

指定校 No. 2427

文部科学省研究開発学校スーパーサイエンスハイスクール

平成24年度指定スーパーサイエンスハイスクール  
研究開発実施報告書（第5年次）



東京都立多摩科学技術高等学校

〒184 - 8581 東京都小金井市本町 6-8-9

TEL 042-381-4164

## はじめに

東京都立多摩科学技術高等学校長

白鳥 靖

本校は、平成22年4月に開校し、この3月で第五期生の卒業式を迎えました。

平成9年から始まった「都立高校改革推進計画」の中で、資源の乏しい我が国が科学技術立国として世界で競争力を高めるための研究者や技術者を育成することを目的に科学技術科を設置し、理数教育や科学技術教育を行う新しいタイプの学校として計画されました。

あらためて科学技術科を有する多摩科学技術高校は、どのような教育を行うのか確認してみると、平成24年2月に発表された「都立高校改革推進計画・第一次実施計画」の中で「技術者として生涯にわたり専門性を高めていくために必要な意欲、態度や知識・技能を身に付け技術革新に主体的に対応できる人材を育成するため、大学等に進学し、継続して学習することを前提とした教育を行っている。」と報告されています。この第一次実施計画からも分かるように東京都教育委員会は、多摩科学技術高校を専門高校の中の理系進学校として位置付けています。

このように理系進学校として期待される中、平成24年度から平成28年度までスーパーサイエンスハイスクール（以下、SSH）の指定を受けました。研究開発課題は「科学人材を育成する理数教育のカリキュラムの研究開発」です。

今年度は指定最終の5年目となりました。そして、先にご紹介した第五期生は、指定を受け3年間の充実したSSH事業の取組を経験した生徒たちになります。この研究開発実施報告書では、カリキュラム開発をはじめとする大学や外部研究機関との連携、校外における研修活動及び生徒の発表会等の様々な取組をまとめました。特に、大学・外部機関との連携では、最先端の高度な内容にふれることで生徒が科学技術への興味・関心を高めるとともに、広い視野と探究心を身に付けようとして取り組んでいる姿を伺うことができます。

また、従来から実施している発表会・交流会に加え、海外の研究者が英語で講義を行うサイエンス・ダイアログ・プログラムを企画・実施するとともに、シンガポール海外研修を企画・実施し、英語により研究成果を発表したり、参加した外国の学生と交流したりすることで研究を深めることができました。その成果から、昨年度は「日本ストックホルム青少年水大賞」を受賞し、ストックホルムで日本代表として研究成果を発表することができました。さらに、今年度は神戸で行われた「全国SSH生徒研究発表会」で、代表生徒5名が審査委員長賞を受賞し、研究成果が認められました。また、わくわくどきどき夏休み工作スタジオ、体験入学及び青少年のための科学の祭典等の取組では、参加した児童・生徒に科学技術の楽しさを伝えています。

このように、今後もカリキュラム開発・実践を通して、教育課程の充実を図り、大学や外部研究機関等との連携により、生徒に効果的な理数教育や科学技術教育を推進するとともに、地域社会や小・中学校と連携を図ることで、科学技術の楽しさを広めて参りたいと考えております。

研究開発を進めるに当たり、文部科学省、国立研究開発法人科学技術振興機構、本校の科学技術アドバイザー及び大学や研究機関の皆様方からの御理解・御支援とともに、適切な御指導・御助言をいただきましたことを深く感謝申し上げます。

## 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）

<b>① 研究開発課題</b>	
	科学人材を育成する理科教育のカリキュラムの研究開発
<b>② 研究開発の概要</b>	
	<p>5 年目である本年度は、次の仮説の下、前年度までの研究開発を継続して行う。</p> <p>(1)大学での専門領域を深化する前段階として、広く科学技術に触れさせる体験型授業を取り入れるとともに、理科、数学、英語との連動性をその中に含めることで、記憶・暗記に留まらない、より深いレベルでの理解や理数感覚を身に着けることができる。</p> <p>(2)実際の研究者からの刺激や意欲付けを意図的に行うことで、生徒の科学に対する意欲を大きく高め、大学等でのより深い学習につなげることができる。</p> <p>(3)部活動や授業において研究や発表の場を多く持たせるとともに、校外での活動への参加を促進することで、生徒の主体性や向上心を育成することができる。また、小中学校や SSH 指定校以外の高等学校、地域との連携を促進することにより、地域社会の科学技術への関心向上に寄与できる。</p>
<b>③ 平成 28 年度実施規模</b>	
	<p>全日制科学技術科の全校生徒 638 名（18 クラス）を対象に実施する。本校の教育課程、特に理数教育の特色を最大限に活かし、3 年間を通じて科学的素養を身に着ける。一部の取組については、関係各部活動生徒を対象にする。</p>
<b>④ 研究開発内容</b>	
<b>○研究計画</b>	
	<p>研究開発は平成 24～27 年度同様にカリキュラム開発を中心として、研究発表活動や体験研修活動等を実施する。研究開発の 5 年計画は学年進行で行い、学習する学校設定科目を研究開発科目として進め、次年度に研究開発する科目を先行研究として、前年度に準備・リサーチを実施する。</p> <p>また、2 年間の研究内容は再度通年を通してその学習方法・成果等を検討し、最終的な内容として整理・決定する。</p>
	<p><b>【第 1 年次】（平成 24 年度）の実施内容</b></p>
	<p>科学技術の様々な分野に触れ、興味・関心を高める科目として、初年度の学校設定科目として、以下の科目を設置し研究開発科目とした。一年を通して授業評価により課題を探りながら、新しいテキストの作成を行った。</p>
	<p>研究開発科目：「科学技術と人間」「科学技術基礎（工業技術基礎）」</p>
	<p>先行研究科目：「情報技術基礎」「課題研究」</p>
	<p><b>【第 2 年次】（平成 25 年度）の実施内容</b></p>
	<p>数学や物理と科学技術の様々な分野の関連を深める科目として、2 年次の研究開発科目とした。初年度の先行研究から、授業評価等により課題を探りながら、新しいテキストの作成を行った。また、一年を通して平成 24 年度の研究開発科目：「科学技術と人間」「科学技術基礎（工業技術基礎）」の授業評価により検討し、最終的なテキストの作成を行った。</p>
	<p>研究開発科目：「情報技術基礎」「課題研究」</p>
	<p>先行研究科目：「科学技術実習」「科学技術概論」</p>
	<p><b>【第 3 年次】（平成 26 年度）の実施内容</b></p>
	<p>バイオテクノロジー、エコテクノロジー、インフォメーションテクノロジー、ナノテクノロジーの 4 領域について、普通教科との融合を視野に入れて研究開発を行った。一年を通して授業評価により</p>

