

AMCoR

Asahikawa Medical University Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

旭川医科大学紀要(一般教育)(2011.03) 第27号:43～58.

3年間のSPP高大連携理科教育の総評と提言

佐藤裕基、萬木 貢、春見達郎、林要喜知

3年間のSPP高大連携理科教育の総評と提言

Review and Proposals for the Coordinating Science Education Based on SPP over a Period of Three Years

佐藤 裕基、萬木 貢、春見達郎、林 要喜知

Hiroki Sato, Harumi Tatu, Mitsugu Yoroki, and Yokichi Hayashi

ABSTRACT

The Japan Science and Technology Agency has been providing a special program (designated as SPP; the science partnership project) during these five years that link science education between high schools and universities. Based on this program, we performed laboratory courses from 2008 to 2010 to junior students in Asahikawa city in Hokkaido. We also conducted an inquiry survey in the form of a questionnaire to examine whether or not the program maximize educational effects and also meet their requirements. As we had preliminary data derived from the course performed in 2008, we have modified several points to enhance students' motivation in the way it has been carried out in both 2009 and 2010. Of these are to have schooling for students to decide experimental theses by themselves, to expand the role of TA for facilitating communication among students, TA and teachers, to use powerful multimedia tools to create complex documents including sound, graphics and animation, and so on. As expected, the laboratory courses in 2010 turned out to be much more effective than those in 2008 and 2009 in terms of their having real desires to learn science and other subjects in their high school days and preparing for their future. One unexpected secondary effect is that as for TA and young staff members at the university, this teaching experience in this educational practice of SPP became big motivators to enhance their own learning and studies as well. The analyzed data therefore suggest that through this kind of education practice SPP positively fulfill some roles to halt the trend that students in Japan are moving away from the sciences, although there are still some points needed to make this program fit more to high school students.

キーワード：サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト、高大連携理科教育、学生の

動機づけ、実践教育、教育的効果、アンケート調査、TA、

Science Partnership Project (SPP), Coordinating Science Education between High Schools and Universities, Students' Motivation, Education Practice, Educational Effect, Inquiry Survey, Teaching Assistant (TA),

1. はじめに

小中高生の代表が受けた国際的な数学・理科教育比較調査などでは、我が国の教育水準がかつてほど高くはなかったという結果が数年前に報道された。最近やや回復の兆しを見せているが、まだまだ不十分とみなされている。一方、ゆとり教育で育った学生が大学に入学してまる3年が経過した。この世代の学生には学習意欲や知識不足が指摘されている。高校教科の習熟度を詳しくみても、その前の世代と比べると著しく低下しており、多くの大学では教育に支障がでている。若手研究者レベルの状況を比較しても、大学院進学者や学術研究のための海外留学者が韓国や中国など他のアジア諸国では増加しているにもかかわらず、我が国ではどちらも著しく減少している実態が明らかになってきた。理数教育だけでなく英語を含めた日本の教育システムにおける矛盾が一気に吹き出した様相を呈している。次代を担う若者達が地球規模のグローバル化に対応できるのだろうかと不安視するだけでなく、科学立国としての日本の将来が危ぶまれると考える人々は少なくないであろう。

中中でゆとり教育導入にはどのような問題があったのだろうか。この教育の狙いや試みはそれなりに興味深い取り組みと思われたが、現実には、必ずしもそれらの主旨は十分に活かされなかった。例えば、人員や予算の裏付けがないため、小手先の教育や放任主義が実態化していったことは否めない。また、より直接的な受験勉強を重視する考えが中学高校側にも根強かったため、中途半端な教育にならざるを得なかった学校も多かったと聞く。大学側でも、ゆとり世代の学生がどのような学びをするかをしっかりと予測していたわけではない。そのため、学力や意欲不足の学生対応が後手にまわったとか、教育内容や単位認定試験を容易にせざるを得なかったという例もあった。勿論、新入学生への対応を素早く行った大学では、高校リメディアル教育や新入生ゼミナールなどを導入しただけでなく、AO入試など新たな入試制度を実施したところも少なくない。ただ、中高や大学側がそれぞれ個別対応をとってはきたが、それらが必ずしも有機的に機能していなかったこともある。このような状況では、折角の高等機関でありながら専門性を高める絶好のチャンスを活かしていない状態といえよう。大学学士教育がグローバル化（あるいはユニバーサル化）している現在、教育の質的レベルを保障できない状況は看過できない教育上の大きな問題である。

しかしながら、これら教育問題の原因がすべて「ゆとり教育」にあると結論することは早計であり、的を射ていない。なぜなら、多様な教育上の問題にはあらゆる若者世代が関わっているからである。例えば、困難な状況に直面した時に現われる日本人気質がネガティブに作用したこともあろう。豊かな経済環境で幼少時を過ごした若者世代が、自立する時遭遇した長期不況にうまく対処できないためかもしれない。急展開している地球規模のグローバル化社会が大きく影響していることもあろう。また、高等教育システムでは、留学経験者を受け入れる制度が十分でないことが以前から指摘されており、このことが留学生を増やせない要因となっている。このように多くの要因が関わる教育的な問題であるからこそ、矛盾が顕在化しているこの時期が問題解決のタイミングとみなされる。

大局的な視点から教育問題をどのように改革するかについても、立場により個人により大きく意見は異なる。しかし、赤字国債が拡大する予算状況では、教員や教育関連予算を大幅に増大させる改革には慎重にならざるを得ない。むしろ、現行システムを一部変更することによって教育効果を高める方法を模索することが次善の対策といえよう。このためには、まずは教育制度の個々の部分が有機的に機能するための創意工夫が不可欠である。もう一つは、教育システムにおけるつなぎ部分が柔軟で多様になる

ような制度設計を持たせることである。小学から大学までの教育連携で生じるひずみや不具合から発生する問題も決して少なくないからである。

そのような状況の中で、高校から大学への教育を充実させる新たな取り組みが検討されていた。いち早く動き出したものの一つに、平成18年度にスタートした独立行政法人科学技術振興機構によるサイエンス・パートナーシップ・プロジェクト事業 (SPP)がある。SPPでは、科学技術、理科、数学に対する興味・関心と知的探究心等を育成し、進路意識の醸成さらには科学技術関係人材層の形成が目標とされている。この体験型学習の有効性が明らかになるにつれ、中・高校教育の現場に次第に浸透してきている。最近では、大学の初年時教育を担当する教員から、SPP活動が大きな関心を持って注目されている。このように、高校・大学間をめぐる人材育成の連携は急速に変化している^{1), 2), 3), 4)}。

筆者らも高大連携教育の可能性に関心を持ち、たまたま SPP 事業に参画した。幸いにも、平成 20 から 22 年度の 3 年間、旭川地区の SPP 活動に従事することができた。しかしながら、SPP 活動を始めた 20 年度に、このプログラムが必ずしも有効に機能していないことを認識させられた。この原因をさぐるため、SPP 実施側の教員、TA、高校教員と議論を重ねてきた。どのようなアプローチが高校生の理科・数学に対する意欲を高め、日本の科学を担う人材として育成するかの方略に関して、幾つかの課題を共有することはできた。しかし、その具体的な解決策は見いだせないままだった。

