

## 理科授業における中学生の事象の観察から生成する疑問の特徴

—物質の状態変化を事例にして—

廣 直 哉 [鹿児島大学教育学部附属教育実践総合センター研究協力員]

内ノ倉 真 吾 [鹿児島大学教育学系(理科教育)]

### Features of Student-Generated Questions from Observations of a Phenomenon in Science Class: — A Case for the Change of State of Matter —

HIROSHI Naoya・UCHINOKURA Shingo

キーワード：理科授業、事象の観察、疑問の生成、問題設定、探究可能性

#### 1. はじめに

近年、理科教育においては、科学的なリテラシーや科学的な探究能力の育成に関連して、「問い」や「疑問」の重要性が強調されてきている。例えば、OECDのPISA2015では、コンピテンシーの1つ「科学的な探究を評価・企画する」にて、探究可能な疑問を特定し、解決することが重視されている(OECD, 2013)。また、アメリカの科学スタンダード *Next Generation Science Standards (NGSS)* でも、科学的・工学的な実践として「問いの設定・問題の定義」が位置付けられている(NGSS Lead States, 2013)。

我が国では、『学習指導要領』改訂に伴う目標としての問題設定能力の位置付けの変更(中山, 2012)や理科教科書での「問い」の出現場面や種類(中山ほか, 2014)から推察される問題点が指摘されてきた。

その一方で、理科授業において子ども達が生成する「疑問(questions)」研究のレビューに基づくくと、疑問には、(1) 科学的な知識の構築や科学的な探究への展開、(2) 話し合いの活発化や議論の洗練、(3) メタ認知の促進、(4) 動機付けや興味・関心の喚起などの多様な機能、そして、驚きや探究可能な問いなどの類型が指摘されている(Chin & Osborne, 2013)。

これまで子どもの疑問の生成については、特定の指導法との関連で、疑問の内容などの質的な変化が調べられてきた。例えば、科学的な知識のメタ理解や質問生成を促す方法を取り入れることで、小学生の問いに質的な向上が見られることが報告されている(坂本ほか, 2016)。また、学習過程の違いによって、中学生が生成する疑問の内容やその特徴に違いがあることが指摘されている(小野瀬ほか, 2012)。科学的な探究可能な問題であるかを意識的に中学生に考えさせることで、科学的に調査可能な疑問を生成することへの意識が高まることが認められている(大多和・木下, 2014)。しかしながら、これらの先行研究は、科学的な知識が教授された後や科学的な問いが設定され、観察・実験が行われた後に、子どもが生成する疑問や、探究的な学習過程として検証する機会がない状況での疑問や疑問についての意識に着目したものである。本稿では、中学校1年生の「物質の状態変化」を事例にして、授業初期の事象の観察から中学生が生成する疑問とその探究可能性についての認識を探ることにしたい。

## 2. 調査の方法と対象

鹿兒島県内公立中学校の1年生1学級(当該学級の全在籍生徒)を対象として、単元「物質の状態変化」の2時限(第1時・第2時)において、油脂(ラード)が凝固する過程を観察して、中学生が個人もしくはグループ(1班3~4名)で生成・検討する疑問に関連する一連の記述内容について、平成27年9月と平成28年10月それぞれ質問紙にて調査した。当該調査に関連した授業実践と調査の概要は、表1のとおりである。平成27年度の調査では、1学級9名を対象として、事象の観察後に生徒が個人もしくはグループで考えた疑問とその疑問の探究可能性についての認識を調べた(調査1と調査2)。平成28年度の調査では、1学級10名を対象として、教師による事象提示で生徒が観察したこと、事象の観察後に生徒が個人で考えた疑問とその疑問の探究可能性についての認識をそれぞれ調べた(調査4と調査5、資料参照のこと)。なお、調査5では、「はい/いいえで答えられる疑問」、「疑問詞を使った疑問」、「直接観察したことに基つかない疑問」という3種類に疑問の分類した上で、疑問を生成するように求めた。また、生徒が考える疑問と概念的な理解との内容的な関係を捉えるために、授業前後での物質に関する認識についてのコンセプトマップ作成を求めた(調査3と調査6)。平成27年度と平成28年度では、各調査に係わる部分を除いては、同一の教師が、基本的には同じ授業実践を試みた。

