

小学校5年「物の溶け方」における 個別探究のための問題解決シートの開発と評価

葎葉彩子¹⁾・山下修一²⁾*

¹⁾船橋市立海神南小学校

²⁾千葉大学・教育学部

Development and Evaluation of “Solving Problems Sheet” for Individualized Inquiry-Based Learning in the 5th Grade Elementary School Class “How Things Melt”.

YOSHIBA Ayako¹⁾ and YAMASHITA Shuichi²⁾*

¹⁾Funabashi City Kaijin Minami Elementary School

²⁾Faculty of Education, Chiba University, Japan

本研究では、小学校5年「物の溶け方」において、児童一人一人の探究（個別探究）を行う力をつけるために、一方向ではなく、自由な場所から書き進めることができる問題解決のためのワークシートを開発した。このワークシートを使って問題解決の過程を繰り返し行い、物が水にとける性質における探究活動を行った。どの程度児童が一人で探究を行うことができるようになったのか、また様々な順番で書き進めているかということを検討した結果、指導経験の差があってもこのワークシートと授業プランを行うことで、児童の個別探究の力が有意に高めることができた。また、問題解決の計画までの過程では、問題解決で示されている一直線の過程ではなく、自由に進める児童が多いことが分かった。

In this study, a worksheet that allows students to write from a free place was developed to individualized inquiry-based learning enhance their ability to carry out individualized inquiry in the fifth year of primary school, ‘How things melt’. This worksheet was used to repeat the problem-solving process and to carry out an inquiry-based learning on the properties of objects that dissolve in water. The study investigated whether pupils were able to carry out inquiry-based learning on their own and whether they wrote the worksheets in various orders.

The results showed that the worksheets and lesson plans significantly increased the children’s ability to conduct individual inquiry, despite differences in teaching experience. In addition, it was found that many children were able to proceed in a free process up to the planning of problem solving.

キーワード：物の溶け方 (how things melt), 個別探究 (individualized inquiry-based learning),
問題解決 (problem-solving), ワークシート (worksheet)

1. 問題と目的

令和4年度全国学力・学習状況調査小学校理科報告書（文部科学省・国立教育政策研究所，2022a）において、指導改善として「問題を解決するまでの道筋を構想し、解決の方法を発想できるようにする」、「観察、実験の結果を基にして、予想について検討して、改善し、より妥当な考えをつくりだすことができるようにする」等が出されている。また、児童生徒質問紙と学力のクロス分析（文部科学省・国立教育政策研究所，2022b）においては、小学校では「理科の授業では、自分の予想をもとに観察や実験の計画を立てている」中学校では「理科の授業で、観察や実験の進め方や考え方が間違っていないかを振り返って考えている」と回答している児童生徒の方が、理

科の平均正答率が高い傾向が見られると示されている。さらに、2019年の国際数学・理科教育動向調査（TIMSS）の調査結果を踏まえた文部科学省の施策（文部科学省・国立教育政策研究所，2019）において、理科で「自然の事物・現象に進んで関わり、見通しをもって観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈するなどの科学的に探究する学習を充実」を立てている。

これらのことから、児童一人一人の探究（個別探究）の力を高めていくことが、理科の資質・能力を育成する上で重要なことだといえる。

久保田（2023）は、教科「理科」関連学会協議会のシンポジウムで、「探究の過程は必ずしも一方向の流れではない」とあるように（文部科学省，2018），自分達の探究を振り返りながらその過程を修正できる柔軟な探究が望まれる」と提言している。また、小学校学習指導要領解説理科編（文部科学省，2017）の中で、学校教育に

