高等学校「理数探究」における学習過程の一考察

―理科課題研究の実践を通して―

京都教育大学大学院　連合教職実践研究科
教職実践専攻　授業力高度化コース
166002　伊藤 拓也

高等学校「理数探究」における学習過程の一考察
ー理科課題研究の実践を通してー

伊藤　拓也
授業力高度化コース

要約：次期学習指導要領の改訂に伴い，高等学校の数学・理科にわたる探究的科目（理数探究）が新設されることとなった。それを踏まえ，文部科学省は探究的科目の学習過程を提案し，探究がどのように進められるべきか示した(課題設定→課題解決→分析・考察・推論→表現・伝達)。しかし，教師がこの学習過程を踏まえて探究的科目の授業づくりを行っていくには選択肢などを設け，教師の負担を少しでも軽減する必要がある。

そのため，本研究では文部科学省が提案した学習過程を基に現場で活用可能な学習過程モデルを作成し，実習校で実践を行い検討した。

キーワード：探究的科目　「理数探究」　学習過程

1. はじめに

これまでにOECDのPISA(2012)やIEAのTIMSS(2011)において，日本の生徒の算数・数学および理科における学習に対する意欲は，諸外国に比べて肯定的な回答の割合が低いことが課題として挙げられてきた。一方で，小倉(2005)は，「理科の課題研究を経験している児童生徒の方が，経験していない児童生徒よりも，高い科学への学習意欲を示す傾向が見られた」と述べている。また，文部科学省(2016)も「高校段階から，課題研究などに積極的に取り組み，成果をあげている」と述べている。それゆえ，探究的科目を行うことは学習への興味や関心，意欲の向上に効果があると考えられる。しかし，「数学活用」や「理科課題研究」の探究的な科目（課題研究）は，大学入試において評価がほとんど行われないことや，指導のノウハウが教員間に共有されていないことなどから，高等学校における科目の開設率が極めて低いのが現状である。

このような背景から，「大学入学希望者学力評価テスト（仮称）」に向けた動きも踏まえつつ，数学と理科の知識や技能を総合的に活用して主体的な探究活動を行う選択科目として，「理数探究（仮称)」が新設されることとなった。だが，これまで行われてきた課題研究では，実施

形態が多様で，各校が手探りで進めてきた(長尾ほか，2015)。そのため，新設される「理数探究（仮称)」も各校がそれぞれに進めることになり，教員の負担が大きくなることが予想される。そしてこれまでと同様に開設率が低くなる可能性がある。

そこで，筆者が教職専門実習Ⅱで行った「理科課題研究」をもとに現場で実施しやすい「理数探究（仮称)」の学習過程について考えることにしたい。

2. 研究の目的と方法

2.1 研究目的

これまで行われてきた課題研究は実施形態を詳細に見ると多様であり，各校が工夫しながら手探りで進めている(長尾ほか，2015)のが現状である。そこで，本研究の目的は「理数探究（仮称)」の学習過程のモデルを提示し，取り組みやすいものにするための示唆を得ることである。

2.2 研究方法

研究方法は，まず探究科目に関する学習過程を提案している先行研究を基に，新たに「理数探究」における学習過程モデルを作成した。そのモデルを基に専門実習Ⅱにおいて実習校で授業を行った。同時に実施したアンケート調査の結果も踏まえ，モデルの可能性および有効性を検討した。こうした作業を通して「理数探究」の学習過程を考察した。

3. 高等学校の数学・理科にわたる探究的科目について

生きる力の育成や理数教育の充実を期待して，平成24年度から「数学活用」や「理科課題研究」が選択科目として取り入れられることとなった。しかし，評価や指導の方法などの問題があり，多くの学校で開設されなかった。

上記の開設率が低いという課題や大学の入試制度が変わることなどを踏まえ，「理数探究」が新設されることとなった。現段階で，文部科学省(2016)は高等学校の数学・理科にわたる探究的科目として，図1のように「理数探究基礎」（1単位程度）と「理数探究」（2～5単位程度）の2科目を構成することが適当だとされている。

