

## 小学校理科の主体的学びによる理解方法としての擬人化体感学習

吉川 直志・磯村 梨奈\*・尾崎 真帆\*\*・沖 柚希\*\*\*・向井 風夏\*\*\*\*

### The Physical Feeling Study by the Personification as Active Learning in Elementary School Science

Tadashi YOSHIKAWA, Rina ISOMURA, Maho OZAKI, Yuzuki OKI, Fuka MUKAI

#### 要 旨

学校では主体的な学びに向けた授業改善が求められている。理科においてもその必要性が示されている。そこで、この論文では擬人化体感学習を用いた主体的な学習方法を提案する。理科に対する苦手意識を感じている「電気」と「水溶液」の単元の内容について、大学生が、自らが電気や粒子となって現象を表す活動によって、話し合いながら主体的に学ぶ実践を行い、その方法の有用性を確認した。大学生へのアンケート調査より、苦手意識の元となっている単元の実験・現象として「電池2個の直列・並列つなぎの違い」「太さの違う電熱線の発熱量の違い」「手回し発電機とコンデンサー」「水溶液の性質」「金属を溶かす水溶液」について、擬人化体感学習を行い、学生の主体的な学びを確認するとともに、その利用方法の基礎を構築し提案する。

#### はじめに

新学習指導要領（平成29年公示）<sup>(1)(2)</sup>において、「主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善」が明確に示されている。理科の目標においても、「問題を科学的に解決するために必要な資質・能力を育成することを目指す。」とあり、また、「主体的に問題解決しようとする態度を養う。」とある。その背景には、国際数学・理科教育同行調査（TIMSS2015）<sup>(3)</sup>において、日本の中学校生徒の理科が「役に立つ」、「楽しい」という回答が国際平均よりかなり低く、理科好きが少ないという状況が現れている。中央教育審議会答申においても、主体的な探求活動により課題解決させ、課題発見の経験を通じて理科の面白さや有用性を意識させたいとなっている。TIMSS2015の調査では、小学校では「理科が楽しい」と回答している児童は90%に達しているのに対し、中学校の生徒は66%に留まり、国際平均の81%からかなり低い状況になっている。調査毎に改善傾向にはあるものの、中学校で、「楽しい」の減少、「理科が苦手だ」の増加が見られた。これは、中学校で理科の苦手を減らすというだけでなく、小学校で苦手の芽を減らすように、子どもたちに科学的な見方・考え方の面白さや有用性を感じさせ

\* 江南市立門弟山小学校、\*\* 浜松市立内野小学校、\*\*\* 相模原市立星が丘小学校、\*\*\*\* 名古屋市立相原小学校

られる授業作りが必要になっているということである。

そこで、この研究では主体的・対話的な深い学び、アクティブ・ラーニングによる授業作りとして、擬人化体感学習の利用方法を検討した。擬人化体感学習では、理科で学ぶ様々な自然現象の根本である目に見えない小さな物や「粒子」の動きを自分たちが演じてみんなで現象を模擬再現することで、見えない小さな粒子の世界をイメージし理解につなげるという学習方法である。この方法では自分たちが目に見えない現象の理由を考え、話し合っって役割の動きを行うことで、みんなの動きから全体の現象の動きにつなげてみるという活動になる。この一連の学習の中での活動が、アクティブ・ラーニングとして利用できると考える。しかし、これまでの研究の擬人化体感学習の方法をそのまま小学校で用いることはまだ難しい。そこで、小学校の教員を目指す名古屋女子大学児童教育学科の学生で実践し、小学校の理科の学習につなげる擬人化体感学習による主体的な学びとしての現象理解の方法の検討を行うことにした。

この論文では、進学に従って理科嫌いが増える傾向があることから、その苦手意識につながる小学校の理科の単元の意識調査を名古屋女子大学の学生へのアンケートにより行い、その結果を踏まえ、小学校の段階で苦手意識を軽減するために必要な科学的見方・考え方を養うポイントを提示する。そこで、現象を自分たちで理解できるようになる方法として擬人化体感学習を大学生で実践し、その効果について考察することで、小学校での主体的学びによる現象理解の方法としての利用に向けて提案を行う。

### 理科の苦手意識につながる小学校理科の単元アンケート調査

理科の苦手意識は進学ごとに大きくなるようである。小学校教員を目指す学生であっても理科に苦手意識を持っている。その原因となっている内容はどこにあるのだろうか。そこで、名古屋女子大学の学生202人（文学部・家政学部を対象）へ平成28年4月に、理科の苦手意識調査アンケートを行った。まず、大学生が現在、苦手意識をもつ分野を聞き、そのそれぞれの苦手が小学校の理科の単元のどこからの影響なのかを聞くことで、苦手の本質になる内容を確認した。図1のように、大学生の苦手意識のある分野は物理が突出しており、ついで、化学となっていた。女子大学でのアンケートということもあるが、小学校の教員の6割（平成29年度文部科学省 学校基本調査）であるという現状からも、物理、化学の苦手意識は小学生に影響が少なからずあると考えられる。そこで、各分野に苦手意識があると答えた学生に、その分野で小学校のどの単元に苦手を感じているかを複数回答可で聞いた。図2に示す通り、物理では「電気回路」と「電磁石」の単元が多く、電気の単元への苦手意識が顕著であり、その苦手がその後まで影響していると考えられる。化学に苦手意識がある学生では、半数以上が「塩酸と水酸化ナトリウム」が苦手であると答え、「酸とアルカリ」と合わ

