

幼児・児童の「ものの溶け方」についての認識調査

森下浩史，持丸裕美，吉田成完，市瀬智嗣（長崎大学教育学部）

1. はじめに

「もの」に対する科学的認識を深める目的で，現行の学習指導要領では小学校第5学年で単元「ものの溶け方」を学習する。「ものの溶け方」の主な学習内容は①ものが溶けてできた溶液は透明である，②溶液は均一である，③溶質は見えなくなっても保存されている，④ものが溶ける量には限度がある，である。

溶解現象は私たちの身の回りに数多く存在している。子ども達が抱えている水溶液の概念については，彼らの実生活の中で形成された独自の溶解現象に対する理由付けはあるものの，必ずしも科学的な知と整合しているわけではない（子ども科学¹⁾）。²⁾ 視認できない現象を取り扱う「ものの溶け方」の学習において，子ども達自身の実生活に基づき，科学的な試行錯誤を通して，どう学ぶ意欲と方法を育むかが課題である。その基礎資料を得る目的で，「ものの溶け方」の学習前の幼児・児童について溶解現象の認識調査を行った。「ものの溶け方」学習の一助としたい。

2. 幼児の「ものが溶ける」ことに対する意識調査

2-1. 幼児の「ものが溶ける」ことに対する意識調査方法

写真1～写真4に示したパネルを用いて，「もの」が水に溶けることについて幼児はどのようなイメージを持っているか調査した。

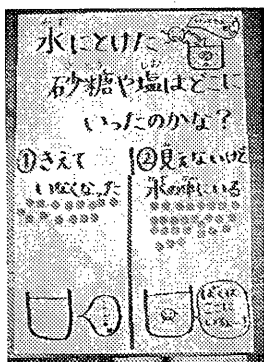


写真1

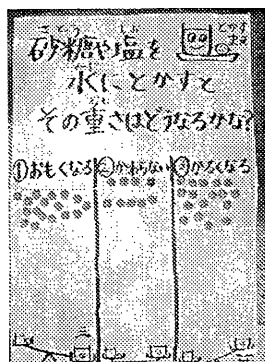


写真2



写真3

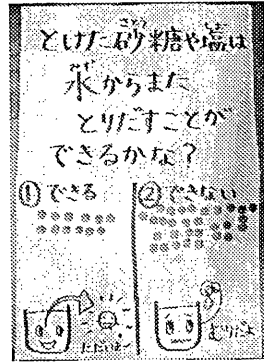


写真4

本調査は長崎県主催ココロねっこ運動企画（平成19年11月18日）のサイエンスワールド広場（於長崎国際大学）「砂糖を水に溶かしてみよう」のブースにて，幼児（42名）を対象に二者択一または三者択一型のパネルクイズ方式で行った。

