

理科での協働的な学習が子どもの概念構築にもたらす効果

—概念構築を促すメタ認知を授業に取り入れた実践—

教育学研究科 教育実践創成専攻 教育実践開発コース 教師力育成分野 武居 菜生

1. 問題の所在

平成 29 (2017) 年に告示された学習指導要領では「主体的・対話的で深い学び」の視点からの授業改善が求められており、中央教育審議会初等中等教育分科会の論点整理では、子どもの思考力・判断力・表現力等は「学習の中で主体的・協働的な問題発見・解決の場面を経験することによって磨かれていく」と明記されている(文部科学省, 2015)。そして、文部科学省は、「子供同士が教え合い学び合うこと」を協働的な学び(協働学習)として概念規定し、「子ども同士による意見交換、発表などお互いを高め合う学びを通じて、思考力、判断力、表現力などを育成する」ことを目指している。

これまでに協働的な学習には児童の学習意欲の向上や、子どもの既存の概念を科学的な概念に変容させる効果があること(清水・佐國, 2003)が明らかにされている。さらに滝口・藤田(2018)は、高等学校での理科の授業実践において、協働学習の要素を取り入れた実験群では、学習意欲の下位概念である「有能感(自分の有能さを感じること)」や「挑戦(学習の困難さに立ち向かうこと)」に関する調査項目の平均得点が上昇したことを報告している。このように、協働的な学習の効果が認められている一方、川合・西川(1998)は、学力のある者が知識の豊富さから、他の者を受け入れないことや、結論に意識が集中し、根拠に対するやり取りが少ないこと、コミュニケーションスキル不足で話し合い活動に参加できないものもいる等、特に「話し合い活動」を行う上での課題を挙げている。

小学校理科では、理科室での学習活動も多

く、一見するとグループによる協働的な学習が行われやすいように見える。しかし、学習形態による協働場面の設定に関する検討だけではなく、どのような他者との協働的な学習が子どもの科学概念形成に寄与するのかについて、授業実践をふまえて検証し、授業改善に生かすことが急務となっている。

上述の協働的な学習と科学概念構築を検討するために、小学校理科の「物の溶け方」の学習場面において意図的に他者と協働する機会を創出した授業実践を試行した。その結果、他者と学ぶ意義を実感できた子どももいたが、子ども自身の、他者の概念構築への貢献に対する意識や、自身の考えをワークシートに記述する場面で課題も見られた(武居・佐藤, 2020)。

2. 協働的な学習とメタ認知

協働学習について、和田・猪口・後藤(2019)は「協働学習は、問題解決に自らが積極的に関わる中で、自分なりの考えを共有する者同士が解決策を吟味し、学習を調整する」と述べている。協働的な学習では、対話的な学びの場面を通して、他者の考えや意見を取り入れながら、自身の考えを構築していく。これについては、文部科学省(2016)でも資質・能力を育む学習過程の在り方において、「意見交換や議論など対話的な学びを適宜取り入れていくことが必要であるが、その際にはあらかじめ自己の考えを形成したうえで行うようにすることが求められる」と述べており、協働的な学習を成立させるためには子どもが自分の考えを持っていることが重要であるということがわかる。

しかし、子どもが自身の考えを構築してい

くためには、まず自分自身が意見を持つことや、自分が何を知っているのか（または、知らないのか）について把握することが必要である。そこで、子どもが自分の考えを持つための手立ての一つとして、本研究では「メタ認知」という認知機能に着目した。

メタ認知について Flavell (1979) は自分自身の思考や認知についての思考であるとしている。メタ認知研究については、三宮 (2008) が定義と分類を行っており、それによると、メタ認知には「メタ認知的知識」と「メタ認知的活動」に分類される。「メタ認知的知識」とは、①人間の認知の特性についての知識、②課題についての知識、③方略についての知識から成り、「メタ認知的活動」とはメタ認知的モニタリングとメタ認知的コントロールから成っている。「メタ認知的活動」のメタ認知的モニタリングを行うことで、子どもたちが学習に対して知っていることや知らないことを把握し、それに基づいて予想を考えることでより自分の考えを持ちやすくなり、子どもの概念構築に寄与するような協働的な学習へとつながるのではないかと考えた。