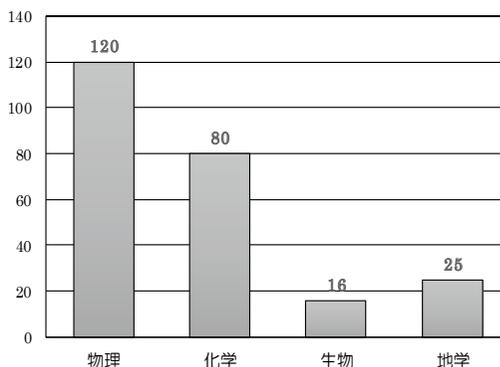


図1：理科苦手意識アンケート  
現在、苦手と感じている理科の分野  
(平成28年4月実施 複数回答可 対象 学生 202人)

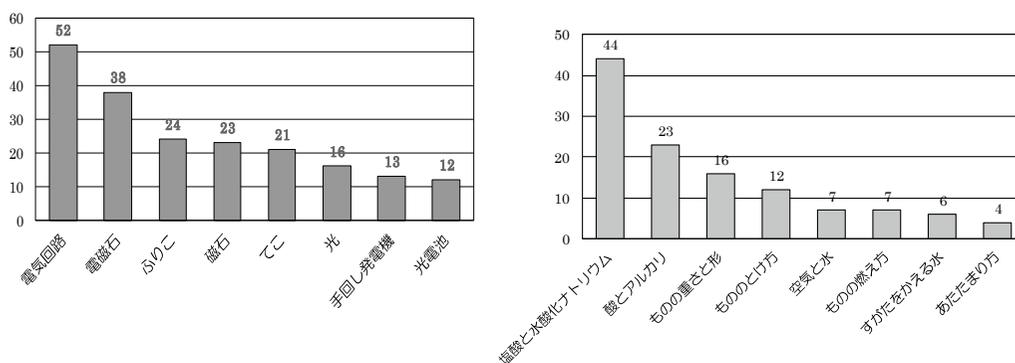


図2：各分野の苦手意識のある学生（図1参照）の小学校理科で苦手を感じる単元  
 左：物理分野の苦手を感じる単元、右：化学分野の苦手を感じる単元  
 （平成28年4月実施 複数回答可 対象 学生 202人）

せると水溶液の単元に苦手意識があることが分かる。「電気」や「水溶液」の単元のどこに苦手意識の元があるのだろうか。電気の単元では電気回路を流れる電流について学ぶが、流れている様子を見ることは出来ず、測定による数値でのみ理解するようになっている。何がどのように流れて豆電球を光らせたり、モーターを回したりしているのか実感が持てないというのが大きな原因ではないかと考えている。アンケートで書かれていた苦手とを感じる理由には、「電気の流れが理解できなかった。」「直列・並列の違いが分からなかった。」「実験と教科書の知識がうまく結びつかなかった。」などが挙げられていることから、電気の流れが目に見えて電気がイメージできることが必要と考えられる。また、化学分野の「水溶液」では様々な現象を学ぶが、その根本の理由が明らかではなく、溶けた物質が見えなくなってしまったにも関わらず水溶液としての性質が現れることで、実感が持てなくなると考えられる。アンケートでは、苦手の理由として、「見えないから実際に何が起きているのか分からない。」という意見があり、水の中の小さな粒子の世界が目に見えて、現象をイメージできる働きかけが必要になっていると考えられる。

そこで、電気関係の単元と水溶液の性質の単元で実感を持って、みんなで考えて児童・生徒・学生が「主体的に」学ぶ方法として、擬人化体感学習の方法を提案する。その第一歩として、それぞれの単元に苦手意識を持つ学生が主体となって見えない電気の流れや見えない水溶液の中を自分たちで演じて理解することを実践した。