ところが、平成 20 年の実施後に行った SPP アンケートを詳細に解析したところ、幾つかの解決策のヒントがえられた。そこで、それらのヒントを基に平成 21 年 SPP を実施したところ、僅かではあるが明らかな改善効果が検証できた^{5), 6)}。さらに、アンケート比較をもう一年継続するため、平成 22 年度の SPP にも幾つかの改善策をもって実施した。これらの期間でおこなった主な改善点は、高校生が希望する実験テーマでプログラムを構成すること、SPP 受講の高校生の層別化に対応する複数コースを小人数グループに対して実施すること、現代社会と分子生物学のつながりを身近なテーマから意識できる内容にすること、実験結果の解釈や意味付けについて十分に時間をかけて話しあうこと、さらには、教員だけでなく生徒の年齢に近い TA との話し合い時間を多く取ること、等であった。本稿では、平成 20 年 (2008 年)、平成 21 年 (2009 年)、平成 22 年 (2010 年) の 3 年間のアンケート結果を、平成 22 年度の実験内容と共に報告する。

2. 平成 22 年までの取り組み

平成 20 年の時点では、SPP 受講の高校生が大きく 3 層に分けられることが明らかとなった。第 1 層目として「SPP 受講に積極的で、自らすすんで科学的事象を考察し、実験する意欲と関心をもつ回答群」の生徒達である。この層は、自分で科学的事象を探求する能力・意欲があり、SPP に理想的な受講者層であると同時に、有望な科学者層を形成しうる人材と考えられた。第 2 層目として「SPP 受講には積極的であり、科学に興味関心はあるが、自らすすんで科学的事象を考察して実験する意欲をもつには至っていない回答群」の生徒達である。この層は、SPP が目的とする教育に叶う回答群であり、同時にこの層を 1 層目まで引き上げることが出来れば、幅広い興味関心をもちつつ、自らの意欲を更に発展させ得る層であると考えられた。第 3 層目は「科学、理科/数学に興味関心が薄い回答群」に該当する生徒達である。この層では、まず科学的興味の入りに立っていないため、SPP の受講自体に対してハードルがやや高いと感じられた。それゆえ、まず科学を学ぶことの重要性や実験の面白さを実感してもらうこ

とを目標とするのが望ましいと考えられた。

平成21年の取り組みでは特に教材の改善に重点をおき、またグループごとに担当するATも配置し、適切な介入を行えるよう事前打ち合わせを多くもった。この結果、平成21年のアンケートでは、平成20年と比較して positive な回答が増加した。特に、生徒の理解度と将来の進路選択に関する項目でポイントが増加した。しかしながら、文章作成やレポート作成能力、あるいは、情報活用能力は、それに比してやや増加の度合いが少ない結果となった。一方で、教示的な学習と、実験的学習・試行錯誤的学習とのバランスをどのようにとるべきか、あるいは、講師・TAのアプローチ法などには、まだ改善の余地があると考えられた^{6), 7), 8), 9), 10), 11)}。また、大学生・大学院生がTAとして参加することには、自身の理解度を再確認する機会となる二次的な効果が示された^{12), 13), 14), 15)}。

平成22年では、実験テーマを高校教科書から選出するという考えをもとに、参加予定の生徒や教員と事前協議を行った。各高校に向いて話し合ったことが多かったが、大学での施設見学を行いながら、幾つかのテーマを絞り込む議論も重ねた。最終的には、マウスの学習実験、遺伝子導入、質量分析、細胞培養などの具体的テーマに希望が多かったことから、これらの実験手法をもとに実験内容を組み立て、今回のSPP活動の内容としてまとめあげた。また、前年同様、TAによる実験指導の比重を高めるだけでなく、各TAの受験に関する経験談を語る時間も設定した。これは、実験に関するアドバイスのみならず日頃の高校生活や学習態度の参考にしてもらう狙いがあった。生徒には、SPP活動の中で各自の興味につながる経験をしてもらうことで、進路選択のプラスになる実感をもってもらいたかったからである。指導教員には、実験の背景や周辺領域に関する講演をランチョンセミナー（や午後のセミナー）の形式で行ってもらった。すなわち、森の全体像と一部の木々の詳細な観察の両方を認識できるように、広い視野と多面的な視点から実験内容を理解してもらいたいと考えたからである。

3.平成22年度SPP活動の概要

- 1) テーマ「動物の学習行動から神経細胞の動きや蛋白質の働きまでを調べてみよう！」
- 2) 開催期日：平成22年8月2日～8月6日及び平成22年12月23日～27日
- 3) 開催場所 旭川医科大学
- 4) 参加生徒数：延べ人数235名

5) 活動のねらい

外界からの様々な刺激によって、動物の体細胞では分子レベルでの変化が無数におこる。そのような変化が組織や器官での変化を次々に誘導し、最後には、それらが統合された形で個体レベルの変化を引き起こされる。このような生物体内での様々な段階での変化を有機的に関連づけて理解することは、高校生にとって生命科学を理解する上で極めて重要な体験といえよう。本コースでは、様々なレベルの生物現象を生徒一人一人が直接体験するような構成になるように配慮することで、生命現象の多面的な理解をはかった。

6) ランチョンセミナー（午後のセミナー）

一日に一回ランチタイムや午後の空き時間を利用して、実験の周辺領域に関する基本的なセミナーを

行なった。午前や午後の各実験実施前にはグループごとに説明をおこなった。実験終了後や結果がでた時には、データまとめや意義について説明がなされた。具体的セミナーは以下の通りであった。

8月2日アルツハイマー病とマウス迷水路実験

8月3日活性酸素って何？ー老化や病気とのかかわり

8月4日電気泳動で何がわかるか

8月5日誰でもわかる質量分析：原理と応用

8月6日発表会

12月23日全体説明（教員 TA 紹介）／アルツハイマー病と生活習慣

12月24日質量分析用セミナー

12月25日皮膚組織の構造（何故質量分析サンプルにケラチンが混入するか）

12月26日医学生の実験体験記（再受験生のケース）

12月27日質量分析データ解析とまとめの発表会

7) 実験内容

〈1日目（8/3および12/23）〉（7時間）

- ・小型ほ乳類のマウスでもトレーニングによって学習することを理解し、実際に学習実験（モーリスの水迷路学習実験）をおこなった。
- ・この学習実験の方法が、アルツハイマー病(AD)モデル動物の治療成績判定に利用されていることを講義で理解した。

〈2日目（8/4および12/24）〉（7時間）

- ・活性酸素とは何かを講義を通して理解した。その上で、酸化ストレスが老化や病気とどのように関わっているかを高校生同士で話し合いをした。
- ・細胞培養をおこない、細胞に酸化ストレスを与える実験をおこなった。

