

## 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

## 1 各プログラムの成果

## ア 「科学的な知の体系」を習得する教育内容・方法の開発

## (ア) 科学への興味・関心を高め、高大接続の意識を養うプログラムの開発

今年度は各プログラムの実施にあたって、事前に3つの評価規準を対象生徒に理解させ、目的意識をもって講義や実習に臨ませた。また、運営指導委員の指導のもとで、事後調査の設問項目を一部改訂し、3つの評価規準に対応するものとした。事後調査からは、第1学年で7~8割の生徒、第2学年SSコースで8~9割の生徒から肯定的回答が得られた。記述項目からは「今学んでいることが将来的にどのように役立つのかが分かった」、「科目選択や文理選択に影響を与えた」、「進路について再考するきっかけとなった」など、多くの生徒が科学への興味・関心を高め、講義内容が日常の学習活動や課題研究の取り組みと関連付けられるとともに、文理選択やSSコースへの進路選択へ影響を与えていることが明らかになり、評価規準におおむね到達できている結果が得られた。

また、個別のプログラムでは次のような成果が得られた。

「フロンティアサイエンス(FS)講義」では、これまで第2学年SSコースの「サイエンスプロジェクト(SP)ツアー」での「放射光」の難度が高く、十分な理解に至っていないという課題から、「SPツアー」の事前・事後学習も兼ねて「放射光」をテーマとした講義を実施した。その結果「放射光とは何か、研究にどのように役立てられているのか」などの理解を深め、「SPツアー」の研修が一層効果的に実施されたことが分かった。

「研究室訪問学習」では、事後調査より、95%もの生徒が「より深く学びたい」と回答しており、生徒の学問や学習への関心・意欲は大いに高まった。

「先端研究実習」では、事後調査より、ほとんどの生徒が肯定的回答をし、内容の充実度・満足度がともに高かった。記述項目からは、多くの生徒が研究者との直接対話を通じて、研究者として日常的に備えておくべき視点や研究に取り組む姿勢・態度など、研究者の職業観や今後の進路の見通しについて考える貴重な機会となっていること、課題研究に対する考え方・取り組み方を再考する重要な機会となり、大きく影響を与えたことが明らかになった。

「SP ツアー」では、昨年度と同様に、2日目に、大学の教員による課題研究の指導・助言を取り入れた。また、上述のように「FS 講義」において「放射光」を取り上げ、SPring-8の事前・事後学習の充実を図った。さらに、昨年度よりも神戸大学での研修時間を増やし、大学教員および大学生と研究や進路について直接対話できる機会を充実させた。その結果、事後調査のすべての設問について、ほぼ全員が肯定的回答をした。また、記述項目からは、科学に対する興味・関心の向上だけでなく、日常の学習活動・課題研究・進路などに影響を与えたことが明らかになった。

## (イ) 科学の基礎的・基本的内容の理解の充実を図る教育内容・方法の開発

数学科・理科ともに、課題解決を通して基礎的・基本的な内容の理解を図るために、協同学習を取り入れた授業実践を行った結果、数学科では、生徒のワークシートの評価により、約9割の生徒について基礎的・基本的な理解の定着がみられた。また、事後調査により、複数の情報についてそれぞれ必要かどうかを判断し、考察を進めていく活動を通じて、約8割の生徒が自らの思考を深めることができたことと認識していることが分かった。理科の実践では、実験結果をもとに「イオンの様子をモデル化し、可視化する」という基本的な科学の方法に則って思考する活動に取り組んだ結果、5割のグループがモデル化に成功した。また、基礎・基本の定着のためには、「基礎」を付した科目では学習しない高次の概念の理解が不可欠であり、それをどのように取り入れるべきかという課題が明らかになった。

## (ウ) 科学的な思考、判断、表現、及び問題発見、問題解決、統合的意志決定能力を育てる教育内容・方法の開発

「科学知の探究II」では、各教科が5ヶ年計画の第3年次に沿って実施した。今年度は3つの評価規準に対応した具体的な評価観点各教科において明示され、それに沿って評価を実施した。その結果、たとえば、数学科では「レポートの評価から約9割の生徒が数学的な根拠をもとに考察できたとともに、その中で具体的な場面を自ら設定してより進んだ議論を展開している生徒の割合が1学期から2学期に増加した。」のように9割というエビデンスに基づく評価を行うなど、これまでの課題であった評価の充実にも努めた。