課題を探りながら、新しいテキストの作成を行った。

研究開発科目：「科学技術実習」「科学技術概論」

先行研究科目：「卒業研究」

#### 【第4年次】（平成27年度）の実施内容

第3年次までの開発内容をさらに精査し、発展的に専門化・深化させた研究を行う。大学等に進学したいと考えている領域について専門的な知識の深化を図る。また、問題解決能力や自発的、創造的学習態度を育成する。

研究開発科目：「卒業研究」

先行研究科目：「先端技術と社会」

#### 【第5年次】（平成28年度）の実施内容

年間のすべての研究開発科目について、評価と検証を行う。特に作成したテキストについて、総合的に、テキストの項目・内容の評価を行った。

研究開発科目：「科学技術と人間」「科学技術基礎（工業技術基礎）」「情報技術基礎」「課題研究」「科学技術実習」「科学技術概論」「卒業研究」「先端技術と社会」のカリキュラム研究開発科目の5年間の検証と総括

### ○教育課程上の特例等特記すべき事項

「科学技術と人間（1年2単位）」「科学技術概論（2年1単位、3年2単位）」「科学技術実習（2年3単位）」「卒業研究（3年3単位）」「先端技術と社会（2年1単位）」の学校設定科目をSSH科目とする。その他、科学技術基礎（工業技術基礎：1年3単位）」「課題研究（2年3単位）」及び特別授業として「サイエンスワークショップ」を設け、普通教科と専門教科の連携授業やチームティーチングによる授業を行い、教員全体の一体化を図る。

### ○平成28年度の教育課程の内容

5年間の学習計画を基に、平成24年度～27年度と同様に学校設定科目において、SSH科目の設定を行う。教育課程は当初の計画から次のとおり、一部変更した。

3学年に設定していた「先端技術と社会」（1単位）は数学Ⅲ等の単位を増加させたことに伴い、2学年に移行した。4年目の平成27年度も5年間の実施計画どおりに事業活動を展開した。

今日までの科学技術の発展は、一方で地球規模での環境、エネルギー問題を引き起こしてきた。また、生命倫理やITの発展に伴う科学技術者の倫理観、社会観が問われる場面も多い。しかし、それらの課題を解決していくのも科学技術であり一層の発展が必要である。その担い手となる本校の生徒には、多くの情報の中からグローバルな見地で問題を捉え、自ら工夫して解決していく能力が育成できる教育課程、カリキュラムの開発を推進していくことが必要である。平成28年度は昨年と同様に、課題発見・課題解決能力の育成、グローバルな視点で科学技術の発展に貢献できる人材、さらに多様な人々と協働することができるコミュニケーション力及びプレゼンテーション力の育成を考えた指導を行った。

### ○具体的な研究事項・活動内容

#### (1)カリキュラム開発

##### 【普通教科と専門教科の基礎を一体化するカリキュラム開発】

学校設定科目「科学技術概論」「科学技術実習」のテキストを完成させ、授業を実施した。「科学技術概論」では、各領域に関して最先端の話題を取り込み、生徒の進路につながる内容についてICT機器等を活用し講義をした。

また、「科学技術実習」では「概論」の内容を踏まえ領域毎に、普通教科「理科」の各分野の実験を精査し、互いの進度や大学入試も踏まえて計画的に配置をした。

3月には継続的に実施しているサイエンス・ウィーク（サイエンスワーク・ショップ）の中で、専門教科の内容を深めた科目、科学をベースとした教養的な科目を設定し授業を19講座展開した。

##### 【学校設定科目と普通教科（理科・数学・英語）による科学技術教育に関する指導内容・指導法の開発】

普通教科（理科・数学・英語）と専門教科の4領域（バイオテクノロジー、エコテクノロジー、インフォメーションテクノロジー、ナノテクノロジー）を融合させるために、研究に取り組んだ。

インフォメーションテクノロジー領域では、数学の統計に関する式、物理の力学シミュレーション等に取り組ませ普通教科及びプログラミングの理解を深めさせた。

バイオテクノロジー領域では、生物分野との実験の精査を行い、通常実施できない好気呼吸・遺伝子組換え等の実験も行った。

ナノテクノロジー領域では、物理の原子に関する実験を中心に引き上げ実施した。

エコテクノロジー領域では、化学のセンター試験で出題されている実験を引き上げ、大学入試対策の対策にもつなげた。

## **(2)科学技術アドバイザー講演・特別授業**

### **【大学・企業・科学館等と連携した授業や見学・講演会等の推進】**

平成28年度は、前年同様に「科学技術アドバイザー」等と連携し、最新の科学技術の指導を受けられる機会を生徒の科学技術への知識と意欲の向上を図った。

◎アドバイザー授業を年3回（7月16日、12月24日、3月15日）講演3回、講座14回実施

◎京都大学「GSC ELCAS」に2名が選抜されて、京都大学に半年間通い研修を受講した。

### **(3)研究室訪問**

#### **【大学・研究室体験研修】**

課題研究、部活動等での活動において、視野を広げ専門知識を高めるために希望者を対象に例年実施している大学訪問・研究室体験研修を実施した。この体験により、多くの生徒が研究意欲を高め、さらに進学先を決定する生徒が見られた。

今年度から、筑波大学で研究者（博士課程の学生）のジョブシャドウを実施した。実験に取り組む姿やゼミの熱気、熱意、責任感や緊張感を感じ、仕事の一部を手伝いながら、仕事の厳しさや研究者の心構え等を肌身で体験した。

◎訪問先大学：東京大学、電気通信大学、筑波大学、首都大学東京、千葉大学、東京農工大学

### **(4)校外研修活動**

今年度は日帰り研修として実施した。例年以上に希望者が多く、生徒の関心の高さが見られる。

◎物理系（高エネルギー加速器研究機構、JAXA） 8月29日

◎ナノサイエンス系（物質・材料研究機構NIMS、理化学研究所・筑波） 8月29日

◎生物系（東京海洋大学水圏科学フィールド教育センター、山梨県農政部果樹試験場）8月25日

### **(5)生徒研究発表会・交流会**

#### **【科学技術系部活動の充実・振興】**

海外で開催された「シンガポール研修」、全国大会として開催された「全国SSH生徒発表大会」「全国高等学校総合文化祭広島大会」等全体で24件の大会に出場した。さらに「SSH東京都内指定校合同発表会」等にも多くの生徒が参加した。年々、生徒の意識も高くなり、校内選抜、校内発表、交流会にも多くの領域の生徒がチャレンジした。

「全国SSH生徒発表大会」で審査委員長賞を受賞

“ピンクに染めたらエネルギーへ ～未利用資源の有効利用と木質バイオマスの高効率化～”

