

平成25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 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およびOECD生徒の学習到達度調査（PISA）での質問紙を用いている。質問紙法によるアンケート調査は過去6年間と同一で、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。このように、質問紙法によるアンケート調査や課題調査の開発、実施時期の検討に努めるとともに検定によるデータの信頼性を高める取り組みなどを行ってきた。なお、全学年12月に実施し、今年度は第1学年に関しては4月にも調査を実施した。

1) 第1学年について

4月と12月の調査結果と比較したところ、これまで4月当初に調査を行ったことがないため、過去と比較した上での考察が行えないが、「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」に関するほぼすべての質問項目で肯定的回答が増加した。しかし、「①科学に対する自己効力感」では肯定的回答が減少したものがあつた。これは4月当初よりも学習内容が難化したことが原因であると考えられる。しかし、その他の②～④の肯定的回答の増加から第1学年を中心に実施するフロンティアサイエンス講義、各教科が通常の授業において取り組む「科学知の探究Ⅱ」などが効果的に実施された結果であると捉えたい。

2) 第2, 3学年について

第2学年は昨年度の結果と、第3学年は過去2年間の結果と比較した。また、同一学年でのSSコースと一般コースの結果を比較した。第3学年SSコースは第2学年のときよりも半数以上の質問項目で肯定的回答が上昇し、高い数値が維持されている。もちろん、「①科学に対する自己効力感」のように、過去の調査結果と同様に学習内容の難化により低下した質問項目はあるものの、その他の②～④においては、多くの質問項目について、肯定的回答の割合が8割を超えているというレベルが維持されており、十分にSSH事業の効果が読み取れる結果が得られたと判断している。ただ、第2学年SSコースは過去の調査結果と同様に第1学年のときと比較すると多くの質問項目で肯定的回答の低下が見られる。加えて、第3学年SSコースが第1, 2学年であったときと比べると、ほとんどの質問項目で第2学年SSコースの方が肯定的回答の割合が低い。異なる集団とはいえ、来年度の結果が例年と同様に回復するかどうか注意する必要があると考えている。一方で、第3学年SSコースと比べて第1, 2学年での肯定的回答割合が第3学年SSコースよりもともに高かった質問項目もあり、それらは「18. 科学では、問題を解決するための方法を学習することが重要であると思っている」と「19. 科学では、探究活動に取り組むことが重要であると思っている」であり、これらはSSH事業で重視している項目である。

3) PISAの質問紙の結果から

PISAの調査は、上述の質問紙法の調査とは異なり、社会における科学の有用性などを問うものであり、SSコース、一般コースともに多くの設問で高い肯定的回答が得られた。特に、一般コースでも高い値が得られていることは全クラスを対象に各教科で実施している「科学知の探究Ⅱ」や「ESD汎論」などにおいて科学との関わりについて学び、科学の有用性や身近さなどを理解した結果であると考えられる。特に、第3学年一般コースは第2期と第3期の過渡期にあたる。そして、この第3期の特徴の一つとして第2期よりも全クラス・各教科で取り組むプログラムが増加していることが挙げられる。こうした視点で、第2学年一般コースが第1学年のとき（第3期第1年次）と、第3学年一般コースが第1学年のとき（第2期第5年次）の肯定的回答の割合を比較すると、第1学年から第3期に取り組んでいる第2学年の方が第1学年のときの肯定的回答の割合が高いものが多い。一方で、過渡期の第3学年一般コースは、第2学年のとき（第3期第1年次）の肯定的回答の割合が第1学年のときよりもすべての設問で上昇し、第3学年ではさらに上昇しているものもあつた。こうした結果は明らかに第3期の成果が出ていると捉えている。

2 保護者への効果

第2, 3学年SSコースの保護者を対象とした意識調査（独立行政法人科学技術振興機構（JST）が実施するスーパーサイエンスハイスクール（SSH）意識調査）の結果をもとに、昨年度と比較すると「大学進学後の志望分野

