

平成25年度指定



# スーパーサイエンスハイスクール 研究開発実施報告書

第5年次

平成30年3月

玉川学園高等部・中学部



「問題を解決するには、その問題が起こった時とは異なるレベルの思考を持たなければならない。」アインシュタインの言葉である。現代は、科学技術が社会に非可逆的な変化を加速度的にもたらしており、まったく先の見えない時代である。人間の欲望に応じて科学技術が社会に変化をもたらすため、派生する問題は複合的に起きる。こういう時代に対応できる科学者を養成することが喫緊の課題となる。やがて起こるであろう問題を予測して、対策を立てることはおそらく不可能である。解決には「異なるレベルの思考」が必要であり、この場合複合的な視点を取り込んだ解決策である。

SSH の使命として、他校でも活用できるプログラム開発がある。実験の身体的技能を含む専門的スキルは、他校でも使えるようプログラム化できない。そこで本校では、汎用的スキルの定着とプログラム開発を目指した。特に批判的思考である。批判的思考は、いまだ日本の中等教育課程に定着していないが、科学を含む探究学習には不可欠なスキルである。なぜなら、批判的思考が研究成果の客観性や普遍性を担保するからである。

このわれわれの試みはまだ途上にあるが、この 5 年間の研究開発において明らかになった課題がある。それは、主体性の育成である。SSH I 期の頃と比較すると、課題研究に取り組む生徒が格段に増えた。その中には必ずしも目的意識をはっきり持たないで取り組むことになった生徒も含まれる。目的意識は主体性の最も重要な構成要件のひとつである。そういう生徒は、批判的思考を土台として発動される面倒な検証過程を省きたがる。せっかく批判的思考をスキルとして身に着けても、それが発揮されないのである。

IB 教育から学んだ大きなことは、教科の壁を取り払うことである。IB カリキュラムのコア科目 TOK は、プログラムの中にその仕掛けがある。科学の目的は、真理の探究ではあるが、これだけでは、現代社会の要請に応えられない。科学的成果がすぐに社会の様々な領域に転用される現代という状況を踏まえて、科学と他の学問領域をつなぐことで、目的意識とそれに基づく主体性を育てることはできないであろうか。これが次年度以降の我々の課題である。そして、この試みが、やがてわれわれが直面することになるであろう問題に対する解決策を、われわれが輩出した科学者が見出す一助となることを密かに願うものである。

## 平成 29 年度 SSH 研究開発実施報告書 目次

研究開発実施報告（要約）別紙様式 1-1	3
研究開発の成果と課題 別紙様式 2-1	7
平成 29 年度 SSH 研究開発実施報告書（本文）	
第 1 章 研究開発の概要	14
1-1 研究開発の実施期間	14
1-2 本校の概要	14
1-3 研究開発課題	14
1-4 研究開発課題テーマと実践内容	14
1-5 必要となる教育課程の特例	16
1-6 研究組織の概要	16
第 2 章 研究開発の経緯	17
第 3 章 研究開発の内容	
研究開発教科：テーマ A 課題研究	
A-1 中学年 高学年学びの技	20
A-2 SSH リサーチ脳科学	23
A-3 SSH リサーチ	26
A-4 SSH リサーチ科学	29
研究開発教科：テーマ B 教科連携	
B-1 数理科学	32
B-2 理系現代文	35
B-3 科学英語	38
B-4 PL 英語表現	42
研究開発教科：テーマ C 構成主義的授業	
C-1 中学年構成主義的授業	43
C-2 高学年構成主義的授業	46
研究開発教科：テーマ D 高大連携	
D-1 倫理	49
D-2 SSH 科学	51
D-3 SSH 特別講話 SSH 研修	53
科学系クラブ 中高連携課題研究	
サイエンスクラブ	55
ロボット部	58
サンゴ研究	61
研究発表会・学会発表会等	
研究発表会 学会発表会	65
成果普及・地域への貢献	
成果普及 1 「探究型学習研究会」	67
成果普及 2 「SSH・SGH 生徒研究発表会 成果報告会」	69
第 4 章 実施の効果とその評価	70
第 5 章 SSH 中間評価において指摘を受けた事項のこれまでの改善・対応状況	74
第 6 章 校内における SSH の組織的推進体制	75
第 7 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	76
第 8 章 関係資料	79

## ①平成 29 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		
国際バカロレア教育を参考にした創造力と批判的思考力を育成する学び		
② 研究開発の概要		
<p>科学者育成のためには問題を見つけ、その問題を解決する力とそれらの結果を口頭で発表し論文にまとめる力が非常に重要である。それらの力を育てるために、玉川学園では創造力と批判的思考力を育成することが重要であると考え。つまり創造力と批判的思考力は科学的探究活動の両輪となり、多面的客観的検証を継続的に繰り返し行うことで、独創的かつ科学的な探究活動ができると考える。</p> <p>そこで【創造力】・【批判的思考力】を育成するための教育計画プログラムを以下の通り計画した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・課題研究：問題発見力・探究スキル・解決策を得る創造力・客観的に評価する力を育成する。</li> <li>・教科連携：国際的視点・明確化・整理・論証する力や多面的な見方・理性や客観性・多面的視点を育成する。</li> <li>・構成主義的授業：生徒自身の内側に何が変化したか意識させることで、メタ認知能力・自己効力感を育成する。</li> <li>・高大連携：興味関心を喚起し、創造に向けた学習・研究者と接し多面的に思考・深化を育成する。</li> </ul>		
③ 平成 29 年度実施規模		
<p>中学・高校全生徒(中学 1 年生～高校 3 年生)を対象に実施する。SSH 対象生徒は 1268 人である。 (高校 1 年生～高校 3 年生の各学年にプロアクティブラーニングクラス 1 (以下 PL) クラスあり)</p>		
④ 研究開発内容		
<p>・研究計画：上記の教育計画プログラムに関する年次ごとの実践内容・評価方法は以下の通りである。</p>		
	教育プログラムに関する実施内容	評価方法
1 年次 平成 25 年度	<p>第 1 期目(平成 20～24 年指定)のカリキュラムを発展させた実践型カリキュラム開発を行った。</p> <p>第 1 期目授業を継続し新規事業として「TOK」、「数理解科学」、「PL 英語表現」、「PL 生物」、「構成主義的授業展開」実施。成果普及活動として「探究型研究会」、「国際バカロレアフォーラム」に参加した。</p>	<p>生徒に対する授業アンケート、創造性や構成主義的学習姿勢など測るアンケートを作成実施、ループリック、ワンページポートフォリオアセスメント(以下 OPPA)シート、などを開発して用いることにより各授業に合わせた評価方法を実施した。</p>
2 年次 平成 26 年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中学年に以下の科目「学びの技」、「構成主義的授業」を拡大実施した。「構成主義的授業展開」を高校 2 年生まで拡大実施した。高校 2 年生 PL コースに倫理に関する大学連携授業展開実施した。</li> <li>・英語と理科の教科連携を、今年度は中学 3 年生、高校 1 年生の理科通常授業中に「科学英語」として改善実施した。「TOK」を「理系現代文」授業に取り込み改善実施した。</li> </ul> <p>教員研修・成果普及活動として「OPPA シート活用」、「批判的思考力研究」研修開催、「探究型研究会」、「国際バカロレアフォーラム」、「ロボット体験講座」参加した。「学びの技 本書籍化販売」した。</p>	<p>生徒に対する授業アンケート、創造力・批判的思考力を測定するために、アンケートを作成実施、ループリック、OPPA シート、またベネッセが京都大学教授の楠見孝先生と協力の下で作った批判的思考力のスキルのテスト(パフォーマンス)と意識態度のアンケートを用いて評価を行った。保護者、卒業生、連携機関等の外部評価実施した。</p>
3 年次 平成 27 年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1,2 年次の実践を踏まえて改善を計る。3 年間の中間評価を行い、次年度からの改善点を抽出した。</li> <li>・創造力・批判的思考力育成のための授業改善開始、生徒の変容確認を行った。</li> <li>・中学校過程へと拡大実施した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2 年次と同様の評価方法実施</li> <li>・ベネッセが作成した批判的思考力のスキルのテストと意識態度アンケートは年 2 回実施し、変容を確認した。</li> <li>・学校独自アンケートで探索的因子分析を行った。</li> </ul>

4 年次 平成 28 年度	<p>・3年次の実践を踏まえて改善をはかった。</p> <p><b>【新規事業】</b></p> <p>・課題研究スキル育成の課題研究4冊子作成</p> <p>・教科連携科目を通じて、生徒の主体的な学習カリキュラムの開発・指導方法の開発</p> <p>・構成主義的授業展開の指導方法の授業改善</p> <p>・大学連携授業・指導を通じた、生徒の主体的・協同的学習スタイルの授業改善</p>	<p>・3年次と同様の評価方法実施</p> <p>・新規に作成した「創造力・批判的思考力アンケート」を実施し生徒の変容調査。</p> <p>卒業生アンケート、新規拡大開発した教育内容を評価した。</p>
5 年次 平成 29 年度	<p>・最終年度として、5年間の総括を行い、実践結果をまとめた。</p> <p>・創造力・批判的思考力育成に関する授業展開が最終年度を迎え、生徒の変容を確認する。その成果と課題を明らかにした。</p>	<p>4年次と同様の評価方法実施</p> <p>生徒に対する授業アンケートを実施するとともに、創造力・批判的思考力を測定するために、アンケートを作成実施、ループリック、OPPAシートや自己評価シートを活用した。またベネッセが京都大学教授の楠見孝先生と協力の下で作った批判的思考力のスキルのテスト（パフォーマンス）を用いて評価を行った。保護者、卒業生、連携機関等の外部評価実施・新規に作成した「創造力・批判的思考力アンケート」を実施し生徒の変容調査・卒業生進路状況の検証と評価を行った。</p>

- 教育課程上の特例等特記すべき事項 特になし 学校設定科目：「SSH 科学」、「SSH リサーチ科学」
- 平成 29 年度の教育課程の内容：関係資料のとおり
- 具体的な研究事項・活動内容

**(A) 課題研究：**

■中高学びの技：生徒自身で課題を設定し、探究学習に必要なスキル（テーマ設定・情報収集・情報の整理・考察・プレゼンテーション・論文の書き方）等を中心に習得させる。また確かな根拠とその裏付けを用いて自らの結論として論理的に主張することを目指す。図書館司書教諭・情報科教員を中心とし、他教科の教員も加わりながら自作テキストを用いてプログラムを実施する。

■SSH リサーチ脳科学：玉川大学脳科学研究所と連携し、研究所の施設において、研究所の大学教員や研究員と高校教員が連携し指導する授業を設定する。課題研究テーマは、脳科学研究分野に設定して行う。実験計画・結果・考察・振り返りのプリントを作成し、課題を解決するために必要な主体性、協働性、思考力、表現力を育成するための授業展開を実施する。大学教員からアドバイスを受けることにより客観的に見直し、改めて実験方法などを考え直し、創造力と批判的思考力を育成する。

■SSH リサーチ：「生物」「化学」「物理」「数理科学」の分野を設定し、生徒各自が各分野の中から、興味・関心に基づいた分野を選択し、個人研究・グループ研究を進める。普段疑問に感じている現象に対して課題研究に取り組み、問題発見能力・問題解決能力などの科学技術者に必要な能力を伸ばす。課題解決と研究発表を通して創造力・批判的思考力を育成する。

■SSH リサーチ科学：普段疑問に感じている現象に対して課題研究に取り組み、問題発見能力・問題解決能力などの科学技術者に必要な能力を伸ばす。様々な実験技術の習得を通して、実験時におこる誤差と精度を理解させる。課題テーマ選択とそれに適切な実験計画の立案を行い、データ収集と適切な処理をさせることで結論を導き、評価を行い、改善させる手法を学ぶ。オリジナルの課題研究について学内外でのプレゼンテーションを行い、コミュニケーション能力を学ぶ。課題研究系授業内で使用されるループリックを年間実施する。

**(B) 教科連携**

■数理科学：物理と数学の教科連携を行い、多角的視点からみることや試行錯誤を通し、確実な事柄と結びついた知識・概念を獲得する学習習慣を身につけさせ、「わかりたい」という意欲から創造力を育成する。

■理系現代文：高校3年の理系生徒を対象に、理科と国語の教員の連携で、文章読解、小論文作成、多く

のグループディスカッション、プレゼンテーションを通して、批判的思考を育成する。批判的思考のうち、「推論の土台の検討」と「推論」の部分に焦点を当てる。また IB の TOK(知の理論)の教育手法を参考にし、バイアスを排した多面的、多角的な理解に基づきつつも自らの生活経験や価値観に基づいた主体的な主張の形成を目指す。生徒が個々の活動においても、仲間と作り上げた論理性や批判的思考力を生かすことができるようにする。

■科学英語：理科の通常授業の中で実施していた科学英語の冊子が完成した。その発展型として、より実践的な科学英語を活用するために課題研究授業の中で実践していく。課題研究の内容・科学的な内容を英語で学習し、自分の意見を英語で話す状況を設定する。科学的な内容を他者に対してアウトプットすることでコミュニケーション力、ディスカッション能力育成を目指す。

■PL 英語表現 I：「英語の自動化（英語が自然にアウトプットされる）」を目指し、授業時間は極力英語のみを用いて授業展開する。インタラクションを意識した授業を展開している。音読を重視するとともに、自らの考えを口頭で、あるいは文章で表現できる力を育成する。ネイティブスピーカーと授業で学習した文法事項をもとに、生徒がスピーキングとライティングをする環境を設定し授業展開する。

### (C)構成主義的授業

■中学年構成主義的授業：中学年構成主義的授業展開として、OPPA やルーブリック評価等を用いることにより、生徒たちが自らの立ち位置を自覚し、より高い次元を目指そうと意欲的に学ぶ姿勢、また論理的に考察する力を育成する。学習後に学習前に考えたことがどのように変化したか客観的に考える力を育成する。

■高学年構成主義的授業：構成主義的学習を成立させ、メタ認知能力を育成するために、OPPA シート等を活用し、その結果新たに学習する科学的概念を、創造力を発揮できる知識として定着させる。【問題演習の答えを再解釈】【具体化する実験】【内発的な取組み】を柱として授業展開をしていく。

### (D)高大連携

■倫理：高校2年生 PL コースで実施し、生き方在り方を考える科目である「倫理」をテーマに大学で求められるプレゼンテーション能力を体感するために、大学教員によるプレゼンテーション指導を行う。生徒のプレゼンテーションを大学教員が聞き、評価・指導する。幅広い視野で多角的に思考ができるように促す。

■SSH 科学：玉川大学脳科学研究所と連携し授業を通して、研究に対する興味・関心を高める事とともに科学的に解明されていない事象に対する研究意欲を高める。実験・実習を多く導入し、仮説設定・実験方法の検討・実験結果からの考察を重視し、脳科学研究所を含めた探究的な授業展開を導入する。

■SSH 特別授業：玉川大学、玉川大学脳科学研究所をはじめとして他大学および企業等と連携し、大学生・研究者・企業人からの講義やディスカッションする。今まで学習した内容や考え方が将来どのように関係していくのかなど概念理解を深めるとともに批判的思考力・創造力を育成する。

■成果普及：「第6回探究型学習研究会」「第5回全国海洋教育サミット」

## ⑤ 研究開発の成果と課題

### ●実施による成果とその評価

(A) 課題研究：「学びの技」や課題研究等の授業でラーニングスキルをテキスト化し、批判的思考力を踏まえ反駁等の多面的視点を育成するカリキュラムを導入した。SSH 課題研究実施生徒(課題研究授業履修生徒)が増加している。

2013年：58人 2014年：53人 2015年：98人 2016年101人 2017年：121人

■課題研究ワークノート開発普及「問いの見つけ方」「実験計画のたてかた」

「表やグラフのまとめ方」「ポスター論文の書き方」等課題研究に必要なワーク冊子を活用した。

■課題研究 ルーブリック・形成的評価の実践

国際バカロレア(IB)で用いている評価を参考に、独自のルーブリック・形成的評価を実践した。

■批判的思考力育成：批判的思考力スキルのテスト結果から、課題研究経験あり生徒(SSH 主生徒)は、課題研究の事前事後(1年経過)で尺度得点が1.5点上昇している。課題研究経験なし生徒(一般生徒)は事前事後(1年経過)で0.3点下降している。以上より課題研究を経験した生徒の方が、経験しなかった生徒に比べ批判的思考力の伸びが大きかったことが分かった。また同テストは学力とも相関があることも検証した。今回の統計的な検定は、ベネッセ総合研究所と共同で行っている。

(B) 教科連携：他教科との連携授業を通して、知識の関連付けや組み立てることを学び、多角的な視点を育成するカリキュラムを開発した。

■教科連携科目での独自教材の開発

「数理科学」「理系現代文」「科学英語」は自主編成教材を開発し、使用している。いずれの教材も、授業アンケート等の分析により、担当教員が内容の改訂を続けた。

## ■課題研究、海外研修での取組み

29年度に課題研究を行っている本校生徒（高校3年生）が作成した論文(数理分野)が「第9回坊ちゃん科学賞研究論文コンテスト」で優秀賞を受賞し、同論文は「海外科学Webアーカイブ」に掲載される予定になっている。また、ロボット部が28年度にWRO(世界大会)に出場、29年度にはRoboCup世界大会出場を果たした。ISEF(国際学生科学技術フェア)の日本代表として派遣されるなど、課題研究活動も含め、国際舞台で活躍する機会が増加した。

(C) 構成主義的授業：中学1,2年でOPPAシートを活用し、単元前後での変化をメタ認知させることができた。全ての教科で取り組むこともできた。IBの授業を参考にし、ワンページ・ポートフォリオ・アセスメントシート(OPPA)等を用いて教員と生徒の双方向的授業展開から生徒自身の既存知識と学習した知識を関連させて新しい知識を組み立てさせ、自分の内側に何が変化したか意識させることで、メタ認知能力と自己効力感を獲得させた。

批判的思考力テストの結果は、非課題研究の生徒の上昇率が昨年度は事前事後（1年経過）で0.3点ほど下降していたが今年度から事前事後で0.4点ほど上昇した。

(D) 高大連携：高大連携を通し、生徒の既成概念を揺さぶりながら、多面的視点で考えさせ、バランスのとれた思考を導くことを学習した。

課題研究は、大学や諸機関の協力を得ており、直接生徒が研究者等から指導を受けることで高いレベルでの活動が推進できた。

## ●実施上の課題と今後の取組

(A) 課題研究：生徒自身一人ひとりの自己コントロール(計画性・主体性・自己認識力・発表姿勢)に関して生徒間にばらつきがある。各年度自己コントロールが高く、積極的に課題研究等を実施している生徒は、課題研究の成果を挙げている。その一方、SSH活動・課題研究に興味がある程度の中間層以下の生徒は、モチベーション維持が困難であったり、積極性が不足したりしている。また、課題研究におけるデータ分析処理に関する客観性・公正性が不十分な例もみられる。

(B) 教科連携：育てていきたい資質能力に対して多角的に教えることができる一方、生徒に身につけさせたい資質能力を段階的に育成する時の指導方法が教科間で異なる場合があり、整合性を踏まえて修正を常に続けていく必要がある。

(C) 構成主義的授業：授業やプログラムを通して、生徒自身の知識変容が確認できる一方、授業で教員が目標設定した生徒変容と生徒自身の考え方に差があるため、授業毎の生徒への「質問」「生徒へのしかけ」の改善・工夫が必要である。また、構成主義的授業では思考力・判断力育成のための構成主義的授業(理科授業)展開を模索する。

