

# 校種別に応じた水溶液の指導法（小学校生活科を含む）

－「粒子」概念の発達を柱として－

伊藤 康明 ・ 横井 一之\* ・ 林 渉\*\* ・ 庄司 裕志\*\*\*

## Teaching Method about Aqueous Solutions for Each School: Kindergartens, Primary Schools “Science & Life Environment Studies”, Junior High Schools and Senior High Schools

－Especially paying attention to the ‘grain’ concept－

Yasuaki ITO, Kazuyuki YOKOI, Wataru HAYASI and Hiroshi SHOUJI

Though the word ‘solution’ is a concept expressing familiar phenomena around us, very few people use it correctly.

For example, when I ask one of upper-grade children from a primary school a question: ‘What is a melting or dissolving thing?’, the answer is ‘sugar,’ ‘salt,’ ‘boric acid,’ ‘aluminum,’ ‘iron,’ ‘oxygen,’ ‘ice cream,’ ‘candy,’ ‘toilet paper,’ ‘glass’ and so on. We can’t distinguish between ‘melting’ and ‘dissolving’ so easily. That’s why we use the word “dissolving” when something makes the shape broken.

There are some senior high school students or some university students who can’t understand the meaning of transparency and uniformity of solutions correctly. Some students think the dissolving things are so heavy that they go down to the bottom of the water after a long time.

Therefore, we decided to research the growing stages about the ‘dissolving’ concept. Concretely, we make teaching plans about schools from kindergartens to senior high schools. We also argue better teaching methods on every situation of every school.

### はじめに

「とける」という言葉は身近な現象を表した概念であるにもかかわらず、その内容をきちんととらえて使用している人はそれほど多くない。

たとえば、小学生高学年児童に「とけるものは何」と聞くと、砂糖、食塩、ホウ酸のほか、アルミニウム、鉄、酸素から氷、アイスクリーム、飴玉、トイレットペーパー、ガラスなど、実にたくさんの物を挙げてくれる。児童の「とける」という概念には、溶解と融解がごちゃまぜになっており、溶解や融解に当てはまらなくても形が崩れるものは同様に解釈している様子

---

\*本学非常勤講師    \*\*東海学園大学    \*\*\*東海学園大学

がうかがわれる。

また、高校生・大学生になっても溶液の性質である「透明性」「均一性」に関して、透明とは無色透明のことであるとか、均一に混じり合った溶液でも、長い時間がたてば溶けている物質は重いので下に沈んでくるといった認識を持っている者も少なからずいる。

そこで、指導要領が新しく変わった機会に、「とける」という概念は、こどもの発達段階においてどのように形成されていくものか追究したいと考えた。具体的には、幼稚園から高校までの校種を超えた検討を行い、指導要領における指導内容とこどもの実態とを照らし合わせて考察するとともに、おもな授業場面での望ましい指導法についても指導案を通して追究してみた。

なお、第1章「幼稚園の事例より」は横井、はじめにと第2章「小学校の事例より」は庄司、第3章「中学校の事例より」は林、第4章「高等学校の事例より」と「おわりに」を伊藤が担当した。

## 1. 幼稚園の事例より

幼稚園の教育課程は幼稚園教育要領（以下「要領」と記述）を基準として作成される。粒子というか事物に関心をもつという保育内容は5つある領域のうち「環境」の項目に記述されている。具体的には、要領第2章「環境」2内容「(2)生活の中で、様々な物に触れ、その性質や仕組みに興味や関心をもつ。」、 「(4)自然などの身近な事象に関心を持ち、取り入れて遊ぶ。」そして「(7)身近な物や遊具に興味をもってかかわり、考えたり、試したりして工夫して遊ぶ。」とある。

また、保育所の保育課程は保育所保育指針（以下「指針」と記述）を基準として作成される。粒子についての保育内容は同じく領域「環境」の項目に記述されている。具体的には、指針第3章1保育のねらい及び内容(2)教育に関するねらい及び内容ウ「環境」(イ)内容「④生活の中で、様々な物に触れ、その性質や仕組みに興味や関心を持つ。」、 「⑥自然などの身近な事象に関心を持ち、遊びや生活に取り入れようとする。」そして「⑨身近な物や遊具に興味を持って関わり、考えたり、試したりして工夫して遊ぶ。」とある。

幼児が「全ての物質は砂粒のような原子からできており、水にそれらが溶けるといろいろな反応を起こす」と理解できるはずはないが、幼児期に砂粒から山ができていること、水により砂が混ぜられる（実際は溶けてないが、溶け込むように直観的に理解しているのではないか）様子を楽しみながら遊ぶことは、後の溶液の学習の理解をより容易にすると考えるので、幼稚園の指導事例として砂遊び・水遊びを示す。

### 1・1. 活動名

砂遊び・水遊び

### 1・2. 活動のねらい

ア 砂や水とかかわりながら遊ぶ。

イ 自分から砂や水の自然物、シャベルやバケツの道具にかかわろうとする。

ウ 仲の良い友だち同士で、会話を楽しみ、砂や水を用いて楽しく遊ぶ。

### 1・3. 設定理由及び概要

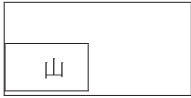
この幼稚園では、登園してから9時30分に朝礼が始まるまでは自由遊びを行う。そんな朝の砂場での出来事である。

山を作り、トンネルを掘り、頂上から水を流し、池が出来て、山を崩し、池を埋める。最後に埋め立て状態を確かめて終わる。こんな活動が朝の自由遊びの時間にここ3ヶ月ほど、前年度の3月頃から続いている。活動には5歳男児1名（A男）、4歳男児3名（1男～3男）が参加している。

