

新学習指導要領 理科課題研究の試み

—言語活動の充実とテーマ決定に至る過程を重視した取り組み—

理科 長根智洋、足立 敏、加藤 透、林田香織、安形和之

高等学校理科において、新学習指導要領が平成24年度から先行実施され、理科課題研究が新設された。しかし、多くの高等学校で理科課題研究をどのように年間カリキュラムに組み込み、実施していくかが課題となっている。本報告では、本校のこれまでの研究経過を紹介するとともに、本年度、言語活動の充実とテーマ決定に至る過程をどのように重視して取り組んできたか、その実践を紹介するとともに、実践を通して得られた知見や高校教育シンポジウムでの研究協議の反省等を踏まえ、必要な改善点やこれからの展望について考えてみたい。

<キーワード>理科課題研究 言語活動 理科課題研究ノート 高校教育シンポジウム

1. はじめに —愛知教育大学附属高等学校における課題研究の歴史—

「高等学校学習指導要領」(2009年)では、探究的な学習活動を充実させる観点から、理科の科目として「理科課題研究」が新設された。理科課題研究は、高等学校理科で学習した基礎的・基本的な知識や技能を踏まえて、これらを活用して探究的な活動に取り組む科目で、「科学に関する課題を設定し、観察、実験などを通して研究を行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに、創造性の基礎を培う¹⁾」ことを目標としている。内容として「生徒の興味・関心や進路希望に応じて、生徒が主体的に課題を設定することが大切である。課題については、「(1) 特定の自然の事物・現象に関する研究」、「(2) 先端科学や学際的領域に関する研究」、「(3) 自然環境の調査に基づく研究」、及び「(4) 科学を発展させた実験に関する研究」の中から設定させる¹⁾」と示されている。

また、「指導に効果的な場合には、大学や研究機関、博物館などと積極的に連携、協力を図ること。研究の成果について、報告書を作成させ、発表を行う機会を設けること¹⁾」と示されている。

理科においては、新学習指導要領は平成24年度から先行実施されている。

本校理科では、平成元年度より「生徒の自己変革を促す理科教育の試み」を研究テーマに掲げて、課題研究を実施してきた。これまでの課題研究の歴史を第0期～第Ⅸ期まで分け、各期における取り組みをまとめてみる。

第0期 (平成元年度)

この年に着任した野々山清先生(現:名城大学教職センター教授)の提案により、理科の研究テーマを「課題研究」に設定した。生徒への実施は平成2年度からとし、実施に向けての準備期間とした。その内容は、本校研究紀要第18号において、野々山(1991a)²⁾、野々山(1991b)³⁾として報告された。

第Ⅰ期 (平成2年度～平成4年度)

平成2年度に、理科の研究テーマ「課題研究」を開始した。当初は理系クラスのみで、2年次、3年次の2回実施した。課題研究を行うことによって、生徒の内面に変化が生じるかということが、本

校の課題研究における最初のテーマであった。教師による演示実験でも授業内容に沿った生徒実験でもなく自らが実験テーマを選択し、既習内容を生かして主体的に研究計画を立てて実験を進め考察を行い、結果を研究報告書にまとめることにより、理科（自然科学）に対する興味・関心が変化し、意欲が増すことが期待された。その結果は、平成3年度に本校で行われた第12回高校教育シンポジウムにおいて「生徒の自己変革を促す理科教育の試み－探究活動による主体的判断力の育成－」として報告された。また、本校研究紀要第19号、第20号において野々山ほか（1992）⁴⁾、野々山ほか（1993）⁵⁾として報告された。

第Ⅱ期（平成5年度～平成7年度）

第Ⅰ期の課題研究は、理系クラスにおいて実施された。しかし、理科（自然科学）に対する興味・関心や意欲の変化は、学校以外では理科（自然科学）に触れることが少ない文系の生徒においても重要であると考えられる。そこで、文系クラスの生徒にも、STS教育の手法を取り入れた課題研究を行った。また、課題研究で育まれる能力や技術は、他の分野・場面においても重要なものと考えられ、理科の各科目でも探究活動や課題研究を部分的に取り入れた授業を行った。その結果は、平成6年度に本校で行われた第15回高校教育シンポジウムにおいて「生徒の自己変革を促す理科教育の試みⅡ－探究活動及びSTS教育－」として報告された。また、本校研究紀要第21号、第22号、第23号において、野々山ほか（1994）⁶⁾、野々山ほか（1995）⁷⁾、野々山ほか（1996）⁸⁾として報告された。

第Ⅲ期（平成8年度～平成9年度）

新教育課程への移行に伴って、新しい学力観の考え方が明確になり、理科においても観察や実物に触れる体験が重要度を増すと考えられた。本校には隣接する愛知教育大学の広大なキャンパスや井ヶ谷の丘、洲原池など自然環境が豊富に残されている。その中で、特に洲原池を中心とした野外活動重視の課題研究を行った。再び理系クラスのみで、2年次、3年次の2回実施することとなった。その結果は、平成9年度に本校で行われた第18回高校教育シンポジウムにおいて「生徒の自己変革を促す理科教育の試みⅢ－自然環境の調査を取り入れた理科課題研究－」として報告された。また、本校研究紀要第24号、第25号において、野々山ほか（1997）⁹⁾、野々山ほか（1998）¹⁰⁾として報告された。

第Ⅳ期（平成10年度～平成11年度）

野外活動を重視した課題研究は、身近な自然環境からグローバルな環境問題に目を向けさせていく。身近なものからグローバルなものまで、さまざまな環境に関係するテーマを設定した課題研究を行った。理科の知識だけでなく、他の教科・科目で学習した内容をもとに、総合的に考察を行うよう心がけた。調べた内容は、報告書にまとめるだけでなく、発表会において他に伝えることも重要である。そのための手法や能力の獲得も目標の一つとした。その結果は、本校研究紀要第26号、第27号において、野々山ほか（1999）¹¹⁾、野々山ほか（2000）¹²⁾として報告された。

第Ⅴ期（平成12年度～平成14年度）

社会の情報化が進むことに対応し、理科においても情報化に対する能力が重要であると考えられるようになった。課題研究においても、コンピュータなどの情報機器やインターネットを積極的に活用していくことを目標に、研究を進めてきた。その結果は、平成14年度に本校で行われた第22回高校教育シンポジウムにおいて「生徒の自己変革を促す理科教育の試みⅣ－パソコンやインターネットを

活用した高校理科課題研究－」として報告された。また、本校研究紀要第28号、第29号、第30号において、渡邊ほか（2001）¹³⁾、細山ほか（2002）¹⁴⁾、細山ほか（2003）¹⁵⁾として報告された。

