

## 小学校理科生物分野における擬人化を取り入れた教材の開発と評価 — 人工透析装置を通じた粒子概念の育成 —

林 優子                      本木 仁美                      寺田 光宏  
岐阜聖徳学園大学      彦根市立旭森小学校      岐阜聖徳学園大学教育学部  
教育実践科学研究センター研究部員

### Development and evaluation of teaching materials which adopted personification in elementary school science: Training of the particle concept through a hemodialysis machine

Yuko HAYASHI, Hitomi MOTOKI, Mitsuhiro TERADA

キーワード：擬人化   アナロジー   粒子概念   腎臓   人工透析

#### I. はじめに

##### 1. 問題の所在

小学校学習指導要領解説理科編改善の基本方針において、「科学的な概念の理解など基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図る観点から、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」などの科学の基本的な見方や概念を柱として、子どもたちの発達の段階を踏まえ、小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図る方向で改善する（文部科学省，2008）<sup>1)</sup>。」とあり、理科教育の柱のひとつに「粒子」が挙げられている。小学校理科においても粒子概念の育成を目指す理科の内容の構造化を図ることが重要であるが、児童の実態として目に見えるものに対する概念をもてない児童も多く、実際には正しい粒子概念を教えることは難しい。

金田（2012）<sup>2)</sup>は、「視覚的に捉えやすいものを活用することで、身の回りや自然界で起こる様々な現象を、実感を伴って理解しやすくなる」と、明らかにしている。視覚的に捉えやすいものにする方法のひとつに擬人化があり、鈴木・河原（1998）<sup>3)</sup>によれば、「アナロジーの中でも擬人化は、人に関する知識をベースとして利用する、子どもの心的能力のうちで最も強力なアナロジーの道具である」と述べている。また、内ノ倉（2010）<sup>4)</sup>は、科学的な概念の形成と関わりという観点から子どもによるアナロジーの生成とその内容、活用方法の特質を探り、そこには多種多様な擬人化がみられることを示した。そして、子どもが自分自身を対象として、アナロジーを伴った説明を考えているとき、科学的な知識が精緻化されるなどの概念的な理解が深まることを明らかにしている。

理科において擬人化の例としては、吉川ら（2014）<sup>5)</sup>が「粒子」の存在を理解させる手法の一つとして「空気と水の性質」を対象に、擬人化を用いた再現方法を紹介しており、擬人化の手法を用いることでさらなる自然現象の理解へと進めることが期待できることや、自分でコントロールできる物理の世界において、その現象の本質をとらえることが可能となるとしている。他の例には、小学生対象の「親子理科実験教室 - 磁性の学習」において、子ども達に小さな磁石の図を持たせて「まめ磁石」になる活動を行っている（板東ら、2010）<sup>6)</sup>。

このように、体験活動を行う擬人化の可能性や有効性が先行研究により示唆されている。そして、先行研究のうちの多くは物理分野・化学分野に擬人化の実践がみられた。先行研究において、擬人化を取り入れ研究される単元の共通点は「粒子」であり、人が「粒子」となり動き、視覚的に捉えることが多くみられた。

ただ、実践の対象は大学生を対象にした実践や親子教室などが多く、最も擬人化を利用した指導が有効と考えられる小学校教育現場で実践された例は少ない。そのため、児童に擬人化を取り入れた授業がどのように映り、有効に機能するものになるのかがまだ明らかにされていない。また、生物分野での実践もあまりなく、擬人化が有効であるかも明らかにされていない。

小・中学校理科、高等学校生物において腎臓が扱われている。小学校では、腎臓が余分な水分や不要なものを取り除き尿をつくるという機能を知る、中学校では腎臓の機能に加え透析の内容を発展として

扱い、高等学校では、さらに詳細な構造と機能と体内環境の維持について学ぶこととなる。

成瀬・寺田(2010)<sup>7)</sup>は、科学技術の有効利用を考え、理科学習の有用性を感じさせることを目的に、医療現場で腎臓病患者の血液透析治療に対して利用されている人工透析装置<sup>8)</sup>を中学理科授業に取り入れた実践報告をしている。そして、人工透析装置は原理的には中学校で学習している粒子概念の延長線上にあることを示した。

そこで、ろ過が可視化できる人工透析装置を教材化することで生物分野において粒子概念の育成が図れる可能性があるのではないかと考えた。また、「粒子の大きさのちがひ」に着目し、構造を擬人化することで小学校段階においても機能だけでなく腎臓がこし出す仕組みについて学び、肉眼では見えない粒子にも大きさがあり粒の種類によって大きさが異なるといった粒子概念の育成につながると考えた。

## 2. 研究の目的

小学校理科生物分野における擬人化を取り入れた教材開発を行い、小学校現場において実践することで粒子概念を育成し、擬人化を取り入れた授業の有効性と課題を情意面と認知面の調査問題から明らかにする。

## II. 実践研究の方法

### 1. 調査対象および実践日と実践者

実践1：本大学附属小学校第6学年(28名)

平成26年9月8日①人工透析装置ろ過(透析)実験

平成26年9月9日②擬人化を取り入れた活動

実践者 本木仁美

実践2：本大学附属小学校第6学年(31名)

平成29年5月23日

実践者 林優子

実践1の教材を改良し実践2を行った。本研究は実践2を中心に記す。

### 2. 実践評価方法

実践授業前後の調査問題と、授業内でのワークシートによる記述調査を行う。

## III. 実践内容の詳細

### 1. 実践1

(1) ろうとを用いた実験と人工透析装置を用いたろ過実験(45分)

牛乳とアセロラジュースをろ過し、中空糸から排出された物と中空糸に残った物を試飲した。

(2) 擬人化を取り入れた人工透析装置のしくみを知る活動(45分)

児童全員が血液とダイアライザー(図I)の中空糸役になり擬人化活動を行った。教室をダイアライザーに見立て、血液役の児童はふくらましたカラービニール袋を手に持ち、中空糸役の児童に間を通過してよいか確認しながら動いた。活動後はビデオ撮影したものを視聴した。

