

小学校 理科

「物の溶け方」の学習において、  
科学的な思考力や表現力を育てる指導法の研究  
—イメージ図のモデル化を通して—

五所川原市立五所川原小学校 教諭 野呂 泰仁

要 旨

科学的な思考力や表現力を育てるために、第5学年の「物の溶け方」の学習において、予想と考察の段階でイメージ図を使って考え表現させたり、話し合いをさせたりすることを通してイメージ図がモデル化されていくようにした。その結果、多くの児童がモデル化されたイメージ図を描き、物が溶ける現象を様々な考えで筋道立てて説明することができるようになり、科学的な思考力や表現力が高まった。

キーワード：物の溶け方 科学的な思考力 科学的な表現力 イメージ図 モデル化 話し合い

I 主題設定の理由

PISA調査などで、我が国の児童は、思考力・判断力・表現力等を問う読解力や記述式問題に課題のあることが指摘されている。

小学校学習指導要領解説理科編（平成20年8月）でも、理科改訂の趣旨の基本方針に「科学的な思考力・表現力の育成を図る」ことが記されている。これは「観察・実験の結果を整理し考察する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動、探求的な学習活動」を重視したものである。

また、本校の5学年にも予想の理由を発表したり、観察・実験の結果を整理し考察したりするなど、科学的な思考力や表現力を必要とする学習活動を苦手としている児童が多く、客観テストでも科学的な思考・表現の観点では期待平均点を下回ることが多い。

そこで、予想と考察の段階でイメージ図を使って考え表現させたり、話し合いをさせたりすれば、イメージ図がモデル化されていく過程で科学的な思考力や表現力が育つのではないかと考え、本主題を設定した。

II 研究目標

第5学年の「物の溶け方」の学習において、科学的な思考力や表現力を育てるために、予想と考察の段階でイメージ図を使って考え表現させたり、話し合いをさせたりすることを通して、イメージ図をモデル化していくことが有効であることを授業実践を通じて明らかにする。

III 研究仮説

第5学年の「物の溶け方」の学習において、予想と考察の段階でイメージ図を使って考え表現させたり、話し合いをさせたりすれば、イメージ図がモデル化していく過程で科学的な思考力や表現力を育てていくことができるであろう。

IV 研究の実際とその考察

1 研究における基本的な考え方

(1) 科学的な思考力や表現力について

科学的な思考力や表現力とは、実証性、再現性、客観性などの条件を検討する手続きを重視し、既習の見方・考え方と必要な情報等を関係付けて筋道を立てて考えたり、表現したりする力である。

本研究では、生活経験や既習内容を基に予想したり観察・実験の結果を自分の考えに照らし合わせて考

察したりする力を科学的な思考力、また、科学的な概念や言葉を活用して調べた結果や考察を分かりやすく伝える力を科学的な表現力と考える。この二つは関連性が強いので、一体として考え評価する。

## (2) イメージ図のモデル化について

イメージ図とは、実用日本語表現辞典によると、「未確定の構想や明らかになっていないものを想像で図絵などに具体的に描き表したもの」とある。また、モデル化とは、岩永（2009）によると、「現実の問題から、問題解決に必要な部分だけを抜き出して単純化・抽象化すること」とある。

イメージ図、モデル図という言葉は授業実践の中でよく使われている。本研究では、児童の漠然とした考えを描いたものをイメージ図、児童の筋道立てた考えが表現されているものをモデル図、そしてイメージ図がモデル図に変容することをモデル化と考える。イメージ図を使うことで表現しながら考えたり、考えながら表現したりすることができる。また、イメージ図とともに文章でも表現させることによって、児童の思考を促すようにする。

そして、単元の導入時に食塩が一粒溶ける様子を観察させることにより物を粒でイメージさせたり、食塩の溶ける量に限界があることを考える際に食塩の粒と水の粒の関係に気付かせたりすることで、イメージ図のモデル化が図られるようにする。

## (3) 予想と考察の話合いについて

児童のイメージ図を実物投影機で拡大し、全員で共有しながら話し合わせることで、互いの考えを理解したり、いろいろな説明の仕方があることに気付いたりしながら、筋道を立てて考え表現することができるようになり、モデル化が図られると考えられる。