幼児にはクイズに答えてもらう前に，砂糖や塩の溶解現象，および幼児の手に持たせた金平糖のシュリーレン現象を観察してもらった。我々教育学部スタッフ

又は保護者が付き添った上で、幼児にはクイズに答えてもらった。

2-2. 幼児がもつ「ものが溶ける」イメージの調査結果および考察

図1～図4に先のクイズ①～④における幼児の溶解現象に対するイメージの結果を示した。

クイズ①：水に溶けた砂糖や塩はどこに行ったのかな？（写真1，図1）

いなくなった…15人 見えないけど水の中にある…27人

クイズ②：砂糖や塩はいつまでも溶け続けられるかな？（写真2，図2）

どれだけ入れても溶ける…27人 途中から溶けなくなる…15人

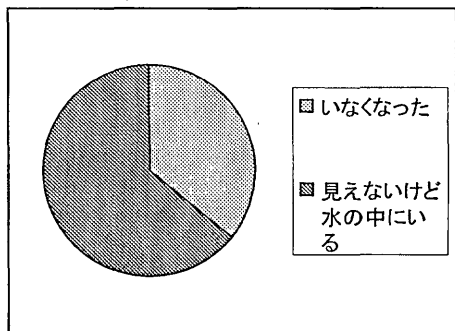


図1 砂糖や塩はどこに行った？

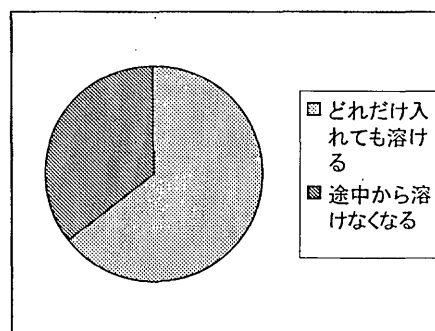


図2 いつまでも溶かすことができるか？

クイズ③：溶けた砂糖や塩は水からまた取り出すことができるかな？（写真3，図3）

できる…12人 できない…30人

クイズ④：砂糖や塩を水に溶かすとその重さはどうなるかな？（写真4，図4）

重くなる…17人 変わらない…8人 軽くなる…17人

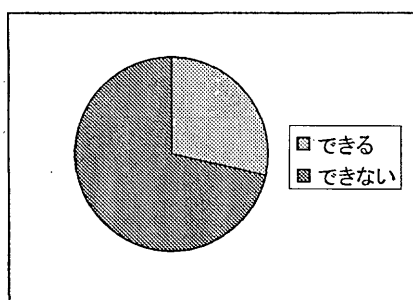


図3 取り出すことができるかな？

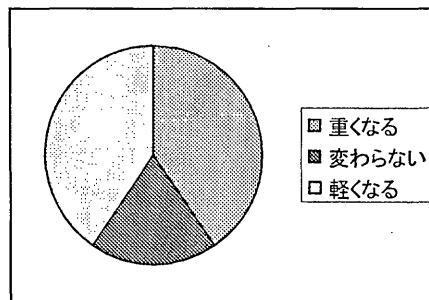


図4 重さはどうなるかな？

クイズ①の質問については、当日の溶解現象の演示実験や自らが行った実験で溶質が溶けて消えてしまったことから、「いなくなった」と答えた幼児が殆どであった。正答の中には、保護者の「料理の味付け」の助言をヒントにした幼児もいたが、曖昧なまま答えを選択している者が多かった。

クイズ②の質問については、溶解現象の実験などを観察する中で、ビーカー中に溶質を過剰に入れた時に溶質が底に沈殿している様子を観察できた幼児は、正答を導きだせたような印象を受けた。

クイズ③の質問については、溶質が水に溶けて見えなくなったため、なんとなく取り出せないと答えた幼児が多かった。

クイズ④の質問については、曖昧なままで答えた幼児が多く、「重くなる」とした者と「軽くなる」とした者の数は同人数で、正答の「変わらない」とした者は少人数であった。

幼児はまだ日常的に「溶解現象」に触れる機会が少なく、水に「ものが溶ける」ことについてはっきりとした溶解のイメージが育っていないのであろう。当日の演示や実験からだけでは殆どそのイメージも湧かなかったものとする。4つの質問の正答率は何れも我々が当初予想した結果よりも低いものであった。改めて、子ども達の「溶解現象」に対する科学的な認識不足の実体を再確認することができた。このことから、実生活の中で「溶解現象」に多く触れさせること、また「溶解」学習を小学校理科でカリキュラム立案、授業計画、授業活動を通して科学的に取り扱う必要があると考える。

2-3. 「ものの溶け方」の学習に関する小学校第4学年のレディネス調査

単元「ものの溶け方」の学習前学年である小学校第4学年に対して、「ものの溶け方」のレディネス調査を行った（平成19年12月4日）。調査対象は長与町立A小学校第4学年の児童30人であった。理科の授業ではまだ「ものの溶け方」の学習はしていないが、先に調査した幼児に比べ日常生活の中で「もの」が水に溶ける現象をある程度経験することが多くなった子ども達である。

本レディネス調査では幼児向けの2-1に示したクイズの内容に、①「とける」ものには何があるか、②溶媒に溶質を溶かしたときの体積の変化について、この2つの質問項目を加えた。さらに、それぞれの回答にはその根拠となる事柄を自由に記述してもらった。これは児童が「ものの溶け方」の学習をする前に、どのような学習レディネスをもっているのかを調査することが目的である。

2-3-1. 長与町立A小学校4年生の「ものの溶け方」のレディネス調査結果

調査①：「とける」ものには何がありますか？ 思いっただけ自由にたくさん書いてください。

チョコレート（28人）、氷（26人）、砂糖（23人）、アイス（19人）、塩（14人）、あめ（11人）、金属（8人）、ドライアイス（5人）、バター（3人）、雪（2人）、霜（2人）、カレー粉（2人）、以下各1人：キャラメル、ろうそく、かき氷、小麦粉、お吸い物の粉、片栗粉、リップクリーム、ココアの素、コンソメスープの素、もち、石鹼、マーガリン、景色、チョークで書いた字

調査②：砂糖が「水にとける」として、「チョコレートがとける」としては同じことであると思いますか？ また、どうしてそのように思ったのですか？ 理由を教えてください。（図5）