表1. 油脂の凝固に関する学習過程の概要

時	平成27年度調査	平成28年度調査
—		○物質に関するコンセプトマップ作成(調査3)
第 一 時	① 事象の提示(演示実験) 90°C程度まで加熱して液体となった油脂を寒剤で冷却して、凝固する観察をした。	
	② 疑問の生成(個人) 事象提示を受けて、疑問に思ったことを個人で考えた(調査1)。	② 観察できたことの記述(個人) 事象提示で観察したことを記述した(調査4)。
	③ 疑問の探究可能性の検討(個人) 疑問に思ったことが調べられるかどうか、理由も含めて考えた(調査1)。	③ 疑問の生成(個人) 次の3種類の疑問を生成し、記述した(調査5)。 ・はい/いいえで答えられる疑問 ・疑問詞を使った疑問 ・直接観察したことに基つかない疑問
	④ 疑問の類型化と再検討(グループ) グループで、個人で考えた疑問を類型化し、探究可能性を再検討した(調査2)。	④ 疑問の類型化と再検討(グループ) グループで、個人で考えた疑問を類型化し、探究可能性を再検討した。
第 二 時	⑤ 探究の問いの設定と共有 グループの意見をクラスで共有し、探究の問いを設定した。	
	⑥ 探究の問いに基づく観察・実験 ロウが液体から固体になるときの質量と体積の変化を調べる実験を行った。	
	⑦ 粒子のモデルによる物質の状態変化の解釈 粒子のモデルを利用して、物質の状態変化での質量や体積の変化を解釈することを学習した。	
—		○物質に関するコンセプトマップ作成(調査6)

## 3. 事象の観察に基づいて中学生が生成する疑問の種類と量的傾向

### (1) 疑問の種類を提示していない場合に中学生が生成した疑問の量的傾向

平成27年度では、油脂の凝固を観察した後に、疑問の種類などに関する指示を与えることなく、疑問を生成し、記述させた(調査1)。中学生8名(1名は第1時欠席)が、個人で生成した疑問数は、平均で1人あたり7個で

あり、最小が4個（2名）、最大が14個（1名）であった。疑問の内容や質などは別にして、いずれの生徒であっても、教師からの求めに応じて、事象の観察から何らかの疑問を複数作り出すことができていたのであった。

生徒が考えた疑問は、「なぜ」「どのように」などの疑問詞ごとに分類すると、表2のとおりであった。なお、ここでの疑問詞による分類は、必ずしも表現が完全に一致するものに限定せず、同様の接続詞に置き換えても差し支えないと判断されるものも同一の分類に含めて計数した。

表2. 中学生が生成した疑問の疑問詞による分類

疑問詞	疑問数 (%)
なぜ	34 個 (62%)
どんな	7 個 (13%)
何	6 個 (11%)
どうしたら	6 個 (11%)

生徒の疑問を分類すると「なぜ」の疑問詞を使ったものが多く見られた。その他には「どんな」「何」「どうしたら」の疑問詞が使われていた。「どんな」の疑問詞は、においと味に関する疑問が、「何」の疑問詞は、事象提示で使用した物質が何かという疑問が、「どうしたら」の疑問詞は、状態変化する温度に関する疑問であった。「なぜ」の疑問詞は、質量や体積についてや色や固まり方などの疑問が挙げられており、疑問の内容も他の疑問詞に比べて多岐にわたっていた。理科授業で生成する疑問での疑問詞は、授業形態によっても異なりうる事例も報告されており（市村・大高, 2006）、単純には言えないものの、調査対象とした中学生にとって「なぜ」の疑問詞は、他のそれと比べて、疑問を生成するために利用しやすい言語要素と考えられるのであった。

## (2) 疑問の種類を提示した場合に中学生が生成した疑問の量的傾向

平成28年度では、生徒に、観察したことに基づいて生成した疑問を「はい/いいえで答えられる疑問」と「疑問詞を使った疑問」に分けて記述するように求めた（調査5）。左側に観察したことの記述の番号を書かせて、右側には、探究可能性を○・△・×で書かせ、調べてみたい順序も書かせた。観察したことに基かない疑問についても同様にして記述させた。疑問の生成方法と疑問の種類の数と割合は、表3のとおりである。生徒個人が生成した疑問の数は、平均8.4個（最小3個、最大12個）であった。疑問の内容や質などは別にして、いずれの生徒であっても、教師からの求めに応じて、事象の観察から何らかの疑問を複数作り出すことができていた。