4歳児はシャベルで大きな山を作る5歳児にあこがれをいただいている。まだ筋力が弱く、シャベルを上手く操ることができないからである。トンネルには、穴が空いて反対側を覗いたときの希望が輝く。そして、上から流れる水。山肌を削りながら、勢いよく流れる。滞留した泥水。その何とも言えないドロリとした気持ちよい感覚。やがて、その水は下流に池を成す。しばらく泥水と格闘した後に、山の砂や泥で埋めた地面の揺れる面白さ。山作り、山崩し、埋め立ては興奮の連続である。ただし、参加するのは男児ばかり。女児は周りで、まったくかわりないかのように淡々とままごとを続けている。

### 1・4. 展開案

表1 展開案（幼稚園4，5歳児、砂遊び・水遊び）

6月3日（木）（8:00～9:20,朝の自由遊び）晴れ 4歳男児3名、5歳男児1名			
時間の流れ	環境構成	予想される子どもの姿	保育者の援助
8:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂場の様子</li> </ul>  <p>3m×3mの砂場の9</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最初のバスで登園した1男は、身の回りの整理をして砂場に来て、小さなスコップで砂山を作りながら、A男達を待っている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガラス瓶の割れ等危険物、猫糞など汚物が砂に隠れていないか清掃時に確認する。</li> </ul>
8:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>分の1ぐらいのスペースで活動。</li> <li>・他のスペースでは</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・A男と2男が砂場に現れ、A男がシャベルで山を作る。</li> <li>・3男が登園し、砂場に現れ、A男はシャベルで山をたたき、2、3男は手で砂をたたき山を固める。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・他の子どもに砂がかかるようなら、「友だちに砂がかかるよ」と声を掛けて注意を促す。</li> </ul>
8:50	<ul style="list-style-type: none"> <li>穴掘りや、ままごとを行っている。</li> <li>・シャベル、スコップ、</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1、2、3男は前後左からトンネルを掘る。</li> <li>・A男は2、3男に水を運ぶようにバケツを渡す。2人は20m離れた水道の蛇口から水を汲み運ぶ。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・山が出来上がったことを、子どもと一緒に喜ぶ。</li> <li>・トンネルが繋がったら、反対側から覗き、向こう側の子どもを見て、「顔が見えるよ」という。</li> <li>・1人で運ぶと半分ぐらい水がこぼれてしまうので、「こうやって2人で持つと楽だよ」と助言</li> </ul>
9:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>バケツ、茶碗、じょうご、各10組用意されている。</li> </ul>		

9:15	・朝礼の予鈴	<p>A男はバケツを受け取り、山の上から流す。水は道路に沿い、螺旋状に流れ、山は崩れて行く。トンネルが水没する。</p> <p>・A男は淀んだ泥水の中にじょうごを置き、水が流れないのを不思議そうに見る。大きな口から手で水を流し、水が流れるのを見て納得する。</p> <p>・4人で山をシャベルで崩し池を埋め、足で踏み固める。積み重なった泥を踏み固めると、ブヨブヨする。各児これを確かめ喜ぶ。</p>	<p>する。</p> <p>・子どもと一緒に、水の流れを楽しそうに見る。</p> <p>・子どもの様子を見守る。</p> <p>・「池が埋まっちゃったね」とか「地面がフワフワするね」と言い、子どもと感動を共有する。</p>
------	--------	---	---

## 2. 小学校の事例より

### 2・1. 生活科における扱い

平成20年3月告示の小学校学習指導要領では、生活科で学習すべき内容を9つ示している。それは、学校と生活、家庭と生活、地域と生活、公共物や公共施設の利用、季節の変化と生活、自然や物を使った遊び、動植物の飼育・栽培、生活や出来事の交流、そして自分の成長である。この中で、水に溶けるものを意識して活動できるのは主に「自然や物を使った遊び」の内容であろう。

この内容は、「身近な自然を利用したり、身近にある物を使ったりなどして、遊びや遊びに使う物を工夫してつくり、その面白さや自然の不思議さに気付き、みんなで遊びを楽しむことができるようにする。」とあり、大変広い、そして自由な子どもの活動を期待している内容であることが分かる。この内容の中で想定される「水に溶けるものを意識した活動」は、砂場等におけるどろんこ遊び、せっけんなどを使ったシャボン玉遊び、アサガオなどの花を使った色水遊びなどが考えられる。

まず、どろんこ遊びは、校内の砂場を使って、砂山を作ったり池や川を作ったりどろでお団子を作ったりする活動が一般的に行われているが、近くに適切な場所があればそこでの水遊びや田んぼでのどろんこ遊びがされてもよい。

また、シャボン玉遊びは、日ごろの手洗いのせっけん液から発展して、せっけんを溶かしたシャボン液づくりや大きいシャボン玉づくりの活動に発展させるのも面白い。また、容器に水を入れて飛ばす活動から発展させてシャボン玉遊びに向かうのも面白い。子どもの願いを生かしながら活動をつないでいくとよさそうである。

さらに色水遊びは、育てていたアサガオなどの花が咲いた後、その花を使って何か遊び



はできないか考えさせれば、普通に出てくる活動である。押し花やたたきぞめと並行して遊ばせるのが一般的で、そのあとせっけんやレモン汁で色の変化を楽しむこともできる。ただ、せっけんやレモンを使う発想は子どもにはないので、場の設定を考える必要があるようである。

ともあれ、これらの活動を生活科で行うからには、教師の主導でなく、子どもたちの遊びたい願いから出発することが求められる。

ここでの事例紹介は、どろんこ遊びは前述の幼稚園での事例と重複するし、色水遊びはいくつかの教科書でも紹介され、一般的に行われているので割愛し、シャボン玉遊びを取り上げてみることにする。