### 2. 実践2(45分)

実践1の擬人化を取り入れた活動においては、袋や名札作りを行ったり動きを予想して交流したりするなど十分に時間をとった。これにより実践1の結果から児童の意識は「聞くことよりも自分で行動する方が好き」「科学は私にとって身近なものである」など情意面の項目で肯定的な方向に変化した。だが、全90分の時間を要したことや、「粒の大きさ」に関する評価に有効性が認められたものの、誤概念をもつ児童もみられたため、擬人化活動の内容を簡素化し、より「粒の大きさ」に着目して考えられるよう教材の改良を試みた。(資料1)

(1) ろうとを用いたろ過と人工透析装置を用いたろ過(透析)の比較

ろ過実験において使用する原液は、牛乳を用いた。血液と同様、液体に色がある・固形物がない・大きさの異なる粒子が含まれるといった特徴があることから今回の実験に牛乳を用いた。

① ろうとを用いたろ過実験

ろ紙を用いて牛乳をろ過させた。ろ液は白く濁ったままであることを確認した。

② 人工透析装置を用いたろ過実験

図1を用いてダイアライザーは血液から不要物をこしとり原尿を作ることを説明した後、実験を行いろ過（透析）を可視化した。

(2) 擬人化を取り入れた活動  
ろ過のしくみを視覚化するための手段としてダイアライザーの働きと血液の成分の動きを擬人化し再現した。

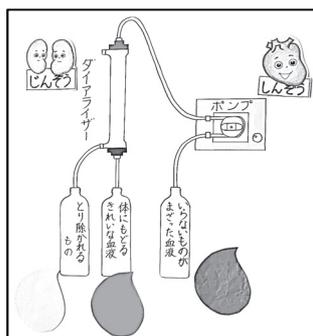


図1 ダイアライザーのしくみ



図2 擬人化の活動の様子

- ① 役割分担…赤血球・白血球役…各1名、水・いらぬもの役…各2名、ダイアライザー中空糸役…9～10名

擬人化する血液の成分については、6年の児童にも馴染みのある粒子に限定した。活動は、観察グループと体験グループの2つに分かれ、交代して実施し、観察も体験も行うよう配慮した。

- ② イメージ化…擬人化活動の絵を見せることで、児童におおまかな動きをイメージさせた。

- ③ 動作化…個々に役割をもち、ダイアライザーの中空糸の働きを再現した(図2)。55cm ボールを赤血球と白血球、20cm ボールを水といらぬものに見立て、大きさに差があるボールを用いることで、粒子の大きさによる違いに気付かせた。中空糸役は、2列で手をつなぎ一人が通れるように間をあけて並んだ。実験用人工透析装置を用いたろ過実験をもとに、赤血球・白血球の役割の児童には、中空糸に見立てたトンネルをまっすぐ進み、水・いらぬものの役の児童にはトンネルの隙間から外に出ることを確認した。

じん臓はどのようにしていらぬものをとり除いているのだろうか

ダイアライザーのはたらきを体験してみよう!

①2グループに分かれ、体験チームと見学チームに分かれて行った後、交代する。

- 体験チーム・・・それぞれの席に分かれて体験しよう。
  - ・ダイアライザーの中にある中空糸の役・・・10名
  - ・赤血球の役・・・1名
  - ・白血球の役・・・1名
  - ・水の役・・・2名
  - ・いらぬもの・・・2名
- 見学チーム・・・体験チームの動きを見て、どのようにいらぬものがとり除かれているか考えよう。

②活動して、わかったことを書いてみよう。

③じん臓はどのようにしていらぬものをとり除いているのか、まとめてみよう。

図3 ワークシート

(3) ワークシート記述

擬人化の活動を振り返り、わかったことを各自ワークシート(図3)に記入した後、他者との視点の違いに気づくために周りの友達と交流し考えを深めた。

小学校理科では、腎臓の機能の一つであるろ過機能を扱うため、本研究では、糸球体での「ろ過」に焦点をあてて授業を進めた。ただ、腎臓におけるろ液は原尿となる。そこで、児童の誤解を解消するために授業のまとめの段階でろ過された原尿は腎臓内で再吸収されることを説明し、授業後に発展内容を記したサブテキスト(資料2)を配布した。

表1 調査問題の構成とねらい

調査問題番号	ねらい	擬人化との関わり	解答方式	問題に関わる小学校理科の内容	記述時問題番号
1	(1) 人工透析装置による通されるものを問う。	○	複数選択問題	6年 人の体のつくりとはたらき(生物の構造と機能) 4年 空気と水の性質(粒子の存在)	6
	(2) 人工透析装置による通されないものを問う。	○	複数選択問題		
	(3) 人工透析装置による通は、血液中に含まれるもの大きさにより説明できることを問う。	○	図示問題		
2	(1) 腎臓の機能についての理解を問う。		穴埋め問題	6年 人の体のつくりとはたらき(生物の構造と機能)	5
	(2) 腎臓の構造を粒子の大きさを用いて説明できるかを問う。	○	理由の自由記述		
3	(1) 物質が粒子から構成されて保存されることを問う。		選択枝形式理由の自由記述	4年 空気と水の性質(粒子の存在)	1
	(2)		選択枝形式理由の自由記述		
4	(1) 食塩が溶解する時、粒子の保存性の理解を問う。		記述問題	5年 物の溶け方(粒子の保存性)	2
	(2) 食塩水中の粒子を粒子モデルで表現できることを問う。		図示		
5	ろ過は粒子の大きさの差を利用していることを問う。		図示 記述問題	4年 空気と水の性質(粒子の存在) 5年 物の溶け方(粒子の保存性)	3
6	(1) 共同的な活動に対する好感度について問う。	○	択一問題	4年 空気と水の性質(粒子の存在)	4
	(2) アナロジ的説明の頻度について問う。	○	択一問題		
	(3) 科学と自分との関わりについて問う。		択一問題		
	(4) 物質が粒子から構成されていることを問う。		択一問題		
	(5) 理科の授業内における理解度について問う。		択一問題		
	(6) 能動的な活動に対する好感度について問う。	○	択一問題		
	(7) 社会における科学の有用性について問う。		択一問題		