## (4) 単元構成の工夫について

5社中4社の教科書では、食塩とミョウバンを並列に扱い、比較しながら学習するような単元を構成している。これは、物によって溶け方が異なるという学習をしやすくするためのものである。

本研究では、物が溶ける現象をじっくり観察して考えたり表現したりしやすくするため、「食塩→ミョウバン→いろいろな物」というように学習内容を3回螺旋状に繰り返すスパイラルな単元構成にし、その上で物による溶け方の違いにも気付くようにする。

また、スパイラルな単元構成にすることで、以下のような効果も期待できる。

- ・繰り返して学習することで、イメージ図がモデル化しやすくなったり、学習内容の理解が深まったりする。
- ・食塩の次にミョウバンを学習することで、観察や実験の見通しがもてるようになる。

## 2 検証方法

- (1) 予想と考察の段階でイメージ図を使って考え表現させたり、話合いをさせたりすることを通して、どのようにモデル化され、科学的な思考力や表現力が育ったかをイメージ図の変容によって考察する。
- (2) イメージ図の指導をした実験群とイメージ図の指導をしていない統制群を比較して、イメージ図のモデル化が科学的な思考力や表現力を育てる上で効果的だったかを全国学力・学習状況調査等で分析する。
- (3) 事前及び事後に、予想とその理由、考察に関する意識調査を実施し、児童の意識がどのように変容したかを捉える。

## 3 研究の実際

### (1) 食塩の溶け方

#### ① 「物を水に溶かしてみよう（食塩）」（第1時）

食塩が一粒溶ける様子をじっくりと観察させたため、児童はイメージ図に食塩を粒で表していた。また統制群では、考察に文で「とけた」と記述していたが、実験群では「線をひくようにとけた」など具体的に記述していた。

#### ② 「物は水にどのように溶けているのだろうか（食塩）」（第2・3時）

予想の段階で、イメージ図に溶けた食塩は下の方に沈んでいると描いた児童が28名いた（図1）。蒸発の実験を通して、食塩は水に均一に溶けていることが理解できた（図2）。考察の段階で、「食塩の粒の間には何があるのだろうか」という

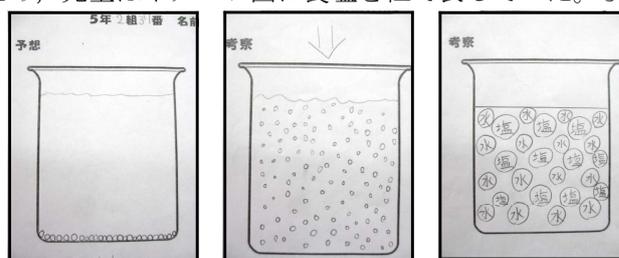


図1 予想

図2 考察

図3 水の粒

発問をしたところ、水を粒としてイメージ図に描いている児童が11名見られた（図3）。

③ 「食塩は水に限りなく溶けるのか」（第4・5時）

予想の段階で、児童から隙間説と合体説という二つの考えが出された（表1）。どちらも筋道を立てて考え、理由を表現しているため、イメージ図がモデル化されたと考えることができる。そして、予想時の話合いにより考えを深めたことで、考察時にモデル化できた児童数が増えたと考えられる。

表1 モデル化された児童の考え

	児童の説明	児童数
隙間説 (図4)	水の隙間に、食塩が入る。隙間には限界があるから、食塩の溶ける量には限りがある。	予想時 2名 ↓ 考察時 7名
合体説 (図5)	水の粒と食塩の粒は、くっついていて、くっつく水の量には限りがあるから、食塩の溶ける量には限りがある。	予想時 7名 ↓ 考察時 11名

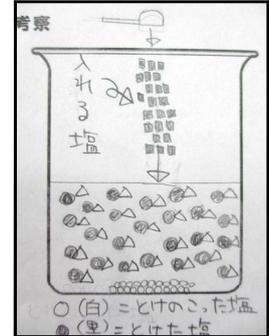
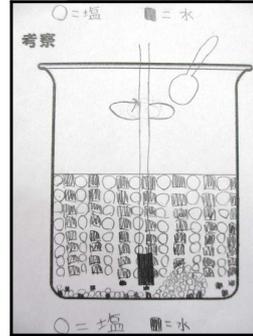