(D) 高大連携：課題研究等の大学教員から生徒への指導方法に関して、どこまで生徒自身で考えさせるのか、生徒自身が答えを見つけるまで待つのかなど、高大連携を通して生徒自身が主体的に動くためのシステム作りが必要がある。

## ②平成 29 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	(根拠となるデータ等は報告書本文の第 3 章と第 4 章に記載、関係資料に資料添付)
<b>(1) 第 2 期 SSH5 年間を通じた取り組みの概要</b>	
<p>今年度で第 2 期 SSH 研究開発が終了した。平成 20 年から 2 期にわたる研究開発から、探究的な授業展開・課題研究活動について大きな成果を上げてきた。第 1 期 SSH 活動では「一貫教育を行う教育機関として、上級学校や社会からのダイヤモンドにこたえる研究開発を行う。好奇心から探究に向かう学習や、批判的かつ創造的論理的思考で問題解決に取り組む学習や、先を見越して自ら行動するプロアクティブな学習を段階的に育成する授業と指導法の研究開発を行う」を研究開発課題とした。SSH 指定に加え国際バカロレア教育が玉川学園に導入され、様々な部分で参考にしながら、SSH 活動として課題研究と探究的授業のカリキュラム開発をした。課題研究は高大連携を通して玉川大学脳科学研究所と連携した「SSH リサーチ脳科学(課題研究授業)」と「SSH 科学(授業連携)」を設置した。探究的授業は中学 3 年生に「ラーニングスキル育成等」を目的として「学びの技(総合的な学習の時間)」を開始した。また、玉川大学農学部と連携し 8 月に「農学部主催 サイエンスサマーキャンプ」という高大連携研修を開始した。その結果、「日本学生科学賞受賞の増加」や「科学研究発表数の増加・外部の発表参加数増加」など探究的な活動に成果が見られた。しかし、下記 4 つの課題点が出された。</p>	
1: 様々な取り組みを行っているが、焦点化することが必要である。	
2: インターナショナルバカロレアのディプロマプログラムのカリキュラムが生かしておらず、学習姿勢の改善が必須であり、生徒自身にとって身近な場面と連携させる必要がある。	
3: 国際性を養う科学英語の不足	
4: 課題研究改善として、最先端研究から生徒自身の課題(身近な疑問)を研究する。	
第 2 期では、上記課題点から「創造力」と「批判的思考力」を柱に据えた探究活動を実施した。第 2 期は「国際バカロレア教育を参考にした <u>創造力</u> と <u>批判的思考力</u> を育成する学び」とした。研究開発面での大きな成果として 3 つある。	
1) 創造力と批判的思考力について各能力の定義を明確化	
2) 創造力と批判的思考力育成のための教材を開発し、改善研究、成果の普及・共有	
3) 創造力と批判的思考力育成のための教育プログラムの客観的評価方法を検討・実施 このことから、生徒の変容・教員や学校の変容へつながると考えている。	
<b>(2) 第 2 期 SSH の研究開発課題と成果</b>	
第 2 期 SSH 研究開発課題は「国際バカロレア教育を参考にした創造力と批判的思考力を育成する学び」である。【創造力】と【批判的思考力】育成プログラムを開発した。	

## ■創造力育成プログラム

授業では、生徒に身近な未知な問題に、既得知識・素朴概念をもとに試行錯誤し、解決に至る新たな概念形成を創造させている。

教科名・(学年等)	概要
SSH リサーチ(高1～3選択)	物化生、数理科学の分野から課題研究を選択し、活動
SSH リサーチ科学(中3 高1, 2選択)	実験統計処理・データ解析・発表方法を再度学習し物化生、数理科学の分野から課題研究を選択し、活動
SSH リサーチ脳科学(中3 高1, 2選択)	玉川大学脳科学研究所と連携し、脳科学分野から課題研究テーマを設定し、活動
サンゴ研究(中1～3、高1～3選択)	自然環境問題について理解し、サンゴ分野から課題研究テーマを設定し、活動
数理科学(高1 PL クラス)	物理と数学の教科連携で、多角的視点で、試行錯誤を通し知識と概念の関連付けと組立てを行い、活動
理科授業 構成主義的授業(中1～高3)	OPPA シートを用いて教員と生徒の双方向授業を展開し、主体的な授業を実施
科学英語(課題研究ポスター発表等)	理科と英語の教科連携で、探究実験の中で計画の要点や結果を英語で記録し、質疑応答を通じ、科学的内容を英語でアウトプット、英語の必然性を体験
SSH 科学(高3選択履修)	玉川大学脳科学研究所と連携し、脳科学を学習して科学に対する研究意欲を育成

課題研究では、日常生活に関わる最先端の研究に触れ興味関心を喚起し、創造に向けた学習を動機づけ、生徒自身が興味関心を寄せ疑問を抱いている問題を用いて探究的スキルを育て、自分で新しい解決を得る創造力を育成した。

## ■批判的思考力育成教育プログラム

授業では、生徒が、学習を振り返り、何を理解し知識やスキルをどの場面でどう活用できるか、何を納得できてないかを明確にするメタ認知能力を育成し、批判的思考力を活用することで知識獲得の試行錯誤過程を補い創造力育成を補助させている。課題研究は、仮説の検証過程で適切な検証ができていないか、得られたデータを結論の根拠の科学性をどう評価するか推論の過程で誤りはないか、公正さと科学的良心を意識させたり、発表を通し、研究活動への責任感や探究動機を意識づけ、視点を多面化、人的協力関係を拡大させたり、研究者による高い視点からの助言をもらい、思考を深化・多面化させた。

## ■各教育計画プログラムの「取組やその成果」

下記の4つのテーマ教育プログラムを実施した。

- ・課題研究：問題発見力・探究スキル・解決策を得る創造力・客観的に評価する力を育成する。
- ・教科連携：国際的視点・明確化・整理・論証する力や多面的な見方・理性や客観性・多面的視点を育成する。
- ・構成主義的授業：生徒自身の内側に何が変化したか意識させることで、メタ認知能力・自己効力感を育成する。
- ・高大連携：興味関心を喚起し、創造に向けた学習・研究者と接し多面的に思考・深化を育成する。

## ■課題研究～取組みとその成果～

「学びの技」や課題研究等の授業を通して、ラーニングスキルをテキスト化し、批判的思考力を踏まえ反駁等の多面的視点を育成するカリキュラムを導入した。

また、SSH 課題研究を実施する生徒(課題研究授業履修生徒)が以下の通り増加している。2013年：58人 2014年：53人 2015年：98人 2016年101人 2017年：121人 その研究成果をもとにAO・推薦等で理系大学に合格した割合も増加している。AO・推薦等で合格した割合を以下の通りである。

2013年：10% 2014年：9% 2015年：10% 2016年：19% 2017年：16%(2月現在) また、28年度・29年度連続して課題研究を行っている本校生徒(高校3年生)の研究(数学)の成果が、8月に毎年開催されている「SSH 生徒研究発表会」で奨励賞を受賞し、その後さらに研究を深め新規の結果を得て論文化したものが「第9回坊ちゃん科学賞研究論文コンテスト」で優秀賞を受賞した。この研究結果に基づいて、東京工業大学第1類の推薦試験に合格した。また、ロボット部が28年度にWRO(世界大会)に出場、29年度にはRoboCup 世界大会出場を果たしている。ISEF(国際学生科学技術フェア)の日本代表として派遣されるなど、課題研究活動も含め、国際舞台で活躍する機会が増加している。

## ●課題研究に伴う大学、研究所、企業等の連携

大学の研究室訪問や講義、研究指導を受け、高いレベルで議論を交わすことにより、研究内容や知識などがさらに深まり、よりよい課題研究成果が出ている。特に28年度には第60回日本学生科学賞中央審査で「科学技術振興機構賞」を本校生徒が受賞し、ISEF(国際学生科学技術フェア)日本代表として派遣された。大阪大学の研究室を訪問して「生徒研究発表研修」を行い、指摘やアドバイスを受けて課題研究が深められ、日本代表として派遣される原動力となった。また、企業との課題研究連携も行っている。例えば「サンゴ研究」では、環境分析食品検査分析等を行う「(株)環境技術センター」と連携し、サンゴの最適環境での生育調査飼育等で指導を受け、実験結果を「日本サンゴ礁学会」「日本生態学会」等の学会で発表し、高校生ポスター賞を受賞するなど実績も出ている。

## ●課外活動を通しての課題研究活動の取組み

物理、化学、生物、地学4分野のサイエンスクラブとロボット部、サンゴ研究が活動している。これらのクラブでは、研究発表会、科学コンテスト、科学の甲子園、ロボットコンテスト等に積極的に参加している。課題研究で、自ら試行錯誤する過程を大切に、課題解決力を養っている。特にサイエンスクラブの生徒は、課題研究の時間を多く設定できるため、粘り強く取り組ませ、自ら考え・学び・解決方法を探す姿勢を大切にさせている。また、論文作成や発表の機会を多く設定でき、整理しまとめる力も養う。多面的かつ客観的検証を継続的に繰り返し行うことで、独創的かつ科学的な探究活動ができると考える。

## ●学外での発表やコンテストへの積極的な参加

毎年、生徒研究発表会・各種学会・科学オリンピック・日本学生科学賞等に参加している。各種学会ではポスター賞等を受賞が増加、論文賞も毎年受賞し、日本代表としてISEFでの発表会に参加実績がある。これまでの課題研究成果を口頭発表・ポスター発表を行うことで、プレゼンテーション・コミュニケーション能力を育成する。実験結果の考察・発表準備を行うことで、課題研究の仮説・方法など設定の見直しを行う機会が与えられ、その過程で生徒自身が研究データを客観的に考える必要性を養うことも目的としている。

また科学部等科学活動として物理、化学、生物、地学4分野のサイエンスクラブとロボット部、サンゴ研究が活動している。SSH第2期指定以降は「日本学生科学賞」における賞を毎年受賞しており、近年では世界大会へ進出の実績がある。さらに、物理・化学・生物・数学コンテストやコンクール等に参加した。

### ・過去5年間の生徒の課題研究受賞歴

#### ■平成25年度

- ・日本化学会関東支部主催「化学クラブ研究発表会」 アイデア賞
- ・ロボカップジュニアジャパンオープン レスキューB 6位
- ・第57回日本学生科学賞都大会 中学生の部 優秀賞 中央予備審査進出  
情報技術部門 2件
- ・FLL 東日本第2ブロック大会 ジャパンオープン出場権
- ・ロボカップジュニア関東ブロック大会 レスキューB 3位  
サッカーライトウエイト：優勝
- ・ロボカップジュニアジャパンオープンレスキューB 4位  
口頭プレゼンテーション 特別賞  
埼玉県教育委員会 教育長賞 サッカーライトウエイト：優勝

## ■平成 26 年度

- ・スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会 ポスター賞
- ・第 58 回 日本学生科学賞 都大会 高校生の部 優秀賞 高校生の部 努力賞  
高校生の部 奨励賞 中学生の部 優秀賞  
中央審査 中学生の部 入選 1 等
- ・FLL 東日本第 2 ブロック大会 ジャパンオープン出場権
- ・ロボカップ ジュニア 関東ブロック大会 レスキュー B 2 位  
サッカーライトウエイト：優勝  
ベストプレゼンテーション賞

## ■平成 27 年度

- ・WRO Japan 横浜大会 中学生ビギナー競技部門 3 位
- ・第 59 回 日本学生科学賞 都大会 高校生の部 最優秀賞 高校生の部 奨励賞  
中学生の部 優秀賞 中学生の部 奨励賞  
中央審査 中学生の部 入選 1 等
- ・第 1 回 中高生研究発表コンテスト ディスカバリー大賞 2015 THINKERS 賞
- ・ロボカップジュニア 2016 関東ブロック大会  
サッカーライトウエイト部門  
サッカー独自リーグ部門  
「ベストプレゼンテーション賞」  
レスキューライン セカンドリ部門 優勝  
レスキューメイズ 準優勝 プレゼンテーション賞

## ■平成 28 年度

- ・日本化学会 関東支部主催「第 34 回 化学クラブ研究発表会」  
ポスター賞 ジュニア賞
- ・日本生態学会 高校生ポスター 優秀賞 ナチュラルヒストリー賞
- ・日本植物生理学会 高校生ポスター 優秀賞
- ・WRO Japan 決勝大会 オープンカテゴリー部門 優秀賞受賞、世界大会出場権獲得
- ・第 60 回 日本学生科学賞 都大会 高校生の部 優秀賞  
中学生の部 優秀賞  
中学生の部 努力賞  
中央審査 高校生の部 科学技術振興機構賞
- ・WRO2016 インド国際大会 オープンカテゴリー第 1 6 位
- ・First LEGO League 東日本第 2 ブロック大会 入賞、全国大会出場権獲得
- ・ロボカップジュニア 2017 関東ブロック大会 サッカーライトウエイト部門 準優勝、  
全国大会出場チーム レスキューライン 出場  
レスキューメイズ 4 位 サッカービギナーズ部門 出場  
全国大会出場

## ■平成 29 年度

- ・ロボカップ世界大会「RoboCup 2017 Nagoya Japan」15 位 (22 チーム中)
- ・平成 29 年度スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会 奨励賞
- ・第 9 回 坊ちゃん科学賞 研究論文コンテスト (高校部門) 優秀賞
- ・第 61 回 日本学生科学賞 都大会 高校生の部 奨励賞 2 件  
中学生の部 最優秀賞 1 件  
中学生の部 奨励賞 1 件
- ・ファースト・レゴ・リーグ 2018 東日本大会 第 2 位
- ・ロボカップジュニア 2018 関東ブロック大会 レスキューメイズ 4 位  
ベストプレゼンテーション賞受賞

## ●課題研究分野 教材開発

- ・ラーニングスキル育成に関する教材を書籍化
- ・「問いの見つけ方」「実験計画のたてかた」「表やグラフのまとめ方」「ポスター論文の書き方」等課題研究に必要なワーク冊子を作成。
- ・「学びの技」冊子を、総合的な学習の時間「自由研究」の冊子に改定し、探究課題研究全体に波及。
- ・課題研究 ルーブリック・形成的評価の実践国際バカロレア (IB) で用いている評価を参考に、独自のルーブリック・形成的評価を実践。

## ■教科連携～取組みとその成果～

他教科との連携授業を通して、それぞれの教科で教えてきた知識を相互に関連付けることを学び、多角的な視点を育成するカリキュラムを開発した。

- ・教科連携科目での独自教材の開発

## ●科学英語での取組み

理科と英語の連携授業「科学英語」を中学3年、高校1年の普通クラスを対象に隔週1時間実施した。科学英語の授業に対して約6割が肯定的な意見を持ち、実施の意義を感じていると回答している。この実践を踏まえて、授業以外・課題研究授業など様々な部分で利用できる「科学英語冊子（生徒用・教員指導用）」も作成した。

## ●理系現代文での取組み

理系現代文冊子の作成 理科と国語の教科連携で、批判的思考力を育成するための冊子を作成した。

## ●数理科学での取組み

自主編成教材を開発し、使用している。いずれの教材も、授業アンケート等の分析により、担当教員が内容の改訂を続けている。

## ■構成主義的授業展開～取組みとその成果～

IBの授業を参考にし、ワンページポートフォリオアセスメントシート等を用いて、教員と生徒の双方向的授業展開から生徒自身の既存知識と学習した知識を関連させて新しい知識を組み立てさせる。その上で、自分の内側に何が変化したか意識させることで、メタ認知能力と自己効力感を獲得させている。

## ●授業における理数系課題研究の取組み

生徒の創造力、批判的思考力育成のための理数系課題研究に関して、中学から一貫したカリキュラムが構成されている。中学1・2年では、科学者育成・課題研究に必要な力である「比較分類」「ラーニングスキル」「メタ認知」などを育成し、中学3年以降では、「課題研究」「科学英語」など国際性を意識した取組を実施した。また「外部講師の講座」、「研究施設での実習講座」など、中高一貫・高大連携教育を生かした設定が有効であった。

## ●授業における指導法の特色とその評価

研究開発の目的である、創造力と批判的思考力育成の変容を確認するため、OPPAシート、本学園独自アンケート、ベネッセ教育総合研究所と共同で作成したスキルのテスト

(パフォーマンス)と態度・行動のアンケートを実施した。

## ●創造力育成の評価

展開の中で利用している OPPA シートから生徒の変容(既存の知識と新しい知識が関連付けられ、組み立てられていること)を確認した。

## ●批判的思考力育成の評価

批判的思考力スキルのテスト結果から、課題研究経験あり生徒(SSH 主生徒)は、課題研究の事前事後(1年経過)で尺度得点が1.5点上昇している。課題研究経験なし生徒(一般生徒)は事前事後(1年経過)で0.3点下降している。しかし、非課題研究の生徒の上昇率が昨年度は事前事後(1年経過)で0.3点ほど下降していたが、今年度から事前事後で0.4点ほど上昇している。以上より課題研究を経験した生徒の方が、経験しなかった生徒に比べ批判的思考力の伸びが大きかったことが分かった。また同テストは学力とも相関があることも検証した。今回の統計的な検定は、ベネッセ総合研究所と共同で行っている。

## ■高大連携～取組みとその成果～

高大連携を通し、生徒の既成概念を揺さぶりながら、多面的視点で考えさせ、バランスのとれた思考を導くことを学習している。

課題研究は、大学や諸機関の協力を得ており、直接生徒が研究者等から指導を受けることで高いレベルでの活動が推進できている。

## ●大学や研究所等関係機関との特別授業や連携状況

講座内容は理系生徒限定とせず、全校生徒対象として行った。講座は理系含め、将来社会に進出した際、どのように利用されているのか、研究活動するために必要な意識・スキル等「科学と社会」のつながりを意識した。アンケート結果は約8割以上の生徒が、高大連携講座・SSH研修はキャリア教育や将来のビジョンに役に立った、約6割以上が自分の進路に役に立った、など肯定的な意見が多かった。

## ●海外研修の取組み

平成26年度からエシントン校との連携によりオーストラリアでフィールドワークや課題研究も実施し、研修終了後、学内学外発表会でポスター発表を行っている。また、海外研修「Advanced Biotechnology Institute 研修」では The Roxbury Latin School と連携し、生物遺伝子学を学ぶ実験研修をアメリカで実施した。

## ●卒業生の状況と活用

第2期SSH指定以後の動向をまとめた。大学・短期大学・専門学校を集計し、毎年度の卒業生に占める割合を算出した。

平成29年度入試についてはすべての進学先が判明していないため、過去4年間の集計結果である。傾向としては大きな変化はないが、課題研究を履修する生徒は、研究活動の過程で、大学での研究内容に触れ進学先を考えている傾向がある。また、SSH課題研究をもとに、推薦入試(AO、公募等)で合格が増加している。

理系大学進学比率は増加していないものの、課題研究に取り組んだ卒業生には大学進学後、海外の大学院に進学し、仏パスツール研究所で研究を続け、仏国立保健医学研究所(インサーム)に就職し活躍している者、その他大学卒業後に大学院で研究に打ち込んでいる者、医歯薬学部に進学し勉学に励んでいる者がいる。今後はこれら卒業生にキャリア教育の観点から生徒向けの講演も計画している。

## ② 研究開発の課題

(根拠となるデータ等は報告書本文の第3章と第4章に記載、関係資料に資料添付)

課程表、データ、参考資料)」に添付すること)

