

平成26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2年次

研究開発課題

国際バカロレアの趣旨に基づく
理数探究教育プログラムの開発および実践

平成28年 3月

東京学芸大学附属国際中等教育学校

はじめに

校長 佐藤 正光

平成 26 年度指定スーパーサイエンスハイスクール(SSH)の指定校としての研究開発実施報告書(第 2 年次)を提出いたします。

SSH は先進的な科学技術, 理科・数学教育を通して生徒の科学的思考力, 判断力などを培い, 将来国際的に活躍し得る人材の育成を目指し, 理数系教育に関する教育課程等の研究開発を行うことを目的としています。

本校は国際バカロレア機構(IBO)が提供するミドルイヤーズプログラム(MYP)を実施する学校として, その特長を活かした理数探究教育プログラムの開発を目指しています。本校では, 日頃から授業や学校生活を通じて生徒たちに国際社会の中に存在する現代的課題に正面から取り組み, 科学的, 数学的な解決のための問いかけをしています。現代の社会が抱える格差や貧困による食糧問題, 世界的な環境問題, 生命科学や宇宙の神秘などあらゆる事象に関心を持ち, その原因や解決方法を考える, そしてそのために科学的で合理的な方法や論理によって問題の本質を解析する, それが国際バカロレア(IB)の目指す探究型の教育です。6 ヶ年一貫の教育を通じて数十篇の課題レポートに取り組むほか, 4 学年が 1 年間取り組むパーソナルプロジェクト(PP), 5・6 学年の課題研究など多くの研究の機会があり, それらを校内で発表しています。こうした本校の教育は, 科学的な知識と探究力によってこそ確実なものとなっていきます。

本年度は SSH 事業の 2 年目となり, 5 学年の研究活動を中心として前期課程(中学校課程)の生徒も取り組む幅広いものとなってきました。本校の現状では, その研究はまだ萌芽的, あるいは短絡的なものが目立ちますが, ユニークで発展の可能性のある研究も少なくありません。そして, 先輩のプレゼンテーションを見た後輩たちは, それを参考にしてさらに興味深く実証性の高い研究を生み出すのではないかと期待しております。

私たちは, 生徒の抱く夢のような発想が, SSH 事業の恩恵によって多くの研究者や研究機関, 企業の力を借りて, 科学的な分析や先端的な技術の力で本当に実現することを信じ, その夢に向かって突き進む生徒たちを育てたいと願い, 日々この事業に取り組んで参りました。その成果を御高覧いただき, ご指摘, ご助言を賜うことができましたら幸甚に存じます。

目次

研究開発実施報告（要約） 別紙様式 1 - 1	1
研究開発の成果と課題 別紙様式 2 - 1	5
平成 27 年度 SSH 研究開発報告書	
1 章 研究開発の課題	13
(1) 研究開発課題	
(2) 研究開発の課題	
(3) 研究の仮説	
2 章 研究開発の経緯・内容・実施の効果とその評価	15
(1) SS 科目	
(1) - 1 SS 数学	
(1) - 2 SS 理科	
(2) SSIB 講座	
(2) - 1 SSIB 化学講座	
(3) SS 理数探究	
(3) - 1 SS 理数探究(各学年における国際教養)	
(3) - 2 ISS チャレンジ(課題研究支援事業)	
(3) - 3 グローバルサイエンス事業	
(3) - 4 セミナー・フィールドワーク事業	
(4) 評価方法開発	
(4) - 1 教科指導における評価方法の開発	
(4) - 2 課題研究を促す評価方法の開発	
3 章 校内における SSH の組織的運用体制	62
4 章 研究開発実施上の課題及び今後の研究開発の方向・成果の普及	63
資料	
資料 1 : 教育課程上に位置づいた課題研究一覧	64
資料 2 : 実験観察評価(PSOW)シート	66
資料 3 : 研究計画書・ルーブリック	67
資料 4 : 研究経過報告書・ルーブリック	69
資料 5 : 研究論文の書き方・ルーブリック	71
資料 6 : ISS チャレンジ口頭発表審査用紙	76
資料 7 : 運営指導委員会報告	77
資料 8 : 今年度の教育課程表	79

①平成 27 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	
国際バカロレアの趣旨に基づく理数探究教育プログラムの開発および実践	
② 研究開発の概要	
<p>IB の趣旨に基づき、国際社会で活躍できる科学技術人材の輩出に資する理数探究教育プログラムを開発する。具体的には、以下の開発に取り組む。</p> <p>◇IB の趣旨に基づく理数探究教育プログラムの開発と授業実践</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ IB の特徴でもある学習者中心で協働型・双方向型の授業 ・ 科学の現代的課題や学際的課題を扱い、IB のディプロマプログラム（以下、DP）の授業の一部を（校外外）で共有 <p>◇SS 理数探究の充実による学際的な学びの開発と実践</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 課題研究を推進する能力となる課題発見力、問題解決力、協調性、論理的思考力、多面的考察力、発信力などの育成を柱とする中等教育 6 カ年を通した体系的な理数探究活動 ・ 生徒の多様な課題研究の推進を促す仕組みとしての課題研究コンテストおよび研究支援 ・ 生徒の多様な知的好奇心のニーズに応え、科学技術に理解のある人材のすそ野を広げる <p>◇理数探究活動を促す IB の趣旨を生かした評価方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 理数系教科の学習指導における観点別評価の定着とその活用 ・ 実験観察に必要とされるスキルなど科学研究にもとめられる資質・能力の評価と活用 ・ 生徒の課題研究を推進する評価方法の開発と自己評価を促すメタ認知力の育成 	
③ 平成 27 年度実施規模	
中等教育学校前期課程を含む全校生徒（1 学年~6 学年）を対象とする。	
④ 研究開発内容	
<p>○研究計画</p> <p>1 年次：平成 26 年度 準備・試行段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ SS 科目事業では IB の趣旨を取り入れた SS 科目を開設した。 ・ SSIB 講座事業として、東京大学及び東京学芸大学と連携して生命科学実験講座および電磁気学実験講座を実施した。 ・ SS 理数探究事業では、国際教養委員会、各学年会と協力し、理数探究活動を実施した。また、課題研究を促す機会としての校内科学コンテスト「ISS サイエンスチャレンジ」や「生徒研究支援事業」および研究者に身近な交流を実現する「サイエンスカフェ」等を実施した。また、科学的意識の高まりを調査するためにアンケート調査等を実施した。 ・ 評価開発事業として、SS 科目等の単元・教材レベルでのルーブリックを開発し、段階的に試行した。また、国内外の実践教員および研究者を招聘し、形成的評価を活用した授業展開について議論した。 <p>2 年次：平成 27 年度 拡張・展開</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ SS 科目事業として、SS 数学では学際的な課題を教材化し授業実践を行った。また、テキスト作成に向け、単元設計および探究課題を開発した。SS 理科では DP の新シラバスの趣旨を反映させ、現実社会の課題や実験デザインを重視した授業設計を行った。さらに、公開研究会において SS 科目を公開し、研究協議会ならびに情報交換会を実施した。 ・ SSIB 講座事業では東京学芸大学と連携して材料科学講座を実施した。実施に際しては本校 DP 	

教員と大学研究者とが連携し、TT方式で実施した。

- ・SS 理数探究事業では、各学年において課題研究を遂行するために必要な資質・能力を発達段階に応じて設定することにより、6カ年の理数探究活動の体系化の枠組みを国際教養委員会において開発した。
- ・1年次に実施した校内課題研究コンテストを「ISS チャレンジ」として企画・実施した。その中で、生徒研究支援事業として人的・物的支援を行い、課題研究の促進を図った。さらに各種講演会やサイエンスフィールドワークを実施した。
- ・評価開発事業として、理科では6年一貫した実験観察評価シート(PSOW)を開発し、生徒へのフィードバックの仕組みを構築した。また課題研究に対しては研究計画書・研究経過報告書・研究論文作成の流れを構築するとともに、その中で提示する評価規準やルーブリックを開発した。

3年次：平成28年度 深化・普及・評価（改善）

1, 2年次の実践を踏まえて事業の深化を図るとともに成果の普及を図る。3年間の中間評価を行い、改善点を抽出する。

- ・SS 科目事業では2年次までの実施を評価することで明らかになった課題をもとに授業方法の改善・教材の開発・実践を行う。あわせて普及モデルの検討を開始する。
- ・SSIB 講座事業では SSIB 講座を本校 DP クラスと合同実施する。
- ・SS 理数探究事業では2年次に設定した資質・能力を育成するプログラムを開発するとともに、「ISS チャレンジ」や「生徒研究支援事業」の実態を評価し、改善点の抽出や運用の効率化を図り、普及モデルとしての検討を開始する。
- ・評価開発事業ではそれまでに開発した評価規準および評価課題の分析・評価をもとにその内容を改訂し、IBの趣旨に基づく一貫した評価規準の設定および評価を実施する。
- ・広報・普及事業として Web ページなどを作成し、実践成果を広く公表するとともに、公開研究会において SS 科目を公開し事業成果の発表と研究協議の機会を設ける。

4年次：平成29年度 評価・改善

中間評価により明らかになった改善点を反映させた事業を展開する。

- ・SS 科目事業で3年次までの SS 科目の実施を省察し、中間評価を踏まえて検討・実施する。
- ・SSIB 講座事業では SSIB 講座を公開講座として実施し、他校（SSH 校及び IB 校）の生徒も受講可能にすることで、学校間交流を図る。
- ・SS 理数探究事業では国際教養委員会および各学年会とともに、3年次の取り組みに対する評価・分析を行う。さらに6年間の体系だった理数探究プログラムを開発する。
- ・評価開発事業ではそれまで実施した評価規準および評価課題の分析・評価をもとにその内容を改訂し、IBの趣旨に基づく一貫した評価規準の設定および評価を実施する。

5年次：平成30年度 完成・普及

5年間の総括を行い、普及モデルを提示する。

- ・これまでの SS 科目の実績をもとに、DP シラバスの趣旨を取り入れた授業設計やカリキュラム、DP 導入に対する課題を具体的に対外的に提示する。
- ・これまでの SSIB 講座の成果や理数系科目における DP 授業の学校間共有を目標に新しい研究課題を模索する。
- ・これまでの IB プログラムにおける評価システムを調査・研究および実践をもとに、今日の教育に求められている評価規準の作成や工夫および改善の方法について具体的に提示する。

○教育課程上の特例等特記すべき事項 特になし

○平成27年度の教育課程の内容 （別ページ教育課程表）

後期課程生徒が履修する SS 科目は、既存の理科と数学科の科目として位置づけており、学習指導要領で指定されている学習内容を含めて構成されている。SSIB 講座は、長期休業中に集中講義形式で実施する。SS 理数探究は、総合的な時間（国際教養）の一部として位置づけて実施した。

○具体的な研究事項・活動内容（27年）

（1）SS科目事業

本校の教育課程表において、理数系教科に属する科目としてSS科目を設置する。

SS 数学：事象の探究を軸に据えた独自テキストの作成に向けて、基礎研究として主に単元「ベクトル」の目標・内容の検討，探究課題の開発を行った。また，実践研究として昨年度作成した単元「座標幾何(仮称)」の「§1 図形と方程式・不等式(仮称)」に関するテキストの素案を基に授業実践を行い，昨年度作成したルーブリックを用いてレポートを評価した。

SS 理科：DP 理科の研究を基に「社会との関わりを軸とした授業設計」「科学的方法の習得のための実験デザイン」「発展的学習の一部導入」を重視した授業を開発し実践する。研究開発の成果を冊子「国際バカロレアプログラムの趣旨を取り入れた理科授業の実践報告」にまとめた。

（2）SSIB 講座

DP での学習内容の一部を取り入れた集中講座を「SSIB 講座」として開設する。

（3）SS 理数探究事業

（3）－1 SS 理数探究（各学年における国際教養）

課題研究を軸とした理数探究活動の実現のために，6 年間の体系化に向けた各学年における目標および目標達成に向けたプログラムの開発に取り組んだ。具体的には，各学年において，課題研究を遂行するために必要な資質・能力を生徒の発達段階に応じた形で設定し，それを育成するためのプログラムと評価規準の開発，実践を行った。そして，それらを集約し，6 年間の体系化に向けて，各学年で身に付けさせておくべき資質・能力を同定した。

（3）－2 ISS チャレンジ（課題研究支援事業）

個人やグループで自発的に行っている生徒の課題研究を奨励するために，校内科学コンテストを実施する。全ての在校生にその機会が提供され条件を満たす課題研究に対しては物的人的な研究支援を施し，生徒の研究活動を推進するとともに，生徒の興味関心に即しながら科学研究の方法を習得させ，自律的な課題研究の推進を促す。

（3）－3 グローバルサイエンス事業

海外 SSH 校の授業を経験したり，海外 IB 校との研究交流を行うプログラム，グローバルに活躍する科学技術人材の育成をめざす。英語によるプレゼンテーションだけでなく，英語を使ったインタラクションを通して協同実験や研究をおこなう能力を育成するプログラムを開発する。

（3）－4 セミナー・フィールドワーク事業

身近な生活に生かされている科学技術や，科学研究の社会的なつながりについての気づきや発見を促すしくみとして，サイエンスカフェやフィールドワークおよび対象を特化した各種セミナーを実施する。

（4）評価方法開発事業

SS 科目や探究活動および課題研究に関わる一連の教育活動において，IB の趣旨に則った評価の手法を導入することで，理数探究教育の充実をはかる。

（4）－1 教科指導における評価方法の開発

探究活動にもとめられる技能の育成とその体系化をめざし，6 年一貫した実験観察評価シート(Practical Scheme Of Work、以下 PSOW)の開発を行い実践する。

（4）－2 課題研究を促す評価方法の工夫

ISS チャレンジの課題研究論文の評価のために，IB の Extended Essay の評価規準をもとにした評価規準を開発し，審査を兼ねた評価を行う。また，評価規準を事前に提示することで，評価の要求水準を示すとともに，生徒自身の省察を促す。

5 研究開発の成果と課題

○実施による成果とその評価

(1) SS 科目事業

本校の教育課程の理科と数学において SS 科目を開設し、IB の趣旨を取り入れた教育実践（授業改革）に取り組んだ。SS 数学において、事象の探究を志向した授業が実現され、ルーブリックを用いた評価によって、生徒の学習の到達度を明らかにする目的を達成することができた。SS 理科では、DP 理科の研究を基に「社会との関わりを軸とした授業設計」「科学的方法の習得のための実験デザイン」等を重視した授業を開発し実践することで、学習者中心で協働的・双方向型の授業設計へ転換した。これにより生徒には現実社会の課題や実験デザインに積極的に向き合う姿勢がみられるようになった。研究成果物として、実践報告書を作成し全国の SSH 校に配布した。

(2) SSIB 講座事業

大学等と連携して DP の発展的学習内容を含む集中講座を設計し、実施した。DP 導入への課題を明確にすることができた。

(3) SS 理数探究事業

生徒が課題研究を主体的に遂行する能力を育成する「SS 理数探究」の開発を行い、生徒の課題研究の育成を全校教員で行う体制を整えた。ISS チャレンジ（コンテスト）を通して生徒の多様で自発的な課題研究を促すとともに、多面的な研究支援をおこなった。英語を用いたインタラクションを通した科学研究を進める能力を育成するグローバルサイエンス事業や、科学技術人材のすそ野を広げるためのセミナー等を開発し実施した。これらによって生徒の自由な発想に基づいた自律的な課題研究の推進が図られた。

(4) 評価方法開発事業

IB の評価手法を参考にすることで、教科学習や課題研究における評価方法を開発し実施した。生徒の自律的な研究遂行に求められる実験観察の技能に特化した評価シート（PSOW）を開発し、実施することで、6 年通して育成する実験技能の体系化と生徒による能力の自覚を促した。また、コンテスト事業（ISS チャレンジ）を通して、自律的に課題研究を遂行できる人材の育成するために研究（審査）過程毎の評価規準を設定することで、研究の到達水準を認識させ、研究推進を図る。研究の到達水準を測るだけでなく、多様な研究テーマにも対応できる評価方法となった。

○実施上の課題と今後の取組

(1) SS 科目事業

SS 数学では、探究課題の開発整備において「発展的学習の一部導入」と「教科横断的な取り組み」を探究課題に明確に位置づける必要がある。また、実践を通して探究課題の有効性を質的に実証することが必要である。SS 理科では、開発した授業の実践研究に注力し、有効性を実証することが求められる。また、単元設計書の細案の作成とカリキュラムマップの作成を通じた学年間・科目間の整備が必要である。

(2) SSIB 講座事業

専門性の高い学習内容と現実的課題の両者をみたく課題の開発。既習内容と DP の求める学習内容の差の是正。DP 教員と外部講師との DP に関わる知識や考え方の共通理解と連携体制の強化が求められる。

(3) SS 理数探究事業

開発した SS 理数探究の有効性を実証する。そのための評価方法の開発が求められる。課題研究に関しては、生徒に過度な負担を強いる場合もあり、生徒の課題研究の推進においてはコンテストなどを利用したスケジュール管理に関わる能力も求められる。

(4) 評価方法開発事業

SS 理科の PSOW では、個人や学年の経時変化、教科間や学年間の関係性を見出すには至っていない。PSOW を継続しつつも、評価規準の再考、形成的評価と総括的評価の明確な区別が求められる。課題研究に関わる評価では、「研究論文評価規準」において研究の質を適切に評価するための評価規準の設定が求められる。

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

(1) SS 科目事業

SS 科目の研究開発においては、教育課程上に SS 科目を数学および理科で開設し、IB の趣旨（特に DP）を取り入れた教育実践（授業改革）を志向して取り組んだ。26 年度（1 年次）及び 27 年度（2 年次）の SS 科目にかかわる研究開発の経過や成果は、公開授業として多くの教育関係者に公表するとともに、情報交換会や研究協議において、一定の評価をえるとともに、多くの意見をいただいた。

26 年度(1 年次)：平成 26 年 6 月 21 日第 4 回公開研究会

	学年	科目名	授業主題
数学	6 学年(高 3)	SS 数学Ⅲ	数学的モデルとしての微分方程式
理科	6 学年(高 3)	SS 物理	波動性が有する情報の活かし方（探究活動）

SSH 情報交換会（参加者：約 80 名）

本校の SSH 事業に係わりが深い実践事例（先行研究）として、玉川学園（IB+SSH）、市川学園（評価+SSH）、学芸大学附属高校（学芸大学+SSH）の事例紹介から SSH と IB の関連性をテーマとした情報交換をおこなった。本校 SSH 事業の基本方針の裏付けをえた。

27 年度(2 年次)：平成 28 年 1 月 30 日第 1 回授業研究会

	学年	科目名	授業主題
数学	4 学年(高 1)	SS 数学Ⅰ	数学を使い、生み出す統計授業
理科	5 学年(高 2)	SS 化学基礎	酸化還元反応を社会に活かそう

SSH 情報交換会（参加者：約 100 名）

SSH 事業にいて開発した授業実践に関わる実践事例（先行研究）として、高知県公立学校、広島大学附属高校の事例紹介から、SSH 事業と授業改善をテーマとした情報交換をおこなった。本校 SS 科目の外部評価を得るとともに、ESD など校内の別事業との連携の仕方など、今後の SS 科目の開発方向性に対する示唆を得ることができた。

また 27 年度には、研究成果物として冊子「国際バカロレアプログラムの趣旨を取り入れた理科授業の実践報告～学習指導要領との対応を踏まえて～」を作成し、成果普及に努めることができた。

各教科で実施した取り組みおよびその成果の詳細は次の通りである。

1. SS 数学

- ・ DP 数学の趣旨に基づき、「①事象の探究を志向」、「②ICT の積極的利用」、「③発展的学習の一部導入」、「④教科横断的な取り組み」を前提とした独自テキストの作成に向けて、単元「ベクトル」の節構成と探究課題を開発した。また、単元「微分積分の考え」と「推測統計」に関する節構成の検討を行った。
- ・ 1 年次に開発した探究課題を基に、単元「座標幾何」の「§1 図形と方程式・不等式」の授業実践を実施した。
- ・ 実施した「§1 図形と方程式・不等式」全体を通して、学習すべき内容の全てに対して事象の探究からはじめることができた。すなわち、当該単元において「①事象の探究を志向」の実現がなされた。

- それらの探究課題の中で、関数電卓や Geogebra, Grapes といった ICT を利用して探究する課題が複数あり、実際にその課題を課すことによって、「②ICT の積極的利用」の実現が授業においてなされた。
- 基礎研究として 1 年次に作成したルーブリックを使用して、「§1 図形と方程式・不等式」において培った力を基に、命題を証明し、それを発展させていくというプロセスを踏む能力をレポート課題で評価したところ、多くの生徒がその能力を身に付けることができていた。
- 作成したルーブリックは十分に機能し、生徒がどの段階にいるのかを示すという目的は一定程度達成できた。

2. SS 理科

- DP 理科に関する基礎研究をもとに、SS 理科学科目開発のポイントとして、「社会への応用や現実社会の課題を授業設計の軸にする」「科学的な研究の方法を習得することを目的とした実験デザインの重視」「発展的学習の一部導入」の 3 点を設定し、授業実践にうつすことができた。この実践により、学習者中心で協働的・双方向型の授業設計へ転換することができた。
- 授業設計の転換により、学習評価の分析からもわかるように、現実社会の課題や実験デザインに積極的に向き合う姿勢がうまれるなど生徒にも変容があった。
- 研究成果物として冊子「国際バカロレアプログラムの趣旨を取り入れた理科授業の実践報告～学習指導要領との対応を踏まえて～」を作成した。この冊子を全国 SSH 校および教育関係機関等に配布することにより、2 年次までの開発研究の成果を普及させるとともに、SS 理科学科目に対する第三者からの外部評価および客観的意見を得ることができた。
- 本校主催の公開研究会において公開授業をおこない、SS 理科学科目の開発状況を公表するとともに、理科分科会において他 SSH 校や大学の教員や教育関係者と研究協議をおこなう機会を設けた。

1 年次事例：SS 物理〔SS 課題研究〕（6 学年・高 3）平成 26 年 6 月 21 日

SS 理科学科目における単元設計の基本的な考え方を示し、SS 理科学科目の開発の方向性について議論を促すための提案型授業を実施した。授業においては、事前に実験技能に関するルーブリックを提示したり、探究活動の中で形成的アセスメントを適宜導入することで、生徒に自律的な実験デザインを可能とする科学的知識や実験・観察スキルを意識させることで、生徒の活動の中に既習内容（光の波動的性質）を応用した実験デザインの工夫が見られただけでなく、方法の妥当性を批判的に検討する姿勢がみられ、相互の学び合いがみられた。研究協議では、SS 科目の授業設計についての意見を得るとともに、他の科目（前期課程を含む）との関係や活動に関する評価方法についての議論をすることができた。

2 年次：SS 化学基礎（5 学年・高 2）平成 28 年 1 月 30 日

IB の授業デザインの考え方に基づいて実験デザイン力の育成を目指した授業「酸化還元反応を社会に活かそう」をおこなった。グループ毎に目的を達成するために実験デザインを工夫するだけでなく、他者にも自分達のアイデアが共有できるような表現上の工夫も見られた。研究協議においては、SS 理科学科目の重要要素の 1 つである科学的な研究の方法を習得させるための工夫について、高校・大学の先生方と議論する場を設けることができた。

（2）SSIB 講座事業

SSIB 講座の研究開発においては、管理機関や外部機関と連携して発展的学習内容を含む集中講座を設計し、実施することができた。また、講座の実施を経て、IB 導入への課題を明確にすることができた。

26 年度、27 年度に実施した SSIB 講座は以下の通りである。参加生徒は多くはなかったが、発展的学習内容や高校では扱うことができない実験手法を充分に取り入れた講座として次の 3 講座を開設した。

26年度(1年次)	生命科学実験講座	東京大学(駒場)	8/19, 22, 28
	電磁気学実験講座	東京学芸大学	12/25, 1/6, 7
27年度(2年次)	材料化学講座	東京学芸大学	8/26,27,28

1年次は、SSIB 講座の開発の方向性を検討するための実証事例と位置付け、一部 DP の学習内容や IB の評価の手法をもとに設計した実験講座を大学の実験施設等において試行した。講師及びアシスタント、参加生徒を対象とした質問紙調査をおこない、本実施に向けての検討事項として、大学教員との協働体制のあり方、校外の実験施設を使用する際の適正規模や注意点、参加生徒に対する事前事後指導のあり方などの情報をえることができた。

2年次は、準備段階から DP 教員が中心となって SSIB 化学講座を開講した。DP の学習内容の一部として「材料化学」の単元を採用し、DP 教員と外部講師(大学研究者)との連携により、DP の授業を TT 方式で、希望生徒に対して実施した。事後の質問紙調査からは、Inquiry Question と実験・講義内容の整合性やグループワークに対する指摘などがあげられており、IB の授業デザインの考え方に則った授業設計の手法に対する共通認識をはかることが重要であることが分かった。また、本講座の一部を運営指導委員等の先生方にも見学いただき、SSIB 講座事業の運営に関わる指導をいただくことができた。これらの成果は次年度以降の SSIB 講座の設計に活用する。

(3) SS 理数探究事業

SS 理数探究事業の実施により、生徒の主体的な課題研究を遂行する能力を育成し、その実施を支援し、奨励することができた。SS 理数探究事業は、教育課程表に位置づく各学年における国際教養の時間において実施する「SS 理数探究」と、多様な生徒の発想に基づいて展開しているさまざまな課題研究を人的・物的の両面から支援し、優秀な課題研究の推進を促すためのしくみとして「ISS チャレンジ(課題研究支援事業)」、グローバルに活躍できる科学技術人材の育成をめざした「グローバルサイエンス」、さらに理系文系を問わず幅広い科学的素養を身につけ科学技術に理解のある人材のすそ野を広げるため「セミナー・フィールドワーク事業」で構成され、全校体制で生徒の課題研究を支えた。

1. SS 理数探究(各学年における国際教養)

「国際教養」の時間に位置づく SS 理数探究の研究開発においては、26年度および27年度の取り組みを整理することによって、6カ年の理数探究活動の体系化の枠組みを下記の通り、設定することができた。さらに、「国際教養」の時間に位置づく SS 理数探究の開発および実施に全校教員で取り組む体制を整えることができた。

研究開発の実施およびその成果の詳細を以下に示す。

各学年において課題研究を遂行するために必要な資質・能力を生徒の発達段階に応じた形で仮設定し、それを育成するためのプログラムと評価規準の開発、実践を行った。そして、それらを整理することによって、6カ年の体系化に向けて研究開発を行い、まず各学年(課題研究)での目標を次のように設定することができた。

	目標	資質・能力のキーワード
1 学年 (中 1)	科学的事象に対する疑問や新たな課題を自ら見出し、必要な情報を収集する力を育成し、課題研究に必要なプロセスを経ることができる	[課題発見力] 探究課題を明確に定義する力 [情報収集力] 情報・データ収集力 [コミュニケーション力] 他者に伝える力
2 学年 (中 2)	客観的なデータに基づく研究を遂行することができる力を育成する	[情報収集力] データ収集のためのデザイン力 [分析・評価力] 統計的分析力

		[コミュニケーション力] 統計的表現を適切・効果的に使用する力
3 学年 (中 3)	与えられた課題に対して, その解決のための方法を選択, もしくは創り出すことができる力を育成する	[分析・評価力] 選択もしくは創り出した方法を用いて分析する力 [自律的活動力] 必要な方法を選択もしくは創り出す力
Personal Project(PP) (中 3・高 1)	自ら課題を設定し, その解決のための方法を選択, もしくは創り出すことができ, 一連の探究プロセスを遂行する力を育成する	[課題発見力] 実現可能性のある課題設定力 [情報収集力] 適切な先行研究の収集・分析 [自律的活動力] 研究の一連のプロセスを遂行する力
課題研究 I・II (高 1 ～ 高 3)	自律的に課題研究を遂行することが出来る力を育成する	[課題発見力] 実現可能性のある課題設定力 [自律的活動力] 研究の目的や計画を必要に応じて修正しながら遂行する力 [コミュニケーション力] 科学的論文作成能力, 研究発表力, 協働

