

# 寒天を用いた“粒子”概念の形成

— 小学校理科における教材開発の試み —

## Concept acquisition of “particles” with Japanese gelatin

—Research & Development on science education of elementary school—

岩田陽助<sup>a,\*</sup>, 土田慎治<sup>b</sup>, 太田勝貴<sup>c</sup>, 吉松三博<sup>c</sup>, 仲澤和馬<sup>c</sup>

Yosuke Iwata<sup>a</sup>, Shinji Tsuchida<sup>b</sup>, Katsuki Ohta<sup>c</sup>,  
Mitsuhiro Yoshimatsu<sup>c</sup> and Kazuma Nakazawa<sup>c</sup>

a) 岐阜大学教育学部附属小学校 〒500-8482 岐阜市加納大手町74

b) 岐阜大学教育学部附属中学校 〒500-8482 岐阜市加納大手町74

c) 岐阜大学教育学部, 理科教育講座 〒501-1193 岐阜市柳戸1-1

### 要 旨

小学校理科で, 児童に「科学の基本的な見方や概念」の「柱」の一つである『粒子』的な見方を身につけさせるための教材開発を試みた。水溶液中に溶けた寒天を, ろ過によって除去することができれば, 目に見えないけれど大きさをもつ状態で存在していることを理解させることができる。ヨウ素デンプン反応も併用しながら, 2種類のろ過実験を試行した。また, 開発した教材を「もののとけかた」の単元の中のどの場面に位置付ければ, 児童に「粒子」概念をよりわかりやすく捉えさせることができるかについて言及した。

### 1. はじめに

新しい学習指導要領においては, 「科学の基本的な見方や概念」の「柱」として『粒子』が位置付けられている<sup>[1]</sup>。これは, モノは何からできているか, という紀元前に持ち始めた人間の疑問を, 科学的な見方の「柱」に据えるものであるとも考えられる。

小・中・高と学年が進むにつれて, ものづくり(構造)を『粒子』的に捉えることは最も大切なことの一つであり, そのような考え方・見方を確立してこそ, 多くの自然現象の理解が進むことは, 言うまでもない。マクロな現象とミクロな構造の関係を, スムーズにつなぐことができる概念ともいえるのではないだろうか。例えば, 熱の伝わり方を考える上で, 熱の正体は何かを考えることがどれほど大切であろうか。音の伝わり方, 化学変化, 電流・磁石, 放射線などにおいてもしかりであり, 枚挙に暇がない。ひいては, この世のすべてのモノは, 分子→原子→原子核→・・・というように, より細かい『粒』に分解できる(はずである)という(人類がこれまでに理解した)自然の階層性に誘うことになる。また, この世のすべてのモノが, 陽子・中性子および電子というたった3個の『粒』でできているということ, そしてある単純な規則性のもとでのそれらの組み合わせによって, 無限の種類物質ができていくという「神秘」に, いずれ児童生徒を導くこととなる。

そのような点で, 教育の初期に位置する小学校児童に適切な教材を提供することは, 非常に重要である。

小学校5年次で学習する「もののとけかた」の学習では, 主に量的変化に着目することになっている。しかし児童から, 「寒天粉末にヨウ素溶液をたらすと青紫色に変色するのに, 粉寒天が溶けてしまった溶液にたらしてもなぜ変色するのだろうか」という疑問が出される。このような「質的变化」にも着目することは, 『粒子』的な概念を育成する上で重要であると考えている。

そこで筆者らは, 寒天粉末を素材<sup>[2]</sup>として, 初期状態で「粒」状のものを完全に溶かした後にろ過することにより, 寒天が抽出されないことを示し, 『粒子』的概念の育成を促す教材の開発を開始した。

\*) TEL:058-272-3545 (e-mail:y3ke@gifu-u.ac.jp)