*連絡先著者：山下修一 syama@faculty.chiba-u.jp

求められているものの一つとして「複雑な状況変化の中で目的を再構築することができるようにすること」とある。さらに、OECD(2019)はラーニング・コンパスのコンセプトノートにおいて、「生徒が教師の決まりきった指導や指示をそのまま受け入れるのではなく、未知なる環境の中を自力で歩みを進め、意味のある、また責任意識を伴う方法で、進むべき方向を見出す必要性を強調する」と示されている。これらのことから、児童の探究の過程においても、問題解決で示されている一直線の形式で進めるのではなく、児童が自分で考え、選択しながら柔軟に取り組むことが重要であると考えられる。しかし、現在教科書出版会社から指導資料用に出されているワークシートは、ほぼ上から一方向で問題解決を進める形式のものが多く、そのため、児童の主体的な探究を促し、様々な方向から解決に導くことができるワークシートを開発する必要がある。児童が主体的に探究を進める授業については、千葉県総合教育センターが令和3年に実施した調査研究（千葉県総合教育センター、2023）では、探究授業の実践に向け、小学校では「理科の指導は自分で工夫しながら進めているか」の質問に対して初任者の3人に1人が否定的な回答をし、若年教員が授業を進めるための支援が必要となっている。

そこで本研究では、児童の探究する力を高めるためのワークシート（以下では「問題解決シート」と表現する）を開発し、中堅教員と小学校理科指導2年目の教員が同じ授業プランを通して、教員側の経験年数に関係なく、児童が問題解決シートを使いながら、自由な過程で個別に探究する授業を展開できるように行ったのかについて検証した。

2. 方 法

(1) 調査対象および実施時期

2023年9月～10月にかけて、千葉県内の公立小学校5年生3クラス80名を対象に行った。指導単元は「物の溶け方」（12時間）である。水に物が溶ける現象は、一度は体験したり目にしたりしたことがある身近な現象で、児童は生活経験をもとにした予想や仮説が立てやすい。また、水の量や温度など条件の設定がしやすい。このように、日常生活との結び付きが強く、児童の豊かな発想をもとに探究学習を進められると考え、本単元を設定した。尚、この単元では経験年数に関係なく問題解決シートと授業プランを使うことができるかを調査するため、クラス1を理科指導経験2年目の教員が行い、クラス2・3を15年以上の中堅者が行った。どのクラスも単元内では「問題解決シート」を使い、個別探究の取り組みで授業を実施し、分析には単元全ての授業に参加し、事前・事後の調査項目すべてに回答した60名のデータを用いた。

(2) 問題解決シートの開発

仮説設定の先行研究として、永益・小林（2006）は、The four question strategyの考えを取り入れ、従属変数と独立変数を意識させ仮説の文章化ができる仮説設定ワークシートを考案している。また、五十嵐・小林（2015）は、「仮説設定シート4QS」をもとに、独立変

数を同定ことが難しいと考える小学校中学年の児童を対象に簡略化した「仮説設定シート2QS」を考案した。小林（2017）は、小学校理科教科書に適用されている「観察・実験等」への2QS適用の可能性を検討し、小学校5年化学の柱である「物の溶け方」において「2QSが適した実験」に分類した。普段から仮説を設定することに慣れていない児童の実態を踏まえ、本研究では「問題解決シート」に2QSを取り入れることとした。

「問題解決シート」（図1）は7つの項目（問題・予想・用意する物・変えない条件・変える条件・実験の図・実験の方法）で構成されている。上記で述べた2QSは、「仮説」という言葉が児童にとって馴染みがないため、小学校理科教科書に記載されている「予想」とし、初めて使用の際は書き方を説明した。また、児童自身で振り返りができるようにチェック項目をワークシート内に作った。記入例を図2に示す。

中段部分（図3）の「問題」と「予想」の項目には、授業の中で、問題となるテーマを学級全体で設定し、そのテーマをもとに自分の言葉で「問題解決シートを」に記入を行っていく。慣れるまでは「問題」から「予想」と道筋を決めて書き進め、その後は上段（図4）の「用意する物」や「変える条件」「変えない条件」を先に書いてもよいし、下段（図5）の「実験の図」や「実験の方法」を先に書いてもよいことにした。それぞれの項目を線でつなぎ、双六のように進んだり戻ったりしてもよい形式とした。B5サイズで1枚のカラー印刷の中には、項目を考える上での補足となる言葉も添えた。