次に, 国際教養の時間(教育課程上の総合的な学習の時間に相当)を6カ年のスケジュールを以下のように再編した。

	内容	教員の体制
1 学年 (中 1)	講座「理数探究」/週 1 時間	講座担当者(数学・理科・技術家庭科教員)
	1 年間の理数探究活動	学年担任
2 学年 (中 2)	1 年間の理数探究活動	学年担任
3 学年 (中 3)	4 月～12 月: 理数探究活動	学年担任
	1 月～3 月: PP(課題設定)	学年担任
4 学年 (高 1)	4 月～9 月: PP	スーパーバイザー(全校教員)
	10 月～3 月: 課題研究 I (課題設定準備, 設定)	スーパーバイザー(全校教員)
5 学年 (高 2)	4 月～12 月: 課題研究 I (課題研究)	スーパーバイザー(全校教員)
	1 月～3 月: 課題研究 II (課題設定)	スーパーバイザー(全校教員)
6 学年 (高 3)	1 年間の課題研究 II (課題研究)	スーパーバイザー(全校教員)

本事業は, 前期課程をふくめた学年を通して全教員がかかわる事業であり, 校内研究会等の機会を通して, 全教員の協議のもとに研究開発を進めたため, SSH 事業に対する教員の意識の醸成と校内理解が図られた。

2. ISS チャレンジ (課題研究支援事業)

コンテスト形式で研究成果を競う ISS チャレンジを企画・実施することによって, 教育課程上に位置付けている課題研究だけでなく, 部活動や有志など個人やグループで自主的に行っている課題研究も促進することができた。さらに, 26 年度(1 年次)も 27 年度(2 年次)も ISS チャレンジに参加した生徒の課題研究の研究論文および研究要旨を集約した「理数探究論文集」を作成することができた。課題研究活動の支援として, 以下を行った。

◇研究支援

課題研究の支援としての枠組みは人的支援と物的支援の2つである。人的支援として研究支援員(TA)を定期的に配置し、研究指導や相談を行った。物的支援はISSチャレンジにエントリーしたグループに対し実験などで必要な備品や消耗品を提供した。

◇コンテスト事業

コンテストのため、4段階の審査を行った。

1次審査は研究計画書から判断し、研究の遂行が可能と判断した研究を物的支援の対象とした。

2次審査は研究経過報告書に基づき必要なフィードバックを行い、論文の提出を求めた。

3次審査は研究論文から判断し、公開口頭発表会での発表者および論文集に掲載する研究を選考した。

口頭発表委にて外部の審査員や生徒の評価に基づき、いくつかの賞を用意した。

コンテスト(SSH部門)には、34件がエントリーされ、研究論文として提出がなされて3次審査まで残った研究が29件にのぼった。さらに、この34件のうち16件が部活動や有志でのエントリーとなっており、自主的な課題研究を促進する効果が認められた。また、PPなど教育課程上に位置付けられた時間で実施した課題研究だけでなく、科学部などの課外活動や学年を越えた生徒で構成された有志の研究チームなど、多様な研究形態の課題研究が展開された。このことは、コンテストと研究支援の両面で支援を行った効果であると考えられる。また、多様な研究が多種の校外発表会に積極的に参加し、外部評価を受けることで研究を進める姿勢もみられた。

3. グローバルサイエンス事業

参加する生徒同志のインタラクションが理数探究活動の充実につながるものとして、科学英語のスキルアップを目指す「サイエンス英語イマージョンセミナー」を、科学英語を実際に用いて主体的・協働的な学習を体験させるために「ハークネスセミナー」「海外IB校との交流(台湾)」を企画・実施した。

◇サイエンス英語イマージョンセミナー

生徒が取り組んでいる課題研究の内容を、科学英語使用して5回のセミナー形式で、プレゼンテーションを行う際に必要となるポスターと発表原稿の作成に取り組んだ。ポスターや発表原稿を実際に作成してみることで、科学英語の使い方を学び、科学英語を用いて海外校の生徒と交流することに対する意欲の向上が見られた。また、セミナー参加後に海外IB校での交流に参加した生徒からは、自身をもって発表できたという達成感、科学英語を使った発表への苦手意識の軽減や、さらに科学英語を向上させたいという意欲の向上も見られた。

◇海外IB校との交流(台湾)

台湾にあるIB校の義大国際高級中学を訪問し、授業交流・研究発表を行った。授業交流では、異なるバックグラウンドを持つ生徒と協働で実験を行うことで、多くの生徒がコミュニケーション能力の重要性を意識するようになった。また、課題研究の相互発表を通して、課題研究に継続して取り組む刺激をうけた生徒が多くみられた。

◇ハークネスセミナー

米国のSSH校に相当するPhillips Exeter Academy(以降PEAとする)の現役教師によるハークネス法(対話を通じて主体的・協働的学びを成立させる方法)の授業に、PEAと早稲田大学高等学院の生徒とともに参加した。英語で思考しながら学び、また「学ぶ」という行為に対して刺激を受ける。また、本校教員にとっても最先端の授業法を学ぶ教員研修としても位置付けて実施した。

4. セミナー・フィールドワーク事業

課題研究を促す手立てとして、最新の科学から身近な科学まで多様なアプローチでふれる機会を提供することにより、全ての生徒を対象として科学技術に対する興味関心を高めることができた。

◇セミナー・サイエンスカフェ

科学の現代的課題や学際的な課題をテーマとした、専門家による講演会や校外でのフィールドワーク活動を実施した。26年度、27年度に実施したサイエンスカフェは以下の通りである。

26年度 (1年次)	「信頼性・安全性の確保と未然防止」「福島の子供たちの視点で考える生活や食材」「統計によるものの見方」「再生医療とビジネス展開」「宇宙旅行時代がやってくる」「感性工学入門」「問題解決に必要な力について」
27年度 (2年次)	「Spartan を用いた計算化学実験」「もしも地球が立方体だったら」「スポーツを科学する」「感性工学入門」「バイオのはなし」「地球と街を守る『空間情報』ってなんだろう？」

27年度に実施した「スポーツを科学する」では、学年共通の同テーマでの課題研究について専門家の方からの講演を聞くことにより、視点の定め方や研究のアプローチの仕方などに対する理解を深めることができた。「感性工学入門」では人間の感性を科学的に考察する手法や味方について触れ、科学的アプローチの面白さや科学のいろいろなつながりを理解する生徒が現れるなど、生徒の意識の変容に寄与する効果が確認できた。また、講演会での内容を自身の課題研究に生かし、研究が推進した生徒も確認できた。

◇サイエンスフィールドワーク

サイエンスフィールドワークは5学年(高2)を対象に、「宇宙科学」「防災科学」「生命科学」「医療臨床」「生命産業」の5つのコースを設定し、フィールドワークを実施した。このフィールドワークを通して、「物理・化学・生物などの概念が現実社会で応用されているのかを改めて実感できた。」「私たちの身の回りと密接しており社会的問題解決のための研究にもつながっていると知った。」など、科学に対して大いに刺激を受け、科学に対する見方や考え方の幅を広げる生徒も確認できた。

(4) 評価方法開発事業

IB の手法を参考にすることによって、教科および課題研究における評価方法を開発することができた。

1. 教科指導における評価方法の開発

1年次のSS科目の研究開発での課題を整理することにより、6年一貫した実験観察評価シート(Practical Scheme Of Work、以下PSOW)を開発し、導入することができた。PSOWシートの導入により、生徒に学期ごとに実験観察のスキル技能を振り返り、改善点等の課題をフィードバックする機会を与えることができるようになった。また、生徒の振り返りをもとに、教員側も設定した評価課題の妥当性を検証し、次の評価課題の改善につなげていくことが可能になった。

2. 課題研究を促す評価方法の開発

ISSチャレンジでは、自律的に課題研究が遂行できる人材の育成を目指し、研究の過程において「研究計画書」「研究経過報告書」「研究論文」の提出を求めた。それぞれの文書では評価規準やルーブリックを提示し、それにより生徒は具体的に何が求められているのかを理解した上で研究が遂行できるようにした。また研究を振り返ることを通し、自身の研究を客観的に捉えることができ

るメタ認知力の育成も意図とした。さらに研究論文ではルーブリックに基づいて複数の教員が行った評価をフィードバックすることにより、それぞれの研究に何が不足していたのか、何を改善すればより高レベルに到達することができたのかを判断できるようにした。

② 研究開発の課題

(1) SS 科目事業

1. SS 数学

・3年次以降も引き続き独自テキスト作成に向けた探究課題の開発、およびその実践を通じた探究課題の有効性を質的に検証していく必要がある。特に3年次は、1, 2年次に開発した探究課題を整理し、複数の単元においてテキストの原稿をまとめることが課題である。その際、「③発展的学習の一部導入」、「④教科横断的な取り組み」を探究課題に明確に位置付ける必要がある。

・3年次も作成したルーブリックを使用し、それを検証することによって、必要に応じてルーブリックに修正を加えていく必要がある。

2. SS 理科

1, 2年次の取り組みから、これまでの理科授業をより学習者中心で協働型・双方向型の授業に転換するための方策が具体的に見えてきた。本年度は、DPのガイドが改訂されて1年目であったため、基礎研究に時間を割き、授業実践に到達できていない部分もある。学習指導要領との対応を踏まえた上でIBの趣旨を取り入れるSS科目であることは継続し、次年度以降は実践研究により重心を置くことが必要とされる。

3年次のSS理科科目開発の課題は、詳細な単元設計書の作成、カリキュラムマップの作成を通じた学年間・科目間の調整などが挙げられる。

(2) SSIB 講座事業

SSIB講座としてDPの学習内容の一部を取り入れることに対して、以下の課題がある。

- ・専門性の高い学習内容(大学基礎レベル)と現実的な課題との接点をどのように見出すか。
- ・DPの趣旨について、外部講師との共通理解をいかに図るか。
- ・既習の学習内容とDPの求める学習内容のギャップをどのように埋めるか。

これらを克服するためには、DP教員と外部講師との連携をより密にしていくことが求められる。3年次は、本校でDLDP(デュアルランゲージディプロマ)がスタートするため、DP化学を選択している生徒および一般プログラム生の中の希望者による受講を予定している。また、SSIB講座を通じて、本校のDP理科の授業を他校の生徒や先生方に公開していく準備も課題となる。

(3) SS 理数探究事業

1. SS 理数探究(各学年における国際教養)

各学年に設定した育成すべき資質・能力に関して、文言等を精緻化していく必要がある。また、それらの資質・能力を育成するための6カ年の体系だった理数探究プログラムを開発していくことが今後の大きな課題である。そのためには、資質・能力を評価するためのルーブリックを作成し、それを用いて評価することによって、開発したプログラムの有効性を検証していくことになるであろう。従って、そのルーブリックの作成も今後の課題である。

2. ISS チャレンジ (課題研究支援事業)

コンテスト形式での課題研究支援事業により、多種多様の課題研究を促進することができた。一方、各種報告書や論文・ポスターの提出、発表会に向けての準備等、慌ただしさと疲労感を持っている生徒も比較的多くいた。このことから、よりよいスケジュールの提供が今後の課題である。

3. グローバルサイエンス事業

今年度実施した時期や回数などについては、より多くの生徒の参加を促せるような実施方法の検討を引き続きおこなう。実施内容についても精査し検討していく余地がある。

4. セミナー・フィールドワーク事業

学際的な内容や社会において科学が活用されている事例などに対して非常に大きな関心を寄せ、その内容に刺激を受ける生徒が多くいた。次年度も引き続き講演会やフィールドワークにおいて、多様なテーマを設定していくことが今後の課題である。

(4) 評価方法開発事業

1. 教科指導における評価方法の開発

教科指導における評価方法の開発については、PSOW シートを導入して初年度であるため、個人や学年の経年変化、科目間や学年間の相関を見出すまでには至っていない。評価規準を細かく設定した5～6学年(高2～高3)のSS科目においては、生徒自身が種々のスキル・技能を意識して、各実験課題に取り組もうとする姿勢は見られたが、データ等の客観的根拠により示されるものではない。3年次もこの取組みを継続していくことで、実施の効果をさらに検証していく。

継続していくにあたり、3年次に向けての課題は、評価規準の再考、評価課題で設定する評価規準のバランス、形成的評価と総括的評価の明確な区別などが挙げられる。

2. 課題研究を促す評価方法の開発

自律的な課題研究を促し、形成的アセスメントとしての機能をもつ「研究計画書」「研究経過報告書」は、一定の成果が認められた。一方、「研究論文評価規準」については、より研究の質に焦点があてられるような評価規準の設定が今後の課題である。

(5) 事業運用上の課題

◇研究開発の成果の効果の検証に関わる問題点

本校のSSH事業の研究開発の課題設定がIBの趣旨に基づいた理数探究教育プログラムの開発であり、とくにIBプログラムにおいても評価の仕組みを開発の柱の一つとすることで、その成果を得ることを目指している。評価をとおしたアプローチは、直接生徒の変容やその効果が表れにくく、そのことを検証する方法も平行して研究していくことがもとめられる。

◇広報活動に関わる問題点

先の2で述べたように、本校SSH事業の課題設定の性質上、即効的な成果の効果を示し難いことが想定されるため、1、2年次の事業においては、出来るだけ生徒の活動に直接働きかけて課題研究などの成果に直結する事業を優先的に取り組んできた。本校のSSH事業の核心的課題において他に公表すべき実績が不十分であること、当初計画の組織的な体制では人的リソースに余裕がないことなどの理由から、広報活動が不十分な状態となっている。また、IBの手法が国内で十分に認識されているとは言い難い現状においては、単元設計書など一般的とは言い難い面もある。3年次以降は、本事業で得られた成果物(評価手法開発やSS科目の単元設計書や教材など)を広く共有できるように普及型モデルの開拓など事業成果の普及にも注力する予定である。あわせて、校内外の組織的な活用も検討する。

1章 研究開発の課題

(1) 研究開発課題

本研究開発では、国際バカロレアの趣旨に基づいた理数探究教育プログラムの研究開発を行う。中等教育6カ年を体系的に構成した理数探究活動を通して、国際社会で必要とされる種々の能力の育成や、それらの能力の評価方法を開発し、実践することをめざす。研究開発課題を達成するために以下の(1)～(4)の教育プログラムを計画した。

- (1) SS科目事業
- (2) SSIB講座事業
- (3) SS理数探究事業
- (4) 評価方法開発事業

(2) 研究開発の課題

IBの趣旨に基づき、国際社会で活躍できる科学技術人材の輩出に資する理数探究教育プログラムを開発する。具体的には、以下の開発に取り組む。

○IBの趣旨に基づく理数教育プログラムの開発と授業実践

- ・IBの特徴でもある学習者中心で協働型・双方向型の授業
→SS科目の開発と教科授業改善
- ・科学の現代的課題や学際的課題を扱い、IBのディプロマプログラム(以下、DP)の授業の一部を(校内外)で共有
→SSIB講座の開発と展開

○SS理数探究の充実による学際的な学びの開発と実践

- ・課題研究を推進する能力となる課題発見力、問題解決力、協調性、論理的思考力、多面的考察力、発信力などの育成を柱とする中等教育6カ年を通じた体系的な理数探究活動
→SS理数探究(国際教養)の充実
- ・生徒の多様な課題研究の推進を促す仕組みとしての課題研究コンテストおよび研究支援
→ISSチャレンジの開発と研究支援の充実
- ・生徒の多様な知的好奇心のニーズに応え、科学技術に理解のある人材のすそ野を広げる
→各種セミナー・フィールドワーク・国内外交流の充実

○理数探究活動を促すIBの趣旨を生かした評価方法

- ・理数系教科の学習指導における観点別評価の定着とその活用
→観点別評価の充実及び形成的評価の活用
- ・実験観察に必要とされるスキルなど科学研究にもとめられる資質・能力の評価と活用
→実験観察評価シート(PSOW)の開発
- ・生徒の課題研究を推進する評価方法の開発と自己評価を促すメタ認知力の育成
→課題研究の遂行力(メタ認知)評価

IBの趣旨を取り入れることにより、学際的な視点を取り入れ且つ科学的に専門性の高い内容を提供できるカリキュラムを提案する。また、理数科目を中心に、日本の学校におけるIBの導入への課題を明確化し、その解決策等を具体的に提案する。

本SSH事業の実施にあたり、大学や国内外のSSH指定校およびIB認定校との連携を強化し、その成果を日本におけるIBの普及の一助としたい。さらに本校のSSH事業によ

り培われた生徒の独創的な理数探究活動に自発的に推進する意欲や姿勢、また、それに必要なスキルなどをグローバルに活躍できる科学技術人材に必要な資質・能力として位置づけ、実践的レベルまで高めることをめざす。

(3) 研究の仮説

(仮説1) 日本の現代的な教育課題に対する IB プログラムの有効性

IB の教育理念は全人教育にあり、そのカリキュラム設計の考え方は、学習指導要領の目指す方向性と同じであると考えられる。本校における MYP 実践の実績および日本語 DP 導入に向けての準備過程から、IB の提供するプログラムは、総合的でバランスのとれたものであり、プログラムを通じて生徒に思考力やコミュニケーション力、探究心、多様性に対する理解と寛容性などを育むものであると言える。このことは、文部科学省の「育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会」での議論の方向性に整合的であり、IB プログラムに基づく教育の導入は、日本の現代的な教育課題に対して有効だと考える。

(仮説2) 理数探究の充実による学際的な学びに対する取り組みの意義

グローバル社会に貢献していくには、課題発見力、問題解決力、協調性、論理的思考力、多面的考察力、発信力などが求められている。中等教育段階でこれらの力を育成していくためには、各学問分野の知識を個々に学ぶことでは対応しきれない。各教科で学習したことを実社会での出来事や問題と関連付け、実際に活用できるように配慮した学習活動を提供することが必要である。

本 SSH 事業では、科学の現代的課題や学際的な課題を扱いながら、問題解決力、協調性、論理的思考力、多面的考察力、発進力等の育成を目指し、中等教育6カ年の体系立った理数探究活動を行う「理数探究プログラム」を開発する。そこでの、探究型学習、プロジェクト型学習、協同的学習、および自発的な課題研究などを通じて、生徒が学習や経験から得た知識や概念を新たな状況に転換する能力や自律的な学習方法を習得していくことができる。

(仮説3) 6年一貫教育におけるルーブリックを用いた観点別評価の定着

現代の社会では、生徒の批判的思考力や問題解決力、コミュニケーション力の育成が要請されている。これまでの評価は、どちらかという学習内容を想起することに重点があり、上記のような諸能力を十分測ることができていないのではないかと考える。学習評価は、生徒にとっても教師にとっても学習過程における到達度をフィードバックさせる役割を果たすべきものである。到達目標を明確に示した観点別評価の実践により、生徒は学習目標を達成するために、今自分がどこにいて、次に何をすればよいかという気付きを与えられ、また教師は生徒の学習を評価するときに同時に自身の授業の効果を評価することができる。IB プログラムでは、評価規準に準拠した中・長期的な評価を行っている。これは、生徒の学習成果を他の生徒と比較するのではなく、あらかじめ設定した評価規準に対する達成度として評価するものであり、中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会報告(平成22(2010)年3月)による学習指導要領の趣旨を反映した学習評価の在り方の基本的考え方と合致するものである。

本 SSH 事業では、IB プログラムにおける評価システムを調査・研究および実践することにより、今日の教育に求められている評価規準・基準の作成や評価方法の工夫改善の方法について提示することができる。

2章 研究開発の経緯・内容・実施の効果とその評価

(1) SS科目

SS科目では、数学と理科にわかれ、DPの趣旨を取り入れた実践を志向して取り組んでいる。まず、各教科の取り組みの前提を示す。

【SS 数学】

本校数学科では、6年間のカリキュラムを作成しており、その前提は、数学的モデル化の重視とテクノロジーを積極的に利用するという点にある。IBの数学も同様に、数学と現実事象とのつながり、テクノロジーの活用を重視している。そして、本校数学科では策定したカリキュラムを基に、MYPに対応する1年から4年までは独自テキストを作成し、それを用いた実践を行ってきた。このテキストは、本校のカリキュラムの前提を踏まえた上で、整理された既存の数学を教え込むのではなく、既習の数学を現実事象の探究に活用し、そのことを通して新たな数学的概念や手法を生徒自らが生み出していくことができるように作成されている。いわば、数学を創りあげていくプロセスを重視したテキストとなっている。また、扱われている題材には、社会的な問題や歴史的な題材が含まれている。このように、数学のプロセスを重視し、他領域とのつながりを意識し、数学が世界で果たしている役割を生徒に理解させることは、まさにIBの数学が主張していることと合致している。すなわち、本校数学科が志向していることはIB数学の方向性と合致しているといえる。しかし、本校の5・6年ではこれらのことを踏襲して実践を行ってはいないものの、テキストという形に具現化されていないのが現状である。そこで、SSH事業のSS科目におけるSS数学では、DPの趣旨や扱われている内容を整理し、5・6年に対応する評価規準と独自テキストを作成し、それらを実践していくこととする。

【SS 理科】

SS理科科目では、数学と同様にIBと学習指導要領の目指す方向性の合致を踏まえて、それぞれの良さを融合したカリキュラム設計および授業設計を目指している。1年次における基礎研究により、理科におけるIBと学習指導要領との相違点が整理された。具体的には、カリキュラム構成の違い、同一単元での内容の扱いの違い、評価規準の設定の違いである。IBと学習指導要領との相違を理解した上で、IBの要素を取り入れたSS理科科目実践していくにあたり、以下の3つを目標に掲げ、まずは各科目における授業設計を重視した研究開発を実践していくこととした。

- ① 6年一貫したカリキュラム編成の中で、「科学的な研究の方法」を習得させる。
→新たな評価規準の設定、学習評価の工夫等
- ② 「社会への応用、現代社会の課題」を授業設計の軸にする。
→単元設計書の作成による授業設計の工夫
- ③ 学習指導要領における体系的な内容構成を活かし、DPに含まれる発展的な学習内容を必要に応じて扱う。
→カリキュラムマップによる整理

(1) - 1 SS 数学

2年次のSS数学の研究開発の概略は、以下の通りである。

A 基礎研究：独自テキスト作成に向けての方向性の確認と単元構成・探究課題の作成
B 実践研究：作成した探究課題の実践
C 実践研究：作成したルーブリックを用いた評価
V 検証：授業実践や評価の実践による、探究課題の有効性とルーブリックの妥当性の検証

1) 研究開発の経緯

Aに関しては、1年次と同様、毎月教科会を開催し、検討を重ねてきた。Bでは、1年次作成した単元「座標幾何(仮称)」の「§1 図形と方程式・不等式(仮称)」に関するテキストの素案を基に1学期に授業実践を行った。Cでは、1年次作成したルーブリックを用いた評価を1学期および2学期に行った。そして、3学期にB、Cを用いて検証を行った。

日時	内容
平成27年4月26日(日)	ベクトルの探究課題の検討(A)
平成27年5月31日(日)	ベクトルの探究課題の検討(A)
平成27年6月21日(日)	微分積分の構成(A)
平成27年8月1日(土)	ベクトルの探究課題の検討, 章構成と各章の目標と内容の枠組みと書式の検討(A)
平成27年8月29日(土)	各章の目標と内容の検討(A)
平成27年9月23日(水)	ベクトルの目標と内容の検討(A)
平成27年10月31日(土)	ベクトル・複素数平面の節構成と探究課題の検討(A)
平成27年11月29日(日)	ベクトルの節構成と探究課題の検討, 微分積分と推測統計の節構成の検討(A)
平成27年12月24日(木)	ベクトルの節構成の再検討と探究課題の検討(A)
平成28年1月23日(土)	ベクトルの探究課題の検討(A)
平成28年2月21日(日)	ベクトルの探究課題の検討(A)
平成27年1学期	単元「座標幾何」の「§1 図形と方程式・不等式」の実践(B) レポートの評価(C)
平成27年2学期	レポートの評価(C)
平成28年3学期	検証(V)

2) 研究開発の内容

【仮説】

DPの趣旨を取り入れた5・6学年(高1・2)用の独自テキストを作成することによって、日本の特に高等学校数学科における現代的な課題である数学的活動の実現と充実に対する有効性を示すことができる。

また、観点別のルーブリックを作成することによって、数学教育における生徒の資質・能力を評価するための規準を提示することができる。さらに、仮説の検証方法の一つとしても機能することになる。

【研究内容・方法・検証】

A 基礎研究：独自テキスト作成に向けての方向性の確認と単元構成・探究課題の作成

1 年次，2 年次と継続して，5・6 学年(高 1・2)用の独自テキスト作成に向けて，その方向性と単元構成・探究課題の作成を行ってきた。

1 学年(中 1)から 4 学年(高 1)の独自テキストは 2.1 で示したように，数学的モデル化の重視とテクノロジーの積極的な利用が前提とされている。5・6 学年(高 1・2)用のテキストもこれらを踏襲しつつも，扱われる数学的内容やプロセスを考慮したとき，数学的モデル化，すなわち現実事象の探究だけではなく，数学そのものの探究も重視すべきであることが教科会で確認された。それは，1 年次作成した評価規準に表されている(B2)。この他に，DP 数学で扱われている発展的学習の一部導入，DP 数学が志向する教科横断的な取り組みを前提として作成するという方向性が再確認された。

そこでまずは単元構成に向けて，数学的内容について，4 年までに扱っているものを除外し，残ったものの中で，数学的内容の関連および，数学を活用したり生み出したりするプロセスの関連を考慮しながら組み合わせていった。その結果，表 2 のように単元を構成することとなった。ただし，各章のタイトルは仮称である。そして，この単元ごとに目標と内容を整理した。2 年次までに整理された単元は，「座標幾何」，「ベクトル」，「複素数平面」である。また，これらの単元に関する探究課題について，毎月の教科会において数学科の全教員が各自で教材を開発し，それを持ち寄り，単元の各節において適切な探究課題を全員で検討してきた。内容の整理と探究課題の開発はほぼ同時並行で行われている。ここでは，単元「座標幾何」の目標と内容(図 1)，および「§1 図形と方程式・不等式」の探究課題例(図 2)を示す。本単元は，数学的プロセスとして「軌跡の考え」を軸として構成している。

表 1 独自テキスト作成の前提

- | |
|-------------|
| ①事象の探究を志向 |
| ②ICT の積極的利用 |
| ③発展的学習の一部導入 |
| ④教科横断的な取り組み |

表 2 単元構成

三角関数
初等幾何
座標幾何
ベクトル
行列
複素数平面
微分積分の考え
推測統計
微分積分

[目標]

直線や曲線などの平面図形に関する条件を適切な座標系や式を用いて表現・処理し，それらの図形の性質や関係を見いだしたり確かめたりできるようにするとともに，その方法を事象の考察に活用できるようにする。

[内容]

第 1 節 図形と方程式・不等式

直線や円などの基本的な平面図形に関する条件を直交座標や方程式・不等式を用いて表現・処理し，それらの図形の性質や関係を見いだしたり確かめたりするとともに，その手法を事象の考察に活用する。

第 2 節 二次曲線

放物線，楕円，双曲線が二次式で表されること及びそれらの二次曲線の基本的な性質を見だし，理解すること。

第 3 節 曲線のいろいろな表し方

媒介変数の意味及び曲線が媒介変数を用いて表されること，また，極座標の意味及び曲線が極方程式で表されることを理解し，それらを事象の考察に活用すること。

[用語・記号] 焦点，準線，媒介変数，極座標，極方程式

図 1 「座標幾何」の目標と節構成および内容

探究 東京タワーとスカイツリーが同じ高さに見えるのは？

大田区と目黒区の境に位置する東京工業大学からは、東京タワー(333m)と東京スカイツリー(634m)が同じ高さに見える。ここだけではなく、東京都内にはこれらのタワーが同じ高さに見える場所がいくつも存在する。そのスポットを特定してみよう。



図 2 開発した探究課題例

尚、独自テキスト作成に関する趣旨や「座標幾何」のより詳細な内容は、2年次の本校研究紀要¹に示してある。

B 実践研究：作成した探究課題の実践

1年次、単元「座標幾何」の単元構成を考え、探究課題を作成した。しかし、未完成であるため、2年次はそこに新たに開発した探究課題を加え、1学期に「§1 図形と方程式・不等式」の授業を実践した。実践の概要は以下の通りである。

- 実施期間：平成 27 年 4 月～7 月
- 対象：5 学年(高 2) 32 名×2 クラス
- 科目：SS 数学Ⅱ(4 単位)

探究	探究課題	主な内容
1	一点で交わる?(垂心)	軌跡,直線の方程式, 平行, 垂直
2	一点で交わる?(外心)	2 点間の距離, 円の方程式
3	一点で交わる?(重心)	分点・重心の座標
4	垂心, 外心, 重心の関係は?	オイラー線
5	$ax + by + c = 0$ の係数を変化させると?	定点を通る直線, 領域, 包絡線
6	$y = ax^2 + bx + c$ の b を変化させると?	媒介変数表示
7	東京タワーとスカイツリーが同じ高さに見えるのは?	アポロニウスの円
8	二直線から等しい点の集合は?	点と直線の距離
9	方べきの定理の再証明	円と直線の共有点
10	方べきの値が等しい点の軌跡は?	2 円の関係, 円束, 円の接線
11	最適解は?	領域, 線形計画法

教科会で検討した探究課題は、探究 1～4, 7, 9～11 である。探究 5, 6, 8 に関しては、授業者が独自で追加した探究課題である。探究 1～6 は、ICT の活用を視野に入れて作成した。

ここでは、「東京タワーとスカイツリーが同じ高さに見えるのは？」の実践について記述する。探究課題は、先に示した通りである。以下のこの探究課題に対する、授業内での解決の概要を示す。

「T」が授業者による発問, 「S」が授業内での議論の結果を整理したものである。

T: どのような状態のとき、同じ高さに見えるか?