図4 隙間説

図5 合体説

④ 「食塩をもっとたくさん溶かすことはできないのか」

(a) 水の量を増やしたとき（第6・7時）

予想の段階で、児童から新しい隙間合体説という考えが出された（表2）。前時の話合いを生かして二つの考えを結び付け、考えを深めた児童である。考察の段階でモデル化されたイメージ図を描いた児童は、33名に増えた。これも予想時の話合いにより考えを深めることができたからであると考えられる。

表2 水の量を増やしたときの児童の考え

	児童の説明	児童数
隙間説	水の量が増えるから、食塩の溶ける隙間が増える。	予想時 10名 → 考察時 11名
合体説	水の量が増えるから、食塩の粒とくっつく水の粒が増える。	予想時 16名 → 考察時 20名
隙間合体説 (図6)	水の量が増えるから、食塩の溶ける隙間が増え、その隙間に入った食塩の粒が水の粒とくっつく。	予想時 1名 → 考察時 2名

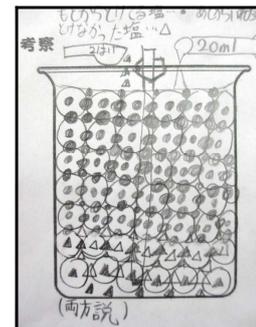


図6 隙間合体説

(b) 水を温めたとき（第8・9時）

表3のように、予想の段階で、溶ける量が増えるという考えと変わらないという考えに分かれた。どちらの意見も筋道の通った考えであり、実験結果での正誤に関わらずこのような考え方ができることが重要であると考えられる。考察の段階では、溶けない理由を隙間説、合体説、隙間合体説で33名の児童が説明していた。

表3 水を温めたときの予想時の考え（食塩）

	溶ける (20名)	溶けない (18名)
隙間説	水が湯になると粒が小さくなり、食塩の溶ける隙間が増える。 (8名)	もう食塩の粒が入る隙間がないから。 (6名)
合体説	・水から湯になると、一つの湯の粒にくっつく食塩の粒の数が増える。 ・水から湯になると、水の粒が二つに分かれ、くっつく食塩の粒の数が増える。 (9名)	もうくっつく水(湯)の粒がないから。 (5名)
隙間合体説	水が湯になると粒が小さくなり食塩の溶ける隙間が増え、その隙間に入った食塩の粒が水の粒とくっつく。 (1名)	もう食塩が入る隙間がないため水(湯)の粒とくっつくことができないから。 (4名)
その他	理由なし (2名)	理由なし (3名)

⑤ 「溶けている物を取り出そう（食塩）」（第10時）

第2・3時の実験を想起し、水を蒸発させると食塩を取り出せるという意見がたくさん出た。

さらに、「水溶液を冷やす」という意見も出たが、隙間説、合体説、隙間合体説で「食塩水を冷やしても食塩の粒は出てこない」と予想した。実験をした結果、児童の予想は確かめられた。

⑥ 「水溶液の重さを調べよう（食塩）」（第11時）

食塩の粒は溶けると見えなくなるため、重さの保存を予想できない児童がよく見られる学習内容であるが、予想の段階で隙間説，合体説，隙間合体説で水溶液の重さは水と食塩の和になると33人の児童がモデル化したイメージ図を描いて説明していた。

(2) ミョウバンの溶け方

① 「物は水にどのように溶けているのだろうか（ミョウバン）」（第12・13時）

食塩での学習を生かし、予想の段階でミョウバンも均一に溶けているということを全員の児童がモデル化されたイメージ図で説明することができた。話し合いの際に、お互いの考えを理解しやすくし思考を深めるために、イメージ図を描くとき、「水は○，ミョウバンは△，お湯は●」というように表し方を決めた。

