

## ①平成26年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告（要約）

① 研究開発課題	<p>資源・エネルギー、食料等の地球規模の危機に対し、課題の抽出、その課題に対して社会的にも国際的にも理解が得られる解決策の提案、さらに一般にも分かりやすく説明できる科学技術系人材を育成する。そのための理数課題研究のシステムを開発する。</p>
② 研究開発の概要	<p><u>A：課題研究で自ら課題を発見させるためのプログラムを開発する。</u></p> <p>これまで理数課題研究科の教員が他教科の教員と共同して、通常の授業における理数科目の学習の充実を図ったり、学年で行う分野融合型の授業を展開したりするなどして、生徒たちの課題を発見する能力を育成してきた。また、本校は理数課題研究科の授業を設定することで生徒たちが課題発見にじっくり取り組める環境を整えてきた。したがって、理数課題研究科で入学当初から海外の研究者の指導を受けさせ、生徒たちに研究課題の設定や研究方法の検討を行わせることにより、彼らの課題発見能力を国際的なレベルに引き上げることができる。</p> <p><u>B：課題研究で発見した課題を自ら解決させるためのプログラムを開発する</u></p> <p>理数課題研究科の授業でじっくりと研究ができるため、生徒による研究の成果が出ている。さらに国内の科学コンテストを目標にプロジェクトマネジメントなどの手法を生かして、生徒たちが主体的に取り組めるチームを編成し、キャリア教育の一環としての理系企業でのジョブシャドウを実践してきた。その結果、生徒たちは共同研究のノウハウの吸収をしてきた。</p> <p>その経緯を踏まえると、本校のSSH事業を海外の理数教育先進校と生徒間の共同研究にまで発展させることで、課題を国際的な視野で眺めることができるようになる。さらに、生徒たちの課題研究活動を積極的に行う意欲も養成され、研究成果を国際シンポジウムでの発表を目標にすることで、生徒の国際的なバランス感覚を育成する。この活動と並行して、教員は海外の理数教育先進校と分野融合型の教育課程について教員間の共同研究を行い、成果を実践に生かしていく。</p> <p><u>C：課題研究の成果を日本語で論文等にまとめるとともに、外国語（特に英語）でも論文等にまとめさせるためのプログラムを開発する</u></p> <p>今までに既に理数課題研究科では国語科や英語科と連携して、SSHの講座として論文作成を実践してきた。また、理数課題研究科の授業で生徒に日本語でレポートを多く書かせ、その内のいくつかを国内の発表会で発表するように指導してきた。その結果、優秀賞やポスター賞、審査特別賞などを受賞する成果を上げてきた。</p> <p>国語科や英語科と連携して他校との共同研究の成果をまとめる作業を組込むことで、生徒の分かりやすくまとめる力を育てる。</p> <p><u>D：課題研究の成果を日本語はもとより外国語（特に英語）を使って分かりやすく表現し、プレゼンテーションさせるためのプログラムを開発する</u></p> <p>今までは、分野融合型の授業を理数課題研究科の教員が中心になり家庭科や地歴公民科などの教員と共同して発展させてきたが、今年度は海外の学校との共同研究を加えることで、生徒たちは多様な価値観との出会いや相互理解によって「持続可能な社会の構築」という今世紀の課題に向けた国際的</p>

な視野で研究発表するノウハウを獲得する。

本校主催の小・中学生を含めた児童・生徒の研究発表会を本校が開催する。ここには、共同研究を行った海外の連携校の生徒も招待する。また、国内の参加校には、事前の公開講座にも招待し、分野融合型の教育課程の普及を行い、本校の教員全員で才能豊かな小中学生を発掘して、生徒・児童らを本校主催の大学の教員による講演会や単位互換を含む高大連携講座に招待し、才能の伸長をはかる。

そして、本校で女性の大学院生による研究発表会を主催して、女性研究者による講評などを行う。この場面を、本校や他校の女子生徒に参観させることで女性らしい発想を伴った研究とはどのようなものか生徒たちが見出せるようにする。また、本企画によって女子生徒たちは研究成果を分かり易く説明する能力を獲得する。