〈3日目（8/5および12/25）〉（7時間）

- ・蛋白質の分離同定によく使われる電気泳動の原理と実際について講義から学んだ。
- ・前日の培養細胞から蛋白質を抽出し、実際に電気泳動法で評価する実験をおこなった。

〈4日目（8/6および12/26）〉（7時間）

- ・質量分析とは何かについて講義を通して学び、その機器をつかった実験について皆で考えた。
- ・8月では、蟻の表皮から分泌される脂溶性成分を GC-MS で分析した。12月では、前日の電気泳動から切り出した蛋白質を LC-MS/MS で分析同定した。

〈5日目（8/7および12/27）〉（7時間）

- ・これまでの実験結果を TA の協力のもとに図表にまとめた。

〔事後学習〕 数日後各高校で実施（3時間）

- ・実験データや資料をもとに、実験の背景、結果の解釈、さらには、今後行いたい実験課題について議論した。
- ・高校単位でおこなった成果発表に基づき、今回の講座で学んだことをレポートあるいはチャートにまとめた。それらを高校で発表した。掲示板に張り付け SPP に参加しなかった生徒に説明する高校もあった。

8) 高校生が得た実験結果・考察・まとめ

・モーリス水迷路実験

夏期実験では、グループごとにマウス4匹をつかっておこなった。ただ、実験ごとのばらつきが大きく、学習が成立したマウスにおいて学習の成績向上があったかどうかは判定できなかった。しかし、1分間の間に課題を達成できなかったマウスの割合を調べたところ、5日間のスケジュールの中で3日目あたりから、マウスに学習成績が有意に向上することが明らかとなった。冬期では、BALB/cとC57BL/6の2系統による学習成立までの日数を比較した。後者のマウスでは明確に学習の成立とその時間数短縮効果が認められた。これらのことから、マウスの学習は3目ほどから成立することが明らかとなり、また、その効率は系統間で差異があることが明らかとなった。ほ乳類の学習がトレーニングによって成立することから、どのようにすれば普段の学習を効率的におこなえるかについて議論を展開した。

・活性酸素種による神経芽細胞腫の細胞死誘導とカルノシンの効果

神経芽細胞腫 Sy5y に与えた酸化ストレスがカルノシンによって軽減されるか否かを判定するため、MTT 細胞死測定キットを用いたプレートリーダー法により生存細胞数の測定を行った。その結果、 Cu^{2+} 、メチルグリオキサール、4-ヒドロキシノネナール、過酸化水素水による酸化ストレスはどれも濃度依存的に Sy5y の細胞死を誘導したが、4-ヒドロキシノネナールによる細胞死のみがカルノシンにより、抑制された。この実験に用いたそれぞれの物質がどのようなものであるか、それが私達の食事や生活にどのように関わっているかを、講義と実験の後に文献やインターネットを使って調べてもらった。その後、酸化ストレスがどのような病気と関連しているのか、さらには、生体や食物にもそれらに抗する働きをもつ分子が存在するかどうかを議論した。

・質量分析

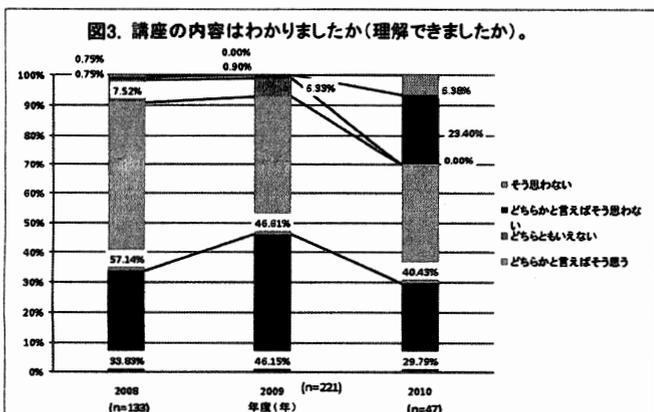
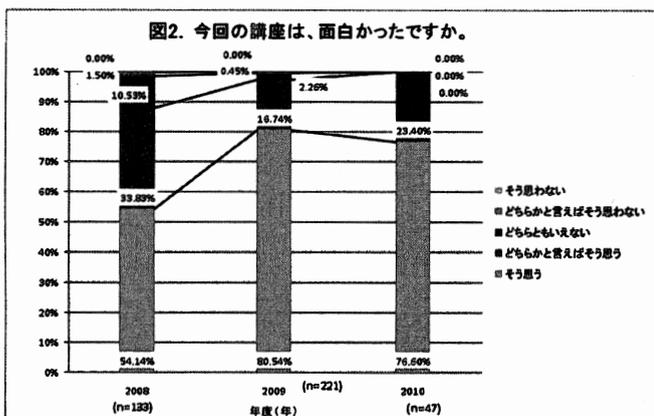
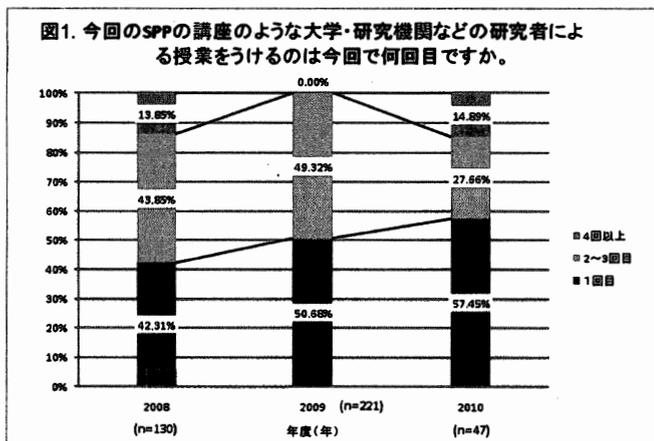
GC-MS はガスや揮発性低分子物質の解析には有効な質量分析装置である。夏期では、様々な地区に生息する蟻を採取し、その体表成分をアセトン処理で抽出した。GC-MS で分析したところ、そのパターンに類似性や差異が認められた。今回はパターンで検出されるすべての成分の同定はできなかったが、このパターンの類似性を指標にしたところ、蟻の生息コロニーとの類縁性や生育環境の違いを論ずるに十分なデータとなった。冬期では、蛋白質同定を試みるため、LC-MS/MS という質量分析装置を用いる実験を行った。酸化ストレスを与えた培養実験から取り出したサンプルから分析に必要な量を採取できなかったため、ここでは既知蛋白質の同定をおこなった。すなわち、カゼインやアルブミンを電気泳動で分離し、これら蛋白質を含むゲルを切り出し、トリプシン消化後抽出した。その結果、それぞれの蛋白質アミノ酸配列を同定することができた。これらのことから、サンプル量さえ十分にあれば、未知の蛋白質同定が迅速にできることを経験した。この方法の応用についても、生徒達は議論した。