② 「ミョウバンは水に限りなく溶けるのか」（第14時）

予想の段階で、全員の児童がモデル化されたイメージ図で説明をしていた。ミョウバンの溶ける量が食塩と比べて少ない理由について発問したところ、モデル化されたイメージ図を描いて下記のように説明することができた。

- ・食塩の溶けた粒よりもミョウバンの溶ける粒の方が大きいから、隙間にミョウバンの粒が少ししか入らなかった。
- ・ミョウバンの一つの粒にくっつく水の粒の数が食塩の粒のときよりも多いので、ミョウバンは少ししか溶けない。

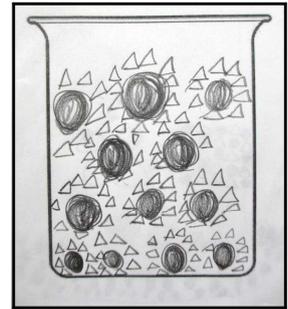


図7 隙間説

③ 「ミョウバンをもっとたくさん溶かすことはできないのか」

(a) 水の量を増やしたとき（第15時）

予想の段階で、食塩と同様に水の量を増やしたときミョウバンの溶ける量が増えることを全員の児童がモデル化されたイメージ図で説明していた。

(b) 水を温めたとき（第16時）

予想の段階では、食塩と同様に水を温めてもミョウバンの溶ける量はほとんど変わらないと考え、全員の児童が隙間説，合体説，隙間合体説で説明していた。しかし、実験をした結果、ミョウバンはたくさん溶けたため、児童は食塩の「水を温めたとき」に描いたイメージ図を想起し実験の結果を考察しようとした。その結果、合体説で考える児童が増えた（表4）。また、予想通りの結果が得られなかったため、食塩との溶け方の違いに驚いていた。

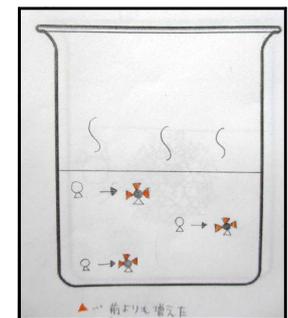


図8 合体説

表4 水を温めたとき（ミョウバン）

	予想	考察
隙間説	食塩と同じで、水を温めてもミョウバンの粒が入る隙間がないから溶けない。 (15名)	ミョウバンの粒はお湯になると、粒の大きさがさらに小さくなり隙間に入るミョウバンの量が増える。 (8名) (図7)
合体説	食塩と同じで、水を温めてもミョウバンの粒とくっつくお湯の粒がないから溶けない。 (21名)	水の粒にくっつくミョウバンの粒の数に比べ、お湯の粒にくっつくミョウバンの粒の数の方が多いため、お湯の方がミョウバンが多く溶ける。 (30名) (図8)
隙間合体説	食塩と同じで、水を温めてもミョウバンの粒が入る隙間がなく、くっつくことができないから溶けない。 (2名)	(0名)

④ 「溶けている物を取り出そう（ミョウバン）」（第17時）

食塩の学習を基に考えると取り出せないということになるが、児童は前時の結果を生かして、予想の段階で、「ミョウバンの水溶液を冷やすとミョウバンの結晶が出る」と予想し、全員の児童がモデル化されたイメージ図を描いて説明していた。実験の結果、児童の予想は確かめられた。児童は前時と結び付けて考え、物による溶け方の違いについて理解を深めることができた。

⑤ 「水溶液の重さを調べよう」（第18時）

予想の段階で、全員の児童がモデル化したイメージ図を描いて説明していた。

(3) その他の水溶液の溶け方

① 「いろいろな物の溶け方を調べてみよう」（第19・20時）

児童から、砂糖を調べてみたいという意見がたくさん出た。また、意図的にホウ酸を提示した上で児童にどんな実験をしたいか聞いたところ、「食塩型」か「ミョウバン型」か調べてみたいという意見が多く出された。そこで、「どのようにしたら分けることができるか」と発問したところ、「限度まで溶かして、お湯で温めてたくさん溶けたらミョウバン型、ほとんど溶けなかったら食塩型」という考えが出された。