### 2・1・1. 小単元名

シャボン玉あそびをしよう 1年

### 2・1・2. 小単元のねらい

身近にあるせっけんを使った遊びを工夫して、活動の面白さや自然の不思議さに気付き、みんなで遊びを楽しむことができるようにする。

### 2・1・3. 小単元設定の理由

この小単元は身近なものを使った遊びの一つとして計画した。どの小学校の手洗い場にも必ずせっけんやせっけん液が置いてある。用便のあとや給食の前に手を洗うが、せっけん液をいっぴいつけて泡だらけにして遊んでいる児童も見かける。せっけんは児童の身近な存在であり、せっけん液からシャボン玉ができることに気付かせれば、楽しく活動しながら、児童自身でいろいろ工夫して活動が連続し、さらに面白い活動へと発展していく可能性があると考え、この小単元を設定した。

### 2・1・4. 小単元の活動の流れ (5時間完了)

表2 小単元の活動の流れ (小学校生活科)

時	学習活動	主な活動と教師の支援
1	せっけんで遊ぼう ・せっけん溶かし競争をする ・どうしたら早くとけるか考えて再度挑戦する	・同じ大きさに切った固形せっけん和水を用意し、せっけんを早く溶かす競争をする。 ・容器を各種用意して、好きな容器で試させる。 ・早く溶かした児童の話聞き、自分なりに溶かす工夫をする。 ・他の児童との競争でなく、1回目より早くとければそれなりに認めてやる。
2	シャボン玉遊びをしよう ・いろいろなシャボン玉をつくる ・他の子の工夫も聞いてみる ・何度も試してみる ・次回に向けて自分の願いをはっきりさせる	・できたせっけん液でどんな遊びができるか考えさせ、試させる。 ・いろいろな大きさのストローを準備しておく。 ・しばらくシャボン玉で遊ばせたあと、どんな工夫をしたか発表の場をもつようにする。 ・大きなシャボン玉やきれいな虹色の玉、たくさん出る吹き方など工夫した児童がいれば、みんなの前で大いに賞揚する。 ・次時にはシャボン玉大会をすることを話し、必要なものを持参させるようにする。

3・4	<p>シャボン玉大会をしよう</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自分が作りたいシャボン玉を考え、それができるように工夫してみる</li> <li>・いろいろな材料や方法を試してみる</li> <li>・自分で満足できるシャボン玉ができるよう、何度も作り直してみる</li> <li>・同じ願いの子の工夫を聞いてみる</li> <li>・競争もしてみよう</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・家から持ってきたものも使って、楽しいシャボン玉大会をする。</li> <li>・せっけん以外の洗剤をもってきた者がいても認めてやる。</li> <li>・教師の準備として、各種のストローのほか、筒やモール、砂糖など、工夫したシャボン玉を作るための用具もいろいろ取り揃えておく。</li> <li>・活動中は児童の中を回り、工夫した活動をしている児童がいたら、積極的にほめるようにする。</li> <li>・活動が停滞している児童には、何がしたいかを聞き、上手に遊んでいる児童を紹介する。</li> <li>・途中で「自慢タイム」をとり、上手に遊んでいる児童の活動のコツを紹介してもらい、他の児童の活動を広げるように配慮する。</li> <li>・一人ひとりに個別の支援をする。</li> <li>・大きなシャボン玉、たくさん出る吹き方、きれいな色が出るシャボン玉、高く上がるシャボン玉など、部門ごとに競争をしようということになればさせてもよい。</li> </ul>
5	<p>おもしろかったシャボン玉大会</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自分が工夫したところ</li> <li>・うまくいったところ</li> <li>・友達の工夫したところ</li> <li>・発表が上手だったところ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シャボン玉大会を振り返り、どんなことが楽しかったか他の人に分かるように発表する。</li> <li>・自分の作ったシャボン玉の絵を描いてよくわかるようにさせるのもよい。</li> <li>・シャボン玉の秘密など、分かったことがあればそれも合わせて発表する。</li> <li>・他の子の発表を聞き、工夫したところをお互いに認め合う。</li> <li>・発表を通してがんばった自分にも気付けるように教師は支援する。</li> </ul>

### 2・1・5. 考察

小学校低学年（生活科）における「溶液」の扱いを述べたが、小学校低学年においては「溶液」の意識はまだない。せっけんが水に溶けることは、アイスクリームが溶けることとは違うようだと思いついても、それがどう違うかは説明できない。もちろん粒子的な発想も出ることはない。ここでは、せっけん溶かし競争をすることにより、せっけんは、水を多くする、よくかき混ぜる、せっけんを細かくする、お湯を使うなどの操作により溶け方が速くなるという溶け方の基礎に気がつけばよいと考える。

また、シャボン玉大会では、試行錯誤しながらよいシャボン液を作る段階で、せっけんは濃すぎても薄すぎてもよいシャボン玉にならないことに気がつき、水とせっけんの量を意識するようになれば、溶質と溶媒の関係に気付いていると判断できる。また、試行錯誤を繰り返しながら上手なシャボン玉ができる条件に気がつけば、分析的に考えることができるようになってきたと判断できる。しかし、ここで「溶ける」ことについて科学的な見方や考え方を養うべきという考え方には賛成できない。

生活科が活動を通して実体験を増やすことと、自分の考えで遊びを工夫することがねらいの中心であることを考え合わせると、小学校低学年では活動を通して面白かった、不思議だったという体験を十分満足するまでさせることが大切であり、そのような体験が3年以上の理科において、科学的なものの見方考え方を築く基礎体験になると考える。溶液についても、まず十分な時間を自分の考えで繰り返し試す活動にあて、どろ水やせっけん水・色水についての体験を広げることが大切であると考え。