メタ認知と協働的な学習に関する研究は国内外でも多くみられる。例えば、高垣・中西・田爪 (2014) は、小学校第4学年理科「ものかさ」と温度」において、協同学習におけるメタ認知を促す教授方略が、「他者とのかわりによるメタ認知」にいかなる効果を及ぼすのかを探索的に検討し、①既有知識や生活経験と課題を関連づける、②予想を検証する最適な方法の選択をする、という教授方略の要素の機能は、他者とのかわりによるメタ認知の「社会的精緻化」を促すことが示唆されたことを明らかにしている。

さらに、松浦・柳江 (2009) は、授業者がメタ認知の育成を意図していない協働的な理科学習場面を対象にし、どのような状況において中学生のメタ認知が活性化しているのかについて研究を行い、非論証フェーズよりも論証フェーズにおいてメタ認知がよく機能していることを明らかにした。この研究

の成果からは、論証フェーズに移行する契機として、「異なる考えの主張」、「友達からの要請（正当化の要請やフィードバックの要請）」、「他者のメタ認知的発話（矛盾点を指摘した発話）」、「文字化」という4つの要因が抽出された。

3. 研究目的

子どもの科学概念構築に効果のある協働的な学習の取り入れ方を探るために行った昨年度の研究（武居・佐藤，2020）から、協働的な学習を行うための前提条件となる、自分の考えを持つことに課題があることが示唆された。そこで本研究では、上記の課題を解決する方策の1つとしてメタ認知を取り入れ、以下の2点を研究の目的とした。

- I. 理科学習の初発となる第3学年の子どもにも根拠のある自分の考えが構築できるような支援方法を検討する
- II. 子どもの科学概念構築に効果的な協働的な学習の取り入れ方を探る

4. 研究方法

本研究では、国立Y大学附属小学校第3学年1クラス33名（男15名、女18名）を分析対象として、令和2（2020）年10月～12月に第3学年理科「物と重さ」の授業を実施した。授業実践場面の撮影データや授業で活用したワークシートへの記述内容から、子どもの考えとその根拠となるものを読み取った。さらに、単元終了後の学習感想の記述内容をもとに聞き取り調査を行うことで、授業場面での子どものメタ認知の様態や協働的な学習に対する子どもの認識実態を把握し、それらの結果もふまえて、研究目的のI・IIに関して検討した。

5. 授業実践にみるメタ認知と協働的な学習

5.1. 根拠のある自分の考えの構築を促すメタ認知を使った授業デザイン

子どもが根拠のある予想をノートやワークシート等に記載しやすいようにするための支援方略として、メタ認知の機能の中でも

表1 「物と重さ」の単元指導計画

次	時数	主な学習問題
第一次	物の重さ調べ（4時間）	
	1	ポーズを変えると体重は変わるのか
	2	物は置き方を変えると重さもかわるのか
第二次	3・4	物は形を変えると重さもかわるのか
	物の重さくらべ（4時間）	
	5・6	体積が同じだと物の重さも同じなのか
7・8	ブロックの重さを比べてみよう まとめ	

特に「メタ認知的モニタリング」に着目した。そして、子どもに「メタ認知的モニタリング」を促すことができるように、「物と重さ」の学習指導計画（表1）を立案し、授業実践を行った。

理科では、学習問題について予想を行う際、これまでの生活経験や既習事項をもとに理由を考える。しかし、理科学習の初発となる第3学年においては、理科での既習事項が少なく、さらに生活経験にも個人差があることが考えられる。そこで、第一次3時間目の「物は形を変えると重さもかわるのか」の学習の際に、子ども自身が根拠のある予想を行うことができるように、その前段での第一次3時間目の学習問題につながる学習問題を設定し、子どもの体験活動を増やした。単元の導入では、ここでの学習問題に関して、すべての子どもが何らかの予想を想起できるような学習材として「体重」を取り扱った。また、第二次の「体積が同じだと物の重さも同じなのか」の学習の際にも、予想場面で五感を働かせて予想ができるように塩や砂糖を用いる等、学習材の用い方にも工夫をした。このように、学習問題に対する予想を行う際に、子どもが自分の予想の根拠とするための「材料」を増やした。

また、子どもが学習問題に対する予想を立てる前に、学習問題に関連する既習内容や、既知の事がないかを振り返るようにした。子どもから表出した考えや事物については、「知っていること・思い出したこと」として学級全体で共有した。また、ワークシートの

知っていること 思い出したこと	①のポーズ	よそう おもくなる・かるくなる・かわらない なぜかというと...
	②のポーズ	よそう おもくなる・かるくなる・かわらない なぜかというと...

