

②平成 27 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

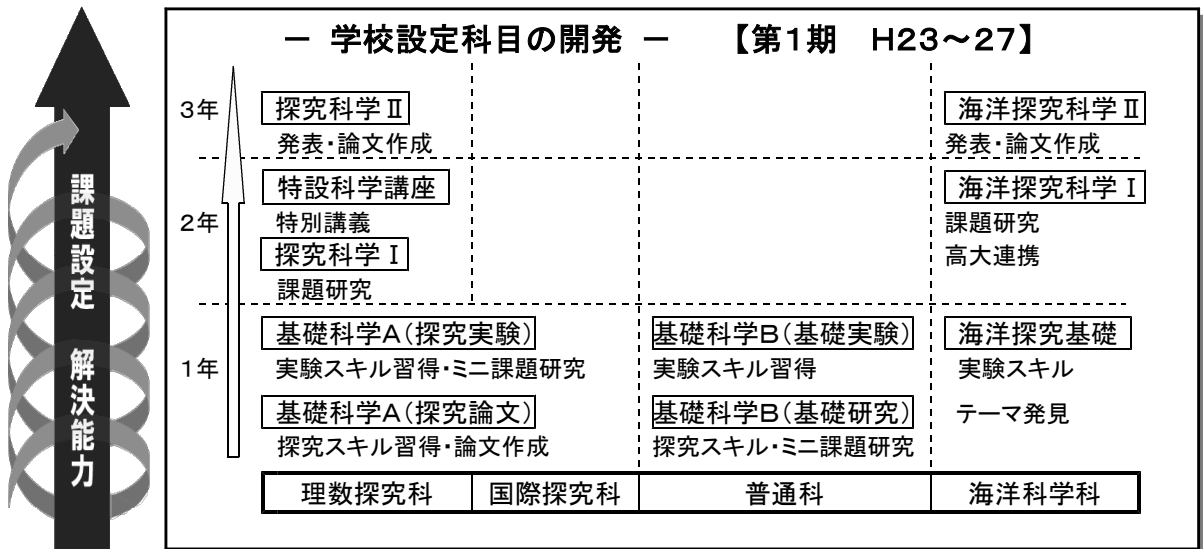
第 1 期（平成 23 年度～27 年度）の研究開発において得られた成果は以下のとおりである。

1. 課題研究の充実に向けたカリキュラム開発（評価基準の作成と運用，探究協働会議の実施）
2. 生徒の「課題設定能力」が向上したこと（地域資源を活用した課題設定）
3. 学会等研究発表会への参加数，入賞数の増加
4. 科学部活動の活性化と科学コンテストへの積極的参加
5. 「環境・エネルギー学会 in OBAMA」の開催等による研究ネットワークの発展

成果 1 課題研究の充実に向けたカリキュラム開発

(1)「課題研究」および科学的な探究活動の教育課程への位置づけ

①3か年にわたる学校設定科目の関連



②各学校設定科目の実施状況

学年	文理探究科	普通科	海洋科学科
1年	<p>「基礎科学A」(4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・探究実験 (2) クラスに 2 名の理科教員及び実習助手を配置。前期は 1 ユニット 10 時間配当の探究的な実験を中心とした授業を実施。後期は教員を 4 名 (理科・数学) 増員し，小グループによるミニ課題研究を実施。 ・探究論文 (2) クラスに正副担任 + 1 の 3 名の教員を配置し，環境・エネルギーを題材に取り上げ，探究的な学習のスキル，研究の基礎を形成する指導を実施。 	<p>「基礎科学B」(2)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基礎実験 (1) クラスに 1 名の理科教員と実習助手を配置。内容及び方法は文理探究科前期に準ずる。 ・基礎研究 (1) クラスに正副担任 + 1 の 3 名の教員を配置する。内容及び方法は文理探究科に準ずる。 	<p>「海洋探究基礎」(1)</p> <p>大学の研究者や地域の人材を招聘した特別講義の実施やフィールドワークを通して，課題研究のテーマ発見に向けた準備的な学習。</p>