## 2・2. 理科における扱い

平成20年3月告示の学習指導要領で、小学校理科においては目標と内容がこれまでの3区分から、2区分に変更された。具体的には、A：生物とその環境、B：物質とエネルギー、C：地球と宇宙が、A：物質・エネルギーとB：生命・地球の2区分に統合されたのである。これまでの3区分は昭和43年の告示以来利用されてきた区分法で、小学校の児童の発達段階やものの見方や考え方の特性に沿ったものであるとされてきた。今回の改定では児童の学び方の特性とともに、中学校の「第1分野」「第2分野」との整合性も加味して構成された。また、内容構成においても、これまで校種毎にそれぞれが構成してきたものを、小・中・高を通じた内容構成として示したことも特徴となっている。今回の私たちの研究も「溶液」の概念が子どもの成長に伴いどのように形成されていくかを、校種を通じた目で見えてみようというのが発端であり、この点について小学校理科を見ていくことにする。

今回の改定でA：物質・エネルギーの区分は従来のB：物質とエネルギーを引き継いだものであると明記してあるが、エネルギーと粒子に分けて小学校から高校までを通じた内容構成として示した点と、粒子の概念を「粒子の存在」「粒子の結合」「粒子の保存性」「粒子のもつエネルギー」に分けて考えている点に大きな特徴がある。「溶液」については、主に「粒子の保存性」に属する概念として捉えられ、3年生での「物と重さ」、5年生での「物の溶け方」、6年生での「水溶液の性質」での指導を通して、中学校1年「水溶液」、2年「化学変化」、3年「酸・アルカリとイオン」へとつながっていく。ここでは主に5年生の「物の溶け方」に焦点を当て、小学校段階での児童の溶液についての意識を考えてみたい。

### 2・2・1. 単元名

物の溶け方 5年

### 2・2・2. 単元の目標

物を水に溶かし、水の温度や量による溶け方の違いを調べ、物の溶け方の規則性についての考えをもつことができるようにする。

### 2・2・3. 学習指導計画 (16時間完了)

- ① 食塩は水に溶けても全体の重さはかわらないこと …………… 4時間
- ② 物が水に溶ける量には限度があること …………… 6時間 (本時 2/6)
- ③ 水に溶けている物は取り出すことができること …………… 6時間

## 2・2・4. 本時の指導

### ① 目標

・一定量の水に食塩を溶かし続けていくと、やがて溶け残るときがくることを、定量的に調べることができる。

・記録を基に食塩の溶け方について、自分なりの考えをもつことができるようにする。

### ② 前時までの学習

児童は、水に入れた食塩や砂糖は溶けて見えなくなってしまうが、重さがあり、物として残っていることに気付いた。また、定量的な学習をする基礎としてのメスシリンダーや上皿天秤の使い方を学んでいる。

### ③ 準備

メスシリンダー、ビーカー、かくはん棒、上皿天秤、薬さじ、薬包紙、食塩

### ④ 指導過程

表3 指導過程（小学校理科）

時	学習活動	指導上の留意点	評価の観点と方法
5分	1 食塩は水に限りなく溶けるか自分の考えをもつ。 ・限度がある。 ・限りなく溶ける。	・過去の経験を話し合い自分なりの考えがもてるようにする。 ・50mlの水を示し、この中に溶ける量として具体性をもたせる。	・自分なりの予想ができたか、記述の内容からとらえる。
30分	2 50mlの水に溶ける食塩の量を追究する。 ○それぞれの考えた方法を発表する。 ○自分の考えに従い実験に取り組む。 ・決まった量の食塩を量り取り、溶けたらまた決まった量を入れる方法で。 ・ある程度まとまった量を溶かし、あとは少しずつ食塩を加えていく方法で。 ・先に食塩を量り取っておき、少しずつ溶かして、もう溶けなくなったとき残りの食塩を量る方法で。	・水50mlの量は指定し、各自の考えた方法でどれだけ食塩が溶けるか調べさせる。 ・溶ける量に限度があるかないか、あればどれだけか追究させる。 ・50mlはメスシリンダーで測り取らせる。 ・入れる食塩は上皿天秤で量り取らせる。 ・それぞれが考えた方法で取り組ませる。 ・考えの同じ児童同士でグループを組ませて取り組ませてもよい。 ・なかなか活動が始まらない児童には、他の児童の方法を見学させるな	○追究の方法が考えられているかどうかは以下の方法でとらえる。 ・記述の内容から ・発表の内容から ・実験の内容から ○定量的に調べているかどうかは以下の内容から判断する。 ・きちんとメスシリンダーや上皿天秤を使って量ろうとしているか。 ・何グラムの食塩を入

10分	<ul style="list-style-type: none"> <li>・はじめに全体の重さを量っておき、もうこれ以上食塩が溶けなくなったときもう一度全体の重さを量る方法で。</li> <li>3 食塩の溶け方について分かったことをまとめる。</li> <li>・実験の結果を発表する。</li> <li>・学級全体の結果を踏まえどんなことが言えそうか考える。</li> <li>・自分なりのまとめをする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ど、個別に支援をする。</li> <li>・50ml と水の量を決めておくことでどの児童も同じような結果になることが予想される。</li> <li>・他の児童と大きく結果が異なる児童には見直しをすすめる。</li> <li>・学級全体でどのような傾向になったか考えさせ、まとめを書かせる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>れたかきちんと記録をとっているか。</li> <li>・たくさんの結果をまとめて考えているか、自分なりの考えが書けているか記録の内容からとらえる。</li> </ul>
-----	---	--	---

### 2・2・5. 考察

小学校理科において、溶液の内容は「粒子の保存性」として主に指導される。3年生では、物は形が変わっても重さは変わらないことを学ぶ。5年生では、さらに「粒子の保存性」に関する中心的な内容の学習を通して、物が溶けることに対する見方や考え方を深めていく。しかし、続く6年生の「水溶液の性質」では、溶けた金属が化学変化をしてしまうことから粒子としてとらえさせることは難しくなるため、ぜひ5年のこの単元で「粒子概念」を形成させておきたい。