### 主体的な学びの方法として擬人化体感学習の利用

これまで名古屋女子大学では、見えない小さな世界での出来事を理解する学習方法として擬人化体感学習を提案してきた。波を伝える物の擬人化（吉川, 2013）<sup>(4)</sup> や水の三態変化（森石, 2012）<sup>(5)</sup> ,（吉川, 香川, 森石, 山本, 2014）<sup>(6)</sup> を水の「粒子」となって表現する方法、水の三態変化を基にして雲や雨を表現（吉川, 石川, 加藤, 竹村, 2015）<sup>(7)</sup> すること、さらに電気回路の抵抗の直列と並列つなぎの理解とものの燃え方の理解（吉川, 大西, 河合）<sup>(8)</sup> について紹介してきた。これらの研究を踏まえて、電気と水溶液の単元の現象を正しく理解出来ない学生が、自分たちで主体的に擬人化体感学習の方法を基にそれらの現象を理解していくこと

を実践することにした。

## 1. 擬人化体感学習の実践方法

アンケート結果から得られた、小学校の理科の苦手を感じる単元の主な現象について、学生主体で、現象を自分たちで演じて実践してもらう。電気回路では、小学校第4学年で学ぶ、電池の直列つなぎと並列つなぎの違いの理解、第6学年で学ぶ太い電熱線と細い電熱線での発熱量の違い、そして手回し発電機とコンデンサーを用いた蓄電の実験につて実践する。大学生であっても電池の直列と並列つなぎの違いの理解は弱く、また、電熱線は、理解が難しい内容となっている。手回し発電機は、電気を作る機械としてブラックボックスであることから、中では何が起きているかの理解が必要と考えられる。化学分野では、小学校第6学年で学ぶ金属を溶かす水溶液について、その現象を理解することと、第5、6学年で学ぶものが溶けた水溶液の現象を目に見えない小さな粒子の視点からの理解を進める実践とする。

この実践では学生が主体となり、現象をみんなで表すために、試行錯誤を行い、みんなで話し合いながら、また、実践の映像を動画で記録しそれを見ながらの検討会によって、現象をみんなで理解できるようにする。その手順は次の通りである。

- (1) **苦手単元の実験・観察の研究**：実際に実験を行い、自分のイメージと比較することで、何が起きているのかのイメージ作りを行う。
- (2) **小さな世界の現象のイメージ化**：参加する学生で、現象を図や絵を用いて小さな目に見えない動きのイメージを共有する。
- (3) **1回目の実践**：イメージを基に、自分たちがそれぞれの粒子などの役割を演じて、現象をやってみる。ビデオで映像を記録する。
- (4) **実践による検討会**：1回目の実践の動画や実際に参加した学生間で意見交換し、実際の実験と比較しながら中で何が起きているのかと、自分たちのイメージの差を議論し、2回目の実践に向けて改善案を話し合う。
- (5) **2回目の実践**：検討したことを踏まえて、再度、粒子を演じてみんなで動き、現象を表す実践を行う。動画を記録し、自分たちの小さな世界の動きのイメージとする。
- (6) **自分たちの現象理解の確認**：記録した映像を確認し、実際の実験との比較検討を行い、自分たちの理解を確認する。

## 2. 検討と実践

平成28年9月19日、20日の二日間、参加学生18名で第1回目の実践を行った。実践場所は、上からの撮影が可能な名古屋女子大学南8号館3階ロビーとした。検討と表現方法の検討を重ね、平成28年10月12日と19日の二週に分けて二日間で2回目の実践を行い動画に記録した。その後、日本理科教育学会での発表に向けて内容の検討を行い、実際の実験との比較検討を行うことで自らの理解度の確認を行った。

### 擬人化による実践

#### 1. 電気回路の理解

- (1) 小学校第4学年で電池2個の直列つなぎと並列つなぎの違いを学ぶ。電池が2個で同じ

にも関わらず、豆電球の明るさやモーターの回転速度に違いが現れる。電気の流れの違いは電流計で測定するが、実際の電流を目で見ることができないために、違いの実感が持てない。そこで、実践に向けて、主体的な学びの活動として、実際の電気回路実験から電気の流れ方のイメージ図を作成し、それを元に自分たちで回路の中を電気として流れと比較することで、目に見える電流となって実感できるようにしていく（図3）。ここで、イメージとみんなでの実践