さらに、全国各地で本校教員が研修会を開催し、本校が新たに開発した分野融合型の教育課程や、これまでに取組んできたSSHに関する指導手法を紹介し、課題研究を軸とした理数教育や科学分野を活性化させる。また、理科を専門としない小学校の教員を対象にした理科実験の研修会を、教育学部や教育委員会と共同で本校において開催し、日本の理数教育全体の底上げを図る。

### ③ 平成26年度実施規模

1 学年SSⅠ(2クラス)、2 学年SSⅡ(2クラス)を設置する。

1・2 学年の全生徒を対象に総合的な学習でSSH講座(リレー授業など)を実施する。

3 学年SSⅢ(選択科目)を設置する。

### ④ 研究開発内容

海外の研究者による3年間の継続的な指導を受ける分野融合型教育課程を理数課題研究科の授業内で設定し、海外の理数教育進校の生徒との本校の生徒たちに共同研究を実践させることで、本校の生徒たちに国際的な視点に立った課題を発見する能力を育成することができる。このことで国際シンポジウムでの生徒が研究発表をして受賞が可能な課題の設定と研究が行えるようになる。

そこで、平成26年度には第1学年の学校設定教科の理数課題研究科の授業であるスーパーサイエンスⅠという科目で課題研究を進める中で海外の研究者との対話を1年間継続的に行う。

また、本校が主催する発表会の実施を付け加えたことで、生徒たちは計画的にまとめる能力が育ってきた。今後その発表会を小中学生も含めた国際的な研究発表会にすることで、本校の生徒たちだけでなく、義務教育段階から優れた理系人材が発掘でき、発掘した生徒に単位互換制を含めた高大連携の講座を受講させることで、理解力と分析力、論理的な思考力などをもった児童・生徒が早い段階から育つと考える。それだけでなく、女性の大学院生による研究発表を女性研究者が講評する発表会を主催し、女子高校生に参加してもらうことで理系の優れた女性科学者の育成ができる。

### ⑤ 研究開発の成果と課題

成果は以下の通りである。

課題設定が早い生徒で1年生の1学期にでき、夏休みには研究に入り、いくつもシンポジウムで発表することができた。また、東京都の代表に選ばれるなど研究内容が外部の評価者からも評価されるものであった。メンターなどの指導者がついてくれることになった研究もあった。

課題は以下の通りである。

メンターにおいては国内の研究者についてももらうノウハウは獲得しつつあるが海外の研究者までには至っていない。生徒の発表において先行研究などが英語で発表されたものでないのが国際性の視点からまだ不十分である。

## ②平成26年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発の成果と課題

## ① 研究開発の成果

各仮説に対応する実践において下記の成果をそれぞれ得た。

A：課題研究で自ら課題を発見させるためのプログラムを開発する。

学校設定科目を設け、授業内での課題発見の実践を各コースで行って来た。顕著なのは、生物コースと化学コースと物理コースでの実践である。

生物コースでは数年前から先行研究を追体験することで課題発見能力を育成している。その実践の実績がデータ化されて、後輩に刺激を与え、早期の課題発見に至っている。

化学コースでは先輩たちの研究発表のポスターなどを内覧する機会を設け、さらに週毎にテーマ決めのための対話を指導者と行って来た。結果、1学年の1学期中にテーマを決めて夏休み前には課題研究に入る生徒が9割になった。また、他分野と関連づけた研究を行う生徒も出て来た。

物理コースでは、毎回の授業において自作のプリントをもとに課題発見に必要なノウハウの修得を目指した。また、ポートフォリオを作成させて、生徒たち自身の研究への取り組みを自覚させて来た。また、他分野の課題にも注目する生徒が出て来た。