その他の実績についての詳細は本報告書を参照。

### **(6)科学系コンテスト**

研究発表会等だけではなく実力を知る上でも、多くの科学系コンテストにチャレンジさせていく必要がある。

◎科学地理オリンピック 3名参加（早稲田大学） 1月7日

◎科学の甲子園 8名参加（都立小石川中等教育学校）11月13日、11月20日

### **(7)国際性の育成**

#### **【国際的に活躍できる科学技術者の育成】**

昨年同様に、グローバル社会で活躍できる科学者・技術者の育成を目指し、英語力だけではなく言語能力、コミュニケーション力及びプレゼンテーション力の育成に努めた。英語力の向上に取り組むために、英語による発表を基本と位置付けて、全員のポスター発表の要旨等は英語で表現させた。アドバイザー授業では、全て英語による実験講習も実施した。

◎「シンガポール研修」対象者及び希望者には、海外での発表のために英語でのプレゼンテーション、ディスカッションができるように、昨年からの配置された JET を活用して「英語アブスト講習」「英語プレゼン講習」「英会話講習」を実施した。また、台湾の高校生とスカイプを利用して、交流を行った。

#### **(8)地域社会と小中学校との連携**

##### **①小中学校、高等学校への研究成果の発信・地域への還元**

理数教育の推進校として、小学校、中学校との関係を強化し、早い段階からの科学への興味・関心を高めるために、体験活動を中心に行ってきた。

◎東京学芸大学で毎年実施している「青少年のための科学の祭典 in 小金井」に 1 学年の全生徒（212 名）が参加し、100 カ所以上の体験型ブースでのアシスト。

◎多摩未来祭（文化祭）では科学的な内容を取り入れた体験型、参加型の展示を中心として企画・運営を行い、小中学生との交流を図った。

◎多摩未来祭 SSH 発表会で都内 SSH6 校と口頭発表会を実施した。

◎小中学校の教員対象に本校の実験施設・分析機器等を利用した講習会を実施した。

##### **(9)実施の効果とその評価**

##### **【研究発表やプレゼンテーション技術を活かした大学入試の研究】**

多くの生徒が校内で選抜されて外部の発表大会に参加している。2 学年の「課題研究」や 3 学年の「卒業研究」に全員が取り組む中、学校全体に、外部での発表を研究の一つの目標として行う状況が見られるようになり、研究内容やプレゼンのレベルも向上している。

自らの研究成果を活かした進学先を選択する生徒も増加し、発表する機会が増えたことでプレゼン能力も向上した。その結果、国公立大学の AO・推薦入試に挑戦して 20 名が合格した。

##### **【運営委員会の開催、SSH事業推進のための外部評価の導入】**

年 3 回の運営委員会において協議委員から、SSH 事業推進のねらい、内容、方法、評価等について貴重なアドバイスや改善点及び研究発表での入賞結果や多くの活動実績の評価を頂いた。今年度の外部評価によるアンケート結果（平成 29 年 3 月）は、整理検討して次年度に反映させる。

◎運営委員会：5 月 27 日(金)、10 月 18 日(火)、3 月 7 日(火)

##### **【研究の評価と成果報告書のまとめ】**

本校が行ってきた科学技術科の授業をはじめとした「科学人材を育成する理数教育のカリキュラムの研究開発」の計画・到達度・組織体制についての評価を行い、成果報告書としてまとめた。

#### **⑤ 研究開発の成果と課題**

##### **○実施による成果とその評価**

普通教科「理科」の中では十分に扱うことができない最先端の話題や内容について、学校設定科目「概論」「科学技術実習」「先端科学と社会」において指導する中、さらに生徒の興味・関心の向上を図れた。その要因として、ワークショップ等アクティブ・ラーニング（AL）型授業方法を多く取り入れている。一部の授業では、企業と連携して推進している。また、科学技術科の学校設定科目において数学や理科との関連を整理することで、授業に反映してきている。次年度は、組織的に全ての教科の学習内容をクロスカリキュラムとして整理し、可視化して指導につなげていく。

これまで同様に、多くの理数コンクール等に参加し、一定の成果を上げることができた。また、目標を明確にすることで、全生徒の科学技術の関心と意欲の増進につながっている。特に、「シンガポール研修」に参加した生徒は、英語でのプレゼンテーション、ディスカッションを十分に指導したこ

とにより、その生徒の進歩は目を見張るレベルであった。

これらの SSH 事業の結果、進路選択が明確になり AO・推薦入試において高い実績が残せた。

## ○実施上の課題と今後の取組

### 1 カリキュラムについて

・領域によっては、普通教科の教員との連携が十分に図れていない。定期的カリキュラム、内容やレベル、進捗等の計画の検討を定期的に行っていく必要がある。

・課題研究を行う上で、身につけるべき知識と技能を見直し本校のオリジナルの指導法を開発していく必要がある。

・地球規模のエネルギー、環境問題の解決には、科学技術の理解だけではなく社会科学の知識、手法を知ることが不可欠である。設定科目「科学技術と人間」「先端技術と社会」「概論」等と普通科目との連携を図り国際感覚・社会感覚を育てる。また、言語コミュニケーション力を高めて、課題研究・卒業研究を行う上でわかりやすく科学について発信できる生徒を育てる必要がある。これらをバランス良く体系的に構築するカリキュラム開発をさらに行っていく。

・本校独自の設定科目について、効果検証を行う上で、必要な観点と方法についてどのように評価していくか課題があり、今後さらに検討する必要がある。

### 2 指導体制・方法・評価法について

・科学技術科の教員はカリキュラム開発を行うとともに、開発科目を実践・検証する等専門外の知識を多く必要とするため、高いレベルでの研鑽が求められる。また、大学入試にも対応できる指導のための研鑽が求められる。

・生徒の領域選択については人数の偏りが年度ごとで変動し、生徒の研究テーマ数が多いことから、専門的に指導できる教員数が不足するとともに、各領域の専門性を高める必要がある。

・3 学年 3 単位で実施している「卒業研究」は本校の中核をなす科目である。全生徒が課題解決学習としての側面だけではなく、新学習指導要領で改訂される「理数探求」及びアクティブ・ラーニングの手法を先取りした授業を SSH 校として先進的に行っている。より深くアクティブ・ラーニングの手法を研究するために、今後も東京学芸大学及び株式会社電通と共同で本校の授業をモデル化していく。

・課題発見のテーマ設定が最も重要である。そのテーマ設定の指導法を開発を大学等と連携して開発する。

・課題解決、その発表時(論文、ポスター、口頭発表)の評価を一部ルーブリック等利用して実施しているが、組織的に評価法を開発していく必要がある。

### 3 コンテスト・発表会について

・外部の発表会の出展や理系コンテストの参加は、各領域から参加するように改善されてきている。しかし、一定レベル以上のことが指導できる分野が限られているため、特定の生徒に集中している。今年度は、全校科学技術科の高校として、一層多くの生徒の底上げを図る必要がある。

・課題研究をする上で目標を明確にすることが重要である。国内の多くの大会を目標にさせ、最終的には国際大会での受賞を目標とさせることで、主体的かつ意欲的な取組を促す。

