験によって理論を確認することを理科の授業で大切にしている。つまり、理科の観察・実験を仮説演繹的に行うことが大前提だと考える。しかし、放射線の性質の学習に限らず、多くの理科の授業では、観察・実験から理論・法則を見つけ出す帰納的かつ発見的な理科学習が多く行われている。そのため、観察・実験の意図を理解しないまま、作業的に観察・実験に取り組んでいる生徒が多く見受けられるように思われる。この帰納的かつ発見的な理科学習、いわゆる「発見学習」の最大の欠点は、観察・実験後に結果の解釈が揃わない点である。しかも、その解釈は知らないといけない（＝つまり、塾などで先行して学習していないといけない）場合が多く、生徒が結果の解釈を苦手としやすい（＝つまり、考察が書けない）原因であると考え。そこで、生徒にあらかじめ観察・実験の役割を理解させるとともに、仮説演繹的に理科の学習を進めることが様々な自然事象を科学的に捉えるために重要となると考える。

科学者がその時代のパラダイムである理論を、他の科学者の論文や研究から得ると同様に、生徒もその時代のパラダイムである理論について、平易な言葉で説明してある教科書から読みとり、科学の文脈に沿う理科学習を行うことが必要であると考え。そこで、科学の文脈に生徒を引き込むことができるようにするために、あらかじめ教科書を読み、概観をつかませる「通読」を行うことにした。そして、教科書から放射線の性質（＝理論）を読みとり、仮説（実験仮説）を立てることで、観察・実験で何が検証できるのかという意図も理解させつつ、放射線の性質とその利用について学ぶことができることを目指した。なお、仮説（実験仮説）は、以下の定型文で表されることを、生徒はすでに学んでいる。

<仮説（実験仮説）>

もし（理論）ならば、（方法を実施する）と、（結果の予測）だろう。

「理論」には、教科書から読みとった性質・法則などの理論が当てはまる。「方法を実施する」には、教科書から読みとった観察・実験の具体的な手法が当てはまる。最後に、「結果の予測」には、教科書から読みとった観察・実験から予測される結果が当てはまる。これらを仮説（実験仮説）の定型文として示し、仮説演繹的に理科学習を行う一助としている。なお、観察・実験の「予想」は、以下の定型文で表される。

<観察・実験の予想>

（方法を実施する）と、（結果の予測）だろう。

さらに、観察・実験の「考察」は、以下の定型文で表される。

<観察・実験の考察>

（理論）なので、（方法を実施する）と、（結果の予測）。

そのため、他の単元では、「通読」により、教科書から理論とともに、観察・実験の手法も読みとり、自分の力で仮説（実験仮説）を立てることができるようになってきている。しかし、残念ながら本校が採用している教科書を含め、中学校理科の教科書会社5社の教科書とも、放射線の性質（＝理論）を検証する観察・実験が書かれていないため、観察・実験の手法やその仕組みを全て教師が説明する必要がある。これについては、今後教科書に放射線の性質（＝理論）を検証する観察・実験が掲載されるよう、教科書会社に働き掛けを行っていきたい。