2年	「探究科学Ⅰ」(2) 理数探究科に8名の教員(理科・数学・水産)と2名の実習助手を配置。小グループによる理数分野の課題研究を実施。 「特設科学講座」(1) 大学の研究者を招聘した特別講義や、探究協働会議の実施。		「海洋探究科学Ⅰ」(2) 水産科教員8名を配置。小グループによる海洋科学分野の課題研究を実施。
3年	「探究科学Ⅱ」(1) 理数探究科に2名の理科教員を配置し、課題研究を継続。論文作成や成果発表に向けた資料作成などを行う。		「海洋探究科学Ⅱ」(1) 2年次の課題研究を継続。論文作成や成果発表に向けた資料作成などを行う。

指定期間中、特に1年次の学校設定科目に関して、指導内容・指導方法ともに毎年のように評価および改善を繰り返し、上表の内容に至っている。1年次に科学実験、論文作成という大きな2つの流れで探究的な学習スタイルを繰り返し経験し、2年次以降の課題研究へとつなげている。

(2) 評価に関する実践的研究開発

指定当初、理数探究科2年次に実施する「課題研究」において、育てたい生徒像がやや不明確で、指導および評価の方法について担当教員間で足並みが揃わない実態があった。そこで平成25年度より、運営指導委員による指導の下、「真正の評価」論に基づく研究開発を進めてきた。科学技術人材に必要な高次の能力・資質のうち特に課題設定能力を抽出し、以下の様に定義した。さらにその伸長を目標として指導と評価の実践的研究開発を継続してきた。また平成26年度以降、地域資源を活かした探究学習を展開している。

① 本校における「課題設定能力」の定義

「事象の背景や現状を分析し、科学的根拠をもって仮説を立て、自らが発展的、独自性のある課題を設定する能力」

② 「課題設定能力」を評価する観点

1. 研究の動機
2. 科学的に解決可能な問題への定式化
3. 地域の問題に対する認識の深さ
4. 持続可能な開発発展に役立つものであるかどうか
5. 学びに対する自主的・主体的な態度

上記評価の観点に基づき、パフォーマンス評価に用いる評価基準表を作成し、以下のように活用した。

- ★学習過程を形成的に評価し、指導を改善するために活用
- ★生徒に提示し、生徒自身の自己評価に活用
- ★論文の総括的評価に活用

③評価基準表の作成

レベル	パフォーマンスの特徴
5 素晴らしい	地域の様々な情報を正確に収集し、問題の背景を総合的な視点でとらえ、自らの課題として課題を捉えた記述がある。科学的な視点で具体的な仮説が立てられており、解決可能な手法を用いた科学的で具体的な解決方法の記述がある。地域及び学問領域において持続可能な開発発展に役立つ課題であることが具体的に説明されている。自らの興味関心、知識や技術を十分に把握したうえで、課題を設定することへの積極性や研究活動の意義を具体的に記述している。
4 よい	地域の様々な情報を正確に収集し、問題の背景を総合的な視点でとらえた記述がある。科学的な視点で仮説が立てられており、解決可能な手法を用いた科学的な解決方法の記述がある。地域及び学問領域において持続可能な開発発展に役立つ課題であることが説明されている。自らの興味関心、知識や技術を十分に把握したうえで、課題を設定することへの積極性や研究活動の意義を記述している。
3 合格	地域の様々な情報を収集し、問題の背景の記述がある。仮説が立てられており、解決可能な手法を用いた解決方法の記述がある。持続可能な開発発展に役立つ課題であることが説明されている。自らの興味関心を示し、課題を設定することへの積極性や研究活動の意味を示す記述がある。
2 もう一歩	地域の情報の記述が少ない。偏った記述がある。仮説の記述の具体性がなく、科学的にあいまいである。自らの興味関心、知識や技術の認識が浅く、課題を設定することへの積極性や研究活動の意義の理解が浅い。
1 改善が必要	地域の情報の記述がない。仮説の記述がない。自らの興味関心、知識や技術の記述がない。課題を設定することへの積極性や研究活動の意義を記述していない。