「現象数理解析」では、3年間の蓄積により学習内容および評価方法も一通り開発することができた。

「課題研究」では、第2、3学年のSSコース生徒が2名以上のグループで研究に取り組み、各種コンテストへの応募、学会発表など、積極的に成果の公表に努めた。第2学年での「課題研究」は教育課程に位置づけ、週1時間

で実施した。表1として第3学年の全国レベルでの受賞記録を示した。これまでと同様に全国レベルでの成果を収めることができた。第3学年の事後調査からは、第2学年次よりも「科学的な思考力」、「科学的な判断力」について肯定的回答が高まった。昨年度の課題であった「統合的意志決定」については改善が見られるなど、2年間を通じた取り組みによる一定の成果であると捉えている。また、運営指導委員からは、第2学年については、「興味・関心・態度については大きく向上した」や「積極性・論理的な思考・忍耐力については、十分育成できている。発想力・創造性も昨年までより向上した」、「課題研究を通じて、自主的に研究を構想し研究の位置づけを理解し、他者に説明する態度が身に付いてきた。」などの評価が得られている。

表1 課題研究の成果

コンテスト名	研究題目(分野)	受賞した賞
第58回日本学生科学賞	ヴァイオリンの弓になぜ松脂を塗るのか(物理)	入選2等
	金平糖の形の数理モデリング(数学)	入選3等
第12回高校生科学技術チャレンジ(JSEC2014)	筒を覗くと見える不思議な模様(物理)	優等賞
平成26年度スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会	金平糖の形の数理モデリング(数学)	審査委員長賞
塩野直道記念 第2回算数・数学の自由研究作品コンクール	最適なクモの巣の形とは?～獲物の捕獲率に関する数学的な考察～(数学)	Rimse奨励賞

## イ 国際的視野を育むプログラムの開発

### (エ) 異文化に対する理解を深め、他と共生する能力を育むプログラムの開発

研修に対する生徒の満足度は高く、研修による物事に対する積極性や寛容な姿勢の伸長が伺えた。実施後の英文レポートからは、家庭によって環境対策への姿勢に差はあるものの、具体的な方法や考え方において日本との違いに気づいた生徒が多く見受けられ、互いの社会が抱える課題についてグローバルな視点で捉え直していた。

### (オ) 国際舞台で活躍できる科学者に必要なコミュニケーション能力の育成をめざした学習内容・方法・プログラムの開発

学校設定科目「科学英語表現」は、これまでと同様に、ALTとのチーム・ティーチングによる授業、外部講師による特別講義2回、英語宿舎、サイエンスダイアログの活用を実施した。さらに、昨年度の課題を受け、新たに実施した取り組みとして①プレゼンテーション指導技術の内容の厳選による発表回数の確保および英語版課題研究ポスターの作成、②英語宿舎における留学生の積極的参加の2つがある。3年目を迎え、カリキュラムとして形作られた結果、ESD海外研修連携校の天安中央高等学校の教員からのコミュニケーション能力とプレゼンテーション能力が年々向上している点に対する評価、「SSHの日」での英語によるアピールタイム、英語のポスター作成、重点枠で訪日中のタイ生徒との英語での質疑応答をご覧になった運営指導委員からの高い評価など、優れた成果が得られた。

## ウ 高度な倫理観を涵養し、「持続可能な社会」を先導するためのカリキュラム開発

### (カ) 高度な倫理観を涵養する学習内容・方法の開発

「科学と倫理」の2回の特別講義は「STAP細胞」問題と関連付けた。第2回は、初めての試みとして、科学者と科学技術史研究者との協同での講演を設定し、「STAP細胞」問題に対し、立場の異なる研究者がどのように捉えているのかを学ぶ機会とした。社会的に大きな関心が持たれている具体的問題をテーマにしたこともあり、講演後に質疑が止むことがなく、生徒の関心を高めることができた。事後調査では、ほぼ9割の生徒が肯定的回答をした。

「倫理の探究」では、各教科が5ヶ年計画の第3年次に沿って実施した。昨年度同様、理科と公民科では「科学と倫理」の事前学習がなされ、「科学と倫理」との連関を図った。統合的意志決定能力開発に向けての方法論探究の方向性を示す国語科のディベート授業や公民科の「STAP細胞」問題考察に際しての古典的概念の導入など、各教科の特性を活かした倫理性の向上を目指した授業実践が蓄積されてきた。