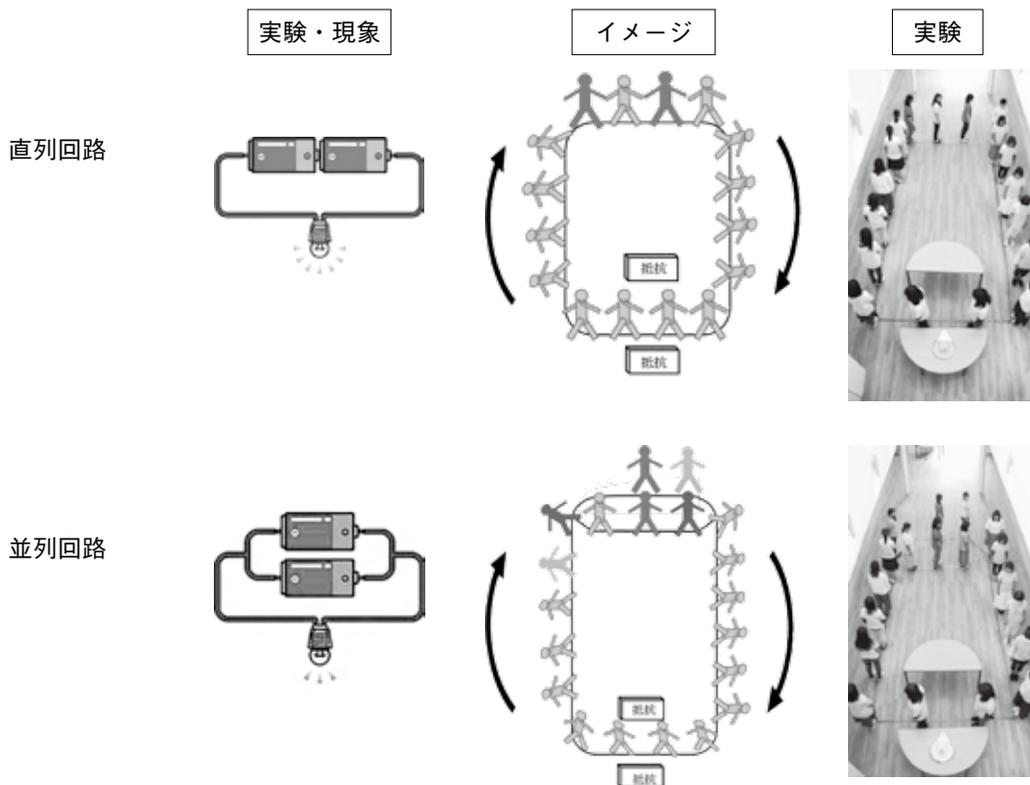


図3：電池2個の直列と並列つなぎの違いの実践による理解  
実験・現象 → イメージ図 → 実践

を繰り返して、実際の現象の理解につながるように改良して進めていくようにみんなで対話し、より実験に近い表現方法にしていく活動とした。何度かの議論の後、直列つなぎと並列つなぎの違いが電流の違いとして現れる表現方法に至り、電池から回路へと電気を送り出すタイミングとして表すことになった。このタイミングが回路を一緒に回る輪の回る速度として表れ、電流の大きさの違いとなる。直列つなぎでは、二つの電池で一緒に押すことから、輪が1秒に2歩回ることにする。並



図4：電池2個の直列と並列つなぎの実践  
左 直列、右 並列 回り方の速さの違いが実感できる。動画としても違いが分る。

列つなぎでは電池が二つで押し出すのだが、合流点では一人ひとり順番に入っていくことから、回路としては1秒に1歩ずつ回ることになり、直列つなぎと比べると回る速さが半分となる。実際に自分たちで輪となって回ることによって速さの違いが実感できた。図4のように、動画では両方を同時に見ることで輪の回る速さが電流の大きさとなってつなぎ方の違いとして表れていることが理解できるようになった。

(2) 小学校第6学年で学ぶ「電気の利用」で電熱線の太さと発熱量の違いを比較する実験を行う。太い電熱線の方が発熱するのだが、その理由は良く分からないということが起こっている。太さの違いと電気の流れの関係が見えないために実感できないと言うことである。そこで実験事実からイメージを作り実践して検討をする手順で、現象の理解を進める(図5)。太い電熱線を、通り道を広くしたゲートとし、細い電熱線を狭いゲートで表した。狭いところを通るとき回る速度が落ちる。そのため回る輪の速さに違いが生じる。実際に自分たちがゲートを通過して回ることによって速さの違いとしての電流の大きさの違いを実感する。実践中だけでなく、図6のように記録した動画を並べて再生することで輪の回る速さの違いを実感できた。擬人化表現により、電気の流れが実感でき、電気の回り方の違いから発熱量の違いの理解が可能となる。

(3) 小学校第6学年で、手回し発電機とコンデンサーが登場する。電気をつくるものと電気を溜める装置ではあるが、ブラックボックスであるために、何が起きているのかの理解が難しくなっている。そこで、装置を単純化したイメージを基に、電気の擬人化表現での理解を試みた。図7のように、手回し発電機で豆電球を光らすこと、手回し発電機でコンデンサーに蓄電、溜めた電気で豆電球を光らすという実験において、電気はどのように動いているのかを単純化する。図8のように、イメージ図(左)、