・遺伝子導入実験

培養株化細胞に蛍光発光蛋白質(GFP)の遺伝子を導入し、蛍光顕微鏡によって観察した。生徒により遺伝子導入効率には大きな差異が見られたが、GFP の発光を明確なデジタル像で捉えることができた。また、退色が早い場合には、抗 GFP 抗体を用いた免疫染色を施すことで、より鮮明な画像を観察すること

を経験した。これらの方法によって細胞に取り込まれた遺伝子が細胞内で働き、実際に蛋白質を合成するという体験ができた。また、これらがどのようなところに利用されているかを調べ、遺伝子導入の可能性について議論を深めた。

4. 平成 20～22 年度 SPP アンケート結果の比較



平成 22 年度より、アンケートの様式が変更され、マークシート式となった。それに伴い、一部の項目から「どちらとも言えない」という項目が削除された。また、アンケート項目が少なくなり、平成 20 年ー平成 21 年の比較が困難となった項目も存在した。そのため、本稿では直接の比較が可能であった 13 項目を取り出して比較した。

図 1 の「参加回数」に関しては、1 回目の受講生が今回多かった (57.45%)。その分 2~3 回目受講生が少なく、また 4 回目以上の受講生は 14.89% となった。このような変化は、様々な SPP に参加する生徒数が増加してきたことで、結果として同じプログラムに連続で参加できた生徒が減少したためと推察される。SPP 参加者の増加は実施側からは望ましいことであるが、アンケート集計上での母集団変化を毎年考慮することには難しさを感じた。

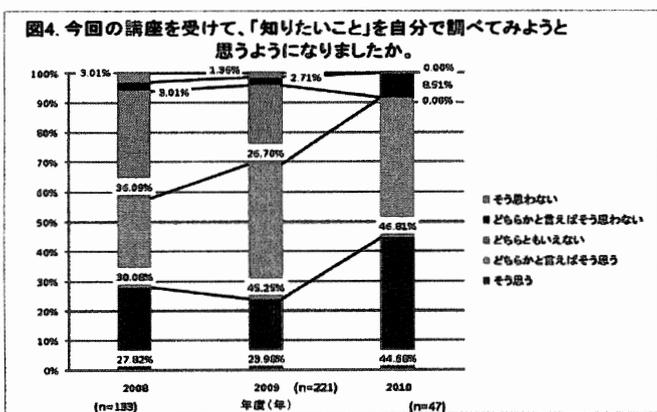
図 2 では、「SPP の内容には興味があったか(面白かったか)」という質問項目だが、22 年度では 76.60% が「そう思う」と回答しており、2009 年と同様に良好な結果であった。また、「そう思う」+「どちらかといえばそう思う」という肯定的な意見が 100% となった。「そう思う」とする生徒が昨年比、若干低下しているが、3 年間の変化としては増加傾向にあった。高校生の興味を高めるテーマ選びや指導方法が導入されてきたためと考えられる。しかし、もし、SPP 活動が理解されてくるにつれ科

学に興味を持っている生徒の参加がほとんどであったとすれば、否定的な意見を持つ生徒は少なくなってきたという可能性も存在する。また、SPP の受講生に対するアンケート様式が変更となり「どちらとも言えない」の項目が削除されたため、2010年のアンケートでは便宜上「どちらとも言えない」が0%となったことも影響しているであろう。

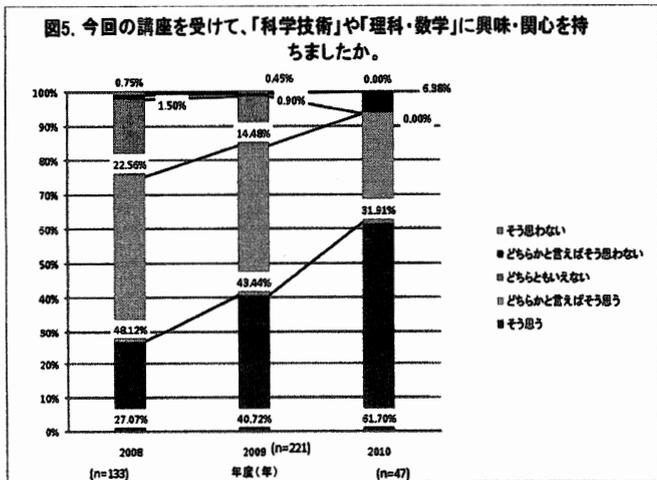
次に、「内容の理解度」を尋ねる項目では、残念ながら次第に理解度が低下している傾向が見られた(図3)。この要因の一つは、質量分析実験を導入したことが大きな要因であるといえよう。平行しておこなったその他3つのテーマには理解度がかなり良かったが、質量分析の実験の理解は高校生の想像を越えていたため、全体としての印象を悪くしてしまったと考えられる。今回、GC-MS および LC-MSMS の両方の質量分析装置を用いた実験をおこなったが、サンプルを調整し分析するところまでは容易に理解できたようであった。ただ、質量分析装置の操作および結果の解析が極めて難解だとする生徒が多かった

ことが大きく影響したと想像される。質量分析実験には入念な準備と丁寧な説明を行ったが、難解さは払拭できなかった。しかし、質量分析のデータから考えられることや将来の研究の可能性を話し合ったところ、それらに関する興味や関心をもった生徒はかなりのいたように感じた。

一方、図4にある「知りたいことを調べようとする態度」については、積極性がどんどん増えている傾向が明らかであった。「そう思う」が44.68%と著増しており、



り、また「どちらかと言えばそう思う」も同様に46.81%と増加をみせた。両者を合わせると90%以上の

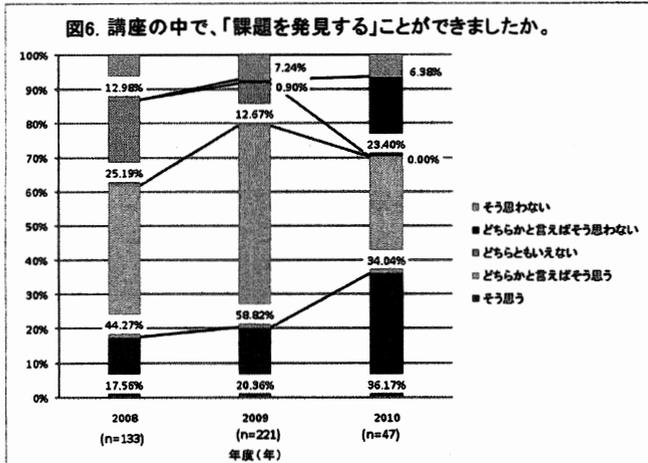


受講生が「知りたいことを自分で調べてみたいと思うようになった」と回答しており、SPPを通して科学に対する探求心が養われたことが伺われた。今回、準備した4テーマの難易度は様々であったが、それらの結果から考えられることは一様に結果が理解しやすく、生徒の学習意欲を高めた可能性がある。SPP 期間中や修了後にも図書館で様々なことを調べ、それを基に質問やら議論の時に意見を述べていたことが多々みうけられた。内容の理解が必ずしも100%に近くなくても、興味のおもむくま