この単元では第一次の学習を通して児童は食塩が水に溶けて見えなくなっても、水中に確かに存在していることを重さが保存されていることから認知する。第二次では、一定量の水に溶ける食塩の量には限りがあることを学ぶ中で、受け皿としての水を意識する。さらに、第三次では食塩やホウ酸の水溶液を蒸発させることにより、水に溶けていたものを取り出すことができることを学ぶ。本単元ではこれら三段階での指導により「粒子の保存性」に気付かせる構成がされている。

またこの単元ではそれらの指導を通して、変化させる要因と変化させない要因を区別しながら実験する条件制御の能力を高めることも求められている。私は条件制御の考え方を身につけるとともに、自ら追究する姿勢を高めることを意識して本指導案を作成した。個別実験が中心になるので指導は難しいように思われるが、私の経験から考えると5年生の能力で十分できる内容である。

ところで、本題の「粒子概念」について考察する。5年生の児童は溶けるということはどういうことかなど考えたこともない。しかし、溶けても水の中に存在している、蒸発させれば溶けていたものを取り出すことができるという事実を基に考えさせれば、溶ける＝目に見えないぐらいの小さな粒になるという考え方は容易に思いつく。また、図を描かせれば粒子として説

明する児童も出てくるので、その考えを大切に、本単元で「粒子の保存性」についての考え方を十分押さえておくことが小学校段階では大切であると考え。

### 3. 中学校の事例より

小・中学校の新学習指導要領の告示（平成 20 年 3 月 30 日）により平成 21～23 年度までが移行措置期間となり、各学校では実態に応じて指導改善が行われている。改定の要点に「科学に関する基本的な概念の一層の定着を図り」とあり、小・中学校を通した内容の一貫性を重視したカリキュラムの再検討も含め、その実践を進めることが求められている。

新学習指導要領第 4 節理科 2 内容の中、「粒子を柱とした見方や概念」の育成を図るための学習内容として、(2) 身の回りの物質 イ 水溶液「(ア) 物質の溶解 物質が溶ける様子の観察を行い、水溶液の中では溶質が均一に分散していること」、ウ 状態変化「(ア) 状態変化と熱 物質の状態変化について観察・実験を行い、状態変化によって物質の体積は変化するが質量は変化しないことを見いだすこと」とある。内容の(2)のイ(ア)については「粒子のモデルと関連付けて扱うこと」、(2)のウ(ア)については「粒子のモデルと関連付けて扱うこと、その際、粒子の運動についても触れること」とある。

本研究においては、粒子概念の導入する際の事象提示の工夫、生徒のイメージに働きかけるモデル化に重点を置いた実践事例の提案としたい。

小学校「水溶液」で学習したにもかかわらず、「水に溶けた食塩はどこにいったのか」との問いかけに対し、「消えてなくなった」「見えなくなった」としか答えられない生徒が少なからずいる。そこで、物の溶け方の規則性を確認する実験をした上で粒子モデルを導入することが、生徒の学習状況に合っているものと考え。事象提示・観察を通した粒子モデルを導入し、この事象を説明することができるようにすること。また、学習課題に対し、粒子モデルで説明することができるようにすること、などである。中学校理科全学年に関わる「粒子」を柱とした見方や概念へのアプローチとなるのではないか。

#### 3・1. 単元名

水溶液 1年

#### 3・2. 単元の目標

ア 物質の溶解

物質が水に溶けるようすの観察を行い、水溶液の中では溶質が均一に分散していることを見いだすこと。また、物質の溶解を粒子モデルと関連づけて理解させる。

イ 溶解度と再結晶

水溶液から溶質を取り出す実験を行い、その結果を溶解度と関連付けてとらえること。

#### 3・3. 学習指導計画（5時間完了）

- ① 物質が水に溶けるようすを調べよう・・・・・・・・・・2時間（本時 1/2）
- ② 水に溶けている物質を取り出そう・・・・・・・・・・2時間

③重量パーセント濃度・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1時間

### 3・4. 本時の指導

#### ①目標

・物質の溶けるようすを観察したり、水に溶ける物質のようすを観察・実験したりして水溶液を調べようとする意欲を高める。 (関心・意欲・態度)

・物質が水に溶ける前後の重さを、自動上皿はかりを使って測定することができ、水に溶けた物質は重さとして保存されていることを定量的に調べることができる。

(技能・表現)

#### ②準備

〈教師演示実験〉自作のビデオ (コーヒーシュガー、コップ、スプーン)

VTR、TV、レーザーポインター

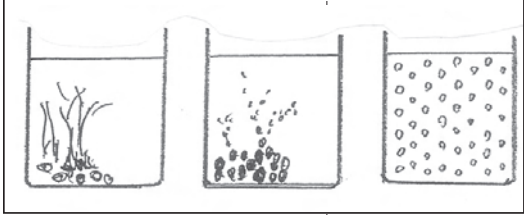
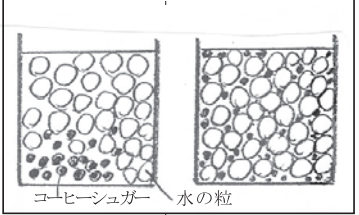
〈生徒班実験〉コーヒーシュガー、デンプン、ビーカー2個、ろ紙、ロート、スポイト  
スライドグラス

#### ③指導過程

表4 指導過程 (中学校)