④評価基準表を用いた形成的評価と生徒の変容

生徒の状態	研究ノートに見る生徒の記述の変化
2年7月 教員の指導がない状態	目的: 伝統食品が今も食べられてい続けているのは、私たちの生活や健康に対して何かしらの効果があるためだと考え、どのような効果があるのかを調べる。 方法: 塩ウニやへしこから有効な成分を抽出して分析を行う。ペプチド、食塩量、味。
2年9月 ・探究協働会議を1回経験 ・ルーブリックを示された後	目的: 伝統食品が今も食べられてい続けているのは、私たちの生活や健康に対して何かしらの効果があるためだと考え、どのような効果があるのかを調べる。 方法: 市販品塩ウニと生ウニの熱水抽出エキスの塩分濃度、食塩添加量が15%と30%である伝統的な製造方法で熟成させた塩ウニのタンパク質濃度、ACE阻害活性をローリー法とCushmanの方法で測定した。さらに熱水抽出エキスを高血圧自然発症ラットに投与し、一定時間ごとに血圧を測定した。
2年1月 ・2回の探究協働会議を経験 ・冬休みに福井県立大学の研究室で実験を継続した後	目的: 生鮮パフウニに、7%以上の食塩を加え、熟成される塩ウニは、福井県の城主松平家が、開発製造した日本3大珍味のひとつである。越前海岸周辺では、現在でも珍味や保存食としてだけでなく滋養強壮や体質改善などに効果があるとされ製造されている。そこで、本研究では、塩ウニの健康性機能を探索するために塩ウニ熱水抽出エキスの高血圧抑制効果について研究を行った。 方法: 生鮮パフウニ、市販品食塩添加7%塩ウニ、伝統的製法の食塩添加15%塩ウニの、それぞれの熱水抽出エキスを調整した。熱水抽出エキスの塩分濃度、ペプチド濃度を測定し、高血圧抑制効果は、Cushmanの方法によるACE阻害活性測定と高血圧自然発症ラット(SHR)の経口投与から測定した。

科学的思考力の深化

⑤評価基準表を用いた総括的評価と生徒の変容

平成26年度卒業生の課題研究成果について評価基準表により総括的評価を実施した。その結果、生徒の15%がレベル5に、67%がレベル4に位置づけられるなど、大きな成果が認められた。レベル5の生徒の中には、後述の学会で入賞するなどの成果をあげるに至った。

(3) 探究協働会議の実施

課題研究の推進に関して、大学や研究機関から年間を通して継続的に指導を受ける「探究協働会議」を開催した。生徒が研究の進捗状況をプレゼンし、研究者との議論の中から研究の正しい方向性を見い出す機会となる。

回	月	研究の節目	実施の効果
第1回	6月	課題設定に難しさを感じる時期	「問い」の方向性が定まり課題設定能力が向上
第2回	9月	実験計画の見直しを迫られる時期	「科学的な定式化」を行う思考力育成
第3回	2月	実験結果の考察や議論が必要な時期	思考力育成、表現力育成

課題研究を行う上で、先進的研究者との連携は不可欠である。本校では平成25年度より「探究協働会議」を設置し、大学・研究機関との多面的・継続的な連携・協働の充実を図った。「探究協働会議」とは、生徒の課題研究を高校教員と大学教員や研究機関の研究者が連携して継続的に指導・助言を行う組織である。単発的に研究者に来校頂くのではなく、あらかじめ課題研究の節目にあたる適切な時期に会議を設定し、生徒に対する適切な指導・助言を定期的・継続的に受けることで、生徒の研究リテラシーを高めること、さらには指導する本校教員の指導力向上を図ることをねらいとして実施している。

生徒は、課題設定時、研究計画作成時、研究結果をまとめる時期といった節目において、専門性の高い研究者に継続して指導、助言を受けることができた。また、専門家による的確な助言は、生徒自らの興味関心と科学的な事象や地域の課題を結びつける大きな手掛かりとなった。単なる科学の事象を追うのではなく、課題を設定し、いかに解決していくか、結果をどのように考察していくか、答えを教えていただくのではなく、研究の正しい方向性、選択肢を具体的に示していただけたことにより、生徒たちも力を注ぐべき思考、判断などの探究活動に集中でき、主体的に行動しつつある。