### 4 その他

・夏期休業中を利用して大学研究室訪問の機会を増やし、多くの生徒が参加できる体制を作る。

・女性研究者の普及を一層図る必要がある。

・海外の理数系高校との提携、交流をメールやスカイプを活用して一層活性化する。

・東京都の理数教育の拠点校として、学芸大学とも連携し、小学校・中学校教員に実験等の指導や本校の最新機器を活用した技術研修会を今年度から実施して、活性化を図っている。

・開校 7 年目を迎え、教員体制・人事をどうしていくかを考慮しなければ行けない時期である。

いくつかの課題はあるが、SSH 校の目的、本校の設立の理念は日本の将来を担う最重要な事業である。今後も、日本の科学教育の先進校として、取組に邁進したい。

## 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

スーパーサイエンスハイスクールに指定されたこれまでの 5 年間の成果について、仮説を基に下記の分析とまとめを行った。

第 1 期の SSH 指定「課題名：科学人材を育成する理数教育のカリキュラムの研究開発」（平成 24 年から平成 28 年）において、年度毎に科学技術科の科目開発の取組を行った。1 期の仮説は次のとおりである。

**仮説1.** 大学での専門領域を深化する前段階として広く科学技術に触れさせる体験型授業を経験させ、また理科、数学との連動性をその中に含めることで、記憶、暗記に留まらない、より深いレベルでの理解や、理数感覚を身に着けることができる。

**仮説2.** 実際の研究者からの刺激や、意欲付けを意図的に行うことで、生徒の科学に対する意欲を大きく高め、大学等でのより深い学習につなげることができる。

**仮説3.** 部活動や授業において探究や発表の場を多く持たせ、また、校外での活動への参加を促進し、的確な指導を行うことにより生徒の主体性や向上心を育成することができる。さらに、小中高校や地域との連携を促進することにより地域社会の科学技術への関心向上に寄与できる。

上記の仮説に対し、仮説 1 を、科学技術科のカリキュラム開発という観点から検証し、仮説 2 は、アドバイザー授業や校外学習の機会から検証する。仮説 3 は、プレゼンテーションの機会を持たせた後のアンケート結果等から検証する。さらに、進学型専門高校としての検証を、探究実績を利用した進路実現という観点から分析 4 に記す。

## 分析 1 科学技術科のカリキュラム開発

SSH 第 1 期では主に専門科目である科学技術科のカリキュラム開発を行った。これらは、広く科学技術に触れさせる体験型授業を念頭に開発したものである。特に座学系学校設定科目である「科学技術と人間」、「先端技術と社会」、「科学技術概論」についてはオリジナルテキストを作成したと同時に、実技系科目である「情報技術基礎」、「科学技術実習」、「課題研究」、「卒業研究」等においても、理論と実践をサイクル的に学べるカリキュラムを作成した。表 1 に 1 期における開発科目を示す。

表 1 SSH1 期開発カリキュラム

年度 (SSH 指定年次)	開発科目	実施内容
H24 年度 (1 年次)	科学技術と人間 工業技術基礎	新たなテキスト作成
H25 年度 (2 年次)	情報技術基礎 課題研究	新たなテキスト作成 課題研究テーマ設定法
H26 年度 (3 年次)	科学技術実習 科学技術概論	新たなテキスト作成 4 領域と普通教科の連携
H27 年度 (4 年次)	卒業研究 先端技術と社会	プレゼンテーション力、 課題解決力の育成
H28 年度 (5 年次)		開発カリキュラムの総括



### 【課題研究に係る取組について】

本校は科学技術科を設置する専門学科であり、教育課程上「課題研究」（3単位）は必修である。本校では「課題研究」を2年次に履修し、3年次では学校設定科目「卒業研究」（3単位）を設置することで2年間にわたりすべての生徒が探究活動を行う。その他、科学的探究活動に関する科目は、表2である。

表2 課題研究に関わる科目

科目名	学年	単位数	内容
課題研究	2	3	研究活動（所属領域の専門的探究活動）
卒業研究	3	3	研究活動（所属領域の専門的探究活動）
工業技術基礎	1	3	実習活動（5展開による各領域の基礎実習）
科学技術実習	2	3	実習活動（所属領域の専門的実習）
情報技術基礎	1	2	ITリテラシー、プレゼンテーション指導
科学技術と人間	1	2	科学技術の基礎理論、論理的思考力・発想力
先端技術と社会	2	1	科学技術の応用理論、研究リテラシー
領域概論	2	1	各領域の専門的知識
科学技術概論	3	2	各領域の専門的知識

3年間の研究活動のスケジュールは、現在、下記のように整備されている。

#### 1 学年

1学年では「情報技術基礎」でITリテラシーを学ぶと共に、プレゼンテーションの手法を学んだ上で、全員の前で発表する体験を持ち、生徒個人、生徒相互による評価を行う。また、「科学技術と人間」では4領域における科学技術の基礎知識を学ぶと共に論理的思考力、発想創造力を養う取組を行う。「工業技術基礎」では2クラス5展開による科学技術の基礎実習を行う。

#### 2 学年

2学年では「先端技術と社会」で先端技術と社会の問題を題材に課題解決の考え方・手法を多側面から学ぶ。「課題研究」の1学期は、課題の発見と探究のテーマ設定をする期間として、夏季休業までに探究テーマを確定する。その際は生徒の主体性、興味関心を尊重しながら、ディスカッションによる社会的課題の意識付け、研究の社会的意義の明確化等、研究課題設定を組織的に指導する。2学期では、全員が課題研究の中で、計画・準備・実施・整理・振り返りを毎時間実施し、研究の基礎的な手法を学んでいく。「実験ノート」による記録を基に実験、探究を進める。2学年終了時には中間発表・論文を作成する。探究成果が高いものは校内選抜を経た後、対外発表に臨む。

#### 3 学年

3学年の「卒業研究」ではほとんどの生徒が「課題研究」で設定した研究テーマを引き続き行い、2学年までの失敗も含め、トライアル&エラーによる課題解決力を養いつつ、探究活動をさらに深化させる。探究成果の高いものは対外発表への参加やコンテストへの参加により、よりよいフィードバックを得る。2学期終盤に2年間の探究成果のプレゼンテーション・論文作成を行う。

次に、5年間、毎年重点科目として取り組んだ学校設定科目として開発してきた成果を記す。

### 【科学技術と人間】

#### ①研究仮説

これまでのテキストにSSH校として最新の科学技術を取り入れるだけでなく、普通教科を意識したテキストを作成することで、科学技術者として必要な基礎的な知識や態度、倫理観を育成できる。科学技術、理数系に重点を置いたカリキュラム開発により、科学的なものの考え方、知的好奇心や自ら学ぶ意欲を高めることができる。また、表現力の向上により生徒が自ら課題を設定し問題解決能力

を養う「課題研究」「卒業研究」の研究内容を聴衆に理解しやすく発表する力が身に付けさせられる。

## ②取組内容

第1学年で全員が履修する科目であるため、各領域において将来の科学技術者として必要な知識や態度、倫理観を育成する具体的な内容に整理した。科学技術の専門的な学習を始めるに当たり、「科学技術の発展」と「人間の関わり」についての基礎を学習できるように工夫した。