探しに役立つ（役立つ）」と「将来の志望職種探しに役立つ（役立つ）」に対する回答として『意識していた』と『効果があった』がともに高くなっており、保護者の本校SSH事業に対する理解の高まりを伺うことが出来た。また、それ以外の設問でも昨年度と比較して『意識していた』と『効果があった』の数値が下がっているものも見られたが、過去2年間と比較しても大きな数値の変動は見られなかった。こうした結果から、これまでと同様に保護者は本校SSH事業の取り組みに対し好意的に捉えていると判断した。

3 教員への効果

保護者と同様に教員対象のJSTが実施するSSH意識調査の結果からは、昨年度と比較して各設問での「やや異なる」と「全く異なる」の否定的回答が0になったものが増えた。しかし、「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「どちらでもない」が増加し、肯定的回答の「まったくその通り」と「ややその通り」が低下した。一方で、「将来の科学技術関係人材の育成に役立つ」は「まったくその通り」が大幅に増加した。また、これまでの3年間をひとくくりにして概観すると肯定的回答である「まったくその通り」と「ややその通り」を合計した値にそれほど大きな変動はなく、多くの設問で8割前後の高い値が得られた。連続して11年目を迎えるSSH事業であるが、肯定的回答の数値が高く、そのことが維持されている点は教員への効果が十分にあった状態が維持されていると判断している。ただ、「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」の低下は重く受け止め、今後の課題としたい。

4 学校体制への効果

第3期の指定を受けた昨年度より、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者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てきた。この体制により、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る。その結果、「データ不足の観がある」、「アンケート項目の再検討が必要」などの具体的かつ詳細な評価が得られ、こうした課題の一つずつ解消することを通して、生徒に対してより効果的なSSHプログラムへと改善していく体制が構築された。また、「科学知の探究Ⅱ」や「倫理の探究」、「ESD汎論」のように各教科で取り組むプログラムを第2期よりも増やし、多くの教員が関わる状況を設定した。特に「ESD研究」は教科横断型のプログラムであり、複数の教員が協力して教材開発を行うとともに、他の教員が実践している様子を観察する機会も設定したため、他教科との比較における自身の教科の在り方を改めて再認識する機会となり、明らかな教員の資質向上につながった。

5 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

「フロンティアサイエンス講義」を5つ（物理・化学・生物・地学・数学の5領域）、「先端研究実習」を5つ（物理・化学・生物・地学・数学の5領域）、「研究室訪問学習」および「サイエンスプロジェクトツアー」を実施した。

事後調査の「内容に興味を持ち、より深く学びたいか」に対して肯定的回答をした生徒がすべてのプログラムで8割を超えるなど、「科学に対する興味・関心が高まっている」ことが伺える結果が得られた。また、事後調査の自由記述では、日頃の授業内容が様々な場面で役立つことを再認識したり、課題研究でどのような知識・技能を生かすことができるかを考えたり、研究者や大学院生との対話を通して研究者に必要な資質や倫理観を理解し、進路選択について考えたりしていることが伺え、「日常の学習活動や課題研究での取り組みに生かされた活動となっている」および「将来を見通したキャリア意識が高まっている」ことが伺える結果が得られた。

「フロンティアサイエンス講義」では平成24年度と同様に女性研究者を1名招聘し、女子生徒へのキャリア意識向上にも努めた。

「先端研究実習」では地学領域を新たに開発した。

「サイエンスプロジェクトツアー」では、平成24年度の北淡震災記念公園への訪問をとりやめ、代わりに神戸大学の大学教員による課題研究指導、大学院生との交流、研究室見学を新たに取り入れ、平素のSSコースでの活動とより密接に関連付けられるように改善した。このツアーでは、SPring-8でのデータを京で解析、京での計算結果をシミュレーションデータとして利用した π -CAVEなど、ストーリー性をもたせたプログラムへと平成24、25年度をかけて改善した。