第Ⅵ期（平成15年度～平成17年度）

現行学習指導要領の実施に伴い、理科のⅡ科目において大項目として「課題研究」が取り入れられた。本校では次のステップとして、既に愛知教育大学との連携講座やSPP（サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト）などとして実践されていた外部（中学校、大学、研究機関等）との連携を、課題研究に取り入れる試みを行った。外部で開催される各種学会での発表や、中学校に出向いての発表を通して、プレゼンテーション能力を高める指導も行った。その結果は、平成17年度に本校で行われた第25回高校教育シンポジウムにおいて「生徒の自己変革を促す理科教育の試みⅤ－高等学校における連携する理科教育の実践（2）－」として報告された。また、本校研究紀要第31号、第32号、第33号において、細山ほか（2004）¹⁶⁾、安形ほか（2005）¹⁷⁾、細山ほか（2006）¹⁸⁾として報告された。

第Ⅶ期（平成18年度～平成21年度）

科学的思考力、問題解決能力で課題研究のプレゼンテーション能力の育成を重視して、ポスター発表形式で課題研究の発表を行った。グループごとのプレゼンテーションでは、全員が内容を十分に理解していない場合がある。ポスター発表では、各人が研究内容を十分に理解し、言語表現を意識することで、科学の内容への理解・関心が深まる。この取り組みによる、「国語力」の向上を意識した、プレゼンテーションを重視した理科課題研究は非常に有意義であることが示唆された。その結果は、平成20年度に本校で行われた第28回高校教育シンポジウムにおいて「生徒の自己変革を促す理科教育の試みⅤ－高等学校における連携する理科教育の実践（5）－」として報告された。また、本校研究紀要第34号、第35号、第36号において、加藤ほか（2007）¹⁹⁾、林田ほか（2008）²⁰⁾、林田ほか（2009）²¹⁾として報告された。なお、平成18年度からは、2年次のみの実施となった。

第Ⅷ期（平成22年度～平成24年度）

課題研究の生徒相互評価による理解の深化を目指して、「中間発表会」を取り入れた。「中間発表会」では、どのようにしたら実験結果、研究成果をわかりやすく伝えられるかを、生徒が相互に発表し評価しながら理解していくことを目指す。そして、そこで得られたものを、最終的なポスター発表会や研究報告書で生かすことが期待される。その結果は、平成23年度に本校で行われた第31回高校教育シンポジウムにおいて「生徒の自己変革を促す理科教育の試み－課題研究の生徒相互評価による理解の深化を目指して－」として報告された。

第Ⅸ期（平成25年度～）

平成24年度入学生より、本校の理科課題研究は、新教育課程の理科学科「理科課題研究」に移行した。それに伴い理科課題研究は、1単位で理系クラスの3年次に年間の授業として実施している。指導にあたっては、後述するワークブック形式の冊子（理科課題研究ノート）を作製し、その中に、科学的リテラシーの育成、プレ研究、研究テーマ決定、中間発表、レポートの書き方等、最終的な成果発表までの年間プログラムを織り込み、実施方法の一貫化とシステム化を試みた。

2. 理科課題研究における問題

前述の通り本校では、平成元年度より「生徒の自己変革を促す理科教育の試み」を研究テーマに掲

げて課題研究を実施してきた。当初は、生徒が自主的に研究テーマを設定して探究活動的な実験を行い、実験結果を科学的に考察して研究報告書にまとめられるように指導することから始めた。その後、環境教育やSTS教育、課題研究の情報化、大学や研究機関との外部連携、ポスター発表などを取り入れながら、生徒自身が課題研究を通して自己変革ができるように研究を深めてきた（林田ほか、2009など）。また、課題研究の生徒相互評価による理解の深化を目指して「中間発表会」を取り入れた（細山ほか、2011）。これらの活動を通し、いくつかの問題点が浮かび上がってきている。たとえば、次のようなレポートや発表が目につくようになってきた。

- ① 写真等を使い美しくスライドを作成し、大きく明瞭な声で発表できるが、科学としての手続きを経ておらず、また、本質をえぐっていないもの。
- ② 予定調和的にまとまりはよいが、少ないデータから帰納しており、検証が不十分のまま結論を急いでいるもの。
- ③ 実験・調査を行う前提となる仮説の立て方が科学的ではないもの。

これらの問題の背景には、いかに見せるかといった点に意識を向け、プレゼンテーションのスキルを身につけ、いわゆる「見てくれの良い」「それっぽいいい」レポート作成や発表ができるようになったものの、科学の方法としてのプロセスが十分に身につけていないことが考えられる。そこで、平成25年度から実施（理科は平成24年度から先行実施）されている学習指導要領の「理科課題研究」を実施するにあたり、これらの問題点を解消すべく実施内容を検討した。その結果、「言語活動の充実」と「テーマ決定過程の重視」の2つが大きな改善のポイントであることが浮かび上がってきた。

3. 「言語活動」充実のとらえ方

「高等学校学習指導要領解説－理科編」（文部科学省、2009）の「改訂の趣旨」では、「生きる力」の理念を共有し、思考力・判断力・表現力の育成をし、確かな学力を確立することが求められている。そのねらいを達成するために「言語活動の充実」が強く意識された内容になっている。言語活動の充実のための事前指導例集といった参考資料はおろか教科書の進度から言語活動に対して不安を感じる教員がいる。しかし、理科こそ言語活動の充実に取り組まなければならない教科である。なぜならば、理科における言語活動とは、他者に対してわかりやすく論理的に説明するにほかならず、ロジカルライティングやクリティカルシンキングにも関連し、まさに科学的な思考が目指すものだからである。論理的な思考力を育成し、科学の手続きをきちんと身につけさせることで、本校のこれまでの課題研究の問題点の多くの部分は解決できると思われた。そこで、言語活動を充実させることで科学の方法が学習できるプログラムを作成することになった。

4. テーマ決定の過程の重要性

理科の学習指導要領解説によると、理科課題研究においては、「生徒が主体的に課題を設定することが大切である」と示されている。しかし、これまでの本校の課題研究では、生徒が自主的に適切なテーマを決めることは少なく、教員がテーマ例をいくつか与え、そこから生徒が選ぶケースが多かった。その理由は大きく2つあり、ひとつは、実験設備や予算面での制約、もうひとつは、生徒に任せると単なる思いつきで熟考せずに安易なテーマになりやすいことである。特に2つめの理由について、テーマ決定において十分に時間をかけて研究の見通しをもたせていなかった指導の在り方が問われていると反省した。「研究テーマが決まれば半分以上終わったのも同然」と言われるように、よいテーマを選ぶことは難しい。そこで、テーマ決定に至るまでの過程を重視し、十分に時間をかけてテーマ