### (キ) 持続可能な社会を先導する人材を育成するESD内容・方法の開発

「ESD研究」では、3年目を迎え、共通テーマのもとに教科間で連携を深めた統合型へと開発・実践・分析をすすめた。その成果として本校が目指す「統合的意志決定能力」を育成する教育課程と評価方法について、一定の提案を示すことができた。具体的には、統合的意志決定能力を育成するため、生徒が多様な知識と経験を獲得できるよう授業と実習を設定し、根拠やその裏付けについて考える場としてディベートや総合問題を設定した。評価方法は総合問題の解答をツールミン図式によって意志決定過程として構造化し、総合性や統合性を評価した。今回の実践を通して、統合性において最高水準にある解答には「科学的な知の体系」の学習内容の活用が見られた。

「ESD汎論」では、各教科が5ヶ年計画の第3年次に沿って各教科の特性を活かした実践に取り組み、昨年度の課題であった「ESD研究」との連携を意識して、授業内容・方法とを関連づけた授業開発が行われた。

「ESD海外研修」では、昨年度の成果を継承し、韓国海外・訪日研修両方において、共通テーマ「太陽エネルギー」で取り組んだ結果、事前・事後調査を比べると、実施後では回答に科学の視点に立ったエネルギーミックスの考えが多く見られ、ESDの視点で自ら思考し判断することの意義と重要性を認識させることができた。また、上述のイの(オ)で示したように、プログラム同士の連携が強化され、相乗効果が得られた。さらに、タブレットPCを効果的に使用したため、横並びのPCルームでの資料作成とは異なり、顔をつきあわせての議論・資料作成となり、議論が活性化されるとともに、資料作りの時間確保につながった。

## 2 地域との連携、普及活動

「広島県立西条農業高等学校への訪問・交流事業」や「科学クラブアシスタンス（国際交流プログラム，広島県立広島国泰寺高等学校主催）」等への参加による地域連携や本校主催の「SSHの日」での成果報告会などによる普及活動に努めた。他校との交流は、SSH事業で得られた成果の普及だけに止まらず、生徒にとっては他校の課題研究について知る機会をはじめ、研究の意義や研究者としての在り方を考え、将来の自分の姿を描く機会にもなり、大変有益であった。

## 3 生徒への効果

研究のねらいが達成されたかどうかについて情意面での生徒の変容を検証するために、質問紙法によるアンケート調査を実施している。質問項目は大別して「①科学に対する自己効力感」，「②科学の学習方法」，「③科学を学習する価値」，「④科学に関わる職業への関心」から構成されている。また、OECD生徒の学習到達度調査(PISA)での質問紙による調査も実施している。

### (1) 第1学年について

4月と12月を比較すると、多くの質問項目で12月の肯定的回答の割合（以下、平均値とする）の方が低くなっている。しかし、昨年度の第1学年と比較するとほぼすべての項目の平均値で高い値となっており、4月の平均値がかなり高かったことが伺えた。第2学年ではSSコースと一般コースに分かれるため、今後の変容に注意したい。

### (2) 第2，3学年について

SSコースと一般コースとを各学年で比較すると、第2，3学年ともにSSコースの方がすべての項目で平均値が高かった。また、第3学年SSコースでは、昨年度（第2学年次）の結果と比較して、①科学に対する自己効力感の回復、③科学を学習する価値での高い平均値は例年通りの結果であり、SSH事業の成果が伺える結果が得られた。第2学年SSコースでは、過去の調査結果において常に生じていた第1学年次と比較して第2学年次では平均値が低下するという現象が余り見られず、逆に上昇している項目が多くなった。SPツアーとFS講義の連携による放射光の理解向上などの各プログラムの連携による相乗効果など、3年目を迎え、SSH事業の研究のねらいに沿ったプログラムが推進されている結果として捉えたい。

### (3) PISAの質問紙の結果から

PISAの質問紙は社会における科学の有用性などを問うものであり、多くの項目で高い肯定的回答が得られた。SSH事業に特化したプログラムに参加するSSコースが高い平均値を示すことは当然の結果と言えるが、一般コースでも高い平均値が得られたことは全クラスを対象に各教科で実施している「ESD汎論」などにおいて様々な形で、科学との関わりについて学び、科学の有用性や身近さを理解した結果であると捉えている。特に、第3学年一般コースは多くの項目で平均値の上昇が見られ、第2学年次に全員を対象に実施した「ESD研究」の成果と捉えたい。一方で、第1学年の入学当初の4月の平均値は、昨年度の第1学年と比較すると低く、12月の平均値もほぼ横ばい状態であり、課題が残った。