図1 問題解決シート

図2 問題解決シート 記入例

図3 問題解決シート 中段部分の拡大

図4 問題解決シート 上段部分の拡大

(3) 授業の具体的内容

第1時では、事前アンケートで児童が答えた様々な物を溶かし、疑問や気付きを出させる。渡邊(2000)は、自由試行を行った結果や自由実験における児童の発想が課題に発展しない場合もあると述べているので、物を溶かす自由試行では、種類を限定した。今回は今後の授業も考慮し、砂糖・食塩・コーヒースーガー・片栗粉・ミョウバンとした。ミョウバンについては、実験用を使用した。スーパーで売られている焼きミョウバンにつ

図5 問題解決シート 下段部分の拡大

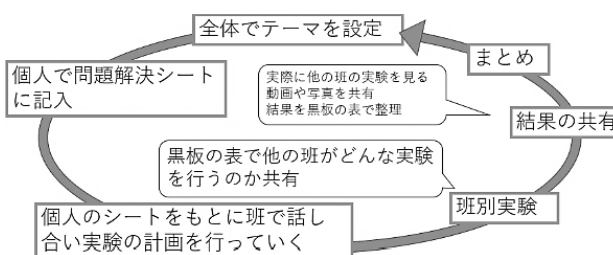


図6 単元内での探究の取り組み

いても実物を見せて紹介した。また、小学校学習指導要領理科解説(文部科学省, 2018)において、問題解決の過程において児童が働かせる「考え方」の一つとして「条件を制御する」とある。自由試行の前に児童と課題を見つけるための条件を考え、①自分で決めた定量でまぜる、②水の量、物、定量のうち変える条件は1つ、③物は混ぜない、以上3つの条件を自由試行の中に設定した。単元内での探究の取り組み(図6)では、第1時に児童から出た疑問や気付きから学級共通のテーマを設定し、個人で「問題解決シート」に記入する。それをもとに、班で実験の計画を立て、班別の実験を行う。自分の班や他の班の結果をもとにまとめを行い、次のテーマについて探究していくという流れである。

林・島田・三崎・西川(2019)は、成績下位層は小規模協働より全体的協働において授業中の立ち歩き回数が多くなり成績向上に有効な会話が多く見られたことを報告している。これをふまえ、黒板に表を掲示し、他の班の実験や結果が分かるようにする手立てをとった。また、安全を確認しながら他の班の実験を実際に見に行ったり、タブレットを使って動画や写真を共有して見たりもした。

結果を記入するワークシート(以下では「結果用紙」と表現する)には、「結果」「考察」「予想との比較」「他の班との比較」「まとめ」と5項目で構成されていて、結果からまとめまで順番に自分で記入できるものにした(図7)。指導過程を表1に示す。

(4) 調査方法

ア 評価基準の設定

「問題解決シート」と「結果用紙」に課題ごとに5回記述させた。岸田・小倉(2018)は、理科における小学生の実験計画力を育成するため、児童の変容を把握する

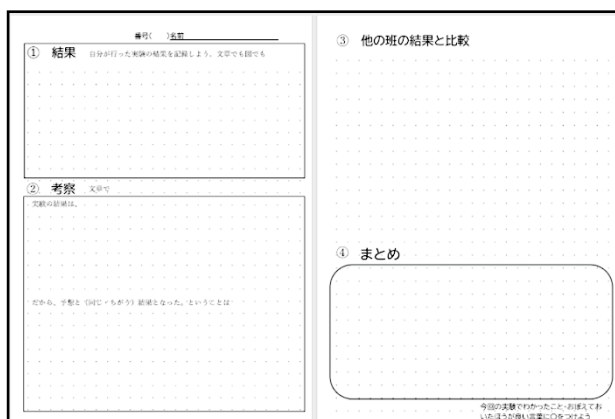


図7 結果用紙

評価基準を設定し児童の記述を点数化した。これを参考にし、実験の計画までを、シート内の項目である「問題」「予想」「用意する物」「変える条件」「変えない条件」「実験の図」「実験の方法」を適切に記述できているかに関して、評価基準を設定した。また、それぞれ9点満点で得点化した(表2, 3)。