を選択させるようにした。具体的には、「プレ研究」と称して簡単な課題解決的な探究活動に取り組ませたり、「ブックトーク」という活動を取り入れて科学的な書籍からの情報を得たり、テーマ決定までに12時間程度の学習をすることにした。詳細は後述する。

5. 「理科課題研究ノート」の作成

今回の理科課題研究は、本校理科教員全員（5人）で担当することにした。教員の共通理解を確実なものにするため、また、年間の授業の流れを明確化するため、オリジナルのテキストを作成し、生徒に配付することにした。テキスト執筆のコンセプトは「言語活動の充実」と「テーマ決定過程の重視」である。年次進行で改訂していくことを前提に、不十分な点はあるものの、B5判60頁の冊子を完成させた（写真1）。内容の概略について、以下に目次を示す。新学習指導要領の理科は、社会的構成主義学習論の影響を大きく受けた内容となっているので、本校の取組みも、知識は周囲との関わりの中で構成されるという考えのもと、グループ学習を基本として計画した。以降、目次に沿って、各項目の内容とねらいを紹介する。

目次
0 はじめに
1 実験計画を立てる
2 相関関係と因果関係
3 情報を読み取る
4 プレ研究A～E
5 科学分野のブックトークをしよう
6 研究テーマを決めよう
7 実験をしよう
8 実験データの解釈
9 表やグラフ
10 中間発表会
11 ポスター発表会
12 レポートを書こう 1
13 レポートを書こう 2
14 レポートのタイトルは英文で！
15 研究を振り返ってみよう

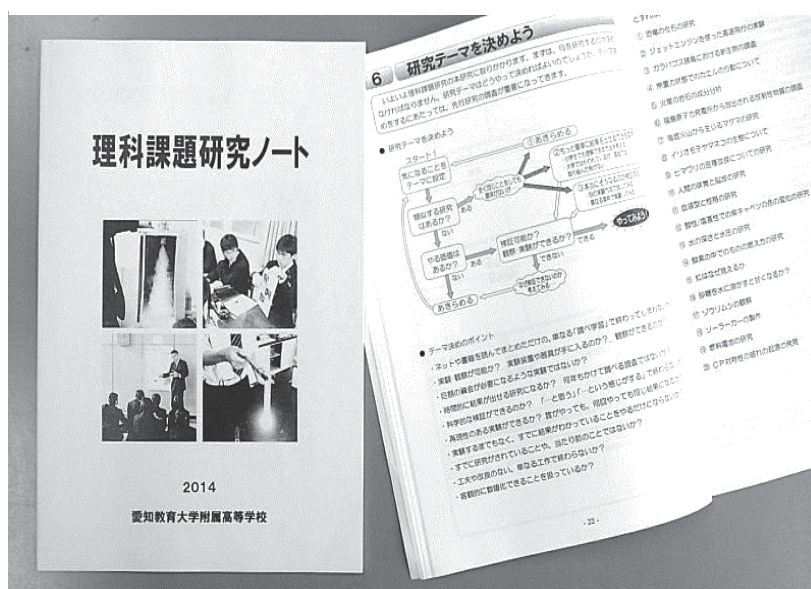


写真1 理科課題研究ノート

(0) はじめに

新聞挟み込み広告を紹介し、科学的リテラシーの重要性を確認している。また、ここで行われる学習は、生徒自らが主体的に取り組むものであり、メタ認知的な要素があることを生徒にも理解させている。さらに、協同学習で行うことを提示し、積極的なコミュニケーションを促している。

(1) 実験計画を立てる

実験は、闇雲に行えばいいものではなく、計画が重要であることを、グループ演習形式で学ぶ。心理学で扱われている「ウェイソンの4枚カード問題」を取り上げ、知識に領域固有性が生じることを学習する。

(2) 相関関係と因果関係

新聞記事を題材に、相関関係と因果関係について学ぶ。相関はあるが因果はない例などを示し、グループ演習を通して協議を行う。

(3) 情報を読みとる

ハムやソーセージに防腐剤として入っている亜硝酸を取り上げ、その功罪についてグループで議論する。

(4) プレ研究A～E

5つのテーマ(A～E)について、それぞれ2時間を割り当て、4名程度のグループにて探究活動を行う。各テーマとも、1時間目に実験計画を立て、2時間目に計画に沿って実験・観察を行う。実験計画を立てるプロセスを重視しており、いかに計画が重要であるかを認識する。

(5) 科学分野のブックトークをしよう

図書館にある科学系の本を各自1冊読んで、その内容をまとめてグループ内で紹介し合う。情報共有し、さまざまな分野に触れることで、テーマ選定の一助とする。

(6) 研究テーマを決めよう

研究テーマ選定には、先行研究の調査が重要になることを知る。いくつかのテーマ例を示し、課題研究としてふさわしいテーマかどうか話し合う。また、本校先輩の研究についても47例紹介してある。

(7) 実験をしよう

実験計画書に基づき、観察・実験を行う。実験を行うに当たっての心構えや、実験記録の重要性について触れる。

(8) 実験データの解釈

測定データの処理から考察に向けた学習を行う。ヒストグラムの書き方や、値の取り方によってグラフの形が変わってしまうことを学ぶ。

(9) 表やグラフ

グラフの種類を例示し、どのようなグラフが適切かを話し合いながら考える。

(10) 中間発表会

途中経過報告のまとめと記録用紙からなるワークシートを作成する。中間報告をすることで、他のグループの研究内容や進捗状況を知り、自分たちのグループの参考にする。

(11) ポスター発表会

研究成果をポスターセッションの形で発表する。ポスターを作る際の注意点などが記載されている。

(12) レポートを書こう1

理系レポートの特徴を紹介し、各自でレポートを作成できるように、ワークシート形式で学ぶ。

(13) レポートを書こう2

レポートにおける「悪文」を紹介し、話し合いを通して添削していく。口語と文語の書き換え、ねじれ文の添削などからなる。

(14) レポートのタイトルは英文で！

タイトルとアブストラクトを英文で書くためのワークシートである。理系は大学で英文の論文に触れる機会も多いので、チャレンジさせてみようという試みである。

(15) 研究を振り返ってみよう

自己評価シートである。活動の振り返りを言語化することで、研究の成果を確認する。このテキストを作成する上でもうひとつ考慮したことがある。それは、他の学校にも参考となるような教材づくりである。学校によっては、年間を通して理科課題研究を行うことが困難な学校もあるだろう。そのような学校にとっても参考となるように、各単元は独立させても実施できるようにし、部分的な利用が可能な教材の作成を目指した。