3. 調査問題による構成とねらい

実践授業前後に、調査問題を実施した(資料3)。調査問題は、大問題6問で構成し、解答方式は択一問題とともに、粒子概念や粒子のモデル化を確認するために記述式を取り入れた(表1)。問題順は、回答者に調査意図を気づかれないように配慮して作成した。認知面では、調査問題番号(以下「調査問題」とする)1の人工透析装置によるろ過のしくみ、

調査問題2の腎臓の機能と構造、そして粒子概念に関する問題で構成した。粒子概念は、こしだす仕組みを知るために必要なものとなる。そのため、粒子の基本となるもののうち、粒子の存在と粒子の保存性（調査問題3, 4）、粒子の大きさ（調査問題5）に関連した問題を加えた。また、人工透析装置を取り入れた擬人化活動により、認知面だけではなく、理科に関する情意の面に変容がみられると仮説を立て、4件法（4:すごくそう思う ～ 1:全くそう思わない）で調査した（調査問題6）。

#### IV. 考察・分析

##### 1. 調査問題1 人工透析装置によるろ過のしくみを問う問題

調査問題1(1)は、人工透析装置のろ過により血液から出ていく成分（水・いらぬもの）をたずねた。事前調査では正答者が9名であったのに対し、事後調査では31人全員となった（表2）。

また、調査問題1(3)のろ過のしくみを問う記述問題では、粒子の大きさに着目をして回答した児童は25名いた（図4）。

これらの結果より、擬人化を取り入れた活動が人工透析装置によるろ過のしくみの理解を促進したと考えられる。

表2 調査問題1(1)ろ過により血液から出ていく成分の結果 (N=31)

	事前調査	事後調査
正答(人)	9	31
いらぬもの・水		
誤答(人)	21	0
無回答(人)	1	0
正答者の割合(%)	0.3	100

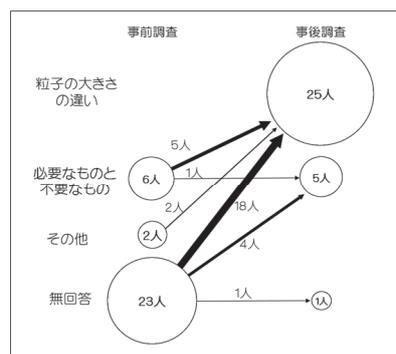


図4 調査問題1(3)人工透析装置によるろ過粒子概念の変化 (N=31)

##### 2. 調査問題2 腎臓の機能と構造についての理解を問う問題

腎臓の構造を問う調査問題2(2)においては、図5のように事前調査で記入した児童は6名のみであった。回答した6名のうち5名は「大腸・小腸でいらぬものを取り除いている」など他の体の部位の既習学習と混同しており、残り1名の回答者は「必要なものと不要なものにわけている。」と腎臓の働きを理解しているものの、粒子の大きさには着目していなかった。事後調査では、腎臓の働きについて30名が理解しており、うち18名の児童が粒子の大きさに着目した。記述例としては「血液はつぶの大きさによって分かれ、いらぬ物はつぶが小さいため取り除かれる。」「いらなくなった物が通れるだけの大きさの穴がたくさんあり、そこから不要物が出る。赤血球などは大きいつぶで穴を通れないため、血液にのこる。」があった。授業前では粒子の大きさを用いて回答することはなかったが、授業後には60%の児童が大きさを用いて回答した。また、事前調査では正答が1名であったのに対し、事後調査では30名が正答であった。擬人化活動により、腎臓のはたらきについて正しく理解することができた。

ただ、「いらぬものは穴を通れるけれど、いるものは穴を通れない。」など粒の大きさには触れず「必要なものと不要なもの」で分けられるという考えを記述した児童が27%いた。これらの児童の多くは、授業内での発言や記入したワークシートでは粒の大きさにより振り分けられることを述べていた。体に必要なものと不必要なもので分けられるという理由は間違っていないが、擬人化を取り入れた目的は粒子概念の育成であったため、粒子の大きさに正しい評価を行うためには、出題方法・問題文について見直す必要がある。

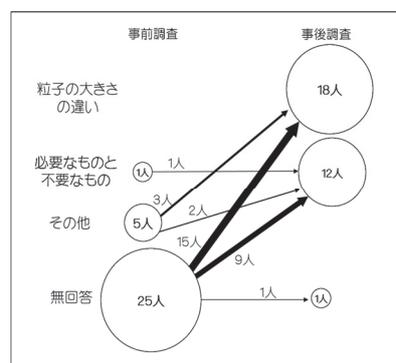


図5 調査問題2(2)腎臓のこし出す仕組みの理解の変化 (N=31)

##### 3. 調査問題3 物質が粒子から構成され保存されることを問う問題

砂糖を細かくしていくとどうなるか、調査問題3(2)の授業前後の回答の変化を図6に示した。事前調査では、15名が「小さな粒になる」と回答し、9名が「なくなる」「違うものになる」など誤概念を

もつ回答をし、7名は無回答であった。事後調査では31名中28名が粒子概念の基本となる「粒子の存在」を意識する児童が増えたことから、擬人化をとり入れた活動を通して粒子概念の基本となる「粒子の存在」について育成できることがわかった。

#### 4. 調査問題4 食塩水の粒子の保存性と粒子モデルを問う問題

調査問題4(2)では、食塩水の食塩の溶解について粒子モデルで表現できるかを、葉山ら(2006)<sup>9)</sup>の問題と評価基準を参考にして判断した。ビーカーの中の様子を描いた絵に粒子的表現があるかを重視し、「小さな『・○□△』で表現」または「文字を○で囲みモデル化」している回答は、粒子的表現があると判断した。一方、絵に粒子的表現があるが、粒の大きさが均一でない、無くなる、液体になる、下方高濃度など、誤概念保持が見られる児童については粒子的表現にまとめず基準外と判断した。

結果は、図7に示したように、塩や水を大きさの均一な粒として表現をした児童は実践前の12名から実践後25名と13名増加し、授業実践後は食塩水の粒子の保存性を表現した回答数が多くなった。この結果より、今回の実践が粒子の存在と保存性の理解を高めたと考えられる。