### ●課題研究の現状

第2期 SSH 指定以降、「学びの技」や課題研究等の授業でラーニングスキルをテキスト化し、批判的思考力を踏まえ反駁等の多面的視点を育成するカリキュラムを導入するなど、SSH活動が活発になり、課題研究を実施する生徒が増加している。一方で増加した結果、生徒自身一人ひとりの自己コントロール(計画性・主体性・自己認識力・発表姿勢)に関してばらつきが生じている。自己コントロールでき、積極的に課題研究等に取り組む生徒は、課題研究成果を上げているが、SSH活動・課題研究に興味を持つ程度の中間層の生徒については、積極性不足、モチベーション維持問題、課題研究のデータ分析処理に関する客観性・公正性が不十分であることが明らかになった。

### ●授業の現状

第2期 SSH 指定以降、構成主義的授業を展開して授業改善を行っている。その際、IBの授業を参考にし、ワンページポートフォリオアセスメントシート(以下OPPAシートという)等を用いて、教員と生徒の双方向的授業展開から生徒自身の既存知識と学習した知識を関連させて新しい知識を組み立てさせ、自分の内側に何が変化したか意識させることで、メタ認知能力と自己効力感を獲得させている。授業やプログラムを通して、生徒自身の知識変容が確認できる一方、授業で教員が目標設定した生徒変容と生徒自身の考え方に差があるため、授業毎の生徒への「質問」「生徒へのしかけ」の改善・工夫が必要である。また、構成主義的授業(教科:理科)では思考力・判断力を育成するための構成主義的授業展開を模索している。

このように、第1期、第2期を通して我々が強く認識できたのは個々の研究手法よりも、この研究の主人公である生徒の物事への取り組み姿勢が大きなポイントであり、それらを支援する教員の位置づけの大切さであった。

科学の研究活動には創造力や批判的思考力とともに、土台としての主体性の力が必要である。主体性は単に意欲の源ではない。研究には、気づきが必要であることは言うまでもないが、この気づきをもたらすものが主体性なのである。受け身の姿勢では、現象の中にある問題に気づき、ここに研究の種があるとの直感につなげることはできない。広くアンテナを張り、集中力を維持していくには、主体性が不可欠である。

本校のSSH第1期、第2期の研究課題においてキーワードであった「創造性」や「批判的思考力」の手法は確立されてきている。今後は生徒自らの「気づき」の育成、つまり「主体性」の醸成を目指すものとする。もちろん自己中心的な主体性でなく、広義の意味において社会へ貢献できる人材育成を科学分野の研究活動から模索していきたい。

# 第1章 研究開発の概要

## 1-1 研究開発の実施期間

指定日から平成30年3月31日まで

## 1-2 本校の概要

(1)学校名、校長名

がっこうほうじんたまがわがくえん たまがわがくえんこうとうぶ ちゅうがくぶ  
学校法人玉川学園 玉川学園高等部・中学部

校長名 小原芳明

(2)所在地、電話番号、FAX番号

東京都町田市玉川学園6-1-1 電話042-739-8533 FAX042-739-8559

HPアドレス <http://www.tamagawa.ed.jp/>

(3)課程・学科・学年別生徒数、学級数及び教職員数

①高校 生徒数、学級数高等部 生徒数、学級数（平成29年11月1日現在）

課程	学科	第1学年		第2学年		第3学年		計	
		生徒数	学級数	生徒数	学級数	生徒数	学級数	生徒数	学級数
全日制	普通科	242	8	240	8	214	8	696	24

中学 生徒数、学級数

課程	学科	第1学年		第2学年		第3学年		計	
		生徒数	学級数	生徒数	学級数	生徒数	学級数	生徒数	学級数
全日制	普通科	190	7	193	6	189	6	572	19

②教職員数

高等部

校長	副校長	教頭	教諭	養護教諭	講師	事務職員	計
1(兼)	1(兼)	1	39	1	22(本), 61(兼)	11	本務者74, 兼務者63

中学部

校長	副校長	教頭	教諭	養護教諭	講師	事務職員	計
1(兼)	1(兼)	1	36(本), 1(兼)	1(本), 1(兼)	10(本), 102(兼)	11	本務者59 兼務者106

## 1-3 研究開発課題

国際バカロレア教育を参考にした創造力と批判的思考力を育成する学び

## 1-4 研究開発課題テーマと実践内容

科学者育成のためには問題を見つけ、その問題を解決する力とそれらの結果を発表・論文にする力が非常に重要である。それらの力を育てるために、玉川学園では創造力・批判的思考力を育成することが重要であると考えている。つまり創造力と批判的思考力は科学的探究活動の両輪であり、多面的客観的検証を継続的に繰り返し行うことで、独創的かつ科学的な探究活動ができると考える。

【創造力】とは、既習事項とのすりあわせで疑問に思った点を問題として設定し、今まで学んだことを用いながらその解明に向けて試行錯誤し、真の新たな解決策を見出す力と考える。

問題を解決するためには、創造力だけではなく批判的思考力も必要と考える。

【批判的思考力】とは(ア)確かな証拠に基づき、(イ)前提や論理過程を明確化し、(ウ)様々な考えがあることを知り、(エ)個人的な考えに陥らないように、(オ)前提・思考・結論の過程をチェックし、(カ)行動することで問題のより本質的な解決につながる力と考える。上記の事項を能力ごとに表わすと下記の通

りとなる。

- (ア) 情報を収集し、その真偽を判断する力
- (イ) よくわからないことをはっきりさせる力
- (ウ) 多面的視点から見る力
- (エ) 思考時の偏り(バイアス)を取り除く力
- (オ) メタ認知能力(上記ア～エの力の効果を見極めつつコントロールして用いる力)
- (カ) 思考した結果に基づき行動する力

【創造力】を育成するための教育計画プログラム

日常生活や授業中、生徒自身にとって未解決な問題に対して、既得の知識と経験をもとに学習・試行錯誤し、解決策に至り新たな知識を習得するプログラム。

→構成主義的授業(テーマ 3)

英語で理科を学ぶことで科学が英語を通して世界に直結していることを認識するプログラム。

→教科連携(テーマ 2)

日常生活に直結する最先端の研究に触れることで興味関心を喚起し、創造に向けた学習を動機づけるプログラム。→高大連携(テーマ 4)

- ・生徒自身が興味関心を寄せ疑問に感じている問題に対して、探究的スキルを育てるプログラム。
- ・生徒自身が疑問に感じている問題に対して、自分で新しい解決を得る創造力を育成するプログラム。

→課題研究(テーマ 1)

上記プログラムを組み合わせることによって、日常生活や授業の中で生徒自身にとって未解決な問題に対して既得の知識と経験をもとに学習・試行錯誤し、その結果新たな解決策に至り新たな知識を習得する。

【批判的思考力】を育成するための教育計画プログラム

- ・学習状況を振り返り、生徒自身が現在何を理解し、その知識やスキルをどの場面でどう活用できるか、何を納得できてないかを明確にするメタ認知能力を育成するプログラム。
- ・創造に繋がる知識獲得の試行錯誤過程を補い、批判的思考力を活用することを考える。

→構成主義的授業(テーマ 3)

- ・英語と理科の連携により、世界と境界がないという視点を獲得させ、英語と科学がグローバルに通用することを常に意識させるプログラム
- ・数学と物理の連携により、根拠や状況を明確化・整理・論証する力や多面的な見方が出来る状況下で、様々な戦略的な方法を選択する力を育てるプログラム。
- ・国語と理科の連携によって、日本語を用いて論理性や客観性、多面的視点をいかに扱うかを学ぶことが出来ると考えるプログラム

→教科連携(テーマ 2)

研究者が高校生と接する中で、高校生では到達困難な視点からの指導助言をもらい、生徒がより多面的に思考し、生徒自身の思考が深化することが達成できるプログラム。

→高大連携(テーマ 4)

- ・仮説の検証家庭で適切な検証が来ているか、得られたデータを結論の根拠とする場合、その根拠の科学性をどう評価するか、推論の過程で誤りはないか、などを習得させるプログラム
- ・研究発表することで、研究する状況に対して、公正さと科学的良心を意識させるプログラム。
- ・質疑応答により、研究活動への責任感、探究動機の意識づけ、視点の多面化、人的協力関係の拡大などを生むプログラム。

→課題研究(テーマ 4)

## 1-5 必要となる教育課程の特例

①必要となる教育課程の特例とその適用範囲

特になし

②教育課程の特例に該当しない教育課程の変更

教育プログラムの開発にあたり、次の科目を設定した。

教科	学校設定科目	履修学年	単位数
理科	SSH リサーチ科学	中学3年生、高校1~2年生 選択履修	2
理科	SSH 科学	高校3年生 選択履修	2

## 1-6 研究組織の概要

(1) SSH 実行委員会(研究担当者)

氏名	職名
石塚 清章	初等中等教育担当理事
長谷部 啓	高学年教育部長
伊部 敏之	中学年教育部長
渡瀬 恵一	学園教学部長
小原 一仁	学園教学部事務部長
川崎 以久哉	高学年教務主任
森 研堂	高学年理科 SSH主任
今井 航	高学年理科 分掌SSH
田原 剛二郎	中学年理科主任 分掌SSH
小林 慎一	高学年理科主任 分掌SSH
鈴木 孝春	中学年数学科主任 分掌SSH
佐野 真之	高学年数学科主任 分掌SSH
後藤 芳文	高学年国語 分掌SSH
小林 香奈子	高学年国語科主任 分掌SSH
森本 信雄	IB主任

氏名	職名
市川 信	中学年社会 分掌SSH
松田 裕介	中学年数学 分掌SSH
木内 美紀子	高学年理科 分掌SSH
清水 雅文	高学年情報科主任 分掌SSH
吉澤 大樹	高学年理科 分掌SSH
渡辺 康孝	高学年9年学年主任 理科 分掌SSH
横山 絢美	高学年数学 分掌SSH
亀田 クインシー	学術研究所講師
高田 恵美	学園教学課長
小野口 久仁子	学園教学課長(高学年担当)
酒井 康弘	学園教学課長補佐

(2) 運営指導委員

氏名	所属・職名
堀 哲夫	山梨大学 理事・副学長
平田 大二	神奈川県立生命の星・地球博物館 館長
飯田 秀利	東京学芸大学 生命科学分野 名誉教授
中山 実	東京工業大学 大学院社会理工学研究科 教授
小野 正人	玉川大学農学部・農学研究科 農学部長・農学研究科長
大森 隆司	玉川大学学術研究所 所長
富永 順一	玉川大学教育学部 教授
加藤 研太郎	玉川大学 量子情報科学研究所 教授

## 第2章 研究開発の経緯

### 研究開発の経緯

---

第2期 SSH 研究開発では、新たな取組事業や第1期 SSH での取組を充実・発展させる内容である。

#### (A) 課題研究

##### ●新規事業

ルーブリック・形成的評価の実践

国際バカロレア (IB) で用いている評価を参考に、独自のルーブリック・形成的評価を実践。

##### ●継続発展

中学高校課題研究の充実

高大連携型課題研究の充実

科学系クラブ活動の充実

併設中学校での「学びの技」授業展開を用いたシンキングツール教育プログラムの開発改善

国際バカロレア教育での Theory of Knowledge (TOK) を参考にした教育プログラムの開発改善

課題研究スキル育成の課題研究冊子の利用と改訂

#### (B) 教科連携

##### ●新規事業

科学英語

冊子の作成 理科と英語の教科連携で、実験計画の要点や結果を英語で記録し、科学的内容を英語でアウトプットできる冊子を作成。

##### ●継続発展

教科連携科目を通じて、生徒の主体的な学習カリキュラムの開発・指導方法の開発

理科・国語の教科連携科目「理系現代文」のカリキュラム開発・指導方法の開発

理科・数学の教科連携科目「数理科学」のカリキュラム・指導方法の開発

理科・英語の教科連携科目「科学英語」のカリキュラム・指導方法の開発

#### (C) IB 手法を用いた探究的授業展開教育プログラムの開発

##### ●新規事業

・改訂版 OPPA シートの活用

「一番大切なこと」を確認する→形成的学習をメタ認知

各単元の問いを、漠然とした問いに設定し、単元の理解に誤解があると解けない問題を設定

する。そのために、毎回の授業で大切なことが明確にわかるような授業展開と、理解しなければならぬ状況の授業展開を実施している。

・複合問題の「本質的な問い」→総括的学習をメタ認知

毎授業で形成的評価とメタ認知を連動させるために今日の大切なことを基礎的な宿題

プリントで実施している。宿題プリントをOPPAシートと統合し実施

##### ●継続発展

構成主義的授業展開の指導方法の授業改善【生徒の主体的学習スタイルへ授業改善】

創造力・批判的思考力育成教育プログラムの発展・普及

批判的思考力評価方法の発展・普及

#### (D) 高大連携

##### ●新規事業

大学連携授業・指導を通じた、生徒の主体的・協働的学習スタイルの授業改善

##### ●継続発展

大学連携授業カリキュラム・指導方法の向上

大学・企業と連携した体験型教育プログラムの開発改善

倫理 政治・経済授業内で、倫理に関する大学連携カリキュラム・指導方法の開発改善

上記の(A)～(D)に関して、平成 29 年度実施した。

テーマ A：課題研究 テーマ B：教科連携 テーマ C：構成主義的授業 テーマ D：高大連携

	テーマ	対象	実施期間・単位
<b>研究開発教科</b>			
中学年シンキングツール (学びの技)	テーマ A	5 年生～6 年生 中学 1 年～中学 2 年	2 単位
学びの技	テーマ A	中学 3 年	2 単位
SSH リサーチ脳科学	テーマ A	中学 3 年～高校 2 年	2 単位
SSH リサーチ科学	テーマ A	中学 3 年～高校 2 年	2 単位
SSH リサーチ	テーマ A	高校 1 年～高校 3 年生	2 単位
数理科学	テーマ B	高校 1 年	7 単位
理系現代文	テーマ B	高校 3 年	3 単位
科学英語	テーマ B	課題研究履修生徒	4 単位(隔週 1 時間)
PL 英語表現	テーマ B	高校 1 年	5 単位
構成主義的授業	テーマ C	中学 1 年～中学 2 年 中学 3 年～高校 3 年	中学 1 年：3.5 単位 中学 2 年～高校 1 年：4 単位 高校 2 年：3 単位
倫理	テーマ D	高校 2 年	3 単位
SSH 科学	テーマ D	高校 3 年	2 単位
SSH 特別授業	テーマ D	中学 3 年～高校 3 年	年間
<b>科学系クラブ、中高連携課題研究</b>			
サイエンスクラブ	テーマ A	中学 1 年～高校 3 年	放課後、土曜日等
ロボット部	テーマ A	中学 1 年～高校 3 年	放課後、土曜日等
サンゴ研究	テーマ A	中学 1 年～高校 3 年	2 単位
<b>研究発表会・学会発表会等</b>			
研究発表会 学会発表会	テーマ A	中学 1 年～高校 3 年	年間
<b>教員研修・成果普及・地域への貢献</b>			
第 6 回探究型学習研究会	テーマ A～D	中学 1 年～高校 3 年発表 県内外教員、保護者等	10 月 29 日
成果発表会	テーマ A～D	中学 1 年～高校 3 年生 県内外教員、保護者等	3 月 12 日

中学3年生～高校3年生学年全員対象 SSH 特別講話

学年	日時	講演タイトル	講話
中3年	11月18日	【AIって何？ ロボットと暮らす未来の社会】	玉川大学 工学部 岡田 浩之先生
高1年	11月18日	【ロボットとAIが創る未来の社会】	玉川大学 工学部 岡田 浩之先生
高2年	1月27日	倫理の面白さって何？ ～臓器移植の問題を例に考えよう～	玉川大学 文学部国語教育学科 林 大悟先生
高3年	9月30日	【10 things of my life】	グーグル株式会社 山本裕介先生
中3年	2月10日	【SSH 生徒研究発表会】 ※高校1・2年生 卒業生が中学3年生対して(SSH 課題研究発表会)・(SSH 活動報告)・(大学生活と SSH 活動との関係)について発表を行う。	玉川学園高等部 高校1年生・高校2年生 卒業生(大学1年生)

● 中学1年～高校3年 SSH 特別授業 研修

学年	日時	講演タイトル
高校1年生	5月25日～27日	伊豆大島研修
中学3～高校3年希望生徒	6月4日	東大リサーチ駒場キャンパス公開研修
高校2年希望生徒	6月25日～7月16日	Advanced Biotechnology Institute 研修
中学3～高校3年希望生徒	7月1日	日本科学未来館研修「現代科学・未来科学の探訪」
高校2年生希望生徒	7月8日～7月16日	豪州・エシントン校熱帯環境学習プログラム
中学3～高校3年希望生徒	7月26日～27日	高大連携【サイエンスサマーキャンプ】
高校1年～高校3年希望生徒	8月9日～11日	【Innovation Campus in つくば 2017】
中学1～高校3年生希望生徒	9月16日～17日	玉川学園文化祭【SSH 実験ラボ】
中学3～高校3年生希望生徒	11月3日	大隅良典教授講演会
高校1～高校2年生希望生徒	11月12日	科学の甲子園 東京大会
高校1年～高校3年希望生徒	11月25日	日本医療研究開発大賞記念講演会
中学3～高校3年生希望生徒	12月2日	セコム株式会社【顔認証技術の最前線 ～企業研究の現場から～】
中学3～高校3年生希望生徒	3月2日	SSH 地学研修

# 第3章 研究開発の内容

## 研究開発教科：テーマA 課題研究



### A-1 科目名 中学年 高学年 学びの技

#### 【5年間を通じた取り組みの概要】

平成20年度に開始したプログラムで、生涯学び続けるためのラーニングスキルを教える狙いがある。探究学習のステップを踏んで、課題を自ら設定し、情報収集しつつ考察し、結論を導く。その過程でポスターセッションをして修正を加え、最終的に論文にまとめる。この探究学習の過程が、創造力と批判的思考を育成するよい機会ととらえている。2年前から特に批判的思考をどう組み込むかの試行錯誤を加え、今年度ある程度の成果を見ることができた。また、この中学3年生のプログラムを、下の学年に下ろしていく取り組みも4年目を迎え、思考ツールや言語技術を中心に展開している。

#### 【仮説】

- 1: 質問する力や反論する力を育てれば、批判的思考を育成することができる。
- 2: 批判的思考を取り入れることで、論文の客観性や公平性を担保できる。

#### 【対象学年 対象人数】

小学5年生～中学2年生

中学3年生

#### 【内容・方法】

中学3年生で行うプログラムは、通年週2時間の総合的な学習の時間を用い、自分で課題を設定し、情報を収集し、根拠やその裏付けを特定しながら結論を導く探究型の個人課題研究である。以下のスキルを学ばせる。

1. 自分の興味関心に基づいて問い(テーマ)を設定するスキル
2. 情報を収集・選別し、記録するスキル
3. 選別した情報を整理・分類するスキル
4. 「問い」に対応する「結論」とその「根拠」を設定し、論文を構想するスキル
5. 「問い」「結論」「根拠」の間に論理的一貫性を保ちつつ論文を書くスキル
6. 研究内容を口頭で効果的に相手に伝えるスキル
7. これまでの学習過程を振り返り、より客観的に自己評価するスキル

ひとり一人異なるテーマを設定し、情報を収集し、結論を導く根拠、その根拠の裏付けを構造化しつつ提示するところまで、創造性を要する取り組みになる。

ただし、確証バイアスをはじめとする様々なバイアスを回避するために、どう批判的思考を取り入れ、個人研究に客観性と説得力を付与するかが、今年度の大きな課題であった。

今年度の仮説に基づく取り組みは、質問力と反論力を強化することであった。以下が具体的な取り組みである。

#### 1. 証拠収集シートの活用

学びの技の課題設定は、Yes か No で答えられるクローズドクエスチョンを採用している。情報収集の際に、このYes か No の両方の立場で収集することを強いるワークシートが証拠収集シートである。両方の立場の情報を収集しながら、自分はどちらの立場に就くかを考える。さらに、ポスターセッションや論文作成の際に、自分が採用しなかった側の情報を活用して、予想される反論を考える。その反論への反論も同時に考えることで、自分の立論に奥行きが生まれる。