6. 年間指導計画と具体的な取組みの紹介

今年度の本校の理科課題研究は、3年生生理系クラス（2クラス）に対して、総合的な学習の時間と1時間代替して実施することにした。年間学習計画（資料1）を以下の表に示す。

No.	月日	曜	学校行事等	実施内容案
1	4月10日	木		オリエンテーション
2	4月17日	木		オリエンテーション2+プレ実験準備
3	4月24日	木		プレ実験 A
4	5月1日	木		プレ実験 A
	5月8日	木	火曜授業	
5	5月15日	木		プレ実験 B
6	5月22日	木		プレ実験 B
7	5月29日	木		プレ実験 C
8	6月5日	木	45分短縮	プレ実験 C
	6月12日	木	体育祭	
9	6月19日	木		ブックトーク①
10	6月26日	木		ブックトーク②
	7月3日	木	期末考査	
11	7月10日	木		テーマ検討①+グループ編成
12	7月17日	木		テーマ検討②
夏休み				
	9月4日	木	碧海野祭	
13	9月11日	木		実験①
14	9月18日	木		実験②
15	9月25日	木		実験③+中間発表準備
16	10月2日	木		中間発表会
	10月9日	木	中間考査	
	10月16日	木	月曜授業	
17	10月23日	木		実験④
18	10月30日	木		実験⑤+ポスター準備
19	11月6日	木		ポスター準備
20	11月12日	木	シンポ	ポスター発表
21	11月13日	木		レポート作成①
22	11月20日	木		レポート作成②
23	11月27日	木		レポート作成③
	12月4日	木	期末考査	
24	12月11日	木		事後指導①
	12月18日	木	保護者会	
	12月25日	木	冬休み	
	1月1日	木	元旦	
25	1月8日	木		事後指導②
26	1月15日	木		事後指導③
	1月22日	木	学年末考査	
27	1月29日	木		事後指導④
28	2月5日	木		事後指導⑤
29	2月12日	木		事後指導⑥ 自己評価

資料1 年間学習計画

3年生の3学期は大学受験と重なってくるため、ある程度柔軟に対応する必要がある、個別に進められるレポート作成や事後活動に充てることにした。本報告書執筆段階では、本実験、ポスター発表が終わり、レポート作成に入ったところである。以下に、プレ研究（A～E）の取組み、ブックトーク、本研究のテーマ決定、中間発表会、シンポジウムでのポスター発表の実践について紹介する。

① プレ研究（A～E）の取組み

A：物理分野

「容量の大きいコンデンサを作ろう」

家庭にあるもの（アルミホイルやサランラップなど）を使ってコンデンサを作り、グループ対抗で容量の大きさを競い合った。コンデンサの単元が未習であることや、物理を選択していない生徒もいるので、始めに予備知識を与えてから取り組んだ。これまでの最高値は $0.107\mu\text{F}$ であった。

B：化学分野

「白い粉の正体は何か？」

食塩、砂糖、クエン酸・・・などの物質のいずれかが入ったA～Eのラベルが付いたバイアル瓶の中身を当てる。最初の時間に、どのように調べたらよいか実験計画を立て、必要な器具や試薬をグループ毎にリストアップする。次回は、教員がグループの求めに応じて準備した物品を使って同定を行った（写真2）。簡単そうに思えるが、A～Eすべてを当てたグループは少なかった。

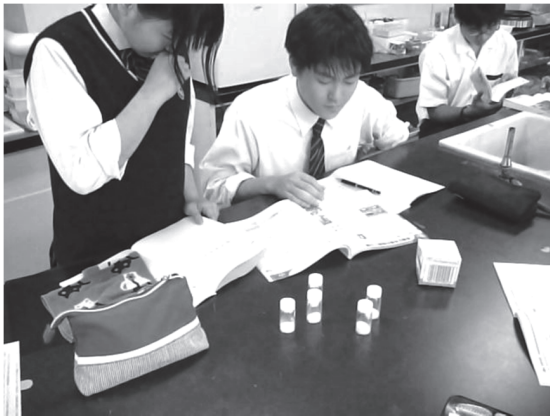


写真2 化学分野のプレ実験

C：生物分野

「ヨーグルトが固まるのに適した条件は？」

乳脂肪分の異なる3種類の市販の牛乳と、2種類のヨーグルトを用意し、組合せを変えて両者を混ぜ、固まり方の違いを考察する。ドロドロになるものやしっかり固まるものなど、成分の違いから結果の違いをグループごとに話し合っ予想させた。その後、繰り返して実験を行い観察し考察を行った（写真3）。

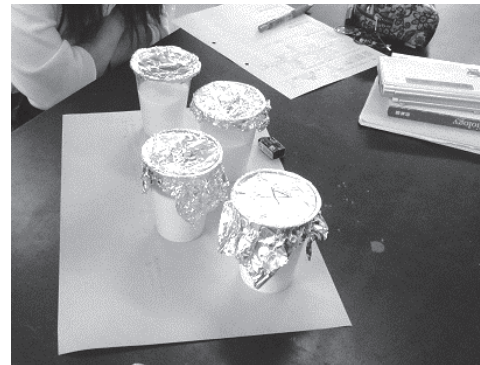
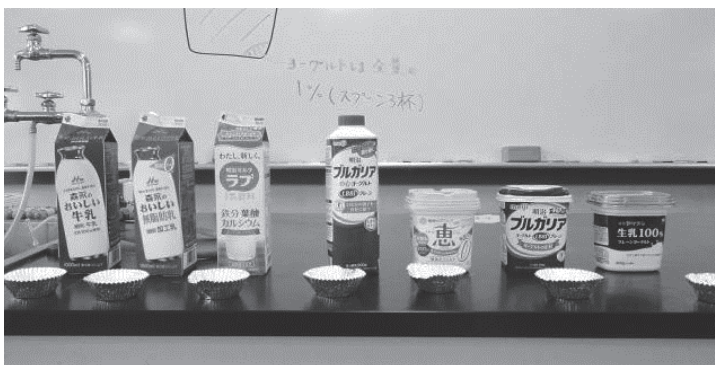