時間	学習活動	指導上の留意点	評価の観点と方法
3分	1 「物質が水に溶けるとはどのようなことか」について考えることを知る。 演示実験 (VTR) を見る。	・ コーヒーシュガーの溶けるようすを見せて、溶ける現象について興味をもたせる。 ・ 中のモヤモヤに注目させる。	○ 事象に対し興味をもって視聴することができたかを、つぶやきや表情からとらえる。
25分	2 水に溶けた物質はどこにいったのかを調べる。 ○ コーヒーシュガー・デンプンを溶かす前後の重さや、溶かすとその物質がなくなってしまうのかを話し合う。  (1) 溶かす前後の重さはどうなるか。 ア 溶けた後の重さについて各自予想する。 イ 溶けた後の全体の重さを測定する。 ウ 溶けた後の重さを比べ	・ 生徒の考えを出し合う中で、課題解決への意欲を高め、溶かす前後の重さや物質自身がなくなってしまうのかを確かめる実験方法を考える。 ・ 自動上皿はかりを使い、測定時間短縮を図る。  ・ 葉さじ1ばい分のコーヒーシュガ	○ 水溶液を調べようとする意欲の高まりを、話し合いのようすからとらえる。  ○ 安全に実験を行うことができているかを、机間指導によりとらえる。



<p>20分</p>	<p>る。</p> <p>エ 実験の結果から、溶けた後の重さについて、まとめる。</p> <p>(2) 水に溶けた物質は、どうなったか考える。</p> <p>ア 液の色の变化、液のようすから各自予想する。</p> <p>イ コーヒーシュガー水溶液・デンプン水溶液と比較して違いを観察する。</p> <p>ウ 各水溶液をろ過する。</p> <p>エ ろ液を加熱して乾かす。</p> <p>3 物質の溶けるようすをモデル図で表す。</p> <p>(1) コーヒーシュガーの溶けるようすを、絵で表現する。</p> <p style="text-align: center;">〈表現Ⅰ〉</p> <p>(2) 水に溶けた物質のようすを基に、粒子モデルを使って表現し、発表する。〈表現Ⅱ〉</p>	<p>ー・デンプンを用意し、その全体の重さを測る。</p> <p>・いずれも、重さについては変わらないことを確認する。</p> <p>・液の色の变化、液のようすから、各自の考えを記述させる。</p> <p>・物質が溶けると、液が透明になることを確認する。</p> <p>・違いに気付かない生徒には、レーザーポインターの光線を当て、そのようすに違いがあることから気付かせる。</p> <p>・スライドガラスについたコーヒーシュガーの色から、砂糖が溶けていたことを確認させるため、ドライヤー熱風などで乾かす。</p> <p>・ろ過した液を乾かした時、デンプンは何も残らないことから、溶けていなかったことで確認する。</p> <p>・コーヒーシュガーの固まりから線、線から粒へと、表現が深まるよう助言する。</p> <p>・実験結果と結びつけて、図に説明記述を加えるよう助言する。</p> <p>・表的な図を選んで発表させる。</p>	<p>○実験結果を基にまとめているかを、学習プリントの記述からとらえる。</p> <p>○物質はなくなっていないことに気付いたかを、学習プリントの記述からとらえる。</p> <p>○モデル図で表現できたかを、学習プリントの記述からとらえる。</p>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>〈表現Ⅰ〉例</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>〈表現Ⅱ〉例</p>  <p>コーヒーシュガー 水の粒</p> </div> </div>		

2分	6 まとめる。		○実験結果と結びつけ説明を加えた粒子モデル図で表現できたかを、まとめの内容からとらえる。
----	---------	--	--

### 3・5. 考察

本時では、「物質の溶けるようす」の観察・実験の結果を基に、物の溶け方の規則性（「重さは保存されること」「溶けると液が透明になること」「目に見えなくなっても水溶液中に存在すること」）を確認することによって、粒子モデルでの思考を導入しやすくすることができるのではないかと考える。

まず、「物質の溶けるようす」を絵で表現させる（表現Ⅰ）。そして、目に見えなくなった粒を目に見える粒で表現させる（表現Ⅱ）ことによって、粒子モデルの考え方を深めさせることができ、物の溶け方の規則性についての見方や考え方を深めることができるようになるのではないかと考える。

次時では、ろ紙中央に少量の食塩・でんぷん混合粉末を入れ、下図のようにろ紙を折り曲げたものをビーカーの水の中に入れる実験を準備する。はじめに、「ビーカーの水の中に、食塩・でんぷんが出てくるか、どうか。」の発問をした後、観察・実験し、その結果から、食塩・でんぷんのそれぞれの粒の大きさに注目させる。

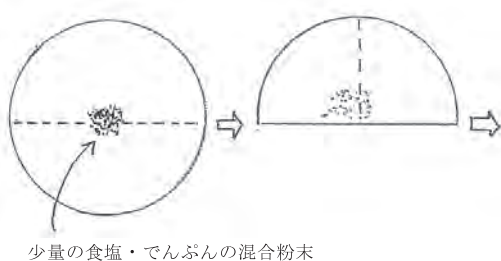


図1 ろ紙に混合粉末を入れる

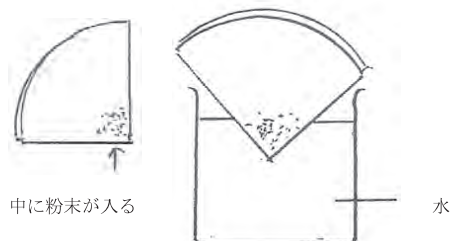


図2 粉末は溶けるか

ビーカーの水の中に、食塩は出てくる（ろ液数滴を乾かせば、食塩結晶が出る）が、でんぷんは出てこない（ろ液はヨウ素反応がない、残ったろ紙の中はヨウ素反応がある）ことから、ろ紙の網の目の大きさと、水に溶けた食塩の粒・でんぷんの粒の大きさとを比較させる。

生徒がそのモデル図を考える場面では、大・小の発砲スチロール球・金網を使ったモデル実験を演示したりして、粒の大きさに違いがあることに気付かせたい。また、角砂糖が水に溶けるようす（5枚程度の経過写真）から、しばらく時間が経ったときの水溶液のモデル図を書か

