

①平成29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員の指導を受けさせ、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た。交流先も増えてきた。

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

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やデザイン思考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た。また、キャリア教育の一環としての理系企業の実験室や研究者や技術者との交流も定期的に開催してきた。その結果、生徒たちは共同研究のノウハウを吸収した。

その経緯を踏まえ、本校のSSH事業を、直接の交流やテレビ会議システムなどを活用し、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てきた。その結果、課題を国際的な視野で眺められるようになった。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し、国際的なバランス感覚を育成できるようになった。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検討を行い、実践を国際シンポジウムで発表するに至った。国際的な視野に立つ際に社会科の教員による指導を加えた。

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。受賞も毎年1件以上は出るようになった。

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

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。今年度からは海外の学校との共同研究をより進化させるためのテレビ会議システムの導入を図った。生徒たちには多様な価値観との出会いや相互理解の場が増えた。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ようになった。

小・中学生を含めた児童・生徒の研究発表会を本校が主催してきた。ここには、共同研究を行った海外の連携校の生徒の招待やテレビ会議システムでの交流を設定した。また、国内の参加校には、

事前の本校来校時に、本校の分野融合型や課題発見のための授業を体験してもらい、それらの普及をはかった。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、才能の伸長をはかった。

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しただけでなく。キャリアの積み方を理解した。

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29年度でも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たので、義務教育段階へのSSHの成果を波及させることができた。またテレビ会議システムを使っ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、日本中の高校生が世界と交流できた。サイエンスメンターを学会や大学などの協力のもと見つける機会を設け、課題発見から探究活動そして成果発表まで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。そのメンターのいる国を増やすことができた。女性の大学院生や研究者の発表を見せることで研究の道を選ぶ女子生徒たちに指標を示せた。

⑤ 研究開発の成果と課題

○実施による成果とその評価

交流する海外の研究者や高校生たちの国数も人数も増え、国際的な視野で研究していく生徒たちが増えてきた。その内を家庭科などが支え、また国際的に交流するにあたり、英語科だけでなく社会科などの教員もより積極的にかかわるようになり、全校体制がさらに深まった。

○実施上の課題と今後の取組

実施を計画しているバーチャルシンポジウムを実現することで、交流できる研究者の国数と人数を増やし、その恩恵を日本中の高校生たちが受けられるようにする予定である。また、本校が他国の高校生に対して発信できる場を先方の国で設けるという仕組みもつくる予定である。

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

②平成29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	<p>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。</p> <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>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4年目に入り、生徒たちの活動に深化が見られるようになった。</p> <p>生物コースでは数年前から先行研究を迫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ったり、様々な場面で評価されたりする班が増えた。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たシステムも4年目を迎え、安定感ができてきた。</p> <p>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で行ってきた。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でも審査を通過する生徒が毎年継続して出て来た。</p> <p>物理コースでは、毎回の授業での教員との対話から課題発見のための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きた。その結果、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形成されている。学会への発表も毎年できている。</p> <p>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きた。また、防災科学技術研究所との連携は複数年にまたがり、安定感が出て来て、東大での他校を交えての発表会に参加した。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きた。本年度の発表会でも地学のポスターは多かった。この点は他県や他国の先生方から評価された。</p> <p>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さらに増やしたりしてきた。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きた。企業の研究者を招いての講演会も開催した。</p> <p>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。2月の発表会ではテレビ会議システムを使って日本中と世界をつなぐこともできた。</p> <p>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雰囲気が定着してきた。</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>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い、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データを取ることができる環境をつくりあげることができた。各コースにおいては次のような成果が出て来つつある。</p> <p>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、外部の発表会での入賞者数は増えた。</p>
-----------	---

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、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、先輩たちの受賞的に刺激を受け、発表まで計画的に実験を進める生徒が増えてきた。

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た。

地学コースでは校外での発表会や研修への参加者が増え、研究者からのコメントを踏まえて研究を進める姿勢が定着した。

さらに、メンターは毎年最低でも10件ほどついてくれるようになった。

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年生で大部分を占めるようになり、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ように努力した生徒数も増えた。