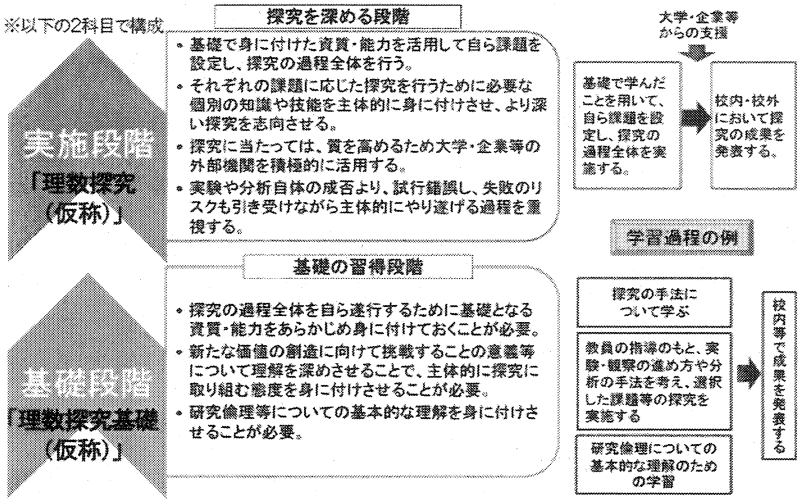

図 1　高等学校の数学・理科にわたる探究的科目の教育のイメージ（文部科学省　2016）

4.　探究的科目の学習過程について

4.1　文部科学省が提案する学習過程

文部科学省(2016)は，数学・理科にわたる探究的科目の学習過程を図2のように表し，生徒が探究の過程全体（図2）を自ら遂行できるようになることを目指すとしている。指導に当たって留意すべき点として，探究の過程において，一つの手法や考え方にとらわれるのではなく，見通しと振り返りを繰り返し，様々な視点から解決しようと考える姿勢を身に付けさせるよう促すことが重要になる。さらに，探究の過程を通じ，生徒が新たな疑問や課題を見いだすことや知的好奇心が更に高まることが重要であるとしている。そして，試行錯誤する時間や振り返る時間が十分に取れるよう，じっくりと探究に取り組ませることが求められる。

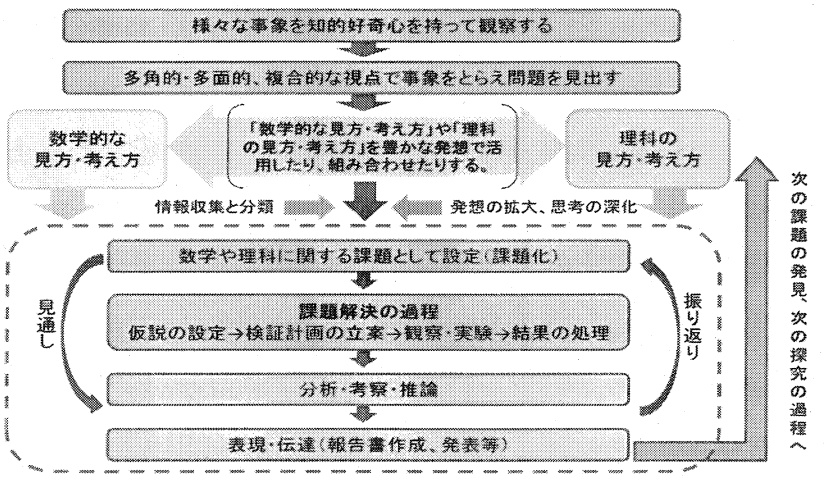

図 2　数学・理科にわたる探究的科目の学習過程（文部科学省　2016）

4.2　筆者が考える「理数探究」における学習過程

文部科学省は，教師が探究科目を行う際にも図 2 の数学・理科にわたる探究的科目の学習課程に沿って進めていくことを提案している。しかし，どのような形態で課題解決を行わせるのかということや何について振り返りを行うのか等，具体的にどう進めていけばいいのかイメージすることが難しい。それゆえに，上記の学習過程（図 2）を踏まえ筆者は図 3 のような学習過程を設定し，それぞれの過程に細かい項目を加えて図 3 のモデルを作成した。以下このモデルの各項目について説明する。