この他、数学では外部の団体が主催する課題へ取り組ませたり、地学では観測に重点を置いて、数多くのデータを集めることで課題を発見せたりしてきた。

これらの活動の成果として、11月に開催した理系女子のためのシンポジウムや1月に実施したアメリカでの研修において1年生でありながらも、それなりの研究結果を発表できていた。

また、課題発見のためのアイデアソンやKJ方などの手法を校内での研修や校外でのイベントで修得してくる生徒も出て来た。

B：課題研究で発見した課題を自ら解決させるためのプログラムを開発する

学校設定科目の理数課題研究科の授業において研究課題に関する実験などを繰り返し行うことができ、そのトライアルアンドエラーにより、考察するに十分な結果を得る生徒が9割を占めた。

各コースにおいては次のような成果が出て来つつある。

生物コースでは先輩たちの研究を先行研究として捉え、さらに進化させようとする生徒も出て来た。これはトライアルアンドエラーの蓄積が第Ⅱ期から出来ているためでもある。

化学コースでは放課後の化学部の時間も使ってトライアルアンドエラーを実践する生徒が増えて来た。その影響で化学部の活動を活発化させることもできた。今年は1年生が化学クラブ発表会で発表することになった。また、PBL（課題解決型学習）も導入してきたので、研究の計画もより綿密なものになり、外部での発表を目指して計画的に課題の解決にあたってきている。

数学コースでは課題研究に取り組むスピードが上がったため、1年生の段階でいくつもの発表会にエントリーをして賞を受賞するに至った。

生物と化学に至ってはSSⅠ～Ⅲまでのすべてに生徒がいる形になり、課題研究を3年間継続する雰囲気が整いつつある。来年度のSSⅢ希望者も物理と化学を中心に10名ほどいて、今年度の人数の倍になっている。

さらに、メンターを確保においては、化学コースにおいて3件の研究に大学教授レベルの研究者

がメンターとしてついでに付いている。まだ内定段階ではあるが、来年度は化学の他に生物や物理のコースも含めメンターの数が倍増する予定である。

C：課題研究の成果を日本語で論文等にまとめるとともに、外国語（特に英語）でも論文等にまとめるためのプログラムを開発する

課題研究の成果を一般の人にもわかるように発信していくことが重要で、その一環として日本語や英語で論文といった紙面での発表を生徒に実践させる必要がある。次の仮説Dのところでは触れるがポスター発表などの機会が多いものの学会誌などへ投稿はまだほとんど出来ていない。

しかし、生物コースでは論文という形で後輩に残すようにしているのが、貴重な研究成果の蓄積がなされてきた。

また、メンター制への応募やシンポジウムでの発表における審査に提出する論文に挑んだ生徒は1年生でも10名に登った。2・3年生も含めると20名ほどである。

さらに、査読を通るなどしてポスターや口頭発表ができるようになった後に書く要旨集への投稿では文章として簡潔にまとめる力を育成することができた。

D：課題研究の成果を日本語はもとより外国語（特に英語）を使って分かりやすく表現し、プレゼンテーションさせるためのプログラムを開発する

研究成果の発表の場は本校が主催した理系女子のためのシンポジウム（SWR：Symposium of Women Researchers）やSSHでない学校も招いての発表会である生徒研究成果発表会（TSS：Toyama Science Symposium）の他に他県のSSH校が開催する発表会（ysfFIRST、かながわ国際サイエンスフォーラムなど）や各学会（日本化学会、日本物理学会、日本植物学会など）の主催するシンポジウムでの発表といった感じで、年間でかなり数の発表が体験できる仕組みをつくってきた。

第Ⅱ期までは、外部での発表会で口頭発表を希望する生徒を募集してもなかなか集まらなかったが、第Ⅲ期において、校内選考を毎回しないと発表を決めることができないほどに希望者が増えてきた。

英語で発表する機会はysfFIRSTやサイエンスエッジなどであるが、本校主催のアメリカ研修でも訪問先の高校で発表する機会をつくったり、校内でも英語で書いたポスターを使った発表をネイティブの前で行う機会をつくったりしてきた。その成果として、英語で発表することに意欲的な生徒が増え、全体的にも英語で発表するのは当然であるという雰囲気になってきた。