表3. 疑問の生成方法・疑問の種類の数

疑問の生成方法	疑問数 (%)
観察したことに基づく疑問	56 個 (67%)
観察したことに基かない疑問	28 個 (33%)
合計	84 個 (100%)
疑問の種類の数	疑問数 (%)
はい/いいえで答えられる疑問	37 個 (44%)
疑問詞を使った疑問	47 個 (56%)
合計	84 個 (100%)

観察したことに基づいて生成した疑問は、疑問全体の67%、観察したことに基づかない疑問は、疑問全体の33%となっており、観察したことに基づく疑問の方が多かった。一方、はい/いいえで答えられる疑問は44%、疑問詞を使った疑問は56%であり、両者を比べると、疑問詞を使った疑問の方が量的に生成しやすい傾向があった。観察したことに基づく疑問であるかどうかに関係なく、疑問全体として見た場合、「なぜ」(29個, 62%)、「どのように」(12個, 25%)、「いつ」(4個, 9%)「なに」(2個, 4%)という疑問詞を使った疑問が見られた。

#### 4. 中学生の油脂の凝固の観察と生成した疑問の関係

##### (1) 授業前後での中学生が物質を捉える視点の変化

物質の状態変化を学習する前の段階では、生徒が「物質」を中心語として作成したコンセプトマップには平均24個のラベルが見られた。それに対して、学習した後の段階では、平均29個のラベルがあり、若干の増加が認められるのであった。

授業前に生徒が作成したコンセプトマップ(調査3)では、中心語「物質」から直接つながったラベル(一次ラベル)として、物質の種類が配置されている傾向が見られた(図1左)。そのときの物質の種類は、純物質(単体・化合物)と混合物といった物質の構成に基づくような体系的なものではなく、素材・材料や製品などを含む広い意味での物質(「モノ」)に関するものであった。具体的な物質として挙げられたものでは、食塩(10名)、砂糖(9名)、プラスチック(7名)が多く見られた。なお、油脂に関係する物質を挙げたのは、4名であり、授業前の生徒にとつては、他のものと比べて、物質として想起しやすいものでなかったことが伺える。

一方、授業後のコンセプトマップ(調査6)では、物質の種類だけではなく、物質の性質やそれを捉えるための物理量に関するラベルの増加が認められた(図1右)。例えば、授業前にはほとんど見られなかった物質の三態(固体・液体・気体)のラベル、体積や質量などの物理量のラベルが増加しており、それが水やロウなどの特定の物質と関連付けて配置される状況が見られた(9名)。授業前後でのコンセプトマップから、中学生が物質を捉える視点は、物質の種類を中心したものから、物質の性質を含むものへと変化していたものと考えられる。

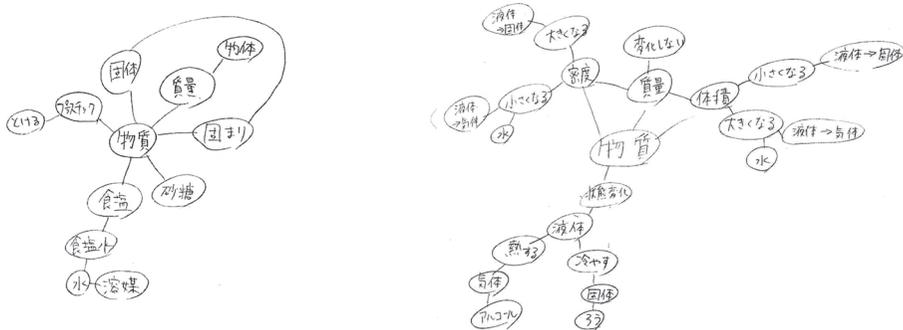


図1 中学生が書いたコンセプトマップ例(左;授業前, 右;授業後)

##### (2) 中学生が油脂の凝固の観察により記述したこと

事象提示で油脂が融解して凝固する過程を観察した後、生徒が観察できたこととして記述させた(調査4)。生徒の記述の具体例は、表4のとおりである。生徒は観察できたこととして、平均8.8個(最小6個, 最大10個)の