(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・理科で取り組む「科学知の探究Ⅰ」を実施した。数学では「数学Ⅰ」・「数学A」という第1学年を対象とする科目で、理科では物理・化学・生物・地学の各領域において「基礎」を付した科目で授業開発および実践を行った。平成24年度の基礎的・基本的内容の抽出に加えて、平成25年度は、数学では課題学習導入、理科では実験の考察の重点化、年間カリキュラムへの位置づけ、探究活動の充実など、学習方略も充実した展開となった結果、生徒の主体的な活動が促進され、内容の理解を一層深める取り組みとなった。

(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

各教科で取り組む「科学知の探究Ⅱ」では、5ヶ年計画の第2年次に沿って実施した。たとえば地理歴史・公民科では「データを踏まえて、物事を複眼で見る」、情報科では「適切な選択肢を準備するために、先行研究を調べ、予備調査などを行う」など、各教科の特性を活かして、科学的な思考、判断、表現の育成を図るための実践を行った。

「現象数理解析」では、内容の精選という昨年度の課題を受け、今年度は渋滞といった社会的問題を題材として取り上げ、数学的手法から導かれた事実を根拠として一般的な社会的判断を批判的に捉え、妥当性を問いつける場面に授業の中で設定した。その結果、統合的意志決定能力の重要な要素であると考えている社会の諸問題に対して数学的理論を用いて判断する姿勢を育成することにつながった。なお、「課題研究」については後述する。

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、英語学習、異文化体験に加えて、英国における環境対策について、ホストファミリー等が実践している具体的な対策の聞き取り調査を行った。

学校設定科目「科学英語表現」では、優れた成果を上げることができた。平成24年度は外部講師との連携や「英語合宿」などを取り入れ、年間プログラムの構築を主に行った。平成25年度は昨年度の取り組みを効果的に機能させるために、例えば、外部講師によるプレゼンテーション特別講義をESD海外研修（韓国）の直前に実施した。その結果「韓国訪問における英語発表に対して自信がついた」と答えた生徒が約9割に達し、実際に現地高校生との交流や研修内容のまとめとプレゼンテーションも効果的に実施された。「英語合宿」ではサイエンスダイアログ事業も組み入れることで、平成24年度よりもさらに英語で過ごすという状況になった。また、「ポスター発表にこれまでの学習を活かすことが出来た」と感じた生徒が92%、「プレゼンテーションへの理解が深まりスキルが向上した」と感じた生徒が95%という高い数値が得られた。こうした自信は校内のみならず校外での課題研究発表会においても発揮され、ESD海外研修をはじめとする他のプログラムとも互いに有機的に関連付けられ、効果的な相乗効果を得ることができた。

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

「科学と倫理」では、当初の目標であった3つの柱にまで到達できた。平成24年度は2つの柱までしか実施できず、課題が残ったが、平成25年度に3つ目の柱と強く関連づけられる講師をお招きすることができた。また、LHRなどを活用した事前・事後学習も実施、単発的な特別講義にとどまらないよう注意した。その結果、生徒の満足度も高く、「もっといろんな立場で、いろんな感じ方をもった人の異なる意見も聞いてみたい」や「理系、文系だけとかでは解決できない」など物事を統合的に捉える必要性を理解したと伺える自由記述が見られ、1年間のプログラムが効果的に機能した結果が得られた。

全教科で取り組む「倫理の探究」では、5ヶ年計画の第2年次に沿って実施した。国語科は内容的に倫理に関わるとともに「ESD研究」の時間にディベートを導入することで方法論的にも実践を行った。理科、英語科、家庭科、情報科は、内容的に倫理的問題を取り上げた。地理歴史科や公民科、数学科は科学技術社会論的観点を取り入れた。芸術科は、互いを尊重し合う態度の育成や作者の倫理観に触れる試みに取り組むなど、それぞれの教科が特性を活かした実践を行った。平成24年度は各教科での取り組みに終わっていたが、今年度は公民科以外にも「科学と倫理」に事前事後学習としてリンクする教科もあった。