図1 ワークシート例

予想を記入する左側にも既習内容（知っていること・思い出したこと）を書き込むための欄を設けた（図1）。各学習問題に対する予想を行う前に子どもがこれまでの経験や学習を振り返る場面を設定することで、子どもが学習問題に対する「メタ認知的モニタリング」を行うことができるよう支援を行った。

5.2. 協働的な学習を取り入れた理科の授業デザイン

協働的な学習活動として、各学習問題に対する予想を行った後に、班や学級で予想を共有する時間を設けた。班活動では、互いにノートを見せ合うことで他者の予想やその根拠と、自分の予想やその根拠を見比べる活動を行った。自分と意見が同じ場合だけでなく、異なる意見についても着目するように促し、他者の意見は色を変えて自分のノートに書き加えるように促した。また、第一次3・4時間目「物は形を変えると重さも変わるのか」を検証する実験場面では、粘土を1人一つ用意し、一つの形を調べる個別実験を行い、実験結果を板書することで共有した。学級として学習問題に対する結論を導く際には、自分が行った実験以外の実験結果も含めて考え、学習問題に対する結論を学級全体で議論するようにした。

6. 授業実践

6.1. 根拠のある予想を行うための支援

「物と重さ」の学習の第一次では物の形と重さの関係について、「物は形が変わっても重さは変わらないこと」を学習した。第一次1時間目では「ポーズを変えると体重も変わるのだろうか」の学習問題を立てた。大単元の導入となるこの時間は、上述のように、「体重」について取り扱い、予想場面では体重に

表2 「ポーズを変えると体重も変わるだろうか」の
予想場面での記述割合

既習内容の記述の有無	人数 (割合)
知っていること・思い出したこと欄 への記述が見られる	24 (72.7%)
知っていること・思い出したこと欄 への記述が見られない	9 (27.3%)

ついて知っていることや生活経験から思い出したこと等を確認した。予想場面でワークシートの「知っていること・思い出したこと」欄に子どもが記入した割合を表2に示す。半数以上の子どもが「体重」について何らかの知識を保持していることが理解できた。

第一次2時間目では、「物の向きを変えると物の重さも変わるのだろうか」の学習問題のもと、ペットボトルを用いて、その置き方と重さの関係について考えた。前時での検証実験結果が明確とは言えなかったことも考慮し、変化の要因の少ない、子どもが考える具体物、今回は、ペットボトルを用いることで予想すべき対象を向き（置き方）だけに限定し、予想を行い易くする（難易度を下げる）ことを目的に学習材を設定した。

第一次3・4時間目では、物の向きだけではなく形を変えたら物の重さはどうかという疑問から、「物の形を変えると物の重さもかわるのだろうか」という学習問題を設定した。粘土の形は、四角・丸・三角・細くする（紐状）・細かくする（バラバラ）・ハートの6種類を設定し、予想は「〇〇の形にすると粘土の重さは（軽くなる・重くなる）」というように、形ごとに行った。子どもの予想とその根拠を分類したものを表3に示す。全ての子どもが予想場面において根拠のある予想を行っていることがわかる。子どもの予想の根拠として最も多かったものは、「量や大きさがかわらない」で25人（36.2%）、次いで多かったのは「質量がかわらない」12人（18.8%）だった。また、予想の根拠の中には、「前のじっけんでかわらなかった」や「ペットボトルの時重さがかわらなかった」という既習内容をもとにした記述もあり、第一次1時間目、

表3 「形を変えると重さもかわるのか」の予想と根拠

予想	予想の理由 (根拠)	回答数 (割合)
重さは 変わらない 81.2%	量や大きさが かわらない	25 (36.2%)
	質量がかわらない	13 (18.8%)
	既習内容	6 (8.7%)
	粘土は同じもので ある	3 (4.3%)
	わからない	1 (1.4%)
	その他	12 (17.4%)
重さは 変わる 18.8%	形がちがうから	3 (4.3%)
	前にさわったこと がある	1 (1.4%)
	なんとなく	1 (1.4%)
	その他	4 (5.8%)

2時間目の設定をしたことが、子どもに根拠のある予想を表出させるための一助になったといえる。

第二次では、見た目の大きさ（体積）が同じでも、物の重さは異なることを学習した。第二次の学習の導入を行う際には、子どもの身の回りにある物で、見た目は同じで素材が異なる物（スプーン・コップ・水筒）を用意し、子どもにどちらが重いのかを尋ねる活動を行った。子どもたちから、「金属の方がプラスチックよりも重い」、「木と金属は同じぐらいの重さではないか」等の発言があったため、知っていること・思い出したこと欄で共有を行った。

