

①平成28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

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。

② 研究開発の概要

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。

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。

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

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。

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。

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

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、JST 理事長賞やJSECでの特別賞などを受賞する成果を上げてきた。

また、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。

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

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。昨年度から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の場を増やした。このようなことから「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な視野で研究発表するノウハウを獲得できる。

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28年度実施規模

1 学年SSI (2クラス)、2 学年SSII (2クラス)を設置した。

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) を実施した。

3 学年SSIII (選択科目) を設置した。

④ 研究開発内容

○研究計画

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。

○教育課程上の特例等特記すべき事項

平成28年度では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及びIIを受講する生徒たちに対して国内外の研究者との対話をしながらの研究を定着させることができた。

○平成28年度の教育課程の内容

各学年2クラスにおいて、第1学年では「情報の科学」2単位をスーパーサイエンスIに、第2学年では「芸術I」2単位をスーパーサイエンスIIに代替した。

○具体的な研究事項・活動内容

本校が主催する5つの発表会の実施を校外の発表会と関連付けて計画したところ、生徒たちは計画的にまとめる能力が育ってきた。その発表会では小中学生も参加し、また英語での研究発表も実現したので、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るようになった。さらに、サイエンスメンターを学会や大学や企業の協力のもと個別に獲得する機会をたくさん設けたことで、課題発見から探究活動そして成果発表の全てのプロセスで研究者から助言をもらえるようになった。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ようになった。

⑤ 研究開発の成果と課題

○実施による成果とその評価

第1学年の1学期で課題設定ができ、夏休み頃にはサイエンスメンターを獲得した上で研究に入り、複数のコンテスト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コンテストにおける成果も継続して出せるようになった。

○実施上の課題と今後の取組

海外の研究者をサイエンスメンターにするシステムはできたので来年度はそのシステムを活用した研究グループの数を増やしていく予定である。また、生徒たちの中で英語で発表するという雰囲気が出来上がったので、次年度は英語表現のレベルを上げることに力を注ぐ予定である。

学 校 名	指定第Ⅲ期目	26～30
-------	--------	-------

②平成28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。各コースの活動が3年目に入り、成果が出始めた。

生物コースでは数年前から先行研究を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。1年生の段階で東京都代表になる研究班も出てきた。また、1年目の課題発見に力点を置いた授業の担当者と2年目で実験観察に力点を置いた授業の担当者を固定化して、それぞれの専門性が高い指導者が担当するシステムを取っている。

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全員が課題研究に入るようになった。他分野と関連づけた研究を行う生徒も出て来て、国内のサイエンスメンター及び研究助成金の獲得においても審査を通過する生徒が増えて来た。さらに、e-ポートフォリオの活用率が他のコースに比べかなり高い。

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。このコースでも国内外のサイエンスメンターを獲得しようとする強い意志がある研究グループが多く、積極的に学会などに出ていく雰囲気が形成されている。

地学では天体観測の回数を増やすなどして、観測に重点を置いて、数多くのデータを集めさせたりして課題を発見させた上での研究活動を促して来た。また、防災科学技術研究所との連携なども行って研究の幅を広げて来た。さらに、全国規模の発表会での発表を生徒自身が望むようになり、研究成果の発信にも熱心になって来た。本年度の発表会でも地学系のポスターを増やすことができた。

数学では外部の団体が主催する課題に取り組ませたり、生徒がスモールティーチャーになって解説する時間を徹底的に増やしたりして来た。数学的センスの養成に力を注いできている。研究発表においても他校の生徒たちとの活発な意見交換が行われるようになって来た。

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2月に実施した生徒研究成果合同発表会で1年生でありながらも、高い評価を得る研究結果を出した。

また、課題発見のためのアイデアソンなどの手法を校外でのイベントで修得し、自主的に校内研修を設けて普及させる生徒も出て来た。

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、全員の生徒が考察するに十分な結果を得るようになった。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、さらに進化させることで、外部の発表会で入賞する1年生も出て来た。

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

えてきた。その影響で化学部の活動を活発化させることもできた。1年生が化学クラブ発表会で発表することが恒例になった。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、もう表とする外部の発表会で入賞を継続して入賞するようになった。

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傾向が定着しつつある。

物理と化学に至っては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った。

さらに、メンターを確保においては、物理と化学を中心にして10件ほど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てくれている。

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

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は多く、発表件数も増えてきた。その延長線上に論文投稿が位置づけられるとした結果、論文投稿に向けての計画的な研究を行う生徒が出てきた。

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・2年生で半数を占めるほどになり、審査を受けるための論文作成に関しては挑戦する姿勢が定着してきたと言える。自力でメンターを確保する生徒数も倍増した。

その結果、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、Atsugi Science Fair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維持した。その結果として、発表することへの積極性が出てきた。特に英語で発表することに対する意欲が増して、発表者の校内選考の開催頻度が上がった。

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今年度も2回つかった。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て、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。コースによってはどの発表会でも英語で発表するという雰囲気が根付いた。TSSでは英語での発表会場をつくり、ポスター及び口頭ともに本校生徒の発表があった。