寒天を教材として使うよさは、まず身近な素材であるという点にある。また、デンプンを含む寒天は、その含有の有無をヨウ素デンプン反応を利用して確認できる。さらに、水溶液が寒天を含む場合には、温度を下げると凝固するので、凝固の有無によっても寒天の存否を確認できる。このように寒天を用いると、児童にとって馴染みやすい素材というだけでなく、存否の確認に既習した知識を活用できるので、溶かす素材としてふさわしいと考えた。

本稿は、初期の開発研究の状況を報告するものである。まず、ものがとけた状態をきちんと定義<sup>[3]</sup>した後に、寒天粉末を溶かした溶液を用いて2種類の実験を試みた。

第1は、0.2ミクロンのフィルターを用いた「吸引ろ過」によるもので、ヨウ素溶液で着色した溶液のろ過前後の様子を観察（また、無着色の寒天溶液をろ過した後にヨウ素溶液を滴下し、着色の相違を観察）した。第2は、さらに細かいメッシュによる「加圧ろ過」によるものである。

## 2. 吸引ろ過（0.2 ミクロン孔径フィルター）による寒天除去の試行

使用する吸引ろ過器を図1に示す。実験の手順は以下のようである。

### 《実験手順》

- 100ccのビーカーに蒸留水100ccと粉寒天0.5gを加えて加熱した。
- 沸騰し、透明になったところで加熱を止めた。
- ろ過器に、水溶液を100cc注ぎ、吸引（水流ポンプ使用）ろ過を実施した。（※ろ過中の凝固を防ぐために、60~70℃に温度を保った。）
- ろ過された液(ろ液)とされずに残った液に、ヨウ素溶液をそれぞれ5滴垂らした。
- 氷水で水溶液を冷やした。



図1. 吸引ろ過器

図2のような結果が得られた。左がろ過せずに残った水溶液（「残留液」とよぶ）、右がフィルターを通してろ過された水溶液（「ろ液」とよぶ）である。ヨウ素デンプン反応の進行ぐあいが、色の違いによって観察できる。残留液に比してろ液の色が淡いのは、寒天がフィルターによって若干ではあるが除去されたためであろうと推察できる。2度実験を行ったが、同じ結果が得られた。冷却後の凝固の様子は、ろ過前の水溶液もろ過後の水溶液も少し固まり、あまり違いはなかった。

ろ液の方もヨウ素デンプン反応を起こしているということは、寒天が0.2ミクロンフィルターの目を通り抜けたか、ろ過器そのものに原因がある。前者は、孔径のより小さなフィルターを用意すれば解決する。

ろ過器には、ガラスフィルターの下に木綿フィルターが装着してあり、木綿フィルターを通じて寒天水溶液が染み出したのではないかとも考えられた。ろ過器から木綿フィルターを取り除いた後、再度実験を行ったが、ろ液はヨウ素デンプン反応を起こした。凝固の様子も、木綿フィルターを取り外す前の実験結果とほぼ同じであった。

このろ過器の使用に習熟していないこともあり、取り寄せやすい最小の孔径（0.1ミクロン）を持つフィルターを用いて、再度、実験を重ねる予定である。

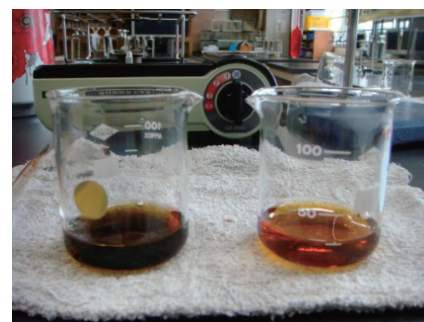


図2. ろ過後のろ液(右)と、ろ過されなかった残留液(左)にヨウ素液5滴を滴下後の様子。

## 3. 加圧ろ過（ウルトラフィルターユニット）による寒天除去の試行

上記実験結果から、別のろ過手法を検討することにした。図3に示す市販のろ過器で、分子量5万以上の分子をろ過できるフィルターを用いて、以下の手順で実験を行った。

《実験手順》

- ・ 蒸留水100ccに市販の寒天粉末0.50 gを加えて加熱した。
- ・ 溶液が沸騰し、透明になったら、加熱を止めた。
- ・ 溶液20~30ccをビーカーに取り、ヨウ素溶液を2~3滴加えて、良く攪拌した。(ろ過溶液)。
- ・ ろ過溶液 2 ccをピペットでろ過器に入れ、シリンジを接続し、加圧ろ過をする。(※ろ過中の凝固を防ぐために、60~70℃に温度を保つ。)



