

溶解現象の描画に見られる 児童の粒子概念に関する調査研究

— 日本とフィンランドとの比較を通して —

柴 一実・濱田ゆり子¹
(2016年10月6日受理)

Children's Concepts of Particles in the Phenomena of Dissolution:
A Comparison between Japan and Finland

Kazumi Shiba and Yuriko Hamada¹

Abstract: In Japan, 5th grade students learn about particle models in dissolution in science classes. In contrast, 5th grade students in Finland learn about atoms and molecules. Thus, there are some differences in the way that dissolution is taught in the two countries. The current study sought to investigate the effect of these differences on children's understanding of dissolution in the 4th and 6th grades in Japan and Finland. The results indicated that, among 6th grade students who studied dissolution, more Japanese students than Finnish students were able to describe sugars and salts using a particle model. We discuss the potential causes of this finding in relation to the way that dissolution is taught in science lessons, and whether particle models are included in textbooks.

Key words: Finland, concepts of particles, dissolution learning, drawing method

キーワード：フィンランド、粒子概念、溶解学習、描画法

I . 問題の所在と研究目的

2008年改訂の小学校学習指導要領において、小学校理科の内容は中学校「第1分野」及び「第2分野」との整合性を考慮して、「物質・エネルギー」と「生命・地球」の2領域から構成されている。このうち「物質・エネルギー」領域においては、「エネルギー」と「粒子」という科学の基本的な見方や概念を柱として内容の系統性を図ることが明記されている。しかしながら、従来から粒子は実際に目で見ることができないため、児童にとって理解が難しいと言われている（日本理科教育学会・2013, 71-78）。

この隘路を解決するために、粒子概念に関する学習

指導については、さまざまな研究がなされている。菊池（2013）は小学校段階に粒子概念を導入するメリットを指摘し、系統的物質学習のために「つぶつぶシート」を提案している。また、後藤（2013）はモデル図を利用しながら、まず「物質の存在」や「保存性」を重視すべきことを提案している。さらに、峯崎・久保田・小林（2011）は、粒子の説明を提示するだけでは水溶液中の粒子の存在をイメージできない生徒が多いことを指摘しており、粒子概念の指導において「粒子学習」を導入したところ、粒子モデルの理解が深まったことを明らかにしている。また、宗近（2000）や堀・松森・兵田（1998）は子どもの粒子に対する「イメージ」を重視した指導を指摘しており、「イメージ」や「モデル図」の有効性を主張している。このように先行研究においては、粒子概念の理解にとってモデル図やイ

¹宝塚市立仁川小学校

メージ図の有効性が指摘されている。

それでは小学校理科カリキュラム構成の視点から見たとき、こうしたモデル図やイメージ図はどの学年の、どの単元において、どのように導入されるのが最も学習効果をもたらすのだろうか。そこで本研究では日本とフィンランドの児童を対象として溶解現象について、粒子概念に関する実態調査を行い、先の問いについての知見を得ることを目的とした。なお、ここで日本とフィンランドの児童を対象とするのは、両国とも溶解現象は第5学年で取り扱われているが、教科書を用いた学習方法に差違が見られるからである。言い換えれば、子どもの粒子概念の理解に及ぼす、教科書での取り扱いの違いを検討する材料を与えてくれることになるからである。

II. 溶解現象の描画に見られる日本とフィンランドの児童の実態

1. 描画法による実態調査の目的

本実態調査の目的は日本とフィンランドの第4・6学年の児童を対象として、食塩と砂糖の水に対する溶け方について、描画法による実態調査を実施し、両国の児童による粒子の捉え方の違いを比較することであった。なお、ここにおいて第4学年と第6学年の児童を対象として実態調査を実施する理由は、日本もフィンランドも第5学年で溶解現象が学習されており、学習前と学習後での比較を行うためである。また、食塩と砂糖の2種類の溶質について実態調査を行う理由は、第5学年において日本の教科書では溶質として食塩が、フィンランドの教科書では溶質として砂糖が記述されているからである。