はい…3人

（理由）チョコレートにも砂糖が含まれているから（2人）

一粒ずつ抜ける感じは同じだと思うから (1人)

いいえ…27人

(理由) 砂糖は水に入れないと溶けないけれどチョコレートは室温で溶けるから (22人), チョコレートは溶けても目に見えるから (3人)

甘さや色が違うから (2人), 砂糖とチョコレートは違うものだから (1人), 無回答 (3人)

調査③: 水に砂糖や塩を入れると見えなくなってしまう。見えなくなった砂糖や塩はどこへ行ったのでしょうか? 「これかな」と思うものに○をつけてください。また, どうしてそのように思ったのですか? 理由を教えてください。(図6)

ア・消えてなくなってしまった…8人

(理由) 水の中には何も残ってなく溶けてしまったから (5人)

海と同じように塩水になったから (1人)

海水を入れてもじやりじやりしないから (1人)

口に入れると溶けてなくなるのでそれと同じ (1人)

イ・見えないけれど水の中に存在している…17人

(理由) 味がするから (4人), 目では見えないほど小さくなっている (3人)

ちゃんと入れたから (2人), 下にたまっている (2人)

塩は小さくなり, 砂糖は液体になる (1人), 実験でしたことがあるから (1人)

コンソメは溶けるけれど砂糖は衝撃を与えないと無理 (1人)

無回答 (5人)

ウ・その他…1人

(理由) 味だけが残っている (1人)

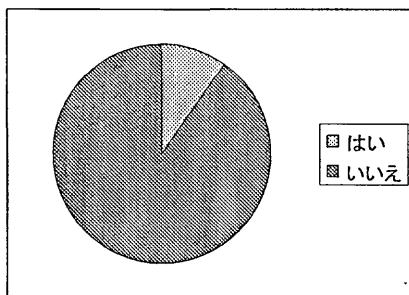


図5 とけることは同じ?

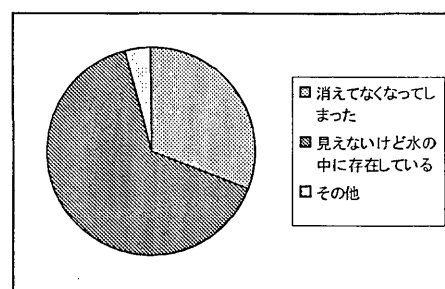


図6 砂糖や塩はどこに行った?

った?

調査④: 砂糖や塩は水に溶かすことができます。それでは, コップ1杯の水に砂糖や塩はいつまでも溶かすことができるのでしょうか? 「これかな」と思うものに○をつけてください。(図7)

ア・砂糖や塩は, 水にいつまでもとけることができる…1人

(理由) 海水の中に塩は見えないから (1人)

イ・砂糖や塩は、途中で溶けなくなり、コップの底にたまってくる…29人
 (理由) 実体験から (14人), 水の量が少ないから (4人),
 砂も溜まるからそれと同じ (2人), 限界があるから (1人)
 小さいのが溜まっている (1人), 砂糖水になってしまうから (1人)
 時間がたつと塩だけ残ってくる (1人)
 目には見えないけど溜まっている (1人), 無回答 (4人)

ウ・その他…0人

調査⑤：水に溶かした砂糖や塩を手ですくうことはむずかしいように思えます。水にとかした砂糖や塩をまたとりだすことはできると思いますか？当てはまるものに○をつけてください。また、どうしてそのように思ったのですか？理由を教えてください。(図8)

ア・できる…11人

(理由) 蒸発させるといい (3人), 水を手ですくえばいいから (3人)
 粒の形は見る事ができるから (1人)
 溶けなくなったものをとることはできるから (1人)
 目の細かい網でこすことはできそうだから (1人), 無回答 (2人)

イ・できない…17人

(理由) 一度もう溶けてしまったから (9人)
 水と一緒に間から抜けてしまうから (3人)
 海水と同じで水になってしまうから (2人)
 消えてなくなってしまったから (1人)
 コップの底にたまっているものだととれるけど、溶けたのは取り出せない (1人)
 水だけをとりだす方法があればできると思う (1人), 無回答 (2人)