イ 「問題解決シート」作成過程の調査

記述に慣れてきた5回目において、「問題解決シート」の7項目(問題・予想・用意する物・変えない条件・変える条件・実験の図・実験の方法)をどのように児童が書き進めているかの順序を、番号を書いたシールを貼らせて調査した。調査においては、個人の探究する力を見るため、児童が自分だけで、書き進めた部分までを調査対象とした。

表1 指導過程

時	授業内容
1	物を水に入れて様子を確認する自由試行
2	水に溶けたものはどうなったのかというテーマで問題解決シート(1回目)に記入
3	実験をして結果用紙(1回目)に記入
4	溶けるとはどういうことかについて、イメージ図を書き、問題解決シート(2回目)に記入し実験
5	結果用紙(2回目)に記入 物が水にとける量には限界があるのかというテーマで、問題解決シート(3回目)に記入
6	実験をして結果用紙(3回目)に記入
7	たくさん水に溶かすにはどうしたらいいだろうかというテーマで問題解決シート(4回目)に記入
8	実験をして結果用紙(4回目)に記入
9	水にとけた物は取り出すことができるのだろうかというテーマで問題解決シート(5回目)に記入
10	実験
11	結果用紙(5回目)に記入
12	水の溶け方について学習したことのまとめ

表2 「問題解決シート」の評価基準

①	なにも書いていない(0点)
②	なにかを書いている(1点)
③	問題が自分の言葉で記載されている。(1点)
④	～ならばが、計画に即した内容となっている。(1点)
⑤	～だろうが、自分で書いた問題の結果の予測になっている。(1点)
⑥	実験に必要な器具が示されている。(1点)
⑦	変える条件が一つで、さらに計画に沿ったものになっている(1点)
⑧	変えない条件が、計画に沿ったものになっている。(1点)
⑨	実験の図が、実際に行う実験と同じになっている。(1点)
⑩	実験の方法におおまかな検証方法が記載されている。(1点)

上記の①の場合は0点とし、②～⑩の項目を1つ満たすごとに1点加算し、合計9点で評価した。

表3 「結果用紙」の評価基準

①	なにも書いていない。(0点)
②	なにか書いてある。(1点)
③	実験の結果が書いてある(1点)。
④	結果起こる現象が明確、または数値をもって示されている。(1点)
⑤	自分の仮説の正当性が示されている。(1点)
⑥	結果をうけた考察が書けている。(1点)
⑦	他の実験の結果が示されている。(1点)
⑧	他の実験と自分の実験の比較ができている。
⑨	まとめを自分の言葉で示している。(1つのみ1点, 2つ以上2点)

上記の①の場合は0点とし、②～⑨の項目を1つ満たすごとに1点加算し、⑩は最大2点、合計9点で評価した。

3. 結果と考察

(1) 記述の変容

「問題解決シート」と「結果用紙」の記述をもとに、児童の探究する力の変化を検討した。シート5回の課題に対する記述の変化と、クラスによって差が出たのかを調べるため、「問題解決シート」と「結果用紙」それぞれの個人の平均値、また「問題解決シート」と「結果用紙」を合わせた個人の平均値について二元配置分散分析を行った。それぞれの平均値の結果のグラフを示す。(図8, 9, 10)「問題解決シート」に関して、クラスの平均