項目を挙げていた。すべての生徒が共通して記述していたことは、「とう明な液が出てきた」(生徒A)や「ひやすと白くなってきた」(生徒B)のように①温度変化に伴う油脂の色の変化、「かたむいている」(生徒A)や「外は、かたまっている」(生徒B)のように②凝固するときの様子、「質量はほとんど変わらなかった」(生徒A)や「最初と同じ質量だった」(生徒B)のように③一連の過程を通じて、質量に変化が見られなかったことであった。特に②については、油脂が凝固し始める場所が外側からであることや時間と共に凝固が進んでいくこと、凝固した形状などがそれぞれ複数記述されていた。

その一方で、体積および体積を考えることにつながりうる量的な側面についての直接的な記述は、全く見られなかった。なお、体積に関連する記述は、授業前のコンセプトマップにも見られなかったものでもある。

表4. 中学生の油脂の凝固の観察から記述した例

生徒A	生徒B
① ガスバーナーでラードを熱した	① ラードはふわふわしていそうだった
② ラードは全て溶けた	② 下からとけていった
③ とう明な液が出てきた	③ 水に塩を入れた
④ 氷水で冷やすと白いかたまりが出てきた	④ ひやすと白くなってきた
⑤ 食塩を入れた。氷も入れた	⑤ ほとんどかたまっている
⑥ のりやボンドみたい	⑥ まんなかがとけていない
⑦ 完全にかたまっている	⑦ 外は、かたまっている
⑧ 液体ではなくなっている	⑧ 色がしろ
⑨ かたむいている	⑨ 最初と同じ質量だった
⑩ 質量は、ほとんど変わらなかった	

### (3) 中学生が生成した疑問の内容

事象提示を行った後すぐに疑問を考えさせた平成27年度の結果(調査1)と事象提示の後に観察出来たことを記述させてから疑問を考え記述させた平成28年度の結果(調査5)について、中学生が生成した疑問の内容の分類とその割合は、表5のとおりであった。

事象を提示する段階では、生徒には、加熱して液体になった油脂が冷却によって、凝固する過程において、油脂の状態の変化、そのときの温度、質量、体積の変化がどうなっているかに着目して観察させた。その結果として、平成27年度調査と平成28年度調査では、生徒の生成した疑問の数には違いがあるものの、1)油脂の質的な側面の疑問と2)状態変化での温度・熱の疑問が多く見られる傾向にあった。また、油脂が液体から固体へと変化するときの色の変化については、すべての生徒が疑問として取り上げていた。それ以外に、これまでの子どもの自然認識研究で指摘されてきたように(Tiberghien, 1985)、状態変化と温度の関係については、生徒の疑問が比較的多く見られた観点であった。

その一方で、当該単元で学習する予定となっている状態変化と質量・体積の関係については、双方の調査のいずれでも、疑問の数が少なかった。平成28年度調査では、観察したことから生成する疑問を区別して記述する方法をとったものの、このような疑問の生成・記述段階での働きかけは、疑問の内容全体として見れば、平成27年度調査とは異なる内容の疑問の生成を促進することには、必ずしもつながっていなかった。

表5. 中学生が生成した疑問の内容

疑問の内容類型	平成27年度	平成28年度
1) 油脂の質的な側面	20 (36%)	26 (31%)
色の变化	8	14
凝固したときの表面の様子	2	8
凝固したときの形	7	4
物質のにおい・味	3	0
2) 状態変化での温度・熱	12 (21%)	28 (33%)
状態変化と温度	2	11
状態変化と加熱の関係	6	8
状態変化と冷却の関係	1	6
状態変化と時間の関係	2	1
寒剤の意味	1	1
熱の伝わり方	0	1
3) 融解・凝固・蒸発という現象	7 (13%)	9 (11%)
凝固が起こること	3	3
融解が起こること	2	2
蒸発が起こるか	0	2
凝固が進行する部分・順序	2	2
4) 物質の種類	7 (13%)	9 (11%)
この物質は何か	6	7
この物質はロウであるか	1	2
5) 状態変化と質量の関係	4 (7%)	1 (1%)
凝固での質量の変化(不変)	4	1
6) 状態変化と体積の関係	4 (7%)	3 (4%)
凝固での体積の変化	4	3
7) その他	2 (4%)	8 (10%)