#### 2. 逆探究マップの活用

探究マップは、ポスターセッションや論文作成の前にアウトラインを構成するために用いる。今年度は、論文作成の前に、逆探究マップを用いてあえて自分とは逆の立場の立論を組み立てさせた。証拠収集シートの中から自分が採用しなかった側の情報を用いる。

#### 3. 反論について学ぶ

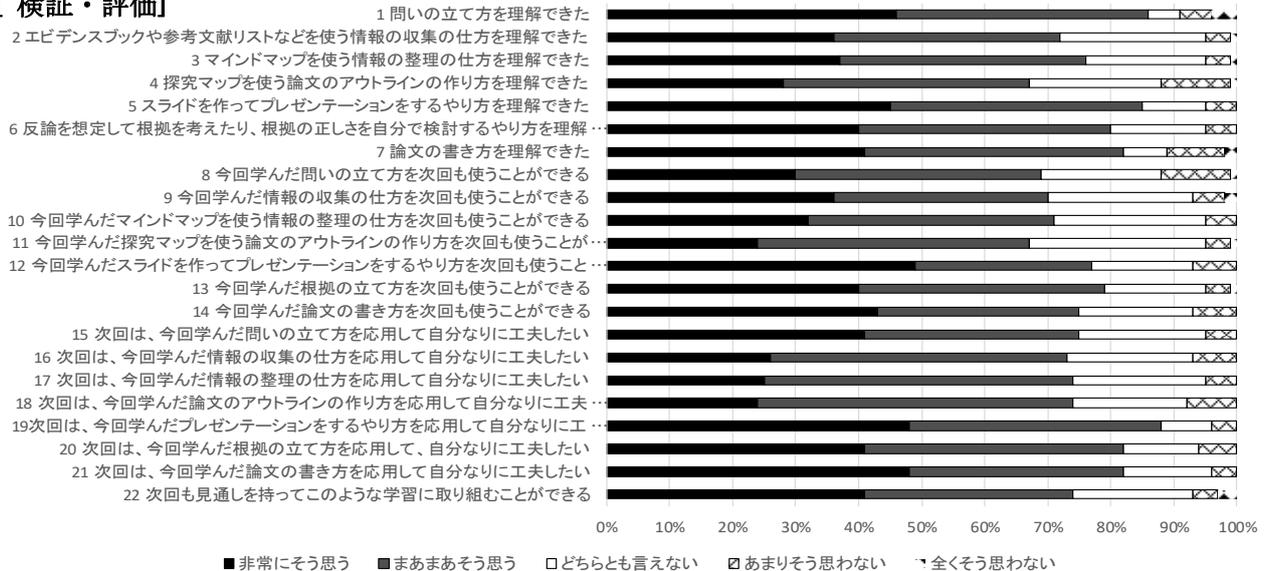
論者が用いた根拠の不備や矛盾点を指摘する論証型反論と論者が指摘していない観点から結論にゆさぶりをかける主張型反論があることを練習問題を解きつつ教え、自分の論文に予想される反論を導入するよう導いた。

#### 4. 質問の練習をする

過去の生徒作品(スライド)を用い、以下の観点等を提示しつつ質問の練習をした。

- ・比較対照群はあるか
- ・複数の要因を考えているか
- ・調査対象の数は十分か
- ・どのようにして調査結果のデータは導き出されたのか

## [ 検証・評価 ]



平成 29 年度末にアンケートを実施した。毎年継続しているスキル定着度を計るアンケートである。22 項目について、5 段階の評価をさせた。この中で、「非常にそう思う」と「だいたいそう思う」という肯定的な評価の合計が、8 割を超えた項目は、「問いの立て方を理解できた」「スライドを作ってプレゼンテーションをするやり方を理解できた」「論文の書き方を理解できた」の 3 項目であった。この 3 項目は、この授業の中でも重要項目として時間と労力を注いでいる分野なので、その成果が現れていることは喜ばしい。さらに喜ばしいのは、「次回は、今回学んだスライドを作ってプレゼンテーションをするやり方を応用して自分なりに工夫したい」「次回は、今回学んだ論文の書き方を応用して自分なりに工夫したい」という項目も 8 割を超えていたことである。なぜなら、習得したスキルを自分なりに応用、工夫したいという風に、学習したことが単なる押しつけの知識にとどまるのではなく、創造性につながるような手持ちのスキルとして獲得できた可能性をうかがわせるからである。

また、「反論を想定して根拠を考えたり、根拠の正しさを自分で検討するやり方を理解することができた」も 78% という高い数値であった。「今回学んだ根拠の立て方を次回も使うことができる」という項目も、75% であった。この 2 項目の評価は、結論を支える根拠の客観性や説得力に関して、生徒は意識的であり、これらを得ようと今後も努力するであろうことを示唆するものと考えられる。

一方、評価が低かった項目としては、「探究マップを使う論文のアウトラインの作り方を理解できた」が挙げられた。この探究マップは、1 枚のシートに論文やパワーポイント用のスライドのアウトラインを記入させることで、発表内容の論理

的一貫性を担保するものであり、指導する側としても重宝してきたが、これの利用価値の理解と定着に向けてさらに工夫を凝らす必要があることがわかった。

年度末に、クラスでの優秀賞受賞者のプレゼンテーション練習時に、聞き手の生徒がした質問から、質問力がどの程度伸びたかを見てみたい。テーマは「勉強にいちばん適しているのは青色なのか」である。

- ・実験は何人を対象にしたものか。
- ・実験の結果に年齢層は関係しているのか。
- ・アルファベットを使った検証実験での被験者は、もともとどのくらいアルファベットの知識があるのか。
- ・青色に近いライトトーン値の緑色は記憶を脳に定着しないのか。
- ・青色は学習の際に普段使わないことを根拠にあげていたが、青色をずっと使っていると慣れてしまい、記憶力の向上につながらなくなるのではないか。また、新鮮な印象を与えるほかの色では、効果はどうなのか。
- ・色の濃さや薄さで効果が異なるのか。
- ・赤色はいちばん勉強に適していないとあるが、ではなぜ授業の板書で教員は赤を使うのか。

これらの質問は、7 分程度のプレゼンテーションのあと 3 分程度時間をとって出されたものである。結論を支える根拠の成立要件に関するものや根拠から結論を導き出す推論の妥当性に関するものなど、質問力が伸びたと思わせるものが多かった。

この質問力は、他者に向けて発せられたものではあるが、次年度以降、自分が実験をするときや実験結果に基づいて考察する時や成果を論文にまとめる時に、自らに向けることができると推測できる。批判的思考を育てることができていることを示唆するものと考えられる。

## 【5年間の成果】

スキル定着度を計るアンケートから見てみたい。5年前と今年度のアンケートを比較して、「非常にそう思う」の項目で大きく伸びた項目は、以下の通りである。

- 1「問いの立て方を理解できた」(30%→46%)
- 2「今回学んだエビデンスブックや参考文献リストなどを使う情報の収集の仕方を次回も使うことができる」(21%→37%)
- 3「今回学んだマインドマップを使う情報の整理の仕方を次回も使うことができる」(21%→33%)
- 4「スライドを作ってプレゼンテーションをするやり方を理解できた」(35%→44%)
- 5「今回学んだスライドを作ってプレゼンテーションをするやり方を次回も使うことができる」(37%→49%)
- 6「今回学んだ論文の書き方を次回も使うことができる」(35%→42%)

1の問いの立て方に関しては、5年前からは、改善したのを使って指導をしている。遠回りの煩雑な手順を省いて、より直接的に問いを考えられる仕組みを現在は使っている。

2の情報収集とその記録の取り方に関しては、昨年度より参考文献記録用のアプリケーションを利用するようになり、利便性が高まった。

3のマインドマップの利用に関しては、指導の内容、方法ともに変えていないので、パーセンテージ上昇の原因に関しては不明である。

4と5のスライド作成は、年々上質なスライドが作られ、それを参照して、より優れたスライドが作成されるようになった。事前のプレゼンテーション指導でも、スライドの細かい部分への指摘をするとともに、プレゼンテーションの仕方も含めて指導を徹底している。

6の論文の書き方に関しては、見本や書き方に関するテキストの記述が増え、それを参照すれば書きやすいという年度末感想が多数あったので、テキストが効果的に機能していることがうかがえる。

## 【今後の課題】

この学びの技という探究型授業は、他の教科学習と異なって、スキルベースの授業である。教えるべき教科的内容はなく、自分で研究内容を探しだし、自分で取捨選択し、自分でまとめることを半年以上かけて取り組ませる。果たして自分にとって意味のあるものなのだろうか、という疑問を生徒が持っても仕方がない。したがって動機付けが課題となる。アメリカコロラド州教育委員会が2007年に作成した「Did you know?」というビデオがある。加速度的に社会全体が変化する中で、どういう教育をしなければならないかを教師に問う内容である。年度末にこのビデオを見せた感

想が以下である。

・学びの技は一応やっているけど、結局自分には関係ないと思っていました。しかし、このビデオを見て学びの技は確かに必要かもしれない、と思いました。

この感想にあるように、「自分には関係ないもの」という意識を、どうやって変えていき、意欲を維持するか、という課題である。

印象として、学力上位層の生徒は、この個人研究にのめり込んでいく傾向がある。以下の感想は、それを裏付ける。

・1つのプロジェクトに対しての研究。これは終わりのない研究へと進化していくものだと思います。学校の授業とは違い、個人研究はどこまでも研究してもよいもの。それにより、自分の身につく知識、また研究のスキルが身につくと思います。

実際、9年次に探究したテーマを次年度にも展開したケースも多い。昨年度学びの技の授業を受け、今年度自由研究で同じようなテーマ設定の研究例を挙げる。

9年次「思い込みは人に影響を与えるのか」→10年次「互換と記憶～既存の記憶を変化させることは可能か～」

9年次「酒匂川の堤防は決壊しないといえるか」→10年次「河川の研究における水路の作成～粗度係数測定と障害物による水流への影響～」

9年次「再生可能エネルギーの普及は可能か」→10年次「光電効果を利用した次世代型太陽電池の研究」

9年次「人工知能はすべてのゲームにおいて人間に対して勝つことは可能か」→10年次「ニューラルネットワークによる手書き文字認識の研究」

ところが、学力中下位層は、ノルマを達成することに目がいき、達成すれば終了という生徒も一定数いるのは事実である。こういう生徒に対してどう向かい合えばよいのかが、次年度以降の課題となる。

また、9年生のこの取り組みを下学年に展開する取組は、4年目を迎え、一定の成果を挙げている。その取り組みの中に、統計的手法がある。8年次の数学の時間に総務省のテキストを用いて学習したものである。この成果を9年次で伸ばすために、どういうタイミングで、何を使って学習させるのかは、今後の試行錯誤にかかっている。多くの生徒が、自分の研究の中で、結論を導く根拠として、データを表やグラフの形で用いている。その個々のケースに対して指導することはもちろんではあるが、その前に全体として指導すべきことは何か、どう指導すればよいのか。統計的手法になじみのない学びの技の担当教員も多いので、教員研修の内容も含めて、今後の対応になる。

## A-2 科目名 SSH リサーチ脳科学

### 【5年間を通じた取り組みの概要】

SSH リサーチ脳科学は平成 21 年度から開講され玉川大学脳科学研究所と連携し、脳科学研究所の施設を使用し、研究所の教員や研究員と高校教員が連携して指導を行う授業である。課題研究テーマは脳科学研究分野に設定している。第 1 期 SSH 指定中の SSH リサーチ脳科学(平成 21 年度～平成 24 年度)は、実験材料として「ラット、脳スライス切片等」の高度な実験内容を実施した。しかし、生徒自身の理解不足や自ら進んで活動することが難しい現状があった。第 2 期 SSH 指定から日常生活の中で、生徒自身が疑問に感じていることを考え、テーマを決定する方向に変化させた。また、実験計画・実験方法・結果考察・次への課題などの研究の一連の流れを、生徒自ら設定させた。定期的に中間発表、課外の研究発表会・論文作成も行うようにした。実施過程で生徒同士や指導教員、大学等の研究者とディスカッションを行い、研究内の本質、今後の研究の道筋を考えていく。生徒自身の創造性・批判的思考力を育成してきた。

### 【仮説】

日常生活に直結する脳科学の最先端の研究に触れることで興味関心を惹起し、創造に向けた学習が動機づけられる。実験計画・結果・考察・振り返りを徹底したプリントを作成し、課題を解決するために必要な主体性、協働性、思考力、表現力を育成するための授業展開を実施する。大学教員・研究員から直接アドバイス等を受けることにより、高校生では到達困難な視座が提供され、生徒がより多面的に思考し、生徒の思考の深化が達成できると考える。また、課題研究成果を口頭発表・ポスター発表に参加させることによりコミュニケーション能力に加え、今までの課題研究内容を客観的に見直し、改めて実験方法などを考え直し、批判的思考力を育成することができる。自己の学習活動、研究活動を振り返ることで、身についた資質・能力を自覚したり、共有したりすることができ、次につなげる学びを実現させることができると考える。

### 【対象学年 対象人数】

履修希望生徒 21 名  
放課後自由選択講座として週 2 時間設定

### 【内容・方法】

#### ■研究テーマ、グループ決め

日常生活の中で、生徒自身が疑問に感じていることを考えさせテーマ決めを行った。その際、【1日の行動から脳・心の動きを知る】というワークシートを用いて、行動を客観的に分析させた。そして、指導教員とディスカッションを行い、疑問点を精査した。

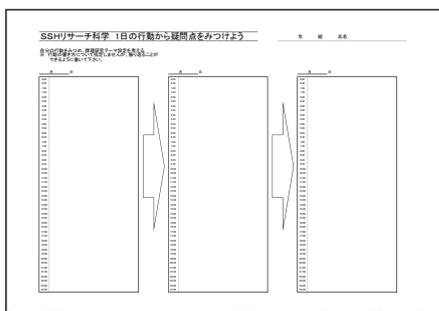


図1 行動ワークシート

生徒自身から客観的に判断させ、教員は疑問点などを投げかける授業展開を実施し、生徒自身で解決させることを徹底した。

次に、各生徒からの疑問点を抽出し、【キーワード】ごとに黒板に整理した。今年度は 16 グループで活動した。

#### ■脳科学アンケート作成

履修生徒自身が疑問に感じている事項について、アンケートを作成させた。アンケートを実施し、集計作業を行った。アンケート集計することにより、【Excel】等を用いた分析の仕方を学習した。アンケート結果から多面的な解析をすることの重要性を学ぶ。その結果から、別な根拠を示す必要があることに気づかせ、アンケート以外の実験研究する必要性を考えさせた。多面的な考えを理解させる。

#### ■実験計画を立てる

実験の目的・手順をグループ内で話し合いを行い進めていった。ただ話し合いをするのではなく、キーワードを関連付けさせるために【研究テーマをイメージ化する】ワークノートを用いた。

- ・研究したいと思うキーワードを書く
- ・どうして、そのキーワードを書いたのか理由について、文章だけではなく、絵を用いてイメージ化させた。それによって、項目の関連性を認識させた。

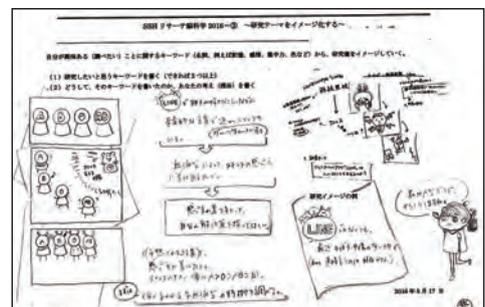


図2 研究テーマをイメージ化ワークシート

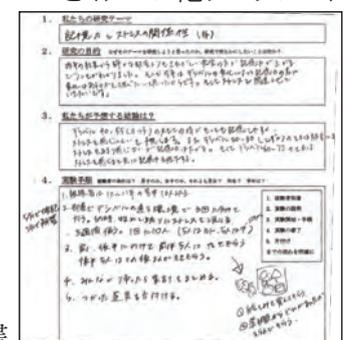


図3 実験計画書

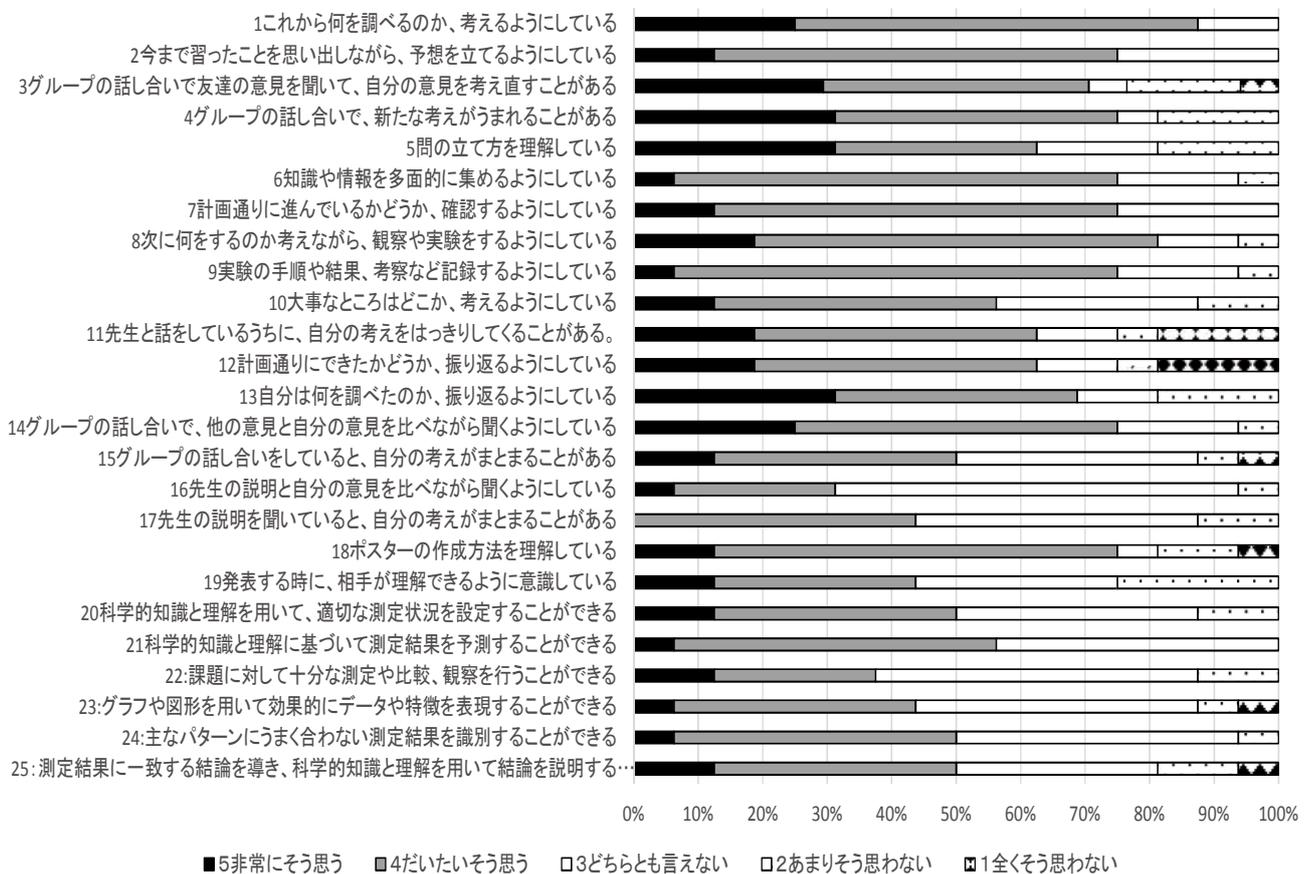
## ■実験の振り返り(活動報告書)