図3. 加圧ろ過器

図4に示すように、ろ過された水溶液(ろ液)は、透明な黄色溶液として得られ、ろ過器上には青紫色のものが残った。この結果から、ヨウ素溶液で着色された寒天がフィルターによって除去できたことがわかった。同じ容器にろ過前とろ過後の溶液を移し、凝固の様子を図5に示す。ろ液は凝固せず、ろ過する前の青紫色の溶液は完全にゲル状に凝固した。この加圧ろ過器によれば、溶けている寒天はフィルターで取り除くことができる大きさをもっていることを、明瞭に示すことができることが分かった。



図4. ろ過溶液(上)と、ろ過されたる液(下)。

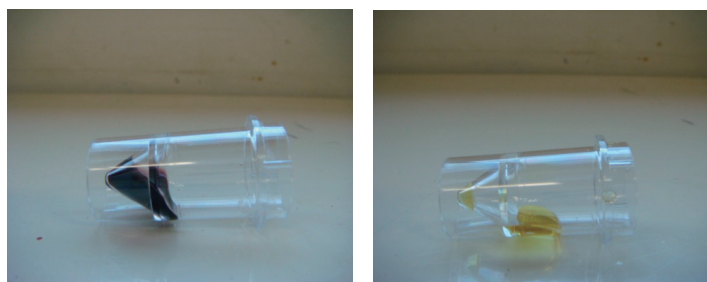


図5. ろ過する前のろ過溶液(左)とろ過されたる液(右)の凝固の様子。

しかし、得られるろ液は少量であり、その原因は寒天分子によるフィルターの目詰まりであると考えられる。そこで、寒天分子の濃度やヨウ素溶液の滴下量の最適化を試みた。

蒸留水100ccに溶かす粉末寒天の量を0.085gとしたところ、ろ液の量は大幅に増え、1cc程度までになった。ろ液は凝固しなかったが、依然として黄色の色が残った。そこで、さらに希釈して100ccあたり寒天0.043g相当の濃度を持つろ過溶液(ヨウ素溶液を2~3滴加えた)を用意し、ろ過を実施した。その結果を図7に示す。ろ液の色はかなり薄くなったが、まだ若干黄色になっている。

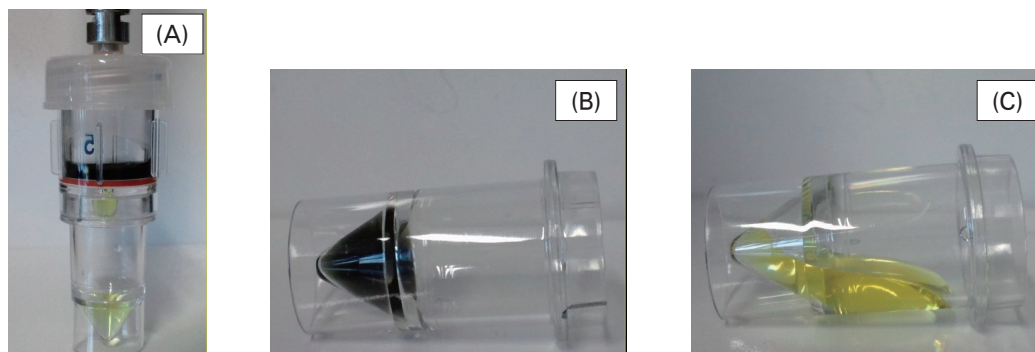


図7. 蒸留水100ccあたり粉寒天0.043gを溶かし、ヨウ素溶液2~3滴加えたるろ過溶液をろ過した。ろ過器(A)から取り出した、残留液(B)とろ液(C)の凝固の様子を示す。