砂糖はコーヒー等にたくさん溶けるという生活経験を生かし、大部分の児童が砂糖はミョウバン型であると予想したが、実験をした結果、砂糖は「食塩型」、ホウ酸は「ミョウバン型」と考察していた。そして、全員の児童が、モデル化されたイメージ図で説明することができた。

#### 4 考察

##### (1) イメージ図のモデル化

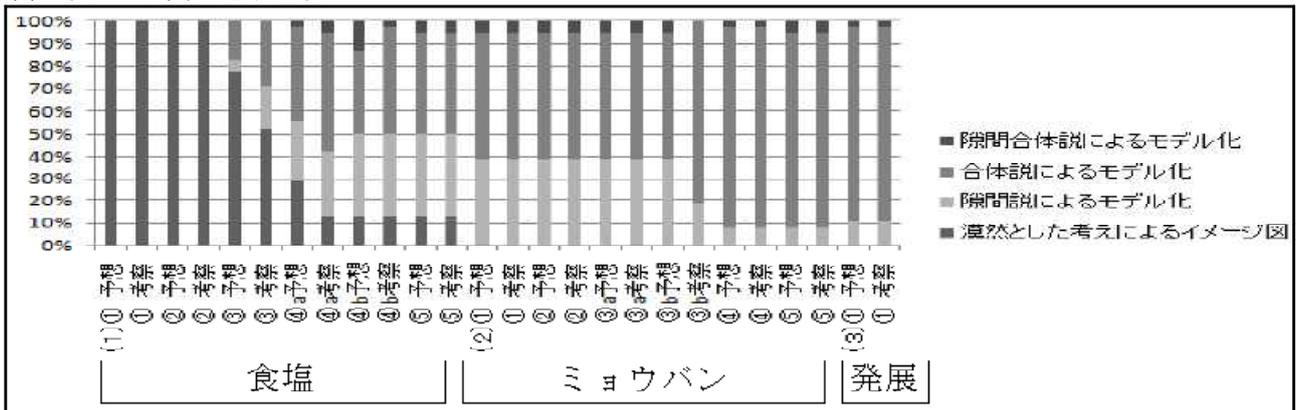


図9 単元を通じたイメージ図のモデル化への変容

図9から、単元の初めは漠然とした考えによるイメージ図ばかりだったが、次第にイメージ図のモデル化が図られていったことが分かる。予想時から考察時、考察時から次時の予想時にかけてモデル化の人数が増えているのは、その間の話し合いにより筋道を立てて表現する力が伸びたことを示している。

(1) ①「物を水に溶かしてみよう（食塩）」では、全員の児童が食塩を粒で表していたが、②「物は水にどのように溶けているのだろうか（食塩）」では、水の粒をイメージ図に描いている児童が見られた。

そして、③「食塩は水に限りなく溶けるのか」では、「物が溶けるということは、水の粒の隙間に食塩の粒が入ることである」と考え、そのため「水の隙間がなくなれば、それ以上は溶けなくなるはずだ」という筋道立てた考え（隙間説）が生まれた。同様に「物が溶けるということは水の粒と食塩の粒が合体することである」と考え、「合体する水の粒がなくなればそれ以上は溶けなくなるはずだ」という考え（合体説）も生まれた。これらの考えにより、イメージ図がモデル化され、さらに、二つの考え方を合わせた隙間合体説も生まれた。

次時以降、食塩の「温度」「重さ」に関する学習でもこれらの考え方を生かし、予想したり考察したりすることができた。

そして(2) ①「物は水にどのように溶けているのだろうか（ミョウバン）」では、全員の児童が筋道立てて考え、イメージ図をモデル化することができるようになった。これは、食塩での学習を生かすスパイラルな単元構成の効果があったと考えることができる。

また、食塩とミョウバンの温度による溶け方の違いも筋道立てて説明することができた。

さらに、(3)「いろいろな物の溶け方を調べてみよう」の学習では、食塩とミョウバンの学習を生かして砂糖は食塩型、ホウ酸はミョウバン型に分類し、モデル化されたイメージ図で実験結果を説明していた。