S: 仰角が等しい所

T: 仰角が等しいところはどういう地点か?

S: 目の高さや光の屈折等は考慮しないという仮定を置いた上で、目の位置を O, 東京タワーのふもとと一番上の点をそれぞれ A, T, スカイツリーのそれぞれを B, S とすると、 $OA:OB = 333:634$ となる地点

¹ 新井ほか(2016)「事象の探究を軸に据えた高等学校数学科の独自テキスト作成の試み～「座標幾何」を例として～」, 東京学芸大学附属国際中等教育学校研究紀要, 第 9 号, pp.11-30

ここで生徒から、簡単のため、 $OA:OB=1:2$ とする意見がだされ、全体で合意された。

T: 点 O の軌跡は？

この発問に対して、板書された生徒の考えを以下に示す(図 3)。

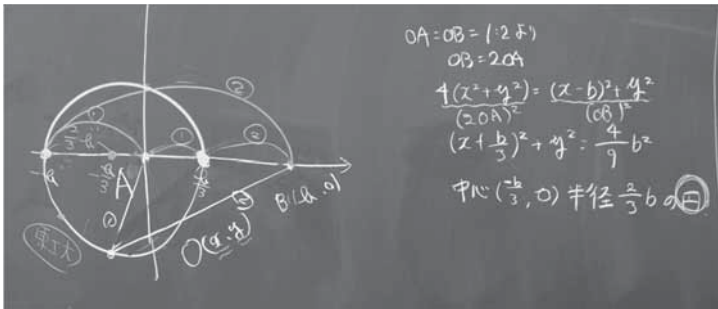


図 3 数学的解決



図 4 現実場面との照合

この結果を、地図上に当てはめて、実際に 2 つのタワーが同じ高さに見えるスポットを見つけた(図 4)。そして、これまでの探究活動を振り返り、数学的モデル化のサイクルの枠組みにその活動を当てはめた(図 5)。最後に、アポロニウスの円を定義した。

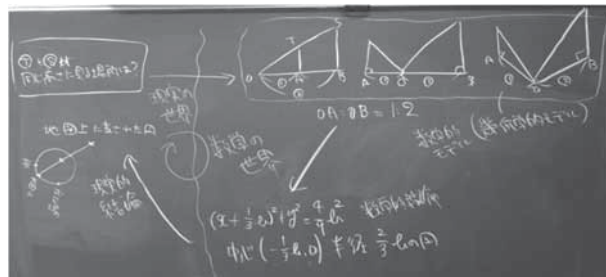


図 5 活動の振り返り

以上のように、単元「座標幾何」を通して、開発した探究課題を実践した。そして、

数学的リテラシーが生徒にどの程度身に付いたのかを検証するために、レポートを課し、それを次に示す観点別のルーブリックを用いて評価するという方法をとった。

C 実践研究：1 年次作成したルーブリックを用いた評価の実践

上記のルーブリックを用いて、2 年次は 1 学期と 2 学期にレポート課題とテストに対して評価を実施した。対象と時期は以下の通りである。

- 科目：SS 数学 II ■ 対象・実施時期：5 学年(高 2) 1 学期 110 名, 2 学期 120 名
- 科目：SS 数学 B ■ 対象・実施時期：5 学年(高 2) 2 学期 112 名

以下に、SS 数学 II において 1 学期の単元「座標幾何」において課したレポート課題を示す。

「問題を発展させて、結果を解釈しよう」

1 学期の中間テストでは、以下の問題を出題した。

数学の問題を一般化したり、条件を変えたりすると、新たな問題を作ることが出来、発展的に考えることができる。実際に、以下の問題 I を発展させてみよう。

問題 I : 2 点 $A(1, 0)$, $B(3, 0)$ に対して、 $AP^2 + BP^2 = 12$ を満たす点 P の軌跡を求めよ。

- (1) 上の問題 I を解け。
- (2) 問題 I を一般化してみよう。問題 I を一般化するとどのような問題となるか。その問題文を作成せよ。ただし、「1 2」を一般化しただけでは不十分とする。(以下、ここで作成した問題を「問題 II」とする)
- (3) 問題 II を解け。
- (4) (2) で一般化した問題 II の条件を変え、新たな問題を考えよ。(問題を考えるだけで、解く必要はない。)

また、配布した解答では、(2) の解答例として以下の問題を提示した。

(2) 問題 II : 2 点 $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$ に対して、 $AP^2 + BP^2 = k$ を満たす点 P の軌跡を求めよ。

この問題 II について、条件を整理すると、次の 2 つに分けられる。

条件 (i) : 設定する座標(「2 点 $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$ に対して」の部分)

条件 (ii) : 演算(「 $AP^2 + BP^2 = k$ を満たす」の部分)		
そこで、(4) の解答例では、条件 (ii) を変更してみることによって、次の問題を提示した。		
(4) 2点 $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$ に対して、 $AP^2 - BP^2 = k$ を満たす点 P の軌跡を求めよ。		
この問題は、条件 (ii) の演算が和であったため、「和ではなく差だったら?」という発想からくるものである。それ以外にも、積だったら? 商だったら? という発想もあるだろう。是非、各自でやってみてほしい。		
さて、今回はその発想で探究するのではなく、別のアプローチから問題を発展させてみよう。		
配布した解答の (3) では、上記の問題Ⅱに対して、点 P の軌跡が $\left(\frac{x_1+x_2}{2}, \frac{y_1+y_2}{2}\right)$ を中心とする円であると結論づけた。式 $\frac{x_1+x_2}{2}$ と $\frac{y_1+y_2}{2}$ から、この座標は点 A と点 B の中点であると解釈することができる。今回のレポートでは、問題の条件を変更することによって、この破線部に関することがどのように変化するか(または、条件を変えても変化しないのか)について考察してみよう。		
課題 1 太枠で囲った 2 つの条件のうち、(i) について、2 点ではなく 3 点の場合を考えてみよう。		
(1) このとき、問題Ⅱをどのように変えたらよいか。問題文を作成せよ。		
(2) 作成した問題を自ら解決せよ。さらに、その結果を解釈することによって、破線部がどのように変化したのか(または変化していないのか)について考察せよ。		
課題 2 課題 1 では、条件 (i) について、点の数を 2 点から 3 点に変更することによって問題を発展させ、破線部がどのように変化したのか(または変化しなかったのか)について考察した。では、この方向性でさらに発展させると、破線部はどのように変化するか(または変化しないのか)を考察しよう。		
(1) このとき、発展させた問題文を作成せよ。		
(2) 作成した問題を自ら解決せよ。さらに、その結果を解釈することによって、破線部がどのように変化するか(または変化しないのか)について考察せよ。		
【観点 B2 : プロセスと振り返り】		
0	下記以外	下記以外
1-2	数学の事象からパターンや性質などを見いだすことができる。	課題 1(1)において、問題Ⅱの文章から条件についてのパターンを見出し、条件を 3 点に変更した場合の問題文を作成することができる。
3-4	数学の事象からパターンや性質などを見だし、それが成り立つことを証明することができる。	課題 1(2)において、(1)で作成した問題を解決し、その結果を解釈することによって破線部がどのように変化したのか(または変化しないのか)について考察することができる。
5-6	数学の事象からパターンや性質などを見だし、それが成り立つことを証明し、発展させることができる。	課題 2 において、発展させた問題を解決し、その結果を解釈することによって、破線部がどのように変化したのか(または変化しないのか)について考察することができる。
【観点 C : 数学的コミュニケーション】		
0	下記以外	下記以外
1-2	数学的表現や記号を用いている。 推論を行い、自分の考えを説明している。 他者の考えに対して、自分の意見を述べる。	数学的表現や記号を用いて問題の作成・解決をしようとしており、自分の考えを説明している。
3-4	正確な数学的表現や記号を用いることができる。 適切な推論を行い、自分の考えを説明している。 他者の考えに対して、自分なりの根拠に基づき、自分の意見を述べる事が出来る。	正確な数学的表現や記号を用いて問題の作成・解決をしようとしており、自分の考えを説明している。
5-6	正確な数学的表現や記号を効果的に用いることができる。 適切な推論を行い、自分の考えをわかりやすく説明することができる。 他者の考えに対して、適切な根拠に基づき、自分の意見を述べる事が出来る。	正確な数学的表現や記号を用いて問題の作成・解決をしようとしており、その結果を論理的かつ明確に考察している。

図 6 「座標幾何」のレポート課題例

V 検証：授業実践や評価の実践による、探究課題の有効性とルーブリックの妥当性の検証

SS 数学における検証は、実践研究である B と C を振り返ることによって行う。

B では、教科会で検討した探究課題および授業者が独自に作成した探究課題を基に授業を実践することによって、単元を通して事象の探究からはじまり、座標幾何の手法を生徒が自ら生み出していく授業を展開することができた。このことは、単元の一部についてではなく、「§1 図形と方程式・不等式」において学習すべき内容の全てに対して実施することができた。すなわち、独自テキストの前提の一つである「①事象の探究を志向」の実現がなされた。また、先に示した「§1 図形と方程式・不等式」の探究 1~6 では、関数電卓や Geogebra, Grapes といった ICT を使用して探

究することができた。これは、独自テキストの前提の一つである「②ICTの積極的利用」の実現がなされた。従って、①②の2点において、開発した探究課題の有効性を明らかにすることができた。③④に関しては、今後の課題である。

またCでは、「座標幾何」の「§1 図形と方程式・不等式」のレポート課題を1年次に作成したルーブリックを用いて評価したところ、規準B2(数学的事象に対する「プロセスと振り返り」)において、0~7までの7段階中「5・6」に到達している生徒は約75%おり、多くの生徒が目標とした資質・能力を身に付けたと考えられる。また、ルーブリック自体は十分に機能し、生徒がどの段階にいるのかを示すという目的は一定程度達成できるものとなっていると考えられる。

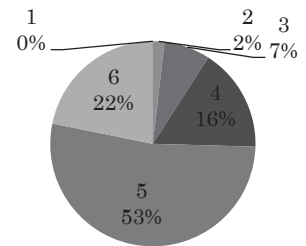


図7 規準B2の評価

一方で、規準Bに関して再検討する必要性が挙げられる。規準Bは現実事象の解決と数学事象の解決を行う際のプロセスを、いわば時系列順に記述したものとなっているのが現状である。しかし、生徒のレポート課題を評価する際に、一通りのプロセスは遂行することが出来てはいるが、その質が低いものから高いものまで存在していることがわかった。そのような場合、どう判断するかまたはルーブリックの記述自体を変更する必要があるのかという点に関して再検討する必要がある。

3) 実施の効果とその評価

本校数学科の教員(非常勤講師を含む)に対して、1年次および2年次の取り組みに関するアンケートを実施した。その結果、8名中7名が探究課題開発の技能が向上したと答えた。また、現代の日本の数学教育が抱える課題について、新たに気付いたことや改めて認識させられた点として、以下のことが挙げられた。

- ・プロセスを重視する必要性を認識していたとしても、指導要領が内容ベースとなっているため、少なくともその内容は押さえなければならないという意識があり、十分時間をかけて探究を行うゆとりがない。
- ・海外と比較して、統計教育があまり進んでいない。
- ・いわゆる数学的見方・考え方を育成したいとおもいながらも、知識・技能が偏重される試験問題になってしまう傾向がある。

ルーブリックの作成に関しては、8名中7名がルーブリックを開発・使用することによって自己の授業に役立ったと答えている。具体的には、以下のような意見が挙がった。

- ・生徒に身に付けて欲しい資質・能力が明確になり、そのことをある程度考えてから授業を構成するようになった。
- ・基準を上げるための具体的な手立てを考え実践に生かすことができた。
- ・できる限り生徒自らの力で課題を解決させるための問いをつくることと、ルーブリックをつくるのが同じ作業と思えた。

5・6学年(高1・2)の授業において、これまでも本校数学科の趣旨およびIBの趣旨に沿った授業実践は行ってきてはいたものの、改めて独自テキスト作成に向けて、ルーブリックを作成し、単元構成・探究課題の開発を行うことによって、教員の技能の向上および授業改善に一定の効果があったと考えられる。また、現代の日本の数学教育が抱える課題についても一部明確になり、共通認識としてもつことができた。これらのことは、ひいては生徒の資質・能力の向上につながることである。

(1) - 2 SS 理科

SS 理科の研究開発の概略は、以下の通りである。

A 基礎研究：DP と学習指導要領との対応を整理し、カリキュラムマップを作成する。
B 実践研究：単元設計書の作成とともに、授業実践を行う。
V ₁ 検証：実施した評価課題やそれに対するルーブリックを用いた学習評価の分析を行う。
V ₂ 検証：実践後の振り返りや授業実践の公開を経て、カリキュラムマップや単元設計書の見直しを行う。

1) 研究開発の経緯

平成 27 年 3 月	学習指導要領と DP の学習内容の対応関係を整理。 年間のカリキュラムマップの作成。(A)
平成 27 年 4 月～	SS 理科科目において、IB の趣旨を取り入れた授業のための単元設計書を作成し、授業実践。(B)
平成 27 年 4 月～	SS 理科科目において生徒に課される評価課題に対するルーブリックを用いた学習評価を分析。(V ₁)
平成 28 年 1 月	研究成果物として「国際バカロレアプログラムの趣旨を取り入れた理科授業の実践報告～学習指導要領との対応を踏まえて～」を作成。(V ₂) 授業研究会において SS 理科科目の公開および研究協議会を実施。(B, V ₂)

2) 研究開発の内容

【仮説】

後期課程の理科の科目において、1 年次の基礎研究に基づき、授業設計における文脈の導入や科学的研究の方法の獲得を重視する IB プログラムの趣旨を取り入れた授業実践を行うことによって、課題発見力、問題解決力、協調性、論理的思考力、多面的考察力、発信力の育成を柱とした学習者中心で協働型・双方向型の授業を開発することができる。

【研究内容・方法・検証】

A：基礎研究

学習指導要領に則った形で IB の趣旨を授業に取り入れることを SS 理科科目として実践するために、DP と学習指導要領との対応関係を整理した。整理の際には、DP の学習内容を基準にした対応表(表 1)と学習指導要領の学習内容を基準にした対応表(表 2)を作成した。各科目の対応表は、2015 年度(平成 27 年度)SSH 事業成果として作成した冊子「国際バカロレアプログラムの趣旨を取り入れた理科授業の実践報告～学習指導要領との対応を踏まえて～」に掲載されている。

表 1 DP の学習内容を基準にした対応表の一部

DP Chemistry				学習指導要領の対応項目			他科目との対応
	単元名	項目名	内容の取扱い	化学基礎	化学	備考欄	
Core	10 Organic chemistry 有機化学	10.1 Fundamentals of organic chemistry 有機化学の基礎	分子式、構造式、示性式 官能基 命名法 構造異性体 芳香族炭化水素		化学 (4) ア (ア) (イ)		生物基礎(1)イ(ア) 生物(1)ア(ア) で一部学習
		10.2 Functional group chemistry 官能基の性質	アルカン アルケン 置換反応、付加反応 アルコール		化学 (4) ア (ア) (イ)		

表2 学習指導要領の学習内容を基準とした対応表の一部

学習指導要領					DP Chemistryの対応項目					他科目との対応
	単元名			内容の取扱い	Standard	AHL	Option	Option AHL	備考欄	
化学	(2) 物質の変化と平衡	イ	化学反応と化学平衡	(ア) 反応速度	6.1 7.1	16.1	A3			
化学	(2)	イ		(イ) 化学平衡とその移動	7.1					
化学	(2)	イ		(ウ) 電離平衡	8.3	17.1 18.2 18.3				

表1, 表2の作成により, 学習内容の重なりの有無が明らかになるとともに, 両者の構成の相違点が明確になった。特に, 探究的な学習の重視, 持続可能な社会の構築を目指すための環境教育の充実, 科学と人間生活との関連の重視は, 学習指導要領とIB理科の共通の特徴であるといえる。これを踏まえて, カリキュラムマップの作成においては, 以下の3点を取り入れることとした。

・「社会への応用, 現代社会の課題」を授業設計の軸にする

理科と他領域とのつながりへの視点をMYPに引き続きSS理科科目でも継続するために, DPにおけるTheory of Knowledge(TOK 知の理論), International mindedness(国際的視野), Nature of science(科学の本質)の考え方を取り入れた授業設計をする。単元設計においては, 概念理解のための本質的な問いを設定し, 現実社会の課題について科学的な知識を得た上で分野を超えた解決策を考えられるよう授業形態の工夫等も考える。

・「科学的な研究の方法」を習得することを目的とした実験デザインの重視

6年一貫したカリキュラム編成の中で, 実験デザインの経験を積み, 科学的探究活動に必要な能力やスキルを明確に示した学習評価を実施する。表計算ソフトやデータベースの検索, コンピューターによるシミュレーションなどICTの活用を積極的に行う。

・発展的学習の一部導入

DPでは大学基礎レベルに相当する発展的学習内容を含む。DP理科に含まれる発展的学習内容も必要に応じて扱う。

以下の表3にカリキュラムマップの枠組みを示す。

表3 カリキュラムマップの枠組み

単元名	探究の問い Inquiry questions	DP Chemistryの単元名			学習指導要領との対応		実験	実験デザインを含む実験	ICT	評価課題と【評価規準】
		単元名	単元	内容	単元	内容				
「水」から考える環境や生活	水分子が最も単純分子であるにもかかわらず、地球上の生命や気候にどのような影響を及ぼしているのか? 水分子の質量が水素と酸素とからなるのか? 考えられるか?	Stoichiometric relationships 物質質量と量的関係	1.3	Reacting masses and volumes 反応する物質の質量と気体体積	化学(I)(ア)~(ウ) 化学(II)(ア)~(イ) 化学(II)(ウ)	物質の状態とその変化、溶液と平衡、物質の状態と平衡に関する探究活動	0°Cより低い温度での凍結 水の過冷却現象を定量的に測定しよう 凝固点降下度から純物質を求めよ 純粋の状態と平衡の両方が関与する液体の密度	水の分子質量測定	1: Developing culture 2: Developing culture 3: Developing culture	単元テスト 【標準A:知識と理解、標準F:科学による影響の振り返り】 実験レポート 【標準C:実験観察の技能・標準Dのデータ処理】 【標準D:探究・標準G:実験観察の技能・標準Dのデータ処理、標準E:評価】 パフォーマンス 【標準F:科学による影響の振り返り】

MYPにおける単元設計と同様に, 各単元において「探究の問い」を設定し, 生徒に示すことで「社会への応用, 現代社会の課題」を授業設計の軸にする。探究の問いの作成の際には, DPにおけるTheory of Knowledge(TOK 知の理論), International mindedness(国際的視野), Nature of science(科学の本質)の考え方が参考になる。また, 各単元において実施する実験・観察(実験デザインを含む)を評価課題と共に示すことで実験・観察に必要なとされる技能・スキルを明確に捉え, 「科学的な研究の方法」を, SS

科目を通じて習得させようとするねらいがある。SS科目における実験・観察の技能・スキルの伸長については、後述の2章(4)－1「教科指導における評価方法の開発」でさらに詳細に述べる。

B：実践研究

上記Aの基礎研究をもとに、各SS科目で授業実践を行った。実践の対象となる学年・科目は以下の通りである。ただし、今年度6学年(高3)SS地学は科目選択者がいなかったため、実践を行っていない。

	4 学年(高 1)	→	5 学年(高 2)	→	6 学年(高 3)
SS 理科			SS 物理基礎(必修)	→	SS 物理(選択)
		DP Group4: Physics higher level の趣旨を取り入れる			
			SS 化学基礎(必修)	→	SS 化学(選択)
		DP Group4: Chemistry higher level の趣旨を取り入れる			
		SS 生物基礎(必修)		→	SS 生物(選択)
		DP Group4: Biology higher level の趣旨を取り入れる			
		SS 地学基礎(選択)		→	SS 地学(選択)
		DP Group4 の中で地学領域の趣旨を取り入れる			

授業実践の際には、IBの趣旨を取り入れた単元設計になるように、単元設計書を作成した。単元設計書の構成は、MYPにおける「逆向き設計」(Wiggins and McTighe 2005)¹の要素を取り入れ、探究(単元における目的の確立)→活動(指導と学習のプロセス)→振り返りの3段階とする。また、各段階における要素を以下のように設定した。

探究：単元における目的の確立

- ・学習目標
- ・重要事項(学習内容、スキル、概念に分けて記入)
- ・探究の問い
- ・総括的評価

活動：探究を通じた教授と学習

- ・学習内容、スキル、概念
- ・学習過程(授業形態および形成的評価を含む)
- ・学習の方法 Approaches to learning(ATL)
- ・資料

振り返り

- ・実践(教授および学習)を通しての良かった点と悪かった点
- ・学習目標に対する振り返り

実践研究の際に作成した単元設計書の例は、2015年度(平成27年度)SSH事業成果として作成した冊子「国際バカロレアプログラムの趣旨を取り入れた理科授業の実践報告～学習指導要領との対応を踏まえて～」に掲載されている。

¹ G.Wiggins and J.McTighe, 2005, Understanding by Design, 2nd ed., Pearson Education

V1: 検証

上記 B の実践研究に対する検証として、各 SS 科目において実施された評価課題やそれに対するルーブリックを用いた学習評価の分析を行った。つまり、SS 理科科目の授業設計の転換が、生徒に課す評価課題や生徒の学習評価にどのように影響を与えたかを考察した。完全に対応関係が成立するものではないが、本年度の SS 理科科目で設定した 3 つのポイントと評価規準の関係は以下の表 4 に示す通りである。

表 4 SS 理科科目の授業のポイントと評価規準・評価課題との関係

授業設計のポイント	評価規準	評価課題の実践例
「社会への応用，現代社会の課題」を授業設計の軸にする	規準 F：科学による影響の振り返り	<ul style="list-style-type: none"> ・「化学はなぜ誤解されるのか？」という探究の問いに対する記述および議論 ・東日本大震災の復興プランを考える ・「不老不死になることはできるか？」という探究の問いに対する記述および議論
「科学的な研究の方法」を習得することを目的とした実験デザインの重視	規準 B：探究 規準 C：実験観察の技能 規準 D：データ処理 規準 E：評価	<ul style="list-style-type: none"> ・データロガーを用いて，炭酸の酸解離定数を求める実験 ・課題「自作電池で人の心を動かそう」における電池の設計および作成 ・課題研究レポートの査読をし合う（相互評価）
発展的学習の一部導入	規準 A：知識と理解	<ul style="list-style-type: none"> ・DP 最終試験を参考にした単元テスト

まず、生徒に課す評価課題については、表 4 の評価課題の実践例に示す通り、知識の想起に重点を置いた定期テストだけでなく、「自分の意見を記述すること」「根拠を持って議論すること」「与えられた課題に対して実験を計画し、実行すること」「数学的手法を利用して生データを処理すること」「相互評価を活かしたフィードバック」など仮説で設定した課題発見力、問題解決力、協調性、論理的思考力、多面的考察力、発信力等の能力をはかるための課題が各授業で設定された。これにより、生徒同士で協働する機会は格段に増えた。また、探究の問いや実験方法の妥当性に対する議論では、教員による一方的な指導ではなく、教員も交えて対等に議論する場面もあり、授業そのものが活性化した。

生徒に対する学習評価の分析については、本報告書においては授業設計のポイントの 1 つとしても重要視した規準 F「科学による影響の振り返り」を例に挙げる。規準 F の評価規準の詳細は、以下の表 5 に示す通りで、i～iv の項目を達成度に応じて大きく 4 段階に設定している。

表5 規準F「科学による影響の振り返り」の詳細

1~2	この生徒は以下のことができる。 i. 具体的な問題または課題への対処に科学がどのように用いられるかについて概要を述べる。 ii. 一つの要因と関係づけながら、具体的な問題または課題の解決に科学を用いることが与える影響についてその概要を述べる。 iii. 完全ではないが、科学用語を応用して理解したことを伝える。 iv. 完全ではないが、情報源を明記する。
3~4	この生徒は以下のことができる。 i. 具体的な問題または課題への対処に科学がどのように応用され、用いられるかをまとめる。 ii. 一つの要因と関係づけながら、具体的な問題または課題の解決に科学とその応用を用いることが与える影響を記述する。 iii. 科学用語をときどき応用し、理解したことを伝達する。 iv. 情報源をときどき正しく明記する。
5~6	この生徒は以下のことができる。 i. 具体的な問題または課題への対処に科学がどのように応用され、用いられるかを記述する。 ii. 一つの要因と関係づけながら、具体的な問題または課題の解決に科学とその応用を用いることが与える影響を論じる。 iii. 大抵の場合、科学用語を応用し、理解したことを明確かつ正確に伝達する。 iv. 大抵の場合、情報源を正しく明記する。
7~8	この生徒は以下のことができる。 i. 具体的な問題または課題への対処に科学がどのように応用され、用いられるかを説明する。 ii. 一つの要因と関係づけながら、具体的な問題または課題の解決に科学とその応用を用いることが与える影響を論じ、評価する。 iii. 科学用語を一貫して応用し、理解したことを明確かつ正確に伝える。 iv. 情報源を完璧に明記する。

6 学年(高3)SS 化学における規準 F に対する評価の分布を図 1 に示す。6 学年(高3)SS 化学では、規準 F に対応する評価課題を 1 年間で 3 つ設定した。それぞれの課題で扱った社会への応用や現実社会での課題に対するトピックは異なるが、どの課題においても上記表 5 の評価規準 F の詳細をもとにして作成したルーブリックを生徒に提示した。事前にルーブリックを提示した効果もあると思われるが、多くの生徒が授業の軸として設定した社会的課題を単元学習中に意識し、総括的評価がなされる評価課題にも取り組むことができたと言える。SS 理科科目における授業設計の転換が、科学的学習内容と現実社会での課題をリンクさせたとも考えられる。

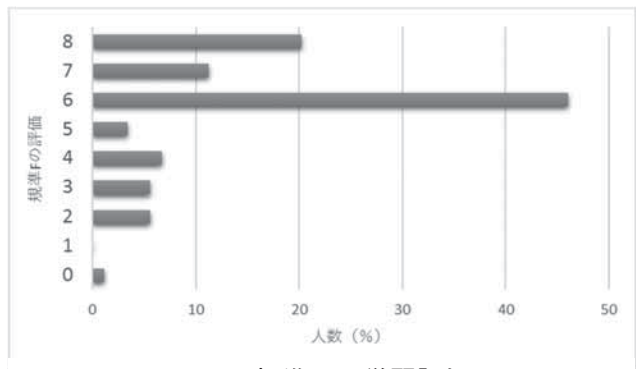


図 1 規準 F の学習評価

このように実践的研究の振り返りを行うことによって、カリキュラムマップおよび単元設計の見直しを行った。各 SS 科目でのカリキュラムマップや単元設計の見直しの結果は、下記に示す冊子「国際バカロレアプログラムの趣旨を取り入れた理科授業の実践報告～学習指導要領との対応を踏まえて～」に反映されている。