2. 描画法による実態調査の方法と調査用紙の質問内容

本実態調査のために用いた調査用紙の質問内容は、「水が100ml 入ったガラス容器があります。そこに食塩（さとう）を10g 入れ、よくかきまぜると、食塩（さとう）はすべてとけました。この時の食塩水（さとう水）のようすを絵とことばで説明しなさい。」であり、描画法を用いて児童の粒子に関する考え方を把握することとした。同調査はこの調査用紙を日本及びフィンランドの小学校6校に郵送し、回収する方法で実施した。日本側はH市内3校の第4学年90名、第6学年96名、合計186名から回答があり、フィンランド側はO市内及びK市内3校の第4学年67名、第6学年81名、合計148名から回答があった。調査の実施日は日本側が2013（平成25）年5月末～6月末であり、フィンラ

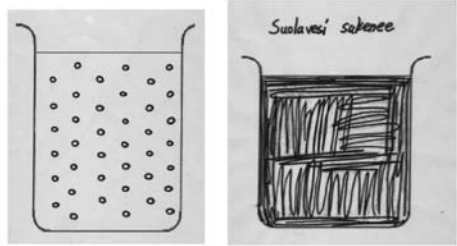
ンド側が2013（平成25）年4月末～5月末であった。

3. 描画法による実態調査の結果と考察

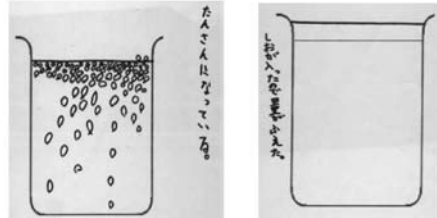
(1) 食塩と砂糖を水に溶かした時の日本とフィンランドの児童による描画の分類カテゴリ

筆者らは日本とフィンランドの児童が描いた描画を分類し、次のIからIVまでのカテゴリを見出した。

I：水中の食塩や砂糖を粒子、非粒子として提示



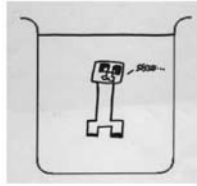
II：目に見えないという記述や、気体（炭酸）の発生、水溶液全体の体積の増減及び味覚の変化（甘くなる、酸っぱくなる）のみを提示



III：食塩または砂糖と水が完全に分離して提示



IV：その他（無回答、関係のないロボットや竜などの絵を描写）



(2) 食塩及び砂糖を水に溶かした時の日本とフィンランドの児童による描画の 카테고리 I～IVの比較

1) 第4学年の両国の児童における食塩の描画の比較

表1は第4学年の両国の児童における食塩の描画において、先の分類カテゴリーに基づいて児童人数を比較したものである。

表1 第4学年の両国の児童における食塩の描画の比較（人数）

第4学年	I	II	III	IV
フィンランド (N=67)	56 (83.5%)	7 (10.5%)	3 (4.5%)	1 (1.5%)
日本 (N=90)	67 (74.5%)	14 (15.5%)	7 (7.8%)	2 (2.2%)

表1より、日本及びフィンランドにおいて、溶解学習を行う前の第4学年の児童が描く塩の描画は約7～8割がカテゴリーIであることが分かる。

2) 第6学年の両国の児童における食塩の描画の比較

表2は第6学年の両国の児童における食塩の描画において、先の分類カテゴリーに基づいて児童人数を比較したものである。

表2 第6学年の両国の児童における食塩の描画の比較（人数）

第6学年	I	II	III	IV
フィンランド (N=81)	72 (88.9%)	3 (3.7%)	2 (2.5%)	4 (4.9%)
日本 (N=96)	95 (99%)	1 (1%)	0 (0%)	0 (0%)

表1と表2より、描画カテゴリーIが食塩の描画全体に占める割合を比較すると、フィンランドでは第4学年の約84%から第6学年の約89%へと、日本では第4学年の約75%から第6学年の99%へと増加している

ことが分かる。

3) 第4学年の両国の児童における砂糖の描画の比較

表3は第4学年の両国の児童における砂糖の描画において、先の分類カテゴリーに基づいて児童人数を比較したものである。

表3 第4学年の両国の児童における砂糖の描画の比較（人数）

第4学年	I	II	III	IV
フィンランド (N=67)	51 (76.1%)	10 (15%)	6 (8.9%)	0 (0%)
日本 (N=90)	68 (75.5%)	8 (8.9%)	7 (7.8%)	7 (7.8%)