平成24年度は試行期であった「ESD研究」を平成25年度から第2学年全クラスで本格実施した。持続可能な社会を形成するうえで基盤となる新たな内容を、複数教科（科目）の教員のリレー形式による授業、さらには外部講師や校外も含めた実習として開発・実践し、1つのカリキュラムを構築することができた。その結果、多くの生徒が「知識量や理解が深まった」、「多様な観点から考えられた」に対して肯定的な回答を示した。こうした結果から、知識・理解を中心に生徒の問題意識を深めるとともに、意志決定には多様な知識を活用する必要があることを認識させることができた。また、「ESD海外研修」を経験したSSコースの生徒が「ESD研究」において推進力となっており、学校設定科目「科学英語表現」同様、第2年次を迎え、プログラムの一つ一つが有機的に機

能している結果が示された。

全教科で取り組む「ESD汎論」では、5ヶ年計画の第2年次に沿って各教科の特性を活かした実践に取り組んだ。

「ESD海外研修」では、「韓国海外研修」と「韓国訪日研修」を実施した。平成24年度は韓国海外研修と韓国訪日研修で取り扱うESD素材は別々のものであったが、今年度は韓国海外研修と韓国訪日研修ともに発泡スチロールに焦点化し、訪韓・訪日という1年間を通して共通のESD素材で内容を構成し、連関を持たせたことで、これまで以上に多様で多面的な問題として捉える必要のあるESD問題について、生徒はESDの視点（発泡スチロールを素材とした際の視点では、物質の「循環」や「有限性」という視点）で自ら思考・判断している結果が得られるとともに、ESDの視点で思考・判断をすることの意義と重要性を認識できていた。また、各グループの発表では、物理と化学それぞれの実験結果や講義内容をもとに、リサイクルをはじめポリスチレンの将来性について統合的に意志決定して発表を行っていた。

6 課題研究の成果

- 第2学年、第3学年の研究題目は次の通りである。2名以上のチームで研究を進めている。

領域	第3学年	第2学年	
物理	<ul style="list-style-type: none"> 効率よく風を送るうちわ こすれてできる毛玉の研究 指紋の役割～ページが突然めくなくなるのはなぜか～ 	<ul style="list-style-type: none"> ヴァイオリンの弦になぜ松脂を塗るのか 筒を覗くと見える模様 	
化学	<ul style="list-style-type: none"> 溶液中における銅イオンの配位子とその構造についての研究 さまざまな条件下における銀樹の生成についての研究 	<ul style="list-style-type: none"> ユーグレナの培養および油脂の抽出 準安定状態の溶液に衝撃を与えたときに生じる結晶についての研究 	
生物	<ul style="list-style-type: none"> 酵母に関する研究 ゼブラフィッシュの採餌行動における記憶と学習 口腔内を守る乳酸菌 	生物	<ul style="list-style-type: none"> 新しい植物乳酸菌の探索
		地学	<ul style="list-style-type: none"> 広島県における土石流災害の対策に関する研究 地震に対する防災・減災に関する基礎研究
数学	<ul style="list-style-type: none"> ゲームを数学する～新しいゲームの作成と奥深さの表現～ 野球の最適打順の数学的考察 ペットボトルロケットの数学的考察 	<ul style="list-style-type: none"> 統計を用いた商品企画～中高生が好むシャープペンシルの提案に向けて～ 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～ 現象数理解析～ゲーム理論を使って社会現象を読み解く～ 金平糖の数理モデリング 	