ただ、全体的には理解を高めたものの、誤概念保持者9名中4名が実践後も誤概念をもち続けている結果となった。また、調査問題文の「水に塩が溶けているときの様子」を「塩が溶ける様子」と捉え、5学年で学習した塩が水に溶けていく様子を図で表している児童も2名いた。活動後のワークシート記入での交流時に、自分と仲間との考えを比べさせ異なる視点に気づかせることで、液体の中の粒子の存在にさらに気づかせることができると考える。

#### 5. 調査問題5 ろ過は粒子の大きさの差を利用していることを問う問題

食塩水の食塩がろ紙でろ過できない理由を問う問題である。本研究の目的の一つである粒子概念の「粒子の大きさ」に着目し、考えを記述できるようになるかを目的としており、粒子概念に関する調査問題の中で一番難易度の高い問題になる。授業前後で大きさに着目した児童は、13名の増加があった(表3)。

だが、その一方で溶解の考えをもつ児童が8名みられた。2名減少したものの「水にとけている」との考えは、溶解を食塩自体が液体になることだと考えている可能性があり、溶解に関する誤概念を抱えていることも考えられる。

誤解答や無回答の児童が授業前には20名いたが、授業後には7名まで減少した。この結果より、今回の実践が粒子の存在と保存性の理解を高めたと考えられる。血液の成分を擬人化することで、粒として見えない液体にも粒が存在し、粒子概念の「粒の大きさ」を考慮することができたと推測される。

#### 6. 調査問題6 理科に関する情意の変容を問う問題

調査問題6では、項目ごとに1点から4点の得点を与え、情意面と擬人化活動時の児童の役割別によるクロス分析をおこなった。ダイアライザー中空糸役の児童は自分自身が中空糸の側面となり他の役割の動きを見る。いるもの・いないもの役の児童は血液中成分の粒子に例えたボールをもって行動する。これらの活動時の役割により、情意面が変化するのはないかと考えた。

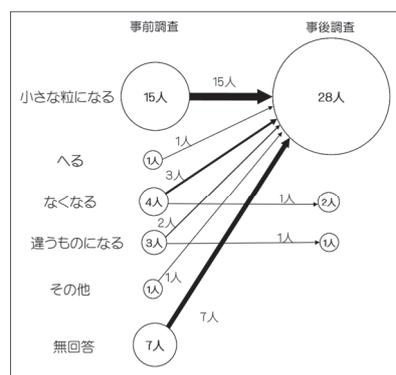


図6 調査問題3(2) 砂糖を細かく砕くとどうなるか 粒子概念の変化 (N=31)

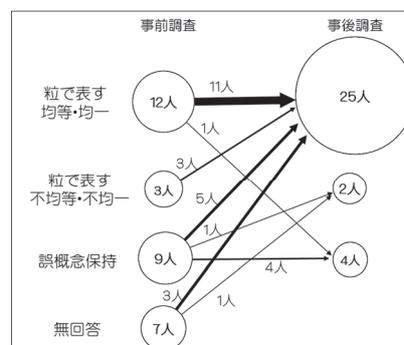


図7 調査問題4(2) 食塩水粒子モデルの表し方の変化 (N=31)

表3 調査問題5 食塩水のろ過によるろ過 粒子概念に関する結果 (N=31)

	事前調査	事後調査	変化
粒子概念 (存在・大きさ)	1	14	13
溶解	10	8	-2
誤解答	9	2	-6
無回答	11	5	-6

平均得点と事前事後の平均得点の差は表4の結果となった。「科学は私にとって身近なものである。」では、ダイアライザー中空糸役が最も肯定的に動いた。その他は大きな差が見られなかったが、「全てのもののはつぶでできている」の項目では、平均得点が授業前と授業後で、0.9、0.5、0.8と他に比べて数値が高かった。体験だけではなく観察と両方を行ったことにより、粒子の動きを客観的に見ることによって粒子の存在について意識することができたと考えられる。

## 7. 粒子の理解の変容

実践による粒子概念の育成を評価するため、調査問題の粒子概念を問う問題1(2)・2(3)・3(2)・4(2)・5・6(4)に1点から4点の点数を与え24点を満点とし変容を調べた。

表5のように、全体の平均値は事前調査では8.9であったのに対し事後調査では21.2に上がった。この結果より、擬人化を取り入れた活動やワークシートによる振り返りが、正しい粒子概念の理解を促進したと考えられる。また、役割別にみると水・いらぬもの役を行った児童の変化が最も大きく表れた。「ボールが小さいから、中空糸の間から出ることができた。小さいのは穴から出ることができるけれど、大きいのは出られなかった。」という児童の感想から、ボールを持ち中空糸役の児童の間から抜けるといったろ過の行動をした児童は、自分自身の行動とろ過の仕組みを結びつけることが容易であり正しい粒子概念を持つことができたと推測できる。

## V. まとめと課題

小学校理科の生物分野において、擬人化を取り入れた擬人化活動を行ったことにより、「粒子の存在」に気づき「粒子の大きさのちがい」についての理解の促進がみられたことから、小学校理科において擬人化を取り入れる一定の有効性が認められた。そして、実験用人工透析装置を用いたことにより情意面の調査問題において、「科学は私にとって身近なものである」という問いに対し、個人的変容が肯定的に動いたことから認知面だけでなく、情意面にも一定の効果が期待できることが明らかになった。

課題は、児童が演じる役割により有効性に差が生じることである。今回は調査対象人数が少なかったこともあり確かな評価が得られなかった。調査対象数を増やし役割別の有効性、活動後の交流による概念の変化も調べていきたい。また、調査問題は記述形式により多様な考えが集められたが、文の読み取りや記述が苦手な児童への負担が大きく、考えを正確に書き表すことができなかった。より正確な評価を行うために、問題の簡素化と回答しやすい問題文作成が課題である。

### 謝辞

本調査を行うにあたり、本附属小学校の中島教諭には多大なご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