### 【先端技術と社会】

#### ①研究仮説

環境問題、エネルギー確保の問題、生命倫理の問題、最先端の科学技術の安全性の問題等について、最先端の科学技術を学びながら、諸問題の歴史的な過程を踏まえつつ、現代の課題に今後我々がどのように取り組んでいくべきかを考える機会ができる。また、最近の科学技術の全体的傾向と今後の科学技術のあり方について考察させられる。

#### ②取組内容

現代の科学技術について考えるための視角を提示した。まず、特に重要な個別分野、すなわちエネルギー・環境・情報技術・生命科学の各分野について、各領域の教員がローテーションで指導した。科学技術と社会との関わりについて歴史的経緯も含めて学習した。

#### ③成果・検証結果

これからの科学技術政策には、高度化し専門化・細分化された自然科学の諸分野の知識の統合のみならず、自然科学と人文・社会科学の各分野で得られた知識をも統合する、総合的な取組が必要であるとする。そのためにも生徒同士で課題を発見し、テーマについての解決に向けた主体的・協働的な学習・指導方法であるアクティブ・ラーニングを取り入れることによって生徒自身が飛躍的充実を図ることができた。

### 【科学技術概論】

#### ①研究仮説

概論は、4領域について、普通教科との融合も視野に入れ、「科学技術と人間」「工業技術基礎」「生物基礎」「化学基礎」等、基礎理論の理解し、社会での応用例を通して多角的に学ぶことができる。

#### ②取組内容

##### 1) 普通教科との連携

- ・重複内容を減らし効率的に授業計画を立てる。
- ・重複する場合、誤った解釈で伝わらないよう担当者間で打ち合わせる。
- ・考査試験問題や各領域の概論テキストを共有し授業計画に活かす。

##### 2) 科学技術実習との連動

- ・大学進学を視野に入れ、広く科学技術に触れ、体験型授業を取り入れる。

#### ③成果・検証結果

学校設定科目「科学技術概論」のテキストを完成させ、授業を実施した。各領域に関して最先端の話題を取り込み、生徒の進路につながる内容について ICT 機器等を活用し講義をした。

普通教科（理科・数学・英語）と専門教科の4領域（バイオテクノロジー、エコテクノロジー、インフォメーションテクノロジー、ナノテクノロジー）を融合させるために、研究に取り組んだ。

インフォメーションテクノロジー領域では、数学の統計に関する式、物理の力学シミュレーション等に取り組ませ普通教科及びプログラミングの理解を深めさせた。

バイオテクノロジー領域では、生物分野との実験の精査を行い、通常実施できない好気呼吸・遺伝子組換え等の実験も行った。

ナノテクノロジー領域では、物理の原子に関する実験を中心に引き上げ実施した。

エコテクノロジー領域では、化学のセンター試験で出題されている実験を引き上げ、大学入試対策の対策にもつなげた。

### 【工業技術基礎】

#### ①研究仮説

理数教科と専門教科を関連づけ普通教科の知識と専科の実験で定着・深化させると同時に学びの機会を増加させることができる。

#### ②取組内容

理科と専門分野では科学技術科と連動しているテーマ領域を確認し、指導内容を再構成した。

### 【情報技術基礎】

#### ①研究仮説

コンピューターサイエンスアンプラグトの手法を取り入れることにより、生徒の理解度が高まる。また、プレゼンテーション教育手法により、伝えたいことが的確に伝えられ、分かりやすいプレゼンテーション技法が身につけられる。

#### ②取組内容

コンピューターサイエンスアンプラグトは Tim Bell 氏考案による情報科学の原理を子供に効果的に教えるための教育手法である。学習活動はグループワークやゲームを取り入れる等、生徒が楽しみながら活動に取り組めるように工夫して実施した。（共同研究者：上智大学理工学部情報理工学科・高岡詠子教授）

### 【科学技術実習】

#### ①研究仮説

工業技術基礎（1 学年）の発展科目として数理的な事象を考察・分析するために重要な科目である。各領域の専門知識をより深く学び、自分の深い興味・関心を喚起し、また課題研究との接続を視野に入れ、科学技術の応用力を育成できる。

#### ②取組内容

「概論」の内容を踏まえ領域毎に、普通教科「理科」の各分野の実験を精査し、互いの進度や大学入試も踏まえて計画的に配置をした。

- 1) 座学の内容を実験・実習で検証させる学習 ・基礎理論の深化と応用力を伸ばす  
・自ら実験にとりかかる、実行に移す実践力 ・課題研究との連動 ・レポート指導
- 2) 基礎・基本を定着させる  
・各領域の基礎知識に加え、研究・実験の進め方、実験機器の扱い方を身につける  
・実物鑑定の試験実施

#### ③成果・検証結果

平成 26 年度に生徒を対象に行ったアンケート調査から、関連項目を抜粋したものを表 3 に示す。この結果より、特に実習や 3 年次の概論において、科学技術科と普通科の関連に生徒が気付いた様子が分かる。

表 3 普通教科との関連について肯定的に捉えている生徒の割合

	科学技術実習	科学技術概論（2 年生）	科学技術概論（3 年生）
普通教科との関連に気付いた	81%	69%	85%
普通教科の学習に役立った	79%	70%	77%

卒業生を対象に本校の取組を振り返るアンケート調査においては、「数学・理科で学んだ理論と科学技術科の実習・研究等で学んだ内容の関連性を感じることはありましたか」という項目において、95%以上の肯定的な回答を得ている。この結果からは、理数科目と科学技術科の授業の関連（学校設定科目）が理解されていることが分かる。今後もさらに組織的に連携していく意義がある。

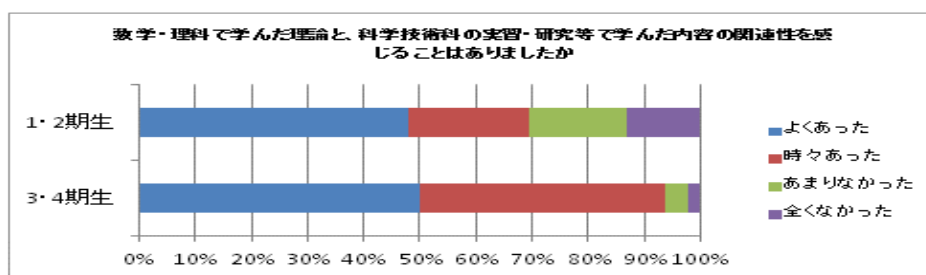


図1 数学・理科で学んだ理論と科学技術科の実習との関係

### 【課題研究】

#### ①研究仮説

通常、「課題研究」は、工業高校で発展科目として位置付けられていることから、基礎知識と技術を経験した3年生に設定することで円滑な指導が可能であった。一方、本校では、2年次に「課題研究」が設定されており、研究を開始するには専門性に乏しい状況であった。そこで、本校の「課題研究」では、基礎実験を年度当初に導入することで円滑な「課題研究」を実践できる。