V₂: 検証

SS 理科科目の研究開発に対する検証および成果普及を目的に、以下の 2 つを行った。

- ・研究成果物として冊子「国際バカロレアプログラムの趣旨を取り入れた理科授業の実践報告～学習指導要領との対応を踏まえて～」を作成し、SSH 校および教育関係機関等に配布した。また、本校

主催のSSH情報交換会（平成28年1月30日実施）において、配布するとともに、SS科目の研究開発の経緯を説明し、意見・感想等を頂いた。

- ・本校主催の授業研究会（平成28年1月30日実施）において、SS化学基礎「酸化還元反応を社会に活かそう」を公開し、研究協議会を実施した。研究協議会のテーマを「実験デザイン力の育成を目指す授業実践」とし、SS理科科目の重要要素の1つである科学的な研究の方法を習得させるための工夫について議論した。

3) 実施の効果とその評価

SS理科科目の研究開発の検証として作成した冊子、および実施した授業研究会については、教育関係者等から「IBの有効性が実証され、授業改善につながる」との一定の評価を頂くことはできた。一方、SS理科科目の研究開発に携わった教員(8名)から以下に示す実施の効果に関する意見・感想を得た。

- ・単元設計書の作成により、MYPと同様に文脈や重要概念の設定から授業設計ができ、より学習者中心の授業展開ができるようになった。
- ・文脈の設定により、他教科・科目との連携を視野にいれられる可能性が見えてきた。
- ・これまで、各科目がそれぞれ実施してきた実験・観察のスキルの育成が、カリキュラムマップ作成により、整理された。科目間での調整も可能になった。
- ・教員間の共通理解の不足が感じられた。
- ・MYPおよびDPだけでなく、PYPとの関連も視野に入れた方がよいのではないかと感じた。
- ・学習指導要領とDPでは内容構成やカテゴリーが異なることがわかり、学習順序の変更を再考する機会となった。
- ・実験デザインの重視は生徒にも好評であったが、一方で科目間での調整や整理も必要だと感じた。実験課題や実験デザインの項目を設定したカリキュラムマップを作成しているため、学年間および科目間の調整を今後検討したい。
- ・IBの趣旨を理解することで、SS科目の開発はゼロからのスタートではなく、これまでの授業を十分に活用することができることがわかった。

本年度の取り組みから、これまでの理科授業をより学習者中心で協働型・双方向型の授業に転換するための方策が具体的に見えてきた。本年度は、DPのガイドが改訂されて1年目であったため、基礎研究に時間を割き、授業実践に到達できていない部分もある。学習指導要領との対応を踏まえた上でIBの趣旨を取り入れるSS科目であることは継続し、次年度以降は実践研究により重心を置くことが必要とされる。

(2) - 1 SSIB 化学講座

本項目の研究開発の概略は、以下の通りである。

A 講座の設計：講座の規模，内容，構成等を検討。
B 講座の実施
V 検証：講師および受講者に対するアンケートにより検証。

1) 研究開発の経緯

平成 27 年 4～6 月	SSIB 講座設計のための検討会議。(A)
平成 27 年 8 月 26～28 日	SSIB 講座の実施。(B)
平成 27 年 8 月	アンケート調査(講師および生徒)の実施。(V)

2) 研究開発の内容

【仮説】

DP の学習内容の一部を SSIB 講座として、希望者を対象に短期集中講座として実施することにより、科学的に専門性の高い発展的学習内容を含む講座の開発ができるとともに、日本の学校における IB 導入への課題を明確にし、その解決策等を具体的に提案できる。

【研究内容・方法・検証】

A：講座の設計

DP Sciences には、Options という選択制のトピックがある。以下に示す DP Chemistry におけるトピックは、各トピックには定量化学，分析技術，環境問題，有機化学の要素が必ず含まれている。また、先端科学技術や高度な測定機器の扱い等も含まれ、研究活動の基礎を構築し、科学的素養を高めるための学習内容となっている。

<DP Chemistry>
Option A: Materials 材料化学
Option B: Biochemistry 生化学
Option C: Energy エネルギー
Option D: Medicinal chemistry 医薬品化学

これらの内容を、本校の DP 教員と大学や研究施設とで連携を図りながら、IB の授業として実施することとした。講座の設計にあたり、以下の設計方針を定めた。

- ・授業設計においては、概念理解のための“*Inquiry question*” (本質的な問い)を設定し、現実社会の課題について科学的な知識を得た上で分野を超えた解決策を考えられるよう授業形態の工夫をする。
- ・長期休暇中の集中講座として開講し、1日 6～7 時間×3 日間程度を目安とする。
DP シラバスの規定では、各トピックをスタンダードレベルでは 15 時間、ハイヤーレベルでは 22 時間実施することになっているため、それに準じるように時間を設定する。
- ・授業は、各講座の専門性の高い外部講師と本校 IB 教員との TT 形式をとる。

外部講師は、東京学芸大学をはじめとする高等教育機関、理化学研究所をはじめとする研究機関などから招聘する。

- ・各講座内で、最先端の科学技術施設の見学や高校理科では扱うことのできない測定機器の操作なども行う。
- ・希望者対象の講座とする。

B：講座の実施

本年度のSSIB化学講座は、テーマをDP Chemistry Option Aの「材料化学」とし、以下の要領で実施した。

日 時 平成27年8月26日(水) 10:00-16:00 (東京学芸大学)
8月27日(木) 10:00-16:00 (東京学芸大学)
8月28日(金) 10:00-16:00 (東京学芸大学)

場 所 東京学芸大学 自然科学系研究棟1号館 M208

指 導 者 東京学芸大学教育学部 國仙久雄先生

(自然科学系 基礎自然科学講座 分子科学分野教授)

吉永裕介先生

(自然科学系 基礎自然科学講座 分子科学分野准教授)

中野 幸夫先生

(自然科学系 広域自然科学講座 環境科学分野准教授)

生尾 光先生

(自然科学系 基礎自然科学講座 分子科学分野助教)

東京学芸大学附属国際中等教育学校 教諭 鮫島朋美

参加生徒 5名

講座の概要 「材料」としての科学は、これまで多くの問題を解決し、人類の暮らしを向上させるために用いられてきたが、一方で、倫理的に疑問のある科学利用や不本意な問題も招いている。プラスチックゴミによる海洋汚染はまさにその事例の1つである。私たちの生活を便利で豊かなものにする材料として開発されてきた材料が海洋汚染の深刻な問題を引き起こしている事例を導入とし、科学者の倫理的責任について議論する。

実習・実験においては、近年重要な事項として以下の実験を行う

- ・水中の汚濁物質の定量と触媒による除去に関する実験
- ・レアメタルの再利用に関する実験
- ・模擬廃液中のセシウムの吸着実験

これらの実験を通して、他の材料についてもその科学的性質を理解するとともに社会問題との関連を導き出し、議論する機会とする。

講座のスケジュール

8月26日(水) (1日目)	10:00 (@自然科学系研究棟1号館 M208) 【オリエンテーション】 ●講師・TA紹介、参加者自己紹介など ●プラスチックゴミによる海洋汚染を事例とした“ <i>Inquiry question</i> ”に対するグループワーク
-------------------	--

	<p>「科学技術の産物が環境にマイナスの影響を与える可能性がある。科学者は倫理的にその影響に対して責任があるか？」</p> <p>●課題およびルーブリックの提示 領域ごとに、3日間の講義および実験を通して学んだことを，“Inquiry question”に答える形で最終日にプレゼンする。</p> <p>●各領域の概要説明 【物理化学領域】 水中の汚染物質の定量と触媒による除去に関する実験 【無機化学領域】 金属のリサイクルー溶媒抽出法を用いた Ga と In の抽出実験ー</p>
	<p>13:00 【物理化学領域または無機化学領域の実験】 物理化学領域：酸化チタンを用いた光触媒反応によるメチレンブルーの分解実験 無機化学領域：使用器具の練習，試薬の調整，金属のリサイクルについての講義 16:00 終了</p>
8月27日(木) (2日目)	<p>10:00 【物理化学領域または無機化学領域の実験】 物理化学領域： 酸化チタンを用いた光触媒反応によるメチレンブルーの分解実験の解析 無機化学領域：抽出実験</p>
	<p>13:00 【物理化学領域または無機化学領域の実験】 物理化学領域：硝酸イオン・亜硝酸イオンの定量 無機化学領域：抽出実験，身近な水に関する講義 16:00 終了</p>
8月28日(金) (3日目)	<p>10:00 【物理化学領域または無機化学領域の実験】 物理化学領域：身の回りの硝酸イオン・亜硝酸イオンの定量と触媒による分解 無機化学領域：ICPによる金属イオンの測定と解析</p>
	<p>13:00 (@自然科学系研究棟 1号館 M208) 【プレゼン準備のためのグループワーク】 講義&実習を経て，学んだことや“Inquiry question”に対する意見をグループでまとめ，10分程度のプレゼンを準備する。 1. 各領域で学習した内容について どのような講義を受けたか？ どのような実験をしたか？など 2. 1で学習した内容と関わりが深い「現実社会の課題」にはどのような事例があるか？ 3. 2の事例について，“Inquiry question”にどのように答えるか？</p>
	<p>15:00 (@自然科学系研究棟 1号館 M208) 【プレゼンおよび講評】 プレゼン10分+質疑応答。 ルーブリックをもとに相互評価する。 16:00 終了。</p>

V：検証

本項目の研究開発に対する検証として，担当講師・TAおよび生徒アンケートを実施した。
講師・TAアンケートにおける質問事項は以下の4つである。

- ・本校生徒の理解や反応などいかがでしたか？やりがいのある点、やり難かった点など具体的な場面をあげ、考えられる理由もお教えください。
- ・ご多忙なか本講座をお引き受けいただくにあたってのインセンティブ（動機・誘因）は何でしたか？あわせて先生方にメリットと考えられることがございましたらお教えいただけると幸いです。
- ・本講座をお引き受けになられたことによって本務（研究など）に支障もしくは負担を感じられましたか？また、それらの解消が期待される対策案などがございましたらお教えください。
- ・次年度もお引き受けいただけることが出来る場合は、実施しやすい時期など条件や要望などをお教えください。

担当講師・TAからは、“Inquiry question”と担当した実験・講義との整合性やグループワークの意義に対する指摘、実施時期や期間に対する負担感等のご意見・ご感想を頂いた。生徒アンケートの自由記述からは、「材料化学」という分野への興味、学校の授業では扱えない測定機器や実験器具を使用できたことに対する充実感がうかがえた。

3) 実施の効果とその評価

SSIB 化学講座の検証として行ったアンケート結果から、3日間連続の集中講座として DP 化学の内容を扱った本講座に対して、高校では取り組むことのできない実験を経験することができたこと、実際に社会で応用されている化学的手法を実践することができたことなどについては一定の効果があったと考える。一方、DP を取り入れることに対する以下の問題点も明確になったと言える。

- ・専門性の高い学習内容(大学基礎レベル)と現実的な課題との接点をどのように見出すか。
- ・DP の趣旨について、外部講師との共通理解をいかに図るか。
- ・既習の学習内容と DP の求める学習内容のギャップをどのように埋めるか。

次年度は、本校で DLDP(デュアルランゲージディプロマ)がスタートするため、DP 化学を選択している生徒および一般プログラム生の中の希望者による受講を予定している。DP 教員と外部講師との連携を密にし、より DP の趣旨を共通に理解し、それを反映させた講座の実践をしていく。また、SSIB 講座を通じて、本校の DP 理科の授業を他校の生徒や先生方に公開していく予定である。

(3) SS 理数探究

(3) - 1 SS 理数探究(各学年における国際教養)

資料「平成 27 年度教育課程表」に示す通り、1 学年(中 1)から 6 学年(高 3)の「国際教養」に「SS 理数探究」を設定している。特に、4～6 学年(高 1～3)の「国際教養」は、それぞれ「国際 4」、「国際 5」、「国際 6」として開設している。「国際教養」は、人間理解、国際理解、理数探究の 3 つの柱で構成されている。本 SSH 事業では、この 3 つの柱の中の理数探究を「SS 理数探究」として、理数領域のみに偏ることなく、学際的な学びを通して現実社会・生活への問題意識を基に課題を見つけ、科学的なアプローチができるカリキュラム設計とし、課題研究を軸としてさらに発展・拡充させることとしている。

1 年次は、申請時の事業計画に基づいて SS 理数探究を実施したが、大きく 2 点が課題として挙げられた。1 つ目の課題は、申請時の事業計画に記載した目標とプログラムに従って各学年において試行的に取り組んだものの、それらが 6 カ年を見通した体系だったものとなっていないということである。校内研究会や SSH 運営指導委員会等において、申請時に記した目標とすべき資質・能力を変更する必要性が指摘された。2 つ目の課題は、IB プログラムとの関わりである。4 学年(高 1)の「国際教養」では、IBMYP の集大成として実施する Personal Project(PP)が位置づいている。PP は IB プログラムとして必須の取り組みであり、SSH としての開発の余地がないものである。またプロジェクト型学習であり、いわゆる課題研究とは質的に異なるものである。これを課題研究を軸とした「SS 理数探究」にどのように位置づけるかということに関しても、校内研究会や 4 学年(高 1)の学年会等において指摘された。

そこで 2 年次は、6 カ年の体系化に向けて各学年において課題研究を遂行するために育成すべき資質・能力を設定した。研究開発の概略は、以下の通りである。

A：各学年における資質・能力の仮設とそれに対するプログラムの開発及び実施

V 検証：各学年で仮設した資質・能力の整理

1) 研究開発の経緯

2 年次は、各学年において、課題研究を遂行するために必要な資質・能力を生徒の発達段階に応じた形で仮設し、それを育成するためのプログラムと評価規準の開発、実践を行った。そして、それらを整理することによって、6 カ年の体系化に向けて、各学年で育成すべき資質・能力を設定した。

2 年次の開発経緯は以下の通りである。

日時	内容
平成 27 年 4 月～12 月	各学年における資質・能力の仮設とそれに対するプログラムの開発及び実施(A)
平成 27 年 1 月～3 月	各学年で仮設した資質・能力の整理(V)

2) 研究開発の内容

【仮説】

各学年の SS 理数探究における取り組みを整理することによって、発達段階に応じた自律的に課題研究を遂行するために必要な資質・能力を設定し、6 カ年の体系だった理数探究プログラムを開発することができる。

尚、2年次における仮説は次の通りである。

・各学年のSS理数探究の取り組みを整理することによって、発達段階に応じた自律的に課題研究を遂行するに必要な資質・能力を設定することができる。

【研究内容・方法・検証】

A：各学年における資質・能力の仮設とそれに対するプログラムの開発及び実施

各学年において取り組んだ内容，方法について以下の項目に沿って記述する。

(i) 育成すべき資質・能力と評価規準 (ii) プログラムの概要 (iii) 今後の課題

[1 学年(中 1)]

(i) 育成すべき資質・能力と評価規準

1 学年(中 1)で設定した資質・能力は以下の通りである。

- ①問題発見力：個人的な関心や背景となる情報に基づき，探究課題を明確に定義する力。
- ②情報収集力：探究課題に関連のある情報を集め，論理的な探究方法をデザインし，探究課題に関連する生データを収集する力。
- ③コミュニケーション力：得られたデータによって裏付けられた結論を，科学用語を応用して正確に伝える力。情報源を明記する力。

また，これらの力を評価規準としたルーブリックを作成し評価した。

(ii) プログラムの概要

7人の教員がそれぞれ大きなテーマを設定し，その下で個人またはグループの探究活動を行った。各テーマは以下の通りである。

- ・感性を数値化して見る世界 ・身の回りの事象を数学の眼でとらえて探究しよう
- ・光と映像の科学 ・キッチンの化学
- ・東日本大震災から学ぶ地学 ・音楽で「人間らしさ」を科学する ・色の科学

(iii) 今後の課題

- ・各講座で設定された大テーマの中で，普段の生活，ニュース報道やCM，経験した自然災害など普段から疑問に思っていた事を課題研究のテーマとして設定できた。理科や数学とはかけ離れたテーマもあるが，科学的手法を用いて探究することを目指すことができたと考える。しかし，科学的手法の定着が未熟なため，調べ学習との区別が明確でない研究も散見された。
- ・情報収集については，Web上の情報を多く活用していたグループが多い。決して悪いことではないが，情報の取り扱いや収集の方法については，指導が必要な部分もある。
- ・学年末に各講座で行った課題研究を10分間のプレゼンにまとめて発表するという形式で，学年全体で発表会を行った。プレゼンテーションの形態としてのコミュニケーション力は長けているが，科学的情報を正確に提示するという部分には課題があると考えられる。グラフや表での示し方，フローチャートの有効な活用等，指導が必要であると考えられる。

[2 学年(中 2)]

(i) 育成すべき資質・能力と評価規準

2 学年(中 2)で設定した資質・能力は以下の通りである。

- ①統計的探究遂行力：統計的探究プロセス（PPDAC サイクル）に則って探究を遂行する力。
- ②データ分析力：自身の設定した探究課題に対して，適切な情報やデータを収集し，適切な手法を用いて処理する力。
- ③理数的コミュニケーション力：探究したプロセスやそのプロダクトを，明確な根拠に基づい

て、効果的に表現する力。

また、これらの力を評価規準としたルーブリックを作成し評価した。

(ii)プログラムの概要

統計に関して、2つのプログラムを設定した。

- ・統計グラフコンクールに応募しよう！

統計的問題解決を行い、そのプロセスとプロダクトをポスターにまとめる。自ら問題を見つけ、課題を設定し、計画を立て、事実やデータを根拠にした結論を導く。数学科との連携を図り、進めた。なお、IBに則り、探究の問い(Statement of inquiry)を「私たちは、問題解決のプロセスを、データに基づいてわかりやすく表現することができる。」と設定し示した。

成果：第63回東京都統計グラフコンクール 第4部(中学生) 東京都知事賞受賞

- ・課題研究：スポーツを科学する

統計グラフコンクールの作品制作の活動の上に立ち、データに基づいた科学的探究を“スポーツ”を対象に行い、新聞形式のポスターにまとめる。短期間で取り組む課題研究と位置づけた。なお、探究の問い(Statement of inquiry)を「私たちは、スポーツに関する事象を、データに基づいて探究することができる。」と設定し示した。

(iii)今後の課題

- ・〔統計グラフ〕アンケート調査を実施する生徒が多数いたが、その方法はSNSを利用してのものが大半を占めた。事前に指導はしているものの、生徒の活動範囲に限りがあるため、また標本調査の概念形成を行わなかったために起きたことであると認識している。今後、どのような指導をすべきかが検討事項である。
- ・〔スポーツを科学する〕課題研究と称して取り寄せたものの、失敗に終わるケースが大半を占めた。統計グラフでの取り組みがあったため、生徒の自主性に頼り、教員の介入が少なかったことが原因の1つであると考え。課題研究をする上で、2学年(中2)の生徒に対し教員がどの程度介入すべきか、または方向づけるべきかを検討する必要がある。
- ・統計グラフでは、棒グラフや円グラフが多くを占めており、統計的データを分析する力が十分に備わっていないことが明らかとなった。その要因として、例えばアンケートなどを作成するといったデータを収集するための準備段階において、何かしらの工夫が必要である。また、一度ポスターを作成するだけではなく、それを何度も修正していく過程を踏ませることによって、分析する方法を豊かにしていくということも考えられる。

[3 学年(中3)]

(i) 育成すべき資質・能力と評価規準

3 学年(中3)では、4 学年(高1)で実施する PP を模擬的に行う場として、Pre Personal Project(PPP)を実施した。育成すべき能力も Personal Project と同様である。

- ①(「グローバルな文脈」の中で) 持続的で主体的な探究力
- ②創造的な(新しい) 洞察力と、徹底的な調査力(を通じて理解を深める。)
- ③長期間のプロジェクトを完成させるのに必要な技能、態度、知識
- ④状況に応じた効果的なコミュニケーション力
- ⑤学習の結果として責任ある行動力

(ii)プログラムの概要

PPとは異なり、PPPではテーマ設定として、「沖縄」をフィールドにするものに限定した。これ

は PPP を沖縄ワークキャンプと連携させるためである。その枠組みの中で、自らテーマを設定し、問題解決する流れを設定した。生徒の活動は以下の通りである。

- ・プロポーザルの作成
- ・スーパーバイザーとのミーティング
- ・プロセスジャーナルへの記録
- ・中間報告会
- ・沖縄でのインタビューや実地調査
- ・報告レポートの作成

なお、プロポーザルでは以下の項目を必須とした。

- ・プロジェクトに取り組む理由ときっかけ〔問題意識〕
- ・1年間問い続けられるような問題の明確化〔問題発見〕
- ・プロジェクトの内容とそれを誰に向けどのように発信するか〔貢献・還元〕
- ・プロジェクトとしての発進に適した作品〔独自性〕

(iii)今後の課題

- ・ 沖縄ワークキャンプ(11月実施)から報告レポート作成(1月初旬)まで期日が少ないため、調査結果に基づきさらに研究を発展させていくことが時間的に困難であった。そのため研究も浅いものとなってしまった。
- ・ 設定した各能力が広範に渡っているが、テーマ設定にかなり苦慮していた様子から、問題設定力をもっと焦点化し、育成すべきであった。

[4 学年(高 1)]

(i) 育成すべき資質・能力と評価規準

冒頭に示した通り、4 学年(高 1)では、PP¹を実施している。PP で設定されている能力は以下の通りである。

- ①(「グローバルな文脈」の中で) 持続的で主体的な探究力
- ②創造的な(新しい)洞察力と、徹底的な調査力(を通じて理解を深める。)
- ③長期間のプロジェクトを完成させるのに必要な技能、態度、知識
- ④状況に応じた効果的なコミュニケーション力
- ⑤学習の結果として責任ある行動力

また、これらの力を評価するための評価規準として以下が設定されており、ルーブリックを用いて評価した。

- ・調査
- ・計画
- ・行動
- ・振り返り

(ii)プログラムの概要

- ・プロポーザル提出・口頭試問
- ・スーパーバイザーとのミーティング
- ・プロセスジャーナルへの記録
- ・報告レポート(説明会)
- ・発表会

PP は生徒が自分の探究を設定し推し進める、MYP における「探究」の集大成である。MYP における探究は「調査」「計画」「行動」「振り返り」のサイクルで実施されるが、その際生徒は以下のような行動をする。このような探究サイクルを経験することにより、中等教育後期や高等教育における課題研究の導入としても位置付けることができる。

- ・ 何について学ぶかを決める。すでに何を理解しているかを確認する。プロジェクトの完成には何が必要かを見いだす。

¹ 詳細は、International Baccalaureate Organization(2016)「中等教育プログラム プロジェクトガイド」(日本語訳)を参照。

- ・プロジェクトの計画案や評価規準を作成する。時間や資料の計画を立てる。プロジェクトの進展を記録する。
- ・意志を決定したり、理解を深めたり、問題を解決したり、指導教員や他の人々と情報交換する。そして作品や成果を生み出す。
- ・作品や成果を評価し、自分のプロジェクトと学習したことを振り返る。

(International Baccalaureate Organization(2016)「中等教育プログラム プロジェクトガイド」(日本語訳)p.19 より)

(iii)今後の課題

- ・ PP はプロジェクト型の学習であるため、課題研究とはなりにくいですが、自ら計画を立て一連のプロセスを遂行するという点に関しては、自律的な行動力を育成する機会として位置付けられる可能性があり、検討の余地がある。
- ・ 自ら課題を見つけ、1年間で実現可能な課題として設定するという力に欠けている現状がある。この点に関しては、課題研究に必要な力と同様であると考えられる。

[5・6 学年(高2・3)]

(i) 育成すべき資質・能力と評価規準

5・6 学年(高2・3)で設定した資質・能力は以下の通りである。

- ①科学的研究遂行能力:1 学年(中 1)から 4 学年(高 1)までに培ってきた研究を遂行する能力を基に、自ら課題を見出し、計画を立案・実行し、論文を作成する一連のプロセスに関する力。また、必要に応じて自己の研究を振り返り、目的や方法の修正を行うことができる力。
- ②科学的研究論文作成能力:1 学年(中 1)から 4 学年(高 1)までに培ってきた様々なスキルを基に、実験や分析、またその評価のスキルや、再現性のある情報提供、適切な引用方法、論理的な構成などの科学的な研究論文を作成するために必要な力。

また、これらの力を評価するために、次の(ii)に示す研究経過報告書と研究論文に対して DP の Extended Essay(EE)の評価規準を基に次の規準を設定し、ルーブリックを作成し評価した。ルーブリックについては、資料として添付した。

【研究経過報告書】

- ・ 研究経過のメタ認知力
- ・ 研究の遂行力

【研究論文】

- ・ 要旨
- ・ 序論
- ・ 研究の方法
- ・ 理路整然とした議論
- ・ 適切な分析スキルと評価スキルの適用
- ・ 結論
- ・ 適切な言葉の使用
- ・ 形式・体裁

(ii)プログラムの概要

担当教員が大テーマを掲げた講座を開設し、その中で生徒それぞれが研究テーマを設定し、1年間かけて課題研究を遂行する。また、年度の途中で以下の作成を行った。

- ・ 研究実施計画書の作成

研究を遂行するにあたり、年度当初に、研究の動機、目的、方法を明らかにし、年間の計画を立てる。

- ・ 研究経過報告書の作成

年度途中(10 月末)に、それまでの研究を振り返り、必要に応じて研究の目的や方法を修正する。

・研究論文の作成

1年間遂行した課題研究のまとめとして、論文を作成する。

尚、5学年(高2)においては、これらの作成およびその時期を課題研究支援事業(ISS チャレンジ)と連動させて実施した。

(iii)今後の課題

- 目標とした資質・能力は妥当であったと考えられるが、それを評価する基準やルーブリックについては再検討の余地がある。例えば、実験を伴わない数学の研究などは、「適切な分析スキルと評価スキルの適用」という規準は当てはまらない。また、研究のプロセスのみではなく、質そのものを評価する規準を設定することも検討すべき課題である。
- 大テーマを掲げた講座を開設することによって、課題設定に対するある程度の方向性を示すことが出来たものの、実現可能性のある課題を生徒が自ら設定するためには、他大学・他機関との連携を密にするなど、何らかの手立てを講ずる必要がある。

V 検証：各学年の取り組みを整理

検証の方法は、各学年で仮設した育成すべき資質・能力およびそれに対応するプログラムについて、見出した課題等を基に整理することによる。

これまでのSSH事業2年間の取り組みから、まず課題研究を軸とした「国際教養」の時間を6カ年通して、次のように設定した。

表1 「国際教養」の時間の再編

	4月	・・・	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
6年	課題研究Ⅱ(課題研究)								
5年	課題研究Ⅰ(課題研究)					課題研究Ⅱ(課題設定)			
4年	PP			課題研究Ⅰ(準備, 課題設定)					
3年	理数探究活動					PP(課題設定)			
1・2年	各1年間の理数探究活動								

さらに、SS理数探究6カ年を通した最終的な目標として「自律的に課題研究を遂行することができること」を設定し、そのために、次のように、各学年の目標と育成すべき資質・能力を設定することができた。

[前提]

SSH事業の最終的な目標である「国際社会で活躍できる科学技術人材の育成」に資するために、課題研究Ⅱを終える時点で自律的な課題研究を遂行することが出来るようにする。そのために、各学年において課題研究に必要な一連のプロセスを経ることが出来るようにし、その上で下記の網掛け部分の資質・能力に焦点化して重点的に育成し、学年が上がるにつれてスパイラルな展開となるようにする。

尚、これらの資質・能力の育成はSSH事業の最終目標である「国際社会で活躍できる科学技術人材の育成」の必要条件であり、十分条件ではない。SSH, SGH, 国際教養全体、各教科のそれぞれで育成すべき資質・能力が補完関係にあり、それらを総合して最終的な目標を達成するものである。

[目標]