写真3 生物分野のプレ実験

D：地学分野

「雲の大きさを測ろう」

簡易角度測定器を作成し、積雲系の雲を対象に雲の高さと大きさを求める方法をグループで考察する。2点の位置から三角測量により雲底高度と雲頂高度を求めた。また、気温と湿度から雲の凝結高度を計算により求め、実測値と比較検討した（写真4）。発展的課題として、雲の移動速度や、雲の体積からおおよその雲量を推定する方法も考察した。



写真4 地学分野のプレ実験

E：環境分野

「赤土からわかる地球環境について調べよう」

校内で見られる赤土を赤色にしている物質を突き止め、そこから赤土が作られる環境と現在の環境を比較して、どのような気候がかつて存在したかについて考察した。最初の時間に赤土を観察し、赤色にしている物質を予想し、それを確認するための実験計画を立てた。次の時間に原因物質を特定し、そこから地球環境について考えた。

② ブックトークの取組み

ブックトークは先述したように、図書館にある科学系の本を各自1冊読んで、その内容をまとめて紹介し合う活動である。グループの中で紹介し合うという言語活動を通して、調べた情報を共有し、さまざまな分野に触れることで、テーマ選定の一助とすることをねらいとした。ブックトーク2時間のうち、1時間目は生徒は図書館で興味がある本を一冊選び（写真5）、ブックトーク・ワークシートに読んだ本について項目毎にまとめた（資料2）。また、ブックトークは言語活動の充実の意味合いの他、本実験テーマ決定に際し、先行研究がどの程度行われているのかを自分で調べさせるという意味合いもあった。

ブックトーク・ワークシート

1 選んだ本

タイトル 38億年 生物進化の謎	出版社 新潮社
著者 池田清彦	初版・第一版 発行年月日 24年9月1日

2 読んだ本の中で、なるほどと思った「考え方」や「気になるフレーズ」を3つ挙げよう。

・38億年前に生物が誕生 → 太陽光が石の膜 → 今までの生物は深海にいた
 ・原核→真核 → この間にシアノバクテリアが誕生
 ・エディアカラ生物群 (カンブリア紀とカンブリア紀の間)
 ↳ 絶滅はゴンドワナ大陸の出現によるもの(地殻変動)

3 上の3つのうち、特に気になる内容を1つ選び、①どうしてそれが気になったのか、②それは自分の言葉で言うとうつるのか、まとめてみよう。

① 海から生物は生きたとされているけどなぜこう考えるのかからがわからずから。
 ② 昔地球の温度が高かった。その後温度が急激に下がり、海が凍って
 大きな氷があったCO₂がとけた。シアノバクテリアがCO₂と光合成でO₂を
 大気中に放出。生物は外に出る進化をした。

4 読んだ本に書いてある内容と類似した例(同様の別の現象など)を、思いつく限りたくさん挙げてみよう。

大量絶滅は今も2回
 理由: 気候の悪化 海洋中の無酸素帯の出現
 隕石の衝突 海洋水準の低下 など。

5 「さらにこんなことも言えるのでは…」 「こんなことと関係あるかも…」と、論理を自分なりに発展させ、発想を広げてみよう。

CO₂濃度が高いと氷が溶けやすくなる。
 もともと氷が溶けると、その時に生きた生物は
 生きたということ。

6 前頁の内容をもとに、ブックトークで話す内容(1分間)をまとめてみよう

地球は今から約4億年前に誕生しました。大昔、地球の温度は今の約2倍と高く、海は2つの海に分かれていた。その後急激に温度が下がり、今の木炭層と存在していた木炭層(木炭)が海に溶け出した。この大気中にあるCO₂が溶け出した。この環境は進化を促した。シアノバクテリアがCO₂とO₂を大気中に放出した。今の進化がある。
 陸上の

7 読んだ本を自分はどうに理解し、そこから発展してどのようなことを考えたのか、考え(1分間)をまとめてみよう。

地球温暖化については問題視されているが、
 このとてつもない氷が溶けると、海もCO₂が多い
 時期でも生物は生きたから、いいのではない。

ブックトークをしよう

- ・タイムテーブル(50分)
- ① 説明・準備(6分)
- ② 第1回目(18分) ……内容(1分)+批評(1分)+質疑応答(1分)=合計3分 × 6名
- ③ 移動(2分)
- ④ 第2回目(18分) ……内容(1分)+批評(1分)+質疑応答(1分)=合計3分 × 6名
- ⑤ 机整理・移動(2分)
- ⑥ まとめ・講評(4分)
- ・座席表

1回目				2回目			
教卓				教卓			
3101 3501	3102 3502	3103 3503	3104 3504	3101 3512	3102 3513	3103 3514	3104 3501
3115 3515	3116 3516	3117 3517	3118 3518	3128 3528	3115 3526	3118 3527	3117 3528
3129 3529	3130 3530	3131 3531	3132 3532	3141 3538	3142 3539	3129 3540	3130 3541
3105 3505	3106 3506	3107 3507	3108 3508	3105 3502	3106 3503	3107 3504	3108 3505
3119 3519	3120 3520	3121 3521	3122 3522	3118 3515	3119 3516	3120 3517	3121 3518
3133 3533	3134 3534	3135 3535	3136 3536	3131 3542	3132 3529	3133 3530	3134 3531
3109 3509	3110 3510	3111 3511	3112 3512	3109 3506	3110 3507	3111 3508	3112 3509
3123 3523	3124 3524	3125 3525	3126 3526	3122 3519	3123 3520	3124 3521	3125 3522
3137 3537	3138 3538	3139 3539	3140 3540	3135 3532	3136 3533	3137 3534	3138 3535
	3113 3513	3114 3514			3113 3510	3114 3511	
	3127 3527	3128 3528			3128 3523	3127 3524	
	3141 3541	3142 3542			3139 3536	3140 3537	

資料2 ブックトーク・ワークシート

ブックトーク2時間のうち2時間目は、一人3分間の持ち時間で5～6人グループで読んだ本を紹介し合う活動を行った(写真6)。そしてこれらの取組をしてきた後に、探究するのにふさわしい研究テーマを、どのようにしたら選べるのかについて、生徒に考えさせた。