### 注・文献

- 1) 文部科学省 (2008) : 小学校学習指導要領解説 理科編, pp. 2-3, 大日本図書株式会社.
- 2) 金田祐佳 (2012) : なぜ「とける」にはいろいろあり, どう違うのか?—粒子モデルを用いての説明—. 化学と教育 60(4), 150-151.
- 3) Thagard, P (1996) : 「アナロジーの力—認知科学の新しい探求」(鈴木宏昭・河原哲雄訳) (1998) (Keith J. Holyoak and Mental Leaps: Analogy in Creative Thought Paperback, A Bradford

表4 調査問題6 擬人化活動役割別の情意変化 (平均値, N=31)

	事前			事後			差		
	中空糸役	赤血球・白血球役	水・いらぬもの役	中空糸役	赤血球・白血球役	水・いらぬもの役	中空糸役	赤血球・白血球役	水・いらぬもの役
(1)友達といっしょに、体を動かすことが好きである。	3.4	3.0	4.0	3.3	3.3	3.9	-0.1	0.3	-0.1
(2)何かの説明をするときに、よく人や知っているものに例えて説明をする。	2.8	3.8	3.1	3.0	4.0	3.1	0.2	0.3	0.0
(3)科学は私にとって身近なものである。	2.9	4.0	3.6	3.4	4.0	3.9	0.5	0.0	0.3
(4)全てものは「つぶ」からできている。	2.9	3.5	3.3	3.8	4.0	4.0	0.9	0.5	0.8
(5)授業で教わっている理科の考え方は、よく理解できている。	3.5	4.0	3.3	3.6	4.0	3.5	0.0	0.0	0.3
(6)話を聞くことよりも、自分で何かをすることのほうが好きである。	3.4	3.3	3.6	3.4	3.3	2.9	0.0	0.0	-0.8
(7)科学は社会にとって有用なものである。	3.5	3.8	3.6	3.6	3.8	3.6	0.1	0.0	0.0

表5 粒子に関する理解の変化 (平均値, N=31)

	全体	赤血球・白血球役	水・いらぬもの役	中空糸役
事前調査	8.9	11.3	8.6	8.6
事後調査	21.2	21.8	22.4	20.6

Book), 152-157 新曜社.

- 4) 内ノ倉真吾 (2010) : 子どもの理科学習におけるアナロジーとメタファー—科学的な概念の形成と関わりに着目して—. 静岡大学教育学部研究報告 (教科教育学篇) 41, 91-106.
- 5) 吉川直志 (2014) : 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 家政・自然編 60, 1-10.
- 6) 板東昌子・山下芳樹・上田倫也・石尾広武・川村康文・前直弘 (2010) : 擬人化と体験学習. 京都大学高等教育研究 16, 49-60.
- 7) 成瀬英明・寺田光宏 (2010) : 社会とつなぐ理科教育プログラムの開発—中空糸型透析装置を利用した理科授業実践—. 日本理科教育学会第 56 回東海支部大会発表論文集, 69.
- 8) ヤガミ : 腎臓の働き体験学習セット
- 9) 葉山優・小嶋美也子・勝呂創太・圓谷秀夫・金田知之・下篠隆嗣 (2006) : 小学校理科への物質の粒子像導入の可能性—児童のもつ粒子像についての調査—. 東京学芸大学紀要自然科学系 58, 15 -39.