- 1学年(中1): 科学的事象に対する疑問や新たな課題を自ら見出し、必要な情報を収集する力を育成し、課題研究に必要なプロセスを経ることが出来る

2 学年(中 2)：客観的なデータに基づく研究を遂行することができる力を育成する

3 学年(中 3)：与えられた課題に対して、その解決のための方法を選択、もしくは創り出すことができる力を育成する

PP：自ら課題を設定し、その解決のための方法を選択、もしくは創り出すことができ、一連の探究プロセスを遂行する力を育成する

課題研究 I・II：自律的に課題研究を遂行することが出来る力を育成する

[各学年で育成すべき資質・能力]

表 2 各学年で育成すべき資質・能力

	課題発見力	情報収集力	分析・評価力	自律的活動力	コミュニケーション力
国際社会で活躍できる科学技術人材の育成					
課題研究 I・II	実現可能性のある課題設定力			研究の目的や計画を必要に応じて修正しながら遂行する力	科学的論文作成能力 研究発表力 協働
PP	実現可能性のある課題設定力	適切な先行研究の収集・分析		研究の一連のプロセスを遂行する力	
3 学年(中 3)			選択もしくは創り出した方法を用いて分析する力	必要な方法を選択もしくは創り出す力	
2 学年(中 2)		データ収集のためのデザイン力	統計的分析力		統計的表現を適切・効果的に使用する力
1 学年(中 1)	探究課題を明確に定義する力	情報・データ収集力			他者に伝える力

[備考]

・[前提]に記されていることを踏まえ、教科の授業では実施が難しいような、中長期的な課題研究を軸として実施する。

・1 年間で trial and error を繰り返すことができるようにプログラムを組む。

この表は、未だ開発段階にある。従って、文言などは今後再度吟味、精緻化していくことが今後の課題である。

3) 実施の効果とその評価

2 年次、各学年において上記の取り組みを行ったことによって、学年会や校内研の機会を通して、全教員の協議のもとに研究開発を進めることができた。そのため、学校全体として SS 理数探究の開発研究に取り組むことができ、SSH 事業に対する教員の意識の醸成と校内理解を図ることができた。一方生徒の意識については、学年末に実施したアンケートによると、各学年での取り組みを経て次年度の ISS チャレンジへの参加意欲が増したことが明らかになった。

また、各学年において育成すべき資質・能力に関する課題も顕在化された。さらに、6 か年の体系化に向けて、設定した資質・能力を育成するためのプログラムの開発という 3 年次に取り組むべき課題が明確になった。

プログラムを開発するためには、資質・能力を評価するためのルーブリックを作成し、それを用いて評価することによって、開発したプログラムの有効性を検証していくことになるであろう。従って、そのルーブリックの作成も今後の課題である。

(3) - 2 ISS チャレンジ (課題研究支援事業)

課題研究への一層のモチベーション向上を図るために、課題研究の成果発表会をコンテスト形式にて実施する。昨年度もほぼ同様のことを実施したが、本年度は SGH の指定を受けたため、SSH 部門と SGH 部門とに分け、共催での実施とした。また課題研究における研究計画・研究経過報告・研究成果報告(論文)を一連の課題研究の中に位置づけ実施した。研究開発の概要は以下の通りである。

A: 支援内容と方法の検討
 B: 課題研究支援事業の実施
 V: エントリー状況, 外部発表状況などによる検証

1) 研究開発の経緯

平成 27 年 4 月	SGH 委員会と合同で、今年度の ISS チャレンジのスケジュールを調整(A)
平成 27 年 5 月	SGH 委員会と合同で、研究計画書の内容と形式を協議・作成(A)
平成 27 年 9 月	SSH 委員会にて、研究経過報告書の内容と形式を協議・作成(A)
平成 27 年 11 月	SSH 委員会にて、課題研究成果としての研究論文の評価規準を協議・作成(A)
平成 27 年 1 月	SSH 委員会にて、研究論文評価の生徒へのフィードバックの方法を協議・実施(A)
平成 27 年 5 月～ 平成 28 年 3 月	研究計画書提出から口頭発表会・表彰までの一連の ISS チャレンジの実施(B)
平成 28 年 3 月	ISS チャレンジ (SSH 部門) エントリー者対象アンケート実施(V)

2) 研究の内容

【仮説】

課題研究の校内コンテストの実施、研究の人的支援・物的支援など課題研究の支援事業を開発することにより、生徒の課題研究を促進することができる。さらにこの仕組みを構築することにより、教育課程上に位置づいた課題研究のみならず、部活動や有志などで独自に実施していたり、異学年でのチームで実施していたりする科学研究を促進することができる。

【研究内容・方法・検証】

A: 支援内容と方法の検討

(i) 校内課題研究コンテスト「ISS チャレンジ」

◇「ISS チャレンジ」の目的

本校では 6 学年を通して設置されている国際教養の時間において、生徒の探究活動や課題研究の遂行に資する能力や態度の育成を目指しているが、科学部の活動や外部科学コンテストなどへの参加を目指した有志団体、もしくは個人でさまざまな課題研究や探究活動が行われている。これらの研究は、現状では広く認知されておらず、適切に評価される機会も少ない状況にある。これらの主体的な課題研究を効果的に支援し、奨励する機会を設けることで潜在的に活動している生徒の課題研究を顕在化させ、学校全体の生徒の自律的な課題研究を活性化させることを目的として、校内の課題研究コンテスト「ISS チャレンジ」を実施する。さらに生徒の課題研究を支援するために、研究環境(研究支援員および機材等の物的支援)を整える。

◇「ISS チャレンジ」の目標

生徒の課題研究活動の奨励および活性化をめざし、生徒の研究成果を論文としてまとめ、その成果を評価し、優秀な研究を表彰する。

◇「ISS チャレンジ」募集時の生徒への提示内容

研究対象: 科学, 科学技術, 数理科学などに関わる内容全般を対象とする。なお、手法が科学的であれば対象は問わない。

研究支援 1: 理数探究 Extra (金曜 7 時間目) に研究支援員 (TA) の研究支援を受けることができます。また、必要に応じて研究指導者(大学・研究機関の研究者・専門家)の研究指導が得られるようにする予定です。

研究支援 2: 課題研究における実験等に必要な備品や消耗品の支援をおこないます。エントリーシートの研究計画にもとづき申請を行い、夏休みには実験には実施できるようにする予

定です。SSH 事業として執行するため、支援内容に制約を受ける場合もあります。（執行できない場合もある）

(ii) 人的支援・物的支援

◇研究支援の目的と内容

生徒の課題研究活動における物的・人的支援を行い、生徒の発想に基づく独創的な課題研究を活性化させる。物的支援においては、必要な消耗品や機材等を提供し、人的支援においては課題研究支援員による研究の方法や進め方などの相談を行ったり論文やポスターの書き方などの指導・助言を行ったりする。

◇SS 理数探究 Extra 研究支援員制度

本校 SSH 事業として実施している ISS チャレンジ 2015 の一環として、生徒の研究活動を効果的に実施できる環境の整備をめざして、ISS チャレンジにおける SSH 部門の研究活動を支援する支援員制度を設け実施する。

B：課題研究支援事業の実施

(i) 校内課題研究コンテスト「ISS チャレンジ」

◇ISS チャレンジの流れ

5月中旬	募集要項の提示	ポスター提示・HR 等でのアナウンス
5月27日	エントリーオリエンテーション	エントリーとしての研究計画書の書き方についてのオリエンテーション
6月15日	研究計画書締切 【1次審査】	特に問題がなければ基本的に1次審査は通過。研究として達成できないと判断されるものは、計画修正をもとめる。
7月10日	研究オリエンテーション	研究ノートの受け渡しと記入のレクチャー 夏季休業中の研究の進め方（人的支援の要請等） 物品（物的支援）の受け取り
10月30日	研究経過報告書締切 【2次審査】	メンターによる研究経過の確認及び指導
1月8日	理数探究論文締切 【3次審査】	評価規準表に基づいて提出論文を評価 ファイナリスト（口頭発表者4組）、セミファイナリスト（ポスター発表者12組）を選出
1月21日	発表オリエンテーション	評価のフィードバックとファイナリスト・セミファイナリストに対する口頭発表・ポスター発表の連絡
2月20日	公開口頭発表会 【4次審査】	ファイナリスト4組による口頭発表と、セミファイナリスト12組のポスター展示
3月18日 修了式	表彰	ファイナリストに対して4つ、セミファイナリストに対して数点の賞を用意

◇ISS チャレンジ生徒研究成果発表会（公開口頭発表会）

目的：ISS チャレンジのファイナリストの研究成果について口頭発表を行うことにより、研究成果及びその発表能力を競い、その審査を行う。

日時：平成28年2月20日（土）8:45～12:30

参加者：4,5 学年（高1, 2）生徒（全員）、前期課程生徒（任意参加）、保護者、一般見学者

発表者：ファイナリスト4件

司会進行：セミファイナリスト有志生徒

発表時間：20分（質疑応答なし）

使用機器：プロジェクタ、パワーポイント等のPC機器

■発表タイトル一覧（発表順）

人体に潜むバクテリア	5名	5学年（高2）
動的数学ソフトウェアによる三角関数パラメータ軌跡の分析	1名	5学年（高2）
経路問題の解法の応用	1名	5学年（高2）
プロテアーゼの活用	5名	5学年（高2）

※) 一部の研究タイトルはエントリー時から変更されている。

■評価用紙

4,5学年（高1, 2）の見学生徒にはファイナリストの発表に対し評価を行った。

評価用紙抜粋		
	観 点	内容の説明
A	科学的手法が優秀な研究	科学研究の方法（調査・実験・分析）が科学的・実証的で秀逸な研究（課題設定と結論の独創性や新規性等は問わない）
B	社会的影響のある研究	実用性のある研究で、実社会（国際的視点も含む）で活用したり応用・発展が期待できる研究
C	独創的な研究	研究テーマが独創的であったり、研究方法が独創的であるなど、アイデアや発想がユニークな研究
D	革新的な研究	新奇性があり従来（大人の）の科学研究には見られない常識を超越した研究
E	教科的研究	数学や理科などの教科の内容や授業で扱う方法に強い関係がある研究
F	その他	A～Eにあてはまらない観点の場合はFをいれて、「観点Fの場合の観点」の欄に、評価した観点をキーワードとして記入してください。

研究発表毎にその研究発表に最もあてはまると思うものを評価観点 A～F から一つ選び〔評価観点①〕に記号を記入しなさい。〔評価観点①〕で選んだものの他に（次に）あてはまる評価観点がある場合は〔評価観点②〕に記号を記入しなさい。いずれかで観点Fを選んだ場合は、その作品のどのような特長（観点）を評価したのか、キーワードを記入して説明しましょう。

	研究テーマ	評価観点①	評価観点②	観点Fの場合の観点
①	人体に潜むバクテリア			
②	動的数学ソフトウェアによる三角関数パラメータ軌跡の分析			
③	経路問題の解法の応用			
④	プロテアーゼの活用			

(ii) 人的支援制度

<研究支援員>

	所 属	専門分野	備考
A	早稲田大学大学院	ESD・物理・数学・情報・環境	附属大泉中学校卒業生
B	本校数学科非常勤講師	数学・課題研究全般	
C	東京学芸大学 研究生	保健体育・運動・コーチング	本学保健体育科非常勤講師

<研究支援員のスケジュール>

実施回数

研究支援員	1学期	2学期	3学期
A	2	14	5
B	3+8(*)	15	5
C		10	

■時間帯 15:00～18:00（ただし(*)は12:00～16:00でオンライン相談を含む）

■場所 物理実験室（校内を中心として任意の場所）

■業務内容 研究計画書・研究成果論文・ポスターなどの添削やアドバイス。研究調査の内容や方法についての相談やアドバイス。

V. 検証

(i) ISS チャレンジについて

昨年度も「ISS サイエンスチャレンジ」と称し科学研究を奨励する同様の取り組みを行ったが、計画が遅かったため、教育課程上に位置付けている4学年(高1)「PP」、5学年(高2)「国際5」、6学年(高3)「国際6」での課題研究がすでに進行していた10月に募集を掛けることとなってしまった。その結果、昨年度の「ISS サイエンスチャレンジ」ではエントリー研究は21件で、セミファイナリストに残ったのは15件であった。

本年度は昨年度の反省から、年度当初から計画を立て、4年生以上で課題研究が開始される時期に合わせ「ISS チャレンジ」の募集を行った。結果、34件がエントリーされ、研究論文として提出がなされて3次審査まで残った研究が29件であった。昨年度と比較し、大幅にエントリー数及び論文提出数が増加した。これは、昨年度の口頭発表会やポスターなどに触れることにより課題研究へのモチベーションが増大したものと考えられる。コンテスト形式による取り組みの効果が得られたことが分かる。

また、ISS チャレンジエントリーグループに対しては、積極的に校外での生徒研究成果発表会への参加の機会を提供した。参加の状況は以下の通りである。なお、表中では、Pは口頭発表、Oは口頭発表を表している。

<生徒が参加した校外での生徒課題研究発表会>

①NICE(Network for Inter-Asian Chemistry Educators)

(平成27年7月31日：東京学芸大学附属高等学校)(英語による発表)

②The 2nd Symposium for Women Researchers (平成27年11月1日：都立戸山高等学校)

③東京都SSH指定校合同発表会(平成27年12月23日：東京農工大学)

④都立戸山高等学校第4回生徒研究成果合同発表会(平成28年2月7日：都立戸山高等学校)

⑤サイエンスフェア(平成28年3月11日：群馬国際アカデミー)(英語による発表)

⑥関東近県SSH校合同発表会(平成28年3月21日：文京学院大学)

この表から、特定の研究グループのみが校外で発表しているわけではなく、多くの研究グループが何らかの発表に参加していることが分かる。特に4学年(高1)、5学年(高2)の後期課程生徒のグループは、数グループを除き、校外での発表の機会を行っている。これも課題研究が促進された生徒かであると考えられる。

また、各種学会主催の発表会に参加した研究は以下の通りである。

<生徒が参加した各種学会主催の発表会>

- ・日本古生物学会第165回例会(平成28年1月30日；京都大学)

研究No.31「メタセコイアの気孔指数を用いた新生代の古二酸化炭素濃度の復元」

- ・日本化学会第33回化学クラブ研究発表会(平成28年3月29日；芝浦工業大学)

研究No.17「プロテアーゼの活用」

(ii) 研究支援制度について

<物的支援の実施状況>

上記34研究のうち、11件から要求があり支援を行った。支援の内容は主に実験や観察などに用いる消耗品である。研究計画書の中に必要となる物的支援の項目を設けたため、生徒は研究に必要なものを想定しながら研究計画を立てることができた。また、要求のあった物品等については夏季休業の前に渡すことができたため、時間的ゆとりのある夏季休業中に実験等を実施することが可能となった。

<人的支援の実施状況>

昨年度は水曜日の放課後に実施していた人的支援を、今年度は「理数探究Extra」として金曜日の7時間目相当の時間帯に設定した。昨年度、この制度が十分に利用されている状況に至らなかった反省のもと、曜日を変更して行ったが、利用者数が大幅に増大するには至らなかった。やはり7時間目相当とはいえ放課後であることには変わりないため、他に優先すべき用務が生じてしまっていることが考えられる。一方、定期的に利用する研究グループもあり、それらのグループは研究支援員と相談することにより研究の方法が明確になって研究が大きく進捗したり、ポスターや研究論文の質が向上したりして一定の効果は見られた。また今年度は夏季休業の直後にメール等によるオンライン相談の機会も設定したが、こちらのニーズはそれほど多くなかった。これは、実際に対面して

相談・アドバイスを受けることを生徒は望んでいることの表れであると考えられる。

表1：ISS チャレンジにエントリーした課題研究一覧

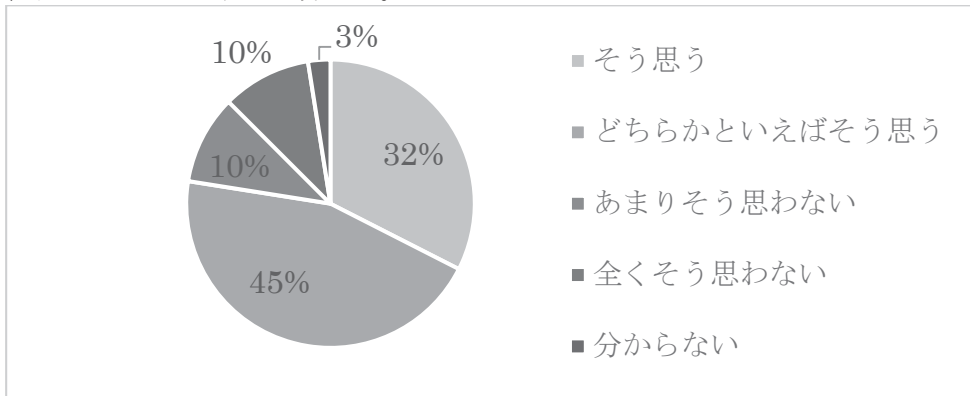
No	研究テーマ	背景	A欄	B欄	C欄	外部発表					
						①	②	③	④	⑤	⑥
1	ルミノールによる新たな鉄分の検出および分類	有志(2年・団体)	○	○	○	P			P		P
2	植物を自由に動かそう	有志(2年・団体)	○	○	○						
3	熱電素子と圧電素子の発光効率について	有志(2年・団体)	○	○	○						
4	雑草の生命力の有効活用	有志(2年・団体)	○	○	○				P		P
5	国際的に活躍できるダンサーを育てるための練習方法とは	有志(2年・団体)	○	○			P				
6	映像で表現する科学的事象	部活動(3年・団体)	○	○					P		P
7	Defining the factors that cause disgust towards insects	有志(3年・団体)	○	○							
8	環境に悪影響を与えない発電装置の作成	有志(3年・個人)	○	○							
9	アミロペクチンと食べ物の関係	有志(3年・団体)	○	○							
10	ケイ化木化石の分析による種類解明及び当時の環境再現	部活動(4年・団体)	○	○			P		P	P	P
11	少ない動力で歩く足の機構	有志(4年・個人)									
12	水中での音の認識性に関する研究	部活動(4年・団体)	○	○							
13	炭素化合物のC原子の数を変化させたときの化合物の最安定構造の変化について	国際5(5年・個人)	○	○		P					
14	経路問題の解法の応用	国際5(5年・個人)	○	○					O		
15	テンセグリティの応用	国際5(5年・個人)	○	○	○				P		
16	紙の種類(重さ)と紙飛行機の飛距離の関係	国際5(5年・団体)	○	○							
17	プロテアーゼの活用	有志(5年・団体)	○	○	○	P	P				P
18	バスケットボールにおけるリバウンドの獲得率をUPする	国際5(5年・団体)	○	○					P		
19	人体に潜むバクテリア	国際5(5年・団体)	○	○		P	P				O
20	見られる水質浄化	国際5(5年・団体)	○	○	○		P	P			
21	効率のよい部活動のグラウンドの配置を数学的に考察する	国際5(5年・個人)	○	○					P		
22	男女の匂いの感じ方に違いはあるのか？	国際5(5年・団体)	○	○					P		
23	円盤を遠くに飛ばすには？	国際5(5年・個人)	○	○					P		
24	顔のデカさの判定	国際5(5年・個人)	○	○	○				P		
25	自己駆動粒子の流れとその渋滞	国際5(5年・団体)	○	○					P		
26	IDカードチェックにおける問題点の明確化と新たな設置場所の提案	国際5(5年・団体)	○	○					P		
27	海上食糧生産	国際5(5年・団体)	○	○	○		P				P
28	プラナリアの回復力を最大限に引き出す環境を探す	国際5(5年・団体)									
29	GeoGebraによる三角関数パラメータ軌跡の分析	国際5(5年・個人)	○	○							P
30	鉄道の自動走行システムの開発	有志(6年・団体)									
31	メタセコイアの気孔指数を用いた新生代の古二酸化炭素濃度の復元	部活動(6年・個人)									
32	快適な空間の創造[Part 2] Creating a Comfortable Environment (Deuxième Partie)	有志(5年・団体)									
33	自然の素材からオーガニックシャンプーをつくる	国際5(5年・団体)	○	○	○						
34	Capability of Aquaponics as a High Yielding yet Water Efficient alternative to Soil Cultivation in Urban Tokyo	PP(4年・個人)	○	○	○					P	P

A 欄：研究経過報告書の提出状況 B 欄：研究論文の提出状況 C 欄：物的支援の状況
表 ISS チャレンジ SSH 部門の状況

3) 実施の効果とその評価

課題研究のコンテスト事業としての ISS チャレンジを年度当初から計画に位置づけ実施したことにより、エントリーする課題研究テーマが増加したことや、各種校外発表会に多くのチームが参加したことから、この事業が効果的であると判断できる。

また、国際5としてISSチャレンジにエントリーした生徒にアンケートを行ったところ、「1年間課題研究に取り組んで楽しかったか」という質問に対し、約75%超の生徒が肯定的反応を示している。ここから、課題研究は行えばそれを楽しんでいる割合が多くなるので、課題研究を推進する仕組みづくりの大切さが分かる。



また、次のような感想からも課題研究の一連の流れとしてコンテスト事業を開発した効果が認められる。

審査や査読後の修正を含めた一貫性のある研究がいい経験となった。今後の研究の役に立つと思う。

よい経験になりました。科学的な実験のやり方や論文の書き方などを学ぶことができた。

昨年度に引き続き研究に取り組んできて楽しかった。大きな目標は変化していないが、途中経過が乱れてしまうときもあったが、広い分野で研究に取り組むことができたのでよかったと思う。また、様々な場所（戸山高校、台湾）でも刺激を受けることができ深く学習することができた。

楽しかった。いつか同じテーマでもっと精密に研究したい。

計画を立てないと大変だということが分かった。また、論文の書き方など厳しいことが分かったので、今回はよい経験ができた。

一方、同じ感想で

- ・ものすごく疲れた。慌てていた思い出しか残っていない。予定の通りに進んでいくということは難しくて、毎度毎度慌てて焦っていた。
- ・もっと早くはじめていればよかったといつも思います。SSHはスケジュールの組み方とか課題の多さに関して改善点が多くあるのではないのでしょうか。
- ・報告書等の提出頻度が高くて大変だった。

のように、疲労感を持っている生徒が比較的多くいた。このことから、よりよりスケジュールの提供を考えていく必要がある。

(3) - 3 グローバルサイエンス事業

本項目の研究開発の概略は、以下の通りである。

A：内容の検討

B：実施

V 検証：アンケートや生徒レポートによる検証

1) 研究開発の経緯

生徒が取り組んでいる理数探究活動をより良いものにするをめざし、科学英語のセミナーや海外の科学系授業の体験などを企画・実施した。

	サイエンス英語イマージョン セミナー	ハークネスセミナー	海外 IB 校との交流 (中華民国)
平成 27 年 1 月			交流校と打合せを開始 (A)
平成 27 年 6 月		内容の検討 (A)	
平成 27 年 7 月		実施 (25 日) (B) 検証 (V)	参加生徒の募集
平成 27 年 9 月	内容の検討 (A)		参加生徒の選考
平成 27 年 10 月	実施 (31 日) (B)		参加生徒の事前指導
平成 27 年 11 月	実施 (6 日, 20 日, 27 日) (B)		参加生徒の事前指導
平成 27 年 12 月	実施 (14 日) (B)		実施 (20~24 日) (B)
平成 28 年 1 月~	検証 (V)		参加生徒の事後指導 検証 (V)

2) 研究の内容

【仮説】

英語を用いた主体的・協働的な学習活動・研究発表などを経験することにより、生徒の理数探究活動を充実させることができる。

【研究内容・方法・検証】

A：内容の検討

参加する生徒同士のインタラクションが、理数探究活動の充実につながるものを検討した。国内外の課題研究を発表する場においては、科学英語のスキルが求められるため、それに対応するものとして科学英語のスキルアップを目指すセミナーを開設することにした。また、科学英語を実際に用いて主体的・協働的な学習を体験させるために、海外の SSH 校・IB 校の授業を体験する機会をつくることにし、本年度は以下の内容を行った。

(i) サイエンス英語イマージョンセミナー

科学英語のスキルを高めることを主な目的とし、口頭発表などで使用するポスターや発表内容をネイティブ講師の指導の受けながら作成した。

(ii) ハークネスセミナー

米国のフィリップス・セクター・アカデミー (Phillips Exeter Academy ; PEA) の理科教師 (Mr. Blackwell) による、英語でのディスカッションを中心とした教授法 (ハークネス法: 対話を通じて主体的・協働的学びを成立させるという方法) の授業を PEA の生徒と共に体験した。

(iii) 海外 IB 校との交流

中華民国 (台湾) の IB 校である義大国際高級中学の科学系授業への参加, その系列校である義守大学医学部を訪問した。

B : 実施

(i) サイエンス英語イマージョンセミナー

日時: 平成 27 年 10 月 31 日 (金) 16:00~18:00	Start Up Orientation
11 月 6 日 (金) 16:00~18:00	Draft Poster
11 月 20 日 (金) 16:00~18:00	First poster check
11 月 27 日 (金) 16:00~18:00	Oral Presentation /Interaction
12 月 14 日 (金) 16:00~18:00	Final check

(ii) ハークネスセミナー

日時: 平成 27 年 7 月 25 日 (土) 9:00~12:00
 セミナーテーマ: 宇宙科学 (太陽の動き)

(iii) 海外 IB 校との交流

日時: 平成 27 年 12 月 20 日 (日) ~24 日 (木)
 場所: 義大国際高級中学/義守大学医学部及び医学部附属病院 (中華民国高雄市)
 参加者は 3~5 学年 (中 3~高 2) の 20 名 (男子 4 名, 女子 16 名)

	訪問先等 (発着)	実施内容
12 月 20 日	成田空港発・高雄国際空港着	BR107
12 月 21 日	義大国際高級中学	a) 授業への参加《科学実験》 b) 課題研究プレゼンテーション
12 月 22 日	義大国際高級中学	a) 授業への参加《科学実験》
12 月 23 日	義守大学	c) 義守大学医学部・附属病院訪問
12 月 24 日	高雄国際空港発・成田空港着	BR108

a) 義大国際高級中学の 4 つの科学系授業に 4 班に分かれローテーションで全ての内容に参加した。

<p>【化学 I】 リモネンによるポリスチレンのリサイクル実験</p> <p>【化学 II】 保湿効果のあるフェイスマスクとメンソレータム軟膏づくり</p> <p>【生物】 草花からの葉緑体の抽出実験</p> <p>【情報】 スクラッチを活用したロボット制御</p>

b) 義大国際高級中学の 9~11 年生を聴衆として, 本校から 6 件, 義大国際高級中学から 7 件の生徒による課題研究の英語口頭発表が行われた。

【本校の研究】

Evaluation of Protease extracted from <i>Grifola frondosa</i> .
The Relation between the Bacteria and the Host.
Food Product at Sea – To Stabilize the food supply.

Research on recognition characteristics of the sound in the water.
Reconstructing Paleocene environment from fossil woods.
Developing the defining of feeling about the insects.