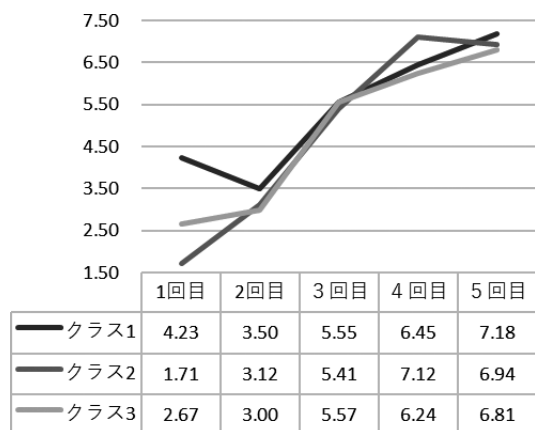


図8 各クラス問題解決シート5回の平均値 (N=60)

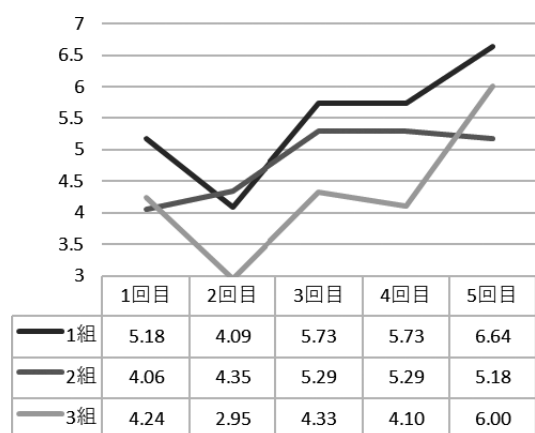


図9 各クラス結果用紙5回の平均値 (N=60)

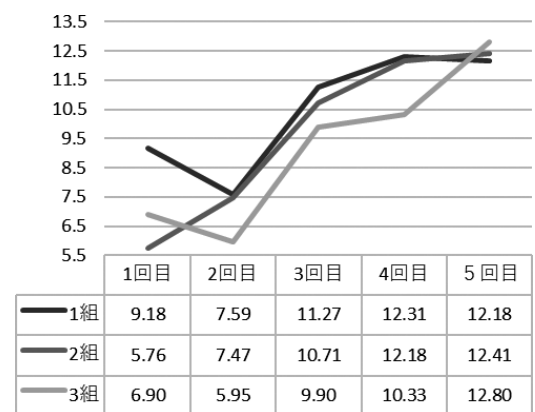


図10 各クラス問題解決シートと結果用紙の合計5回の平均点 (N=60)

に差があるかを分散分析で分析したところ、有意な主要効果は見られなかった。(F[4, 57]=1.10, p=.34) シートの回数間においては、有意な主要効果が見られた。(F[4, 228]=112.63 P<.05) 多重比較 (Holm法, 5%水準) を行ったところ、1回目と2回目、4回目と5回目以外全ての回数間で有意な主要効果が見られ、最も差が大きかったのは1回目と5回目の間だった。

「結果用紙」に関して、クラスの平均に差があるかを分散分析で分析したところ、有意な主要効果が見られた。

(F[2, 57]=4.04, p<.05) 多重比較 (Holm法, 5%水準) を行ったところ、1と3のクラス間で有意な主要効果が見られた。また、シートの回数間においても、有意な主要効果が見られた。(F[4, 228]=25.97 P<.05) 多重比較 (Holm法, 5%水準) を行ったところ、3回目と4回目以外全ての回数間で有意な主要効果が見られた。最も差が大きかったのは2回目と5回目の間だった。

「問題解決シート」と「結果用紙」を合わせたものでは、クラスの平均に差があるかを分散分析で分析したところ、有意な主要効果は見られなかった。(F[2, 57]=2.82, p=.07) また、シートの回数間においては、有意な主要効果が見られた。(F[4, 228]=111.60 P<.05) 多重比較 (Holm法, 5%水準) を行ったところ、1回目と2回目以外全ての回数間で有意な主要効果が見られた。最も差が大きかったのは2回目と5回目の間だった。