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やオーストラリア研修でも訪問先の高校などでの発表の機会を複数つくった。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、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り、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継続している。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。

今年度はテレビ会議システムを活用したので、オンラインで海外の高校生たちと英語で発表しあえるようになった。その際に自分の言葉で説明しようとしていた。

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る傾向は続いた。また、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。今後はテレビ会議システムの国際共同研究の実現に与える効果を分析してよりよく活用できるようにしたいと考えている。

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はほぼいない。課題発見能力を備わらせるシステムはうまく機能している。国内のメンターは全部のコースで獲得できる環境は整った。さらに海外のメンターにおいても協力者は確実に増えている。今後はメンターも人数をさらに増やすとともに質の段階的なメンターの活用（大学生から始まり大学院生との対話を経て教授レベルの相手と議論するといったもの）も考えている。

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は継続して設けているが、海外のメンター獲得方法についても先輩から紹介する機会を設ける。

英文で書かれた論文に探す雰囲気はかなりできてきたが、参考文献の内容を自身の研究と関連づける力が弱い生徒が多い点が今後の課題であると思われる。

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たが、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ことも踏まえ、SSHの講座を受講しないクラスの生徒たちとの共同研究の場の創造を来年度は実施する予定である。学年の全生徒が参加するSSH的な講座の開講という形で実現させる予定である。

課題発見の過程は孤独でつらいものであるため、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さらに完成度の高いものにしたい。海外の研究者とのやり取りのモデルはできたので来年度は普及に重点をおきたい。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、テレビ会議システムも導入できたので、海外の研究者から指導を受けるシステム（オーストラリア、フィリピン、フランス・アメリカとの生徒間の研究に関するやりとりなど）の実際の運用を開始する予定である。

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と探究活動の初期に行う方が良いと考えているが、その点に関しては、アメリカ研修だけでなくオーストラリア研修における海外の研究者との交流で確証が得られた。このときに習得した議論の手法を研修に参加した生徒たちをスモールティーチャーにして全校に普及させたい。

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いる。

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今年も変わりはない。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ため、デザイン思考を講座で習得させ、生徒たちの研究活動に普及させてみた。その結果、やみくもに実験するのではなく、ニーズ（研究の目的にあっているか否か）を見据えた実験が増えた。1つ1つの実験はよくなったが、全体的に計画を実行する面ではまだ無駄などが目立っている。そこで、プロジェクトマネジメントとポートフォリオをうまく融合させたシステムを動かしたいと考えている。

3年間継続して研究する意欲のある生徒が定着した。継続研究の質は向上してきたので、人数を増やすことを目標として生徒たちに働きかけたいと考えている。

年間を通じての研究計画を立てたり、共同で研究するためのチームプレイづくりだったり、い

くつかの研修を1学年の入学当初から組んで、2年生にはその成果が出るようにしてきた。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。そこで、さらに研究スパイラル自体の質の向上をはかることにする。

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今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。大学入試におけるポートフォリオの活用などが注目され、新テストなど思考力が問われるようになる将来において、高校時代の探究活動とその成果を蓄積することは有益であると生徒たちが思えるように改善していく予定である。

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させるためのプログラムを開発する

今年も、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かった。

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さらに発展させて、来年度は論文を外部に出す実践例のため始めたい。

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、活用範囲の拡大だけでなく、ネイティブの英語教員と一緒にサイトを活用する場面をつくりたいと考えている。

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今年度もいづかなかったので、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の完成を急ぐ予定である。

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が定期的にある。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。それもSSH講座を受けていない生徒たちの中にも出て来た。

しかし、まだ交流が不都合なくできているとはいえない、英語で交流することに関しての実践演習を来年度も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いまだできない。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とオーストラリア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、テレビ電話システム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に着目して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、全校での活用の際には進路部と共同で研究していく予定である。

ループリックの活用は4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た他校との比較で本校SSH事業を評価する段階に上げたい。