まに自己学習やら質問をする生徒が目立って来たことは、実施側の私達教員もしばしば感心したところであった。

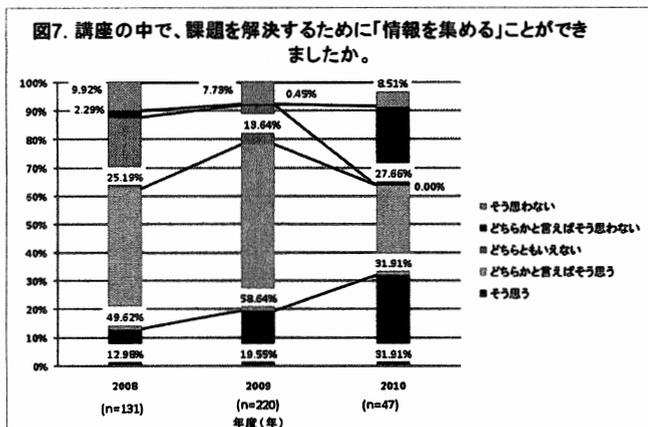
図5には、さらに広く理数分野の科学に対する興味を尋ねたところ、図4と同じような結果が得られた。すなわち、興味・関心を少しでももつようになったとする生徒が年々増えて来たことは明白である。

ただ、この質問項目にも図1のように積極的にSPPに参加したいとする生徒の割合が増えて来たため、少しでも科学的な興味や魅力を感じる事があったからこそ、このような結果になったと想像される。その意味では、今回のプログラムは、動機付けの役割をそれなりに果たしているといえよう。



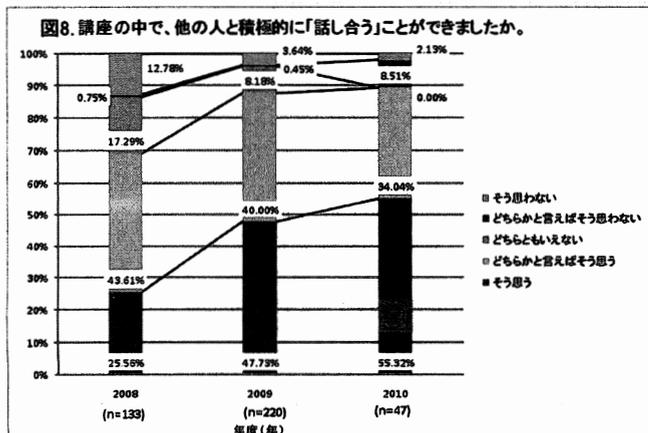
今回のSPPで「課題を発見できたか」とする図6の結果は、「強く思う」と答えた生徒は3年間で着実に増加してきた。しかし、難しいテーマで課題発見の作業に慣れていない学生が多かったためか、この質問は生徒によって答え方が大きく分かれてしまったと解釈される。

図7の「課題解決のための情報収集」も、結果は図6と酷似している。すなわち、課題の発見がイメージできた生徒はそのための情報収集に行動を起こしたといえるが、それをイメージできなかった生徒は、情報収集にも積極的になれなかったという結果である。約60%ほどの生徒は、大いに刺激を受けたと考えられる。それゆえ、このSPP方式を使えば、図4~7で認められるように、約1.5倍から2.5倍ほど増加した理数科学に強い興味や関心をもつ生徒には、科学を学ぶ上での強い動機付けになったと考えられる。



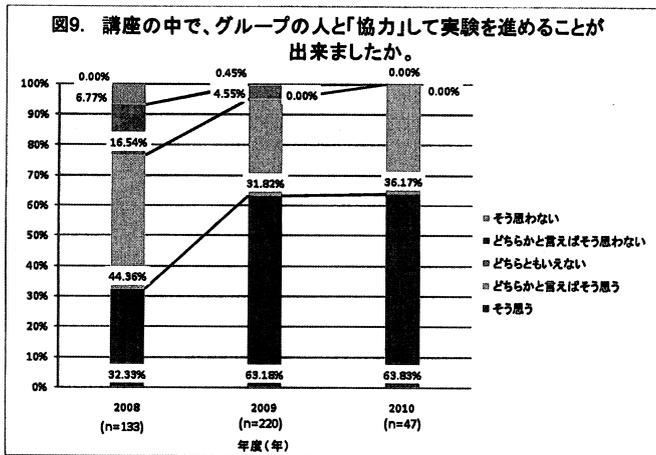
一方、SPP実験テーマを切っ掛けにして「他の参加者と積極的に話し合い」ができたかという質問(図8)では、どちらかとい

えば半数以上が「そうなった」と回答した。これは具体的な関心事を自分達で経験することや眼前で



観察できることによりコミュニケーションが高まったという可能性が考えられる。他の人達と話すのに慣れていないというより、共有できる何かがあれば、それが科学の話であっても議論できることを示唆している。ただ、今回の話し合うというのは、参加した高校生同士の会話ばかりではなく、指導にあった教員や若い大学生であるTAとも同じような姿勢を持つことができたと思われ。TAは自分達の何年か後の将来像に近いイメージがあるため、

高校1～2年生にとってはまぶしいくらい存在でもある。そういった要素が多少なりとも影響した結果といえよう。また、欄外のフリーコメント欄に「(ディスカッションのための)時間が足りなかった」とする回答も存在し、プログラム上も問題というより、時間的制約の影響が大きいものと推察される。



22年度SPP活動ではグループの構成を学校単位で行った。人数が余ったところは混成チームとしてグループを構成した。しかし、各グループ間での協力体制にはそれほど大きな差異は認められなかった

ことから、図9の結果のように、概ね良好な協力関係であったことがいえる。本SPPでは、原則4～6名が一つのグループを構成し、グループのダイナミクスを高めるファシリテーターとしてTAや若い教員が常に各グループの相談役として実験支援をした。この体制には大きなメリットがあったといえる。

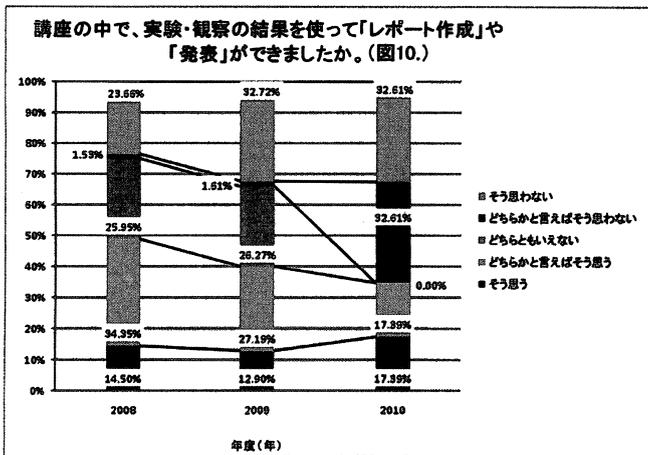
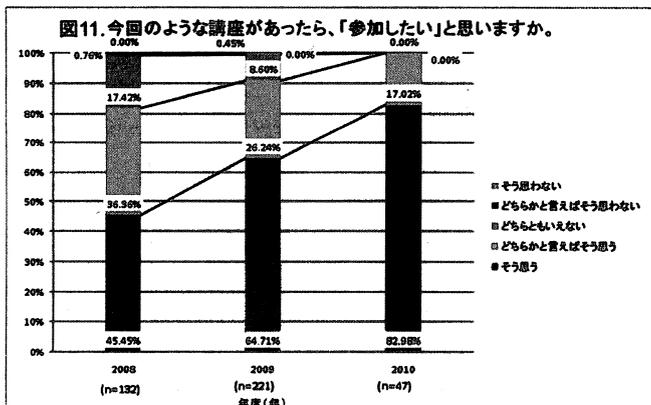