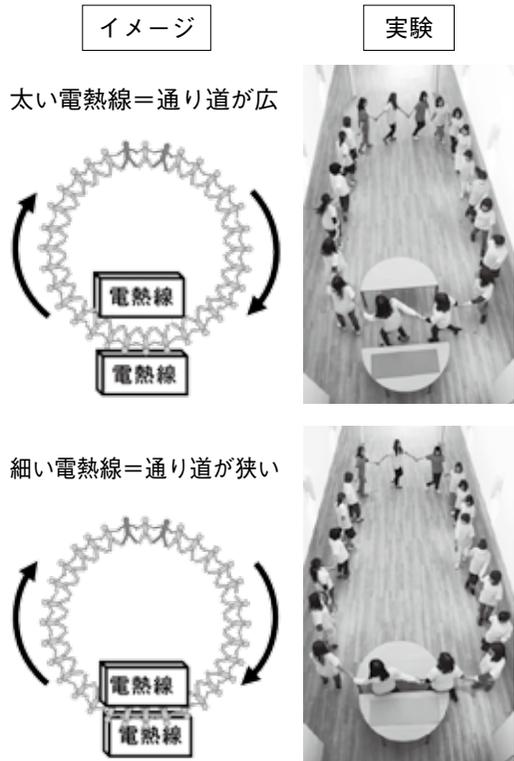


図5：太い電熱線と細い電熱線の違いの実践

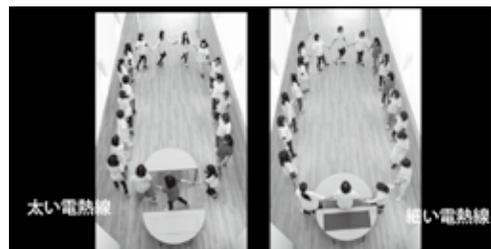


図6：電流の大きさの動画による違い

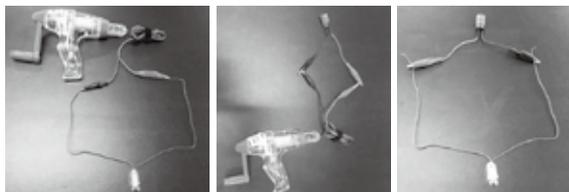


図7：左：手回し発電機で豆電球を点灯、中：手回し発電機でコンデンサーに蓄電、右：コンデンサーに溜めた電気で豆電球を光らす。

実践の様子（右）として行った。手回し発電機は単純化して人がハンドルを回すと一方向に電気をおして回路の中に流れを作る（上図）。発電機を回す人の回す速さで回路を流れる電流が大きくなったり小さくなったりすることを実感できる。コンデンサーは黒い小さな装置で中が見えない。中には電極が向かい合って配置してあることを中図のように表した。手回し発電機で電気を送ることで、コンデンサーの中に一方にだけ電気が偏ることが起こる。この入量がいっぱいになるともう送りこめなくなり、充電完了となる。人間の輪も片方に送り込まれてもう入らなくなると輪が回らなくなる。そこで溜めたコンデンサーを豆電球につなぐと、偏った電気が元に戻って行く時、電気の流れとなって豆電球を点灯させる（下図）。実践においてもコンデンサーの偏った電気が戻ってしまうと電気の流れがなくなることが分かる。この擬人化による表現方法によって、見えない装置の中で何が起きているのかを自分たちで体感でき、理解につなげることができた。

電気を自分たちで演じることで、見えない電気であっても実感でき、動きのイメージを作ることができるようになる。電気回路で分からない装置があってもその中で電気の動きがイメージできれば想像して動きを考えられるようになるだろう。

## 2. 水溶液の性質の理解

(1) 小学校第5学年でものの溶け方を学ぶ。ものを水に入れると、溶けて見えなくなって、水溶液となる。見えなくなることでものの存在が分からなくなる。ここを理解しておかないと、水溶液の性質の理解でつまづくことになる。そこで、これまで同様に、実験・現象を元に、イメージ図を作り、そのイメージを基にみんなが水と溶かされるものになって水溶液を演じて理解を進めることを考えていく。図9の上図のイメージ図のようにものの固まり（固体）を水に入れると、水にはがされて少しずつ溶けていき、ばらばらに分かれて水の中を動き回る。実際