表3より、日本及びフィンランドにおいて、溶解学習を行う前の第4学年の児童が描く砂糖の描画は約7割がカテゴリーIであることが分かる。

4) 第6学年の両国の児童における砂糖の描画の比較

表4は第6学年の両国の児童における砂糖の描画について、先の分類カテゴリーに基づいて児童人数を比較したものである。

表4 第6学年の両国の児童における砂糖の描画の比較（人数）

第6学年	I	II	III	IV
フィンランド (N=81)	77 (95%)	2 (2.5%)	0 (0%)	2 (2.5%)
日本 (N=96)	95 (99%)	1 (1%)	0 (0%)	0 (0%)

表3と表4より、描画カテゴリーIが砂糖の描画全体に占める割合を比較すると、日本とフィンランドの両国とも、第4学年の約76%から第6学年の約95～99%へと増加していることが分かる。

このように水に塩や砂糖を溶かした場合、児童による描画は日本とフィンランドのいずれも、学習後の第6学年において、他のカテゴリーと比べると、カテゴリーIの占める割合が高くなっていることが分かるが、それではカテゴリーIに描かれた描画の内容についてはどのような変化が見られるのだろうか。次にこの点を明らかにしたい。

(3) 食塩を水に溶かした時、日本とフィンランドの児童による描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現の比較

そこで、カテゴリーⅠに分類した食塩の溶解に関する描画を更に「粒子」及び「非粒子」の視点から分類し、まず最初、(1)日本とフィンランドにおける第4・6学年で比較を行い、その後、(2)両国における同学年で比較を行った。比較結果は次の通りである。

1) 食塩を水に溶かした時、フィンランドの児童の描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現

表5はフィンランドの第4・6学年児童の描画において、食塩を水に溶かした時、カテゴリーⅠで「粒子」及び「非粒子」を表現している児童人数を示している。

表5 食塩を水に溶かした時、フィンランドの児童の描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現(人数)

フィンランド	粒 子	非粒子
第4学年 (N=56)	31 (55.4%)	25 (44.6%)
第6学年 (N=72)	41 (57%)	31 (43%)

($\chi^2_{(1)}=0.0322$, n.s.)

表5が示すように、食塩を水に溶かした場合、食塩を粒子で表現している児童について、フィンランドの第4学年と第6学年の児童ではほとんど有意差が見られない。

2) 食塩を水に溶かした時、日本の児童の描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現

表6は日本の第4・6学年児童の描画において、食塩を水に溶かした時、カテゴリーⅠで「粒子」及び「非粒子」を表現している児童人数を示している。

表6 食塩を水に溶かした時、日本の児童の描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現(人数)

日 本	粒 子	非粒子
第4学年 (N=67)	36 (53.7%)	31 (46.3%)
第6学年 (N=95)	89 (93.7%)	6 (6.3%)

($\chi^2_{(1)}=33.357$, $p<.01$)

表6が示すように、日本においては第6学年の児童の方が第4学年の児童に比べて、食塩の粒子モデルを

用いて表現していることが分かる。

3) 日本とフィンランドの第4学年の児童において、食塩を水に溶かした時の描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現

表7は日本とフィンランドの第4学年の児童が描いた描画において、食塩を水に溶かした時、カテゴリーⅠで「粒子」及び「非粒子」を表現している児童人数を示している。

表7 日本とフィンランドの第4学年の児童において、食塩を水に溶かした時の描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現(人数)

第4学年	粒 子	非粒子
フィンランド (N=56)	31 (55.4%)	25 (44.6%)
日 本 (N=67)	36 (53.7%)	31 (46.3%)

($\chi^2_{(1)}=0.0325$, n.s.)