「結果用紙」では、クラス差が見られるところもあったが、「問題解決シート」においては、クラスの差が見られなかった。また、シート間においては、1回の差では有意な主要効果が見られない場合もあるが、回数を重ねると有意な主要効果が見られた。シート2回目の記述で下降したクラスが多かったのは、テーマが「溶けるとはどういうことだろうか」という、他と比べて児童が考える上で難易度が高く、学校で使用している教科書にも、児童自らが設定する「問題」としては記載されていないものであったことが原因だと、考えられる。

(2) 問題解決シートの書き進める順の結果

5回目の「問題解決シート」において、児童が7項目を書き進めた順序を、図11のグラフにした。縦軸を「問題解決シート」の7つの項目とし、上から1問題、2予想、3用意する物、4変える条件、5変えない条件、6変える条件、7実験の図、8実験の方法とした。横軸は児童が書き進めた回数である。既にかいた項目に戻り、修正や加筆した場合も1回とカウントした。グラフ作成は「EXCE2021」の散布図 (平滑線とマーカー) を使用し、児童一人一人の過程を視覚的に見やすくした。児童が様々な順序で「問題解決シート」に記入していることが分かる。さらに、児童が書いた順番の項目と人数の表を表4に示す。1回目「問題」、2回目「予想」、7回目「実験の方法」という流れの児童が多いが、3回目から6回目は項目の偏りが少なくなり、児童が自由に書き進めていることが分かる。

4. まとめと今後の課題

本研究では、児童一人一人の探究 (個別探究) の力を

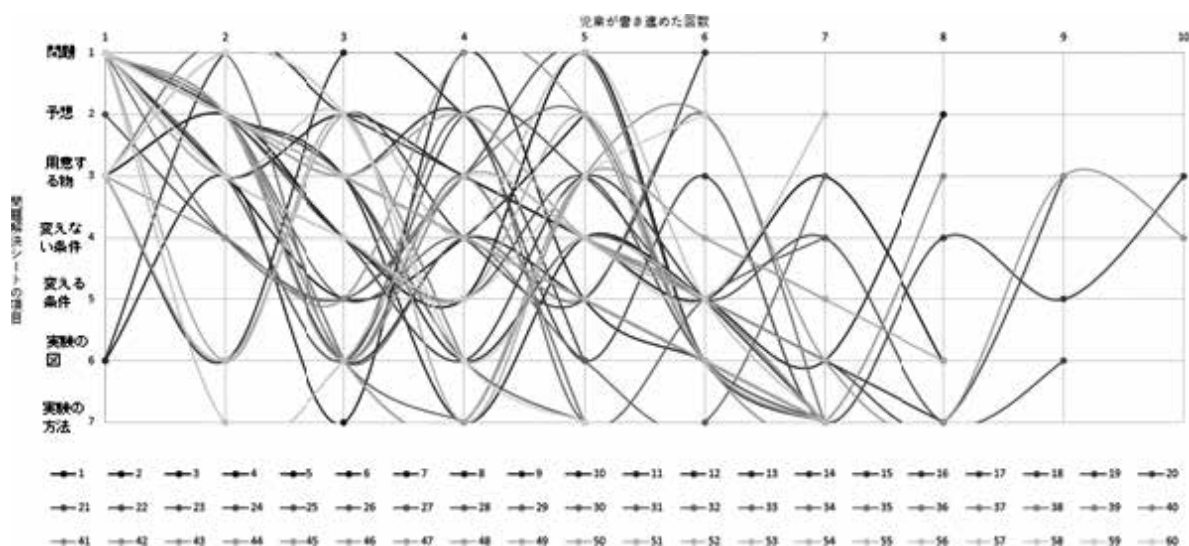


図11 「問題解決シート」の項目ごとに書き進めた順序 (N=60)

表4 「問題解決シート」の各順番における項目ごとの人数 (N=60)