このように、イメージ図をモデル化することによって、事象・現象を筋道立てて考えることができるようになり、科学的な思考力や表現力が高まったと考えることができる。

##### (2) 実験群と統制群の比較検討

① 予想や考察の段階でイメージ図の指導をした実験群の児童が、事象・現象を科学的な言葉や概念を使って筋道立てて説明できるようになった。一方、イメージ図の指導をしなかった統制群では考察が実験結果と同一になってしまうなど、「なぜそうなるのか」というところまで考えることができず、科学的な思考力や表現力の高まりがあまり見られなかった。また、お互いの考えを言葉だけで伝え合うため、

イメージ図を使った場合に比べて話し合いが活発にならず、考えも深まりにくい傾向があった。

② 平成24年度全国学力・学習状況調査〔小学校〕理科1(3)の問題を事前と事後に実施し比較した。事前のテストでは、実験群より統制群の方がやや高い正答率だった。しかし、事後では統制群に伸びが見られなかったのに対し、実験群は大きく伸び、統制群より23%高い正答率を示した(表5)。

また、客観テストの結果から、実験群が統制群よりもどの観点でも正答率が高くなっていることが分かる(表6)。特に、本研究の目指すところである「科学的な思考・表現」の観点では、13%以上の高い正答率を示している。

以上のことから、イメージ図のモデル化は科学的思考力や表現力を高める上で効果があったと考えることができる。

表5 平成24年度全国学力・学習状況調査〔小学校〕理科

	事前	事後(授業の3か月後に実施)
実験群	68%	97%
統制群	74%	74%

表6 客観テストの分析(平均点:四捨五入で小数第一位まで)

	知識・理解	観察・実験の技能	科学的な思考・表現
期待平均点	84.0	82.0	76.0
実験群	93.9	92.5	83.9
統制群	87.5	84.7	70.3

(3) 「自分の考えの書きやすさ」についての意識調査

図10から、予想の理由を書ける、考察に役立つと回答した児童が事後に増えていることが分かる。これは、イメージ図がモデル化される過程で科学的な言語や概念を使って筋道立てて説明できるようになり、科学的な思考力や表現力が高まったからだと考えられる。

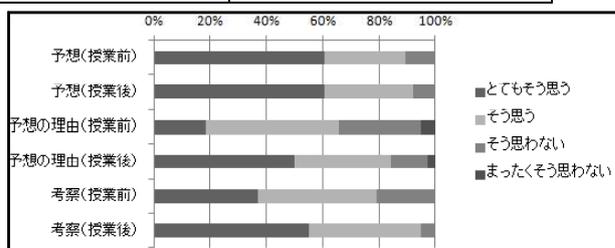


図10 「自分の考えの書きやすさ」についての児童の意識の変容

V 研究のまとめ

イメージ図を使って考え表現させたり、話し合わせたりすることで、単元が進むにつれて多くの児童のイメージ図がモデル化されてきた。そして、食塩の学習からミョウバンの学習に進んだところで全員の児童のモデル化が図られた。これは、筋道を立てて考えたり表現したりする力が伸びてきたことや、スパイラルな単元構成が効果的であったことを示している。また、全国学力・学習状況調査等の問題では、イメージ図を使った実験群が使わなかった統制群より高い正答率を示した。さらに、児童の意識調査では、予想時や考察時において自分の考えを書きやすくなったと回答している児童が増えた。

これらのことから、イメージ図のモデル化を通して、科学的な思考力や表現力が育ってきたと考えることができる。

VI 本研究における課題

この単元で初めてイメージ図を指導したことで、授業時数が予定より増えた。イメージ図の有効性が期待できる単元で計画的に指導するなどして工夫していくことで、授業時数を調整していくことができると考えられる。

<引用文献・URL>

- 1 文部科学省 2008 『小学校学習指導要領解説 理科編(平成20年8月)』
- 2 岩永信之 2009 「ttctt;//未確認飛行c」  
<http://ufcpp.net/study/ds1/mdd.html> (2013.7.24)
- 3 辻村直也 2011 「実用日本語表現辞典」  
<http://www.practical-japanese.com/> (2013.7.24)