【義大国際高級中学の研究】

The effect of different types of food texture on muscle action.
The effects of using different surfactants on ferrofluid's spiking phenomena.
Titration Analysis on different reactions.
An analysis of the portability of tap water in Kaohsiung in terms of pH level, clarity, hardness and presence of chloride.
Studies on different extraction techniques of Rosemary essential oil, and the antioxidant and antibacterial capabilities of Rosemary essential oil.
To what extent can the alpha angles on the wings of a plane increase lift in the ground effect?
To what extent dose performing proprioceptive exercise prior to completing an obstacle course help improve test times?

c) 義守大学医学部及び医学部附属病院を訪問し、研究室で行われている研究の説明を受け先端研究に触れた。また、海外の大学や研究施設（病院）の様子について理解を深めた。

V 検証：アンケートや生徒レポートによる検証

参加した生徒の感想をもって検証とする。

将来世界の学者と交流するにはやはり英語のスキルが必要なので、…英語でのセミナーはとても有意義であったと言える。
理科、「サイエンス」というグラウンドで生徒同士、まったく違う文化で育った人同士が意見交換をするということがどれだけ貴重で、どれだけ重要なのかを知ることができた。
国籍が違うからこそ違う意見が生まれ、その中から意見を交わすことができ、協力すべきところは協力して実験などを行えたのが良かったと思う。
義守大学では…研究成果をまとめたポスターを見させてもらって、…研究内容のまとめ方など私たちが作成したポスターと繋がる点も見受けられ、今行っていることが大学でも役に立つのだと感じ、驚き努力が報われるような嬉しさを感じた。

上記生徒のように、本年度実施したセミナーや交流事業を通して、生徒は協働の重要性やそのために求められる科学英語スキルを含むコミュニケーション能力の必要性に気づき、実践する機会となった。また、先端研究に触れることで、理系分野への進学や課題研究を継続していく意欲を高める機会にもなり、理数探究活動に対する達成感と取り組みへの意欲が向上していることが確認できる。

3) 実施の効果とその評価

本項目の研究開発については、前述の通り一定の効果が認められる。加えて、海外 IB 校との交流に参加した生徒は、交流に行くために課題研究が促進されるという効果もあった。一方で、今年度実施した時期や回数などについては、より多くの生徒の参加を促せるような実施方法を引き続き検討していく。また、実施内容に関についても精査し検討していく余地がある。

(3) - 4 セミナー・フィールドワーク事業

科学的なアプローチができる生徒の育成をめざし、科学に関わる各種の講演会等を行うセミナー事業と、自らが実際に見たり触れたりする機会となるフィールドワーク事業の研究開発の概要は以下の通りである。

A：企画・実施

V：生徒アンケートや報告レポートによる検証

1) 研究開発の経緯

(i) セミナー事業

①	平成 27 年 7 月 14 日(火)	Spartan を用いた計算化学実験(A, V)
②	平成 27 年 7 月 15 日(水)	もしも地球が立方体だったら(A, V)
③	平成 27 年 10 月 29 日(木)	スポーツを科学する(A, V)
④	平成 27 年 12 月 3 日(木)	感性工学入門(A, V)
⑤	平成 27 年 12 月 15 日(火)	バイオのはなし(A, V)
⑥	平成 28 年 2 月 24 日	地球と街を守る『空間情報』ってなんだろう?(A, V)

(ii) フィールドワーク事業

平成 28 年 1 月 28 日(木)	5 年生(高 2)を対象にフィールドワークを実施(A)
平成 27 年 2 月	フィールドワーク報告レポート提出(V)

2) 研究の内容

【仮説】

科学の現代的課題や学際的な課題をテーマとした外部講師による専門的な講演会や、フィールドワーク等を通して実際に見たり体験したりすることにより、科学に対する興味・関心を高めることができる。

【研究内容・方法・検証】

A：企画・実施

(i) サイエンスセミナー

- ① 「Spartan を用いた計算化学実験」米国法人 Wavefunction, Inc. 日本支店 内田典孝氏
コンピューターの中で、分子モデルを作成し、安定な構造や化学変化を計算する実践講座を行った。企業や大学での研究現場でも実際に使用されている研究手法を経験できる機会となった。
- ② 「もしも地球が立方体だったら」桜美林大学 教授 森厚先生
立方体になった地球をもとに、私たちが住む実際の地球について学ぶ講演を行った。重力はどうなる？、天気はどうなる？、人類は存在できるのか？、他の星や惑星に影響は無いのか？など生徒からのたくさんの疑問に、一つ一つ丁寧にお答えいただいた。
- ③ 「スポーツを科学する」全日本柔道連盟選手強化部門科学研究部 石井孝法先生
基礎研究にあたる「柔道投技のバイオメカニクス的研究」の手法やオリンピック・世界選手権などにおける全柔連 科学研究部の活動内容など、様々な視点からのお話しをいただいた。さらにデータ分析の成功事例を実演していただき、目の前で世界レベルの柔道を

見ることもできた。

④ 「感性工学入門」工学院大学 名誉教授 椎塚久雄先生

感性工学の必要性・社会的価値を中心に、感性を科学的にとらえることの意味や手法について、様々な角度でお話しいただいた。知識基盤・高度情報化社会といわれて久しい現代の中にも見て取れる、これから訪れるであろう感性時代の鱗片というべき具体的な事例もお話しいただいた。

⑤ 「バイオのはなし」(株)サイエンス・フロンティアズ 岩崎説雄氏

DNA 鑑定，遺伝子組換え技術，iPS 細胞と ES 細胞，クローン技術などバイオに関する基本的な話から最新のいろいろな分野への応用まで多岐にわたる内容をお話しいただいた。ヒトの卵子に精子が受精している瞬間の大変貴重な動画も見せていただき，ミクロな世界の神秘を感じる機会となった。

⑥ 「地球と街を守る『空間情報』ってなんだろう？」セコム(株)IS 研究所 守澤貴幸氏

建物の設計や日頃使われる地図アプリなどにも関係し，これから技術者を志す人には欠かせないと言われる「空間情報」についてお話を伺った。この技術は災害などから私たちの安全を守るためにも使われている大変高度な技術であるが，今回の講演ではまるで飛行機から撮影したような空からのバーチャルツアーのデモンストレーションや，様々なことが一瞬にわかる優れた地図などを使用して，分かりやすく説明をして頂いた。

(ii) サイエンスフィールドワーク

<コース>

【1：宇宙科学コース】(物理・地学)(定員 40 名)

宇宙の起源にかかわる科学研究を行っている「高エネルギー加速器研究機構」の研究・実験施設の見学と，宇宙開発の中核機関である「JAXA 筑波宇宙センター」の活動について理解をふかめる。

【2：防災科学コース】(化学・物理・地学)(定員 30 名)

気象現象や自然界のさまざまなふるまいを研究し防災に应用している「気象研究所」と「国土技術政策総合研究所」の見学を通して，防災に関わる科学研究について理解をふかめる。

【3：生命科学コース】(生物・化学)(定員 30 名)

「理化学研究所」のバイオリソースセンターを中心に生物学の先端研究にふれるとともに，生物学研究を農業や畜産分野での応用について「動物衛生研究所」にて理解を深める。

【4：医療臨床コース】(医療)(定員 20 名)

「川崎幸病院大動脈センター」の医療現場に接することで医療の現実を理解する。

【5：生命産業コース】(生命・産業)(定員 10 名)

「セルバンク工場」にて生命科学の研究の成果を産業に应用して社会に貢献する仕組みを理解する。

V：生徒アンケートによる検証

生徒の感想をもって検証とする。

(i) セミナー事業

地球は丸いという今は当たり前のことを覆してまったく空想の世界を科学的根拠をもって

説明していて、どんなに（今の）地球が住みやすいかとても実感しました。

初めてこの話題に取り組んだとき、たくさんの疑問が浮かびました。今では考えられないような状況が起きたことを考えると、私たち人類、生き物たちはどうなるのだろうか？立方体の角はどうなってるのだろうか？など不思議なことがたくさんありました。今回講演を受けて、新たな知識を得ることができたし、すごく興味深い立方体地球での生物の様子や天候などについても知ることでとても面白かったです。あり得ないことを皆で考えていくのがこれからにも役立つと思いました。

「もしも地球が立方体だったら」

自分たちがやる研究よりもはるか上のことを行っている人の話を聞いてすごいなと思ったのと、自分たちでも同じようなことができたらいいなと思った。スポーツをしているときに分析するところは同じ内容だから自分たちにも参考になってやる気が出た。

“スポーツを科学する”を仕事としてやっている人がたくさんいるということを知り、プロの人たちがどのようにして科学をしているのかに興味を持ちました。自分、他人のプレーをよりよくするために「分析」がとても大切だと感じ、そこから私もスタートしていきたいと思いました。

「スポーツを科学する」

全く「感性工学」というものを知らなかったので、面白さとすごさを知りました。今回の講演を聞いて、好きな「歴史」を科学できないかと思いました。

「感性工学」は今まで聞いたことも知識もなかったけれど、今回の話を聞いてみて様々なこととつながっていることを知りました。

「感性工学入門」

(ii) フィールドワーク事業

このサイエンスフィールドワークを通して、いかに日々私たちが学習している物理・化学・生物などの概念が現実社会で応用されているのかを改めて実感できた。

生命産業コース

今まで食糧問題などの解決はボランティアなどの人的方法しか思いつかなかったのだが、科学の視点からのアプローチもあると気づき興味深いと思った。これまで科学はあまり身近なものではないという意識を持っていたが今回の見学を通して、私たちの身の回りと密接しており社会的問題解決のための研究にもつながっていると知った。

生命科学コース

今までは物理や数学は一部の人のためのものかと思っていた。しかしその先入観は違っていることに気づけた。（中略）物理の知識や原理性質が社会に貢献していることが分かった。

宇宙科学コース

上記生徒のように、講演会やフィールドワーク等を通して科学に興味を持ったり、科学的手法に興味を持ったりする生徒が多数存在する。これらの実施により、科学に対する見方や態度の望ましい変容が確認できるため、十分効果が確認できる。また講演会で得た見方や考え方を自身の課題研究に活かすケースも確認できる。このように課題研究を促す役割としても効果が認められる。次年度も引き続き幅広いテーマでの講演会やフィールドワークを実施していく。

(4) 評価方法開発

(4) - 1 教科指導における評価方法の開発

本項目の研究開発の概略は、以下の通りである。

A 課題の明確化：1年次のSS科目における問題点を整理し、学習評価における課題を明確にする。
B 開発：実験観察評価シート(PSOW：Practical Scheme Of Work)の開発
C 導入：実験観察評価シート(PSOW：Practical Scheme Of Work)の導入
V 検証：生徒記述の分析による検証

1) 研究開発の経緯

平成 27 年 3 月	1年次のSS科目への取組みに対する課題を整理する。(A)
平成 27 年 3 月	SS理科科目における評価規準の設定(B)
平成 27 年 4 月	実験観察評価シート(PSOW：Practical Scheme Of Work)のフォーマットの検討および作成。(B)
平成 27 年 7 月	全学年(中1～高3)にPSOW(1学期)を提示。(C)
平成 27 年 9 月	生徒による振り返り記入後のPSOWを回収し、分析。(V)
平成 27 年 12 月	全学年(中1～高3)にPSOW(1～2学期)を提示。(C)
平成 28 年 1 月	生徒による振り返り記入後のPSOWを回収し、分析。(V)
平成 28 年 3 月	全学年(中1～高3)にPSOW(年間)を提示。(C)
平成 28 年 3 月	実験観察に関わるスキルや能力の伸長について、検証する。(V)

2) 研究開発の内容

【仮説】

実験デザインに必要とされる個別のスキルに焦点をあてた実験観察評価シート(以下、PSOW)を導入することにより、今日の教育に求められている評価規準の作成や評価方法の工夫改善の方法について提示することができる。

【研究内容・方法・検証】

A：課題の明確化

図1に示すIBの学習内容の構成に示される通り、IBでは「科学的な研究の方法」の習得を学習内容に含め、内部評価課題(Internal assessment)として実施している。それを踏まえ、SS科目開発のポイントの1つとして「科学的な研究の方法」を習得することを目的とした実験デザインの重視を挙げているが、1年

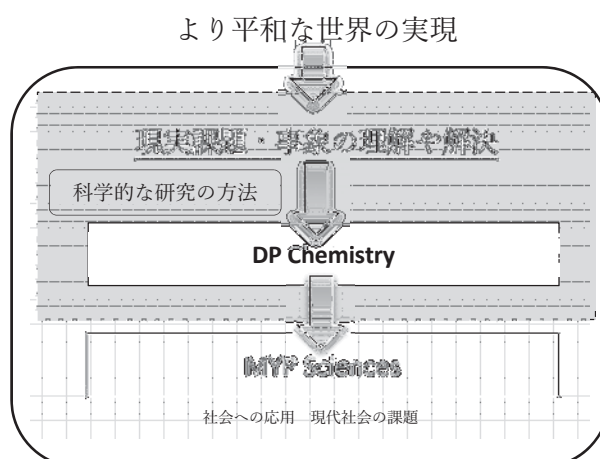


図1 IBの学習内容の構成

年次のSS科目の取組みに対する振り返りから、以下の問題点が浮上した。

- ・IBでは、答えのない課題に対して科学的にアプローチする手法を厳密に示している。一方、学習指導要領では課題研究を各単元で課してはいるがその手法は指導者に委ねられている部分が多い。科学的探究活動に必要なスキルを明確に示す必要があるのではないか。
- ・科目を超えて各実験で求められる科学的探究活動に必要な能力(実験デザイン力、データ収集力、分析力など)を、生徒に明確に示すことが必要ではないか。
- ・ICTツールの活用は他教科や課題研究等ともリンクするので、その活用が必須ではないか。
- ・後期課程のSS科目内だけで、生徒の個人研究をサポートするのは難しいので、前期課程から科学的探究活動に必要とされる能力を育成できるシステムを構築できないか。

これらの問題点を踏まえ、理科として6年一貫して実験観察評価シート(PSOW: Practical Scheme Of Work)を導入することを提案した。

B: PSOW シートの開発

PSOW シートの開発に際し、IBDPで使用されている4/PSOWを参考にした。4/PSOWは、DPのモデレーションの際に提出する書類の1つで、DP実施の2年間に行った実習活動の報告書である。実験実施日、実験タイトル、使用したICT、各評価規準のスコア等が一覧できるものである。開発にあたり、まずSS科目における観点別評価の評価規準を定めた。本校では、1~4学年(中1~高1)までは、MYPを実施しているのでIBにより定められた評価規準を使用している。それに続くSS科目(5~6学年)での評価規準を、科学的な研究に必要なとされる能力に細分化した評価規準を設定し、PSOWシートに活用することとした。本校理科の評価規準を表1に示す。

表1 本校理科の評価規準一覧

1~4年 (MYP)	規準 A 知識と理解	規準 B 探究とデザイン	規準 C 手法と評価	規準 D 科学による影響の振り返り		
	【評価の内容】 科学的知識の説明 知識理解の応用による問題解決 情報の分析・評価による科学的判断 など	【評価の内容】 研究テーマの設定 仮説の設定と説明 変数の設定とデータ収集 実験デザイン など	【評価の内容】 データ処理およびその解釈 仮説や方法の妥当性の説明 実験方法の改善に対する提案 など	【評価の内容】 科学がどのように用いられ、 どのように影響するかについての説明 科学用語の効果的使用 情報源の明記 など		
5~6年 (SS科目)	規準 A	規準 B	規準 C	規準 D	規準 E	規準 F
	知識と理解	探究	実験観察の技能	データ処理	評価	科学による影響の振り返り
	【評価の内容】 科学的知識の説明 知識理解の応用による問題解決 情報の分析・評価による科学的判断 など	【評価の内容】 研究テーマの設定 先行研究および関連する情報の収集	【評価の内容】 実験器具、測定機器等の操作 実験過程の記録 安全性、倫理、または環境の問題への意識	【評価の内容】 定性的・定量的実験データの収集 データ処理・解釈 測定値の不確かさの影響の考慮	【評価の内容】 科学的根拠に基づく結論の整理 データの限界やエラーの原因など研究の長所と短所に対する考察 研究の改善に対する提案	【評価の内容】 科学がどのように用いられ、どのように影響するかについての説明 科学用語の効果的使用 情報源の明記

PSOW シートには、以下の項目を記載することとし、開発の方針を定めた。

実験日	実験・観察タイトル	科目名	単元名	実験時間
活用した ICT の種類	総括的評価の評価規準とその評価	形成的評価		

- 1～6 学年(中 1～高 3)の全学年・全生徒を対象に実施する。
 - 6 年間通じて実験デザインに必要とされる個別のスキルの育成を目指すため
- 全科目の実験を 1 枚のシートにする。
 - 育成したスキル・能力を他科目でも活用できることを意識づけるため。
- 全実験を掲載する。
 - 総括的評価課題でない実験に対しても、形成的評価としての観点を示し、何を目指した取り組みであったかを生徒にも示すため
- 各学期に振り返りを実施する。
 - 定期的に自身の実験・観察スキルを振り返り、自分に何が不足していたか、何を改善すれば高レベルに到達できるかなど生徒自身の課題に対するフィードバックに役立てるため。
- ICT の活用の種類は以下の 5 つに設定し、1 年間で①～⑤を網羅できるよう目指した。
 - ① Datalogging データの記録
 - ② Graph plotting software グラフ作成用のソフト(Excel など)の使用
 - ③ Spreadsheet 表計算用のシートの使用
 - ④ Database データベース
 - ⑤ Computer model/simulation コンピュータによるモデル化やシミュレーション

PSOW に示される項目とそのフォーマットを以下の表 2, 3 に示す。PSOW シートのサンプルは、参考資料に付す。

日付	実験・観察タイトル	科目名	単元名	時間 (hrs)	ICT ^{*3}	総括的評価 ^{*1}				形成的評価 ^{*2}	
						評価規準(満点 8)					
						A 知識と理解	B 探究とデザイン	C 手法と評価	D 科学による影響の振り返り	内容	
2015 年 5～6 月	被子植物の花の生存戦略	生物	植物の生活と種類	2				6		観察レポート	
2015 年 4 月～5 月	燃える？燃えない？	化学	いろいろな物質	3						実験ノートへの記録	

図 2 MYP 対象学年の PSOW 1～4 学年(中 1～高 1)

日付	実験・観察タイトル	科目名	単元名	時間 (hrs)	ICT ^{*3}	総括的評価 ^{*1}						形成的評価 ^{*2}
						評価規準(満点 8)						
						A 知識と理解	B 探究	C 実験観察の技能	D データ処理	E 評価	F 科学による影響の振り返り	内容
2015 年 4 月	レゴブロックを用いた再現性に関する実験	SS 化学	実験記録の取り方	2								再現性の相互評価
2015 年 4 月	水の過冷却現象を定量的に測定しよう	SS 化学	「水」から考える環境や生活	2	①				5			

図 3 SS 科目対象学年の PSOW 5～6 学年(高 2～3)

C : PSOW シートの導入

本年度1学期より、上記 PSOW シートを導入した。導入の流れを図4に示す。各学期の終わりに生徒に配布され、新学期のはじめに振り返りを記入したものを提出する。各科目で課される実験課題に対する評価・振り返りのサイクルに加え、学期ごとに PSOW シートに記載される各技能・スキルの振り返りを行うことで、生徒個人が常に実験デザインを意識し、そのフィードバックに活用できるようにした。

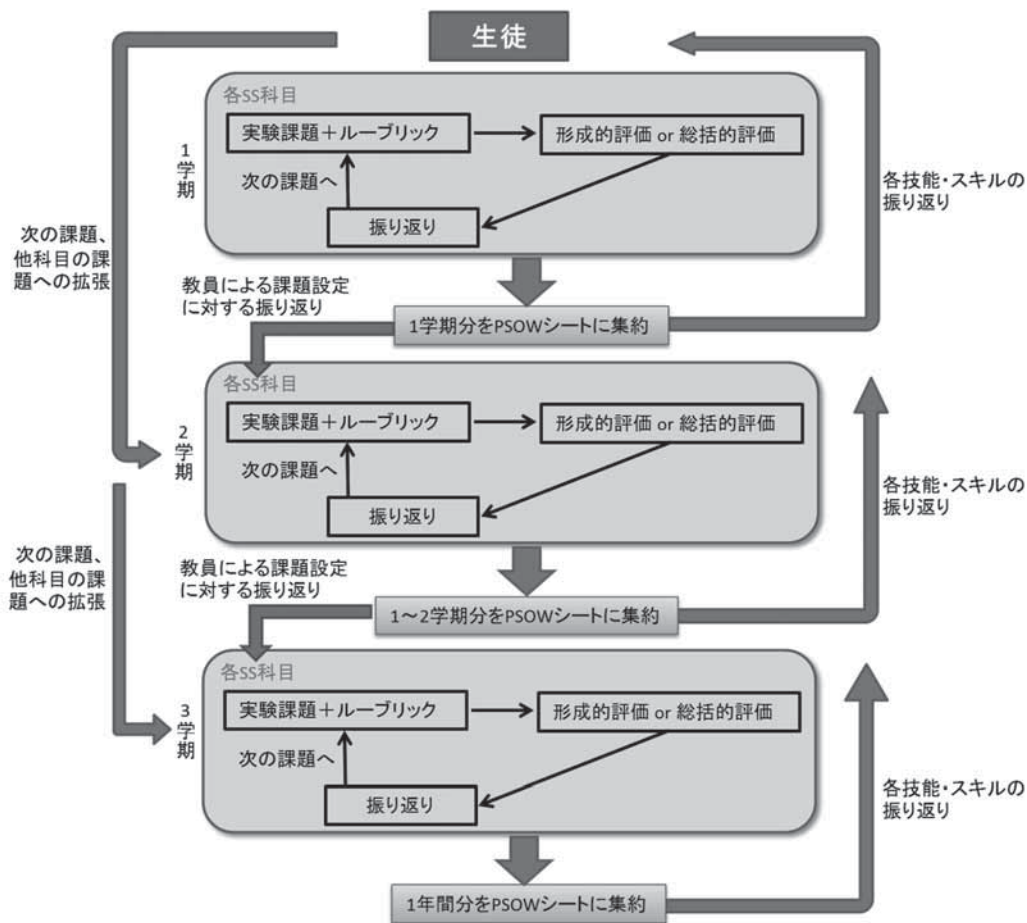


図4 PSOW シート導入の流れ

V：検証

実験観察評価シート(PSOW：Practical Scheme Of Work)の研究開発の検証にあたり、本年度は6学年(高3)SS科目における生徒記述の分析により検証を行った。各規準に対する振り返りの中に記述された傾向を整理すると以下ようになった。

規準 A 知識と理解	<ul style="list-style-type: none"> 根元的な理論をしっかりじっくり学んだので、実験における観察では、エラーが起きても、なぜそうなったのかを判断し、修正することができた。 実験や観察を通して理解することで、またそれをノートやレポートにまとめることで、より効果的に知識を定着することができた。 理論をしっかり理解した上で、実験を行うべきだった。 科学的理論と実験結果の整合性を確認することができ、知識に基づいた科学的判断を下すスキルを養えたと思う。
規準 B 探究	<ul style="list-style-type: none"> 研究目的にあった実験を設定していくスキルは、実際の研究の中で多く必要になってくるものだと思うので、もっとそのような実験をやりたかった。 1つの実験の事だけでなく、別の時間に行った実験と比べていくことで、別々だと思っていた分野の関係性を見出すことができた。 基礎知識をしっかり身に付けた上で、実験デザインを行えば、もう少し興味が湧いたと思う。 どうして、なぜといった疑問を常に感じながら実験を行っていたので、分からないことは自分から調べたり、周りの人に聞いたりするようになった。
規準 C 実験観察の 技能	<ul style="list-style-type: none"> 観察のポイントを自分で見つけるためには、予習が必要である。 細かな変化に敏感になるようになった。 参考書に書いてあるようなことも、実際に実験してみると微妙に違うことがあるので、記録することが大事だと思った。 器具の扱いを軽視すると、その影響がデータに表れてしまうことがわかった。 データロガーの使用はとても便利であった。
規準 D データ処理	<ul style="list-style-type: none"> PCを用いたデータ処理を経験できたことは良かった。 データの関数化による処理が求められた。 物理や化学のデータ処理において、数学や情報の技能を使って考えることを経験できた。 Excelやデータロガーなどを駆使しなくてはならなかったが、何度も使用の機会があったので、徐々に慣れた。
規準 E 評価	<ul style="list-style-type: none"> 常に自分の実験を振り返って、それを評価することで、次により良い結果を残すことにつながった。 データ処理で止めず「評価」までを一連の実験過程の中に入れた方が、より実際のプロセスに近いはずである。 誤差が生じないことは不可能といえるが、なぜ誤差が生じ得るのか、自身で考察する機会になった。 実験を行うことで精一杯で、客観的な評価にまで至らなかった。
規準 F 科学による 影響の振り返り	<ul style="list-style-type: none"> 実験室の中だけではなく、世の中でどのように科学が使われているかを知ることによって、自分の知識を広げつつ、様々な分野に興味を広げられた。 水質や環境汚染につながる物質の処理(廃液処理)はできるようになった。 同じ化合物をつくるのにも、いくつもの方法があり、それにメリット・デメリットがあるので、それを考察することは面白かった。 社会的な課題と化学を結びつけ、どんな研究が必要かを考えることができた。

生徒記述の分析により、規準 A～F の区別を意識して振り返りを実施することにより、実験および実験デザインをしていく中で、どのような事に取り組んだのかを生徒自身が整理することができた。その

それぞれの取組みが、実験観察に必要とされるスキル・技能の育成に寄与するものである。しかし、生徒にそれぞれの評価規準の意味(何の育成を目指すための実験課題か?)が伝わらない部分もあり、ルーブリックの作成の仕方の改善、6年間の継続・一貫した指導についてはさらに検討する必要があるといえる。

3) 実施の効果とその評価

本項目の研究開発については、PSOWシートを導入して初年度であるため、個人や学年の経年変化、科目間や学年間の相関を見出すまでには至っていない。評価規準を細かく設定した5～6学年(高2～高3)のSS科目においては、生徒自身が種々のスキル・技能を意識して、各実験課題に取り組もうとする姿勢は見られたが、データ等の客観的根拠により示されるものではない。3年次もこの取組みを継続していくことで、実施の効果をさらに検証していく。

本年度の取組みについては、SS理科科目開発に携わった教員(8名)からPSOWシートの導入に対して、以下の意見・感想を得たので、その改善策を提案し、次年度の研究開発につなげていく。

	意見・感想	改善策
①	他科目の実験の取組みが分かるようになった。	SS科目で作成しているカリキュラムマップと同様に、教科内で共有することを今後も継続する。
②	取り扱う評価規準(焦点をあてるスキル・技能)に偏りがでることが明確になった。	実際に規準F「科学による影響の振り返り」を評価するための実験課題は、どの学年においてもほとんど存在しなかった。すべての評価規準を均等に扱う必要はないが、そのバランスを考慮していく。
③	形成的評価と総括的評価の区別があいまいであったことに気付いた。	まずは、教員間での共通理解が必要である。MYPとSS科目との整合性を図りながら、両者の区別をより明確にしていく。
④	生徒の振り返りを評価課題の設定に活かすことができるメリットを感じた。	学期ごとのフィードバックは、生徒だけでなく、教員も継続して実施していく。
⑤	評価規準の設定を再考する必要性を感じた。	具体的には、5～6学年(高2, 3)で使用している評価規準BとCの内容の整理が必要である。

(4) - 2 課題研究を促す評価方法の開発

課題研究の支援事業として開発した校内課題研究コンテスト形式の「ISS チャレンジ」に伴う評価事業の研究開発の概略は以下の通りである。

A 開発研究：形成的アセスメントに資する研究計画書およびルーブリック・研究経過報告書・研究成果論文ルーブリックの作成および生徒への提供
V：効果の検証

1) 研究開発の経緯

平成 27 年 9 月	SSH 委員会にて，研究経過報告書の内容を協議(A)
平成 27 年 11 月	SSH 委員会にて，課題研究成果としての研究論文の評価規準を協議(A)
平成 28 年 1 月	SSH 委員会にて，研究論文評価の生徒へのフィードバックの方法を協議(A)
平成 28 年 3 月	生徒アンケート実施(V)

2) 研究の内容

【仮説】

研究計画，研究経過報告，研究成果論文の一連の活動に関する評価規準やルーブリックを開発することにより，形成的アセスメントとして生徒の課題研究が促進する評価の手法を提示することができる。

【研究内容・方法・検証】

A：開発研究

(i) 研究計画書

校内課題研究コンテスト「ISS チャレンジ」のエントリー時に研究計画書の提出を求めた。

■生徒への研究計画書の提示：5月中旬

■研究報告書提出期日：6月15日

<研究計画書の項目>

●研究の動機・背景

- ・なぜこの研究をしようと思いましたか？
- ・先行研究では，どこまで研究されていますか？

●研究の目的および想定されるゴール

- ・この研究では，何を目的として何を明らかにしようとしていますか？
- ・その目的を達成することに，どのような社会的価値がありますか？

●研究の方法・内容と年間計画

- ・目的を達成するために，具体的に何についてどのような方法で研究を行いますか？
- ・それをどのような日程で実施していきますか？

●研究方法の妥当性および計画の実行性

- ・この研究方法は適切ですか？そのように判断できる根拠は何ですか？

●必要となる人的支援

- ・どのような方にアポイントメントをとってアドバイスをもらいたいですか？
- ・それはなぜですか？

●必要となる物的支援

- ・実験や研究の実施に必要な実験装置(備品)や消耗品等を箇条書きで上げてください。

研究計画書とともに自己評価としての評価規準とルーブリックを作成した。その評価規準は以下の通りである(ルーブリックは巻末の資料参照)。

- 【観点A：研究の目的】 評価対象：「研究の動機・背景」「研究の目的」
- 【観点B：先行研究】 評価対象：「研究の動機・背景」「研究の方法・内容と年間計画」
- 【観点C：研究方法の妥当性】 評価対象：「研究方法の妥当性および計画の実行性」
- 【観点D：実現可能性】 評価対象：「研究方法の妥当性および計画の実行性」