表7が示すように、食塩を水に溶かす場合、溶解学習前の第4学においては、粒子モデルを用いて表現している児童で有意差は見られない。

4) 日本とフィンランドの第6学年の児童において、食塩を水に溶かした時の描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現

表8は日本とフィンランドの第6学年の児童が描いた描画において、食塩を水に溶かした時、カテゴリーⅠで「粒子」及び「非粒子」を表現している児童人数を示している。

表8 日本とフィンランドの第6学年の児童において、食塩を水に溶かした時の描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現(人数)

第6学年	粒 子	非粒子
フィンランド (N=72)	41 (57%)	31 (43%)
日 本 (N=95)	89 (93.7%)	6 (6.3%)

($\chi^2_{(1)}=29.961$, $p<.01$)

表8が示すように、溶解学習後の第6学年の児童を比較すると、日本の児童の方がフィンランドに比べて食塩を粒子として表現する割合が高いことが分かる。

(4) 砂糖を水に溶かした時、日本とフィンランドの児童による描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現の比較

次に本項では前述と同様に、カテゴリーⅠに分類した砂糖の溶解に関する描画を更に「粒子」及び「非粒子」の視点から分類し、まず最初、(1)日本とフィンランドの第4・6学年で比較を行い、その後、(2)両国における同学年での比較を行った。比較結果は次の通りである。

1) 砂糖を水に溶かした時、フィンランドの児童の描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現

表9はフィンランドの第4・6学年児童の描画において、砂糖を水に溶かした時、カテゴリーⅠで「粒子」及び「非粒子」を表現している児童人数を示している。

表9 砂糖を水に溶かした時、フィンランドの児童の描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現(人数)

フィンランド	粒 子	非粒子
第4学年 (N=51)	37 (72.5%)	14 (27.5%)
第6学年 (N=77)	51 (66.3%)	26 (33.7%)

($\chi^2_{(1)}=0.314, n.s.$)

表9が示すように、フィンランドの場合、砂糖を水に溶かした時、第4学年と第6学年の児童で有意差は見られない。

2) 砂糖を水に溶かした時、日本の児童の描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現

表10は日本の第4・6学年児童の描画において、砂糖を水に溶かした時、カテゴリーⅠで「粒子」及び「非粒子」を表現している児童人数を示している。

表10 砂糖を水に溶かした時、日本の児童の描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現(人数)

日 本	粒 子	非粒子
第4学年 (N=68)	33 (48.6%)	35 (51.4%)
第6学年 (N=95)	81 (85.3%)	14 (14.7%)

($\chi^2_{(1)}=23.719, p<.01$)

表10が示すように、日本の場合、砂糖を水に溶かした時、学習後の第6学年の児童が学習前の第4学年の

児童よりも粒子モデルを用いて表現する割合が高いことが分かる。

3) 日本とフィンランドの第4学年の児童において、砂糖を水に溶かした時の描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現

表11は日本とフィンランドの第4学年の児童が描いた描画において、砂糖を水に溶かした時、カテゴリーⅠで「粒子」及び「非粒子」を表現している児童人数を示している。

表11 日本とフィンランドの第4学年の児童において、砂糖を水に溶かした時の描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現(人数)

第4学年	粒 子	非粒子
フィンランド (N=51)	37 (72.5%)	14 (27.5%)
日 本 (N=68)	33 (48.6%)	35 (51.4%)

($\chi^2_{(1)}=5.985, p<.05$)

表11が示すように、溶解学習前の第4学年の児童においては、砂糖を水に溶かした場合、フィンランドの児童の方が日本の児童よりも粒子モデルを用いて表現する割合が高いことが分かる。

4) 日本とフィンランドの第6学年の児童において、砂糖を水に溶かした時の描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現

表12は日本とフィンランドの第6学年の児童が描いた描画において、砂糖を水に溶かした時、カテゴリーⅠで「粒子」及び「非粒子」の表現を行っている児童人数を示している。

表12 日本とフィンランドの第6学年の児童において、砂糖を水に溶かした時の描画に見られる「粒子」及び「非粒子」の表現(人数)

第6学年	粒 子	非粒子
フィンランド (N=77)	51 (66.3%)	26 (33.7%)
日 本 (N=95)	81 (85.3%)	14 (14.7%)

($\chi^2_{(1)}=7.596, p<.01$)

表12が示すように、溶解学習後の第6学年の児童においては、砂糖を水に溶かした場合、日本の児童の方がフィンランドの児童よりも粒子モデルを用いて表現

する割合が高いことが分かる。

(5) 食塩を水に溶かした時、日本とフィンランドの児童による描画に見られる「均一性」及び「非均一性」の表現の比較

更に本項では、カテゴリー I において溶解現象を説明している「粒子」モデルのうち、児童が水溶液の「均一性」を表現しているか、或いは「非均一性」を表現しているかを食塩の場合について検証することにした。