第二次5・6時間目では見た目の似ている砂糖と塩を用いて、重さを比べる学習を行った。予想場面では、子どもが根拠のある考えを構築できるように、予想の根拠になりうる材料を増やした。具体的には、袋に入った砂糖と塩、紙に貼った砂糖と塩を用意し、手触りや粒の形も見るようにした。

第二次7時間目には、見た目の大きさが同じで素材の異なる4種類のブロックを重い順に並べる学習を行った。学習では、「アルミ・木・ゴム・ポリエチレン」のブロックを用いたが、子どもが知らない素材もあるため、予想場面では、予想を行う材料として身の回りのどんな物に使われているのかという使用用途を紹介することを行った。

6.2. 協働的な学習場面の設定

本研究では、協働的な学習場面の設定として、第一次3・4時間目の予想場面において、班の中で自分の予想とその根拠を共有する時間を設けた。ここでは、友達の見解を見る際に、「自分の予想やその理由と、友達の見解を比べる」活動をするように声掛けをしながら促した。また、図2に示すように、自分と友達の見解の同じ点や異なる点を、色鉛筆でノートに記述するよう求めた。そして、実験場面では学習問題を検証するための粘土を一人一つずつ配布し、子どもが、自身で実験してみたい形を一つだけ決めて、その形での重さと元の重さを比較する実験を行った。実験終了後、図3に示すように各自の実験結果を黒板に集めることで結果の共有と確認を行った。この検証実験では、「細かくする」と「しかく」の形に変えた実験で、粘土の重さが元の重さと比較して異なってしまうことも、結果として生じた。そのため、「粘土の形を変えたら重さが変わった」という結果を記した子どもの使用した粘土を用いて、授業者が演示実験を行い、粘土の重さが変わらないことを確認した。結果を共有する際には粘土の形に着目しながら、各自の結果を確認し、学級全体での話し合いの中で、「物は形を変えても重さは変わらない」ことが、学習問題の結論となることを確認した。

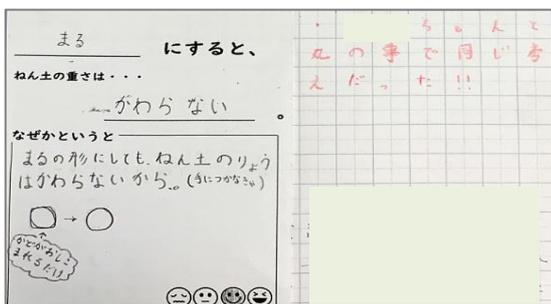


図2 予想を共有し意見を交換した様子



図3 黒板での結果の共有の際に用いた表

6.3. 子どもの物質概念構築過程

第二次での学習問題「物の重さ比べをしよう」の学習終了後、物の形と重さの関係について、子どもが学習すべき科学概念を構築できたかを確認するために、第一次3・4時間目の発展的な授業内容を8時間目に設定した。この学習では、第一次3・4時間目で用いた粘土ではなく、紙を用いて「物の形を変えても物の重さは変わらない」ことが適用できるかを子どもに予想させた。その結果、「重さが変わる」と予想した子どもが6人、「重さは変わらない」と予想した子どもが27人存在していた。その後演示実験をもとに結果の確認を行い、紙以外の物についても、「物は形を変えると重さが変わるのか」は当てはまるのかについて考えた。この8時間目では、①物の対象範囲を粘土と紙以外にも広げて科学概念の適応範囲を広げること（汎化）、②前時までの学習を振り返り見比べること、③誤った科学的認識を保持している子どもを把握して科学概念の更新（修正）を促すことを目指して学習問題の設定を行った。

学習問題「どんな物でも、物は形を変えても重さがかわらないのか考えよう」では、粘土や紙以外の具体物として木・アルミホイル・消しゴム・コップ（ガラス）を挙げた。子どもの問題に対する予想とその根拠を表4に示す。この学習でも、学習問題に対して子どもが予想をする際には、単元を通して行ってきたように、「知っていること・思い出し