本校が設定した探究学習における重要な評価観点である「科学的に解決可能な問題への定式化」については、平成26年度末に行った評価基準表に基づく生徒の自己評価では、90%以上が、「大変改善された」もしくは「改善された」と評価していた。ふりかえりの自由記述において「目的や背景がぼんやりしていたものが、はっきりしてどうすればよくなるのか思考力が伸びた。記述もしっかりしてきたと思う。」などの記述が見られるなど、大きな成果があったことがわかる。また、指導歴の浅い教員にとっては、最先端の科学における知識、技術などはもちろんのこと、研究への取り組み方を学ぶことができた。特に、研究活動を行う上で重要となる科学的に解決可能な問題への定式化や適切な実験のデザインについての的確な助言の仕方や具体事例の提示の方法などを学べたことは、大きな意義を持つ。これにより、研究者が来校していないときにも充実した指導が可能になり、結果的に生徒たちの「小さな問い」を科学的で先進的な研究テーマにまで押し上げることができた。

課題の設定・方法の設定・実験・結果・考察という基本的な科学的アプローチに関する指導は、ベテランの教員でも難しい。研究者から学んだことを活かし、今後、各教科の授業を行う際にもぜひ取り入れていきたい。運営指導委員からも、「探究協働会議は、研究機関の先生に、生徒が直接指導を受ける機会であり、担当教諭も一緒に学ぶことができる。」との評価をいただいた。

成果2 生徒の「課題設定能力」が向上したこと(地域資源を活用した課題設定)

探究学習における課題設定については、第1期の初年度から常に頭を悩ませてきた。平成25年度までは生徒が課題を設定する際に、あまりにも身近な事象は科学的な研究として発展させにくいのではないかと、という固定観念が教員の側にあり、「探究科学I」等の本格的な探究学習において、地域資源を研究テーマとすることは避けがちであった。しかし、運営指導委員や研究をご指導くださった研究者の方々から、

- ◆身近な自然環境・地域資源を活かしたテーマこそが、生徒の科学的興味や関心を引き立てるのであり、それこそが、地方公立高校の強みであること。
- ◆研究開発を通して地域社会に貢献することが、研究の大きな意義であること。
- ◆身近なテーマであっても、科学的な視点に立った研究課題が設定可能なこと。

などの示唆を頂き、平成26年度以降は、豊富な地域資源を題材としたテーマを推奨し、生徒も積極的に取り組んだ。

地域資源を学習素材として活用することの最も大きな成果は、生徒の課題探究への主体性を大きく高めたことである。身近な素材に基づく課題を自ら設定し、それについて探究することは、生徒にとっての探究意欲をかき立てる。さらに、その課題解決の成果を地域社会、ひいては国際社会に還元することに、生徒は大きな充実感を得る。どのような課題を設定すると良いか。生徒は時間を忘れて熱中し、懸命に課題設定に向けて取り組んだ。

(※ 第1期期間中の課題研究テーマ一覧は参考資料として添付)