#### 4. 中学生が生成した疑問とそれの探究可能性についての認識

##### (1) 中学生が生成した疑問とそれの探究可能性についての判断

生徒が自分で考えた疑問が探究可能についての判断を調べた結果(調査1と調査5)は、表6のとおりであった。生徒は自分の考えた疑問に対して、検証できるあるいはできるかもしれないと考えていたのは、平成27年度調査では48個(86%)であり、平成28年度調査では84個(100%)であった。生徒らは、基本的には、疑問の内容によらず、自分が考えた疑問に対して確証の程度は異なるものの、おおよそ検証できると考える傾向が見られるのであった。平成27年度調査では、5名(生徒の63%)は、自分の考えた疑問すべてが、確証の程度は異なるものの、すべて検証できると考えていた。

表6. 中学生が生成した疑問の探究可能性の認識

疑問の内容類型	平成27年度			平成28年度		
	できる	できるかも	できない	できる	できるかも	できない
1) 油脂の質的な側面	9	7	4	9	13	0
2) 状態変化での温度・熱	9	2	1	25	1	0
3) 融解・凝固・蒸発という現象	3	3	1	7	9	0
4) 物質の種類	5	2	0	6	1	0
5) 状態変化と質量の関係	2	0	2	1	0	0
6) 状態変化と体積の関係	2	2	0	1	2	0
7) その他	1	1	0	8	1	0
合計	31	17	8	57	27	0

チン (Chin, 2002) は、探究可能ではない問いとして、①基本的な情報に関する問い (本やネットを調べることや誰かに聞くことで見いだせる単純な情報や基本的な事実についての問い)、②複雑な情報に関する問い (単純な調査のみでは答えることができず、答えるためにより多くの概念的な知識を必要とする問い)、③哲学的・宗教的な問い (科学では明瞭な答えが得られないものやそもそも答えられない問い) の3種類を挙げ、探究可能な問いとの区別を図っている。生徒の疑問を見ると、①基本的な情報に関する問いや②複雑な情報に関する問いの多くが、探究可能と判断されており、中学生にとって科学的に探究可能な問いと探究可能ではない問いとの区別は、科学者や理科教育者が考えるそれとは異なっていることが示唆されるのであった。

平成27年度調査 (調査1) では、生成した疑問について探究可能だと考えた理由も問うており、その具体的な記述例は、表7のとおりであった。6つの内容類型に共通して多く見られた検証可能と考えた理由は、「他の物質で調べてみると分かる」という記述だった。この場合に限って言えば、生徒らは、他の物質で調べていくつかの事例を集め、一般化できるかどうか、探究できること (検証できること) を意味すると考えていたと思われる。

表7. 中学生の疑問と探究可能性の理由の具体例

1) 油脂の質的な側面 固体のときは白で温めると透明になるのはなぜだろうか。 (理由) 別の物質で同じ実験をしてみれば分かるかもしれないから。
2) 状態変化での温度・熱 熱するとなぜ液体に変化したのか。(理由) ロウなどを使って調べてみると分かると思う。
3) 融解・凝固という現象 なぜ外側から固まり、最終的には真ん中がへこんだ形になるのか。 (理由) 外側から冷めて内側が削られていくので、外側と内側の温度を調べるとよい。
4) 物質の種類 この液体は何だろうか。(理由) 手でさわったり、においをかいだりすると分かる。
5) 状態変化と質量の関係 質量が変わらないのか。(理由) 実験をして、その結果を表に表したら、質量が変わっているのか、変わっていないのかが分かる。
6) 状態変化と体積の関係 普通水を氷にすると体積が増えるが、なぜこの液体は体積が減るのか。(理由) 他の物を固体にしてみても、体積がどうなるかを調べると答えが出てくる。

## (2) グループでの疑問の類型化と探究可能性の再検討

平成27年度調査では、さらに生徒が個人で考えた疑問を基にして、グループ (3~4名) で類型化した疑問群とそれらの探究可能性についての判断を調べた (調査2)。グループで個人の疑問の類型化を図ったところ、それぞれ7~13のカテゴリーへと集約された。生徒によるカテゴリーを再度類型化して示すと、表8のとおりであった。