### 資料 1 実践 2 指導案

第6学年 理科学習指導案									
<p>1. 単元名 動物のからだのはたらき</p> <p>2. 本時の目標</p> <p>人工透析装置の仕組みを身にしみて、血液中に流れている赤血球・白血球・水・いろいろなものと中空糸を挿入し、体験する活動を通して、腎臓は血液中の物質の粒の大きさの違いを利用して血液を濾過していることを理解する。</p>									
<p>3. 本時の授業過程</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>導入(5分)</th> <th>展開(30分)</th> <th>まとめ(10分)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <p>1. 前時の復習をする。</p> <p>腎臓の働きや大きさについて確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2つある ・互みたい ・げんこつつらいの大きさ</li> <li>・おしっこをつくっている ・いろいろなものを出している</li> </ul> <p>2. 本時の課題をつかむ。</p> <p>じん臓はどのようにしていろいろなものをとろけいしているのだろう。</p> </td> <td> <p>3. 血液をこし出すしくみについて考える。</p> <p>(1) ろんとろ紙を用いて牛乳をろ過する。(演示①)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・なにも要わらない ・ろ紙に何も残っていない</li> <li>・牛乳にはかたまりがないからろ過できない</li> </ul> <p>(2) 人工透析装置に牛乳を流し、ダイアライザーの働きを知る。(演示②)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・色が分かれた ・何と何に分かれたのだろう</li> <li>・ろ紙では変わらなかったのに、どうして液体がわかれたのだろう</li> <li>・血液の成分について知る。</li> </ul> <p>4. ダイアライザーのしくみを、役割をもつて体験する。</p> <p>人工腎臓がどのように必要物質と不要物質をわけているのか。血液とダイアライザーの役割になり、腎臓のこし出す仕組みを体験する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・活動の図を参考にし、赤血球・白血球・水・いろいろなもの、ダイアライザーの5袋に分かれて動く。</li> </ul> <p>5. 体験を振り返り、どのように振り分けられたか考える。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自分の考えを書き込む。</li> <li>・赤血球と白血球はまっすぐ進む。</li> <li>・粒が小さいものだけが膜から出る。</li> <li>・粒で交流したあと、全体で発表する。</li> </ul> </td> <td> <p>・腎臓のしくみに問題意識を重点化するために、前時の学習を想起させる。</p> <p>・実物大の腎臓のモデルを用いて、袋・形・大きさ・位置・重さを確認する。</p> <p>・体の必要な成分や不要物、水分は血液によって体に運ばれていくことになる。</p> <p>・発言の中から、「こし出す」「ろ過」の言葉が出てきたら、言葉の説明をして、どのように濾過されているのか疑問を持たせ、課題につなげる。</p> <p>・(1)(2)は、どのような結果になるか予想をたててから実験を行う。</p> <p>・ろ過後のろ紙を見せ、固形物が無いことを確認する。</p> <p>・人工透析装置について説明し、科学が病気の治療にいかされていることに気づかせる。</p> <p>・ダイアライザーを用いた実験の全体像の図を示し、液体や部品が人の体のどの部分に相当するか説明する。</p> <p>・ろ紙でのろ過の結果と違いから、ろ紙に注目させこし出す仕組みを考えるきっかけにする。</p> <p>・各自の役割を理解できるように、血液の成分と成分モデルについて解説し説明する。</p> <p>・体験する組とそれを見守る組に分かれ互いに見合う。</p> <p>・通れる物と通れないもの違いを考えさせながら体験させる。</p> <p>・動き方がわからない場合には、役割を伝え、ダイアライザーの図を示しながら自分がどの位置にいるのかを考えさせる。</p> <p>・体を動かすことや仲間との関わりが苦手な児童には、声をかけそばに寄り添って活動を進める。</p> <p>・自分や他の人の動きについて記入させることで、どのように振り分けられていたのか考えさせる。</p> <p>・書けない場合は、ボールの大きさに注目するよう助言させる。</p> <p>・交流により、友達との考えの違いに気づかせ考えを深めさせる。</p> </td> </tr> <tr> <td> <p>6. 演示実験と体験活動から腎臓のしくみについて考え、まとめる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・血液は大きさがちがう粒が混じっている。</li> <li>・ろ過はつぶの大きさの違いを利用して。</li> </ul> <p>じん臓は血液中に流れているつぶの大きさがちがいを利用して、いろいろなものを余分なものをとろけいしている。</p> </td> <td> <p>・ダイアライザーの仕組みを腎臓に置き換えて考えさせる。</p> <p>・ろ過は、いろいろなものに分けられると考えている子どもには、体験で用いたろ紙の大きさに注目させる。</p> <p>・ろ過されるだけでなく、必要な成分と水は再吸収することを説明する。</p> <p>・1Lの牛乳レックを用いて原尿と尿の量の違いを可視化すること、ろ過されたものが尿ではなく原尿であることに気づかせる。</p> </td> </tr> </tbody> </table>		導入(5分)	展開(30分)	まとめ(10分)	<p>1. 前時の復習をする。</p> <p>腎臓の働きや大きさについて確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2つある ・互みたい ・げんこつつらいの大きさ</li> <li>・おしっこをつくっている ・いろいろなものを出している</li> </ul> <p>2. 本時の課題をつかむ。</p> <p>じん臓はどのようにしていろいろなものをとろけいしているのだろう。</p>	<p>3. 血液をこし出すしくみについて考える。</p> <p>(1) ろんとろ紙を用いて牛乳をろ過する。(演示①)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・なにも要わらない ・ろ紙に何も残っていない</li> <li>・牛乳にはかたまりがないからろ過できない</li> </ul> <p>(2) 人工透析装置に牛乳を流し、ダイアライザーの働きを知る。(演示②)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・色が分かれた ・何と何に分かれたのだろう</li> <li>・ろ紙では変わらなかったのに、どうして液体がわかれたのだろう</li> <li>・血液の成分について知る。</li> </ul> <p>4. ダイアライザーのしくみを、役割をもつて体験する。</p> <p>人工腎臓がどのように必要物質と不要物質をわけているのか。血液とダイアライザーの役割になり、腎臓のこし出す仕組みを体験する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・活動の図を参考にし、赤血球・白血球・水・いろいろなもの、ダイアライザーの5袋に分かれて動く。</li> </ul> <p>5. 体験を振り返り、どのように振り分けられたか考える。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自分の考えを書き込む。</li> <li>・赤血球と白血球はまっすぐ進む。</li> <li>・粒が小さいものだけが膜から出る。</li> <li>・粒で交流したあと、全体で発表する。</li> </ul>	<p>・腎臓のしくみに問題意識を重点化するために、前時の学習を想起させる。</p> <p>・実物大の腎臓のモデルを用いて、袋・形・大きさ・位置・重さを確認する。</p> <p>・体の必要な成分や不要物、水分は血液によって体に運ばれていくことになる。</p> <p>・発言の中から、「こし出す」「ろ過」の言葉が出てきたら、言葉の説明をして、どのように濾過されているのか疑問を持たせ、課題につなげる。</p> <p>・(1)(2)は、どのような結果になるか予想をたててから実験を行う。</p> <p>・ろ過後のろ紙を見せ、固形物が無いことを確認する。</p> <p>・人工透析装置について説明し、科学が病気の治療にいかされていることに気づかせる。</p> <p>・ダイアライザーを用いた実験の全体像の図を示し、液体や部品が人の体のどの部分に相当するか説明する。</p> <p>・ろ紙でのろ過の結果と違いから、ろ紙に注目させこし出す仕組みを考えるきっかけにする。</p> <p>・各自の役割を理解できるように、血液の成分と成分モデルについて解説し説明する。</p> <p>・体験する組とそれを見守る組に分かれ互いに見合う。</p> <p>・通れる物と通れないもの違いを考えさせながら体験させる。</p> <p>・動き方がわからない場合には、役割を伝え、ダイアライザーの図を示しながら自分がどの位置にいるのかを考えさせる。</p> <p>・体を動かすことや仲間との関わりが苦手な児童には、声をかけそばに寄り添って活動を進める。</p> <p>・自分や他の人の動きについて記入させることで、どのように振り分けられていたのか考えさせる。</p> <p>・書けない場合は、ボールの大きさに注目するよう助言させる。</p> <p>・交流により、友達との考えの違いに気づかせ考えを深めさせる。</p>	<p>6. 演示実験と体験活動から腎臓のしくみについて考え、まとめる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・血液は大きさがちがう粒が混じっている。</li> <li>・ろ過はつぶの大きさの違いを利用して。</li> </ul> <p>じん臓は血液中に流れているつぶの大きさがちがいを利用して、いろいろなものを余分なものをとろけいしている。</p>	<p>・ダイアライザーの仕組みを腎臓に置き換えて考えさせる。</p> <p>・ろ過は、いろいろなものに分けられると考えている子どもには、体験で用いたろ紙の大きさに注目させる。</p> <p>・ろ過されるだけでなく、必要な成分と水は再吸収することを説明する。</p> <p>・1Lの牛乳レックを用いて原尿と尿の量の違いを可視化すること、ろ過されたものが尿ではなく原尿であることに気づかせる。</p>
導入(5分)	展開(30分)	まとめ(10分)							
<p>1. 前時の復習をする。</p> <p>腎臓の働きや大きさについて確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2つある ・互みたい ・げんこつつらいの大きさ</li> <li>・おしっこをつくっている ・いろいろなものを出している</li> </ul> <p>2. 本時の課題をつかむ。</p> <p>じん臓はどのようにしていろいろなものをとろけいしているのだろう。</p>	<p>3. 血液をこし出すしくみについて考える。</p> <p>(1) ろんとろ紙を用いて牛乳をろ過する。(演示①)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・なにも要わらない ・ろ紙に何も残っていない</li> <li>・牛乳にはかたまりがないからろ過できない</li> </ul> <p>(2) 人工透析装置に牛乳を流し、ダイアライザーの働きを知る。(演示②)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・色が分かれた ・何と何に分かれたのだろう</li> <li>・ろ紙では変わらなかったのに、どうして液体がわかれたのだろう</li> <li>・血液の成分について知る。</li> </ul> <p>4. ダイアライザーのしくみを、役割をもつて体験する。</p> <p>人工腎臓がどのように必要物質と不要物質をわけているのか。血液とダイアライザーの役割になり、腎臓のこし出す仕組みを体験する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・活動の図を参考にし、赤血球・白血球・水・いろいろなもの、ダイアライザーの5袋に分かれて動く。</li> </ul> <p>5. 体験を振り返り、どのように振り分けられたか考える。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自分の考えを書き込む。</li> <li>・赤血球と白血球はまっすぐ進む。</li> <li>・粒が小さいものだけが膜から出る。</li> <li>・粒で交流したあと、全体で発表する。</li> </ul>	<p>・腎臓のしくみに問題意識を重点化するために、前時の学習を想起させる。</p> <p>・実物大の腎臓のモデルを用いて、袋・形・大きさ・位置・重さを確認する。</p> <p>・体の必要な成分や不要物、水分は血液によって体に運ばれていくことになる。</p> <p>・発言の中から、「こし出す」「ろ過」の言葉が出てきたら、言葉の説明をして、どのように濾過されているのか疑問を持たせ、課題につなげる。</p> <p>・(1)(2)は、どのような結果になるか予想をたててから実験を行う。</p> <p>・ろ過後のろ紙を見せ、固形物が無いことを確認する。</p> <p>・人工透析装置について説明し、科学が病気の治療にいかされていることに気づかせる。</p> <p>・ダイアライザーを用いた実験の全体像の図を示し、液体や部品が人の体のどの部分に相当するか説明する。</p> <p>・ろ紙でのろ過の結果と違いから、ろ紙に注目させこし出す仕組みを考えるきっかけにする。</p> <p>・各自の役割を理解できるように、血液の成分と成分モデルについて解説し説明する。</p> <p>・体験する組とそれを見守る組に分かれ互いに見合う。</p> <p>・通れる物と通れないもの違いを考えさせながら体験させる。</p> <p>・動き方がわからない場合には、役割を伝え、ダイアライザーの図を示しながら自分がどの位置にいるのかを考えさせる。</p> <p>・体を動かすことや仲間との関わりが苦手な児童には、声をかけそばに寄り添って活動を進める。</p> <p>・自分や他の人の動きについて記入させることで、どのように振り分けられていたのか考えさせる。</p> <p>・書けない場合は、ボールの大きさに注目するよう助言させる。</p> <p>・交流により、友達との考えの違いに気づかせ考えを深めさせる。</p>							
<p>6. 演示実験と体験活動から腎臓のしくみについて考え、まとめる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・血液は大きさがちがう粒が混じっている。</li> <li>・ろ過はつぶの大きさの違いを利用して。</li> </ul> <p>じん臓は血液中に流れているつぶの大きさがちがいを利用して、いろいろなものを余分なものをとろけいしている。</p>	<p>・ダイアライザーの仕組みを腎臓に置き換えて考えさせる。</p> <p>・ろ過は、いろいろなものに分けられると考えている子どもには、体験で用いたろ紙の大きさに注目させる。</p> <p>・ろ過されるだけでなく、必要な成分と水は再吸収することを説明する。</p> <p>・1Lの牛乳レックを用いて原尿と尿の量の違いを可視化すること、ろ過されたものが尿ではなく原尿であることに気づかせる。</p>								