せたい。その取り組みによって、水溶液中では溶質が均一に分散する考えを深めたいと考えている。水溶液中の目にみえない食塩の粒やでんぷんの粒の大きさを表現したり、その粒のようすを表現したりすることによって、物質に対する科学的な見方・考え方が一層深まることをねらいとしたい。

以上のように、中学校での粒を柱とした指導では「粒子の存在」「粒子の結合」「粒子の保存性」「粒子のもつエネルギー」という段階をふまえて学習の流れを考えた指導の流れが重要である。粒子モデルを単に『こうなっているよ』と指し示すだけで終わらず、「溶ける」様子から「粒子モデル」をイメージさせた上で事象を考えさせた方が高校での発展的な学習へと結びつくのではないかと考える。物質の溶解について粒子モデルと関連づける指導を通し、より深い理解させる授業を提案したい。

#### 4. 高等学校の事例より

平成 21 年 3 月、新しい高等学校学習指導要領、特別支援学校の学習指導要領等が公示された。新高等学校学習指導要領は、平成 25 年度入学生から年次進行で実施されるが、総則や特別活動等は平成 22 年度から、数学、理科及び理数については平成 24 年度の入学生から先行実施される。高等学校理科改定の主なポイントは、まず教科の目標において、生徒が目的意識をもって観察や実験を行うことの重要性がより明確に示された。科目の構成では、「理科基礎」「理科総合 A」「理科総合 B」はその主な内容が中学校へ移行したため廃止され、「科学と人間生活」「理科課題研究」が新設された。そして、物理、化学、生物、地学のうち 3 領域以上の科目を確実に履修するように改訂されている。

化学領域では、日常生活や社会との関連、中学校理科第 1 分野との接続、目的意識をもった観察や実験が重視されている。「化学基礎」(2 単位)は、文系志望も含む多くの生徒が履修すると思われるが、中学校理科の「水溶液」からの接続を考えると、ここでは 3 つの大項目のうち「(1) 化学と人間生活」の中の、中項目「イ 物質の探求」を取りあげたい。

中学校では、関連する内容として、第 1 分野「(2) 身の回りの物質」で、物質は融点や沸点を境に状態が変化することや、沸点の違いによって物質が分離できること、水溶液中からの再結晶について学習している。また、第 1 分野「(2)ウ(7) 状態変化と熱」で、状態変化によって物質の体積は変化するが質量は変化しないことを学習している。このことを踏まえ、本単元では粒子概念の定着を図るとともに、基本的な実験操作を習得する。

##### 4・1. 単元名

物質の探求

##### 4・2. 単元の目標

ア 単体・化合物・混合物

物質の分離・精製や元素の確認などの実験を通して、単体、化合物及び混合物について理解するとともに、実験における基本操作と物質を探究する方法を身に付ける。

イ 熱運動と物質の三態

粒子の熱運動と温度及び物質の三態変化との関係について理解する。

4・3. 学習指導計画（7時間完了）

- ① 物質の分離・精製・・・・・・・・・・・・・・・・・・3時間（本時 1/3）
- ② 熱運動と温度・・・・・・・・・・・・・・・・・・2時間
- ③ 物質の三態・・・・・・・・・・・・・・・・・・2時間

4・4. 本時の指導

①目標

・分離の方法の一つである蒸留により、赤ワインからアルコールを分離する実験を行い、器具の使い方や注意点などを理解し、基本的な実験操作を身に付ける。

・これらの実験を通して、単体や化合物、混合物について理解する。

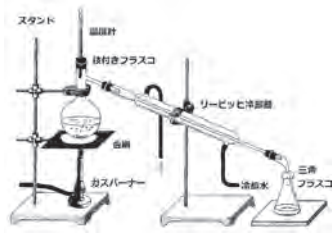
②準備

（教師演示実験）自作の実験ビデオ（ろ過、再結晶、抽出、昇華、クロマトグラフィー）

（生徒班実験）赤ワイン、枝付きフラスコ、リービッヒ冷却器、三角フラスコ、温度計、ガスバーナー、金網、沸騰石、ゴム管、ゴム栓、スタンド、蒸発皿

③指導過程

表5 指導過程（高等学校）

時間	学習活動	指導上の留意点	評価の観点
10分	1 混合物から純物質を分離する方法について話し合う。	・混合物の分離の実験（ろ過、蒸留、再結晶、抽出、昇華、クロマトグラフィー）の中から、蒸留に注目させる。	○事象に対し、興味をもって視聴することができたか。
30分	2 赤ワインの蒸留 (1) 赤ワインの中に何が入っているか予想する。 (2) 演示実験（VTR）を見る。 (3) 赤ワインからアルコールを取り出す実験をする。 ① 枝付きフラスコに赤ワインと沸騰石を入れ、蒸留装置を組み立てる。 ② ガスバーナーに点火して、実験を始め、温度を確認しながら、蒸留のようすを観察する。	 <p>・沸騰石は数個入れるようにする。                      ・枝付きフラスコに入れる液量は1/3程度にする。                      ・温度計は、液玉がフラスコの枝の付け根あたりになるようにする。</p>	○関心・意欲を持って、装置を組み立て、実験ができたか。 ○装置が確実に組み立てられたかを確認し、安全に実験を始め、終了する判断ができるか。

10分	<p>③ 蒸留されて出てきた液体の色、においを観察する。少量の液体を蒸発皿に移し、火をつけてみる。</p> <p>④ 枝付きフラスコに残った液体の色、においを観察する。少量の液体を蒸発皿に移し、火をつけてみる。塩化コバルト紙に液体をつける。</p> <p>5 考察</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・赤ワインから、何と何とが取り出せたか。(ワインの中の様子を粒子で表す)</li> <li>・蒸留は物質のどんな性質の違いを利用して分離しているのか。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・冷却水はリービッヒ冷却器の下方の口から流し込むようにする。</li> <li>・においをかぎ過ぎないように注意する。</li> <li>・実験の終了したところから、考察に移りノートに記入させる。</li> <li>・赤ペン、黒ペンを用意し、赤ワイン液中の色素、水とアルコールの粒子モデルを描かせる。</li> <li>・温度計の読みから、水とアルコールの沸点の違いに気付かせる。</li> </ul>	<p>○実験の観察、結果の表現は適切か。</p> <p>○実験の基礎的知識や装置の操作法を理解しているか。</p>
-----	--	--	---