1) 食塩を水に溶かした時、フィンランドの児童の描画に見られる「均一性」及び「非均一性」の表現

表13はフィンランドの第4・6学年の児童による描画において、食塩を水に溶かした時、カテゴリー I の「粒子」モデルで「均一性」及び「非均一性」を表現している児童人数を示している。

表13 食塩を水に溶かした時、フィンランドの児童の描画に見られる「均一性」及び「非均一性」の表現 (人数)

フィンランド	均一性	非均一性
第4学年 (N=31)	14 (45.2%)	17 (54.8%)
第6学年 (N=41)	15 (36.6%)	26 (63.4%)

($\chi^2_{(1)}=0.242, n.s$)

表13が示すように、フィンランドの場合、食塩を水に溶かした描画に見られる水溶液の「均一性」について、第4学年と第6学年の児童で有意差は見られない。

2) 食塩を水に溶かした時、日本の児童の描画に見られる「均一性」及び「非均一性」の表現

表14は日本の第4・6学年児童の描画において、食塩を水に溶かした時、カテゴリー I の「粒子」モデルで「均一性」及び「非均一性」を表現している児童人数を示している。

表14 食塩を水に溶かした時、日本の児童の描画に見られる「均一性」及び「非均一性」の表現(人数)

日本	均一性	非均一性
第4学年 (N=36)	9 (25%)	27 (75%)
第6学年 (N=89)	58 (65.2%)	31 (34.8%)

($\chi^2_{(1)}=15.053, p<.01$)

表14が示すように、食塩を水に溶かした時、日本の児童は学習前の第4学年よりも学習後の第6学年の方が粒子モデルを用いて水溶液の「均一性」を表現する割合が高いことが分かる。

3) 日本とフィンランドの第4学年の児童において、食塩を水に溶かした時の描画に見られる「均一性」及び「非均一性」の表現

表15は日本とフィンランドの第4学年の児童が描いた描画において、食塩を水に溶かした時、カテゴリー I の粒子モデルで水溶液の「均一性」及び「非均一性」を表現している児童人数を示している。

表15 日本とフィンランドの第4学年の児童において、食塩を水に溶かした時の描画の粒子モデルに見られる「均一性」及び「非均一性」の表現 (人数)

第4学年	均一性	非均一性
フィンランド (N=31)	14 (45.2%)	17 (54.8%)
日本 (N=36)	9 (25%)	27 (75%)

($\chi^2_{(1)}=2.176, n.s$)

表15が示すように、食塩を水に溶かす場合、溶解学習前の第4学においては、粒子モデルを用いて水溶液の「均一性」を表現している日本とフィンランドの児童の割合に有意差は見られない。

4) 日本とフィンランドの第6学年の児童において、食塩を水に溶かした時の描画に見られる「均一性」及び「非均一性」の表現

表16は日本とフィンランドの第6学年の児童が描いた描画において、食塩を水に溶かした時、カテゴリー I の粒子モデルで水溶液の「均一性」及び「非均一性」の表現を行っている児童人数を示している。

表16 日本とフィンランドの第6学年の児童において、食塩を水に溶かした時の描画の粒子モデルに見られる「均一性」及び「非均一性」の表現 (人数)

第6学年	均一性	非均一性
フィンランド (N=41)	15 (36.6%)	26 (63.4%)
日本 (N=89)	58 (65.2%)	31 (34.8%)

($\chi^2_{(1)}=8.189, p<.01$)

表16が示すように、食塩を水に溶かした場合、日本の児童はフィンランドの児童に比べて、溶解学習後の第6学年において、粒子モデルを用いて水溶液の「均一性」を表現する割合が高いことが分かる。

(6) 砂糖を水に溶かした時、日本とフィンランドの児童による描画に見られる「均一性」及び「非均一性」の表現の比較

前項に引き続いて、本項ではカテゴリーIにおいて溶解現象を説明している「粒子」モデルのうち、児童が水溶液の「均一性」を表現しているか、或いは「非均一性」を表現しているかを砂糖の場合について検証することにした。