表8. グループでの疑問の類型化と探究可能性の再検討

疑問の内容類型	できる	できるかも	できない
1) 油脂の質的な側面	4	5	2
2) 状態変化での温度・熱	2	0	1
3) 融解・凝固という現象	0	1	0
4) 物質の種類	3	0	0
5) 状態変化と質量の関係	0	0	1
6) 状態変化と体積の関係	3	0	0
7) その他の要因	0	0	0
合計	12	6	4

グループで検討した場合であっても、18個(82%)が探究可能なものと考えられていた。1) 油脂の質的な側面は、疑問の数は多いもの、安全性の問題や実験方法が考えられないことから、必ずしも探究できると思われていなかった。その一方で、2) 状態変化での温度・熱や、6) 状態変化と体積の関係は、生徒は他の物質を利用して測定することで、探究できるものと考えていた。ただ、5) 状態変化と質量の関係は、質量に変化が見られないことから、探究できないと感じている生徒が見られるのであった。

### (3) 油脂の凝固の観察と生成した疑問との関係

平成27年度と平成28年度の双方の調査を踏まえると、生徒が油脂の凝固で共通して観察できたことのうち、その後の疑問の生成に関連付けられていたものは、主として、①温度変化に伴う油脂の色の変化、②凝固するときの様子であった。これらの観察できた内容は、疑問詞を使った疑問の生成と関連しているものであった。具体的には、「白い物だったのに、なぜ、とう明になったのか」、「なんでへこんでいるのか」という疑問の生成につながっていた。ラードという物質自体になじみがなかった生徒もおり、物質の表面的な特性といった質的な側面へと認知的関心が集まったとも推測される。

それに対して、③一連の過程を通じて、質量に変化が見られなかったことは、1名の生徒が1個の疑問を生成したのみであった。小学校3年で物の形と重さとの関係を学習していることもあってか、質量が変化しないという事実それだけでは、疑問の生成にはつながっていない。また、個々に記述した観察できたことを疑問へと転換しているが、複数の観察事実を組み合わせると生成したような疑問は見られなかった。

はい/いいえで答えられる疑問や観察したことに基づかない疑問として、生徒が考えた疑問は、油脂の凝固の観察として行った実験での諸条件や操作を変化させることを求めるものを中心となっていた。例えば、「かためたものをもう一度熱すると質量はかわるのか」、「ほかの物体でもできるのか」という疑問が見られた。これらの疑問の生成には、条件を変化させつつも再度実験することで再現可能性を確かめること、他の物質で調べていくつかの事例を集め、一般化を図ることへの意識が背景にあると推察される。諸条件として量的な要因を含む、温度の変化を含む疑問が探究可能であると認識されやすい傾向が見られるように、諸条件のうちの少なくとも1つの要因を変化させられるものや結果を得られるものが、探究可能な問いであるとの認識につながっているであろう。

## 5. おわりに

中学校1年生の「物質の状態変化」を事例にして、理科授業の導入段階での生徒の既存知識や事物・事象の観察と疑問の生成との関係を探った。生徒らは、事象の観察から、複数の疑問を生成することができ、それらの疑問の多くは、探究可能であると認識する傾向にあった。その判断には、同じ実験方法を利用して、別の物質で観察・実験して一般化を図れることを一つの基準として採用していることが示唆されるのであった。

疑問の生成・記述段階での手続きが異なっても、生徒が生成する疑問の内容に大きな違いが見られず、観察する過程での働きかけも検討する必要性が示唆されるのであった。生徒らは、事象の表面的な特性といった質的な側面から、主として疑問詞を使った疑問を生成している一方で、複数の観察事実を組み合わせると、疑問を生成する傾向は見られなかった。また、同一物質で条件を変化させて再現可能性を確かめることや、他の物質での事例を集めて一般化を図ることに関連して、はい/いいえで答えられる疑問や直接観察したことに基づかない疑問を生成することが考えられ

るのであった。

## 附記

本論文は、日本科学教育学会平成 27 年度第 2 回研究会（平成 27 年 11 月 14 日、佐賀大学）および日本科学教育学会平成 28 年度第 2 回研究会（平成 28 年 12 月 3 日、長崎大学）において発表した内容を加筆・修正したものである。