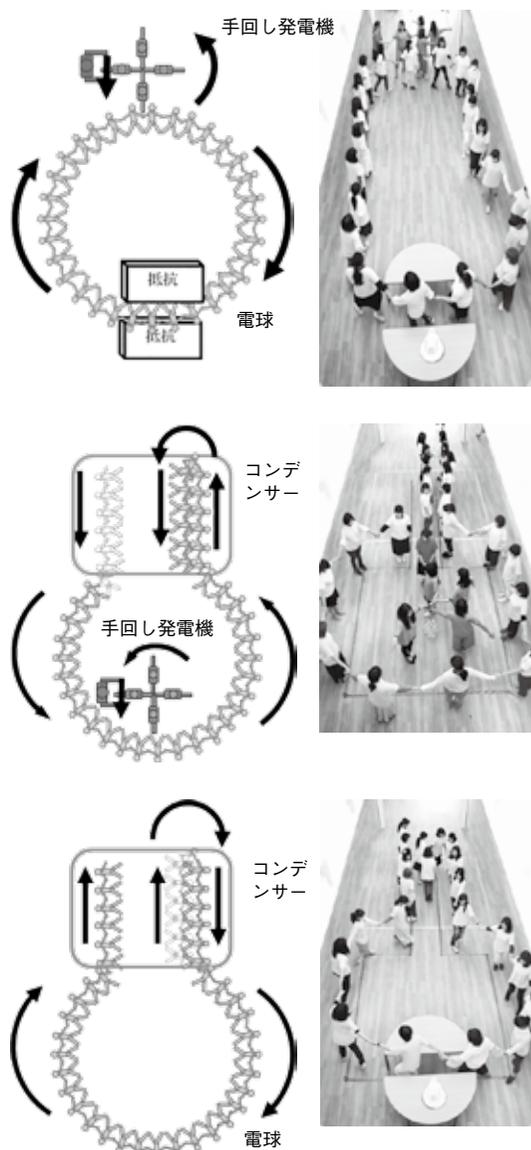


図8：手回し発電機とコンデンサーの実験のイメージ図と実践の様子。

にやってみることで溶けることが実感できるだろう。

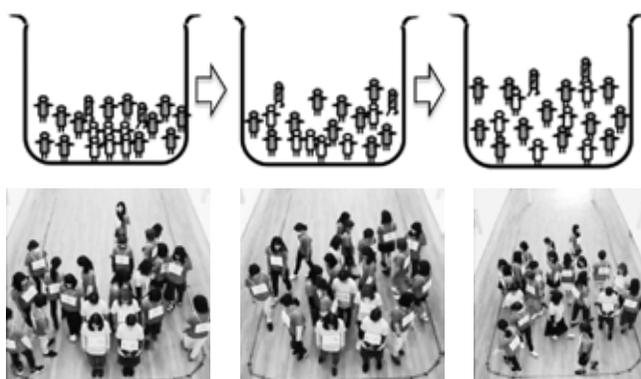


図9：もののとけ方のイメージと擬人化実践の様子。  
溶質（黄）、水（青） 右図で溶けて水溶液となる。

(2) 溶けたものを取り出すことろ過の違いは、溶けているものが見えないため理解が難しい。溶けたものを取り出す方法として、水溶液を冷やす方法と、水を蒸発させて水の量を減らすという二種類の方法を学ぶ。また、出てきたものを水溶液から取り出すためにろ過を行う。これらの一連の実験についてもイメージ化し実践してみた(図10)。ろ過は、冷やしたり、水を減らしたりしたときに固体(粉)として出てきたものを取り除いている。つまり、下に溶けたものも一緒に落ちている。目に見える状態と、目に見えない状態の違いは集まってつながっているか、個々にバラバラになっているかの違いであることを実践を通して知る。特にろ過で

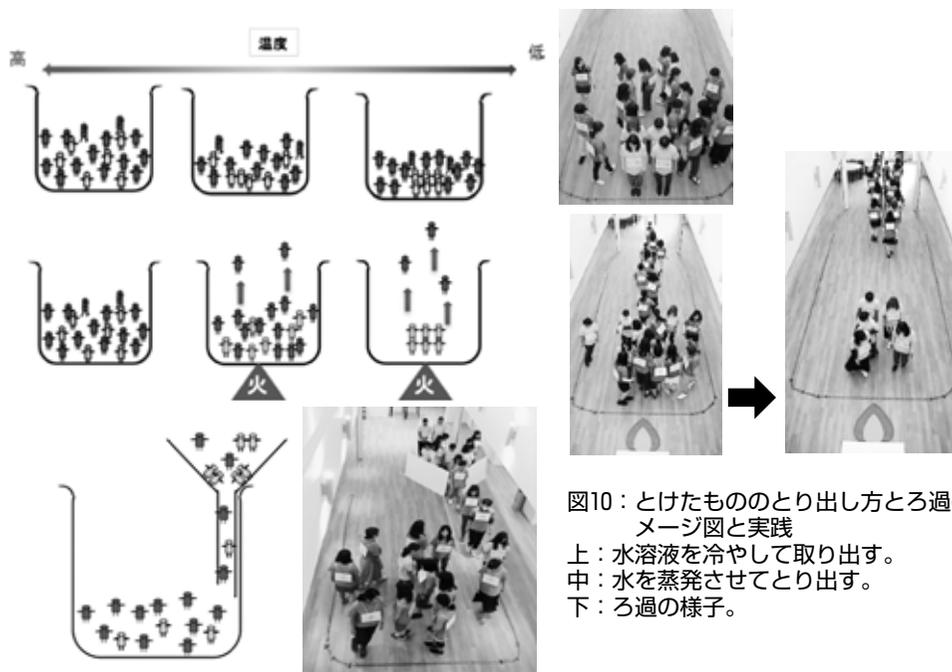


図10：とけたものとり出し方とろ過のイメージ図と実践  
上：水溶液を冷やして取り出す。  
中：水を蒸発させてとり出す。  
下：ろ過の様子。

ろ紙に引っかかるのは集まった大きな塊であることを実感するだろう。また、動画として記録することで、冷やしたり、温めたり、またろ過する過程での時間経過で考えることができ、現象の比較からイメージを改善していく時に役立たせることができた。