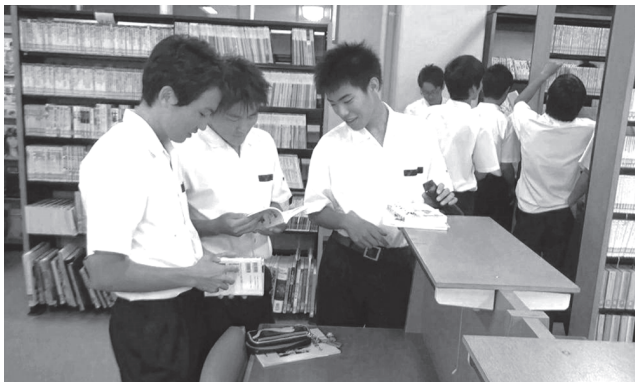


写真5 ブックトーク用の本の選定

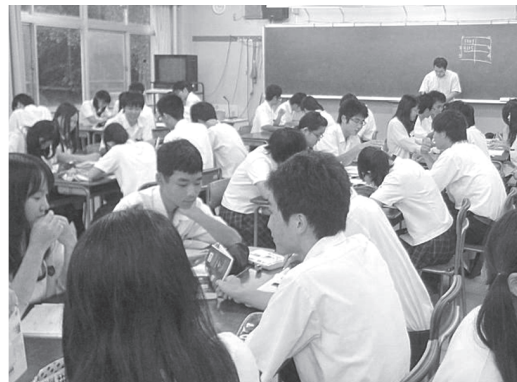


写真6 グループ毎の発表

③ 本研究のテーマ決定

ブックトーク後に、3～6人でグループを組ませ、本研究のテーマを自由に考えさせた。生徒から出てきた研究テーマは「メントスコーラの実験」、「花火の実験」、「プールの水質調査」など、人目を引く内容であるものの、新たな発見につながる研究とは、ほど遠かったり、これまでに実践されているなど、研究テーマとして相応しくないグループが多かった。また、研究テーマは適当であるものの、実験に必要な実験装置がガスクロマトグラフィー、NMR、遺伝子解析装置など高校には無い高価なものだったりするグループも多かった。このようになってしまった要因として、1点目に生徒の理科の履修状況が考えられる。本校の教育課程では1年次に化学基礎、地学基礎を履修し、2年次に理系クラスに進級した生徒は化学は共通で生物と物理の2科目のうちから1科目を選択しなければならない。そして3年次は2年次に選択した科目と化学を継続して学習していく。そのような中で今回グループを組ませたときに、生物を履修したメンバーがいないにも関わらず、生物分野の研究テーマを考えてきたりと、履修している科目と相反したテーマを考えてきたグループが少なくなかった。このようなことを回避するためには、履修状況に沿ったテーマを考えさせる必要がある。また2点目に、これまでの小中高の理科の学習の中で、実験＝すでに答えがわかっているものを再現するものという思考パターンの定着が考えられる。教科書に出てくる実験を自分の手で再現するという経験しかないため、何をどのようにして追究したいのかという段階まで行き着かないグループがあまりに多かった。プレ研究や言語活動などの過程を踏んでいても、高校生にとって自由に研究テーマを決めさせるということは現段階では本校の生徒にとってハードルが高い。今後の改善点のところでも後述するが、研究テーマの問題点の指導を丁寧に行うか、ある程度、教員側でテーマを選び、その中から生徒が興味があるものを選定し、その実験の、どこを変数として変化させ、測定していくのかを事前に生徒に考えさせる必要がある。いずれにしろ、研究テーマを決定させる過程には教員側の十分な指導が必要である。

④ 中間発表会

本研究テーマが決まった後に本実験を5時間行った。しかし、前述してきたように実験に必要な器具や試薬を、計画的に準備できていないグループが多く、実験計画を立て直すグループも多く見られた。

中間発表会では、ブックトークと同じように一人3分間の持ち時間で5～6人グループで研究の中間経過報告を2セット実施した(写真7)。尚、グループのメンバーはそれぞれ別の班から1名ずつ集まるように調整した。発表内容は研究テーマを決めた理由、何を調べているのか、どこまでデータがそろっているのか、今後の研究計画などである。これを事前に理科課題研究ノートの中間発表用まとめ、発表を行った。また、発表を聞くだけでなく、記録用紙に研究内容を簡単にまとめ、5段階の相互評価を行った(資料3)。しかし、グループ毎に実験の進捗状況に差があることや3分間という限られた時間の中で質疑応答まで終わらせることを考慮すると、グループ毎に写真のようなポートフォリオ的なものを元に報告させていくことも有効ではないかと思われる。

発表者	片山	テーマ	雲	評価
研究内容	一歩踏み出した状態を語る。 心算の計算機を題材として、浮動小数点演算の精度向上について、 演算精度向上の試み			5 4 3 2 1
質疑応答	浮動小数点演算の精度向上の試みについて			5 4 3 2 1
発表者	片山	テーマ	精度の向上	評価
研究内容	心算の計算機を用いて、約数の数を再現(数論、イテラティブ・プロセス、 数論)			5 4 3 2 1
質疑応答	約数の数の再現の試みについて			5 4 3 2 1



資料3 中間発表会記録用紙

写真7 グループ毎の発表

⑤ 高校教育シンポジウムでのポスター発表

平成26年11月12日（水）に第34回高校教育シンポジウムが開催された。シンポジウムでは以下のような展開で本校、武道場でポスター発表を行った（資料4）。ポスターは各グループの目的、内容、方法、結果、考察などを模造紙1枚にまとめて手書きで作成された。発表はグループ毎に全員で行うのではなく、各グループの1名だけが発表会場である武道場の壁面に貼られたポスターを使用して発表を行う。発表者以外は、別のグループの発表者とポスターの周りに集まって発表を聞き（3分間）、質疑応答をし（1分30秒）、移動する（30秒）。これを全部で8セット行った。中間発表も同様に生徒相互で発表と評価を行っていたため、シンポジウム当日もスムーズに進行することができた（写真8、写真9）。

過程	指導内容・学習活動	指導上の留意点	備考
4分	<ul style="list-style-type: none"> 集合隊形で授業開始する 本時の流れの説明 記録用紙の書き方説明 留意事項の伝達 	<ul style="list-style-type: none"> 伝える際のポイント、聞く際のポイントを伝える。 仮説や目的が的確であるか 実験の正確性・信頼度はどうか。 図や表・写真などの利用は適切か。 データ処理の方法は合理的か。 納得のいく考察ができているか。 	
1分	・移動	<ul style="list-style-type: none"> 聴衆者が一カ所に集中しないように声かけをする。 	
40分	第1回目①発表（3分） ②質疑応答（1分30秒） ③移動（30秒） 第2回目①→②→③（5分） 第3回目①→②→③（5分） 第4回目①→②→③（5分） 第5回目①→②→③（5分） 第6回目①→②→③（5分） 第7回目①→②→③（5分） 第8回目①→②（4分30秒）	<ul style="list-style-type: none"> 時間通りに進められるように指示する（タイムキーパー）。 発表者の声と重ならないように、時間の指示は大きな声で短く行う。 伝えかた、聴きかたが適切であるか確認し、必要に応じて助言を行う。 	
5分	<ul style="list-style-type: none"> 移動して集合隊形になる 教員からの講評 片付け 	<ul style="list-style-type: none"> よかった点、改善すべき点などを端的に伝える。 	