これ以上希釈すると寒天の凝固が起こらなくなることから、次に滴下するヨウ素溶液の量を加減す

ることとした。滴下するヨウ素溶液を1滴として、希釈した寒天溶液と反応させたが、ろ過溶液の色は薄く、ヨウ素デンプン反応特有の青紫色ではなく黄色であった。その後、上述の《実験手順》と同様の操作を行ったところ、ほとんど無色のろ液が得られ、冷却後もゲル状には固まらなかった。

しかし、ろ過溶液の色の薄さは、ヨウ素デンプン反応と呈色された寒天粒子の除去を結び付けるといふ点で難しさを示している。今後、さらにろ過フィルターの孔径を変えるなどの再検討が必要となるであろう。しかし、「粒子」として寒天の存在をろ過という操作を用いて捉えることに成功したと考えられる。

#### 4. 小学校5年生『もののとけかた』の単元構成における教材の位置付け

小学校5年生での「もののとけかた」の学習内容は、「粒子の保存」という位置付けになっている。粒子の存在を明らかにした上で、粒子の保存を理解することが必要となる。4年生の「空気と水の性質」の単元で「粒子の存在」が位置付けられている。水や目に見えない空気を粒子として捉える学習をしたのちに本単元を学ぶことになっている。生徒は4年生の段階で粒子の存在を学び、5年生になって目に見えていたものが水に溶けて見えなくなるという現象を初めて学ぶことになる。したがって、今回実施した寒天ろ過実験を利用して、粒子概念を捉えさせることが非常に重要であると考えられる。

そこで、単元のどの場面で活用することが児童に粒子概念を捉えさせるのに有効であるかを分析してみた。5年生1学級(39人)を対象に単元導入前にアンケートを行った。「水が入ったビーカーの中に、砂糖を入れたらどうなるだろうか、ビーカーの中の様子を図で表しなさい。」という質問に対して、39人中39人が粒の状態のイメージ図を描いた。次に「よくかき混ぜたら、ビーカーの中の様子はどうなるだろうか、図で表しなさい。」という質問には、39人中27人が粒の状態のまま均等に混ざっている図を描いた。しかし、その他の児童はビーカーの中を薄く塗りつぶしたり、混ざっていることを文章で表したりしていた。溶けてしまうと粒ではなくなって液体になるイメージをもつ児童も存在し、目に見えないほど小さい粒になっているという概念をもつための手立てが必要となることがよくわかる。