図10では、実験・観察の結果を通した「レポート作成」や「発表」について検討している。この項目では、前年のアンケートが「レポート作成」の項目と「発表」の項目を分けて作成されたものであったが、本年度は平成20年時点(一昨年)と同じように両者を統合した一つの質問として提示されたため、便宜的に前年の項目は両者(「レポート作成」に関する質問と「発表」に関する質問)の回答を各選択肢ごとに平均した値をパーセンテージ化した。その結果、「どちらかといえばそう思わない」という回答が32.61%と著増した。2009年時点でのpositiveな回答群(「そう思う」、「どちらかと言えばそう思う」の両者)と「どちらともいえない」の合計と、今回(2010年)調査したpositiveな回答群(「そう思う」、「どちらかと言えばそう思う」の両者)と「どちらかといえばそう思う」の合計がほぼ同じであることに注目すると、実は昨年までの「どちらともいえない」の中には、実は非常に軽度にはあるが、「レポート作成」や「発表」ができなかった、と



捉えていた学生が含まれていた可能性がある。また、本項目でもフリーコメント欄に「時間が足りなかった」とか、「もっと余裕があればよかった」とするコメントが添えられていたケースもあり、時間的な不足が、「レポート作成」や「発表」の時間を減少させ、受講生が十分に考察に充てられなかった可能性が指摘できる。また、「そう思わない」という回答群も依然として 32.61%存在しており、これも 2009 年時点とは有意な減少を見なかった。

今回の SPP で反省しなければならないポイントの一つは、発表の機会を持つことが出来なかったことと筆者らも理解している。つまり、全体で発表会やレポート作成おこなう時間が最終日にとることが出来なかったのである。この大きな理由は、約半数のグループで実験の作業時間が予想以上に延びてしまい、全体会議の時間がなくなったことである。ただ、時間的にゆとりがあったグループでは、小さな発表会をすることはできた。そのため、多くの生徒は、十分な作業や発表が出来なかったと回答したのであろう。SPP の事後学習会でも実験内容の解説が中心であったため、最後までこの項目では改善ができなかった。

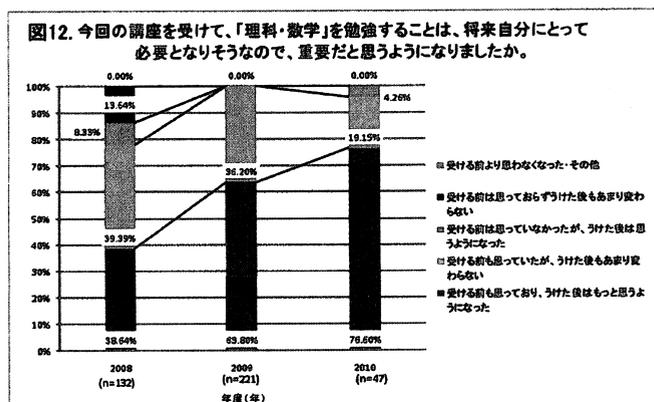
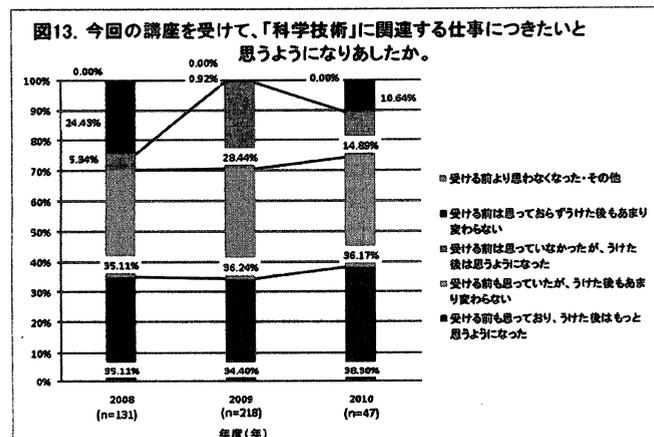


図 12 の質問項目は、SPP の活動を通じて、技術立国日本の可能性を生徒に毎回強調していることが影響していると考えられる。研究をすすめることで、産業の発展や医療の進歩に大きな役割を果たす。それが、結果として私たちの生活も豊かになっていくことを毎回生徒達と話し合ってきた。「科学が重要である」とより強く感じるようになった生徒の割合が毎年格段に上昇していることも、SPP の成果の一つといえ

ると推察される。



最後に、「科学技術に関する職業を選択したいかどうか」という問い(図 13)では、大きな変化がこの3年間では認められなかった。これは、科学に興味があっても、高校1～2年生という進路決定をまだ行っていない段階の生徒がこの SPP プログラムに参加していると考えられる。実際、職業として科学技術に関わる人々が100%であると、社会が成り立たないことは事実である。それゆえ、40%近くが職業として興味があるというのは、極めて自然な傾向

といえる。しかし、図 11 や 12 のように、どの分野に進んでも、科学の重要性を理解する人々が増えてくることは、技術立国としての日本にとっては望ましい姿であると思われる。

5. 考察

我々は、平成20年のSPPより、経時的にSPPの効果について検討してきた。加えて、我々自身もSPPを改善するために教材の工夫や、前年のアンケートを参考にしながら、教材のマルチメディア化やTA・講師の配置数などに工夫を加えてきた。