資料4 本時の指導計画

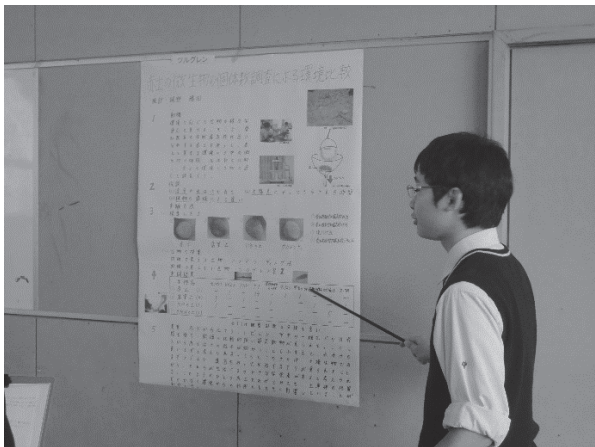


写真8 シンポジウムでのポスター発表



写真9 シンポジウムでのポスター発表

7. 授業実践についての振り返り

シンポジウム分科会の研究協議会でのアンケート結果より

- ・ 武道場というゆったりした空間を利用し、お互いの発表を5分間隔×8回という工夫をされた中、50分という時間をとても有効にお使いになっていると感心しました。
- ・ 物理分野と科学分野中心に聞かせてもらいましたが、生徒さんたちが各自疑問に思ったことだからこそ知りたいと思い実験ができていて、そこから発展させていけるんだと思いました。
- ・ こどもたちが自分たちが行ってきた成果物を発表するという活動でしたが、班によってできが違うためか、質疑応答が活発に行われているところもあれば、そうでないところもありました。しかし、この取り組み自体は子どもたちの理科の力を本質的に底上げする活動だと思いますし、研究ノート等の工夫の仕方は非常に感動しました。
- ・ 人が集まっている発表と少ない発表で偏りがあったため、改善した方が良いのでは、と感じた。また原稿をきちんと準備していて、自分の研究には深く学んでいたが、他の班の研究内容をあまり理解できていない生徒が多かったように思えた。
- ・ 生徒の言語活動の充実をはかっている取り組みだが、発表者、聞き手、双方に言語活動の素地が養われていたのか疑問だった。
- ・ やはりグループによって発表の質の差が大きいことが気になりました。高校生ではテーマを決めることが難しいと思いますが、きっかけを高校生がもってきて、それを科学的な探求につながるように、見方や捉え方を広げるような介入を教師がする必要があるのではないかと考えます。
- ・ 子どもたちが生き生きと発表する姿がとても印象的だった。内容に関しては、時間不足か？と思われるグループもあったが、ポスター作り、発表態度等は良く指導されていると感じた。
- ・ 各班ごとの発表内容のばらつきが気になりました。課題研究への取り組みは重要であるが、物化生地の通常授業とつながりを意識することが肝要になると思います。
- ・ 課題研究発表ということでしたが、生徒に課題意識があるのかどうか疑問に思えるものでした。1学期のテーマ決定に至るまでの誘導が重要だと思いました。

本校教員の課題研究の反省

1. 中間発表について

- (1) 中間発表は1回でなく2回できるとよかった。生徒どうしの議論の場がより活性化できるような工夫が必要であった。
- (2) 共同研究者の平野先生からの助言より～発表の形態がグループごと異なっており、何を話題に質疑応答すればよいかははっきりと定まっていなかった。例えば、各グループとも、実験に使った装置や器具の写真を1枚撮って、それを見せながら話をする、というような決まった枠組みを指定しておくなど、議論を焦点化する工夫が必要であったように思う。
- (3) 中間発表で、よいテーマやよい研究に対して表彰をするなどの評価があってもよかったと感じている。

2. 年間計画について

- (1) 3年生での実施ということで、大学受験の勉強との兼ね合いが難しかった。1学期は積極的に活動していた生徒も、2学期も後半になってくると、受験への不安感や焦りから、集中して取り組むことができなくなってきた。解決策として、2学期後半や3学期の授業を時間割変更して、なるべく1学期に集中的に行う工夫が必要であろう。
- (2) データの解釈、グラフの書き方や読み取り方の演習が十分にできなかった。効率良くこなしていく授業展開を考えていく必要がある。
- (3) それぞれの活動の関連性を、生徒自身が意識して取り組めたかどうか確認ができていない。課題研究という一連のプロジェクトがうまく進行しているかどうかを、生徒自身が書いて確認していくシートを作ることで、思考の過程がよりよく見えるようになるのではないかと考える。
- (4) 例年は、上級生の課題研究の発表を下級生が聞くようにしてきたが、今年度はそれができなかった。先輩の発表を聞くことで、課題研究の全体像が生徒にとってより明確になると思われるので、今後は検討していきたい。
- (5) 実験を実際に始めると、うまくいかないことがいくつも生じてきて、そこからやっと思えることが始まっているグループが多かった。実験を成功させることよりも、失敗から考えることが重要なのではあるが、それをさせていると実験時間がいくらあっても足りない。うまくいかないことを効率よく体験させる工夫が必要である。

3. テキストについて

- (1) 今年度のうまくいかなかった失敗例などを掲載し、その問題点を考える項目を設けるとよいのではないか。テーマ決定などの参考になると思われる。
- (2) 生徒が最初に出してきたテーマの中には、問題点の多いものが多かった。テーマ決定の中の演習ページに、今年度出てきたテーマの中で不具合のあるものを例として盛り込んでいきたい。
- (3) 最小二乗法や有効数字を考えさせるページを設けるとよかった。
- (4) 生徒は実験記録がうまくかけていなかった。実験の記録の取り方を指導するためのページが

あるとよかった。

- (5) シンポジウム分科会の研究協議の中で、他校の先生からいただいたアドバイスより～ テキストの中に、「先行研究の調べ方」の項目があるとよかった。テーマ決定の際の参考になるので、是非取り入れていきたい。