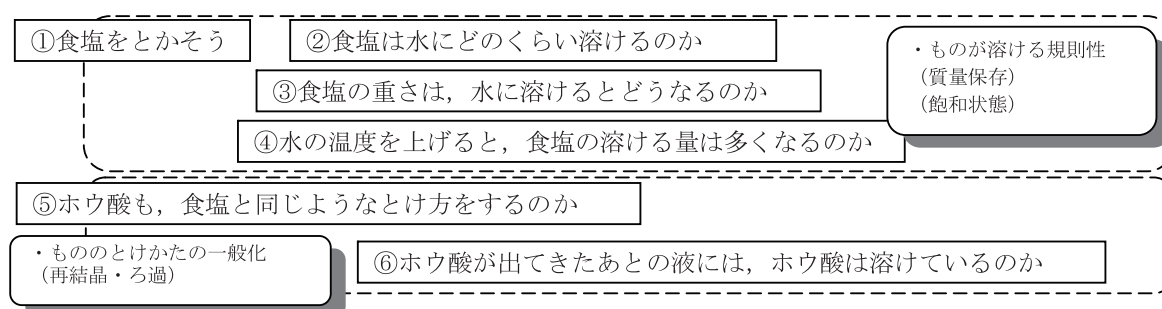


図8. 「もののとけかた」の単元構成

「もののとけかた」での学習内容は、図8のように構成されている<sup>[3]</sup>。第1時では食塩を溶かす現象をもとにものが溶ける規則性を見出し、第2時ではものが溶ける規則性を一般化させるために素材を変えて規則性の理解を深める構成になっている。溶けた食塩やホウ酸が水の中で粒子として存在していることを理解する内容は無い。しかし、溶けた食塩やホウ酸が水溶液中にどのような様子になっているかをイメージさせ、科学的なものの見方・考え方を学び、「ものがとける」という概念を捉えさせることが必要である。そこで、この寒天ろ過実験を本単元の中のどの場面で取り上げることが最もよいのかを次に検討した。

私たちは第6時に、ホウ酸水溶液をろ過する実験が導入されていることに着目した。本時では、一

度溶かしたホウ酸が再結晶によって析出し、ろ紙でろ過を行うが、ろ液の中にも、少量のホウ酸が残っていることを理解する内容になっている。寒天ろ過実験においても同じことがいえる。一見透明で何もとけていないように見えるが、ヨウ素溶液を加えると紫色に着色することから、寒天分子にいろいろな大きさがあり、フィルターを通過してしまう大きさの分子も存在することがわかる。このような学習内容も踏まえ、「もののとけかた」の単元構成と児童の思考を図9のように表した。