- 第3学年の課題研究のうち、全国レベルでの受賞記録を表として以下に整理した。なお、研究領域であった物理、化学、生物、数学のすべての分野で受賞している。

コンテスト名	研究題目（分野）	受賞した賞
第37回全国高等学校総合文化祭 自然科学部門	さまざまな条件下における銀樹の生成についての研究（化学）	奨励賞
第57回日本学生科学賞	こすれてできる毛玉の研究（物理）	旭化成賞
第8回科学の芽賞	効率よく風を送るうちわ（物理）	科学の芽賞
日本動物学会第84回岡山大会高校生ポスター発表会	ゼブラフィッシュの採餌行動における記憶と学習（生物）	最優秀賞
塩野直道記念	野球の最適打順の数学的考察（数学）	最優秀賞（塩野直道賞）
第1回算数・数学の自由研究作品コンクール	ゲームを数学する～新しいゲームの作成と奥深さの表現～（数学）	奨励賞

この受賞記録が示すように、これまでと同様に全国レベルでの成果を上げることができた。また、生徒への事後アンケートからは、すべての評価項目について第2学年であった昨年度の結果と比較して第3学年の方が肯定的回答の割合が高くなった。特に、「再現性の考察」、「仮説の論理的表現」、「科学的文章の記述」、「仮説の提案」、「結果の科学的・社会的意義」については非常に高くなっていった。昨年度の課題であった、「再現性の考察」、「論理的な文章構成力」、「科学的意志決定能力の育成」については、2年間継続して行うことで一定の成果があったと捉えている。

② 研究開発の課題

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」、「研究室訪問学習」、「先端研究実習」については内容を精選し、計画的に実施する必要がある。「研究室訪問学習」は、ここ数年、医学部・薬学部の希望者数が増加しており、実施形態を検討する必要がある。また、「科学知の探究Ⅰ、Ⅱ」を含め、運営指導委員から指摘されたように目標に沿った評価方法となっていないところもあり、内容開発を更に進めるとともに、適切な評価方法を構築する必要がある。

「サイエンスプロジェクトツアー」は研修内容の難易度が高いため、先端科学の理解を深めるために事前学習の一層の充実を図る必要がある。

「課題研究」は毎年着実な成果を上げているが、こうした状態が維持できるよう研究領域がより広範囲に実施できる指導体制を図る必要がある。

イ 国際的視野を育むプログラムの開発

海外語学研修は、第1学年の希望者を対象とするため、その年々の状況に左右されないためにも、環境問題やエネルギー問題などの地球規模で取り組むべき課題について現地ホームステイ先の聞き取り調査など、現地での見聞によってしか得られない内容の考案や事前学習の充実をはかるとともに、SSHとの関連を再検討する必要がある。

学校設定科目「科学英語表現」は、優れた成果をあげることができたが、コミュニケーションに重点を置いたカリキュラムであったため、今後は学術英語とのバランスをとりながらも効果が得られるカリキュラムの開発が課題である。

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

今後は、全教科で取り組んでいる「倫理の探究」の学習内容と「科学と倫理」のプログラムとをどのように関連づけていくのか、到達した3つの柱をどのように再構築するのが課題である。

「倫理の探究」は、各教科の特性に応じて実践しているため、評価は各教科に依存している状況にあるため、前述した「科学知の探究Ⅱ」と同様に適切な評価方法の考案が課題である。

「ESD研究」は、「1つ1つの授業は新しいことを知ることができたが、それぞれの授業の結びつきがわからなかった」という生徒の感想が示すとおり、教科間の結びつきを意識させる取り組みが弱いことが明らかになった。担当教員同士が互いの授業や実習内容を理解する方策を考案することが今後の課題である。

「ESD汎論」は各教科の特徴を理解し、教科を超えた教員間の学習内容を共有し、第2学年全クラスが取り組む「ESD研究」との関連を考慮した実践の可能性の検討が今後の課題である。

「ESD海外研修」は、相手校である天安中央高等学校と更に綿密な打ち合わせと、適切なESD素材を見出し、高い効果が実証できるプログラムを開発するとともに評価方法についても検討を続ける。