毎回の授業終了後に「活動報告書」として、振り返りを徹底した。活動報告書を記載することにより、生徒自身の振り返りになる。また指導教員側としても、各課題研究グループの進捗状況を確認することができ、次回までの課題を明確にすることが可能である。少人数の課題研究であれば、一人ひとり細かい指導も可能であるが、グループ研究が増加することにより、現状把握に苦勞する部分があることから、「活動報告書」は大変有効である。つまり、知識・実験結果だけで判断するのではなく、これまでに得られた事項を活用して、自ら課題を発見し、その解決に向けて探究的活動が行えている。

SSH リサーチ脳科学 2016-(5) ~活動報告書~  
2016年6月14日(火) 16時~  
グループ名: \_\_\_\_\_

1. 今日の授業で行ったこと(決定したことを簡潔にまとめてください。  
※ 特にアンケート質問項目を決定したグループは、明記すること)

2. その他、連絡事項



## [ 検証・評価 ]

### ■1、2、5、6、7、8、9、10、12、13、(振り返り、メタ認知)

課題研究を通して、振り返りを重要と考えている履修生徒は約60%以上おり、振り返りワークを実施することが重要であることが認識できる。しかし、SSH 活動・課題研究に興味があるのみの中間層の生徒のモチベーション維持、積極性が不足し

ている生徒に関しては、「どちらとも思わない、思わない」というマイナスのアンケート結果になっている。生徒自身が実験計画・振り返り等の自己肯定感を上げるカリキュラム作成が必要と考える。

### ■3、4、11、14、15、16、17

(グループ活動、対話的な学び)

SSH リサーチ脳科学では、グループ研究班と個人研究で行われている。グループ研究している生徒からは、グループ活動を通して、自らの考え方・新たな考え方・比較・まとめるごとの重要性を認識している結果となった。しかし個人研究している生徒では、グループ活動に関するアンケート結果は低下していた。

しかし「11、12、13」の項目に関して、教員と話すことにより自分の考えがまとまる部分に関して、あまり、全くそう思わない」解答がある。生徒だけではなく、教員間での生徒への「声掛け、ディスカッションの仕方」を学ぶ必要があると考える。また、大学等の研究者から脳科学分野の課題研究に対してアドバイスも的確に行われており、そのアドバイスが逆に生徒自ら考える機会が少なくなる可能性がある。

一方的に教えるのではなく、生徒の考えをファシリテートすることが重要と考える。

### ■18～25(データ分析、測定方法、発表)

データ分析の指導やカリキュラムが必要と考える。統計的手法を導入し、客観的なデータ解析の意識を高めることが必要である。脳科学研究・心理実験を中心の課題研究が行われていることから、被験者の人数・統計分析方法に関しても徹底する必要がある、カリキュラム作成を作成する必要がある。

### ■ポスター発表 学会発表

ポスター作成方法・発表時に他者への理解について、工夫することの重要性は高い認識をしている。毎授業【活動報告書】を記載することにより、発表会や他者への説明を意識していることが分かる。

### 【5年間の成果】

課題研究テーマは脳科学研究分野に設定している。第1期 SSH 指定中の SSH リサーチ脳科学(平成21年度～平成24年度)は、実験材料として「ラット、脳スライス切片等」の高度な実験内容を実施した。しかし、生徒自身の理解不足や自ら進んで活動することが難しい現状があった。第2期 SSH 指定から日常生活の中で、生徒自身が疑問に感じていることを考え、テーマを決定する方向に変化させた。また、実験計画・実験方法・結果考察・次への課題などの研究の一連の流れを、生徒自ら設定させた。定期的に中間発表、課外の研究発表会・論文作成も行うようにした。

【実験の活動報告書】【実験計画書】【研究イメージワークシート】等の課題研究ワークを作成した。それらをワーク実施することにより、課題研究生徒一人ひとりが振返りの徹底がはかられ、メタ認知や批判的思考力は育成されたと考える。また、

今年度から、1年間で課題研究の論文化まで行えた。このことから、脳科学分野・高大連携課題研究として1年間での成果を提示することは難しい部分もあったが、5年間の改訂を重ねたことにより、高大研究を通した課題研究カリキュラム作成が行えたと考える。

### 【今後の課題】

他の課題研究授業「SSH リサーチ」同様、SSH 活動・課題研究に興味があるのみの中間層の生徒のモチベーション維持、積極性が不足している。実験計画や教員とのディスカッション、振返りが不足している。また、課題研究データ分析処理に関する客観性・公正性が不十分である。今後は生徒自身の自己効力感・データ分析(データサイエンス)教育を重視していく。

## A-3 科目名 SSH リサーチ

### 【5年間を通じた取り組みの概要】

「生物」・「化学」・「物理」・「数理科学」の分野を設定し、生徒各自が各分野の中から、興味・関心に基づいた分野を選択し、個人研究・グループ研究を進めている。先輩の研究テーマを引き継ぐだけでなく、生徒自身が研究したいテーマで課題研究を行っている。課題研究テーマは、身近な生活の様々な現象に対して、疑問に感じたことや論文等のデータを収集、分析を行いテーマを設定する。研究を進めていく際、玉川大学等の大学の施設を利用しながら高度な研究に発展することもある。生徒自らが研究テーマを設定することから、生徒は自ら指導教諭・大学の研究者からアドバイスを受けることが多い。そのような経験から研究への考え方、創造力、問題発見能力、批判的思考力を育成につながるような活動を行っている。

「実験ノート導入」、「実験計画書」、「実験の活動報告書」等の活動フォート書を作成した。そのフォーマットを課題研究活動内に導入することにより、実験計画・実験方法・結果考察・次への課題などの研究の一連の流れを、生徒自ら設定していくカリキュラムを開発した。生徒履修生徒増加により、生徒自身一人ひとりの自己コントロール(計画性・主体性・自己認識力・発表姿勢)に関して生徒間にばらつきがある。そのばらつきを解消するために、4観点【知識理解・意欲態度・処理評価・コミュニケーション】のルーブリックを行う。またルーブリックに関しては形成的評価を用いて評価する。総合的学習の時間に設定されている【SSHリサーチ】を通して、学校全体の探究的活動のカリキュラム開発が行われている。今後の生徒自身の自己コントロール育成を中心にカリキュラム開発してきた。

### 【仮説】

普段疑問に感じている現象に対して課題研究に取り組み、研究の中で結果を比較・関係性を考えることを徹底し、科学的な探究スキルを育成する。

「生物」「化学」「物理」「数理科学」の分野を設定し、生徒各自が各分野の中から、興味・関心に基づいた分野を選択し、個人研究・グループ研究を進める。

研究を通して資質・能力を活用し、各種学会や研究発表会に参加し発表する。コミュニケーション能力に加え、今まで課題研究内容を客観的に見直し、改めて実験方法などを考え直し、課題に対する理解も深めさせる。4観点【知識理解・意欲態度・処理評価・コミュニケーション】のルーブリックを行う。ルーブリックを生徒が活用することにより、生徒自身一人ひとりの自己コントロール(計画性・主体性・自己認識力・発表姿勢)を育成する。課題解決と研究発表を通して批判的思考力・創造力を育成する。

### 【対象学年 対象人数】

高校1年～高校3年生履修希望生徒  
総合的な学習の時間として週2時間設定

### 【内容・方法】

#### 1、活動の概要

「生物」・「化学」・「物理」・「数理科学」の分野を設定し、生徒各自が興味・関心の高い分野に分かれた後、課題研究のテーマを決めた。

#### ■課題研究テーマ設定について

テーマ設定に関して、下記事項を重視した。

- ・日常生活の中から探す
- ・本、論文を読み、疑問に感じたことから探す
- ・課題研究経験生徒の課題研究テーマを参考に

課題研究テーマを決定する際、研究の「内容」と「方法」と「対象」を具体的に考えさせた。

#### ■課題研究 振り返りについて

分野ごとのテーマに関わらず、多種多様なテーマにより、生徒と教員間の振り返りを徹底することが難しい場合がある。研究過程における実験結果・観察から生じた疑問、次回実験に対する生徒自身の思考過程を確認するために、「実験ノート」に記録させた。その際、自己の思考過程を認識できるように事象・現象の関連性を確認できることを注意させていた。また、実験班が異なる生徒同士で意見交換や議論など対話を促し、客観的な判断の必要性を気づかせる。また、ルーブリックの観点と現在の活動がどの位置にあるか確認させた。

#### ■実験計画の立て方

実験の目的・方法に関して、【実験計画書】を記入し、現状「何が分かっているのか」・「どのような実験結果になるのか」を必ず予想させてから実験を行わせた。解決の方向性を決定し、解決方法を探し計画を立て、結果を予想しながら実行し、「振り返り」を行い、次の問題発見・解決につなげる過程を確認させた。また、玉川大学・他大学・企業と連携し、指導・助言をもらえる状況にしている。

#### ■ポスター発表 学会発表

今まで課題研究を進めてきたことを、発表を通して振り返らせ、客観的に見直し、改善点を見つけてさせた。創造力・批判的思考力を育成する目的も含まれている。発表会・学会発表会時に「発表会振り返りシート」を記入し、【質問された項目】【参考になったポスター】等を記入させ、振り返り

を徹底させた。  
単にポスター・口頭発表のスライドを作成させるのではなく、教員側で作成したワークシートに実験をまとめさせてから、発表用資料を作成させた。

■ 研究発表会実績

- ・ 集まれ理系女子！第9回女子生徒による科学研究発表交流会ポスター発表
- ・ SSH 東京都指定校 合同発表会ポスター発表 口頭発表
- ・ 関東近県 SSH 合同発表会ポスター発表 口頭発表  
他学会発表会参加

■ ルーブリック・形成的評価の実施

4 観点のルーブリック、4 観点をういた形成的評価年間予定を下記に示す。課題研究評価は、年間の平均で評価するのではなく、4 月から始まり、3 月までの課題研究活動の成長をもとに評価を行う。つまり形成的評価を行う。

報告書		組	番	氏名	月	月	月
コミュニケーション	6-7 社会とのつながりを意識した具体的な活動を行い、その活動を自身の研究にフィードバックした。						
	4-5 社会を意識した具体的な活動を行った。						
	2-3 社会を意識した学習を行った。						
知識と理解	6-7 研究課題に対して論文や書籍などの必要と認められる論文や書籍は調べ、取り入れている。						
	4-5 研究課題に対して現状で関連しているような論文や書籍を調べ、参考にしている。						
	2-3 研究課題に対して、必要と認められるような論文や書籍を調べている。						
知識と理解	6-7 行った実験の重要性・必要性を説明し、結果を理解して研究を組み立てた。						
	4-5 行った実験の重要性・必要性を認識し、結果を反映して次の実験をしていた。						
	2-3 行った実験の手順は正確であるが、理解が深くない実験に高かかった。						
処理・評価	7 適切なデータが得られるよう工夫された方法であり、処理・分析が課題に対して的確であった。						
	5-6 データの取り方に工夫があり、処理・分析方法は正しい。						
	3-4 データの取り方に工夫はないが、処理・分析は正しい。						
態度・態度	6-7 授業時間を有効に活用し、授業時間外にも活動が見られる。						
	4-5 授業時間を有効に活用している。						
	2-3 授業時間をあまり有効に活用できていない。						

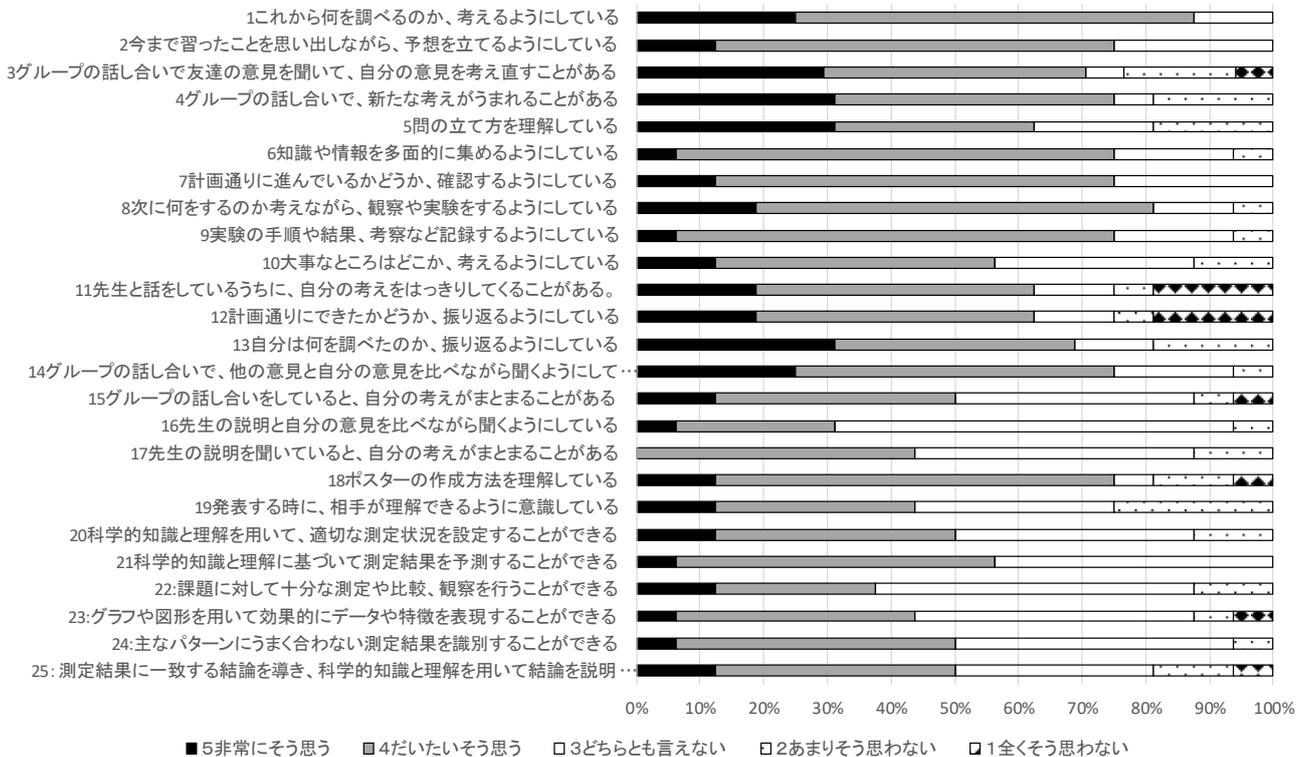
図1 ルーブリックを用いた評価

評価基準	発表会参加状況									
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
知識 理解	2	2	5	5	6	6	6	6	6	6
態度 態度		3			4	4				5
処理 評価		5		6	6			6		6
コミュニケーション		7		7				7		7

図2 形成的評価の実施(例)

[ 検証・評価 ]

下記にアンケート結果を示す。



■1、2、5、6、7、8、9、10、12、13、(振り返り、メタ認知)

課題研究を通して、振り返りの重要性と考えている履修生徒は約70%以上であり、振り返りワークや課題研究ルーブリックを実施することが重要であることが確認できる。しかし、「12」の項目に関して、計画通りに行われているか振り返りを行うという部分に関して、「あまり、全くそう思わない」解答がある。計画性の重要性、生徒自身の振り返りの重要性を考える必要がある。定期的に生徒自身を振り返る時間を徹底し、自己肯定感を上げていく必要がある。

■3、4、11、14、15、16、17  
(グループ活動、対話的な学び)

グループ活動を通して、自らの考え方・新たな考え方・比較・まとめることの重要性を認識している結果となった。重要性に関しては、自分自身のメタ認知に比べて重要度合が高い結果となっている。今回の授業展開がグループ課題研究であることから裏付けられる。グループ内でワークを記入することにより、協働性の重要性を学んでいる。

しかし、「11」の項目に関して、教員と話すことにより自分の考えがまとまる部分に関して、あまり、全くそう思わない」解答がある。生徒だけではなく、教員間での生徒への「声掛け、ディスカッションの仕方」を学ぶ必要があると考える。一方的に教えるのではなく、生徒の考えをファシリテートすることが重要と考える。

■18～25(データ分析、測定方法、発表)

データ分析に関して、(振り返り、メタ認知)に比較し、昨年度同様自己肯定感は減少している。データ分析の指導やカリキュラムが必要と考える。統計的手法を導入し、客観的なデータ解析の意識を高めることが必要である

ポスター作成方法・発表時に他者への理解について、工夫することの重要性は高い認識をしている。毎授業【活動報告書】を記載することにより、発表会や他者への説明を意識していることが分かる。

【5年間の成果と今後の課題】

今年度、【ワーク冊子】を徹底し、振り返り・実験の関連性を意識した授業を展開した。そのことにより、【メタ認知・協働性】に対する重要性について高めることができた。

【5年間の成果】

「生物」・「化学」・「物理」・「数理科学」の分野を設定し、生徒各自が各分野の中から、興味・関心に基づいた分野を選択し、個人研究・グループ研究を進めきた。生徒自身が研究したいテーマで課題研究を行っている。課題研究テーマは、身近な生活の様々な現象に対して、疑問に感じたことや論文等のデータを収集、分析を行った。

生徒自身が課題研究設定から発表会ができるまでにラーニングスキル育成に関する教材を開発した。

・「問いの見つけ方」「実験計画のたてかた」「表やグラフのまとめ方」「ポスター論文の書き方」等課題研究に必要なワーク冊子を作成した。それにより、生徒自らで課題研究が行いやすいカリキュラムを作成した。SSH課題研究実施生徒(課題研究授業履修生徒)が増加している。それに伴い、発表会・学会での発表も増加している。

【今後の課題】

自己コントロールが高く積極的に課題研究等実施する生徒は、課題研究成果を上げている。SSH活動・課題研究に興味があるのみの中間層の生徒のモチベーション維持、積極性が不足している。また、課題研究データ分析処理に関する客観性・公正性が不十分である。今後は生徒自身の自己効力感・データ分析(データサイエンス)教育を重視していく。

## A-4 科目名 SSH リサーチ科学

### 【5年間を通じた取り組みの概要】

#### 【仮説】

様々な実験技術の習得を通して、実験時における誤差と精度を理解させる。課題テーマ選択とそれに適切な実験計画の立案を行い、データ収集と適切な処理をさせることで結論を導き評価をし改善させる手法を学ぶ。論文作成を行い経験を定着させる。オリジナルの課題研究について学内外でのプレゼンテーションを行い、コミュニケーションを通して学ぶ。今年度は新たな評価表を導入することで、生徒自身が課題に対して客観的な評価ができているかどうかを検証していく

#### 【対象学年 対象人数】

高校1年生～2年生 28名

#### 【内容・方法】

##### 【授業概要】

##### 1. 授業時間数

毎週月曜日の7・8時間目授業として設定。  
年間計54時間であった。

##### 2. 授業担当者

3分野 渡辺康孝（化学）、小林慎一（物理）、  
堀 葉月（化学）、市川真里恵（生物）

##### 3. 実験・授業テーマ

	履修初年度者	既履修者
4/10	ガイダンス	課題研究
4/17,24,5/8	前年度履修者発表	↓
5/15,29	課題研究のやり方	
6/12,19,26	課題研究テーマ設定と予備実験	
7/3	↓ 1次 実験・データ処理	
9/11		
9/25	課題研究テーマ振り 返り	
10/2,23	2次 実験・データ処理	
10/30,31	発表会準備・パワー ポイント作成	
11/6,13,20,27	↓ 2次実験・データ処理	
12/11,18		
1/15,22,29	ポスター作成	
2/5,19	ポスター作成	