(3) 小学校第6学年で、水溶液の性質を学ぶ。特に金属を溶かす水溶液は、アンケートでは苦手意識を感じる単元となっている。塩酸に鉄やアルミニウムを入れてその反応を見る実験となるが、その反応は分るが、水溶液の中で何が起きているのかを考えることができない。そこで、塩酸と鉄になってその反応をイメージし、実践してみた。但し、塩酸を表現することは小学生には難しいが、大学生の中での理解方法として今回は行った。塩酸の水素イオンと塩化物イオンでTシャツの色を変え、ここに鉄の塊を入れるということを考える。実際の実験から、あわを出して溶けている様子を再現するために、自分たちで何度も話し合いながら表現方法を検討した。

図11では、上にイメージ図、下に擬人体表現の様子を示した。番号はそれぞれ対応し、①は塩酸の水溶液。②は鉄の投入。③塩酸の中での鉄。④⑤鉄が溶かされ、あわが出ている様子。⑥は水溶液に鉄が溶けた様子となっている。塩酸が鉄を溶かすイメージを持つことは難しいが、鉄原子を引きはがして連れていき、その代わりに泡となって外に出て行くということを考えて実践した。溶かされた鉄は水溶液の中に塩素と一緒に存在し、別物になって留まっているところまで表現している。見えない水溶液の中で何が起きているのかをイメージしやすくすると同時に、現象の理解にもつなげられると言う可能性を感じる事ができた。自分が、目に見え動きが実感できる粒子となることで、理解が難しい水溶液も考えやすくなるのではないかと考えている。

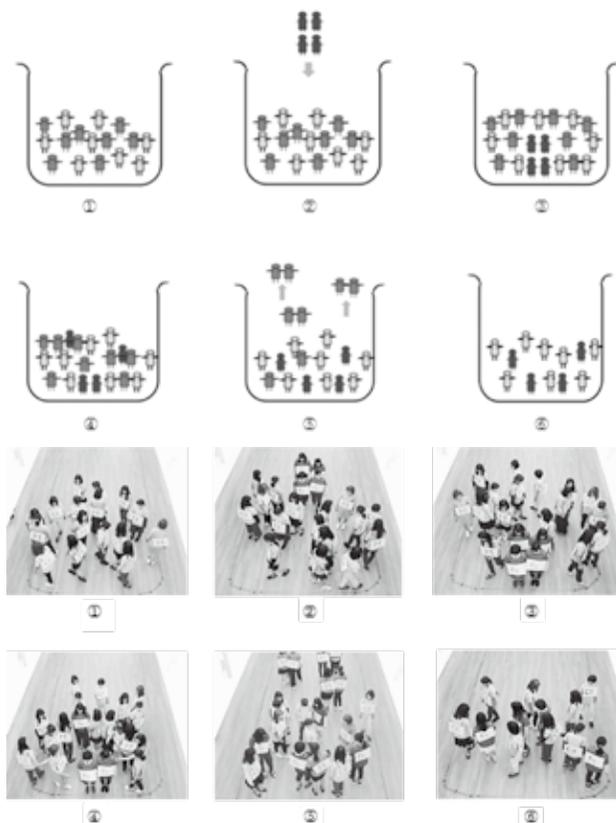


図11：金属を溶かす水溶液（塩酸に鉄を入れる。）  
上 現象のイメージ図 下 擬人体による現象の表現

### 擬人体感学習による主体的な学び

この研究では、学生が主体的に目に見えない現象を理解するために擬人体感学習の方法を

用いて議論し、試行錯誤し、話し合いで改善しながらより現象を表す表現を考えていくという学習の方法案の実践(図12)を大学生で行った。検討している中で学生の理解が深まり、さらに映像を見る人が分かりやすいように工夫することまで自発的に行うに至った。苦手意識のある理科の内容について、その現象を自分たちで表すという課題の元、比較と検討を話し合いながら繰り返すこと、また、全体の動きとしてのみんなでの調整を行うことなど、この擬人化体感学習による方法が主体的学び(アクティブ・ラーニング)の方法としてしっかりと機能することがわかった。また、映像化するということ、および、映像を見て客観的に考えるということとを組み合わせることで理解における効果が上がることもわかった。電気関係の単元は名古屋女子大学の学生にとって最も苦手とする内容となっている。その大きな理由は導線の中を流れる電流が見えないために想像し難いと言うところにある。電流の流れ方の理解ですらあいまいなままでの学生も多い。自分が電気になったイメージをもつことで、自分で考え動き、電気の流れを自分の体感で考えられるようになる。また、水溶液についても、中で何が起きているのかのイメージが持てることで、小さな粒子の存在を考えることができる。見えない粒子の概念を持つことは難しいが、自分が粒子となって動き、現象を起こすイメージが持てるようになれば、概ね粒子イメージを持てるようになるのではと考える。このように、見えない小さな世界をイメージできることは、自分たちで考えて進めることにつながり、また思考実験も可能となることから、擬人化体感学習を用いた方法は、主体的に学んで行く一つの学習方法となり得る。