2 授業展開（2時間完了）

○日時

【第1時】 令和5年2月13日（月）6限 14：20～15：10

【第2時】 令和5年2月14日（火）1限 8：50～9：40

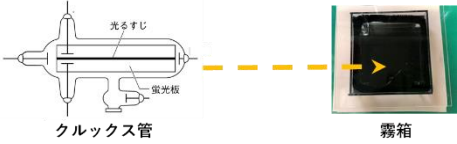

○対象学年・生徒 愛知教育大学附属名古屋中学校 2年A組 36名

【第1時】

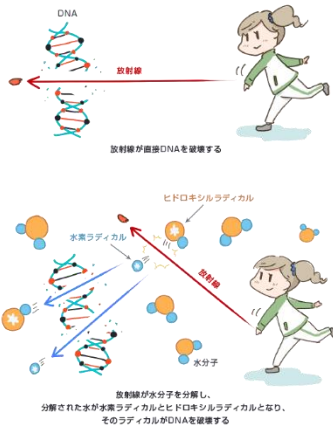
○ねらい

放射線の主な性質（透過性、電離作用など）について、観察・実験を通して理解するとともに、それらの性質がどのように利用されているのか具体的に説明することができる。

○指導計画

学習指導	指導上の留意点
<p>1 「通読」より、放射線の性質（＝理論）を教科書から見つけ出す。</p> <p>2 これらの性質から仮説（実験仮説）をつくり出す。</p>	<p><予想される生徒の発言></p> <ul style="list-style-type: none"> 放射線は物体を通り抜ける性質（透過性）がある。 放射線は物質の性質を変化させる性質がある（電離作用）。 放射線が生物の細胞に大量に当たると細胞が死滅する（電離作用）。 <p>○透過性、電離作用の仮説（実験仮説）を立てさせる。</p>
<p><物体を通り抜ける性質（透過性）の仮説（実験仮説）></p> <p>もし（放射線は物体を通り抜ける性質（透過性）がある）ならば、（クルックス管に電圧をかけ、霧箱で観察する）と、（放射線の飛跡が見える）だろう。</p>	
	<p>○霧箱を使って1年時に放射線の飛跡を観察したことを思い出させ、クルックス管と霧箱が離れていても、X線が叩き出した電子がつくる飛跡によって霧箱内に侵入できる（＝透過できる）ため、白い線が見えているであろうことを説明する。</p>
<p><物質の性質を変化させる（電離作用）の仮説（実験仮説）></p> <p>もし（放射線が物質の性質を変化させる）ならば、（クルックス管に電圧をかけ、Webカメラで観察する）と、（白い輝点が見える）だろう。</p>	
	<p>○WebカメラにはCMOSイメージングセンサーが使われている。目に見える光や放射線がWebカメラに入ると、「電子-正孔対」ができ、電流が流れる。そこで、目に見える光を遮断するためにCMOSイメージングセンサーを黒いビニールテープなどで覆うと、「電子-正孔対」のほぼ全てが放射線によるものとなる。ここで「電子-正孔対」を生成することが「放射線が物質の性質を変化させる」ということであり、生じた電流を電気信号として捉え、コンピュータ上の画面に白い輝点として表示されることを説明する。</p>

<生物の細胞に大量に当たると、細胞が死滅する（電離作用）の仮説（実験仮説）>
 もし（放射線が生物の細胞に大量に当たると、細胞が死滅する）ならば、（方法を実施する）と、
 （結果の予測）だろう。



【多田将「放射線について考えよう。」
 明幸堂P109より引用】

3 観察・実験の結果の予想をする。

○現時点では、中学校の理科室レベルで検証できる観察・実験方法はないと考えている。逆に、細胞を死滅させるほどの高い放射線を出すと、人体にも影響することを理解させる（第2時の生物影響の学習に繋げる）。

○透過性、透過性の観察・実験の予想を立てさせる。

<透過性の観察・実験の予想>

（クルックス管に電圧をかけ、霧箱で観察する）と、（放射線の飛跡が見える）だろう。

<電離作用の観察・実験の予想>

（クルックス管に電圧をかけ、Webカメラで観察する）と、（白い輝点が見える）だろう。

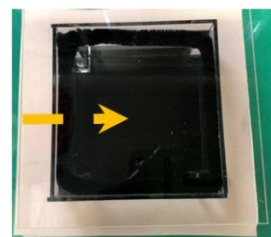
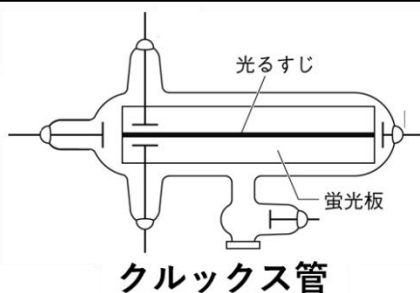
4 観察・実験を行う。

〔透過性〕※理科室の配置



〔透過性の観察・実験のポイント〕

- 霧箱を配布し、白色光ライトを当てて観察する。
- 距離による透過性の違いを調べるために、霧箱をもって教室内を移動してよいが、理科室を暗くするため注意する。
- 日本保健物理学会「教育現場における低エネルギーX線を対象とした放射線安全管理に関する専門研究会」が作成した「クルックス管安全運用ガイドライン」に従い、誘導コイルの放電極距離は15mmに設定する。誘導コイルに印可し、クルックス管に電圧をかける時間を最小限にする。