### 資料 2 サブテキスト (発展)

## 発展

### じんぞう 腎臓のはたらきとしくみ

**調べてみよう**

- ✓ 腎臓の数や位置はどのようになっているのだろう。
- ✓ 腎臓には、おもにどんなはたらきがあるのだろう。
- ✓ 腎臓のしくみはどのようになっているのだろう。

**腎臓ってなんだらう**

腎臓は、腰の上あたり左右1つずつあり、大きさはちょうどにぎりこぶしほどです。

腎臓には、からだの各部分でいらなくなった物が血液によって運ばれてきます。腎臓はおもに、これらのいらなくなった物と余分な水を血液の中からとろけいして、尿をつくるはたらきをしています。腎臓でつくられた尿は、ぼうこうに一時的にためられてから、からだの外に出されます。

腎臓でつくられた尿は、ぼうこうでためられてから、からだの外に出されます。

**そのほかの腎臓のはたらき**

- ・血圧を調節する。
- ・血液をつくってくれるホルモンをつみだす。
- ・体液の量とバランスを調節する。
- ・ビタミンDをつくって、ほねを強くする。

**腎臓はどうやって血液からいらぬものを出しているのだらう**

腎臓をかく大してみると、細い血管が毛糸だまのようにまじまじした糸球体とそれを包むボーマンのうがたくさんあります。この糸球体は、血液をろ過して、ボーマンのうにいらなくなった物と余分な水を押し出します。このろ過されたものが、尿のもと、原尿になります。この原尿は、大人で1日あたりおよそ150リットルもつづられています。原尿の中にはまだ必要なものが残っています。必要なものは、腎臓を出る前に原細管という管から再吸収されます。およそ150リットルあった原尿は1.5リットルぐらいの尿となります。