成果3 学会等研究発表会への参加数、入賞数の増加

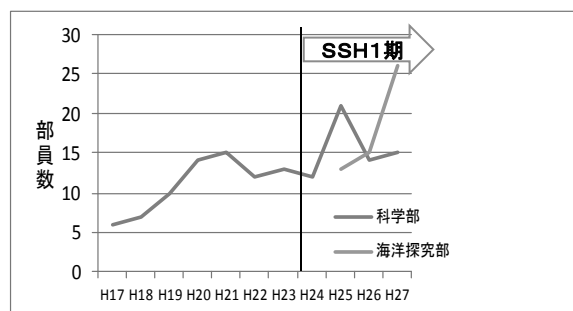
(1) 学会等研究発表会への参加数、入賞数の増加

参加学会等	
H24	日本物理学会Jrセッションポスター発表「気象環境による放射線量の変化とその要因に関する研究」
H25	日本物理学会Jrセッションポスター発表「揺れない船の工夫」 日本水産学会高校生ポスター発表 銅賞「日本三大珍味 越前塩ウニの高血圧抑制効果」
H26	日本物理学会Jrセッションポスター発表「磁石の製作」 ・日本動物学会高校生ポスター発表 「若狭湾海底湧水」 日本水産学会高校生ポスター発表 金賞「里山の環境改善」・銀賞「LED集魚灯と省エネ漁業」・銅賞「アラルゴコの研究」 国際環太平洋海洋教育者ネットワーク会議「MAMASU Project」 ・ SATOYAMA国際会議2013inふくい「クロージングスピーチ」
H27	日本物理学会Jrセッションポスター発表・日本水産学会高校生ポスター発表 参加申込み済み 京都大学 E.FORUM 探究成果発表会 ポスター発表4点 東京大学 海洋アライアンス 海洋教育サミット ポスター発表3点

日本物理学会・水産学会・動物学会などの研究分野に関わる学会への発表参加を促すことを通して、専門家からの評価を受ける機会を設ける。学会以外にも、小浜市SSH研究発表会や福井県合同課題研究発表会のような地域に向けた発信の場はもちろん、京都大学E-forumや東京大学海洋アライアンス海洋教育者会議など、大学が開催する課題研究発表会への参加を奨励してきた。研究内容に関する研究者との議論を通じて、研究への意欲の向上と研究の深化を促している。

成果4 科学部活動の活性化と科学コンテストへの積極的参加

(1) 科学系部活動の活性化



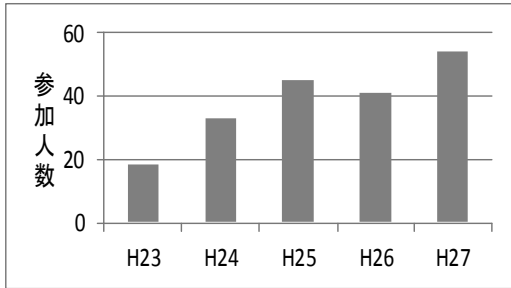
◆ 科学系部活動 部員数の推移

科学部はSSH指定以前から活動を継続させており、これまでも福井県理科クラブ研究発表会等への参加を継続している。平成25年度よりダイビング同好会（海洋探究部へ名称変更予定）が新設され、スキューバダイビングのスキルを獲得し、自ら地域の海域において潜水調査を行いながら海洋生物や海洋環境等に関わる課題を発見し研究を实践する取組を開始し、福井県立大学海洋生物資源学部と共同研究を行ったり、各種研究発表会へ参加したりなど精力的に活動している。

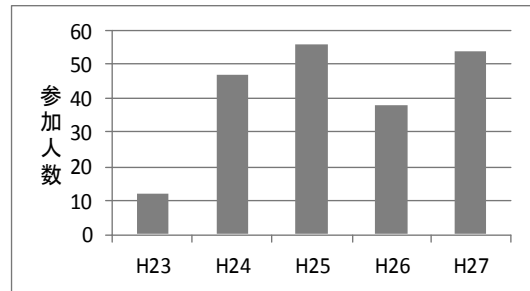
(2) 科学コンテストへの積極的参加

SSH第1期の5年間の取組を通して、科学の甲子園県大会、科学オリンピック県大会への参加者数が着実に増加している。SSHの取組を経験する中で、生徒たちの間にこのようなコンテストに参加し、難問や答えの見えない課題に挑戦しようという意欲が高まっている。また上級生から下級生にそのような気概が伝わる、一種の文化が育まれつつあることが大きな成果である。

◆科学の甲子園県大会参加者数推移
(ふくい理数グランプリ)



◆科学オリンピック県大会参加者数推移



科学の甲子園のモデルとなった同県大会である「ふくい理数グランプリ」が福井県教育委員会により実施されているが、例年本校生徒の意欲を高めている。与えられた課題に対して3人からなるチームで予想を立て、それを検証するための実験を計画し、結果を分析しプレゼンする。といった探究の流れを実践するコンテストであり、まさに自分たちが普段の取組の中で培った力を発揮する絶好の機会となっている。H26年度・H27年度と2年間にわたり、本校同一チームが生物部門最優秀賞を獲得している。