1) 砂糖を水に溶かした時、フィンランドの児童の描画に見られる「均一性」及び「非均一性」の表現

表17はフィンランドの第4・6学年児童の描画において、砂糖を水に溶かした時、カテゴリーIの「粒子」モデルで「均一性」及び「非均一性」を表現している児童人数を示している。

表17 砂糖を水に溶かした時、フィンランドの児童の描画に見られる「均一性」及び「非均一性」の表現（人数）

フィンランド	均一性	非均一性
第4学年 (N=37)	20 (54%)	17 (46%)
第6学年 (N=51)	22 (43.1%)	29 (56.9%)

($\chi^2_{(1)}=0.633, n.s$)

表17が示すように、フィンランドの場合、砂糖を水に溶かした描画に見られる水溶液の「均一性」について、第4学年と第6学年の児童で有意差は見られない。

2) 砂糖を水に溶かした時、日本の児童の描画に見られる「均一性」及び「非均一性」の表現

表18は日本の第4・6学年児童の描画において、砂糖を水に溶かした時、カテゴリーIの「粒子」モデルで「均一性」及び「非均一性」を表現している児童人数を示している。

表18 砂糖を水に溶かした時、日本の児童の描画に見られる「均一性」及び「非均一性」の表現（人数）

日本	均一性	非均一性
第4学年 (N=33)	12 (36.4%)	21 (63.6%)
第6学年 (N=81)	49 (60.5%)	32 (39.5%)

($\chi^2_{(1)}=4.561, p<.05$)

表18が示すように、砂糖を水に溶かした場合、日本の児童は学習前の第4学年よりも学習後の第6学年の方が粒子モデルを用いて水溶液の「均一性」を表現する割合が高いことが分かる。

3) 日本とフィンランドの第4学年の児童において、砂糖を水に溶かした時の描画に見られる「均一性」及び「非均一性」の表現

表19は日本とフィンランドの第4学年の児童が描いた描画において、砂糖を水に溶かした時、カテゴリーIの粒子モデルで水溶液の「均一性」及び「非均一性」を表現している児童人数を示している。

表19 日本とフィンランドの第4学年の児童において、砂糖を水に溶かした時の描画の粒子モデルに見られる「均一性」及び「非均一性」の表現（人数）

第4学年	均一性	非均一性
フィンランド (N=37)	20 (54%)	17 (46%)
日本 (N=33)	12 (36.4%)	21 (63.6%)

($\chi^2_{(1)}=1.545, n.s$)

表19が示すように、砂糖を水に溶かす場合、溶解学習前の第4学においては、粒子モデルを用いて水溶液の「均一性」を表現している日本とフィンランドの児童の割合に有意差は見られない。

4) 日本とフィンランドの第6学年の児童において、砂糖を水に溶かした時の描画に見られる「均一性」及び「非均一性」の表現

表20は日本とフィンランドの第6学年の児童が描いた描画において、砂糖を水に溶かした時、カテゴリーIの粒子モデルで水溶液の「均一性」及び「非均一性」の表現を行っている児童人数を示している。

表20 日本とフィンランドの第6学年の児童において、砂糖を水に溶かした時の描画の粒子モデルに見られる「均一性」及び「非均一性」の表現(人数)

第6学年	均一性	非均一性
フィンランド (N=51)	22 (43.1%)	29 (56.9%)
日本 (N=81)	49 (60.5%)	32 (39.5%)

($\chi^2_{(1)}=8.189, p<.01$)

表20が示すように、砂糖を水に溶かした場合、日本の児童はフィンランドの児童に比べて、溶解学習後の第6学年において、粒子モデルを用いて水溶液の「均一性」を表現する割合が高いことが分かる。

(7) 全体的考察

前述の描画法による実態調査より、次の点を指摘することができる。

第一に、フィンランドにおいては塩及び砂糖を水に溶かした場合、粒子として表現する割合が学習前の第4学年と学習後の第6学年で顕著な差が見られない。

第二に、日本においては塩及び砂糖を水に溶かした場合、粒子として表現する割合が学習前の第4学年と比べて、学習後の第6学年で有意な差が見られる。

第三に、粒子モデルを用いて表現している水溶液の「均一性」については、フィンランドの児童が第4学年と第6学年で有意差が認められないのに対して、日本の児童は第6学年の方が「均一性」を表現している割合が高い。