霧箱

〔電離作用〕 ※理科教室の配置

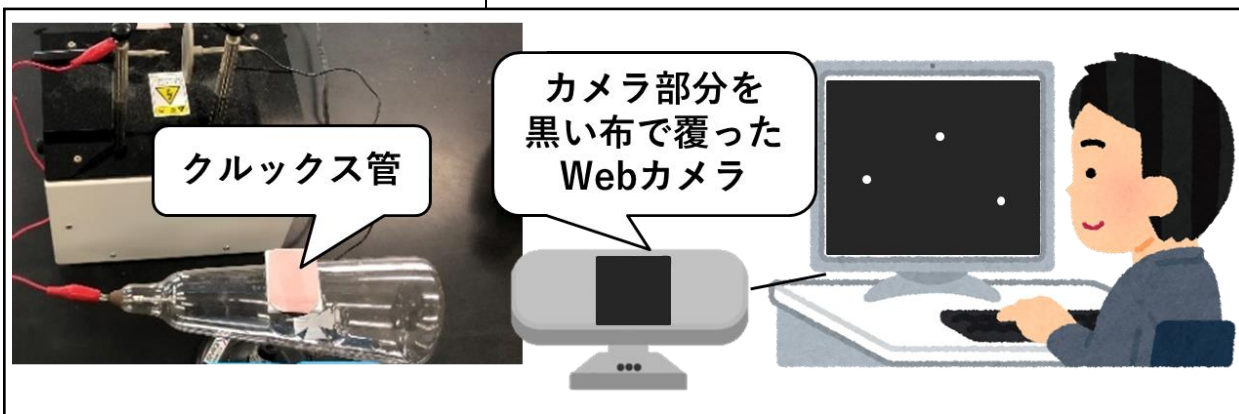
空き	7班	
3班	6班	
2班	5班	9班
1班	4班	8班

電子黒板

教卓 (クルックス管+Webカメラ+PC)

〔電離作用の観察・実験のポイント〕

- Webカメラをつないだコンピュータの画面の様子を、電子黒板に映し出す。また、Webカメラはロジクール製 C270n を用いる。Windows パソコンに標準付属するアプリ「カメラ」を使用して輝点を確認する。
- 理科教室を暗くする。
- 上記同様、「クルックス管安全運用ガイドライン」に従い、誘導コイルの放電極距離は 15 mm に設定する。誘導コイルに印可し、クルックス管に電圧をかける時間を最小限にする。



5 結果・考察をまとめる。

6 「透過性」「電離作用」の利用例について、配布した pdf データで調べ、自分でまとめる。

- 結果をまとめさせる。
- 考察をまとめさせる。考察は、仮説（実験仮説）から「もし」と「だろう」を除いて、「(理論)なので、(方法を実施する)と、(結果の予測)」と示されることを確認する。
- 日本原子力産業協会のHPにある資料（放射線の利用（透過性）、放射線の利用（電離作用））を pdf データで配布し、放射線の性質とその利用例を調べさせる。
- 「透過性」の例として、以下を調べさせる。
 - ①工場などで金属板の厚さをはかるために使われている。
 - ②空港で手荷物の非破壊検査のために使われている。
 - ③X線撮影のために使われている。
- 「電離作用」の例として、以下を調べさせる。
 - ①ラケットのガットを強くするために使われている。
 - ②タイヤの強度を高めるために使われている。
 - ③ダイヤモンドに着色するために使われている。
 - ④花などの品種改良のために使われている。

☆本時の評価

放射線の主な性質（透過性、電離作用など）について、観察・実験を通して理解するとともに、それらの性質がどのように利用されているのか具体的に説明することができる。【知識・技能】

7 学習プリントを回収する。

○班で学習プリントを集め、提出させる。

【第2時】

○ねらい

放射線の主な性質（生物の細胞に大量に当たると細胞が死滅するなど）について、映像資料を通して理解するとともに、その性質がどのように利用されているのか具体的に説明することができる。