こうした情意面の調査からもおおむね研究のねらいが達成されたと捉えることのできる結果が得られている。

## 3 保護者への効果

SSコースの保護者対象の意識調査からは、昨年度と比較して設問「大学進学後の志望分野探しに役立つ」、「将来の志望職種探しに役立つ」で『意識していた』と『効果があった』の低下が見られたが、『効果があった』については2年前と比較するとほぼ変わらない数値であった。他の設問項目は昨年度と比較して大きな変動はなく、おおむね良好な結果が得られたと捉えている。特に、国際性については、科学技術人材育成重点事業の影響もあると思われ、これまでと比較して非常に高い数値が得られた。

#### 4 教員への効果

教職員対象の意識調査からは、昨年度と比較して「地域の人々に学校の教育方針や取組を理解してもらう上で良い影響を与える」以外の設問で「まったくその通り」が増加した。また、昨年度の肯定的回答が低く、課題であった「教員間の協力関係の構築や新しい取組の実施など学校運営の改善・強化に役立つ」は肯定的回答がやや回復したが、十分とは言えない結果であった。

#### 5 学校体制への効果

第3期の指定より、プログラムごとに責任教員(チーフ)を決め、さらに運営指導委員および研究協力委員にも担当するプログラムを割り当て、プログラムの推進と評価に携わる体制を整え、これまで以上に主体的に教員と運営指導委員が協力してSSH事業に取り組むことができています。また、全教科で取り組む「科学知の探究Ⅱ」や「科学と倫理」、「ESD汎論」および教科横断型の「ESD研究」など、単に体制だけでなく、全教員が直接関わるプログラムを開発し、体制としておおむね確立されてきた。

#### ② 研究開発の課題

今年度のSSH中間評価において、次の3点について指摘を受けた。

- ①ESDの研究が中心となっており、SSH事業の特色が明確になっていない。ESDとSSHの関係をわかりやすく整理する必要がある。
- ②態度形成の評価が中心であり、態度が身に付くまでの資質・能力の評価がない。また、自己評価が基本になっており評価が不十分である。更に、3つの柱で研究が進められているが、「科学的な知の体系」、「国際的視野」について、具体的な評価項目がないことについては改善の必要がある。
- ③教員向けの調査がないが、例えば、教員自身が自分の教科の観点からどのような意識変化があったかを調査することも考えられる。

また、中間評価ヒアリング時においては、上記の①～③以外にも貴重な指摘を受けた。改善策については、後述の第5章に記しており、改善に努める。以下では各プログラムの課題について整理する。

#### ア 「科学的な知の体系」を習得する教育内容・方法の開発

「フロンティアサイエンス講義」では、SPツアーの事前・事後学習と関連付けたため、3つの領域が同じテーマを扱うことになり、バリエーションが低下した。中でも放射光を取り上げた化学領域では難度が高く、生徒の理解は高くなかった。SPツアーへの効果、同じテーマによる理解の向上はあるものの内容を精選する必要がある。

「研究室訪問学習」は、進路意識の向上には効果的であるが、進路選択にまで繋がっていないことが課題である。

「先端研究実習」は、事前・事後学習および課題研究との関連付けの強化が必要である。

「課題研究」は、研究の質を高め、一層の推進を図るために、指導体制・研究時間の確保などについての検討が必要である。

「科学知の探究Ⅰ・Ⅱ」については、SSH事業における位置づけを明確にするとともに、評価項目、評価規準の策定に努める。

「現象数理解析」は、数学的な議論がさらに深まるような展開事例の研究およびグループ発表に対する評価の在り方について検討する必要がある。

#### イ 国際的視野を育むプログラムの開発

「海外語学研修」では、事前・事後学習の充実を一層はかる必要がある。

学校設定科目「科学英語表現」では、さらに多文化共生のために越えなければならない要素を明確にすること、英語で要点を論理的に整理し書くこと、発表の精度を高めることが課題である。

#### ウ 高度な倫理観を涵養し、「持続可能な社会」を先導するためのカリキュラム開発

「科学と倫理」および「倫理の探究」では、外部講師による「科学と倫理」と本校教員による「倫理の探究」が一層有機的に結合すること、および統合的意志決定能力が確立・定着するために生徒が取り組める課題を考案することが課題である。

「ESD研究」は、授業、実習、およびESD海外研修においてアクティブ・ラーニングを充実させ、生徒が領域の枠を超えて学習内容や経験を活用できる環境を整えることが課題である。

「ESD汎論」は、「ESD研究」との連携を意識した内容開発に努める。

「ESD海外研修」は、相手校である天安中央高等学校との一層綿密な打ち合わせと連携、適切なESD素材の選定、高い成果が得られる効果的なプログラムとその評価方法の構築が課題である。