#### ②取組内容

基礎実験を年度当初に導入することで、円滑な「課題研究」を実践することを目的にカリキュラム開発に取り組んだ。

### 【卒業研究】

#### ①研究仮説

1学年「工業技術基礎」、2学年「課題研究」を通して育成された科学技術の素養を更に高め実践的な態度を育て、研究する姿勢を養い、学びに対する意欲と本質を捉える力を育成できる。また、生徒一人一人が実際に大学等に進学し、学びたいと考えている領域の先取り学習・研究を通じて、科学技術社会への発展が図れる。

#### ②取組内容

- 1) 座学の内容を実験・実習で検証させる学習・ワークショップの導入
- 2) 大学受験等との関連
- 3) 自主的に問題意識を持って参加する取組 ※ 卒業研究テーマは関係資料に添付

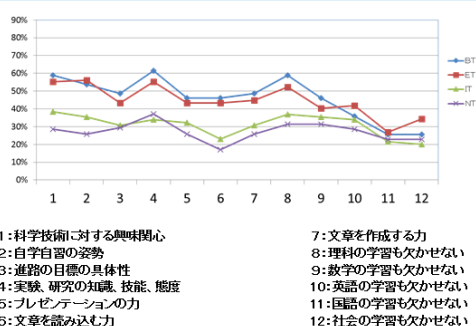
#### ③成果・検証結果

卒業研究の前後でワークショップを導入した結果、生徒は昨年度までと異なり、課題発見、課題解決に向けた取組、他者にどのように自分たちの取組を分かりやすく説明するかについて目的意識を持って、研究に取り組むことができたのではないかと考えられる。また、時間を区切って発表させたことは、非常に有効で自分たちの研究を分かりやすく短時間で説明しようとする姿勢がどのグループでも見られた。さらに、ワークショップ中は、グループ内で役割が自然と生まれる等の効果が認められた。

### 【課題研究・卒業研究を通じて学んだことは何か。】

- ・実際に自分でやってみてみることの大切さ。
- ・失敗から何かを学ぶという姿勢。
- ・とにかく自分から行動することが大切であるということ。これは研究に限らずこれからの人生で役立つのではないか。
- ・探究心と対応力を学んだ。研究は答えがなく自分で答えを探して簡単には結果がでないこと。あらゆる方向からものを見る視点が大切だということ。
- ・人の意見を聞くことの大切さ。

卒業研究を受けて、4月当初と比べて力が伸びたと考えている生徒の割合(3期生)



- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| 1: 科学技術に対する興味関心   | 7: 文章を作成する力     |
| 2: 自学自習の姿勢        | 8: 理科の学習も欠かせない  |
| 3: 進路の目標の具体性      | 9: 数学の学習も欠かせない  |
| 4: 実験、研究の知識、技能、態度 | 10: 英語の学習も欠かせない |
| 5: プレゼンテーションの力    | 11: 国語の学習も欠かせない |
| 6: 文章を読み込む力       | 12: 社会の学習も欠かせない |

東京都立多摩科学技術高等学校

図2 卒業研究での生徒の変化

・諦めない心、相手を考えた話し方、考察力、努力の大切さ

卒業生を対象に本校の取組を振り返るアンケート調査においては、「課題研究・卒業研究の中で、仮説検証の思考・判断力は身に付きましたか」という項目において70%以上、「粘り強く課題に取り組む姿勢は身に付きましたか」75%、「他者と協働して研究に取り組む姿勢は身に付きましたか」80%の肯定的な回答を得ている。この結果からは、課題研究・卒業研究を通じて、探究に必要な「思考力・判断力、協働力、粘り強く取り組む力」等の21世紀型学力を確実に身に付けていることが伺える。

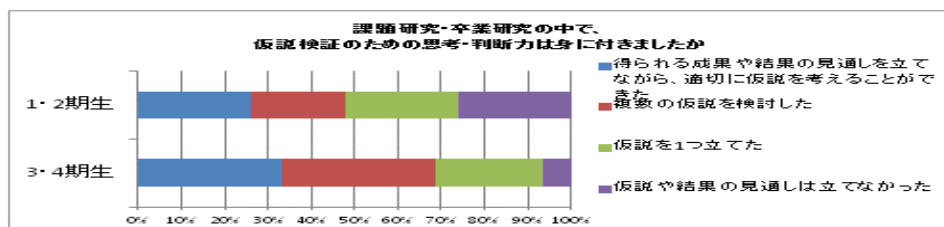


図3 仮説検証のための思考・判断力について

## 分析2 研究者や外部研究施設との連携

科学技術・理数系への興味関心を高揚させるために、科学技術、理化学分野に精通した著名人を招聘し、特別授業として講演やシンポジウムを充実させた。本校の科学技術アドバイザーを中心とした大学や研究機関、先端企業等から人材を招聘して、授業や実験等を行った。また各大学や研究機関、先端企業等を訪問して、研修や見学を行った。

### 【アドバイザー講演・特別授業】

#### ①研究仮説

科学技術アドバイザーによる授業、特別講義や大学等との連携を通じ、専門化と細分化が進む科学技術分野での探究、開発について生徒の理解を深めることができる。また、課題研究や卒業研究において、科学技術アドバイザーからの指導・助言を受け、課題解決を図る中で、問題解決能力や自発性、創造的な学習態度を育むことが可能となる。

#### ②取組内容

毎年、アドバイザーには、学年全体が一斉に同じテーマを受講する「講演」と、複数ある講座の中から興味のあるものを選択して受講する「特別授業」を依頼し、実施している。

#### ③成果・検証結果

平成26年度におけるアドバイザー講演・授業後に生徒を対象に取ったアンケート結果を表4に示す。図4より、ほとんどの授業・講演で肯定的回答が90%以上あり、興味を喚起し、理解を深めている様子が見て取れる。その他の年度においても同様の傾向が見られ、記述式のアンケート結果からも、授業を受けて生徒が興味・関心を高めた様子が見られる。外部施設への研修についても、理解を深め、興味・関心を高めることができていることが、アンケート結果から分かる。

表4 アドバイザー授業・講演アンケート結果

		7月 1年生 講演 215人		7月 2年生 授業 205人		12月 1年生 授業 215人		12月 2年生 講演 207人	
理解度	興味	肯定的回答		肯定的回答		肯定的回答		肯定的回答	
		1	2	1	2	1	2	1	2
肯定的回答	1	21%	41%	33%	47%	48%	41%	37%	41%
	2	68%	51%	56%	46%	47%	53%	60%	53%
否定的回答	3	9%	7%	11%	7%	4%	3%	3%	2%
	4	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%