英語で発表した生徒の様子をみると、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かの検討を継続して行った。その結果、イベント毎でも年間を通じても、SSHクラスの生徒の意欲などは非SSHクラスの生徒より有意差ありで高く出ている。また、e-ポートフォリオや日々の活動報告を記すことも生徒の活動として定着した。さらにループリックをつくった変容調査の結果やアメリカ研修の成果を活用して、よりよい環境づくりを生徒自らに実現させるように仕向けている。

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ほぼ100%になり、課題を発見してから途中でテーマを変える生徒も減ってきた。それだけ、課題発見能力が備わらせるシステムは動き始めたと言える。国内のメンターは全コースで獲得できたので、海外のメンターを増やすことが課題になる。

そこで、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るだけでなく、4月当初から海外のメンターの獲得方法について先輩たちの実績を新入生に紹介する機会を設けることにする。

また、課題発見の手がかりを校内の先輩たちによる先行研究だけでなく、英文で書かれた論文に求めるような雰囲気はまだ不十分であるのが課題である。このことに関してはインターネット上のサイトを参考文献にする生徒もかなりいるので、その点も考慮して、参考文献の探し方などの指導を年度初めにすることにする。

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するシステムづくりは学年での発表会などの形式で完成しつつある。昨年度から内容が複数のコースをまたがるようなものを研究している生徒たちの交流が増えて来た。そこで、この点も年度初めに説明したいと考えている。また、SSHの講座を受講しないクラスの生徒たちに研究の機会を与えるためにSSHクラスの生徒と連携する仕組みを完成させる予定である。

課題発見の過程は孤独でつらいものであるので、モチベーションの維持が重要である。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い。今年度は海外の研究者とのやり取りのモデルづくりに重点をおいた。国内の研究者からの指導を受けるシステムは完成し、指導を受けている研究グループは複数にのぼっている。また、海外の研究者から指導を受けるという点から来年度に本格始動するシステム（オーストラリア、フィリピン、カナダとの生徒間の研究に関するやりとりなど）の定着をはかる予定である。

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設定時に行う方が良いと考えているが、その点に関しては、アメリカ研修における研究者に会食時に発表を聴いてもらうなどで仮説についての議論ができた。このときに習得した話術を使うように来年度の2年生が1年生に指導できる体制を構築する。

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学期には研究発表会で受賞するという成果を出せるという生徒たちが継続して出てくるようになった。

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、不十分であることには変わりなかった。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ための講座を設けたが、さらにこれらの発想が定着し、生徒自身の研究計画に活用できるように実践を促す。

また、研究は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ったが、3年間継続して研究する意欲のある生徒が定着した。人数を増やすことも大事だが、その継続研究の質も向上させていく予定である。

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1学年の入学当初から組んで、2年生からの年度初めに新入生に修得したPBLを運用する能力の伝授は昨年度よりもう

まくいった。その結果として向上性のあるスパイラルが実現しつつある。PBLシンポジウムにも1年生と2年生がともに参加した。その成果として自身の研究や研究成果を発表する機会である文化祭までの準備においてプロジェクトマネジメントを活用する1年生が出てきた。このことでPBLの活用は来年度にはさらに活発化すると予想される。

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立案してきたが、AO入試などに活用されているSSⅢの研究発表の数は横ばいであるのは昨年度と変わらなかった。この点は大学の入制度の変革とも呼応すると思われるので、慎重に対応していきたいと考えている。大学卒業後の状況を知る術としてその学年の生徒との交流会を学校で開催した結果、調査の集約が簡単な学年も出てきた。だが、継続した情報収集の決定的な方法の確立にはまだ至っていない。

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ことには変化がない。

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少し確立したのは今年度で、来年度はさらにシステムの完成度を上げる予定である。

また、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を促したが、まだ、全部の研究で活用しているとは言えないので、活用範囲の拡大を来年度の課題としたい。

さらに、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の試運転には行きつかなかったので、来年度はeポートフォリオなどを活用して英語で記録する習慣を身につけさせるシステムをeポートフォリオ上で活性化させたい。

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昨年度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機会も倍増した。このように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もった生徒も増えてきた。しかし、まだ交流が不都合なくできているとは言にくい、英語で交流することに関しての実践演習をもっと積ませたいと考えている。

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現状に変化はなかった。引き続き、質疑応答がスムーズにできるようにするシステムの開発に力を入れていく。

そのシステムを使っ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より深い議論ができるようになったり、テレビ電話会議での交流が活発になったりすると考えている。

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、有意差が出るようにシステムの改善を行っていきたい。

ポートフォリオに関しては各コースで作成したものだけでなくSSH全体で作成したものは完成したが、SSHクラス以外の生徒にもこのシステムが使えるようにしてあるので、校内での普及を目指したい。

ループリックの活用は3年目に入り、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なった。同じループリックを使って生徒の変容を一緒に分析させてくれる連携校が出てきた。この比較で本校SSH事業の特徴を確認したい。