○指導計画

学習指導	指導上の留意点
<p>1 前時の復習を行う。</p> <p>2 DVD教材「Rの正体」を視聴する。</p> <p>3 「生物の細胞に大量に当たると細胞が死滅する」の利用例について、配布した pdf データで調べ、自分でまとめる。</p>	<p>○放射線の主な性質を答えさせる。</p> <p><予想される生徒の発言></p> <ul style="list-style-type: none"> ・放射線は物体を通り抜ける性質（透過性）がある。 ・放射線は物質の性質を変化させる性質がある（電離作用）。 ・放射線が生物の細胞に大量に当たると細胞が死滅する（電離作用）。 <p>○文部科学省作成の放射線副読本を pdf データで配布し、P 10・11 を参考にしながら、「Rの正体 (https://youtu.be/-VkucI6fTQg)」の生物影響（12分22秒～18分00秒）を視聴させる。</p> <p>○多田将「放射線について考えよう。」のHPにある資料（放射線の利用方法について考えよう）や「らでい」のHPにある資料（らでいかわら版 13）を pdf データで配布し、放射線の性質とその利用例を調べさせる。</p> <p>○「生物の細胞に大量に当たると細胞が死滅する」の例として、以下を調べさせる。</p> <ol style="list-style-type: none"> ①がん細胞の治療のために使われている。 ②注射器の滅菌のために使われている。 ③ジャガイモの芽止めのために使われている。 ④害虫駆除のために使われている。 <p>○ジャガイモの芽止めについて、環境科学技術研究所のHPにある資料（放射線の利用（ジャガイモの芽止め））を使って詳しく説明する。</p>
<p>☆本時の評価</p> <p>放射線の主な性質（生物の細胞に大量に当たると細胞が死滅するなど）について、映像資料を通して理解するとともに、その性質がどのように利用されているのか具体的に説明することができる。</p> <p style="text-align: right;">【知識・技能】</p>	
<p>4 学習プリントを回収する。</p>	<p>○班で学習プリントを集め、提出させる。</p>

3 授業実践の様子

【第1時】

まず、放射線が真空放電の研究中に発見されたこと、放射性物質、放射線の種類などについて簡単に説明した。「通読」により、教科書から放射線の性質を見つけ出させ、放射線は物質を通り抜ける性質（透過性）があること、放射線は物質の性質を変化させる性質（電離作用）があること、そして、放射線が生物の細胞に大量に当たると細胞が死滅する（電離作用）ことを確認した。

次に、生徒に問い掛けながら、透過性、電離作用を検証するための仮説（実験仮説）を次のように立てさせた。

＜物体を通り抜ける性質（透過性）の仮説（実験仮説）＞

もし（放射線は物体を通り抜ける性質（透過性）がある）ならば、（クルックス管に電圧をかけ、霧箱で観察する）と、（放射線の飛跡が見える）だろう。

＜物質の性質を変化させる（電離作用）の仮説（実験仮説）＞

もし（放射線が物質の性質を変化させる）ならば、（クルックス管に電圧をかけ、Webカメラで観察する）と、（白い輝点が見える）だろう。

生徒は、透過性についての仮説（実験仮説）は、イメージがしやすそうであったが、電離作用についての仮説（実験仮説）は、イメージがしにくそうであった。CMOS イメージングセンサーや電子-正孔対などの専門用語がたくさん出てきて、中学2年生には難しそうな印象を受けた。

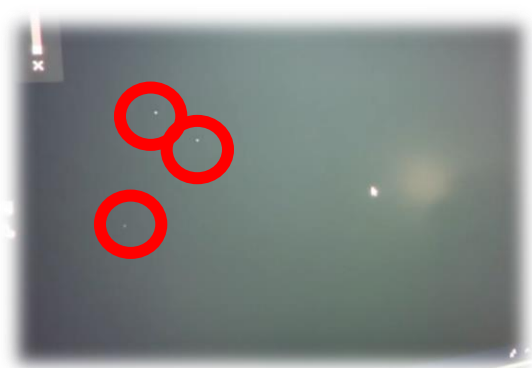
続いて実験の予想を記述し、実際に実験を行った。透過性を検証する霧箱は、理科室の各テーブルの上に置き、白色光を当てて観察させた。時折隣の班の霧箱を覗くなどさせたり、クルックス管から最も近い霧箱の様子を電子黒板に映し出したりして、自分の班の霧箱の様子と比較させた。また、電離作用を検証する Web カメラは、クルックス管に近付けて置き、その様子を電子黒板に映し出して観察させた。X線は紙や薄い金属板では止まらず、鉛板などで止まることを示すために、クルックス管と Web カメラの間にわら半紙やアルミニウムはく、鉛板などを置き、白い輝点の有無の違いで確認させた。さらに、レントゲン撮影で骨の部分が白く映り、つまり、骨はX線が止まりやすいこと、皮膚や肉の部分が黒く映る、つまり皮膚や肉はX線が透過しやすいことを示すために、クルックス管と Web カメラの間に犬用の骨やビーフジャーキーを置き、白い輝点の有無の違いで確認させた。この方法で生徒は納得しているようであった。Web カメラは、透過性の違いを検証する実験にも十分活用できることが分かった。

最後に、透過性、電離作用の利用例について、日本原子力産業協会のHPにある資料（[放射線の利用（透過性）](#)、[放射線の利用（電離作用）](#)）をデータで配布し、放射線の性質とその利用例を調べさせ、プリントにまとめさせた。