##### 【課題研究テーマ】

「炭酸水で育てたイチゴは糖度があがるか」  
「ハチミツの保湿性と食品保存能力」

「植物に人口酸性雨の耐性があるのか」「水質浄化はプラナリアの分裂を抑制するか」  
「人工的にきのこの色や形を変えることはできるのか」「ミントによるプラナリアの増殖抑制」  
「シジミの浄化能力は飼育環境によって変化するか」  
「食品添加物の研究」「ビタミンCによるニキビへの影響～序章～」  
「カイワレ大根の糖度測定」「火薬と炎色反応」  
「肉をやわらかくする方法」「納豆菌と乳酸菌の関係」  
「回転から閉じた図形の内接球の半径の方程式を作る試み」  
「力学的エネルギー保存の実験装置における散逸力の研究」

#### 1. 授業の活動内容(一例)

昨年度に引き続き前年度履修者の成果を聴講する時間を、最初の数回設定した。初年度の生徒は、科学実験における着眼点や課題研究の一連の流れを前半数回で必ず学習する。

研究データの処理方法や高校理科の範囲を超えた測定装置を用いたデータ収集法などを体験することで、定量的な考えを体得できるようになる。徐々に、身近な科学現象における疑問点から、課題研究のテーマ設定を行う。後期よりオリジナルの課題研究題目の決定となり、仮説、実験、結果、検証、再び仮説の再検討等のサイクルを行い、研究を進める（平成26年度まで）。年度後半から設定されている生徒研究発表会に向けて、ポスター作成を実施、成果発表を行っていく。既履修者については前年度に課題研究の基礎的な学習を行っているため、本年度当初より課題研究に取り組みさせた。

また今年度は客観的な評価方法をさらに押しすすめる為、IBの評価表を元にした課題研究評価表を使い生徒の評価を決定した。



[結果・検証・評価]

(1) 用いた評価表（前期評価から学年評価へ）

(a)

		社会との関連		
コミュニケーション	6~7	社会とのつながりを意識した具体的な活動を行い、その活動を自身の研究にフィードバックした。		
	4~5	社会を意識した具体的な活動を行った。		
	2~3	社会を意識した調べ学習を行った。		
	1	社会を意識した学習を行っていない。		
		知識		
知識と理解	6~7	研究課題に対して論文や書籍などの必然と思われる論文や書籍は調べ、取り入れている。		
	4~5	研究課題に対して現状で関連していそうな論文や書籍を調べ、参考にしている。		
	2~3	研究課題に対して、関連がありそうな論文や書籍を調べている。		
	1	参考資料を何も選択できなかった。		
			理解	
	6~7	行った実験の重要性・必要性を説明し、結果を理解して研究を組み立てた。		
	4~5	行った実験の重要性・必要性を認識し、結果を反映して次の実験をしていた。		
	2~3	行った実験の手順は把握しているが、理解が浅く次の実験に活かせなかった。		
1	何のために実験を行っているのかわかっていなかった。			
		データの取り方		
処理・評価	7	適切なデータが取れるよう工夫された方法であり、処理・分析が課題に対して的確であった。		
	5~6	データの取り方に工夫があり、処理・分析方法は正しい。		
	3~4	データの取り方に工夫はないが、処理・分析は行っている。		
	1~2	データを取っていないか、意味のないデータ処理および分析である。		
		活動時間		
意欲・態度	6~7	授業時間を有効に活用し、授業時間外にも活動が見られる。		
	4~5	授業時間を有効に活用している。		
	2~3	授業時間をあまり有効に活用できていない。		
	1	授業時間を有効活用していない。		

(b)

報告書 前期 合計 評価  
5-7月

(例) 前期成績について

		学年	組	No.	氏名	評価項目	7段階評価	5段階評価			
〇〇班	〇〇年	〇〇組	〇〇	生徒A	知識理解	5	4	9	4	5段階	1~2 3~4 5~6 7~8 9~10 11~12 13~14
					意欲態度	6	5				
					処理評価						
					コミュ						
	〇〇年	〇〇組	〇〇	生徒B	知識理解	4	4	9	4		
					意欲態度	6	5				
					処理評価						
					コミュ						
	〇〇年	〇〇組	〇〇	生徒C	知識理解	6	4	9	4		
					意欲態度	6	5				
					処理評価						
					コミュ						

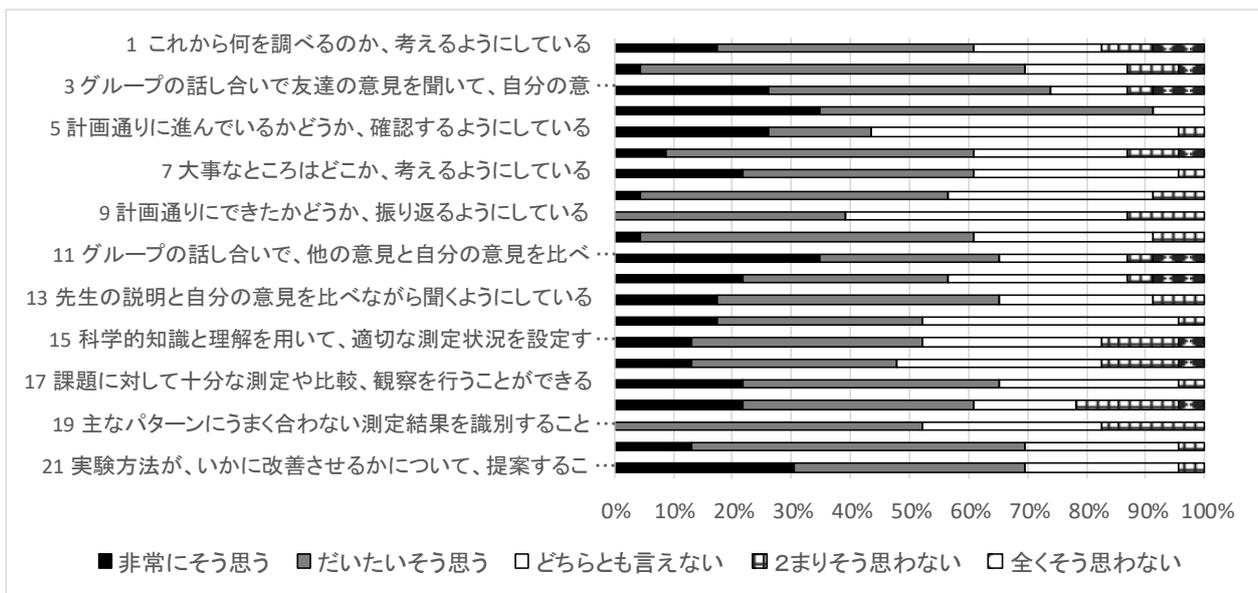
(c) (例) 学年成績について

評価基準	報告書 7月	中間発表 9月	S S H 発表会 (学内)	報告書 2月	S S H 発表会 (学外)	発表会参加状況	発表回数	総合
知識 理解		2						6
意欲 態度				7			6	6
処理 評価								6
コミュニケーション	3	3	5		6		6	6

評価	5段階	7段階	点数
F	1	1	1~4
C	2	2	5~8
		3	9~12
B	3	4	13~16
		5	17~20
A	5	6	21~24
		7	25~28

学年評価について合計28の得点



## (2) 年度末アンケート

### ■1, 2, 5, 7, 9, 10 (振り返りメタ認知)

課題研究を通して、積極的な取り組み姿勢(自分の問いに対してすべきこと)に対してはデータとして認知している結果になったが、「自ら計画通り」に検証していく作業は認知量として少ない結果となった(問5 and 9等)。研究始めにおける教員側の大局的な進行方法を提示するだけでなく、ある程度の研究遂行時における生徒自身のスケジューリング設定、そしてそれらの授業毎の進捗状況の振り返りを徹底をさせることがさらに必要である。

### ■3, 4, 8, 11, 12, 13, 14

#### (グループ活動・対話的な学び)

グループ内での対話および指導教員との対話からなされる「メタ認知」の認識ともに、意識が高い結果となった。昨年度より年度初めの共通実験事項を省き、早い段階で個人やグループの研究課題へ移行させ、対話的な学びの時間を増やした結果と考えられる。

### ■15~21(データ分析、測定方法、発表)

ポスター作成方法・発表時に他者への理解について、工夫することの重要性は60%以上の数値として高い認識をしている。しかし研究初期の設定時に考えるべき「仮説」の重要性への意識が弱いと考えられる。それは、結果として得られたデータに対して、事前に予測していたもの(仮説で予想していた値等)との解離が合った場合、その後の実験方法の再設定に果敢にチャレンジできる姿勢にも繋がると考えるからである。今年の履修生徒については、困難なデータに出会っても果敢に再設定していく姿勢を持つ余地はまだあったと考えられる。

## 【5年間の成果】

放課後授業設定の科目であるが、第Ⅱ期1年次の10名のほどの履修者から30名弱までの増加となった。テーマの多様性が広がり、生徒個人の研究課題に対して、生徒間が相互に研究手法を学ぶ合う機会が多くなった。

この授業で用いた成績評価基準は他の課題研究授業(「SSHリサーチ」、「SSHリサーチ脳科学」)においてもほぼ同様の規準を持っている。よって客観的な評価決定、および生徒自身も振り返りを行いやすい課題研究の評価システムが構築しつつあると言える。(評価規準は本校SSHのHPにて公開済)

## 【今後の課題】

履修人数が増加するにつれ、生徒のテーマ設定と指導教員のマッチングの問題が顕著になってきた(生物分野、特に微生物関係の分野を希望する生徒が多い)。



## B-1 科目名 数理科学

### 【5年間を通じた取り組みの概要】

5年間を通し数学と物理の教科連携を行い、生徒の思考力・創造力育成の必要条件になる学習姿勢の獲得を狙った。少なからずの生徒が結論・公式丸暗記的な学習をしがちな状況に対して、「定義から積み立てるように議論するような学習姿勢を身につけること」を授業内で強く提示し、演習や試験の問題にも学習姿勢の差が出やすい（初見・説明させる）問題を多く採用し指導した。生徒アンケートの結果、多くの生徒がそういった取り組みの重要性に納得を示した。また、いままでの取り組みを変える困難さを指摘する声もあった一方、暗記型の学習と比較して楽しさや感動、実力が高度に達する実感などが得られたことが分かった。取り組みやすい・定着しやすいなど、むしろ楽になったという意見もあった。

### 【仮説】

指導法・評価法の工夫や教材の開発により、多角的視点からみることや試行錯誤することなどを通して、確実な事柄と結びついた強固な知識・概念を獲得する学習習慣を身につけさせる。そのことが「わかりたい」という欲求、そしてその先にある創造力を伸長する。

### 【対象学年 対象人数】

高校1年プロアクティブラーニング（PL）コース 15名

### 【内容・方法】

#### 1. 教育課程編成上の位置づけ

数理科学は、高校1年 PL コースに設置された8単位の教科連携科目であり、数学 I A6単位と、物理基礎2単位を融合したものである。数学的内容週6時間のうち1時間は増加単位であり、高校1年の課程外の数学を学ぶ。これを便宜上、数理 $\alpha$ と呼ぶ。なお、その他の履修科目の単位数は減じていない。教員は数学と物理の2名を配置する。

#### 2. 教育課程の基準を変更した理由と成果

物理基礎の通常の課程では、数学の進度との関係もあって、高校1年次は「等加速度直線運動」や「力学的エネルギー保存」を中心に扱う。この内容であれば、ベクトル量であってもスカラー量であるかのように扱え、使う数学は方程式の範囲に収まる。専門としての物理を履修選択後に、状況整理に三角比が、立式にベクトル性を意識することが必要となるため、数学運用力が低い生徒が躓く傾向がある。このような適性に合わない履修選択は進路に重大な支障をきたす。これは現在の課程が生んでいる悲劇ではないかという問題意識があった。「必要な数学を物理に先行して学び、専門の物理を履修選択する以前の段階で、難解な題材に取り組む機会をもつこと」がこの問題を解決するだけでなく、「具体的状況に対して数学を運用する力を強化すること」、「数学がいかに役立つかを体感し、創造力につながるような意欲を高めること」などにも寄与できると考え、課程の変

更を実施した。

成果としては、学習姿勢の重要性が多くの子に伝わったことや、文理の選択や理科の専門選択決定に役に立ったこと、更に上の学年になって微積分や三角関数など多くの生徒が苦手とする単元の学習がスムーズであるとアンケート回答が得られている。

### 3. 年間指導計画

3年目から年間指導計画を大きく変更した。以前は、前期に数学を集中的に進め、後期から数学と物理を平行して進める形であったが、3年目からは表1の通り、通常の数学5時間と物理・数理 $\alpha$ の3時間を分離可能な形とした。

表1. 新・年間指導計画（3年目から）

月	数学(週5時間)	物理・数理 $\alpha$ (週3時間)
4	数と式	運動の表し方とベクトル
5	2次関数	運動の表し方と三角比
6		運動の表し方と微分積分
7	場合の数導入	実験と統計(数I範囲)
9	場合の数	運動の3法則
10	確率	
11	図形と計量	抵抗力を受ける運動
12	三角関数	仕事と力学的エネルギー
1	整数の性質	運動量と力積
2	図形の性質	力学以外の分野の導入

なお物理・数理 $\alpha$ の3時間内ではベクトルや微積分といった課程外の数学的準備を、最初に平面運動を含めた「運動の表し方」を題材に導入して、以降の力学も含めて活用していく。また落体実験の際に、実験を題材として数学の統計分野の学習をする。初見問題対応などじっくり取り組む課題を通して（一問一答的な単純暗記学習への期待を打ち崩し、）定義から組み立てるような学習姿勢を身につけるねらいは継続する。

昨年度の取り組みから、意識変化を与えるのに適切な難度が生徒の到達度によって大きく異なる可能性が示された。そこで今年度は、早い段階（4月末）でクラス分けをして、下位クラスではゆるやかなで連続的な難度変化を提示し、上位ク

ラスでは時に飛躍を要求するような高い壁を提示するように、生徒の到達度に応じて指導法を変える形で検証していく。

## [ 検証・評価 ]

### 1. 検証方法

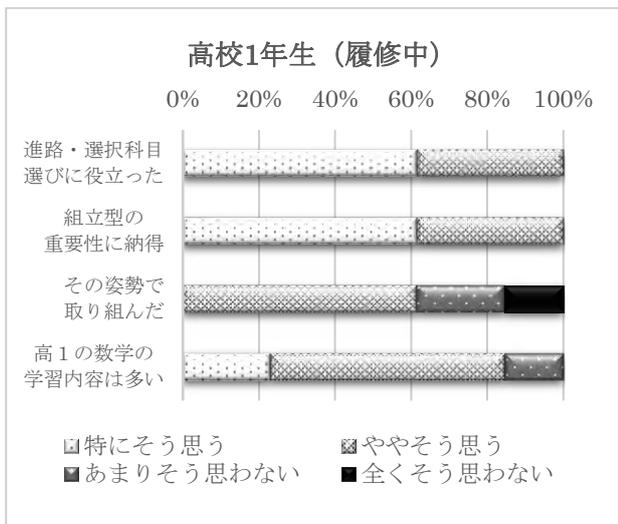
履修中の高校1年生に無記名のアンケートを実施した。また昨年度、一昨年度に受講した2年生や3年生のうちの理系選択者にもアンケートを実施した。アンケートは4段階評価で、1年生は14設問、2年生は13設問、3年生は15設問。それらに加え、自由記述1設問がある。1年生13名、2年生15名、3年生9名から回答を得た。回答されたアンケート項目の4段階評価に対して、

- A：特にそう思う：1点
- B：ややそう思う：2点
- C：あまりそう思わない：3点
- D：全くそう思わない：4点

として、その平均点を1つの指標とする。

例年のアンケートで、自由記述欄「組立て型学習と暗記型学習を比較して思うこと」から生徒の学習実態について考察が深まることが続いたので、最終年度となる今年度は高校1年生にも同様の自由記述欄を設けて実施した。

### 2. アンケート項目と回答（抜粋）



### 3. アンケート自由記述（抜粋）

生徒の回答を得た後で、類似した回答同士をまとめた。以下の枠内のような特徴が抽出された。

#### 楽しい・面白い・感動

「仕組みを知って学習することはとても面白い。小学生のときは単純暗記で初見問題に苦労した。」

「仕組みをある程度知っていると、バラバラだと思われたあらゆる公式・定理は深いところでつながりがあったという発見ができました」

「数学の楽しさを理解」

「その学問を楽しく深められると思う」

「数学自体の面白さもわかる」

#### 実力が高度に達する実感

「応用問題や初見問題に対応できるので良い」

「どの問題にも筋道がたてられる学び方」

「違う考え方が身につく」

「応用に効く」「初見に強い」

「どんな問題にも対応できる」

「理解が深いと（忘れた公式等を）復活できる」

「他の範囲で考え方が使えるときがある」

「どうしてそうなるかが分かり、その後の問題や単元の勉強に役立つ」

#### 楽になる

「小学校・中学校と違い量が増えたため、丸覚えで（公式等を）使うのは逆に大変。」

「（仕組みを理解しない暗記は）1年もしたら忘れる、うっかりミスも多い」

「（仕組みから組み立てる学習法は）自分に合っていた」

「復習が楽になる」

「時間は何倍もかかるかもしれないが後で時間をかけなくて良い。仕組みを理解するのは少し難しいかも知れないが、単純暗記で頭にずっと入れておく方が難しい。」

「定着度が違う、応用力が上がる、記憶に残りやすい、覚えることが少ない」

「勉強してから時間がたった時にも忘れたなどが少ない分、問題をきちんととける。」

「覚える量が少なく、多くの問題が解けるようになる。」

#### 取り組みを変える困難さ

「今までは覚えて問題をこなしていけば大丈夫だったが、自分で公式的なものを考えたり組み立てたりすることは難しかった。私はこれからそういったことが重要になるということを理解するのが遅かったと思う。でも逆にそれが自分の進路を決めるポイントになった。」

「中学校の時まで、私は完全に暗記型であったので、単純暗記にならないように努力しているが、どうしても途中から単純暗記になってしまう。今後の自分のためには、組み立てられる方が良いと思う。」

### 4. 評価・考察

生徒は、入学時「定義から組み立てるような議論に弱い、慣れていない。それどころか、存在すら認知していない場合も多い。」という状態であることは、自由記述の多くから裏付けられる。

しかし、そこから短期間の取り組みであっても、「楽しい・感動」「実力の実感」「楽になる」等、期待通りの意識の変化があると確かめられた。

今年度早い段階でクラス分けをした理由は、昨年度に「取り組みの困難さ」を下げるために解く問題の難度の上げ方をより緩やかにしていくスモールステップを徹底したところ、上位クラスの学習姿勢の重要性の納得度が下がったためである。今年度は上位クラスにはより大きな困難を早期から提示できた。

その結果、「定義からの組立て型の重要性に納得（以下、納得）」の平均点は、全体で 1.38、上位クラスで 1.13 と大幅な向上が見られた。しかし、「その姿勢で取り組んだ（以下、取組）」の平均点について、全体 2.54、下位クラス 3.20 と、特に下位クラスで昨年より低めについた。クラス分け時期の早い遅いとの因果関係ははっきりしないが、同じ授業教室内に成功の手本があるかないかで取り組みやすさが違うのかもしれない。あるいは目標設定の高さに変化があるのかもしれない。下位クラスに着目するならば、昨年度のようにクラス分けが遅く難度の上げ方をスモールステップにするのが良いが、上位クラスには早いクラス分けや大きなギャップが効果的と言えそうだ。