### 腎臓のはたらきとしくみ

#### 腎臓の病気と 人工腎臓

腎臓病は、腎臓のはたらきが悪くなる病気です。はたらきの1つである、血液からいらなくなった物をとろけいはたらきがなくなると、からだの中にいらなくなった物や水分が、どんどんたまってしまいます。

そこで、治療の1つとして、腎臓のはたらきのかわりになるような、人工腎臓を使った「とうせき」という治療が行われています。人工腎臓の血液をきれいにする役割の部分には、「中空糸型ダイアライザー」といわれるものがおもに使われています。長さが30cmほどの筒の中に、中空糸というストローのような細い管が何本も入っています。この管の表面には、たくさんの小さな穴が空いていて、周りにはとうせき液という液体が流れています。

からだから取り出した血液をダイアライザーに流すと、からだに必要な赤血球や白血球などのつぶは、管の表面の穴よりも大きいため通れません。また、いらなくなった物や水分は穴よりもつぶが小さいため、中空糸の穴からろ過されて出ていきます。そのろ過された血液を、からだにもどします。

このように、ダイアライザーは腎臓のはたらきの一部として、血液の中のつぶの大きさがちがいを利用し、必要な物質といらなくなった物を分けるために使用されています。

おもにつけられている  
中空糸型ダイアライザー

ダイアライザーの中にある  
中空糸の葉

**まとめ**

- ✓ 腎臓は腰の上あたり左右1つずつあり、大きさはにぎりこぶしぐらいである。
- ✓ 腎臓には、おもにからだの中にあるいらなくなった物や余分な水をとり除いて、尿をつくるはたらきがある。
- ✓ 腎臓は、血液の中のつぶの大きさがちがいを利用してろ過し、ろ過された中にある必要なものは再び吸収している。

— 53 —

資料3 調査問題

1 角砂糖を金づちでぐちゃぐちゃに潰すと、粉々になりました。粉々になった角砂糖はとても小さいので、道具を使って、これ以上小さくすることはできません。



そこで、頭の中でイメージして、くだけた角砂糖をもっと小さくしようと思います。

(1) 頭の中でイメージして角砂糖をもっと小さくすると、角砂糖はどうなりますか。あなたの考えに○をつけてください。その他の場合は、考えを書いてください。

1. なくなる	2. 小さなつぶになる	3. へる	4. ちがうものになる
5. その他 ( )			6. N

どうしてそう考えたのか、絵や文で説明してください。  
答えがわからないときは、「N」を書いてください。

(2) 頭の中でイメージして、もっともつ角砂糖を小さくすると、どうなると思いますか。あなたの考えに○をつけてください。その他の場合は、考えを書いてください。

1. なくなる	2. 小さなつぶになる	3. へる	4. ちがうものになる
5. その他 ( )			6. N

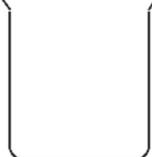
どうしてそう考えたのか、絵や文で説明してください。  
答えがわからないときは、「N」を書いてください。

2 水に塩をとかすと塩が見えなくなりました。塩は水とどのようにまざっていると思いますか。

(1) あなたの考えを文で書いてください。  
(2) 塩が水にとけているようすを、ビーカーの中に書いてください。  
答えがわからないときは、「N」を書いてください。

(1) 考え

(2) 塩が水にとけているようす



3 水にとけた塩を取り出そうと思い、図1のようにろ過をしました。しかし、ろ紙を使ったろ過では、塩を取り出すことができませんでした。それはなぜだと思いますか。文や絵でかいてください。  
答えがわからないときは、「N」を書いてください。



図1

4 あなたは次のことについてどう思いますか。あなたの気持ちにもっとも近い番号に○をつけてください。

	いじめる人ではない	いじめる人	あんなに悪い人はいない	全くいじめる人ではない
(1) 友達といっしょに、体を動かすことが好きである。	4	3	2	1
(2) 何かの説明をするときに、よく人や知っているものに例えて説明をする。	4	3	2	1
(3) 科学は私にとって身近なものである。	4	3	2	1
(4) 全てのものは「つぶ」からできている。	4	3	2	1
(5) 授業で教わっている理科の考え方は、よく理解できている。	4	3	2	1
(6) 話を聞くことよりも、自分で何かをすることのほうが好きである。	4	3	2	1
(7) 科学は社会にとって有用なものである。	4	3	2	1

5 次の文はじん臓について説明したものです。  
(1) ( )の中に、あてはまる言葉を書いてください。  
答えがわからないときは、「N」を書いてください。

からだの各部分でいらなくなった物は、(①)によって、じん臓に運ばれます。  
じん臓は、いらなくなった物を(①)の中からも取り除いて、(②)をつくるはたらきをしています。つくられた(②)は、ぼうこうに一時的にためられてから、からだの外に出されます。

(2) じん臓には、いらなくなった物を(①)の中からも取り除くはたらきがありますが、どのようにして取り除いていますか。文で説明してください。  
答えがわからないときは、「N」を書いてください。

6 下の図2は、人工じん臓のしくみを表しています。人工じん臓は、血液の中からもいらなくなったものをとり除くはたらきをします。  
(1) ~ (2)の間に答えてください。

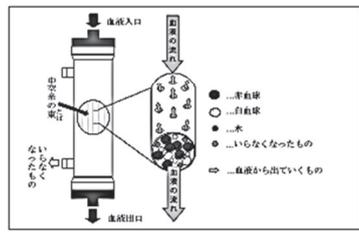


図2 人工じん臓の中で血液が流れているようす

(1) 血液の中にもくまれているものうち、血液から出て行くものは、次のうちのどれですか。あてはまるものに、○をつけてください。(2つ以上のものを答えてもかまいません)  
赤血球 ・ 白血球 ・ 水 ・ いらなくなったもの ・ N

(2) 血液の中にもくまれているものうち、血液から出ていかないものは、次のうちのどれですか。あてはまるものに○をつけてください。(2つ以上のものを答えてもかまいません)  
赤血球 ・ 白血球 ・ 水 ・ いらなくなったもの ・ N

(3) 血液から出て行くものと出ていかないものは、どのように分けられますか。文で説明してください。答えがわからないときは、「N」を書いてください。