それでは、こうしたフィンランドと日本との違いは何に起因しているのだろうか。次にこの点について論究したい。

Ⅲ. フィンランドの小学校理科教科書に見られる溶解現象の記述

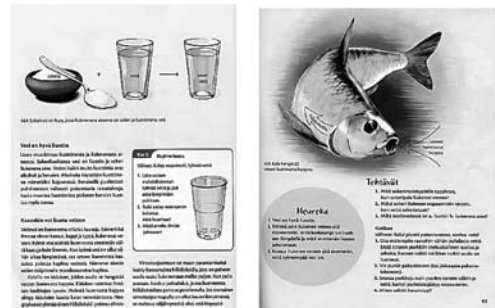
先の日本とフィンランドにおける実態の差を探るために、フィンランドの第5学年の単元「水」における溶解現象について、フィンランドで一般的に使用されている「オタバ(OTAVA)」社の教科書記述の内容を見てみる。

日本では第5学年の単元「物の溶け方」に関して、現行の小学校理科教科書である『新しい理科5』(2011)や『地球となかよし小学理科5』(2010)などでは主に食塩やホウ酸などが記されている。一方、フィンランドの教科書では砂糖が教材として用いられている



(Arjanne・2008, 42-45)。

フィンランドの教科書はまず最初、日常生活の場面から始まる。ここでは、「紅茶の中に砂糖を溶かすと、砂糖分子は均一に拡がること」や「冷たい水よりも温かい水の方が早く砂糖を溶かすことができること」が記されている。次に砂糖を早く溶かす方法として、加熱や攪拌などが説明されている。ここでは、「掻き混ぜることによって、砂糖を早く溶かすことができること」や「物質によって溶け方がさまざまであり、油性インクのように水に溶けないものがあること」が示されている。フィンランドの教科書には「砂糖+水→砂糖水」を示す図と共に「砂糖水は溶液である。溶質は砂糖で、溶媒は水である。」(Arjanne・2008, 42)という説明が記されている。さらに主な教科書内容として、「水は非常に良い溶媒であること」や「気体は水に溶けること」が示されている。例として、炭酸水や魚の呼吸が説明されている。フィンランドでは、砂糖を紅茶や水に溶かした時の溶け方の違いだけでなく、水性ペンと油性ペンの溶媒の違いや魚の呼吸による酸素の摂取などのように、日常生活に関連した内容が記されている。



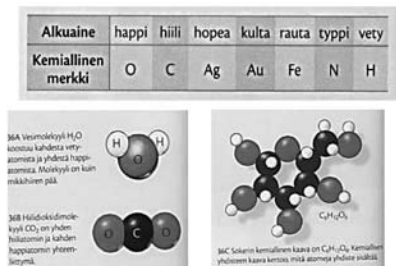
それに対して、日本の小学校第5学年用教科書である『新しい理科5』(東京書籍)(2011)では、「食塩を水にとかしたときに、ぎもんに思ったことや、調べたいと思ったことを話し合おう」(毛利・2011, 111)

という問いかけから始まり、食塩が水に溶ける前後での質量保存や溶解度を実験によって追究するように記述されている。その後、実験のまとめとして、ビーカーの中の水に、粒子として示した食塩が全部溶ける前後の図を示しながら、「食塩が水にとけて、つぶが見えなくなったときの食塩のようすを考え、図を使って表してみよう。」(毛利・2011, 116)と記されている。日本の教科書をフィンランドのものと比較すると、記述内容において相違が認められる。

IV. まとめと今後の課題

日本とフィンランドの両国とも、第5学年で溶解現象を学習しているにも拘わらず、日本の第6学年の児童はフィンランドの児童に比べて、学習している食塩だけでなく、未学習の溶質である砂糖においても水に溶ける様子を粒子で表現したり、水溶液の「均一性」を表現する傾向が強いことが認められた。それに対して、フィンランドの第6学年の児童は溶解現象を粒子で表現したり、水溶液の「均一性」を表現する点において、第4学年の児童と変わらないという結果になった。それでは、このような両国の児童による実態の違いは何に起因するのであろうか。