## 謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金・基盤研究（B）（課題番号 15H03506、代表・内ノ倉真吾）および奨励研究（課題番号 17H00193、代表・廣直哉）の助成を受けて行われたものである。

## 引用文献

- Chin, C.(2002). Open Investigation in Science: Posing Problems and Asking Investigative Questions, *Teaching and Learning*, 23(2), pp. 155-166.
- Chin, C., Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science, *Studies in Science Education*, 44(1), pp.1-39.
- NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards*, The National Academies Press.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2013). *PISA 2015 Draft Science Framework*.
- Tiberghien, A. (1985). "The Development of Ideas with Teaching", in Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (eds.), *Children's Ideas In Science*, pp. 67-84, Open University Press (内田正男 (監訳), 「教授に伴う考えの発達」, 『子ども達の自然理解と理科授業』, 90-111 頁, 1993, 東洋館出版社).
- 市村毅, 大高泉 (2006). 理科授業における疑問の傾向—小学校 6 年「植物の葉と日光」の単元を事例にして—日本理科教育学会関東支部大会研究発表要旨集, 45, 58 頁。
- 中山迅 (2012). 問題解決や探究における問題設定の問題点, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 10, 63 頁。
- 中山迅, 猿田祐嗣, 森智裕, 渡邊俊和 (2014). 科学的探究の教育における望ましい「問い」のあり方—日本の中学校理科教科書における「問い」の出現場面と種類—, 理科教育学研究, 55(1), 47-57 頁。
- 小野瀬倫也, 佐藤寛之, 森本信也 (2012). 理科授業において子どもが抱く疑問とその特徴に関する研究—認識論的 Vee 地図を踏まえた理科学習ガイドの改良と分析—, 理科教育学研究, 53(1), 13-27 頁。
- 大多和浩弥, 木下博義 (2014). 中学校理科における科学的能力の育成に関する基礎的研究—科学的な疑問を認識する能力に着目して—, 理科教育学研究, 55(3), 265-277 頁。
- 坂本美紀, 山口悦司, 村山功, 中新沙紀子, 山本智一, 村津啓太, 神山真一, 稲垣成哲 (2016). 科学的な問いの生成を支援する理科授業—原理・法則に基づく問いの理解に着目して—, 教育心理学研究, 64, 105-117 頁。

資料：調査4・5の質問紙および中学生の記述例

( ) 年 ( ) 番 名前 ( )

1 演示実験を見て観察できたことを書いてみよう

番号	観察できたこと
①	ガスバーナーでラードを熱した
②	ラードは全て溶けた
③	とうもろこしの液が出てきた
④	氷水で冷やすと白いかたまりが出てきた
⑤	食塩を入れた、氷も入れた
⑥	のりやポントみたい
⑦	完全にかたまっていて
⑧	液体ではなくなっている
⑨	かたまっている
⑩	質量は、ほとんど変わらない

2 1の観察したことをもとにして、疑問（実験の課題、調べてみたい疑問、調べられそうな疑問など）を考えてみよう。

(1) はい/いいえで答えられる疑問の文章

観察したことの番号	観察したことをもとに考えた疑問	調べられる (○△×)	調べてみたい (順序)
④	のりやポントですか	○	4
①	熱せないと液体にならないのか	○	3
③	必ずとうもろこしの液ですか	△	1
④	氷水で冷やすと、かたまりませんか	○	2

3 1の観察したことと関係していない疑問（実験の課題、調べてみたい疑問、調べられそうな疑問など）を考えてみよう。

観察したことと関係していない疑問	調べられる (○△×)	調べてみたい (順序)
ラード以外の調味料ではできないのか	○	1
どのものも、とろいてから、かたまりませんか	○	2
液体からではできないのか	△	3

(2) 疑問詞（いつ・どこで・だれが・なにを・なぜ・どのように等）などを使った疑問の文章

観察したことの番号	観察したことをもとに考えた疑問	調べられる (○△×)	調べてみたい (順序)
①	なぜ、熱せないとけないのですか	○	5
②	なぜ、ラードは全てとけたのか	△	4
③	白い物からたろい、なぜとうもろこしの液	△	1
⑤	食塩を入れたと、なぜかたまりませんか	△	2
⑧	なぜ、液体ではなくなっているのか	△	3