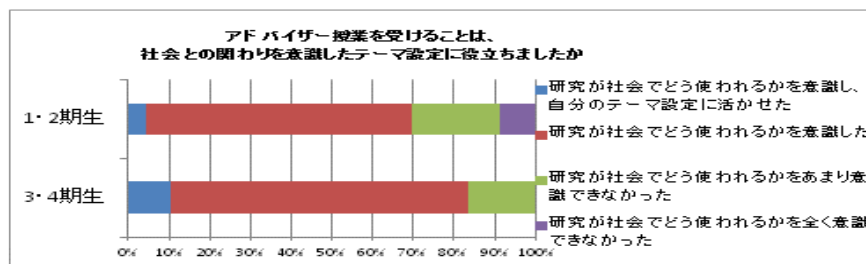


図4 アドバイザー授業を受けて社会との関わりについて

【大学研究室訪問】

①研究仮説

大学内の諸施設や大学研究室を見学することにより、研究の仕方等の理解を深め、学習意欲を高めることができる。

②取組内容

毎年、希望者を対象に、大学研究室訪問、研究者ジョブシャドウ（平成28年度より）を実施している。研究者になった動機や現在までの経歴、生活等を直接聞く機会を持ち、キャリア教育の一環としても有意義な取組となっている。毎年、この研修の希望者は多く、生徒の関心の高さがうかがえる。また、この研修により、進学先を決定する生徒も多くいる。

◎研究室訪問先大学：東京大学、東京工業大学、筑波大学、首都大学東京、千葉大学等

◎京都大学「GSC ELCAS」に2名が選抜されて、大学に半年間通い研修を受講した。

【日帰り体験研修】

①研究仮説

先端の研究を行う研究施設を見学することや、そこで研究を行う研究者から話を伺うことで、学習意欲を向上させ、自らの進路について深く考えるきっかけを与えることができる。

②取組内容

◎筑波学園都市（高エネルギー加速器研究機構、筑波大学人工知能研究室、JAXA）

◎理化学研究所（横浜）、横浜市立大学生命医科学研究所 等

③成果・検証結果

卒業生を対象に本校の取組を振り返るアンケート調査においては、「国内研修（バス研修・研究室訪問等）を受けることは、社会との関わりを意識したテーマ設定に役立ちましたか」という項目において、90%以上の肯定的な回答を得ている。この結果からは、外部の研究者との交流を行うことで、研究がどのように社会で活かされるのかについて考える貴重な機会になっていることが伺える。大学研究室等との連携も含めて今後もこのような取組を実施していくことは意義がある。

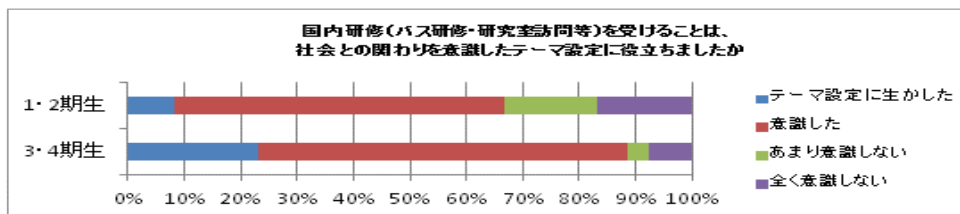


図5 国内研修実施後の意識の変化

【国際性の育成】

科学技術の能力を向上させるために、科学技術教育及び自然科学教育の中でも、語学力とくに英語力を強化することが必要である。

①研究仮説

英語でのリスニング力・プレゼンテーション力の向上を図る。また、英語をツールとして科学英語

の理解、英語での科学論文の作成・ポスターの製作、さらには異文化への理解等の向上が図れる。サイエンス・ダイアログ・プログラムによる海外の研究者のプレゼンテーションを見ることで生徒自身の今後の英語によるプレゼンテーションの参考にするとともに、英語の必要性を実感し、英語学習への意欲を高めることができる。

## ②取組内容

国際会議への参加・夏季勉強合宿・土曜講習・放課後講習等で、英語力の向上に取り組んできた。さらに英語力の育成に力を注ぎ、英語によるプレゼンテーションへの取組みを始め、科学技術者として求められる英語能力の育成や国際感覚を身につけさせるカリキュラムの開発にも取り組む。次に具体的な国際教育の取組を示す。

◎国際会議での英語発表（シンガポールを予定）、他国高校生との交流（台湾を予定）

◎CAT(自宅での英検学習システム)を利用した英語検定等の資格取得指導

◎ビデオ会議システム等の ICT(ネット回線)を活用した科学研究発表会（台湾、シンガポール等）

◎英語によるポスター発表、プレゼンテーション指導

◎JET を活用して「英語アブスト講習」「英語プレゼン講習」「英会話講習」を実施

## 分析 3 プレゼンテーション力の向上

本校では全生徒が各々の探究活動の対外発表を行うことを必須とし、プレゼンテーションや論文のスキルアップを行っている。専門学科ならではの実習や課題研究等の実践教育を多く取り入れ、1年次「情報技術基礎」、2年次「課題研究」、3年次「卒業研究」において、最低3回校内での発表を行ってきた。校内発表会では、1年次、2年次、3年次を通して発表会を繰り返し展開していくことにより、生徒のプレゼンテーション力と自己発信力の養成に注力した。また、3年生の「卒業研究発表会」は、保護者のための発表会という意味合いを強め、3年間の集大成として行なうことで、生徒の成長成果を見てもらう機会として保護者に提供することにした。上級学年になるにつれて、発表会規模を大きくするとともに外部へ広げていくイメージで発表会モデルをつくり実行した。

### 【校内・地域・全国発表会】

#### ①研究仮説

プレゼンテーション力の伸張が図られる。生徒同士の情報交換・意見交換等の交流を深め、互いの発展向上の場となり、生徒の向上が図れる。

#### ②取組内容

約3割の生徒が、SSH 全国大会をはじめ海外学会や総合文化祭、大学主催発表会、地域連携発表会、コンテスト等多くの発表実績および表彰実績を残している。

具体的な発表機会を次に示す。

##### (ア) SSH 指定校発表会

全国発表会、関東近県指定校発表会、東京都内指定校発表会

##### (イ) 高校生による研究発表会

理科学研究発表会、全国総合文化祭、科学の甲子園、サイエンス・エッジ、首都圏オープン、理系女子発表会、多摩未来祭（文化祭）等各高校発表会

##### (ウ) 大学等主催発表会

千葉大学、工業成果発表会、各種学会

##### (エ) 国際交流

シンガポール海外発表研修、スカイプを用いた国際交流

##### (オ) 地域交流

サイエンス・ミーティング、わくわくどきどき工作スタジオ、科学の祭典 in 小金井

「課題研究」を詳細に分析することは、SSH 事業の包括的な評価に繋がる。以上の目的から、「課

題研究」で平成 27 年度よりルーブリックを用いて分析した。

### ③成果・検証結果

発表を終えた生徒に対してアンケート調査を行った結果、プレゼンテーション力の向上やその大学進学後の活用力、探究心の向上、失敗から学ぶ姿勢の取得等の意見が得られた。

これらの結果からも、卒業研究を終えた生徒のアンケートから研究発表会の重要性がみえる。大半の生徒は研究発表会の準備は大変であると答えているが、自らのプレゼンテーション力は向上したという意識を持っている。これは発表会を通じた「成功体験」になるといえる。さらに研究発表会の準備は大変であっても、それが経験として重要であるということを生徒自身が認識していると考えられる。また、上級学校進学後に高校での経験が活かされるであろうと考えている生徒が大半であることも注目すると、生徒の意見の多くが「誰かに向かって説明する」ということを想定して、活かされると答えている。