◆福井理数グランプリ入賞歴

年度	表彰
H24	生物優秀賞・化学優秀賞・地学優秀賞
H25	生物優秀賞2チーム・数学優秀賞
H26	生物最優秀賞・化学優秀賞・数学個人奨励賞
H27	生物最優秀賞・生物優秀賞・数学個人奨励賞

成果5 研究ネットワークの構築・発展

(1)「環境エネルギー学会in OBAMA」の開催による研究ネットワークの拡大

県内および北近畿地域の「環境」や「エネルギー」に関する課題研究や学習に取り組んでいる高校生が一同に集い、エネルギー問題に関する互いの意見を交換し、研究成果を発信・共有するSSH交流会事業として平成25年度より実施してきた。

3年間の間に連携した県外高校との間のネットワークが確かなものとなり、互いの学校での研究発表会への参加などを通し連携を継続している。

①実施内容

- 1. パネルディスカッション 我が国が抱えるエネルギー問題に関して、高校生と科学者がディスカッションを行う。
- 2. 研究発表会（口頭） 代表校による環境やエネルギーに関わる課題研究の成果発表会
- 3. 研究発表会（ポスター） 参加各校による環境やエネルギーに関する課題研究の成果発表会

※生徒実行委員会の取組
本校生徒の有志による実行委員会を組織し、本学会の企画運営を行う。特にパネルディスカッションにおいて、他校の生徒と連絡を取り合い事前準備を進めるなど、主体的で協働的な取組となっている。

②研究ネットワークの拡大

◆参加校・参加生徒数の推移

	県内高校	県外高校	中学校	参加生徒	口頭発表	ポスター発表
第1回(H25)	7校	6校		280名		33件
第2回(H26)	6校	8校		240名		36件
第3回(H27)	4校	7校	1校	220名	4件	30件

◆3回の実施における連携校

県内高等学校	高志高等学校 武生高等学校 藤島高等学校 敦賀高等学校 美方高等学校 若狭東高等学校 小浜水産高等学校
県外高等学校	京都府立東舞鶴高等学校 京都府立西舞鶴高等学校 京都光華中学校高等学校 京都海洋高等学校 兵庫県立豊岡高等学校 石川県立小松高等学校 大阪府立四條畷高等学校 兵庫県立尼崎小田高等学校 奈良学園中学校高等学校 三重県立伊勢高等学校 大阪市立東高等学校
海外高等学校	オーストラリア ナラバンダ高校
県内中学校	小浜市立小浜中学校

③本学会のもつ機能(成果)

1. 学校や地域の枠を越えた高校生の交流の場、協働の場としての機能
2. 探究学習の成果発信の場、評価の場としての機能
3. 自然科学の方法論やスキルにとどまらず、社会科学の知見にも裏付けられた学際的で総合的な市民としての判断能力を形成する場、また発揮する場としての機能

(2)大学や研究機関との連携を通じた研究ネットワークの拡大

①福井県立大学海洋生物資源学部との高大連携協定

平成25年度に締結された同協定により、SSH運営指導委員、探究協働会議講師、研究発表会講師として指導を受ける。また、課題研究に対する指導助言や大学の施設設備の利用、共同研究など多岐にわたり連携関係を深めている。海洋科学科においては、将来、海洋研究者を目指す生徒達が短期研修として大学でミニ研究を行うなど高大接続に向けた取組も開始している。

②東京大学海洋アライアンスとの高大連携協定

平成26年度に締結された同協定により、探究的な学習の評価方法や指導方法に関する指導助言を得るなど連携関係を継続している。

◆大学・研究機関との連携の実態

	課題研究	探究協働会議	特別講義	訪問研修	GSC	施設利用
福井県立大学海洋生物資源学部	107時間	3回	5回	7日間		107時間
東京大学大学院海洋アライアンス	10回	3回	2回			
京都大学			1回	3日	2人	
大阪大学				3日	1人	
福井大学医学部医学科					15人	
若狭湾エネルギー研究センター		3回		2回		1回
福井県里山里海湖研究所	5回	3回	1回	5回		5回