(ii) 研究経過報告書

研究の中間報告として、ISS チャレンジにエントリーした研究グループにはそれまでの進捗状況の報告として研究経過報告書の提出を求めた。研究経過報告書には進捗状況の報告のほかに、そのような進捗状況であると判断した根拠も記すように求めている。これは自己の研究をメタ認知させる目的である。それらの自己分析を通し、改めて今後の研究の予定を構築させた。

- 生徒への研究経過報告書の提示：9月下旬
- 研究経過報告書提出期日：10月30日

<研究計画書の内容>

- 時系列に沿った研究経過の報告に続き、現在の研究状況を自己分析するために、以下の報告をさせた。

現在の研究状況として、もっとも当てはまるものに○をつけてください。

	おおむね当初の計画通りに研究が進んでいる
	当初計画とは異なる部分はあるが、研究は進んでいる
	研究があまり進んでいない

- さらに、それまでの記述に基づき、「研究のメタ認知力」のためのルーブリックとして以下のものを提示した。

0	以下のいずれにも達していない
1	研究経過の分析が不十分である。 そのような研究経過に至った経緯の要因は述べられているが、不明確である。
2	研究経過を分析することができている。 そのような研究経過に至った経緯の要因が明確に述べられている。
3	研究経過を客観的に分析することができている。 そのような研究経過に至った経緯の要因を、具体的な根拠に基づき明確に述べられている。

※メタ認知力とは

自分の行動や考え方などを客観的な立場から自分自身が認識する能力のこと。ここでは、課題研究における活動を客観的に捉え、自己評価した上で、制御・コントロールする能力について考える。メタ認知力を向上させることで、「自覚する」→「考える」→「行動する」というプロセスを成熟させることができる。

- これまでの研究経過を振り返り、研究ゴールの再設定とそれに向けてのスケジュールを報告させたのち、「研究遂行力」の自己評価として以下のルーブリックを提示した。

0	以下のいずれにも達していない
1	達成可能な研究ゴールが再設定されていない。 今後の研究の進め方について、なすべきことが不十分もしくは不明確である。
2	達成可能な研究ゴールが再設定されている。 今後の研究の進め方について、ゴール達成のためになすべきことが示されている。

(iii) 研究成果論文のルーブリック

課題研究の成果として ISS チャレンジにエントリーした研究グループには研究論文の書き方のルーブリックを提示し、それに基づいて評価した。このルーブリックは、国際バカロレアの DP における Extended Essay の評価規準に準じて作成した。このルーブリックは SS 理数探究の国際 5 で生徒に提示したものと同様のものである。評価規準と設定した A から I までの 9 つを以下に示す。なお、具体的なルーブリックについては、巻末の資料に示した。

＜ルーブリックの評価規準＞

規準 A：要旨

要旨の要件は、「研究テーマ」「どのようにして研究が実施されたのか」「論文の結論」を明確に述べること。

規準 B：序論

この規準は、先行研究を踏まえた上で、「なぜ研究に値するのか？」に対する説明が、「序論」においてどの程度明確に説明されているかを評価する。

規準 C：研究の方法（本論の記述から評価します。）

この規準は、研究テーマに関連のある適切な資料の調査やデータの収集と、研究計画について評価する。研究がどのように行われるかは、論文が実験を含むものかどうかで大きく異なる。

- 実験を伴わない論文を書く場合は、使用されたデータがどのようにして選び出されたのかについて明確に述べるよう努めなければならない。一次資料（データ・情報の発表元である論文などの出版物、個人的情報交換、インタビュー）と二次資料（教科書、新聞記事、レビュー）の違いを明確に理解した上で、これらの情報源がどれだけ信頼できるものなのかについての認識を示さなければならない。
- 実験研究に関しては、必要な場合に他人がその実験を再現できるようにするため、情報を十分に提供する必要がある。使用された手法や装置に関する理論を理解していることを、論文を通じて示すようする。さらに、これらの手法や装置に内在する限界や不確実性についての認識を示すことも求められる。また、自分で考案した実験と、既存の手法を改善、変更、応用して実施した実験の区別を明確に示さなければならない。

規準 D：理路整然とした議論（本論の記述から評価します。）

この規準は、収集した実験データや資料に基づいて考えが一貫性のある形で論理的に述べられているか、また、研究テーマに対して理路整然とした議論が展開されているかについて評価する。

研究の展開や結論において、研究テーマに直接関連するさまざまなアプローチや手法に関しての考察や比較を述べる。適切な分析を欠いた、単純な記述のみによる説明は議論の発展につながらないため、避けるべきである。また、科学論文においては、たくさんの変数を扱おうとすると、たいていの場合、その焦点と一貫性を失うことになる。明確かつ論理的な議論を構築するためには、研究テーマとそれに基づいて立てられた仮説に繰り返し言及することが必要になる。仮説はどの程度裏づけられたのか、また、研究テーマに対する答えはどの程度得ることができたのかについての評価も論文に含めなければならない。

規準 E：適切な分析スキルと評価スキルの適用（本論の記述から評価します。）

データは、結論につながる議論をより明確にしたり補強したりするような形で分析、提示するようにする。未加工データの表などを提示するだけではこの目標を果たすことはできない。原データは必ず論文の中心となる議論に明確かつ直接につながる形で分析、処理、提示する。必要に応じて、この分析で仮説の正当性について評価する。また、研究手法、機器や技術に関する誤差や不確定要素、物理データにおける不確実性の程度についても分析し、批判的に評価しなければなりません。

規準 F：結論

この規準は、研究テーマに対して適切な結論が論文に組み込まれているか、また、その結論が論文の中で扱った証拠と一致しているかについて評価する。よって、結論において新たな問題や無関係な問題に触れたり、結論が序論の単なる繰り返しになったりすることは避けなければならない。結論は研究テーマに直接関連し、かつ主要な研究結果について述べたものでなくてはならない。科学的研究では、予想外の結果が明らかになることがしばしばある。このような場合、たとえ結果が当初の計画にはまったく含まれていなかった場合でも、これらを報告しなくてはならない。最初に設定した研究テーマに完全に答えることができないこともある。そのような場合には、解明できなかった問題を指摘し、これらをさらに研究するためにはどうしたらいいかを提案するようにする。

規準G：適切な言葉の使用

正確な専門用語と用語体系は、論文を通じて効果的に、一貫性をもって使用されなければならない。また、物理量には必ず正確な単位を使用し、有効数字を適切に使うことが求められる。

規準H：形式・体裁

この規準は、論文のレイアウト、構成、見た目、形式要素が、標準的なフォーマットに沿っているかどうかを評価する。なお、形式要素とは、タイトル、図解資料、引用、出典表記（参考文献、文献対照注、参考文献目録）、付録（必要な場合のみ）のことを指します。科学的研究では、図表やスケッチ、写真などの参考資料が必要になることがあるが、文献から借用した図や絵などの出典を明記する際には注意が必要である。また、明確な目的もなくただ単に図や絵などを論文に載せることは避けなければならない。図や表などの資料は、それが議論の補強となる場合や、別の方法では表せないような情報を提供できるような時にのみ使用するようにする。自分自身で撮影した写真や、ダウンロード、コピーをした画像には、題名をつけるか、研究の文脈の中に位置づけるようにする。そうしない限り、これらの資料は論文を補強するための役割を果たしません。

規準I：総体的評価

この規準の目的は、知的活動における主体性、理解の深さや洞察力などの、ある論文と他の平均的な論文との間の違いをつくり出すような特質を評価すること。これらは、最も優れた論文において明確に見受けられる特質ですが、そこまでのレベルに至らなかった論文もこれらの特質をある程度備えていることがある。そのような場合においては、当規準においてその価値を評価する。

知的活動における主体性：トピック・研究課題の選択や、研究課題に取り組む際の革新的なアプローチの使用などでこの資質を示すことができます。

洞察力と理解の深さ：この資質は詳細な研究と徹底した熟考の結果として生まれるものであり、豊富な知識に基づいた、論理的な議論によって示すことができます。また、これらの議論は一貫性をもって効果的に研究課題を扱うものでなくてはなりません。

独創性と創造性：これらは、しっかりとした研究と論理に裏づけされた上での独自のアプローチによって表されます。

<研究論文に関する流れ>

- 生徒へのループリックの提示：11月下旬
- 研究論文提出期日：1月8日
- 教員による論文の評価期間：1月9日～1月15日
- 教員の評価の集計：1月18日
- 生徒への評価結果のフィードバック：1月21日

<教員による評価>

提出された各研究論文について2名の教員が評価規準に基づき評価を行った。各観点について2点以上評価に差が出たものについては、合議による再評価を求めた。差が1点のものについては高点の方をその観点の評価とした。

<集計結果>

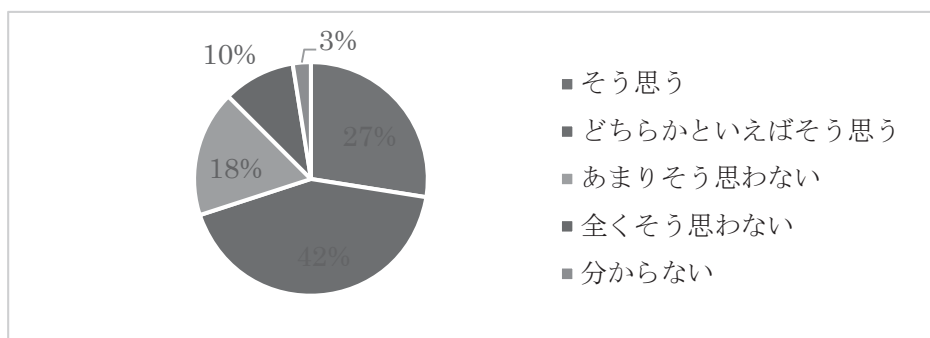
次の一覧が評価結果である。評価A～評価Iがそれぞれ評価規準A～評価規準Iの教員の評価である。差A～差Iは評価規準A～評価規準Iにおける「(自己評価)－(教員評価)」の値を表している。差が空欄のものは自己評価表が未提出、もしくは自己評価でその観点が未記入のものである。なお研究No.28は期日までに論文が提出できず、教員評価ができなかったものである。全般的に教員による評価よりも自己評価の方が点数の高い傾向がみられる。自身の作成した論文についての満足度の表れであるとも捉えることができるが、より客観的に研究の取り組みや論文を評価するようになることが求められる。

表 1：生徒提出論文評価結果一覧

研究No	評価A	評価B	評価C	評価D	評価E	評価F	評価G	評価H	評価I	合計	差A	差B	差C	差D	差E	差F	差G	差H	差I
1	1	1	2	1	2	1	2	2	1	13	1	1	1	2	1	1	1	1	2
2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7									
3	0	1	2	1	1	1	1	1	1	9	1	0	1	2	1	1	3	1	2
4	1	2	2	2	2	0	2	1	1	13	1	0	0	1	0	2	1	2	
5	1	1	1	1	2	1	1	1	1	10	0	0	1	2	0	3	3	2	1
6	1	1	2	2	2	1	2	2	1	14	0	1	-2	1	0	1	1	2	2
7	2	1	2	2	2	2	3	2	2	18									
8	1	2	2	2	2	1	1	1	2	14	1	-1	0	2	2	1	2	3	2
9	2	1	1	1	1	1	1	2	1	11	-1	0	0	0	1	0	0	0	1
10	2	2	3	3	3	2	4	2	3	24									
12	2	1	3	3	3	2	3	3	3	23	0	0	1	1	0	0	1	1	
13	2	1	2	2	2	1	2	2	2	16	0	1	1	2	1	1	1	0	-2
14	2	2	3	3	2	2	2	3	4	23	-1	-1	-1	0	0	0	1	-2	-2
15	2	2	2	3	2	2	2	3	2	20	0	0	1	0	1	0	2	1	1
17	2	1	3	3	3	2	3	2	3	22	0	1	1	1	1	0	1	2	1
18	2	2	2	3	2	2	1	2	1	17	0	-1	1	-1	0	0	2	1	-1
19	2	2	3	3	2	2	4	3	3	24	0	0	1	-1	2	0	0	1	1
20	2	1	2	2	2	2	2	2	2	17	0	1	2	2	2	0	2	2	2
21	2	1	2	2	2	2	2	2	2	17	0	1	1	1	1	0	1	2	0
22	1	1	2	3	2	2	2	3	2	18	1	1	2	1	2	0	2	1	2
23	1	2	2	3	3	2	2	2	2	19	1	0	0	0	0	0	1	0	2
24	2	1	2	3	3	2	3	3	1	20	-1	0	0	0	0	-1	-1	0	1
25	1	2	3	3	3	2	3	1	1	19	1	0	0	0	-1	-1	1	2	2
26	2	2	3	2	3	2	3	1	2	20	0	-2	-1	-1	-2	-1	-1	3	1
27	2	2	3	4	2	2	4	3	1	23	0	0	1	0	2	0	0	1	3
28																			
29	2	1	3	2	2	1	3	3	3	20	0	0	0	2	2	1	1	0	0
33	1	1	2	2	2	1	2	1	0	12									
34	2	2	2	2	2	2	3	3	2	20	0	0	2	2	2	0	1	1	0

V. 検証

ループリックを提示していない場合との比較はできないが、国際5としてISSチャレンジにエントリーした生徒にアンケートを行ったところ、「研究論文の質を向上する上で、ループリックが役になったか」という質問に対し、肯定的な反応が約70%であった。このことから、ループリックの一定の効果はあると判断できる。



3) 実施の効果とその評価

前述の通り、ループリックによる評価の生徒への影響については一定の効果は認められる。一方、評価した教員からは各規準の重みづけがこれで妥当であるのかという問題点が指摘された。今回の各規準の重みも国際バカロレア DP の Extended Essay の評価規準に倣っているが、今後は評価規準およびそれぞれの重みづけの見直しが必要である。

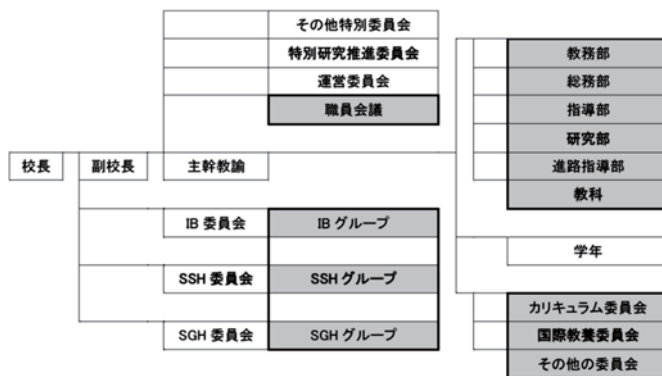
3章 校内におけるSSHの組織的推進体制

2年目を迎え、校内におけるSSH事業における推進体制に一層の強化が図られている。

(1) 校内組織の強化

校内分掌において、SSH事業を含む特別研究（SSH・SGH・IB）を位置付け、全校的取り組みを一層強化するため、教員全員が特別研究のいずれかにグループとして所属し、特別委員会に位置付ける。

平成27年度組織図  は全員が所属する



特別研究推進委員会メンバー

校長・副校長・主幹教諭・SSH委員長・SGH委員長・IB委員長・国際教養委員長

※本年度より、特別研究推進委員会を組織し、特別研究を進めるにあたって必要な調整（協働内容・実施計画等）を行っている。以上の校内組織強化を行うことでより全校的取り組みとなるとともに、生徒及び教員に可能な負担軽減を行うことができる。

(2) 全教諭による推進組織と分担

課題研究であるSS理数探究の企画立案及び運用を国際教養委員会が担っており、それを中心に教科、委員会、学年が以下のような内容を分担し、全教員がSSH事業に関わる体制をとった。

数学科	<ul style="list-style-type: none"> SS 数学に関わる研究開発・企画立案及び実施(仮説 1, 3) 課題研究に関わる生徒指導(仮説 2)
理科	<ul style="list-style-type: none"> SS 理科に関わる研究開発・企画立案および実施(仮説 1, 3) SSIB 講座の企画立案及び実施(仮説 1) サイエンスフィールドワークの企画立案及び実施(仮説 2) 課題研究に関わる生徒指導(仮説 2)
国際教養委員会	<ul style="list-style-type: none"> SS 理数探究に関わる企画立案及び運用(仮説 2) ISS チャレンジの企画立案及び運用(仮説 2)
IB 委員会	<ul style="list-style-type: none"> PP に関わる企画立案及び運用(仮説 2) IB 評価と本事業で開発する評価方法の支援(仮説 3)
SGH 委員会	<ul style="list-style-type: none"> ISS チャレンジの企画立案及び運用(仮説 2)
各学年	<ul style="list-style-type: none"> SS 理数探究に関わる企画立案及び実施(仮説 2) 課題研究に関わる生徒指導(仮説 2)

また、定例の職員会議で随時情報を共有するとともに、校内研究会において以下のようにSSH事業について共有、議論する機会を設けた。

H27年4月	<ul style="list-style-type: none"> 2年次計画のポイント 各学年のSS理数探究実施について ISSチャレンジ計画 グローバルサイエンス事業計画 	H27年12月	<ul style="list-style-type: none"> 2年次の振り返り 3年次の計画
H27年8月	<ul style="list-style-type: none"> 国際教養(含SS理数探究)の体系化 	H27年1月	<ul style="list-style-type: none"> ISSチャレンジ実施について 生徒外部発表について SS理数探究の整理 3年次の計画
H27年10月	<ul style="list-style-type: none"> 国際教養(含SS理数探究)の体系化 	H27年2月	<ul style="list-style-type: none"> 3年次の計画

4章 研究開発実施上の課題及び今後の研究開発の方向性・成果の普及

本校の SSH 事業は、IB の趣旨にもとづいた理数探究教育プログラムを開発し、その有効性を検証することを主たる目的としている。指定2年次の平成27年度は、1年次の実績と課題をふまえ、生徒の課題研究を推進させるしくみの充実と、SS科目に関わる開発研究の成果を授業改善などの見える形にすることを念頭において事業を展開した。

それぞれの事業を進めるうえで明らかになった実施上の課題と、それに対する研究開発の方向性を次にしめす。

実施上の課題	研究開発の方向性
(SS 数学)5・6 学年(高1・2)を通した単元構成の構築に至っていないため、全ての単元の原稿が未完成の状態にある。	単元構成を構築し、複数の単元においてテキストの原稿を作成し、実践を通してその有効性を検証していく。
(SS 理科)DP のガイドが改訂されて日が浅く DP そのものを研究するのに時間を要し、授業実践に到達できていない部分が多い。	学習指導要領との対応を踏まえた上で IB の趣旨を取り入れる SS 科目であることは継続し、次年度以降は実践研究により重心を置く。
(SS 数学・理科共通)IB で用いられている用語や様式では、日本の伝統的な教育では用いられていないような特殊性を有しているため、他校がそのまま導入しがたい面がある。	日本と DP のカリキュラムや用語の整合性について研究を進め、外部向けの補足資料を作成するなどして、他校への普及モデルも想定しながら開発を進める。
(SSIB 講座)DP の趣旨について、外部講師との共通理解をいかに図るか。	連携機関の開発をつづける。相互の理解を深めることも含めて事前準備を制度化する。理数系 DP 授業の普及モデルと位置付ける。
(SS 理数探究・評価開発)各学年で設定した課題研究の遂行に必要とする資質・能力を育成するためのプログラムをいかにして開発するか、また評価するかが明確でない。	育成すべき資質・能力の精緻化を図り、ルーブリックを作成しその評価方法の開発を目指すとともに、学年担任団を中心に学校全体としてプログラムの検討を行う。
(SS 理数探究・研究支援)生徒の発想に基づく課題研究は、専門的な指導が困難である。専門的研究指導ができる人がいない。	研究支援員(専門家・研究者)のデータベースおよび生徒とのマッチングシステムを整備する。同窓会などとの協力組織との連携を拡張する。
(事業評価) 本校 SSH 事業の課題設定の性質上、即効的な成果の効果を示し難い。また、その効果を客観的に評価する方法が確立されていない。	事業評価に関わる質的データを分析する方法を検討していく。量的データも収集し、個の生徒の変容を客観的に示す指標の一つとして検討していく。
(事業運営)業務の優先度から生徒が直接恩恵を受けにくい広報活動が疎かになっている。	校内外の別組織の事業委託を検討する。事業の階層化や分業委託も想定し機動性をたかめる。

成果の普及

- ・ Web 等を活用した広報活動
- ・ 普及モデル(教科書・教材)の開発

資料 1

教育課程上に位置づいた課題研究一覧

教育課程表における「国際教養」内のSS理数探究で実施した課題研究の一覧である。

ただし後期課程においては、4学年(高1)は「PP(Personal Project)」、5学年(高2)は「国際5」、6学年(高3)は「国際6」という名称でおこなっている。

1 学年(中1)：理数探究

講座名	課題研究テーマ
感性を数値化して見る世界	感動を数値化してみよう！
身の回りの事象を数学の眼でとらえて探究しよう	ピアノの中身を覗いてみたら… “Did you know?” ISS 版の作成
光と映像の科学	角度によって見え方の違う錯視 ペンローズの三角形 モノクロ錯覚について
キッチンの化学	カレーのシミを食べ物で落とす
東日本大震災から学ぶ地学	津波の被害の大きい共通点とは 東日本震災前の異常な現象
音楽で「人間らしさ」を科学する	和音を区別する 波形から分析するボーカロイドと人間の歌声の違い
色の科学	炎色反応を利用して

2 学年(中2)：「スポーツを科学する」

プロのバレーボール選手はどのように動き、勝ち進んでいくのか
ハイスピードカメラによるサーブ比較
高校野球でのエラーの守備位置ごとの回数
バスケットを科学する～上手い選手は普通の人よりどれだけ運動する？～
自分たちとプロの重心の位置の違いを求めよう
食ダイエットと運動ダイエットの効率の比較
一番走りやすい地面の環境は？

3 学年(中3)：「PPP(Pre Personal Project)」

白化していくサンゴの現象をデザインを通して伝える
様々なデータからわかる沖縄のこれから
沖縄の発電が環境に悪影響を与えにくくするための方法
マングローブが沖縄の動物たちに与える影響
海水淡水化の安全性
マングローブ林に生息する生物の進化
サンゴの白化現象から地球の温暖化を考える
サンゴと自然環境の関係
もし沖縄にマングローブ林がなかったら

4 学年(高 1) : 「PP(Personal Project)」

少ない動力で動く多脚ロボットの足の機構
睡眠の科学
可能な限りでの LBX の製作
身近な部品を活用
低コストの自家製レンズの作成
ケイ化木化石の分析による当時の環境再現
アクアポニックスと土を用いた農法の比較

5 学年(高 2) : 「国際 5」

海上食糧生産
プラナリアの回復力を最大限に引き出す環境を探す
人体に潜むバクテリア
男女の匂いの感じ方に違いはあるのか？
見られる水質浄化
自然の素材からオーガニックシャンプーを作る
自己駆動粒子の流れとその渋滞
アルゴリズム取引
ID カードチェックにおける問題点の明確化と新たな設置場所の提案
バスケットボールにおけるリバウンドの獲得率を UP する
テンセグリティの応用
GeoGebra による三角関数パラメータ軌跡の分析
経路問題の解法の応用
紙の種類（重さ）と紙飛行機の飛距離の関係
炭素化合物の C 原子の数を変化させたときの化合物の最安定構造の変化について
効率の良い部活動のグラウンド配置を考察する
円盤を遠くに飛ばすには？
顔のデカさの判定

6 学年(高 3) : 「国際 6」

シミュレーションをどこまで社会に応用できるか
一般路線への応用可能な自動列車運転システムとは何か？
どうしたら高速道路の渋滞の解消はできるのか？

なお、6 学年の国際 6 では、『社会への提言』という大きなテーマの中での課題研究となる。その中で科学的視点に基づく課題研究を抽出した。

SSH 実験・観察 学習評価シート (Practical Scheme of Work)

学年 クラス 番号 氏名

SS 理科では、実験・観察を通して単独または協力し合って実験をデザインしてできる能力を身に付けることを目標としています。実験デザインには、科学的な知識、実験・観察の技能（スキル）、科学的な思考力や判断力、コミュニケーション力、ICT 活用能力等、多様な能力やスキルが必要になります。「実験・観察 学習評価シート (Practical Scheme of Work)」では、理科の各科目で実施した実験・観察における学習評価を一覧にしています。実験デザインに必要な能力やスキルのさらなる向上を目指して、活用してください。

規程 A	知識と理解	科学的知識についての説明ができるか、科学的知識を応用して問題解決できるか、情報を分析評価し科学的判断ができるかなど
規程 B	実験	研究の計画となる科学的文脈を設定できたか、明確な手順を提示できたか、適切な観察と手法を用いているかなど
規程 C	実験観察の技能	実験器具や測定機器を正しく使用できるか、実験の記録を適切に行うことができるか、実験室の安全規則を守れているかなど
規程 D	データ処理	研究課題に関連付け、結論を裏付けるために、適切にデータを選択、記録、処理、および解釈しているか
規程 E	評価	研究および結果について、適切に評価しているか
規程 F	科学による影響の振り返り	科学の応用やそれが与える影響について説明・評価できるか、科学的用語を適切に使用できるかなど

日付	実験・観察タイトル	科目名	単元名	時間 (min)	総合的評価※1 評価標準(満点 8)					形成的評価※2		
					ICT**	A 観察力	B 操作	C データの整理	D データ処理		E 評価	F 振り返り
2015年4月	ヒートプロックを用いた専属性に関する実験	SS 化学	実験記録の取り方	2								
2015年4月	100℃より低い温度での沸騰	SS 化学	「水」から考える環境や生活	1			8					
2015年4月	水の過冷却現象を定量的に測定しよう	SS 化学	「水」から考える環境や生活	2	①			8				
2015年5月	凝固点降下度からモル質量を求める	SS 化学	「水」から考える環境や生活	4	①②③			8		8		
2015年6月	糖が属する単体の場合	SS 化学	「水」から考える環境や生活	1			8					
2015年9月	気体の分子運動	SS 化学	「水」から考える環境や生活	6			7	8	8			
2015年5月	アルコールとエーテル	SS 化学	有機化合物	1							実験ノートへの記録	
2015年6月	アルデヒドとケトン	SS 化学	有機化合物	1							実験ノートへの記録	
2015年6月	ベンゼンの性質	SS 化学	有機化合物	1							実験ノートへの記録	
2015年9月	フェノール・芳香族カルボン酸の性質	SS 化学	有機化合物	1							実験ノートへの記録	
2015年6月	アセトアルデヒドの生成	SS 化学	「燃料の利用」から考える量かさ	1			5					
2015年6月	熱媒存在下における反応速度と活性化エネルギーの測定	SS 化学	「燃料の利用」から考える量かさ	4	②③			8	6			
2015年7月	アスビリンの加水分解における速度論的解析	SS 化学	「燃料の利用」から考える量かさ	4	②③			8	6			
2015年4月	113S1 酸柱共鳴	SS 物理	音波	1				7	7			
2015年4月	114S 2面角運動：音管を作るメカニズム	SS 物理	音波								課題設定および実験計画 (B, E, F)	
2015年5月	117S 4ボイヘンズの原理とシミュレーション	SS 物理	波動	2	②⑤			0	0			
2015年5月	112S 1 ガラスの屈折率	SS 物理	光波	2					7			
2015年5月	112S2 水の浮上り (画像測定)	SS 物理	光波	2			8		8			
2015年5月	114S4 磁気振動モジュールの科学工作とデータ集積	SS 物理	波動	2			8				7	

振り返り (Reflection)

学年 クラス 番号 氏名

2 学期最初の理科の授業で提出

総合的評価※1 評価標準(満点 8)					形成的評価※2
A 知識と理解	B 操作	C データの整理	D データ処理	E 評価	
実験・観察に必要な各能力やスキルについて、今学期の取り組みを振り返り振り返りてみましょう。					
教科書や資料集を用いて、どのような反応が起こるべきか考えてから実験すること、実験を正しく行っているかを確認しつつ、間違いがあれば何が良かったのかかを判断することができた。					
より正確に実験の結果を観察するために、実験室の器具を効率よく使った。特にテラトログは、自分たちの目で見たものを数値化してくれるとても便利な実験器具であった。					
多くの実験において、エクセルを用いたデータ処理を行ったが、パソコンだけにたよるのではなく、あらかじめ自分たちで計算の式から大まかなグラフの式を考へ、それと大きな違いがないかを確認して、データ処理を正しく行っていたか判断できた。					
データを取得する時は、1つのデータだけでなく、複数回行うことで偶然誤差を減らしながら、表だけでなくグラフなどでも利用して自分たちの実験が正しく行えたかどうかを考へることができた。					
科学や科学の応用と身近な生活や環境とのつながりを意識できるような実験をもっと実施したかった。授業の中で取った水疾病などの話を通して、日々の実験でも廃液処理等、化学への責任をもっと取り組めるようになった。					

- ※1 総合的評価：評価標準に準拠した評価課題に対する評価。
単元終了後に目標がどの程度達成されたかを総合的に判定し評価したも。
- ※2 形体的評価：単元学習の過程で行う様々な達成度を測るための評価。
小テストや日々の活動など学習を助けるための評価。
小テストは以下の①～⑤を示す。
- ※3 ICT の活用は以下の①～⑤を示す。
 - ① Datalogging データの記録
 - ② Graph plotting software グラフ作成用のソフト(Excel)などの使用
 - ③ Spreadsheet 表計算用シートの使用
 - ④ Database データベース
 - ⑤ Computer model/simulation コンピュータによるモデル化やシミュレーション

資料 3-2

2015 年度 ISS チャレンジ 研究実施計画書の評価

【観点 A：研究の目的】 評価対象：「研究の動機・背景」「研究の目的」

0	以下のどれにもあてはまらない
1	研究の目的が不明確である。
2	研究の目的が明確に示されている。
3	研究の動機や背景に基づいて、研究の目的が明確に示されている。

【観点 B：先行研究】 評価対象：「研究の動機・背景」「研究の方法・内容と年間計画」

0	以下のどれにもあてはまらない
1	先行研究は踏まえている(踏まえようとしている)が、情報源の信頼性に欠けるものが多くみられる。
2	適切な先行研究を踏まえている(踏まえようとしている)。
3	適切な先行研究を十分に踏まえており(踏まえようとしており)、自己の研究の位置付けを明確にしている(明確にすることができそうである)。

【観点 C：研究方法の妥当性】 評価対象：「研究方法の妥当性および計画の実行性」

0	以下のどれにもあてはまらない
1	研究の目的を達成するための方法が妥当であることを説明しようとしているが、非論理的である。または、方法が不適切であると判断することができる。 調べ学習で終始してしまう可能性が大きい。
2	研究の目的を達成するための方法が妥当であることを説明しようとしているが、その論理に飛躍があったり、論理を追うことが困難である所が散見される。
3	研究の目的を達成するための方法が妥当であることを論理的に説明している。

【観点 D：実現可能性】 評価対象：「研究方法の妥当性および計画の実行性」

0	以下のどれにもあてはまらない
1	1年間で研究目的を達成できる可能性が低い研究であると判断することができる。
2	概ね1年間で研究目的を達成できる可能性がある研究であると判断することができる。
3	1年間で研究目的を達成できる可能性が非常に高い研究であると判断することができる。

《生徒による自己評価》

観点 A	観点 B	観点 C	観点 D

《教員による評価》

観点 A	観点 B	観点 C	観点 D

本研究の PR

年 組 番 氏名

評価対象の研究 No.