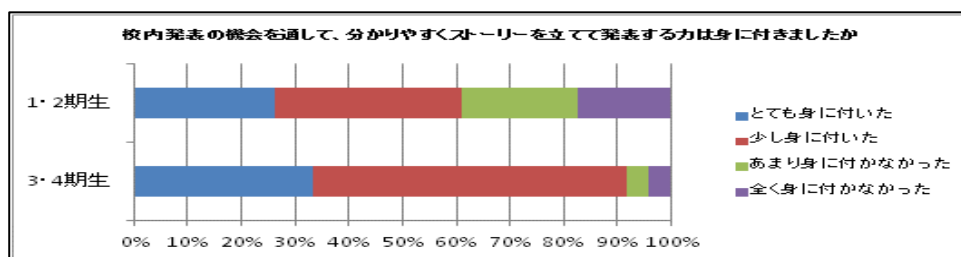


図 6 発表会を通して

### 【SSH 1 期の発表実績一覧】（詳細は別紙）

平成 28 年

◎SSH 生徒研究発表会 審査委員長賞 「未利用資源の有効利用と木質バイオマスの高効率化」

平成 27 年

◎日本青少年水大賞 最優秀賞 スtockホルム世界大会に参加  
「黄金井の水環境 ～『ハケ』とともに生きる水～」

平成 26 年

◎日本生物学オリンピック 2014 優良賞受賞

平成 25 年

◎SSH 生徒研究発表会ポスタ発表賞「クモの糸の可能性～マイクロ観察とスペクトル比較～」

平成 24 年度

◎ 第 12 回高校生ものづくりコンテスト「化学分析部門」関東大会出場

## 分析 4 探究実績を利用した進路実現

本校は進学型専門高校であり、進路実現に注力している。卒業生の進学推移に着目すると、3 期生から国公立大学進学者が急増し（約 30 名超）、その半数が推薦・AO 入試を利用している。また、私立を含めた受験者や国公立一般受験者も「課題研究」「卒業研究」で培った探究成果をさらに深く追求したいという希望から大学を選択、受験する傾向が非常に高い。平成 24 年度（1 期生）、25 年度（2 期生）の卒業生はこれらの傾向が少なかったのに対し、平成 24 年度 SSH1 期指定時に入学した 3 期生の進路では上述の傾向が高くなっている。卒業生へのアンケート結果からも、本校 SSH 事業での学習内容が入学後の大きなレベルアップにつながっているとの意見も見られる。

これらの進学実績は、本校が開校 3 年目（3 期生入学時）から第 1 期 SSH 指定を受け、探究活動に注力し、その探究成果を一要素として進路実現に活用している要因が大きい。また同時に、探究活動の中で基礎的な知識の必要性に気付き、勉強し、一般入試で合格する生徒も増えている。これらの成



果は普通科ではなく専門性の高い科学技術科独自の強みであり、SSH 事業による成果が非常に大きいことが考えられる。

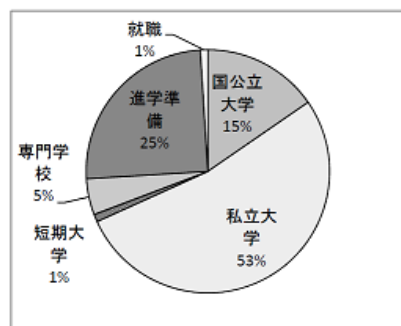


図7 進学状況 (平成27年度卒業生)

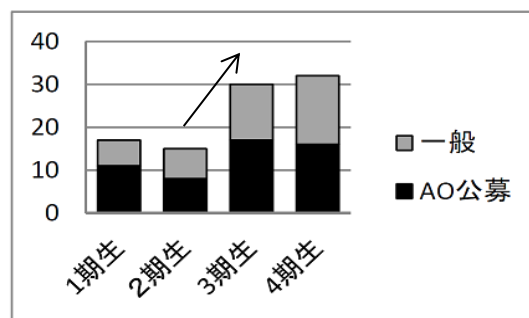


図8 国公立大学合格者数推移

## ② 研究開発の課題

### 分析1 科学技術科のカリキュラム開発

オリジナルテキストの内容は、科学技術における4領域 (BT、ET、IT、NT) を先進的に取り入れる必要性から、技術進化に合わせた毎年の更新が必要であり、内容の十分な精査、振り返りが行われないうちになっている現状がある。また、科学技術科と普通科の連携が、部分的なものに留まっており、学校全体として共通意識が持っていない。教科間で関連する項目を洗い出し、共有することによって、クロスカリキュラムを可視化し、より教育効果を高めていく必要がある。

一部の興味ある内容に特化して偏りがあり、それ以外の内容や分野、他教科には関心を示さない生徒が多い。総合的な見地や知識を持って判断できる生徒を育成する必要がある。

課題研究を行う上での、身に着けるべき知識と技能が不十分の中で実施している。

課題発見はテーマ設定が最も重要である。その指導法の開発を大学等と連携して開発する必要がある。本校独自の設定科目について、効果検証を行う上で、必要な観点と方法について統一されていない等の課題があり今後さらに検討する必要がある。

### 分析2 研究者や外部研究施設との連携

研修の内容によっては、理解を深めることが難しかった様子もみられるため、事前学習・事後学習を行い、より効果的な研修方法の検討が課題である。また、アドバイザー等の講義内容の精査をし、生徒の興味関心、ニーズ、社会性に対応した課題設定を行う必要がある。

### 分析3 プレゼンテーション力の向上

対外発表の準備時間は授業時間のみではならず、部活動による探究活動において補っている生徒も多い。結果、上位層や発表意識の高い生徒に対外発表が集中する傾向があり、全生徒が意識高くプレゼンテーションを行っているとは言い難い現状がある。

発表に関する評価として、一部でルーブリックを利用しているが、評価法が統一されていない。学校全体での評価法を検討していく必要がある。

### 分析4 探究実績を利用した進路実現

生徒の探究テーマは多岐にわたり、専門性の高い指導レベルが求められるため、研究指導ができる教員の確保、指導力の研鑽が求められる。そのため教員自らの研究活動や、研修参加を通じたスキルアップ、大学等との更なる連携を図る等の必要性がある。