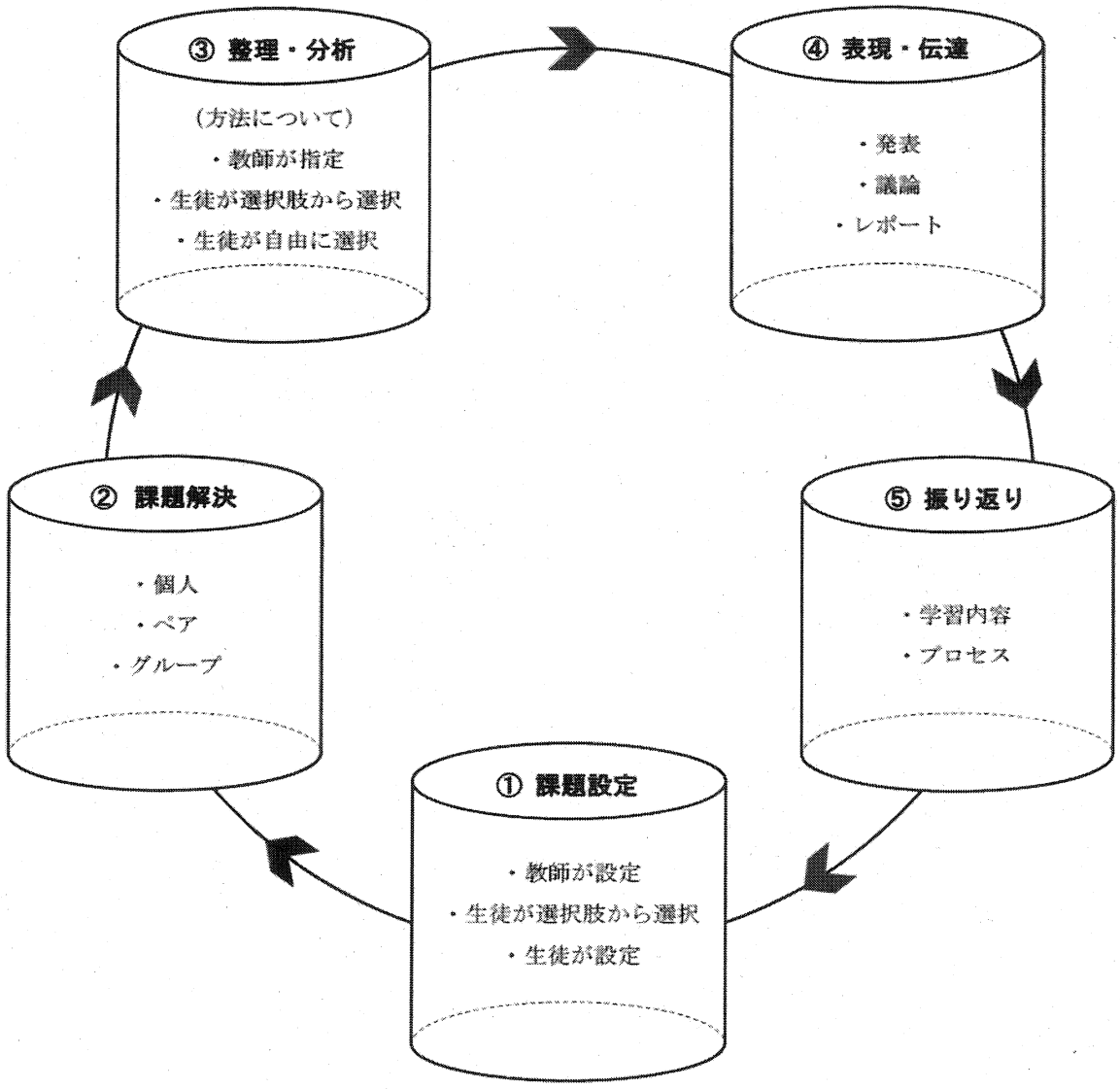

図 3　筆者作成の「理数探究」における学習過程モデル

※ ①～⑤の順番通りに行わないこともあり，選択項目は複数個選ぶ場合もある。

① 課題設定

探究的な学習を始めて間もない生徒が自ら課題設定を行うことは非常にハードルが高い。課題設定に関して溝上(2016)は「探究的な学習において，最も重要でありかつ難しいのが『生徒が自ら問いを立てる』ことである」と述べている。そこで初期段階では，生徒に課題設定の手本を見せることや興味のあることは何か考えることを目的として，課題を「教師が設定」という項目を設けた。

また，これまでは教師が課題を設定していたにもかかわらず，次回の探究から自分で課題を設定することになると困難を抱える生徒が出てくる可能性が考えられる。そのため，次の段階として教師が課題をいくつか提案して，その選択肢の中から生徒自身が選択する段階も必要だと考え，「生徒が選択肢から選択」という項目を定めた。