4. 研究ゴールの再設定

実際に研究してみて、計画通りに研究が進まなかったり、思わぬ結果により展開が変わってしまったりなど、研究計画時のゴールの達成が難しいこともあるかと思えます。研究レポート提出までの研究期間は約2ヶ月です。この期間で達成可能な現実的な研究ゴールを再設定し、記入してください。記入の際は、研究により何を明らかにするのかを明記すること。

(研究計画時のゴールと変更がない場合は、計画時に設定したゴールについて記入してください。)

--

5. 今後の研究スケジュール

研究レポート提出までの残りの研究期間のスケジュールを具体的に示してください。

11月上旬	
11月中旬	
11月下旬	
12月上旬	
12月中旬	
12月下旬	
1月8日	研究レポート提出

6. 「研究遂行力」の自己評価

4、5の記述をもとに、該当する grade に○をつけ、自己評価しましょう。

0	以下のいずれにも達していない
1	達成可能な研究ゴールが再設定されていない。 今後の研究の進め方について、なすべきことが不十分もしくは不明確である。
2	達成可能な研究ゴールが再設定されている。 今後の研究の進め方について、ゴール達成のためになすべきことが示されている。
3	達成可能な研究ゴールが再設定され、具体的に示されている。 今後の研究の進め方について、ゴール達成のためになすべきことが、実験方法の概要や役割分担等を示すことにより具体的に示されている。

資料 5



ISS チャレンジ(SSH)2015 論文の書き方及び評価規準

【論文の書き方】

以下の留意事項に従って、研究論文を作成してください。

1. 日本語の場合 8000 字、英語の場合 4000 語程度にまとめる。
2. 構成は以下の通りとする。

- ・ タイトル
- ・ 研究者氏名(学年)
- ・ 要旨→日本語の場合は 600 字、英語の場合 300 語以内の要旨とする。
- ・ 序論
- ・ 本論 (研究の展開、研究手法、結果)
- ・ 結論
- ・ 参考文献 (reference)
- ・ 英文要旨 300 語以内

3. 以下は語数 (字数) 制限の対象外とする。

- ・ タイトル
- ・ 研究者氏名(学年)
- ・ 要旨(英文要旨も含む)
- ・ 謝辞
- ・ 地図、グラフ、図表、注釈付きの図や絵、表
→グラフ、図、表や地図には、タイトルをつけ、容易に解釈できるように提示する必要がある。また、これらの資料はすべて論文の本文に直接関連し、本文中の適切な箇所において言及すること。
- ・ 等式、公式、計算
- ・ 文献対照注・参考文献 (挿入法と引用順方式のどちらの場合もこれらは語数・字数に含まれません)
- ・ 脚注、または文末脚注

【評価規準の設定】

以下に示す規準 A～I によって、研究論文を評価します。

規準 A：要旨

要旨の要件は、「研究テーマ」「どのようにして研究が実施されたのか」「論文の結論」を明確に述べること。

到達度	レベルの説明
0	要旨が 600 字をこえている。もしくは、上記の 3 つの要素のどれかが欠けている。
1	要旨は上記の 3 つの要素を含んでいるが、すべて明確に述べられているわけではない。
2	要旨において、上記の 3 つの要素がすべて明確に述べられている。

規準 B：序論

この規準は、先行研究を踏まえた上で、「なぜ研究に値するのか？」に対する説明が、「序論」においてどの程度明確に説明されているかを評価する。

到達度	レベルの説明
0	「なぜ研究に値するのか？」について説明しようという試みがほとんど、あるいはまったく見受けられない。
1	先行研究を踏まえた上で、「なぜ研究に値するのか？」が説明されている。また、本研究では何が明らかにされ、どのような社会的価値や学術的価値につながるのかが、簡単に説明されている。
2	先行研究を踏まえた上で、社会的意義や知的好奇心等の具体的な理由とともに、「なぜ研究に値するのか？」が明確に説明されている。また、本研究では何が明らかにされ、どのような社会的価値や学術的価値につながるのかが、明確に説明されている。

規準 C：研究の方法（本論の記述から評価します。）

この規準は、研究テーマに関連のある適切な資料の調査やデータの収集と、研究計画について評価する。研究がどのように行われるかは、論文が実験を含むものかどうかで大きく異なる。

●実験を伴わない論文を書く場合は、使用されたデータがどのようにして選び出されたのかについて明確に述べるよう努めなければならない。一次資料（データ・情報の発表元である論文などの出版物、個人的情報交換、インタビュー）と二次資料（教科書、新聞記事、レビュー）の違いを明確に理解した上で、これらの情報源がどれだけ信頼できるものなのかについての認識を示さなければならない。

●実験研究に関しては、必要な場合に他人がその実験を再現できるようにするため、情報を十分に提供する必要がある。使用された手法や装置に関する理論を理解していることを、論文を通じて示すようする。さらに、これらの手法や装置に内在する限界や不確実性についての認識を示すことも求められる。また、自分で考案した実験と、既存の手法を改善、変更、応用して実施した実験の区別を明確に示さなければならない。

到達度	レベルの説明
0	資料の調査もしくはデータの収集が行われた痕跡がほとんど、もしくはまったく見受けられない。また、研究計画の痕跡もほとんど、もしくはまったく見受けられない。
1	調べた資料、もしくは収集したデータが研究に不相当である。また、研究計画の痕跡がほとんど見受けられない。
2	限られた範囲ではあるが、適切な資料の調査とデータの収集が行われている。また、いくつかの関連のある資料・データが論文のために選び出されている。多少の研究計画があったことがうかがえる。
3	適切な資料の調査とデータの収集が十分な範囲において行われている。また、関連のある資料が論文のために選び出されている。研究が十分なレベルにおいて計画されている。
4	適切な資料の調査とデータの収集が適切な範囲において行われている。また、関連のある資料が注意深く選び出されている。研究がよく計画されている。

規準 D：理路整然とした議論（本論の記述から評価します。）

この規準は、収集した実験データや資料に基づいて考えが一貫性のある形で論理的に述べられているか、また、研究テーマに対して理路整然とした議論が展開されているかについて評価する。

研究の展開や結論において、研究テーマに直接関連するさまざまなアプローチや手法に関しての考察や比較を述べる。適切な分析を欠いた、単純な記述のみによる説明は議論の発展につながらないため、避けるべきである。また、科学論文においては、たくさんの変数を扱おうとすると、たいていの場合、その焦点と一貫性を失うことになる。明確かつ論理的な議論を構築するためには、研究テーマとそれに基づいて立てられた仮説に繰り返し言及することが必要になる。仮説はどの程度裏づけられたのか、また、研究テーマに対する答えはどの程度得ることができたのかについての評価も論文に含めなければならない。

到達度	レベルの説明
0	研究テーマに対して理路整然とした議論を展開しようとする試みがまったく見受けられない。
1	考えを一貫性のある形で論理的に述べようとする試み、研究テーマに対して理路整然とした議論を展開しようとする試みがわずかにしかない、もしくは表面的なレベルに留まっている。
2	考えを一貫性のある形で論理的に述べようとする試み、研究テーマに対して理路整然とした議論を展開しようとする試みがある程度見受けられるものの、部分的にしか成功していない。
3	考えが一貫性のある形で論理的に述べられており、研究テーマに対して理路整然とした議論が展開されている。ただし、議論が多少薄弱な部分がある。
4	考えが一貫性のある形で論理的かつ明確に述べられている。研究テーマに対して理路整然とした説得力のある議論を展開することに成功している。

規準 E：適切な分析スキルと評価スキルの適用（本論の記述から評価します。）

データは、結論につながる議論をより明確にしたり補強したりするような形で分析、提示するようにする。未加工データの表などを提示するだけではこの目標を果たすことはできない。原データは必ず論文の中心となる議論に明確かつ直接につながる形で分析、処理、提示する。必要に応じて、この分析で仮説の正当性について評価する。また、研究手法、機器や技術に関する誤差や不確定要素、物理データにおける不確実性の程度についても分析し、批判的に評価しなければなりません。

到達度	レベルの説明
0	適切な分析スキルと評価スキルの適用がまったく見受けられない。
1	適切な分析スキルと評価スキルの適用がほとんど見受けられない。
2	適切な分析スキルと評価スキルの適用がある程度見受けられるが、部分的にしか有効でない。
3	適切な分析スキルと評価スキルが十分に適用されている。
4	適切な分析スキルと評価スキルが効果的かつ洗練された形で適用されている。

規準 F：結論

この規準は、研究テーマに対して適切な結論が論文に組み込まれているか、また、その結論が論文の中で扱った証拠と一致しているかについて評価する。よって、結論において新たな問題や無関係な問題に触れたり、結論が序論の単なる繰り返りになったりすることは避けなければならない。結論は研究テーマに直接関連し、かつ主要な研究結果について述べたものでなくてはならない。科学的研究では、予想外の結果が明らかになることがしばしばある。このような場合、たとえ結果が当初の計画にはまったく含まれていなかった場合でも、これらを報告しなくてはならない。最初に設定した研究テーマに完全に答えることができないこともある。そのような場合には、解明できなかった問題を指摘し、これらをさらに研究するためにはどうしたらいいかを提案するようにする。

到達度	レベルの説明
0	研究課題に対して適切な結論を書こうとした試みがまったく、もしくはほとんど見受けられない。
1	研究課題に対して適切な結論を書こうとした試みは見受けられるが、論文内で扱った証拠と完全には一致していない。
2	適切な結論が明確に述べられている。結論は研究課題に対して適切であり、論文内で扱った証拠とも一致している。必要に応じて、未解決の問題についても言及している。

規準 G : 適切な言葉の使用

正確な専門用語と用語体系は、論文を通じて効果的に、一貫性をもって使用されなければならない。また、物理量には必ず正確な単位を使用し、有効数字を適切に使うことが求められる。

到達度	レベルの説明
0	言葉による表現が不正確かつ不明瞭である。専門用語の効果的な使用がまったく見受けられない。
1	考えや情報などが言葉によって明確に伝えられているところもあるが、そうでないところも多い。専門用語の使用に関しては部分的にしか正確でない。
2	論文の大部分において、考えや情報などが言葉によって明確に伝えられている。専門用語がおおむね正確に使用されている。
3	考えや情報などが言葉によって明確に伝えられている。若干の誤りが時折見受けられるものの、専門用語がおおむね正確に使用されている。
4	考えや情報などが言葉によって明確かつ正確に伝えられている。専門用語が、正確に使用されている。

規準 H : 形式・体裁

この規準は、論文のレイアウト、構成、見た目、形式要素が、標準的なフォーマットに沿っているかどうかを評価する。なお、形式要素とは、タイトル、図解資料、引用、出典表記（参考文献、文献対照注、参考文献目録）、付録（必要な場合のみ）のことを指します。科学的研究では、図表やスケッチ、写真などの参考資料が必要になることがあるが、文献から借用した図や絵などの出典を明記する際には注意が必要である。また、明確な目的もなくただ単に図や絵などを論文に載せることは避けなければならない。図や表などの資料は、それが議論の補強となる場合や、別の方法では表せないような情報を提供できるような時にのみ使用するようにする。自分自身で撮影した写真や、ダウンロード、コピーをした画像には、題名をつけるか、研究の文脈の中に位置づけるようにする。そうしない限り、これらの資料は論文を補強するための役割を果たしません。

到達度	レベルの説明
0	形式・体裁を許容しかねる、もしくは論文が 8000 字をこえている。
1	形式・体裁が基準を満たしていない。
2	形式・体裁が基準を満たしている。
3	形式・体裁が基準を満たしており、よく整えられている。
4	形式・体裁が基準を満たしており、非常によく整えられている。

規準 I : 総体的評価

この規準の目的は、知的活動における主体性、理解の深さや洞察力などの、ある論文と他の平均的な論文との間の違いをつくり出すような特質を評価すること。これらは、最も優れた論文において明確に見受けられる特質ですが、そこまでのレベルに至らなかった論文もこれらの特質をある程度備えていることがある。そのような場合においては、当規準においてその価値を評価する。

以下のような資質がうかがえる論文はこの規準において追加点が与えられる。

知的活動における主体性：トピック・研究課題の選択や、研究課題に取り組む際の革新的なアプローチの使用などでこの資質を示すことができます。

洞察力と理解の深さ：この資質は詳細な研究と徹底した熟考の結果として生まれるものであり、豊富な知識に基づいた、論理的な議論によって示すことができます。また、これらの議論は一貫性をもって効果的に研究課題を扱うものでなくてはなりません。

独創性と創造性：これらは、しっかりとした研究と論理に裏づけされた上での独自のアプローチによって表されます。

到達度	レベルの説明
0	上記のような特質はまったく見受けられない。
1	上記のような特質はほとんど見受けられない。
2	上記のような特質が多少見受けられる。
3	上記のような特質が明らかに見てとれる。
4	上記のような特質が際立って存在する。



ISS チャレンジ(SSH 部門)2015 公開審査会審査票

20Feb2016
SSH 委員会

_____年 _____組 (男 ・ 女)

ISS チャレンジ(SSH 部門)のファイナリスト(最終審査進出者)の研究成果の発表を聴いて、ISS 生の科学研究について評価しましょう。他者の科学研究を正しく理解・解釈して、科学的に判断する力は、科学・技術の恩恵をうけたり、選挙(投票)などを通じて科学政策の決定に関与したりする全ての市民に必要な能力です。この力を自覚的に見極めるためにも、発表者に敬意をもって真摯な態度でファイナリストの研究発表を評価しましょう。

ISS 生の科学研究(課題研究)にはいくつかの観点で、その特徴を評価することができます。

	観 点	内容の説明
A	科学的手法が優秀な研究	科学研究の方法(調査・実験・分析)が科学的・実証的で秀逸な研究(課題設定と結論の独創性や新規性等は問わない)
B	社会的影響のある研究	実用性のある研究で、実社会(国際的視点も含む)で活用したり応用・発展が期待できる研究
C	独創的な研究	研究テーマが独創的であったり、研究方法が独創的であるなど、アイデアや発想がユニークな研究
D	革新的な研究	新奇性があり従来(大人の)の科学研究には見られない常識を超越した研究
E	教科的研究	数学や理科などの教科の内容や授業で扱う方法に強い関係がある研究
F	その他	A~Eにあてはまらない観点の場合はFをいれて、「観点Fの場合の観点」の欄に、評価した観点をキーワードとして記入してください。

研究発表毎にその研究発表に最もあてはまると思うものを評価観点A~Fから一つ選び[評価観点①]に記号を記入しなさい。[評価観点①]で選んだものの他に(次に)あてはまる評価観点がある場合は[評価観点②]に記号を記入しなさい。いずれかで観点Fを選んだ場合は、その作品のどのような特長(観点)を評価したのか、キーワードを記入して説明しましょう。

	研究テーマ	発表者	評価観点①	評価観点②	観点Fの場合の観点
①	人体に潜むバクテリア	吉田杏子 他4名			
②	動的数学ソフトウェアによる三角関数パラメータ軌跡の分析	長久海			
③	経路問題の解法の応用	徳弘賢人			
④	プロテアーゼの活用	近本望充 他4名			

※修正する場合は、二重線で消して新しい観点を加えてください。

※観点は重複して使用してもかまいませんが、できるだけ他と重ならないようにしましょう。

感想・考えたことやふりかえりを自由記述で書いてください。

資料 7

運営指導委員会報告

第1回運営指導委員会

日 時 平成27年8月27日(木) 13:30 ~ 16:00

場 所 東京学芸大学 第四会議室(20周年会館2階) 東京都小金井市貫井北町4-1-1

第2回運営指導委員会

日 時 平成28年2月20日(土) 13:00 ~ 15:45

場 所 東京学芸大学 附属国際中等教育学校(ミーティングルーム)

運営指導委員 6名		第1回	第2回
滝澤 修	情報通信研究機構	出席	出席
古屋 輝夫	理化学研究所	欠席	出席
森上 展安	森上教育研究所	出席	出席(早退)
吉富 芳正	明星大学	欠席	欠席
Bruce Stronach	テンプル大学ジャパン	出席	出席
クインシー亀田	玉川大学 学術研究所	出席	欠席

第1回運営指導委員会 記録

SS科目(理科)およびSSIB講座(見学事前説明)[鮫島]

SSIB講座見学(自然科学系研究棟1号館)

SSH事業(今年度)の事業計画等の説明・質疑応答

- ・授業を中心とした事業「SS科目その他」
 - ・SS科目(数学)と評価事業[成田]
 - ・英語との連携(ハークネス・イマージョン講座)[後藤]
 - ・課題研究を中心とした事業「SS理数探究, ISSチャレンジ」
 - ・ISSチャレンジ, 研究支援事業(物的・人的), 課題研究リスト[高橋]
 - ・国際教養と課題研究のかかわり[成田]
 - ・国際交流(台湾)[前田]
 - ・生徒研究発表会@大阪[後藤]
 - ・その他 運営指導委員・先生方からのご指導・情報交換
 - ・生徒課題研究の進め方および支援のあり方など
- IBの理念の本質を活用しているか? ラベルや制度だけをなぞっているだけではないか?
- 文系生徒の理数系能力を高めることを主張してもよい。(理数系生徒が少ない点)
- SS科目 IBを考慮した理数系カリキュラム(対応表・評価など)は早急に仕上げしてほしい。
SS科目の開発・実践, 対外的に説明ができる状況にする。
- 生徒の課題研究の(専門的・学際的)指導をさらに確立する必要がある。
課題研究(科学研究)の遂行に必要な資質・能力の整理, および育成するためのしくみ
- ・課題研究は学年を通して持続的に出来るような工夫が必要(PP・国際5の不連続性)
- 校内的: 国際教養の時間を利用した課題研究の指導を確立する。(国際教養委員会)
- 対外的: 研究者や専門家の研究指導が受けられる連携体制の確立。
- 対外的なアピールができていない?
- ・SS科目の授業実践に関わる報告書など, 開発成果物を説明できるようにする。
- 研究開発の成果をしめす。(目的に対応した成果の立証)
- 管理機関等を含めた組織的な運用(運用支援)体制が整っていない。

第2回運営指導委員会 記録

本年度（後半）の実施状況の説明

授業に関わる取組 SS 科目の授業開発(仮説 1)と評価(仮説 3)

- ・SS 数学について（成田）
- ・SS 理科について（鮫島）

授業に関わる取組に関する情報交換（前半は森上先生を中心として）

- ・教科からの補足説明を含める（評価など）

生徒課題研究に関わるとりくみ（国際教養と ISS チャレンジ）（仮説 2）

- ・生徒の課題研究の状況（ISS チャレンジ）（高橋）>国際 5 との連携
- ・国際教養との連携について（成田）
- ・交流事業（国内外）・英語イマージョン・研究支援活動 などの取組

生徒課題研究に関わる取組に関する情報交換

- ・必要に応じて他の事業の説明

連絡事項・情報提供など >6 月公開研究会の案内

- ・経費執行の実施状況・次年度計画に関して

1. 授業に関わる取組に関する情報交換 SS 科目の授業開発(仮説 1)と評価(仮説 3)

Q：オリジナル教科書はどこまで出来ているのか？

A：数学科は4年（MYP）まではできている。その続きとして5年のものを続きで作っている。海外のテキストを参考につくっているが、中身は独自のものとなっている。

Q：理科はテキスト化の予定はあるのか？DP と学習指導要領の対応表だけでは使い難いのでは？

A：理科はテキスト化する予定はない。授業者によって教材は柔軟に設定できるようにしている。むしろ教科書のように教材を固定しない方が良く考えている。教科書よりワークシートベースで展開している。

Q：記録の残し方はどのようになっているか？担当者が変わった場合の継承の仕方は？

A：単元設計(概念重視)の方針は一緒だが、あつかう具体的な題材(文脈)は違ってくる。教材はタイムリーな話題をどんどん入れ込みたいという思いがある。

Q:他校への普及（伝え方）はどのよう考えているか？

A：今年度はこの冊子を SSH 校に配布する形で広報する。

C：毎年新しい教材を取り込むことは、教員の労力が大変である（感想）。今度どうやって連続性を保っていくかを考えてなくてはならない。（感想）

2. 生徒課題研究に関わる取組に関する情報交換 国際教養と ISS チャレンジ（仮説 2）

Q：問題発見能力が1学年(中1)に位置付けるのは難しくないか？（問題発見は高度な能力だと思うが）

A：1学年(中1)は科学的な事象に興味をもつことを優先する「科学事象に関する疑問レベル」である。身近な事象をもとに課題研究のテーマ設定にするのは、本校の生徒の特長である。長所でも思うのでそれを生かして今後も進めたい。また、教科で育成する資質・能力と補完的な関係にある。理科では PSOW(実験観察評価シート)で6年間通して修得した実験・観察に関する技能を確認できる仕組みも導入している。あわせて、体系的に課題研究を推進する資質能力を高めたい。

Q：校外で発表することで効果はあったということだが、具体的にどのようなことか？

A：ポスターが中心なのでプレゼンテーションだけでなく、研究内容について議論して自分の研究について収穫があるようにしなさい。と指導している。実際に戸山高校などは英語ポスターについて具体的な指導があったり、専門家によるコメントシートをもらえるので、生徒にフィードバックして研究の改善などに反映している生徒もあり、一定の効果があったと考えられる。

資料 8

SSH申請用 H26年度教育課程表

国際バカロレア MYP実施								
	1年 (中1)	2年 (中2)	3年 (中3)	4年 (高1)	5年 (高2)	6年 (高3)		
1	国語	国語	国語	国語総合	現代文B	体育		
2					古典B			
3								
4								
5	社会 (基礎地理)	社会 (基礎歴史)	社会 (現代総合社会)	現代社会	日本史A or 地理A	国語 ・現代文B(2) ・古典A(2) ・古典B(2) ・国語表現(2) 日本語理解(2) 地理歴史 ・世界史B(4) ・日本史B(4) ・地理B(4) ・歴史特講(2) ・地理特講(2) 公民 ・倫理(2) ・政治経済(2) ・IM政治経済(2) 外国語 ・C英語Ⅲa ・C英語Ⅲb(2) ・英語表現Ⅱb(2) ・英語表現Ⅱc(2) 芸術 ・音楽・美術・書道(2) ・音楽演習(2) 国際 ・国際A(2) ・国際B(1)		
6				世界史A or IM世界史A			世界史A or IM世界史A	
7								
8	数学1	数学2	数学3	<u>SS数学Ⅰ</u>	<u>SS数学Ⅱ</u>			
9				<u>SS数学A</u> or <u>IM数学4β</u>			<u>SS数学B</u> or <u>IM数学5β</u> or 芸術	
10								<u>SS生物基礎</u>
11								
12	理科	物理	理科	物理	<u>SS地学基礎</u> or IM科学と人間生活			<u>SS化学基礎</u>
13							化学	
14					生物			地学
15	音楽	音楽	音楽	体育				
16					美術	美術	美術	保健
17	保健体育	保健体育	保健体育	芸術				
18					技術・家庭	技術・家庭	技術・家庭	家庭
19	英語	英語	英語	C英語Ⅰ				
20					英語	英語	英語	英語表現Ⅰ
21	人間理解	人間理解	人間理解	情報				
22					国際理解	国際理解	国際理解	英語表現Ⅱa or IM生物
23	国際教養(HR含)	国際教養(HR含)	国際教養(HR含)	選択科目 Global Issues フランス語 ドイツ語 スペイン語 中国語 韓国・朝鮮語				
24					国際教養(HR含)	国際教養(HR含)	国際教養(HR含)	選択科目 Global Issues フランス語 ドイツ語 スペイン語 中国語 韓国・朝鮮語 インフォマティクス
25	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>				
26					<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>
27	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>				
28					<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>
29	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>				
30					<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>
31	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>				
32					<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>	<u>SS理数探究</u>

- ① 国際教養とは、学習指導要領で定められている「総合的な学習の時間」、「学級活動(HR)」および「道徳」(前期課程)を再編したものの。国際教養では、「人間理解」、「国際理解」、「理数探究」の3つの柱を情報・知識の入り口として設け、教科教育とは違った視点で様々なテーマ学習を行う。校外学習やSchool Festival等の活動も含む。
- ② 4年次に集中講座としてシーズンスポーツ(1単位)を選択することができる。

平成 26 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 2 年次

2016 年（平成 28 年）3 月 25 日 発行

国立大学法人 東京学芸大学 附属国際中等教育学校

〒178-0063 練馬区東大泉 5-22-1

TEL. 03-5905-1326

FAX. 03-5905-0317

<http://www.iss.oizumi.u-gakugei.ac.jp/>

印刷 有限会社 サンプロセス