8. 今後の課題とまとめ

前回（2011年）の高校教育シンポジウムの理科分科会では、課題研究の生徒相互評価による理解の深化を目指した、生徒による「中間発表会」の場が重要であることを述べた。また、最終的なポスター発表会や研究報告書の作成に向け、どのようにしたら実験結果や研究成果をわかりやすく伝えられるかを、教員からの指導だけでなく、生徒相互で発表し評価しながら理解していくことを目指した。今回（2014年）の高校教育シンポジウムの理科分科会では、新課程の理科学科「理科課題研究」の実施に伴い、テーマの設定から中間発表会を経て、最終的な成果発表により理解が深化していくまでの年間プログラムの基礎を考察し、課題研究の実施方法の一貫化とシステム化を試みた。

しかし、今回の試みですでにいくつかの課題が浮上している。

1点目に、今回作成したテキストは、準備時間が十分に取れなかったこともあり、すでにいくつかの問題点がある。列挙すると、

- ・著作権や出典が不明確である。
- ・盛り込みたい項目が十分に含まれていない（たとえば有効数字、最小二乗法などの項目）。
- ・メモのできるスペースを増やしたい。

があげられる。また、理科課題研究ノートには「レポートのタイトルは英文で！」というタイトルとアブストラクトを英文で書くためのページがあるが、テキストの中に実際の科学論文を織り込んで読み解かせていくということも必要になってくるのではないかと考えられる。

2点目に、評価についても更なる検討が必要である。構成主義の学習評価は、試験のような形式ではなく、評価そのものが学習活動の中に組み込まれたものとされているが、PISA型能力も一部の能力はペーパーテストで測定できることから、本校でも研究を重ね、一部をペーパーテストで評価することにも挑戦していく必要がある。

3点目に、生徒が言語活動を通して、自己の考えと他者の考えを調整し概念形成していく過程を、どのように可視化すればよいかという評価の問題も残されている。

最後に、これらの活動を校内で行っていくためには、他教科の教員の理解や協力が必須であることも付け加えておきたい。他教科と信頼関係を築いていかなければ、理科課題研究の成果は十分に得ることができないであろう。

9. 謝辞

今年度、シンポジウム開催に当たり、共同研究者である愛知教育大学教育学部 理科教育講座准教授の平野俊英先生には、ご多忙の中ご指導いただき、大変感謝いたします。

10. 引用・参考文献

- 1) 文部科学省（2009）、高等学校学習指導要領 解説理科編
- 2) 野々山 清（1991）、高校生の実験観察レポート作成指導 - 生徒指導資料作成 -、愛知教育大学附属高等学校研究紀要、19、113-118.

- 3) 野々山 清 (1991)、必修クラブ活動における理科課題研究指導. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、19、129-136.
- 4) 野々山 清・長谷川 充・村田可奈子・加藤宏明・細山光也 (1992)、生徒の自己変革を促す理科教育の試み - 探究活動による主体的判断力の育成 -. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、19、29-49.
- 5) 野々山 清・篠原 昇・加藤宏明・細山光也・櫛田敏宏 (1993)、生徒の自己変革を促す理科教育の試みⅡ - 探究活動による主体的判断力の育成 -. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、20、23-33.
- 6) 野々山 清・篠原 昇・加藤宏明・細山光也・櫛田敏宏 (1994)、「科学-技術-社会 (STS) 相互関連」を重視した高等学校理科カリキュラム開発 - 三年生文系での実践を通して -. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、21、61-68.
- 7) 野々山 清・内川伸也・篠原 昇・細山光也・櫛田敏宏 (1995)、生徒の自己変革を促す理科教育の試みⅡ - 課題研究及びSTS教育 -. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、22、11-18.
- 8) 野々山 清・内川伸也・篠原 昇・細山光也・櫛田敏宏 (1996)、生徒の自己変革を促す理科教育の試みⅢ - 理科教養授業及び課題研究 -. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、23、151-156.
- 9) 野々山 清・内川伸也・細山光也・水谷利之・櫛田敏宏 (1997)、理科課題研究『洲原池』の実践報告. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、24、85-94.
- 10) 野々山 清・渡邊由浩・細山光也・水谷利之・櫛田敏宏 (1998)、生徒の自己変革を促す理科教育の試みⅢ - 自然環境の調査を取り入れた理科課題研究 -. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、25、13-24.
- 11) 野々山 清・渡邊由浩・細山光也・水谷利之・櫛田敏宏 (1999)、理科課題研究の実践報告 - 課題研究発表会を中心に -. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、26、111-120.
- 12) 野々山 清・渡邊由浩・細山光也・水谷利之・櫛田敏宏 (2000)、生徒の自己変革を促す理科教育の試み - 課題研究から総合的な学習の時間への発展 -. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、27、105-114.
- 13) 渡邊由浩・細山光也・櫛田敏宏・足立 敏・稲葉幹郎 (2001)、生徒の自己変革を促す理科教育の試み - 課題研究の情報化を考える -. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、28、67-76.
- 14) 細山光也・櫛田敏宏・足立 敏・小田木俊一・稲葉幹郎 (2002)、生徒の自己変革を促す理科教育の試み - 課題研究の情報化を考える2 -. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、29、39-48.
- 15) 細山光也・櫛田敏宏・小田木俊一・足立 敏 (2003)、生徒の自己変革を促す理科教育の試みⅣ - パソコンやインターネットを活用した高校理科課題研究 -. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、30、1-10.
- 16) 細山光也・櫛田敏宏・足立 敏・小田木俊一・鈴木雅弘 (2004)、生徒の自己変革を促す理科教育の試みⅤ - 中学校との連携に取り組んで -. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、31、27-36.
- 17) 安形和之・細山光也・櫛田敏宏・足立 敏 (2005)、生徒の自己変革を促す理科教育の試みⅤ - 高等学校における連携する理科教育の実践 -. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、32、117-126.
- 18) 細山光也・安形和之・足立 敏・安倍井 瞳 (2006)、生徒の自己変革を促す理科教育の試みⅤ

- － 高等学校における連携する理科教育の実践（2）－. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、33、1-10.
- 19) 加藤 透・細山光也・安形和之・足立 敏・安倍井 瞳（2007）、生徒の自己変革を促す理科教育の試みⅤ－ 高等学校における連携する理科教育の実践（3）－. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、34、97-106.
- 20) 林田香織・細山光也・安形和之・足立 敏・加藤 透（2008）、生徒の自己変革を促す理科教育の試みⅤ－ 高等学校における連携する理科教育の実践（4）－. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、35、79-88.
- 21) 林田香織・細山光也・安形和之・足立 敏・加藤 透（2009）、生徒の自己変革を促す理科教育の試みⅤ－ 高等学校における連携する理科教育の実践（5）－. 愛知教育大学附属高等学校研究紀要、36、1-14.