今年度の自由記述において「取り組みを変える困難さ」を訴える件数は少なかった。これは早いクラス分けで適した難度にしたことで状況を改善できたかに見えるが、下位クラスの取り組みの程度が例年より低めであったこと、すなわち、熱心に取り組んでも困難を感じる可能性が高い人たちが困難に突き当たるまで取り組まなかったととれるので、手放しでは喜べない。

また件数は少ないが、「取り組みを変える困難さ」に寄せられた意見は重要な示唆に富んでいる。「これからそういったことが重要になるということを理解するのが遅かった（中略）逆にそれが自分の進路を決めるポイントになった。」

「中学校の時まで、私は完全に暗記型であった（中略）今後の自分のためには、組み立てられる方が良いと思う。」

どちらからも、もっと早い段階でこういう学習に触れたかったという考えが読み取れる。困難に突き当たった人も必ずしもこのような取り組みを嫌がっている訳ではなかったといえる。

「むしろ楽になった」という意見も多い。裏を返せば、今まで大変だった、暗記型は手早く済むようでも、忘れやすく、復習に時間が掛かり、覚えることが多く、記憶に残らず、応用しにくく、特定の問題しか対処できず、知識はバラバラ、発見もなく、深まらず、楽しさ・面白さもわからないということである。

中学以前に暗記型に導いているのは、早期に壁にぶつけない、嫌な思いをさせたくないとい

う親心で着実な成果を示しやすい方法をとっているのではないかと思われるが、実は、困難に向き合う学習にもっと早く取り組みたかったという生徒は想像以上に多く、サイレントマジョリティの期待に応えていないのかもしれない。

### 【5年間の成果】

本研究の「仕組みを理解して定義等から組み立てるような学習姿勢」の重要性が、（高校入学時に認知していない段階であっても短期間の取り組みで）困難を越えた先にある楽しさ・感動や、実力向上の実感を伴って、多くの生徒に伝わった。文理の選択や理科の選択決定に役に立ったこと、上級学年の際、微積分や三角関数など多くの生徒が苦手とする単元の学習がスムーズにいった等のアンケート回答が得られている。

5年間を通じて方法に修正を加えたところ、下位クラスには遅いクラス分け・小さな難易度序章の提示が、上位クラスには早いクラス分け・大きい難易度上昇の提示が良い可能性が示された。ただし少人数のアンケート調査によるものであり、母集団の特性によるものかもしれない。

物理は元々知識の量が少なく、そのため初見的状况に対応する場面が多いが、物理という教科だけが提示しても、生徒は「物理は難しい」という認識を持つだけであるが、数学と連携をすることで、理解されやすかったと考えられる。

また物理と数学の教科連携授業教材として、運動の表し方とベクトル・三角比・三角関数・微積分の考え方を関連させるもの、落体の実験と統計を関連させるものなどが作成された。

### 【今後の課題】

生徒の思考力の実態について、教員としての実感がデータとして裏付けられたとはいえ、本研究の弱点は、調査した人数が少ないことである。より多くのデータを取る必要がある。

今までも学習指導要領等で暗記より思考を問う方向性を打ち出され続けてきたが、高校入学時、少なからずの生徒には結論に近い部分の暗記を奨励されているように受け取られているようだ。組み立て型の良さを教員がメッセージとしては発しても、狭い範囲の手加減された問題を短時間で解くテストが課されれば生徒は違った受け取り方をするのではないか。調査を拡大する際には、このような実態の有無に関しても調べるべきだろう。

本研究が奨める学習姿勢や評価の方法は、それらの実態に合わせて小学校や中学校の算数・数学教育に普及すべきことと考えている。

## B-2 科目名 理系現代文

### 【5年間を通じた取り組みの概要】

平成 25 年度以降の第二期で「思考力」「創造力」育成のために「書く」「読む」が中心であった活動に加えて「話す」「聞く」の活動を重視したカリキュラムを実践してきたことを受けて、平成 27 年度以降「批判的思考力」と、「読む」に基づいた「書く」「話す」「聞く」力を重視したカリキュラムへ修正を加える方向で動いてきた。具体的には、以前は文章読解として文章の要約などを行っていたが、平成 27 年度以降はその文章をもとに複数の問いに対して思考・記述し、それをもとにグループディスカッションを行っている。「読む」「書く」活動については、前期を中心に文章読解を、年度を通して小論文執筆を行っている。「聞く」「話す」活動に関しては、文章読解の前後「メタ認知」「批判的思考力」を重視したグループディスカッションを実施し、平成 27 年度から個人で行ってきた発表はテーマ組成時と最終発表直前に、個人発表を相互評価しあう機会を設けようという試みを実践へ移した。

### 【仮説】

国語と理科の教科連携において、「生徒同士が能動的に考え、話し合い、お互いを受容しあう」ことを重視した環境を整備することで、各種話し合いや相互評価において成果が多い活動を行うことができる。その結果、生徒は個々の活動においても、仲間と築き上げた論理性や批判的思考力を生かすことができるようになる。

### 【対象学年 対象人数】

対象学年：高校 3 年生 理系必修科目（3 単位）

対象人数：34 人

### 【内容・方法】

#### （1）活動の概要

平成 28 年度までの生徒のアンケート等を基にして、国語の「読む」「書く」「話す」「聞く」の四観点をまんべんなく触れることができるように教材や活動を配置した。今年度は特に非連続型テキストの読解にも焦点を当て、文章に限らず多様なテキストを論理的に読み取ることで、後期の発表準備との接続を行った。また、生徒同士のディスカッションを授業の中心に置くことで、「読む」で培われる読解力と「書く」「聞く」「話す」の諸活動で培われる表現力との二者の間にある「思考の過程」を言語化し、他者との共有を行った。

#### （2）年間の活動

前期は文章読解を中心に置いた。文章読解の目的は大きく二つに集約できる。一つは、人工知能・和算洋算・データ解析など理系分野の文章を読むことで、知識習得やその分野における争点を把握し、後期の個人発表に向けて知識や興味関心を養うことである。そのため、前期には並行して知識収集のための新聞スクラップも行った。授業で扱った内容から派生して新聞で情報を収集する、日進月歩である科学の最先端を新聞から窺い知ったことで普段の授業への興味関心が高まる、という相互作用が考えられる。文章読解のもう一つの目的は、(1) で明示した四観点を力を養うことである。各文章には複数の問いが設定されている。

内容把握のための問いから始まるが、そこで終わらず、発展的な問いに対して、個人で思考・記述した後グループディスカッションを行う。ディスカッションで自分の意見を論理的に説明する、また他者の論理に寄り添い傾聴するという段階を経て、より多面的な視野が獲得される。最終的にはディスカッションで洗練された自分の主張とその根拠を小論文等で執筆した。

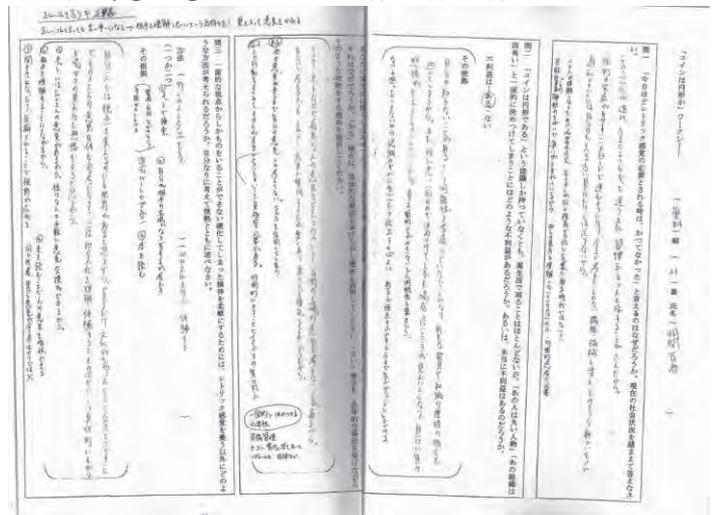
小論文は段階を踏んで深化させた。初めはテーマ型小論文で意見を明確に述べさせ、そのあとに課題文型小論文でより多面的で複雑な問いに対する論述、グラフ等非連続型テキストを用いた小論文執筆を行った。

#### <前期>

授業の概要説明

ルーブリック相互評価

文章読解①～④ ※3 コマ構成で話し合わせる



(写真1 生徒の文章読解ワークシート)

文章読解①～④グループワーク・発表

文章読解①～④まとめ・小論文

小論文テスト【1】 テーマ型小論文

「コンピュータの導入によって取って代わられない仕事とは」

文章読解⑤⑥グループワーク・発表

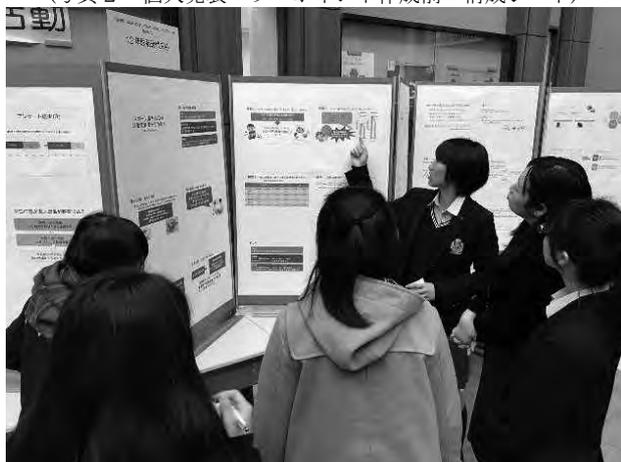
文章読解⑤まとめ・小論文

小論文テスト【2】課題文型小論文1

「科学技術導入の二面性を論じる」  
 ◎発表準備開始  
 個人発表 テーマ決め/発表の構想を練る (1)  
 (2)  
 発表の個人テーマの中間発表  
 発表の構想を練る (3) →探究マップを完成。  
 小論文テスト【3】テーマ型小論文  
 発表の構想を練る (4) →パワーポイント計画書執筆。  
 <夏休み課題>  
 発表のための情報収集・探究マップ・パワーポイント計画書作成  
 <後期>  
 小論文の相互添削、フィードバック  
 小論文テスト【4】(大学入試過去問題を参考に  
 出題。二つの言説の比較と対立の乗り越え方)  
 パワーポイント作成(4時間)  
 パワーポイント 班で相互内容チェック  
 パワーポイント修正日、発表練習(2時間)  
 直前の中間発表  
 パワーポイント修正日、発表練習、口頭発表の心  
 構えの最終確認  
 発表  
 発表振り返り日  
 探究型学習研究会でのポスターセッション



(写真2 個人発表パワーポイント作成前 構成シート)



(写真3 探究型学習研究会発表の様子)

文章読解⑦非連続型テキストの読解  
 文章読解<初見の問題>  
 小論文テスト【5】(大学入試過去問題を参考に  
 出題。非連続型テキストの比較分析)

### (3) 評価方法

平成28年度に引き続き、ルーブリック評価を取り入れた。生徒と教員が共通理解を持つために、試みとして年度初めに一度ルーブリックを用いた相互採点の演習を行った。それによりルーブリック評価の使用方法和基準が生徒の中に内面化された。評価基準の内訳は次の通りである。  
 規準A：思考(含：批判的思考)、知識、内容理解  
 規準B：形式・文章の構成  
 規準C：言語

### (4)発表実績

授業内で行った発表では、調べ学習で終わらないよう、テーマ生成時にワークシートを用いて、資料の対立点や明らかになっていないことに着目させた。中間発表も昨年度の2回から、テーマについての中間発表・パワーポイントの相互確認・パワーポイント利用の中間発表の3回行い、より多面的でバイアスの少ない発表を作る仕組みに変更した。

またこれらの授業内発表について生徒たち自身に相互評価させ、そこで選出された6人の生徒は10月29日探究型学習研究会へポスターセッションの形式で参加をした。

### 【検証・評価】

年間を通しての学びの継続性を、より明確に生徒に提示することができた。今年度から初めての試みとして、テキスト冊子の他にワークシートの冊子を作成した。今まで、ワークシートは毎回配布されるプリントであったのに対し、本年度は一つの冊子に自分の取り組んだワークシートが全てまとまっている形となった。ワークシート執筆時に過去のワークシートのコメントや評価を見返して執筆している生徒も見られ、学びが積み重ねられていることを実感した。また、テキストに年間計画の他にスケジュール表を添付し、先の予定を生徒に書き込ませていくことで、先の授業に対する継続性も意識させることができた。教員が提示した型を活用する段階にとどまらず、年度終わりには一歩踏み込んだ学習を行った。一つの例として、自ら問いを考える学習が挙げられる。最終の文章読解において、提示された問いに解答するだけでなく、「文章内容を理解させるための問い」「教材を起点にした発展的な問い」を考えさせた。良い問いを生み出す力は研究等においても必要になると考える。また、一歩踏み込ん

だ学習として、小論文においては最終的に型を自ら考えさせた。今までは複数の型を提示し、間に合うものを選択させていたが、より問いに正確に答えさせるため、その問いに最も適切な型を自ら考えさせ、小論文を執筆させた。

**【今後の課題】**

図1に関して、肯定的な回答が半数を越さないものとして、問7（文章執筆への抵抗感）が挙げられる。平成27年度は肯定的回答が半数を越さないものは13問あったことを考えると、大幅な改善がなされているが、文章執筆への抵抗感をより軽減する仕組みは必要とされる。問3（文章読解への抵抗感）に関しても肯定的回答がやや少ないことを考えると、力がついたという実感はあること（問4・問8）に対して、心理的抵抗感を取り去る、あるいは主体性を養うという点では、まだ工夫が必要であるように思われる。生徒が率先して文章を執筆・読解することを望むような、動機付けや導入への工夫がその一助となるだろう。

図1 最終アンケートの集計結果  
（平成27年度との比較。カリキュラム発展に伴い質問事項を変更した箇所に関しては、平成27年度の数値はなし）

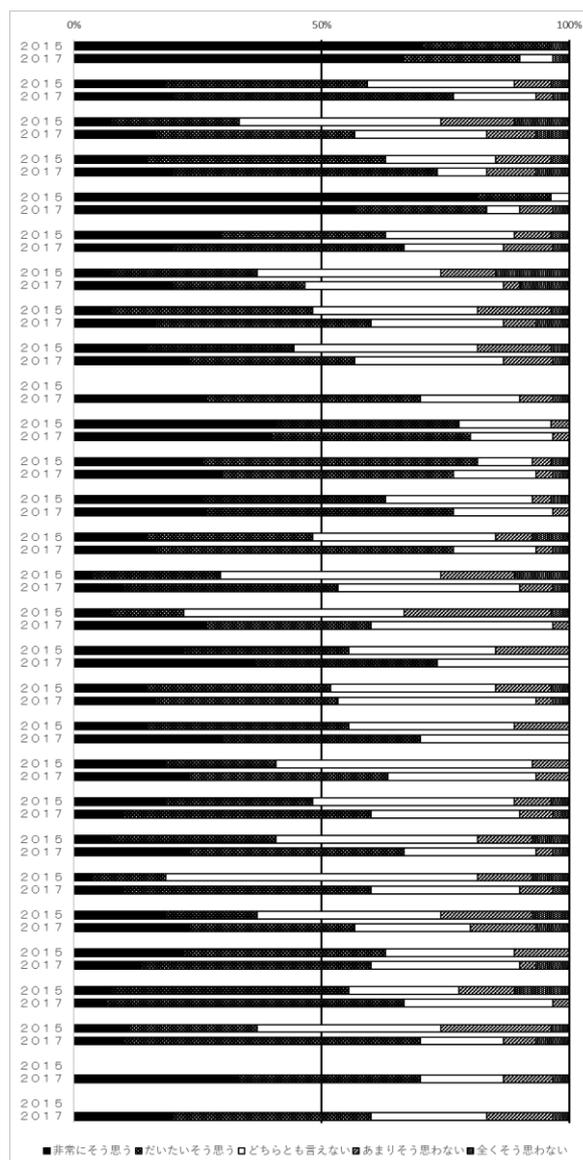
問1	いつもは読まない文章を読む機会が得られた
問2	文章をきちんと読むことができるようになった
問3	文章を読むことに対して抵抗感が少なくなった
問4	文章を読んで内容を理解する力がついた
問5	文章を書く機会が得られた
問6	文章をきちんと書くことができるようになった
問7	文章を書くことに対して抵抗感が少なくなった
問8	考えたことや学んだことを文章に表現する力がついた
問9	考えたことや学んだことを他の人に伝えることができるようになった
問10	他の人の考えたことや学んだことを客観的に聞き取ることができるようになった
問11	科学や技術について考える機会が得られた
問12	科学や技術についての知識が得られた
問13	科学や技術に対する理解が深まった
問14	科学や技術について自分の考えをもつようになった
問15	科学や技術の話題について話ができるようになった
問16	将来の研究活動を支えるために必要な言語の力が持てた
問17	様々な問題に対して自分の意見を持ちつつ、客観的な批判的思考力を持てた
問18	文献研究に取り組む姿勢と方法を身につけた
問19	多面的な視点から見るようになった
問20	情報収集で、真偽を判断するようになった
問21	明示されてない前提や場合分けに気づけるようになった
問22	著者や自分のバイアスを意識して考慮できるようになった
問23	問題の意図を正しく読み取り、的確な解答がかけられるようになった
問24	限定された時間内での意思表示・作業を十分に行えるようになった
問25	自分の傾向や習慣を客観的に見れるようになった
問26	文章読解は文章は読みこなせた
問27	出題意図に沿った小論文を書けるようになった
問28	小論文の型・形式など書き方を定着させることができた
問29	様々なタイプの小論文に対応できるようになった

**【5年間の成果】**

平成27年度と本年度に関して、年度末のアンケート集計結果を比較した（平成26年度以前は、カリキュラム大幅変更に伴い質問項目が異なるため比較できず）。

その結果、図1の通り半数以上の項目でプラスの変化が見られた。問16～18の本科目目標については、平成27年度でやや失敗した問16も大幅な改善がなされ、全て達成されたといえる。問19～25の批判的思考力については、問21（隠れた条件の明確化）・問25（メタ認知）については後退が見られるものの、その他は成果を伸ばし、6つの問い全てで肯定的な回答が半数を越えていることを考えると、達成されたと考えられる。

SSH 第二期の初めから一貫して提示してきた3つの目標に加え、平成27年度からより発展的な目標として意識してきた批判的思考力の育成についても、3年間の取り組みを通じて、高い段階に到達することが出来たと考えられる。



## B-3 科目名 科学英語

### 【5年間を通じた取り組みの概要】

平成 26 年度に開講した科学英語は、「英語を使って理科を学ぶ」という取り組みを、中学 3 年・高校 1 年 2 学年の大部分を占める普通クラスを対象に実施した。科学英語の授業に対して約 6 割が肯定的な意見、実施の意義を感じていると回答している。この実践を踏まえて、授業以外・課題研究授業など様々な部分で利用できる「科学英語冊子（生徒用・教員指導用）」も作成した。研究発表する環境下で英語を使う状況や、科学的な内容についての自分の意見を英語で話す状況等の教材を開発し、国際舞台での英語による科学的な内容でのディスカッション能力を身につけさせることを目的とした。このディスカッション能力を身につけさせる手法のカリキュラムも開発中である。