表4 「どんな物でも、物は形を変えても重さがかわらないといえるのだろうか」の予想とその根拠

推論	推論の理由(根拠)	回答数(割合)
重さは変わらないと言える 25人 75.8%	既習内容(前もそうだった)	12 (36.4%)
	増えたり減ったりしていない	5 (15.2%)
	同じ量だから	4 (12.1%)
	同じ物だから	2 (6.1%)
	物は形や向きをかえても重さはかわらない	2 (6.1%)
重さは変わらないと言えない 8人 24.2%	変わるやつもあるかもしれない	4 (12.1%)
	粘土の重さがかわったから	3 (9.1%)
	その他	1 (3.0%)

たこと」を尋ねることで、これまでの学習を意識的に振り返らせることを行い、メタ認知的モニタリングを促した。表4の予想の内訳をみると、「どんな物でも重さは変わらない」と考えたうちの約半数(12人, 36.4%)の子どもが、予想の根拠として「かみだってねんどだってそうだから」や、「まえのじっけんでもかわらなかつたから」というように、既習事項を挙げていた。このことから、既習事項を基に、授業中に取り扱わなかつた物についても推論して予想していたことが理解できた。また、「どんな物でも物は形をかえても重さは変わらないと言えない」と回答した子どものうち、多くの子どもがその根拠として挙げていた考えの記述には、「もしかしたらかわるやつもあるかもしれない」や「ねんどの重さがかわつたから」等があつた。このように、重さが変わることもありうると考えた子どもは、粘土の実験の際に重さが変化したこと以外に明確な根拠は示すことができなかったことも、改めて理解できた。(理解が不十分であつた児童には、個別指導の時間を設けて再実験を行い、科学概念の更新(修正)を試みた。)子どもが推論した内容については、予想の際に挙げた具体物である木・消しゴム・コップ(ガラス)については演習実験を行い、実験結果を確認した。

7. 授業実践後の聞き取り調査から明らかになった子どもの認識の特徴

単元終了後、子どもの学習感想をもとに、記述が抽象的であつた子どもや、ねんどの形をかえると重さがかわつたという認識を保持し続けた子どもを中心に聞き取り調査を行った。第一次3・4時間目で、粘土のかたちを変えると重さもかわつたという実験結果であつたC1の実験結果と学習感想の様子を図4に示す。C1は、個別実験では粘土の重さが重くなつたが、その後の演習実験やクラスでの議論を経て、「粘土は形をかえても重さはかわらない」ということに納得できたとの記述をしている。図5に、推論の際の記述

実けんのけつか			
形	もとのおもさ	形をかえた時	けつか
細かくする	25 g	26 g	おもくなつた かるくなつた かわらない

けつろん
物の形をかえても、重さはかわらない。
感想 自分は重くなつたと考えたり

れど、そのあと重さはかわらない
んいうことが少しなつてくできて
よかつたです

図4 C1の3・4時間目の実験の結果と学習感想

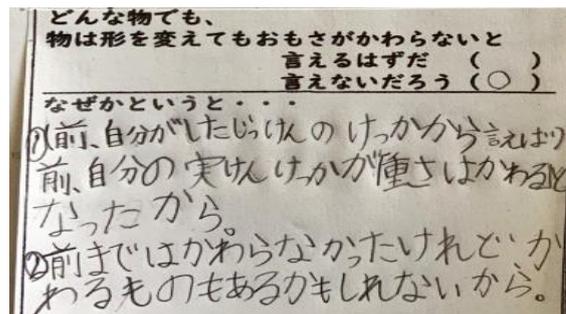


図5 「どんな物でも、物は形をかえても重さがかわらないと言えらるだろうか」に対するC1の記述

を示す。C1は、第一次4時間目終了後の時には結論に納得していたものの、推論を行う際には、「自分がしたじっけんのけつかからいへば、」というように、粘土の重さがかわつたことを根拠に挙げており、第一次3・4時間目での実験結果についての認識の修正が行われていないことがわかる。なぜ認識の修正が行われなかつたのかについては、聞き取り調査から明らかになつた(図6)。C1は、第

T1:	ねん土の実験どんなところが楽しかつた?
C1:	なんか、みんなと私とかYくんとかはみんなと違う結果になつちやつたけど、それを確かめたり、納得できたりして。
T1:	C1ちゃんたちの班はHくんやYくんも実験結果が変わつたじゃん?ねん土の重さは、仲間聞いてどうだつた?自分の結果がやっぱりそうだ、っていうのと、ちょっと違ふかなっていう気持ち、どつちが大きかつた?
C1:	うーん、ちょっとどうかなつて。
T1:	C1ちゃん自分の実験結果に自信持てて、自分の実験結果がこうだつたから...って書いてくれたじゃん? それは自信があつたのは、同じ班に結果が同じ人がいたから?それとも、自分で一生懸命やつて、こうだつて思つたから?
C1:	そつちそつち、自分でやつたから。