英語で発表した生徒の発表の様子をみると、自分の言葉で説明しようとする傾向があり、研究の内容が身近であれば、ネイティブの高校生からもきちんと質問されていた。

次に、評価の方法についての成果であるが、今まで継続してとっていた生徒対象のアンケートをそのまま実施した上で、SPSSという統計分析の手法を用いて有意差があるか否を検討した。

また、コースによってはポートフォリオや日々の活動報告を記すものを生徒に義務付けて変容の分析のための資料づくりを開始した。そして、ルーブリック作成をPBLの協会の方と共同で行い、アメリカ研修の生徒対象に調査を行い、変容を見た。

**② 研究開発の課題**

各仮説に対応する実践において下記の課題がそれぞれ見えてきた。

A：課題研究で自ら課題を発見させるためのプログラムを開発する。

3年間のSSH事業の流れを考えると、理想的な課題発見時期は1年生の1学期である。実績として1年生の1学期に課題を見つける生徒が100%に至っていない。また、課題を発見してもそのま

ま研究を進めていくことを全員ができるわけではなく、途中でテーマを変える生徒も少なくない。

そこで、今年度修得したアイデアソンなどの課題発見の手法を2学年の生徒が1学年の生徒たちに伝授する機会を設け、4月から5月にかけてしっかりとテーマ決めに取り組んでもらう。また、アメリカ研修ではデザイン思考など最先端の課題発見手法を修得させて、再来年度の新生徒たちに先輩から伝授させる機会を設ける予定である。

また、課題発見の手がかりを校内の先輩たちによる選考研究だけでなく、英文で書かれた論文に求めるような雰囲気がないのが課題である。発表時に参考文献が日本語で書かれたものしかないという英語での発表時に困ることが多くなってきたからである。

さらに、各コースでの実践をまとめ、相互に良い点を吸収できるようにしたいと考えている。各コースの生徒たちの課題発見に対するイメージや時期のズレが多いとモチベーションの維持がより困難になるからである。

課題発見の過程は孤独でつらいものであるため、モチベーションの維持が重要であると考えている。その意味からも国内外の大学教授レベルの研究者とのメールなどのやりとりから課題を明確なものにしていくシステムを来年度はより完成度の高いものにした。今年度においては課題設定の時期を研究者との交流の時期が少しずれてしまい、上手くマッチングできなかった。国内の研究者でもこの結果なので海外の研究者から指導を受けるという点ではほとんど達成できなかった。来年度はサイエンスダイアログなどを活用して海外の研究者との交流を深めたいと考えている。

だが、海外の研究者からもらうアドバイスは課題設定の前よりも課題の仮設定時に行う方が良いと考える。アメリカ研修でも痛感したが、アメリカ人などは会話を重視するので、話題となる課題を仮決定しておいて、対話に臨み、議論の後により意味のある課題設定が完成するというプロセスを踏むようにしたいと考えている。

#### B：課題研究で発見した課題を自ら解決させるためのプログラムを開発する

学校設定科目の理数課題探究科の授業において、トライアルアンドエラーを繰り返して課題研究に取り組むことで1学年の2学期には受賞するという成果をとまなう研究発表会が一部の生徒たちにはできるようになった。

しかし、学校行事や定期考査など生徒たちが実験を行える時間は授業という形で確保しても、不十分であった。そこで、より効率よく実験を進める手法を獲得させる必要がある。PBLの実践の他に「ムリ・ムダ・ムラ」を発見させるシステムやPDCAサイクルといった企業などが実践している活動を生徒たちの研究活動にも浸透させる必要があると痛感した。

また、発表は機会がある度に行うとしても、SSⅢへの参加者を増加させ、研究というものが3年間の継続であることを強く実感してもらうことも課題である。

さらに、PBLの実践をより充実させるために年間を通じての研修を今後は組んでいく。だが、1学年の入学当初にPBLの実践方法は習得しておく必要があるため、来年度の年間研修を受けた2年生が翌年の年度初めに新生徒に修得したPBLを運用する能力を伝授し、その1年生が高度なPBLの研修を受けるという向上性のあるスパイラルを実現させることも念頭においている。