今回のアンケート調査から、臆気ながらも対象受講生の声質の変化が捉えられたように感じられる。つまり、平成20年時点で定義した1層目の受講生—「SPP受講に積極的で、自らすすんで科学的事象を考察したり、実験する意欲と関心をもつ回答群」—が増加している一方で、2層目の受講生—「SPP受講には積極的であり、科学に興味関心はあるが、自らすすんで科学的事象を考察したり、実験する意欲をもつには至っていない回答群」—が減少しているように思われた。これ自体は喜ぶべきことのように思われるが、減少した2層目の受講生は、すべてが1層目に入るようになったわけではなく、実は3層目—「科学、理科/数学に興味関心が薄い回答群」—として分類される受講生も同様に増加したように感じられる。このことは、例えば図3、図4、図5、図6に顕著に観察されている。図3では、講座の内容の理解度を検討しているが、「理解できた」とする群は合計で70%程度であり、2009年時点よりも約20%程度減少した。代わりに増えたのが「理解できなかった」とする群で、特に「どちらかといえば理解できなかった」という群が23.40%と著増した。また、図4では、「知りたいことを自分で調べてみたいと思うようになったとした」群は、合計で90%を越える成績だったにもかかわらず、「どちらかといえばそう思わない」という群が8.51%と増加した。また、図5でも同様の傾向をみた。これだけでは、項目の変更（『どちらともいえない』の選択肢が削除された）ことによる影響と捉えることもできるが、図6の「課題を発見できましたか」という問いに対し、「発見できた」とする回答が合計で70%程度であるのに対し、「どちらかといえばそう思わない」という回答が23.40%と著増している。つまり、前年までに「どちらとも言えない」と回答していた群は、「課題を発見できたかどうか判然としない」という意味で回答していたというより、実は「課題自体がどういうものかわからないため、課題を発見するというのが何を指し示しているのかわからない」という状況下で回答していた可能性がある。我々は、SPPを通して、scienceは課題と発見の連続性を持った一つのfieldであるという認識を持ってもらうことも重要な位置を占めていると考えていた。しかしながら、本年のアンケートからみてきたのは、受講生には科学が連続性をもった概念ではなく、単に単元や授業単位で区切られたブロックであるという概念の方が優位を占める集団が存在するという結果である。これに伴い、図7の情報収集について問うた項でも、「どちらかといえばそう思わない」という回答が27.66%と増加しており、これはほぼ図6の動向と連続している。

6割〜7割程度の受講生は、適切な理解のもと、実験や観察を行い、それに伴う授業やレクチャーもこなしているようである。しかしながら、このnegativeな回答群の増加、そして中間回答群における回答の乖離（質問内容が理解できて「どちらとも言えない」と回答しているのか、あるいは質問内容が理解できずに「どちらとも言えない」と回答しているか）は、これまではあまり注目されてこなかった課題であり、今後の検討を要する課題である。

さらに、この3層目の増加を裏付け得る要因として、図13の「将来科学技術に関連する仕事につきたいかと思うか」という問いがある。2008年—2009年の大きな改善は、我々は、教育手法の改善によって一定の効果が上がったものと考えていた。しかし、本年、再び「受ける前も思っておらず、受けた後もあまり変わらない」という回答が増加した。1割程度の増加ではあるが、この選択肢は、事実上SPPの参加は意味がなかったというに等しい回答である。図2で、「今回の講座が面白くなかった」という回答

が 0%ことから、「面白いー面白くない」という軸で捉えれば、面白いといえるが、それは自分自身にとって役に立つものではなかった（そして理解不能であった）という集団の存在が伺われる。

一方で、実験結果の処理、すなわちディスカッションやグループ共同作業については、ある一定程度の効果が現れた（図 8-10）。我々の教材、教育法の改善は、主にこの点に焦点を当てて行なってきた。つまり十分に時間を取り、理解を促進させるような工夫を加え、実験方法もビデオや実演を交えながら実地的な方法で教えてきた。特に受講生が高校生の場合、器具の扱いに不慣れな点が多く、ましてそれを使って実験を行う場合には、非常な困難が予想される。例えばマイクロピペットの使い方一つでも、単位のマイクロリットルを使った経験が無いために、いちいち換算してからダイヤルを合わせるといような事例が見られた。このような事例は、TA や講師が適切に介入することによって容易に解決できるし、本実験の前に、器具の扱いの練習を行うことでクリアーできる問題である。一見すると小さなインシデントのようであるが、マイクロピペットのようにあらゆる実験過程で多用する器具の場合には、これが受講生にとって大きなストレスとなって現れてくることに留意しなければならない。実験そのものについては、一定程度のレベルを保持しつつも、受講生の思考過程がスムーズになるように余計な過程を配することも一つの手段であると考えている。分子細胞生物学の実験では、wash-out や染色ー脱色の過程などに大きな時間をかけ、しかも複数回行わなければならないことがある。しかしこれらの過程は、実験の思考過程をストレートにする上では、時に障害となりうる。実験それ自体を「楽しむ」という場合には、これらの過程が非常に重要な意味をもつが、実験から発展させて「考える」ことを主眼に置く場合、このような過程がある面では受講生の思考を阻害する要因にもなりうることに、留意しなければならない。ただし、この課題の克服に関しては、TA や講師が間のステップをすべて取り仕切ってしまうというやり方が果たして正しいのかは議論されなければならない。我々は、そのような複雑なステップを踏む実験の場合には、その間も絶えず実験の overview を提供することを心がけ、それによってこの課題の克服を目指してきた。なぜなら、実験の成功による達成感は、自分自身の手で実験をやり遂げて初めて手にできるものであり、我々がお膳立てした土俵の上では決して感じ取ることが出来ないものである。ただし、このような試行錯誤的学習は時間を要するため、どうしても「レポート作成」や「発表」までこぎつけるのが難しい。限られた時間内で、付加的な資料収集やレポート作成に必要な資料を揃えることは難しく、この 2 者をどのように両立するかは今後の検討課題である。もちろん、SPP の実験のレベルを下げることも考えられるが、それは「将来の有望な科学者層を形成する」流れとは逆行してしまう。第 1 層目という確たる科学技術に興味のある受講生がいる中で、本来の SPP の目的を達するためには、理想的には、SPP の実験レベルを維持したまま、自らの手で実験を行い、そしてレポート作成や発表（プレゼンテーション）を行うのが望ましいものと考えられる。

6. 総括

これまで、過去 3 年間にわたり SPP のアンケートの比較検討を行なってきた。そこで、我々は科学技術に対する興味関心が非常に高く、自ら課題を発見し、また解決に取り組める層と、そして科学技術に興味関心が非常に薄い層の増加、そしてその中間に位置する層の減少を捉えた。SPP というある程度 motivation に任意性の高いプログラムの場合、確かに科学技術に対する興味関心が非常に高い層が積極的に参加することは想像に難くないが、一方で科学技術に興味関心が非常に薄い層に、science の重要性・

面白さを教えることも SPP の一つの目標である。しかも、科学技術に関心の高い層では、自ら課題を見つけ出せるために、SPP の枠外でも活動できる潜在力を持っているのに対し、興味関心の非常に薄い層では、そのままの状況を放置すれば、ますます科学技術から遠ざかってしまうだろう。これを *macroscopic* に捉えた場合、理科系高等教育機関の学生レベルが将来にわたって、緩やかに低下していくような現状が考えられ、それらは昨今の学生の低い学習意欲として現実となりつつある。