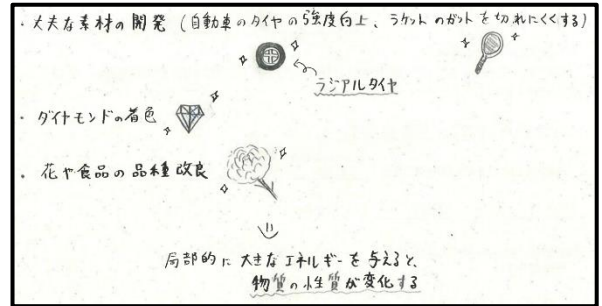
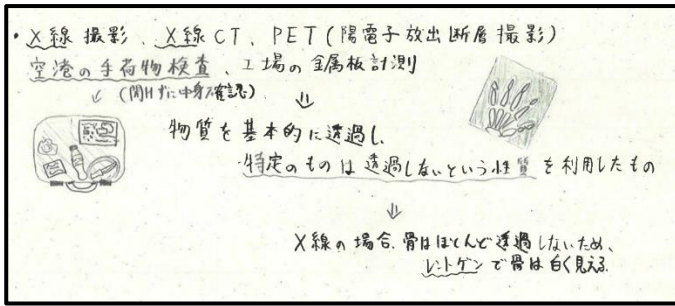
△透過性の実験

※赤丸のところに、白い飛跡が見える。



△電離作用の実験

※赤丸のところに白い輝点が見える。



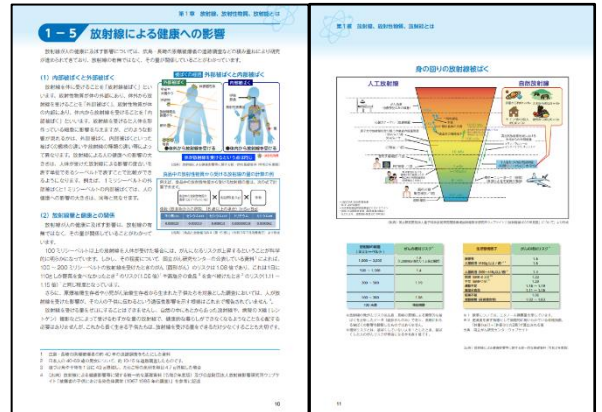
△「透過性」とその利用の生徒のまとめ

【第2時】

生物の細胞に放射線（X線）が大量に当たると細胞が死滅することを中学校の理科室レベルで検証する方法は現時点では見つかっていないことを説明した。文部科学省作成の放射線副読本をデータで配布し、P10・11を参考に、映像資料（DVD教材「Rの正体」<https://youtu.be/-VkucI6fTQg>）（12分22秒～18分00秒）で確認させた。

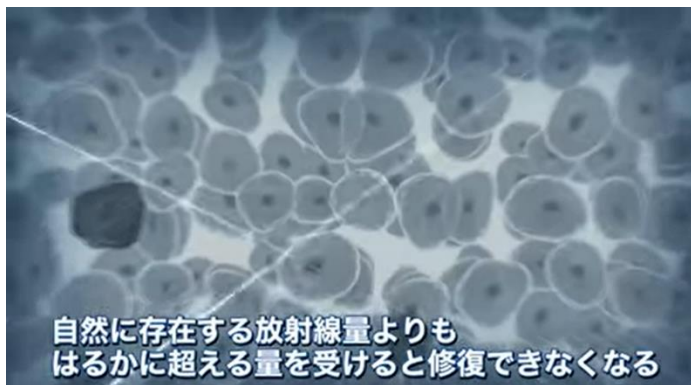
その後、多田将「放射線について考えよう。」のHPにある資料（[放射線の利用方法について考えよう](#)）や「らでい」のHPにある資料（[らでいかわら版13](#)）をデータで配布し、放射線の性質とその利用例を調べさせ、プリントにまとめさせた。