	1番目	2番目	3番目	4番目	5番目	6番目	7番目
問題	48	5	1	2	3	1	0
予想	1	38	9	7	5	3	1
用意する物	9	9	19	11	8	1	2
変える条件	0	3	6	15	12	3	2
変えない条件	0	0	5	5	13	16	3
実験の図	2	4	17	8	3	17	5
実験の方法	0	1	1	6	7	1	21

高めていくために、自由な過程で書き進める「問題解決シート」を考案し、シートを繰り返し使いながら探究の授業を進めた。その結果、理科指導の経験年数に関係なく、「問題解決シート」において、児童の個別探究の力を判断する得点が有意に上昇した。また、児童がシートを使って様々な方向から解決に導くことができる様子が見られ、主体的な探究を促すことに繋がった。児童への調査では、従来の形式と比べて全体の68%の児童が「使いやすい」、「書くのが楽しい」と回答し、「思いついたところから書き進めることができたので、便利だった」と肯定的な意見が出た。クラス1を指導した教員は「児童がシートに慣れていないため、使い方の指導が少し難しく感じたが、繰り返し行っていくと、自ら書き進める児童が多くなった。また、毎回同じシートを使うので、教師側の準備が楽だった」と感想を述べた。

今後の課題として、他の分野の学習でも活用することができるのかを確認する必要がある。また、個別探究を繰り返し行うことで、学力向上や深い理解へ繋がるかについて今後調査が必要であると考ええる。

引用文献

千葉県総合教育センター (2023) 「小・中学校理科における科学的に探究する学習の進め方に関する研究」『千

葉県総合教育センター研究報告』第457号, 14-16.
 林康成・島田英昭・三崎隆・西川純 (2021) 「成績下位の学習者の全体的協働経験による能動的な関わり合いの持続性が媒介する成績向上」『日本理科教育学研究』第62巻, 第2号, 537-545.
 五十嵐敦志・小林辰至 (2015) 「B06 小学校中学年を対象とした仮説設定シート (2QS) の開発」『日本理科教育学会北陸支部大会発表要旨集』30.
 岸田拓郎・小倉康 (2018) 「実験計画力を育成する「実験計画シート」の開発とその有効性の検討」『日本理科教育学研究』第59巻, 第1号, 39-48.
 小林辰至編著 (2017) 『探究する資質・能力を育む理科教育』大学教育出版.
 国立教育政策所 (2019) 「国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS2019) のポイント」 Retrieved from <http://www.nier.go.jp/timss/2019/point.pdf> (accessed 2023.12.01)
 国立教育政策所 (2022a) 「令和4年度全国学力・習状況調査 教科に関する調査の各問題の分析結果と課題 小学校 理科」 Retrieved from http://www.nier.go.jp/22chousakekkahoukoku/report/data/22psci_04.pdf (accessed 2023.12.01)
 国立教育政策所 (2022b) 「令和4年度全国学力・学習状況調査 質問紙調査の結果 質問紙と学力のクロス分析」

- Retrieved from http://www.nier.go.jp/22chousakekka_houkoku/report/data/22qn_03.pdf (accessed 2023.12.01)
- 久保田善彦 (2023) 「理科授業における問題解決・探究」『CSERSシンポジウム資料』22.
- 文部科学省 (2017) 『小学校学習指導要領(平成29年告示) 解説 理科編』東洋館出版社.
- 文部科学省 (2018) 『高等学校学習指導要領(平成30年告示) 解説 理科編 理数編』実教出版社.
- 永益泰彦・小林辰至 (2006) 「12 高校生物における仮説設定ワークシートに基づいた観察・実験計画立案の手立て (2006年度 日本理科教育学会 北陸支部大会)」『日本理科教育学会北陸支部大会発表要旨集』12.
- OECD (2019) 「OECD Learning Compass 2030 仮訳」Retrieved from https://www2.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/OECD_LEARNING_COMPASS_2030_Concept_note_Japanese.pdf (accessed 2023.12.02)
- 渡邊重義 (2000) 「理科学習における主体的な課題設定のプロセス」『日本科学教育学会研究報告』第15巻, 第2号, 35-40.