要因の一つとして、両国で使用している教科書の違いが考えられる。日本の場合、今回実態調査を実施したH市の3小学校では、『新しい理科5』(2011;東京書籍)や『地球となかよし小学理科5』(2010;教育出版)が使用されており、これらの教科書には水溶液中の食塩が粒子として示されている。一方、フィンランドの3小学校で使用されているオタバ(OTAVA)社の教科書では、元素記号や水分子モデル、二酸化炭素モデルなどが記され、化合物の説明がなされている(Arjanne・2008, 34-36)。



この教科書の相違が両国の児童による溶解現象における粒子概念の理解に影響しているのではないかと考えられる。例えば、日本の教育出版発行の『地球とな

かよし小学理科5』(毛利・2010, 158)の記述では、水の量や温度によって食塩の溶ける重さの違いを児童の疑問に基づき追究させ、食塩を溶かした前後での食塩水の重さを調べさせ、その後、実験結果の考察場面で粒子のモデル図が示されている。それに対して、フィンランドのオタバ(OTAVA)社発行の教科書では、砂糖を冷たい水や温かい水に入れたり、掻き混ぜたりして、砂糖を早く溶かす方法を考えさせる記述や、「紅茶中に砂糖分子が均一に拡がる」という記述はあるものの、日本の教科書のように、砂糖が水に溶けたときのモデル図は示されていない。

そうすると結局のところ、教科書記述における粒子モデル図の有無が児童による溶解現象の表現に関わっているのではないかと考えられる。つまり、元素記号や原子・分子モデルなどの提示やそれらを用いた物質の説明は児童において、溶解現象の粒子のイメージづくりに関与する可能性が高くないのではないかと解釈できる。

現在、粒子概念の学習指導のあり方を巡ってはさまざまな実践が試みられているが、日本とフィンランド両国の児童による実態調査とその要因としての教科書内容の比較から推察すると、粒子モデル図を用いた学習指導が溶解現象の理解にとって重要であることや、物質を構成する原子や分子などの提示が必ずしも直接的に溶解現象における粒子イメージに繋がらないことを示唆しているのではないかと考えられる。

日本の場合、今回の実態調査では粒子モデルを記述している教科書を使用している小学校の児童を対象としたが、粒子モデルを記述していない教科書を使用している児童との比較が今後の課題として挙げられる。またフィンランドの場合、そもそも描画法による絵や文の書き方に児童が不慣れであったことも考えられる。描画の描き方の事前指導によって粒子の捉え方が変わるのかどうかを検証することも今後の課題である。

【謝辞】

本論文を作成するに当たり、描画法による実態調査につきましては、日本及びフィンランドの小学校関係諸氏にご協力いただきました。厚くお礼申し上げます。また、描画の質問項目作成につきましては、広島大学留学生の Marja Kuittinen 氏のご協力を得ました。心より感謝申し上げます。

【引用・参考文献】

- 菊池洋一 (2013) 「粒子概念を柱とした小学校の物質学習」『日本理科教育学会第63回全国大会論文集』71-72
- 後藤健 (2013) 「小学校で子どもが獲得する粒子概念とは」『日本理科教育学会第63回全国大会論文集』77-78
- 日本理科教育学会 (2013) 『日本理科教育学会第63回全国大会論文集』71-78
- 堀哲夫・松森靖夫・兵田清彦 (1998) 「水溶液概念の理解に関する基礎的研究－水溶液を二分したときの濃さを中心にして－」『日本理科教育学会研究紀要』第38巻第3号, 189-203
- 峯崎正樹・久保田善彦・小林秀夫 (2011) 「中学生の粒子モデルの理解に関する実践的研究」『理科教育学研究』第52巻第2号, 123-129
- 宗近秀夫 (2000) 「小・中学生の溶解概念に関する実態調査」『理科教育学研究』第40巻第3号, 13-21
- 毛利衛・黒田玲子ほか20名 (2011) 『新しい理科5』東京書籍
- 文部科学省 (2008) 『小学校学習指導要領解説・理科編』東洋館出版社
- 養老孟司・角屋重樹監修 (2011) 『地球となかよし小・中学校理科5』教育出版
- Satu Arjanne, Martti Heinonen, Matti Palosaari (2008), *KOULUN fysiikka ja kemia 5*, Finland:OTAVA。