そして，「生徒が設定」という項目を加えた3項目を設定した。「教師が設定」，「生徒が選択肢から選択」，「生徒が設定」という流れで「理数探究」を進めることが多くなると考えられる。しかし，学校によって生徒の実態が異なるため，各学校の状況に合わせてこの中から1つを選び，探究を行わせていく必要がある。

② 課題解決（主な内容としては，仮説の設定や検証計画の立案，観察・実験などが該当する。）

図1からわかるように，最終的な目標として個人で探究を進めていくことが求められている。しかし，初期の段階において個人で探究を進めることで様々な困難が生じやすい。

安永ら(2016)は「仲間とアイデアを出し合えば，自分では気づかなかったことが新たに見えてくる」と述べている。つまり，複数人で課題解決に取り組むことにより，様々な考え方や見方を知り，身に付けることが期待できる。そのため，ペアやグループなどで一つの課題に取り組む場面も必要となる。また，ある問題に対して自立的に解決していくだけでなく，協働的に解決できる人材の育成を目指していることも含め，課題解決では「個人」と「ペア」，「グループ」という3つの項目を設けた。

③ 整理・分析

整理を行う際であれば，図やグラフ，表を使うのが1つの手段として存在する。そのほかにも，ノートやワークシートに結果を文章のみでまとめることもある。また，分析に関しては，代表的なものとして統計があげられるが，統計にも様々な方法が存在する。

つまり，整理・分析を行うには，それぞれの課題に適した方法を選ぶ必要がある。しかし，課題設定の選択項目を作成する際に述べたことと同様に，探究的な学習を始めて間もないころに自ら整理・分析の方法を選ばせることは生徒にとって難しいと予想できる。そのため，生徒が初期の段階において，様々な方法が存在することを知るために「教師が指定」という項目を設定する。

また，これまで教師が方法を指定していたにも関わらず，生徒自身が次の探究学習から自由に方法を選択する形態にすることにより，生徒が困難を抱える可能性が出てくる。そこで，使用する方法をいくつかに絞り，なぜその方法を使うのかという理由を考えさせるために「生徒が選択肢から選択」という項目を設けることとした。

上記の 2 つの項目に加え，生徒自らがこれまで学習した中から適切な方法を考えるために「生徒が自由に選択」という項目を設けた。

④ 表現・伝達

1点目に他者の意見から様々な考え方や見方があることを知ること。2点目に互いの研究について質疑応答を行って理解を深め，研究の達成感をもたせること。3点目に聞き手に自身の考えを伝えたり，話し手の意見を理解したりするコミュニケーション能力の育成ということ。この3点を踏まえ，「発表」という項目を定めた。

さらに，田中(2017)は「何かを探究しようとするときには，自分の主張を他者に伝え，それに対しての意見や疑問を受け取り，応答していく中で自分の意見を再形成し，検証していく議論が必要」と述べている。このことから，「議論」を項目の1つとして設定した。

上記の2つに加え，観察・実験などの結果やその分析，結論を一人で再度考えさせることを目的として，「レポート」という項目を付け加え3つの項目を設定した。

⑤ 振り返り

1度探究のサイクルを終えた際に，初めに設定した目的を達成することができたのか，成果としてどのようなことが得られたのかということを振り返り，やりがいを感じることが探究的な学習では大切になる。また，探究を行う中で，生徒は様々な思考や見方に気付く。そこから，意見を組み合わせ，新しい見方を生み出すことがある。そのため，どのような知識や考え方が身に付いたか確認する必要がある。この2つを同時に達成するために「学習内容」について振り返る。

さらに，探究を行う中で探究に取り組む自身の姿勢はどうだったのか，グループとしてうまく機能できたのか確認させるために「プロセス」について振り返るという項目を設けた。

この2つの項目から1つを選択し，生徒に振り返りを行わせる。また，学習内容とその過程を関連付けて振り返らせたいときには，「学習内容」と「プロセス」についての2つを同時に振り返らせることも考えられる。

5. 実践授業の実施と分析

本章では，教職専門実習Ⅱで行った高等学校第１学年「理科課題研究」における概要と分析について述べる。

5.1 授業内容

授業内容は表１のとおりである。

表１ 「理科課題研究」での授業内容

時数	学習内容	生徒の活動
第１時	木片の３辺の長さの測定	木片の長さを測定するのに 適切な器具は何か考える。
第２時	紙１枚の体積の測定	紙１枚の体積を測定する 方法を考える。
第３時	スマホケース作成依頼書づくり	小数点以下第何位までを 求めるべきか考える。