ウ・わからない…1人

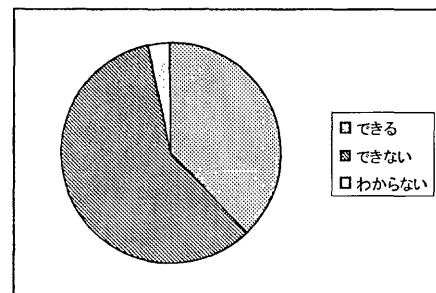
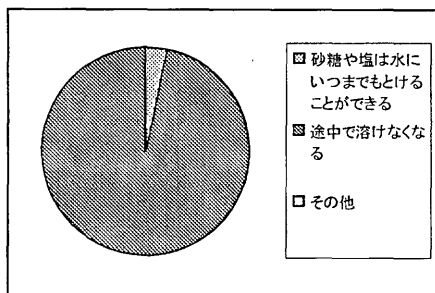


図7 いつまでも溶かすことができるか？ 図8 取り出すことはできるかな？

調査⑥：砂糖や塩を水に溶かすとその重さはどうなると思いますか？「こうかな」と思うものに○をつけてください。また、どうしてそのように思ったのですか？理由を教えてください。(図9)

ア・軽くなる…10人

(理由) 溶かしてしまったから (3人)

砂糖や塩は小さくなってしまったから (1人)
 消えてしまったから (1人), 水に入れると浮いて軽くなるから (1人)
 びちょびちょになるから (1人), 無回答 (3人)

イ・変わらない…13人

(理由) 砂糖にも重さがあって量は変わってないから (10人)
 1粒1粒がぼらぼらになっただけだから (1人)
 味が残っているから (1人)
 大量に入れたら変わるが, 少量では変わらない (1人)

ウ・重くなる…7人

(理由) 砂糖が水を吸ったから (5人), 水の力が倍増したから (1人)
 砂糖が溶けて水になり水の量が多くなったから (1人)

調査⑦: 砂糖や塩を水に溶かすとそのかさはどうなりますか? 「こうかな」と思うものに○をつけてください。また, どうしてそのように思ったのですか? 理由を教えてください。(図10)

ア・小さくなる…4人

(理由) 砂糖が水分を吸収しているためその分かさは小さくなるから (2人)
 無回答 (2人)

イ・同じである…9人

(理由) 砂糖や塩は消えてなくなり水の量は変わらないから (3人)
 お風呂に塩を入れたことがあるがかさが変わったようには見えなかった (2人)
 たくさんの砂糖や塩を入れると変わるが普通は変わらない (1人)
 砂糖も塩も水に溶けたから (1人), 無回答 (3人)

ウ・大きくなる…16人

(理由) 塩(物質)の分だけ増えると思うから (7人)
 お風呂時に自分が入るとお湯があふれるから (5人)
 砂糖や塩は下に沈殿していくから (1人), 無回答 (3人)

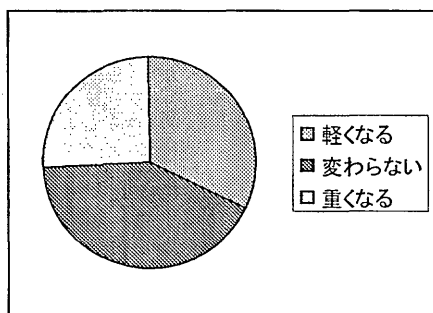


図9 重さはどうなるかな?

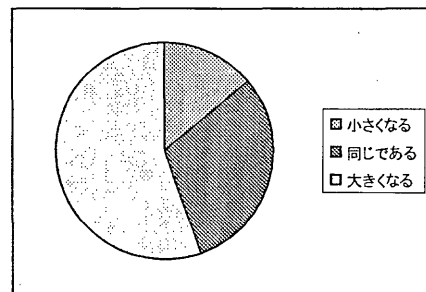


図10 かさはどうなりますか?

2-3-2. 長与町立A小学校第4学年の「ものの溶け方」に対する考察

以下, レディネス調査項目①~⑦についての考察を記す。

調査①では, 「とけるもの」を児童がどれだけ知っているかを調査した。「とけ

る」という語句には様々な意味や用途がある。チョコレートやアイスなどが口の中で「溶ける」や、水への溶解現象の意味での「溶ける」、また雪や氷など自然の中で発見できる「融ける」を連想してくれた児童もいた。この質問には全ての児童が5つ以上の「とけるもの」を記入していた。「とける」ことは児童にとって身近な言葉で、連想しやすいものと捉えてよいと判断できた。

調査②では、「とける」という語句の違いを調査した。例として、児童にとって馴染みのある砂糖、チョコレートの「とける」を取り挙げた。結果は90%の児童がこの違いを理解していた。ただ、誤答の中には我々大人になるほどと思ってしまう理由の記述があり、「ものの溶け方」の学習における導入部で「とける」の定義を的確に与えることが必要だと考察された。