△「電離作用」とその利用の生徒のまとめ

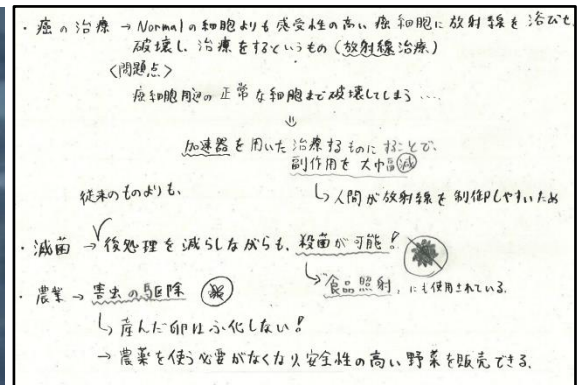


△放射線による健康への影響（放射線副読本）

をデータで配布し、放射線の性質とその利用例



△放射線の生物影響（Rの正体より）



△「生物影響」とその利用の生徒のまとめ

4 結果と考察

授業を受けた生徒の感想（一部）は、以下の通りである。

- ☑なかなか放射線の授業をやることがないため面白かった。だけれど難しかった。
- ☑少し難しくてわからないところが多かった。特に、放射線が物質の性質を変えるという実験です。
- ☑難しい言葉がいっぱいあってなんで白い飛跡が出るのかがよくわからなかった。
- ☑実験の方法についてもっとわかりやすい方法があるといいな～と思った。また放射線の性質が今までの電流とどんな関係があるのか詳しく知りたいと思った。
- ☑Webカメラの実験がよく理解できなかった。でも、放射線について教科書を読むだけでなく、目で確かめたことで理解しやすかった。

- ☑言葉が少し難しかったのがあったけれど、実験をしてみると納得した。教科書ではやらないことだったから面白かった。
- ☑放射線といえば「怖い」とか「亡くなる」などのイメージしかなかったけれど、今回の授業を受けて放射線には命に関わる性質だけでなく、産業や医療に活かせる性質があると知って驚いた。実験②の説明が、文だけを読んだときはわからなかったけれど先生の説明を受けてすんなり理解できた。
- ☑事前に実験方法などについて学びを深めることで、実験で実際に得られる成果が多いと感じた。
- ☑実験で実際に見える（自分たちで実験ができる？）状態だったらよりわかりやすかったと思う。
- ☑性質を確かめる実験の中で分からない言葉があったので少し実験内容を理解するのが難しかったけれど、実際に実験をしてみるとざっくり意味がわかりました。だから、少しわかりやすい実験内容にしていきたいところもありますが、このままでも分かったのでこのままでも良いかなと思います。また、実際に実験を行い、放射線が通っていること、透過性などがよくわかりました。楽しかったし、面白かったです！

授業時の生徒の様子やこれらの感想を受け、次のように分析した。(○：成果、●：課題)

- 実際に実験をしてみると、放射線の性質を理解させやすかった。特に、透過性の検証における霧箱は、有用性が高いことが分かった。
 - 放射線の性質を学習した後に、放射線の利用を学習させることで、生徒のまとめなどから性質と利用をリンクさせることができたと考える。
 - Web カメラの実験では、専門用語やカタカナが多く、理解させるのが難しかった。
 - 電離という言葉が中学3年生で学習するために一切用いなかった。しかし、電離作用を理解するには、放射線がぶつかって、電子をとばすようなイメージをつかませないとならないため、中学3年生の「化学変化とイオン」の単元で電離を学んでからのほうがよいだろうと感じた。
- 以上の成果と課題を踏まえ、今後は次のことを検討したい。
- ・ 中学2年生では、透過性の実験だけを扱うのがよいのではないかと感じた。仮説（実験仮説）を立てるときもイメージがしやすいため、霧箱の役割も理解しやすいと考える。
 - ・ 中学3年生で電離の学習をした生徒に対し、電離作用を確認する Web カメラの実験を行い、理解度の違いを調査したい。

【参考文献】

- 多田将「放射線について考えよう。」、明幸堂、2018.
- 遠西昭寿・福田恒康・佐野嘉昭「テキスト解釈としての科学理解と科学知識習得のための方法論的提案」、日本理科教育学会第64回東海支部大会研究発表予稿集、2018.
- 日本保健物理学会「教育現場における低エネルギーX線を対象とした放射線安全管理に関する専門研究会」が作成した『クルックス管安全運用ガイドライン』、2019.
- 奈良大「クルックス管と放射線」、公益財団法人日本科学技術振興財団2020年度放射線授業事例コンテスト、2021.
- 奈良大「中学校理科における放射線利用を学ぶための授業デザイン」、公益財団法人日本科学技術振興財団2021年度放射線授業事例コンテスト、2022.
- 奈良大「中学3年間における放射線教育」、日本エネルギー環境教育学会第16回全国大会論文集、2022.
- 奈良大「中学2年生における放射線教育の授業事例」、2022年度NUMO全国研修会、2023.