図6 学習終了後C1に行つた聞き取り調査の一部

もが考えを構築するための材料（情報）を揃えるために導入することも必要である。

9. 成果と課題

紙幅の都合により、本研究における研究成果（○）と課題（▲）を、以下に列記する。

- 子どもの考えの根拠には、既習事項に基づくものもあるため、メタ認知的モニタリングを意図的に促す支援は、協働的な学習活動の実施する際の前提となる子どもが根拠のある考えをもつための一助となる。
- 子ども一人ひとりが根拠のある考えをもつことで、予想の共有の際に、自他の考えを比較することが可能になった。さらに、予想だけでなく、個別実験で他者が行った実験の結果にも目を向けることができた。
- ▲ 誤りのある実験結果の班での共有により、誤った認識を強化させ、長期に保持させることにつながった。
- ▲ 子どもの認識の特徴として、情報が視覚優位になりやすいこと、体験から得た認識を修正するためには多くのプロセスが必要になることも明らかになった。

10. 今後に向けて

本研究では、第3学年の児童を調査対象としたため、根拠のある自分の考えが構築できるように予想場面でメタ認知的モニタリングを促した。既習事項の振り返りは子ども自身でできることが望ましい。本研究にあるような活動を続けていくことで、子どももその必要性を理解することが可能であると考えられる。また、協働的な学習における意見の共有場面では、自他の考えや意見の比較を行うが、他者との意見の異同の確認に留まっており、何が違うのか、なぜ違うのか等の質的な相違に着目できていないことも多い。よって、子どもが考えや意見等の質的な相違にも着目できるようにしていくことで、予想場面や考察場面でも、より妥当性のある考えを構築していくこともできようになると考える。今後とも研究で得た知見を学校現場で実践し、研究活動を継続したい。

謝辞

本研究の実施に際し、聞き取り調査や授業実践の機会を設けていただきました先生方、理科の教科だけでなく、教科全般と学級経営をご指導していただきました先生、そして、研究にご協力いただきました小学校の先生方や、3年生の児童とその保護者の皆様に心より御礼申し上げます。

参考文献

- 猪口達也・後藤大二郎・和田一郎（2018）「理科学習における主体的な問題解決活動の推進に関わる社会的メタ認知の機能についての事例的研究」理科教育学研究, 59(2), 229-242.
- John Dunlosky, Janet Metcalf (著) 湯川良三・金城光・清水寛之(訳) (2010) 『メタ認知基礎と応用』北大路書房.
- 川合千尋・西川純(1998)「小学校の理科学習における話し合い活動に関する分析」日本科学教育学会研究会研究報告, 12(6), 13-18.
- 松浦拓也・柳江麻美(2009)「協働的な学習におけるメタ認知に関する事例的研究—中学校理科における話し合い場面を中心に—」理科教育学研究, 50(2), 107-119.
- 文部科学省(2015)「新しい学習指導要領が目指す姿(2015年11月18日)」http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/siryo/attach/1364316.htm (2020年11月12日閲覧)
- 文部科学省(2016)「理科ワーキンググループにおける審議の取りまとめ(2016年8月26日)」https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/060/sonota/_icsFiles/afieldfile/2016/09/12/1376994.pdf (2021年1月12日閲覧)
- 文部科学省(2018)「学びのイノベーション事業(2018年9月28日)」http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1408183.htm (2019年7月5日閲覧)
- 三宮真知子編者(2008)『メタ認知—学習力を支える高次認知機能—』北大路書房.
- 清水誠・佐國勝(2003)「理科授業におけるスモールグループでの話し合いの効果」埼玉大学教育学部教育科学紀要, 52(2), 17-25.
- 高垣マユミ・中西良文・田爪宏二(2014)「協同学習におけるメタ認知を促す教授方略が他者との関わりの変化に及ぼす効果」三重大学教育学部研究紀要, 65, 271-278.
- 滝口耕平・藤田剛志(2018)「協働学習が理科の学習意欲に及ぼす影響に関する実践的研究」千葉大学教育学部研究紀要, 56(2), 337-346
- 和田一郎・後藤大二郎・猪口達也(2019)「理科における協働学習の意味とその実践的展開に関する研究」横浜国立大学教育学部紀要, 2, 213-223.