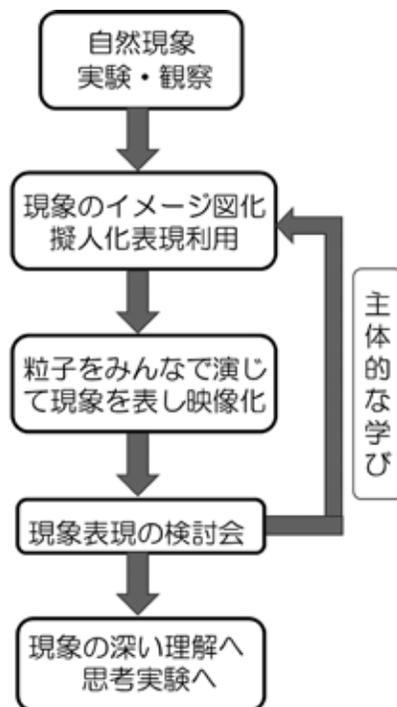


図12：擬人化体感学習による主体的な学びの流れ案

## 今後の展開

この論文では、まず、理科の苦手意識の始まりとなった小学校理科の単元の実験の理解を、擬人化体感学習を用いて、大学生が主体的に現象の表現を行うことで理解が進むのか確認した。教員を目指す学生に対しての主体的な学びの方法となるのが確認できた。理科を教えるための現象理解のために見えない物を教える準備としても有用となる。次の展開は、小中学校の現場での利用を視野に入れた学習方法の構築となる。今回の実践で、小中学生であっても、自分が見えない小さな粒子の役割となって動くことで、全体のうごきとして現れる活動は、体感によって実感につながれると期待している。電気回路の中の電気や水溶液に溶けている見えない物質の理解方法として有用であると考えている。さらに主体的な学びとして利用するためには、児童・生徒が見えない粒子の動きを考えられるように状況の簡略化や法則のルール設定を知っている知識と関係付けを行う必要がある。その上で、今回提案した電気と水溶液の擬人化表現

による主体的な学びの実践方法の手順（図12）はどの学年であっても有効に働くであろう。これから、小中学校でのこの学習方法の利用に向けて、準備と研究を続けて行く。イメージ化しやすいように例となる現象の擬人化による表現の映像をリストし、そこからスタートして自分たちで現象を考えていけるような形態として整えていきたいと考えている。

## 謝 辞

この研究では、理科教育（物理）研究室のゼミ生および多くの児童教育学専攻の学生の皆さんに擬人化体感学習の実践でご協力頂きました。心より感謝いたします。

## 参考文献

- (1) 小学校学習指導要領（平成29年3月公示） 文部科学省（2017）、中学校学習指導要領（平成29年3月公示） 文部科学省（2017）。
- (2) 小学校学習指導要領解説 理科編（平成29年6月） 文部科学省（2017）。
- (3) 国際数学・理科教育動向調査（TIMSS）の調査結果 文部科学省（2015）。
- (4) 吉川直志：理科教育における擬人化による体感学習の可能性，名古屋女子大学紀要 第59号，13-20(2013)。
- (5) 森石，石原，大町，香川，加藤，山本，吉川：小学校°理科における「粒子」を理解する擬人化体感学習の可能性，日本理科教育学会第58回東海支部大会研究発表予稿集 A01（2012）。
- (6) 吉川，香川，森石，山本：小学校理科における擬人化体感学習の利用の検討，名古屋女子大学紀要 第60号，1-10（2014）。
- (7) 吉川，石川，加藤，竹村：見えない粒子の世界をみんなで演じて理解する方法の提案，名古屋女子大学紀要 第61号，15-25（2015）。
- (8) 吉川，大西，河合：見えない粒子の世界の現象をみんなで演じて理解する擬人化体感学習の利用方法，名古屋女子大学紀要，第62号，15-24，（2016）。
- (9) 尾崎，沖，磯村，向井，吉川：主体的な学びに向けて擬人化体感学習の利用の検討～電気回路を流れる電気の理解方法～，日本理科教育学会第62回東海支部大会研究発表予稿集 B17(2016)。
- (10) 磯村，向井，尾崎，沖，吉川：主体的な学びに向けて擬人化体感学習の利用の検討～ものものける現象の理解方法～，日本理科教育学会第62回東海支部大会研究発表予稿集 B18（2016）。