② 研究開発の課題

1 取組の状況

本校は平成23～27年度の5年間のSSHの取組を通して、「課題解決・成果発信等を担う国際的に活躍する理数系人材、及び科学技術に関わる政策立案、意志決定等に寄与する文科系人材の育成」を目指し、理数教育のカリキュラム開発を行ってきた。指導体制は、学校設定教科「探究科学」の実施により、全教職員が関わる全校体制での取組となっている。取組の中心である「探究科学Ⅰ・Ⅱ」においては課題設定能力の伸長に主眼を置き取り組んだ。課題設定能力に関する評価基準表の開発や、研究者を招聘した「探究協働会議」の実施により、地域が抱える課題に着目した、地に足のついた研究テーマが設定されるようになった。また、本校カリキュラムによる生徒の資質・能力の伸長を評価する場として、「環境・エネルギー学会」が有効に機能していることも大きな成果としてあげられる。ただし、各学年における指導の系統性や、科学技術人材育成に向けた個々の取組と学校設定科目間の有機的な関連性の強化など、まだまだ改善すべき点が見られ、3カ年の学びを総合的にデザインするカリキュラムとしてはいまだ発展途上だと言える。

2 課題

第1期目で開発した探究学習のカリキュラムを、さらに発展させながら3カ年をかけた総合的なカリキュラムとして機能させていくために解決すべき具体的な課題を5点挙げる。

課題 1 探究学習のコア教科である学校設定教科「探究科学」の改良

＜改善策＞ 探究的な学習をより系統立てて行うため、課題研究を中心に据えた学校設定教科を全学科において実施する。学科により課題研究のテーマとなる分野・領域は異なるが、「研究の基礎作り」・「課題研究」・「論文作成と成果発表」の流れで、3カ年にわたる学習を計画し、科学技術人材の育成に努める。

課題 2 「環境・エネルギー学会」の探究学習カリキュラム上への明確な位置づけ

＜改善策＞ これまで3回実施した「環境・エネルギー学会」がその場限りのイベントになることのないよう、学校設定教科で培った資質・能力を発揮する場、評価の場となるよう探究学習カリキュラムへの明確な位置づけを行う。

課題 3 環境・エネルギー教育に関わる研究ネットワークの緊密化と拡充

＜改善策＞ これまで構築してきた研究ネットワークによる他の高校や大学、研究機関との関係を、より緊密なものにし、共同課題研究などの方策を研究する。また、OECDイノベーションスクールの取組を最大限に活用し、シンガポール・テマセック高校との連携関係を軸としながら研究ネットワークを海外に拡大し、探究的な学習や評価方法の国際的な共同研究を進めると同時に、高校生の国際性の育成を目指したい。

課題 4 理科に対する興味・関心のさらなる喚起

＜改善策＞ 新たに学校設定科目「科学総合」を、身近な学習素材から生み出した問いを実験や観察により解決し、その成果を発表し共有するという一連の探究活動を通して、基礎的実験技能の習得や、科学的思考力、課題設定能力の育成へとつながるカリキュラムモデルとして開発する。身近な自然や生活の中の事象について、物理・化学・生物・地学の4分野にまたがる学習素材を用いることで理科に対する興味・関心を今以上に喚起していく。

課題 5 探究学習に関わる指導方法・評価方法のさらなる検討

＜改善策＞ 地域社会・国際社会の発展に貢献できる科学技術人材に必要な、高次の能力・資質を措定した上で、それを育むための評価方法と評価基準を開発する。まず、地域資源から導かれた課題を主体的に発見・解決する能力、地域社会・国際社会の発展に貢献しようという使命感、自律的に計画を策定・遂行する資質、他者と関係性を構築し、協働して物事を進める資質等の科学技術人材に必要な高次の能力・資質を措定し、学習目標として開発する。

次に評価の方法と基準の開発については、総括的評価の方法として、論文や口頭発表の分析が有効だと考える。中間発表会や、論文発表会など、発表の機会を複数設けることで指導にも活かす。評価基準は、第1期SSHの評価基準表をより洗練し、精緻なものにする。