我々は SPP を通して、このような集団に対してもできるだけ分かりやすく、そして興味を持ってもらいやすい環境を整える努力をしてきた。教材はできるだけ視覚的に捉えられるものとし、余計な筆記事項などはできるかぎりシンプルにしてきた。加えて、TA や講師を十分に配置し、さらに TA には *facilitation* 能力を身につけ、話しかけてもらいやすい雰囲気を作るように心がけた。少なからず科学に興味のある受講生であれば、多少の難しい壁があってもそれに臆すること無く、TA や講師と一緒に作業できるだろう。しかし、全く興味を示さない（学習意欲のない）受講生には、多少理解の難しい点があっただけでも、ますます科学に対する意欲の低下を引き起こす可能性がある。この「科学技術に興味関心が非常に薄い層」に対するアプローチはより慎重でなければならないし、さらなる教材、教育手法の改善が求められるだろう^{16),17),18)}。

SPP では、科学に対する高い志を持つ高校生をさらに高い位置へと引き上げることも重要であるが、このような科学に対して距離をとり始めた高校生を、できるだけ早期に再び科学の *field* へと誘うことが求められていると考える。むしろこの、科学に対する興味関心の薄い層をいかにして再び *academic* な場へ戻すかということが、ひいては日本の科学技術力を向上させる上で今後の鍵となると考える。

7. おわりに

平成 20 年から 22 年度に実施した 3 年間の SPP アンケートの解析をもとに、この活動の教育的効果について論じてきた。この中で、TA、講師、高校教員と打ち合わせを密にすることにより、SPP 実施方法に改善が加えられてきた。また、高校生や高校教員が希望するテーマや実験方法をプログラムに可能な限り盛り込むことで、受講生にとって興味深い内容になるような修正を行ってきた。このことは、第 2 の改善点である。さらに、講師、TA、あるいは、実験指者との事前協議を重ね、よりよい指導法や資料作成を試みたことが、第 3 の改善点である。SPP 活動後、参加者の高校で事後学習や実験結果のまとめを行う機会を増やし、更なる興味につながる活動にも力をいれたことは、第 4 の改善点である。本活動を SPP 参加者だけでなく、非参加の生徒とも情報共有ができる SPP の波及効果の方策に関しては、各高校に一任した。それゆえ、この点には今後も継続的な議論を重ねる余地があり、また教育事例を収集することが今後の SPP 展開の有効性を探る上で重要であると考えられる。

本稿では、これらの改善点が平成 22 年度までの 3 年間の内容を検討し、年次ごとの改善が教育効果を序々に高めてきたことを確認できた。このようなフィードバック機能が、様々な教育現場で採用されれば、現代の理科離れを食い止める一つのヒントとなりうるであろう。自然科学教育には実践が必要であり、教科書で学ぶだけではないことも、自ずと明らかになるものと期待している。

8. 謝辞

アンケートにご協力下さった旭川東高校、旭川北高校、旭川東栄高校、旭川大学高校の皆様には多

大なご配慮をいただき、感謝にたえません。また、この3年間のSPPの活動を複数年にわたりご支援いただいたJST(科学技術振興機構)に心より御礼申し上げます。

9. 参考文献

- 1) 栢野彰秀. STSアプローチによる高等学校「理科総合A」のカリキュラム開発—単元「資源の利用と自然環境」を中心として—. 広島大学大学院教育学研究科紀要 第一部. (50). 55-64. 2001.
- 2) 長沼健、都筑智. 理科実験教材の科学性—基礎・基本の内容を探る—. 愛知教育大学教育実践総合センター紀要. 6. 151-154. 2003.
- 3) 稲田佳彦、柿原聖治、喜多雅一、山下信彦、石川彰彦、小倉久和、安藤元紀、草地功、加藤内蔵進、吉岡勉、河田有紀、平山元士、橋本誠治、赤崎哲也、東伸彦、別役昭. 岡山大学大学院理科教育専攻で行った教材・授業案開発講義の試み. 岡山大学教育実践総合センター紀要. 7. 1-7. 2007.
- 4) 林要喜知、中村正雄. 過去2年間で行なわれたチュートリアル 教育の総評と提言. 旭川医科大学研究フォーラム. 4:44-60. 2003.
- 5) 佐藤裕基、萬木貢、林要喜知. 旭川医科大学と地元高校によるSPP 高大連携理科教育の取り組みとその有効性の評価. 旭川医科大学紀要 (一般教育). 25(1). 61-84. 2009.
- 6) 佐藤裕基、萬木貢、林要喜知. 旭川医科大学と地元高校によるSPP 高大連携理科教育と生徒の動機づけを高めるための改善策. 旭川医科大学紀要 (一般教育). 26(1). 17-34. 2010.
- 7) 柳孝郎、福島愛子、松澤哲郎. 2002年度高等学校-大阪教育大学(高大) 連携夏期集中講座[生命科学: ES細胞からクローン人間へ, そのクローン無性生殖の結果は?] その授業内容分析と今後の高大連携のあり方について. 大阪教育大学紀要 第V部門 第53巻 第1号. 45-58. 2004.
- 8) 吉田武大. 高大連携実施の経緯とねらい: 普通科高校の事例検討を中心に. 筑波大学教育制度研究紀要. 3: 37-45. 2002.
- 9) 佐々木陽一. 高大連携授業の試み. 高等教育ジャーナル. 11: 73-84. 2003.
- 11) 哇浩二, 鈴木賢一, 林靖弘, 山本卓. 広島大学, 学部・附属学校共同研究機構研究紀要. 36: 459-462. 2008.
- 12) 山田洋一, 高梨里子, 黒鷲英輝, 鈴木勲. 高大連携科学実験講座に関するアンケート調査について. 宇都宮大学教育学部紀要第2部. 58: 7-14. 2008.
- 13) Dolores J., Loraine J. Spenciner. What do Pre-Service Teachers See as Their Roles in Promoting Positive Social Environments? "I see Myself as a Facilitator of Acceptance" Early. Childhood. Educ. J. 35:445-450. (2008)
- 14) Elizabeth K. Wilson. The impact of an alternative model of student teacher supervision: Views of the participants. Teaching and Teacher Education. 22. 22-31. (2006)
- 15) Gary Wilson, John I'Anson. Reframing the practicum: Constructing performative space in initial teacher education. Teaching and Teacher Education. 22. 353-361. (2006)
- 16) Jaap Buitink. What and how do student teachers learn during school-based teacher education. Teaching and Teacher Education. 25. 118-127. (2009)
- 17) Anthony Clarke, Steve Collins. Complexity science and student teacher supervision. Teaching and Teacher

Education. 23. 160–172. (2007)

- 18) Andrew J. Hobson, Patricia Ashby, Angi Malderez, Peter D. Tomlinson. Mentoring beginning teachers: What we know and what we don't. Teaching and Teacher Education. 25. 207–216. (2009)
- 19) Sylvia Yee Fan Tang, Alice Wai Kwan Chow. Communicating feedback in teaching practice supervision in a learning-oriented field experience assessment framework. Teaching and Teacher Education. 23. 1066–1085. (2007)

さとうひろき (旭川医科大学医学部在学中)
よろきみつぐ (旭川西高等学校理科教員)
はるみたつお (旭川医科大学解剖学)
はやしようきち (旭川医科大学生命科学)