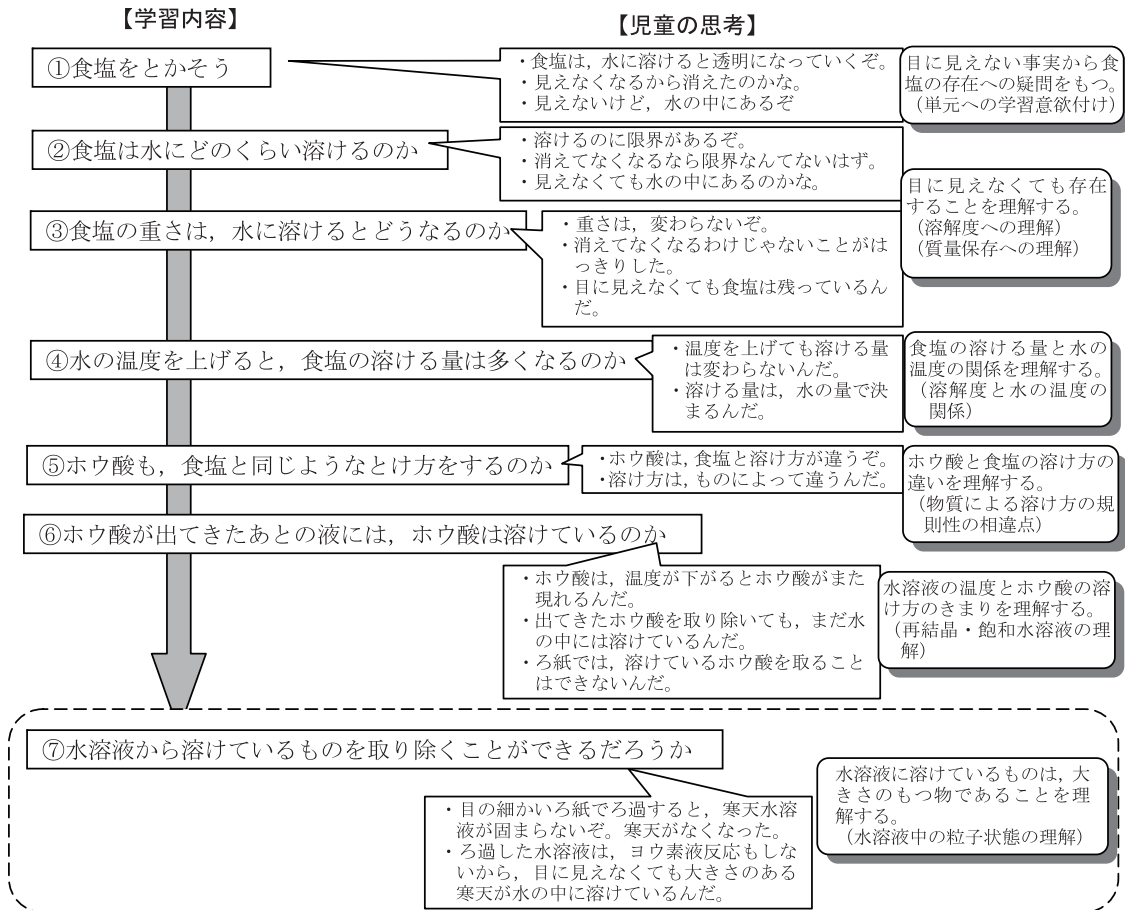


図9 「もののとけかた」の単元構成と児童の思考①食塩をとかそう

単元の導入で、食塩を水に溶かす様子から目に見えない世界をはっきりさせていく学習意欲をもたせることが、問題を解決する意欲付けにつながり、謎を解き明かしていく思考を作り上げていくことがよいと考える。単元導入時で寒天ろ過実験を提示する位置付けも考えたが、水溶液の中の謎を解き明かしていく中で、「粒子」という一つの思考を作り上げていくことが児童の学習の流れとして無理のないことであると思う。導入で「水溶液の中の様子は、目に見えないけれど非常に小さい粒でできている」ことを理解すると、学習する内容についてすべて「粒子」での見方で思考することができる利点もある。しかし、水溶液の中の様子について、多様な思考を生みだす楽しさや水溶液の中の謎を解き明かす面白さを失ってしまうことにつながると考える。単元導入前のアンケートの結果からも、水溶液の中の多様なイメージがあるからこそ、学習するに連れて思考が変容し、確かな知識を獲得できることが大切だと考える。そのような理由から、図9にも示したように単元終末で寒天ろ過実験を位置付けることが有効である。単元終末で、児童が寒天を粒子として捉えられたことから、それまでに学習してきた内容を「粒子」として再認識し直すことによって、より学習した内容が理解でき、知識として獲得できる。

## 5. まとめ

小学校の理科教育において科学的な概念を捉えさせることが、非常に重要視されている。その一つである「粒子」という概念を小学校5年生の「もののとけかた」の単元で捉えさせることは、非常に有効であると考えられる。そのために、開発に着手した寒天ろ過手法に改良を加え、ろ過実験を単元の終末に位置付けて学習できるようにすれば、児童一人ひとりに、水溶液に溶けているものが「粒子」として存在していることに気付かせ、粒子概念を捉えさせるきっかけになると思う。

加圧ろ過による寒天除去実験では、完全に寒天を除去することに成功したものの、まだまだ改善が必要である。ろ過される水溶液の量がまだ少なく、児童全員に提示しても理解し難い。また、グループ活動の中で児童が実験を行うには、加圧してろ過する操作の際に道具の破損等の危険性を伴ってしまう。ろ過器自体の大きさを児童全員に提示してもわかりやすい大きさに変更することが考えられる。吸引式のろ過器では、使用するフィルターをより目の細かいものに変更したりすることが考えられる。

今後、ろ過器を含めるろ過手法の改善を進めるとともに、「もののとけかた」の単元における児童の思考の変化や捉えを分析し教材の有効性を明らかにする努力を重ねたいと考える。

## 引用文献等

- [1] 例えば、「小学校学習指導要領解説『理科編』」，平成20年8月p.4，および「中学校学習指導要領解説『理科編』」，平成20年9月p.4
- [2] モノが『溶ける』ということ，次の二つのどちらかを満たすということで定義した。
  1. 無色透明になる。
  2. 色が付いていても透きとおっている。
- [3] 「新編 新しい理科5下」，東京書籍（平成21年7月）