第１時では，定規やノギス，メジャーなどの測定器具を用意し，木片の３辺を測定するにはどの器具が適切か生徒たち自らが考えて，測定を行った。

第２時では，紙１枚の体積を測定するための適切な方法を考えさせた。紙１枚の厚さを測定することが難しいと考え，複数枚の厚さを測り，その厚さを枚数分で割って紙１枚分の厚さを求める。そこから，紙１枚の体積を求めていた。また，紙の縦の長さを測る際に，ノギスで２回に分けて測定する班や定規を使い１回で測定する班などもあり，多様な考え方を見ることができた。

5.2　授業構想

第３時では，筆者が作成した学習過程（図 3）をもとに授業実践を行った。実際に行った授業内容を表２に示す。また，実践を行った時期が第１学年の５月ということでこれまで探究的な学習をしてこなかった生徒が多くいると考えた。そのため，今回は探究についての基礎を習得していく段階を想定して授業を行った。

表２　第３時の授業内容

	学習内容	学習過程との関連
導入	自分たちが普段使用している スマートフォンのサイズを求める。	課題設定（教師が設定）
展開Ⅰ	測定する際，使用する道具を班で考える。 スマートフォンのサイズを求める。	課題解決（グループ） 整理・分析（教師が指定）
展開Ⅱ	班ごとに測定した結果を発表する。	表現・伝達（発表）
まとめ	ノートに感想を記入する。	振り返り（学習内容について）

生徒の実態として，第３時までに「理科課題研究」の授業を数回しか受けていないこともあり，導入部分で課題を自ら設定することはまだ難しいと考え，今回は教師が設定することとした。第 1，2 時では木片や紙の測定を行ったが，なぜこれらの測定を行うのかという声が上がったため，生徒が普段使用しているスマートフォンの測定を課題として授業を行った。

展開Ⅰにおける課題解決では，自分以外の考え方があることを知ることや正しい測定の方法を複数人で復習することを目的としたため，グループで活動を行わせた。

展開Ⅱの表現・伝達では，実践可能な授業時数を踏まえ議論を行うということを考えた際に議論が深まりきらず中途半端に終わってしまう可能性があったため，発表を行い様々な測定方法があることを知るという段階で授業を終わらせた。

まとめでは，筆者が行った計3時間で測定するものや測定後の用途によって適切な測定法が異なるということを学ばせたかったため，内容について振り返りを行わせた。

5.3　授業実践の振り返り

大学時代の教育実習や専門実習Ⅰでは，探究的科目を指導する機会がなかった。そのため，第1，2時では初めての経験が多く，授業の構想を考えるのに多大な時間を要した。また，生徒1人で検証計画の立案や観察・実験を行っていくのは負担が大きすぎないか，1時間の授業では課題が終わりきらないのではないかなどと考えた。そのほかにも，課題に対する成果が出た後にどのようにクラス内で共有するのか，振り返りはどうするのかなども過大であった。

一方，第3時の授業構想の際には，図3の学習過程モデルを用いた。第1，2時では，授業の流れをイメージすることが難しかった。しかし，このモデルを用いることにより，第3時では授業の流れをイメージすることが容易になった。また，第1，2時の時よりも短い時間で授業構想を考えることができた。

今回の実践では，第3時でしか学習過程モデルを用いていないが，それにもかかわらず多くの点で有用性を感じられた。それだけでなく，実際の学校現場でも図3の学習過程モデルは有効ではないかと思われる。

5.4　授業分析

ここでは，第3時のまとめで生徒が記入した感想をもとに学習過程モデルの分析を行った。

①　課題設定（教師が設定）

課題設定に関して、ある生徒（生徒A）が「自分たちが何気なく使っているものやまだ出会ったことのないものにもたくさん理解を深めていけたらなと思う」と書いている。このことから，第3時では自分たちが普段から使用しているスマートフォンを題材としたため，第1，2時よりも生徒は関心を持って課題に取り組んでいたと考えられる。

また，別の生徒（生徒B）は「普段，あまり気にしない所をじっくり見て，考えることで新たな発見がたくさんあり，考えの幅が広がった」と書いていた。これは生徒が普段，気にしないようなことを教師が課題として設定できたと考えることができる。