#### 4・5. 考察

水溶液については、中学校での学習で、粒子モデルと関連付けて学習している。また、質量パーセント濃度、溶解度曲線や再結晶についても学習しており、日常的な知識としてはこれで十分である。高等学校での学習「物質の構成粒子」「物質と化学結合」「物質の探求」の中では「粒子の存在」「粒子の結合」「粒子の保存性」を重視していくことが大切であると考え。本研究事例の「物質の分離の学習」のように粒子モデル図を描かせる場面を作ることによって、「粒子の保存性」に気付き、水溶液の理解がより深まるものと考え。また、加熱することによって、何故アルコールが水より先に出てくるかについて考える生徒の意見を採り上げ、粒子のエネルギーについても考えさせるようにすれば、もの見方・考え方をひろげることができ、次時の「熱運動と温度」「物質の三態」の学習に結びつけることも容易になると考える。

ところで、溶液については今後、溶解度を溶解平衡と関連付けて理解させ、気体の溶解度についてはヘンリーの法則を扱い、溶液の性質については蒸気圧降下、沸点上昇、凝固点降下、浸透圧やコロイド溶液等を扱うが、いずれも科目「化学」の内容となり、理系進学者しか選択しない。多くの生徒についてはこの単元が溶液教材の最後となるので、高校段階での学習のまとめとして、本単元で溶液における粒子の存在についての見方・考え方についてぜひ身につけさせたい。

本稿では、多くの生徒が履修すると思われる科目「化学基礎」において、関連が深い内容である分離・精製の実験を取り扱った。高等学校での実験は、より定量的なものとなるが、本時の操作は基礎的なものばかりであり、中学校からの接続がスムーズに行われる実験である。また、教材として赤ワインを使用することにより、生徒の興味・関心も高まることが期待され、

粒子の概念を高めるとともに、化学が身近な生活と結びついていることを体験できるよい機会になるであろう。

### おわりに

「とける」という身近な事象を中心に、図3のように「粒子」を柱とした見方や概念で、幼、小、中、高とそれぞれ指導の一例を取り上げてみたが、学年や発達段階が異なると、かくも指導方法が違うのかと改めて思い知ることになった。学習指導要領が繰り返し改訂されて教材の配列や指導の方法が工夫されるが、普遍的な理科の内容は変わっていないのである。人間が本来持っている潜在能力は十年たってもそれほど変わることはないが、子どもの直接体験の機会はこの十年の間に激減してしまった。そのため、過去の経験を元に物事を考える力は衰え、ともすると頭の中のみで考えることが多くなって、事象を見ても疑問を感じない子どもも多くなった。これは、時代とともに子どもの環境や実態も変わっていくことを示している。

	幼稚園	砂遊び・水遊び			
小学校	生活科	どろんこ遊び・シャボン玉遊び・花を使って色遊び			
	理科	粒子の存在	粒子の結合	粒子の保存性	粒子のもつエネルギー
		空気と水の性質		物と重さ 物の溶け方	金属、水、空気と温度
		燃焼の仕組み	水溶液の性質		
中学校	第1学年	物質のすがた		水溶液	状態変化
	第2学年	物質の成り立ち		化学変化 化学変化と物質の質量	
	第3学年	水溶液とイオン		酸・アルカリとイオン	
高等学校	化学基礎	物質の構成粒子	物質と化学結合	物質の探求	
		物質と化学反応式	化学反応		
		化学と人間生活とのかかわり			

図3 「粒子」を柱とした見方や概念

いわゆる「知識基盤社会」の時代と言われる 21 世紀は、「生きる力」を育むことがますます重要になっている。また、OECD の PISA 調査など各種の調査結果からは、我が国の子どもたちについて、読解力や記述式問題等に様々な課題があることが指摘されてきた。これらの課題の解決のために、われわれ教師は理科を通して直接体験の重要性を示し、子どもたちのものの見方・考え方を広げる努力が必要であろう。

今回の学習指導要領の改訂では、これまでの「生きる力」の育成がさらに求められている。自分で考え行動できる力をもった子どもの育成を目指し、指導要領の趣旨に沿って、基礎的・基本的な知識・技能の習得を図るとともに、探究的な学習活動についてもさらなる発展・充実に心がける理科指導の実践に努めたいものである。

#### 【参考文献】

- ・ 文部科学省・幼稚園教育要領・フレーベル館・2008
- ・ 厚生労働省・保育所保育指針・フレーベル館・2008
- ・ 文部科学省・小学校学習指導要領・文部科学省・2008
- ・ 文部科学省・小学校学習指導要領解説生活編・日本文教出版・2008
- ・ 文部科学省・小学校学習指導要領解説理科編・大日本図書・2008
- ・ 文部科学省・中学校学習指導要領・文部科学省・2008
- ・ 文部科学省・中学校学習指導要領解説理科編・2008
- ・ 文部科学省・高等学校学習指導要領・文部科学省 HP・2009
- ・ 文部科学省・高等学校学習指導要領解説理科編・文部科学省 HP・2009
- ・ 日本理科教育学会・理科の教育 425 号「溶液教材の指導とその改善」東洋館出版社・1987
- ・ 清原洋一・高等学校理科の改訂－総論－・理科の教育 687 号・東洋館出版社・2009