調査③では、この質問に対する正答率は幼児の場合のそれと類似傾向を示した。溶質が視認できないことの原因が大きいであろう。回答理由の中に、塩と砂糖の水への溶解の状態の違いに注目した記述があった。この時期、個々の「もの」の性質についても丁寧に取り上げて教授することが必要だと考察された。

調査④では、幼児の正答率よりも遥かに良い結果が得られた。児童によるこれまでの実体験から溶け残りがあることを知っていたようだ。やはり、日常生活の中で観察できた事象は児童に説得力を与えると考えてよい。

調査⑤では、この質問に対する正答率は幼児の場合と比べて少し増えたが、正答率は低い水準のままであった。正答者の中で再結晶のことを知っていた児童は3人であった。「一度溶けたら取り出せない」と誤答した児童が多数を占めた。これは、日常生活で「もの」を溶かすことはあっても取り出す機会が圧倒的に少ないからであろう。物質の保存性を児童に体得させ得る教材の提示が必要であると考察できる。

調査⑥では、意見が3分割された。溶質の大きさが小さくなることや見えなくなること、水に濡れると重くなるなどのいろいろな理由があった。これらの理由については、児童自身の子どもの科学¹⁾に基づいて得心しているのであろう。これを、総体として質量は保存されることとうまく結び付けさせなければならない。「ものの溶け方」の学習ではこの保存則を確認させる定量的実験操作は必ず取り入れる必要がある。

調査⑦では、意見が3分割された。正答の中で、風呂のお湯が溢れることを理由に挙げた児童が数名いた。やはり日常生活で得られる観察事象は説得力を持っている。これらの視認できる事実を取り上げながら、さらに実験を通して溶解による体積増加を確認する必要がある。この事象の確認操作を経て、質量保存の法則や粒子概念の育成が図られると考察する。

小学校4年生に対する本レディネス調査では、全体的に見て「ものの溶け方」に対する考えの正答率は決して高くない。それでも、児童の実生活に結びついた質問に対しては、幼児の回答結果と比べて圧倒的に科学的に正しい回答が得られた。

児童が質問に対する回答の根拠として挙げた「溶解」に関わる現象の例として、コーヒーに入れる砂糖の溶解、風呂水のかさ、海の塩水などが多かった。「ものの溶け方」の授業では、これらの実生活に基づいた事象を取り上げ、児童の学習意欲の向上を大きく後押しして欲しい。小学校中学年ともなると、実生活の中から物質概念を見だし、自ら物事を解釈し始めている。よって、小学校第5学年の「ものの溶け方」では、児童の実生活に結びついた事象について、科学的な試行錯誤を繰り返して、目に見えない「溶解現象」の各学習項目についてしっかりと学習させる必要性があると考ええる。

3. 大学生の「ものの溶け方」に対する考え方

3-1. 大学生に対する「ものの溶け方」の調査結果

将来子ども達に小学校理科における単元「ものの溶け方」を教授する立場に立つ長崎大学教育学部初等教育コース4年生 50人に、幼児を対象としたクイズと同じ①～④の項目に答えてもらった。結果は、全学生から全問正解の結果を得た。この結果から、学生は「溶解現象および粒子概念」についての科学的な理解ができてしていると判定できた。

3-2. 大学生による「ものの溶け方」の学習に対する授業案作りの調査

大学生に対して、単元「ものの溶け方」の授業を実施することを想定してもらった上で、「溶解現象」に関連ある事柄についてアンケート調査に協力してもらった。具体的には、幼児に行ったクイズの各項目①～④について、i) 児童に「ものの溶け方」を理解させるための実験方法の提案、ii) 「ものの溶け方」と関連して、実生活で経験する具体的な事象を挙げてもらった。以下、大学生のアンケートから得られた実験例と日常生活での具体例を各々示す。

クイズ①：水に溶けた砂糖や塩はどうなっていますか？

*実験例

- ・蒸発させて出てきた結晶を観察させる
- ・舐めて味をたしかめさせる
- ・砂糖（塩）の重さ+水の重さ=水溶液の重さであることを実験で示す
- ・実際に溶かしてみる
- ・リトマス紙で反応をみる
- ・卵を用いて食塩水と蒸留水に入れたときの違いをみる
- ・炎色反応を見る
- ・コーヒージュガーを用いて溶けていく様子を観察させる
- ・糖度計を用いる