つまり，探究的な学習を始めて間もない頃に教師が課題を設定することで，生徒が新たな見方を身に付ける手助けになるのではないかと考えられる。

② 課題解決（グループ）

生徒 C のグループでは，複数人が測定を行い「同じ器具で測っても人それぞれに誤差がある」という感想が出てきた。また，生徒Dは「モノの測定は，同じモノなのだから同じ数値が出てくるものだと思っていたが実際に測ってみると誤差があり，おもしろかった」という感想を書いていた。これは個人で行っている場合には気づけないことであり，グループで探究を行うには重要な要素だと考えられる。

③ 整理・分析（教師が指定）

生徒Eは「同じものを測っていても誤差はあり，色々なことが重なって値は変化することが分かった」という感想を書いていた。つまり，教師が指定した整理の方法から同じ物を複数回測定する必要性を理解したと思われる。

④ 表現・伝達（発表）

生徒Fは「長さの測り方の一つでも，様々な種類があると知った。これからもたくさんの種類を調べてみたい」と書いていた。このことから，生徒Fは自分が考えていた方法以外にどのような方法が存在するのかということを新たに知ることができたことがわかる。そのため，考えをクラス内で共有する機会を設けることで，生徒に新たな考え方を身に付けさせることができるのではないかと考えられる。

しかし，生徒Gから「正確にはかるためにはどうしたらいいかみんなと話してみたい」という意見が出たことから，さらに考えを深めていくためにも発表だけでなく，互いの考えを共有できる場を設ける必要があった。

⑤ 振り返り（学習内容について）

生徒Hは「ものを測るだけでも様々な測り方があり，それぞれ適切な方法があると知った」としていた。このことから，測定器具の適切な使用方法があることを生徒は学習したと考えられる。

また，生徒Iが「数字にはしっかり意味があること，細かくすることがいいのではなくそれぞれの場面によって桁数をかえることが必要であることがわかった」と書いていることから，課題研究を通して新たな知識や考え方を身に付けることができたことがわかる。

6. まとめと課題

本研究の成果として，学校現場において探究的科目の実施にあたって，イメージしやすい学習課程モデル（図3）を作成したことである。また，作成した学習課程を基に授業を行い，学校現場で実践する可能性を検討した。その結果学習過程モデルは，授業を作成する際の大きな手助けになると思われた。

一方で，課題として次の2点が挙げられる。1点目は，作成した学習過程における選択肢の妥当性である。第3時で選択した項目については，その妥当性を検討することができたと思われる。しかし，ほかの項目については実践することができず，理論を基に設定するだけにとどまった。そのため，さらに実践を行い，妥当性を検討する必要がある。

2点目は，評価についてである。本研究は，学習過程の作成，実施，検討に重きを置いて進めたこともあり，評価について研究を行うことができなかった。しかし，授業を行っていく中で評価は行わなければならない。そのため，今後は評価について検討していく必要がある。

謝辞

本研究を遂行し、論文を執筆するにあたり、丁寧かつ熱心なご指導を頂いた指導担当教員の内海成治教授をはじめとした先生方に深く感謝致します。また、日常の議論を通じて多くの知識や示唆を頂いた内海研究室の皆様に感謝します。

引用・参考文献

・小倉康(2005)『科学への学習意欲に関する実態調査: 調査結果報告書』, 国立教育政策研究所, p.20

・田中耕治(2017)『教育をよみとく:教育学的探究のすすめ』, 有斐閣

・長尾洋樹ほか(2015)『高等学校理科課題研究の取組状況調査』, 日本理科教育学会第 61 回東海支部大会研究発表要旨集 , p.2

・溝上慎一・成田秀夫(2016)『アクティブラーニングとしての PBL と探究的な学習』, 東信堂

・文部科学省(2016)『次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめについて(報告)』, 文部科学省 WEB ページ
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/gaiyou/1377051.htm (最終閲覧日 2017.12.28)

・文部科学省(2016) 『大学入学希望者学力評価テスト(仮称)で評価すべき能力と記述式問題イメージ例』, 文部科学省 WEB ページ
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shougai/033/shiryo/1365554.htm(最終閲覧日 2017.12.28)

・文部科学省(2016) 『SSH の成果に関する調査結果等』, 文部科学省 WEB ページ
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/070/siryo/1366505.htm (最終閲覧日 2017.12.28)

・安永悟ほか(2016)『アクティブラーニングの技法・授業デザイン』, 東信