そして、大学受験と研究及び発表を両立させるSSⅢの内容を開発することも来年度中に実施しておくことだと認識している。第Ⅲ期の初年度入学者が再来年度に3学年になるので、そのときには現状においてもAO入試などに活用されているSSⅢの研究発表を、生徒たちが大学や大学院に進学した際にも持っていけるようなものにしたと考えている。このことを実現させることで卒業後の追跡調査がより容易になると考えている。

C：課題研究の成果を日本語で論文等にまとめるとともに、外国語（特に英語）でも論文等にまとめさせるためのプログラムを開発する

現状では、文章での発表はシンポジウムへの参加時の事前審査用のアブストラクトくらいでしかない。発表する学会誌などを選ぶ期間を設けることと、その発表に向けて研究成果をまとめていくスケジュール管理を生徒たちに意識させることが必要だと痛感している。

日本語での論文発表に至っていないものの、究極は英語での論文発表なので、メンターの確保を促し、研究内容を大学教授レベルの研究者が共同で発表してもいいと決断してもらえるものにしていくプロセスを確立させたい。

また、英語での論文発表を見越して英文の参考文献探しを徹底させる必要があると考えている。論文検索も含め、英語でのサイエンスに関する内容が書かれていたり、話されていたりするサイトの活用もICTの視点から促す予定である。今年度でも化学コースにおいては英語での解説があるサイエンスに関するサイトの活用を実践したが、そのサイトを継続して見てサイエンス英語の能力を向上させた生徒はほとんどいなかった。来年度はサイトの見聞やDVDなどを効果的に活用するシステムの試運転を実施する予定である。

さらに、特別のプログラムでの勉強だけでなく、実験結果や研修の内容を英語で記録するようにするなど日頃からサイエンス英語になれるシステムを試運転させる予定である。

D：課題研究の成果を日本語はもとより外国語（特に英語）を使って分かりやすく表現し、プレゼンテーションさせるためのプログラムを開発する

英語でのプレゼンの機会は第Ⅱ期のときよりも増えてきている。アジア圏のサイエンスに優秀な生徒たちを日本に呼んでの講演会の会場に戸山高校を提供するなど、英語での交流の国内における機会を増やしてきたので、その場面を利用してサイエンス英語のレベルアップを図れるような積極性を生徒たちに持ってもらうように事前指導していくのが課題である。

英語での口頭発表が段々と場数を踏んで来て積極的にできるようになってきたが、質疑応答など議論ができないでいるのが課題であり、英語での発表の場を本校主体で開催したいと考えている。

発表の場は増えてきただけでなく、増やしてきた。しかし、まだ日本語での発表の割合が多い。本校生徒たちは日本語での発表では自信を持って行うことができ、また質疑応答をしっかりとできるのが現状である。しかし、英語での発表の場では質問を理解することもできず、もちろん回答することもできないでいる生徒がほとんどである。質疑応答ができる生徒もそのほとんどが、もともと英語ができる生徒たちである。高校に入学してから本校での体験を積んでいくことで英語での質疑応答ができるようになるプログラムを開発する必要に迫られている。

そのプログラムの成果としてアメリカ研修で自身の研究発表で現地の高校生たちと議論ができるようになっていることが考えられる。

次に、評価に関する課題であるが、SPSSの分析手法を用いて有意差があるか否かでアンケートの項目を絞ったところ、有意差が認められたものが少なかった。

ポートフォリオに関しては各コースで作成したものができたがSSH全体で作成したものは完成しなかった。今年度末には完成させて来年度には開始時から活用する予定である。

ループリックの活用は試運転できたので、来年度は年度当初から全校生徒を対象に使用し、SSHの活動がどのように生徒を変容させたか、ループリックで追跡できるようにする予定である。