*日常生活での具体例

- ・コーヒーや紅茶に砂糖を入れると甘くなる
- ・べっこうあめ
- ・粉末のアロマ
- ・海水は塩辛い
- ・海水から塩を作る
- ・料理の味付け
- ・海水からあがると塩が服に付着する
- ・無回答

クイズ②：砂糖や塩は限りなく水に溶かすことができますか？

*実験例

- ・砂糖や塩を大量に溶かし、溶け残ることを示す

- ・温度を変えながら確認する
- ・水の量を変えながら確認する ・無回答

*日常生活での具体例

- ・洗濯機の洗剤 ・コーヒー（紅茶・ココア）の砂糖 ・カップスープ
- ・べっこうあめ ・体育館に入る人数 ・満員電車 ・無回答

クイズ③：水に溶けた砂糖や塩を、また水から取り出すことはできますか？

*実験例

- ・蒸発させる ・アルコールランプでひたすら熱する
- ・黒いTシャツで汗をかき、乾燥させると白い粉が出てくるのを見せる
- ・温度を下げていく ・再結晶する ・ろ過 ・無回答

*日常生活での具体例

- ・汗をかいた後のTシャツ ・海水から塩をとり出す ・無回答

クイズ④：砂糖や塩を溶かすと、溶かす前の砂糖や塩の重さと水の重さの和と溶かした後の水溶液の重さはどのような関係ですか？

*実験例

- ・重さをそれぞれ量る ・天秤でつりあうことを示す
- ・1つは砂糖や塩を溶かし、1つは水のままで重さを量り、重さを比べる
- ・①～③を関連付けて教える ・実験をする ・無回答

何れのクイズの問いに対しても、「溶解現象」の実験例については殆ど全ての学生が教科書の内容に沿った学習指導方法を挙げた。しかし、学生が挙げた回答の中には、実験方法として適当でないものや基本的に理科の実験では行ってはいけない事柄もあった。また、実生活での「溶解現象」の具体例として多くの学生が「思いつきません」と答えていたこれらの点が気になった。

回答として大学生が挙げた実生活での具体例は、小学生が挙げてくれたものと略同じであった。このことは、実生活に関連した「ものの溶け方」学習でイメージする内容は、小学生と大学生とではあまり相違がないことを示す。大学生自身がこれまで実生活の中で経験した「溶解現象」の事柄を、自信を持って分かり易く児童に伝えて欲しいものである。

4. むすびに

幼児と児童に対するクイズ項目④における回答率は、「軽くなる」：幼児 40.5%，児童 33%，「変わらない」：幼児 19%，児童 43%，「重くなる」：幼児 40.5%，児童 23%であった。「変わらない」とした正答率は、幼児と比較して小学校第4学年の児童では高くなるものの、正答率は50%には達していない。「軽くなる」とした児童の誤答の割合は依然として30%台と高い割合を示したままであった。「ものの溶け方」の学習では、質量保存の法則に関与するこの点に留意して学習を展開すべきである。

表 1 に幼児，児童，大学生への質問①～④に対する各正答率を示す。質問項目②において幼児から児童への正答率は36%から97%へと急激に増大した。一方，質問①，③，④では程度の差はあるが正答率は増大傾向を示している。ただし，これらの正答率は高いものではない。これらの質問項目①，③，④の内容は溶質粒子の存在，物質の保存，質量保存則の各概念と結びついている。これらの概念について，「ものの溶け方」を学習前の第5学年当初の児童はまだ十分に認識できてないと看做すべきである。この点に留意して児童に学習させるべきであると考ええる。

表 1 幼児，児童，大学生の質問①～④の正答率

	質問① (%)	質問② (%)	質問③ (%)	質問④ (%)
幼児	64	36	29	19
児童	65	97	38	43
学生	100	100	100	100

将来教師を目指す大学生について，日常生活での溶解現象に関する具体例が少ない点（「思いつきません」としたこと）が気になる。この点については，大学の初等理科実践教育における授業内容の改善とも大きく関わることになるが，学生にはまず多くの「もの」を知ってもらって，そしてこれらの「もの」を使った定性的性質および定量的な取り扱いに慣れておく必要がある。「もの」そのものの性質および「もの」を取り巻く環境の理解が理科教育の原点であることを知って欲しい。

参考文献

- 1) 理科教育学，東京教学社，八田明夫，p43（2005）
- 2) 「子ども」はどう考えているか，東洋館出版社，日置久光編，p15（2007）