### 【仮説】

玉川学園 SSH 活動の一環として、育成した思考力を用いた、国際的な舞台での有効なコミュニケーション力の養成が求められる。特に理系技術者・研究者の場合、世界中で同じテーマに沿って研究が進められているケースが数多くあるため、英語を用いた研究内容のやりとりは必須となる。ここで英語をツールとしたコミュニケーション力を身につけるには、対象となる具体物を英語で捉える経験が必要になる。「科学英語」では、生徒が目の中の具体物や現象を英語で描写し、更にそれを他者に対して伝達(アウトプット)することでコミュニケーション力を伸ばすことができると考える。

### 【対象生徒】

課題研究履修生徒、海外研修参加生徒

### 【科学英語概要】

#### ■科学英語冊子-SCIENCE ENGLISH-の作成

#### 【目的】

実践した授業の内容や授業で使用するプリントや説明用スライド、教材のアイディアである。

#### 【授業活用方法について】

- 各授業は1 回50 分、30~40 人規模のクラスに対して、簡単な英語対話が可能な教員2~3 人（うち最低一人は英語のネイティブスピーカー、または英語で実験の指導ができる教員）で指導することを想定。
- 実験は生徒が4 人程度のグループで行う形式に適している、道具や材料が用意できるなら、2 人組や個人で行うことも十分可能。
- 対象となる学年は中学3 年生以上だが、英語の内容を捕捉すれば、実験自体は小学校高学年でも実施できるレベルのもの。
- 逆に英語内容の捕捉がないと、実験操作を理解するのは高校生でも難しく感じる可能性もある。
- 多くの授業は1 回分の授業時間で完結・評価できるが、中には複数回分の授業時間が必要なものや、互いに内容が関連している授業も含まれている。

### 【科学英語の目次】

科学英語冊子の目次を示す。

授業案 1~10 を示した。

「英語で実験道具」という実験 1 から、「液体の密度」等の実験を記載した。

英語で実験することだけではなく、生徒自身が探究的に実験できる授業計画が記載されている。

「授業の概要」、「授業の流れ」、「評価基準」、「説明用スライド」について記載がある。

英語で授業せずとも、日本語のみの授業でも、生徒の探究心は養えると考えている。

#### 目次 Contents

授業 1	「英語で実験道具」 - Do you know the name of lab apparatus? -	4
授業 2	「液体の密度」 - Which liquid has higher/ lower density? -	7
授業 3	「固体の密度」 - Which food has higher/ lower density? -	15
授業 4	「pH①」 - What color did you see? -	21
授業 5	「pH②」 - How do you produce the "rainbow colors"? -	27
授業 6	「ゴム動力ヘリコプターの作成」 - How can you make a high-flying helicopter? -	33
授業 7	「ゴム動力ヘリコプターの飛行」 - How does the height of flight change under different conditions? -	39
授業 8	「立体図形のストローモデル作成」 - How many faces / edges / vertices does your polyhedron have? -	45
授業 9	「ストローモデルの強度比較」 - What are the features of strong structures? -	51
授業 10	前半「ストローモデルの作成と評価」 後半「英語プレゼンテーション」	57 65
	「科学英語-SCIENCE ENGLISH-」授業担当者	77
	謝辞	78
資料		
1	コースイントロダクション	
2	「ゴム動力ヘリコプター」「ストロー多面体」教材マニュアル	
3	英単語リスト	

## 【科学英語授業の流れ】

Introduction から実験結果までの一連の流れを記載した。

授業の流れ	
• Introduction	の文を確認しながら、実験の原理を生徒に理解させる。第2回の授業内容も思い出させつつ、「死海で人の身体簡単に浮くのはなぜか?」などの問いかけから、密度の低いものが浮くということが固体にも適用できることを説明する。(10~15分間)
• 実験道具の確認後、4つの固体の密度の高低がどのような関係になるか予想させる。(5~10分間)	
• 密度比較の実験手順を説明する。例として人参とジャガイモで例示実験を行い、結果をどのように英語で表現するかを説明する。また、英文は複数の表現方法があることも説明する。(約10分間)	
• 実験開始、結果の記録と記入、英語でのやりとりについては第2回の流れとほぼ同じ。	

## 【科学英語評価基準】

科学英語の評価基準を記載した。

カリキュラムに科学英語を導入するためには、

【科学英語カリキュラム】を点数化する必要がある。

そのために評価基準も示した。

各4評価を基本に評価を行う。

評価基準				
評価	English	Results	Consideration	Communication
2点	□ 空欄がほとんどにおいて正しく記入されている(空欄のままや間違えて記入している部分が3箇所以下)	□ 4種類以上の色の作り方が、正しい(過去形の英文で記入されている)	□ 5種類全ての色を、正しく並べて記入している	□ 会話を2回以上している
1点	□ 空欄が半分以上正しく記入されている(空欄のままや間違えて記入している部分が4~8箇所)	□ 1~3種類の色の作り方が正しい(過去形の英文で記入されている)	□ 5種類全ての色を記入しているが並べ方が正しくない	□ 会話を1回以上している
0点	□ 上記のいずれにも該当しない	□ 上記のいずれにも該当しない	□ 上記のいずれにも該当しない	□ 会話をしていない

## 【英語プレゼン各部大枠】

英語でする際、英語で表現方法の型を作成した。英語でのプレゼンテーション能力が低い生徒でも、基本的な型にはめてから応用できるように開発した。

- オープニング、導入部分、
- 内容、
- まとめ、
- 質疑応答部分を一部抜粋する。
- オープニング、導入部分

A. 【オープニング・導入部分】 Opening and introduction	
• 聴衆への挨拶 Greeting	- Good morning / Good afternoon / Hello, everyone/everybody. 「おはようございます / こんにちは、皆様」 - I would like to thank you ***. 「お忙しいところ、お時間を頂き、有難うございます。」
• 自己紹介・グループメンバーの紹介 Introduction	- Hello, everyone. My name is Otakeo. I am in charge of ***. 「みなさんこんにちは、私の名前は Otakeo です。私は***を担当しています。」 - My group members are ~, ~ and ~. 「グループのメンバーは、~、~、~です。」
• 目的を伝える Purpose	- The purpose of our presentation today is to talk about ***. 「本日の我々のプレゼンの目的は、皆様に***についてお伝えすることです。」 - Today, we would like to talk about ***. 「本日は***についてお話しさせていただきたいと思っております。」 - We are going to talk about ***.

## • 内容

B. 【内容 1. Body】	
• 作成したストローモデルの紹介 Introduction of the straw model	- This is our straw model. 「こちらが我々のストローモデルです。」 - Its shape is like a ***. 「サッカーボール / 角錐 / 立方体 / 角柱 のような形をしています。」
• なぜこのモデルの形にしたのか説明 Why we decided to make the model into this shape	- We built our models like this because ~. 「我々がこのようなモデルを作った理由は~です。」 - We wanted to make our straw model ***. 「左右対称な / 頑丈な / 軽い ストローモデルにしたかったからです。」 - We thought if it has many triangles / squares / pentagons / hexagons. ***. 「多くの三角形 / 四角形 / 五角形 / 六角形があれば、たくさんの重りを変えられるようになると思ったのです。」 - We thought that the shape of base / sides of the model should be related ***. 「モデルの 底面 / 側面 の形が強さに関係していると思いました。」

## • まとめ

D. 【まとめ Conclusion】	
• プレゼン全体のまとめとして Summary	- Now I will summarize the point of our presentation. 「これまで話してきた内容をまとめたいと思います。」 - Allow me to explain ***. 「我々のモデルが他よりも優れている点をご説明させていただきます。」 - I'm now going to give a brief summary ***. 「今回の要点を手短にお話しいたします。」
• 実験からわかったモデルの特徴 The features of the model	- As the result, our model is superior to the others in OO, but inferior in △△. 「結果として、我々のモデルはOOにおいて他よりも優れていましたが、△△において劣っていました。」 - We can say that a good point of our model is OO, and a bad point is △△. 「我々のモデルの良い点はOOで、悪い点は△△だと考えられます。」 - The result of the experiment ***. 「実験結果は我々が予想した通りのものでした。」 - The result of the experiment was different ***.

## • 質問応答

質疑応答	
【質問】 Questions	
Functional Questions:	
• How many junctions did you use to build one model?	ジャンクションはモデル1個あたり何個使いましたか?
• How many edges are there in your model?	モデルの辺(edges)の数はいくつですか?
• How many faces are there in your model?	モデルの面(faces)の数はいくつですか?
• How many vertices are there in your model?	モデルの頂点(vertices)の数はいくつですか?
• Where did you put the cello tape on your model?	セロテープはどこに貼りましたか?

## 【科学英語冊子の活用と今後の流れ】

理科の通常授業の中で実施していた科学英語の冊子が完成した。その発展型として、より実践的な科学英語を活用するために課題研究授業の中で実践していく。課題研究の内容・科学的な内容を英語で学習し、自分の意見を英語で話す状況を設定する。科学的な内容を他者に対してアウトプットすることでコミュニケーション力、ディスカッション能力育成を目指していく。また、海外研究の際に、英語でのプレゼンテーションや交流が行われている。この科学英語冊子を用いて海外研修でも活用を模索している。急激な拡大ではなく、各生徒一人ひとりの英語でのプレゼンテーション、交流の様子を確認しながら、学校全体に拡大していきたいと考えている。

## 【5年間の国際性を高める取組み】

### ①玉川学園としての国際性への取組み

玉川学園は教育信条のひとつに「国際教育」を掲げ、7カ国15校の提携校及び50カ国180校を超えるラウンドスクエア校と交流をしている。平成28年度は、11カ国14校から371名を受け入れ、13カ国23校へ399名派遣した。積極的に国際交流活動を展開している。単なる海外交流にとどまらず、課題解決するために英語を利用する理科授業の展開や、海外校との実験研修を実施するなど、国際性を高める取組みにも注力している。

### ②課題研究、海外研修での取組み

平成29年度に課題研究を行っている本校生徒（高校3年生）が作成した論文(数理分野)が「第9回坊ちゃん科学賞研究論文コンテスト」で優秀賞を受賞し、同論文は「海外科学Webアーカイブ」に掲載される予定になっている。また、ロボット部が平成28年度にWRO(世界大会)に出場、平成29年度にはRoboCup世界大会出場を果たしている。ISEF(国際学生科学技術フェア)の日本代表として派遣されるなど、課題研究活動も含め、国際舞台で活躍する機会が増加している。

海外研修では、平成26年度からエシントン校との連携によりオーストラリアでフィールドワークや課題研究も実施し、研修終了後、学内学外発表会でポスター発表を行っている。また、海外研修「Advanced Biotechnology Institute 研修」ではThe Roxbury Latin Schoolと連携し、生物遺伝子学を学ぶ実験研修をアメリカで実施した。

## 【今後の課題】

指導方法の工夫や教材の効果を検証する。  
SSH発表会、学会発表、国際学会等の成果を検証する。

The Essington International Senior College, Charles Darwin University, Northern Territory Department of Education 研修  
2017.7.8-7.15

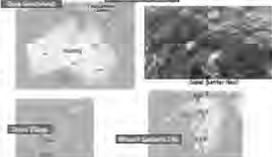
**TETSURO OBARA JAPAN-AUSTRALIA TROPICAL ENVIRONMENTAL STUDIES PROGRAM**  
The Essington International Senior College,  
Charles Darwin University  
Northern Territory Department of Education  
Tamagawa Academy Grade11 Miho Sugiura

**Research question**

I am interested in the Great Barrier Reef which is the largest coral reef in the world, because I am taking part in the TAMAGAWA 55H Coral Research Project. I analyzed the local water of several coral reefs because I would like to find a method to help to grow the coral.

**Introduction**

Coral live in sea shoals where sea water is pure and the temperature is warm, between 18-29 degree Celsius. The coral's body is composed of calcium carbonate. Coral are actually animals but many have plant-like algae called zooxanthellae living in their tissue. There are many kinds of fish and plankton found in coral reef and coral reef supports the ecological system of the sea. But nowadays, because of global warming, coral bleaching is occurring in some areas, and it is becoming a worldwide problem.

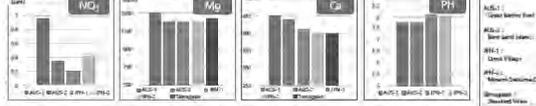


**Research**

I carried out analysis of the local sea water of coral reef at Green Island (Great Barrier Reef, Australia), Bare Sand Island (Australia), Onna Village (Okinawa Prefecture), and Mimami Satsuma City (Kagoshima Prefecture). As the results below indicate, there are differences in the concentration of NO<sub>3</sub> and Ca at the different locations.

The concentration of NO<sub>3</sub> at the Great Barrier Reef was higher than what was found at the other locations. There is a possibility that the eutrophication of seawater of the Great Barrier Reef is advancing. The eutrophication of seawater gives some stress to the coral, and it may be the cause of coral bleaching. At Tamagawa Academy, the TAMAGAWA 55H Coral Research Project's members don't measure the concentration of NO<sub>3</sub> in the water tanks because we strictly control the quality of the sea water. So, we don't have to worry about eutrophication in the water tanks at Tamagawa Academy.

As for the concentration of Ca, the amounts in Australia were higher than what was found in Japan. Ca is involved with the development of the base of the coral, it is said that higher concentration levels of Ca help in the growth of coral. For the reasons stated above, I think that experiments on the changing concentration levels of Ca may be useful in order to investigate the effects on the growth of coral. The concentration levels of Mg and PH were almost identical at the four places.



**Conclusion**

From the results of the analysis of the water in Australia and Japan, there are differences in the concentration levels of NO<sub>3</sub> and Ca. I think that a controlled experiment on the higher levels of Ca may be useful in order to investigate the effect on the growth of coral.

**Acknowledgements**

I would like to express my deepest thanks to Mr. Canon and Dr. Greg for their support and guidance. And I would like to give great thanks to Mr. Koizumi and Mr. Maekawa of KGC Co. Ltd. for their support in the analysis of sea water.

**References**

- Tsuneo Nakamura, "Visual science of coral and coral reef", Seibundo-Shinkosha, Jun 2012.
- Tsuzuro Fukuda and Koichi Fujiwara et al. "Wonder of Australia 100", Hanshin Communications, JUL 2004.

**TETSURO OBARA JAPAN-AUSTRALIA TROPICAL ENVIRONMENTAL STUDIES PROGRAM**  
The Essington International Senior College,  
Charles Darwin University  
Northern Territory Department of Education  
Tamagawa Academy Grade11 Mai Katagiri

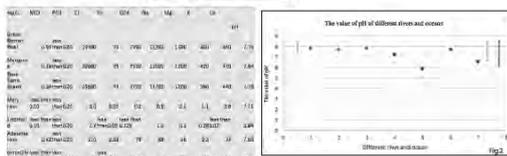
**Research question**

I wanted to do the survey of water quality before going to Australia. After the study program, I decided to focus on the value of pH, compare pH of sea water and river water, compare the pH of Australia and the environmental standard of Japan, and the effect of pH on fish.

**Introduction**

pH is the hydrogen ion concentration index, and can be defined as  $pH = -\log_{10} [H^+]$ . It can tell whether the liquid is acid or alkaline. pH 7 is neutrality. If it is less than 7, it's acid and if it is more than 7, it's alkaline. The mechanism of acid rain is that the air pollutants such as SO<sub>2</sub> or NO<sub>x</sub> become clouds and the rain is including the pollutants and is strong acid. The acid rain can be bad influences on rivers since it can decrease pH.

**Investigation**



**Conclusion**

From the figure 3, we can say that the sea water which is 7.5 is in the 7.42-7.76 because there is less change and it fits with the environmental standard of Japanese sea water. The pH of four water which are 4 and 6 and 7.11 and 7.63 respectively. It fits with the environmental standard of Japanese river water of 6.5-8.5. The pH of sea water was lower compared to 4 and 6 and 7.11 with the environmental standard of Japanese sea water of 7.42 to 7.76. It is also lower than the Ca and Si and Fe. The sea water is cleaner. Sea water is cleaner because sea water has a buffering capacity, the change of pH is small. The change of river water is big. We can predict that it is due to the effect by geology and industrial waste water around the river water. Compared the pH value of sea water and river water in Australia and the environmental standard of Japan, except (Australia), the pH values of sea water and river water fit with the sea or the environmental standard of Japan to the sea or the river water. The pH value of 4 and 6 was 5.68. This value is near the pH value of 6, which stops the next building of alkaline as we can say that the value of 4 and 6 can be bad influences on some fishes.

**References**

- Website of Ministry of the Environment [http://www.wemv.go.jp/]
- The paper of Kazumasa Ikuta: The effect of acid rain on fish, 807-811(1998)

**Learn how to crocodile breeding**

Yuki Kodaira



~Let's know about crocodiles~  
The best known characteristic is that "strong biting power". But crocodile's neck connects with their torso, so they can not bite like a mammal. When they catch their prey, they rotate their body violently, which is called "death roll".  
The body length of the crocodile is different individually, but it is equal to seven times the size from the nose to the eyes.

**Notes on breeding**

**In the case of salt water**

Saltwater can remove pathogens. you should use salinity less than 17 in the pool.

Prepare fresh water for drinking.

**In the case of fresh water**

Transparent water is easier to find ticks than muddy water. But for the crocodile it is better to use muddy water rather than transparent water to hide their body.

It will cause stress of crocodile. \*Crocodile becomes susceptible to disease when water is too turbid.

**the way of breeding**

**Breeding**

Maintain body temperature at approximately 29 degrees.

\*The embryo will die if it exceeds 40 degrees.

**Production of leather**

Make a smooth floor

Avoid breeding in groups

Widen breeding area

**At the zoo**

To get used to noise.

Avoid breeding in groups

**TETSURO OBARA JAPAN-AUSTRALIA TROPICAL ENVIRONMENTAL STUDIES PROGRAM**

The Essington International Senior College,  
Charles Darwin University  
Northern Territory Department of Education  
Tamagawa Academy Grade11 Nao Yasuda Nozomi Ishise

**Reserch question**

How did aborigine inherit their culture?

**Introduction**

The human migration, occurred several hundred years ago resulted the spreading of geometric pattern, which is the method of transmission began in Spanish La Pasiega Cave. There has been discovery of murals which contain such patterns all over the world. The Indonesian and Spanish murals have similarity which proves the human migration. Each group of people adopted to the different environment and changed the people's appearance like skin color or hair color. Also they developed the different cultures in each area. By the production of food those patterns were developed and evolved to the character. The theory of character expanded specifically to the European and Asian area.

**Investigation**

The aboriginal culture couldn't develop the concept of character in the Australian harsh environment. Until the European people discovered the Australian continent, the industrial production didn't launched to this area. There hadn't been the transition of acquisition economy to production economy. In addition the unique tradition, "dreamtime" which he belief to the significance of their original land lead to the stagnation of development.

The point is that people stayed in Eurasian continent was able to develop their lifestyle whereas the people moved to the Australian continent respect the traditional way of living, leading to the no progress of character.

However, as we look closer the symbol of aboriginal art, there are the patterns and those patterns were merged and created one mural.

**Analysis**

Assume that there are the patterns of symbol, it must have some meaning of each symbol, thus creating a mural which is a representative of some factors. Our hypothesis is that some murals were created to leave and inherit the culture for future generations and those patterns were used as "characters" for them to express their culture.



**Conclusion**

From the analysis, we can see that some murals were related to the aboriginal tradition or life-style. As the patterns we see on the symbol, they were used as a character and the new generations took over the cultures from those murals.

**Acknowledgements**

I would like to express the deepest appreciation to Mr. Greg and Mr. Canon.

10/28 (土) 第6回 探究型学習研究会~K-12 一貫教育におけるラーニングスキル育成の体系化にて、研修で採取した水質の分析結果の比較、クロコダイルの飼育方法、アボリジニの特殊性について英語でポスター発表を行った。

## B-4 科目名 PL 英語表現



### 【5年間を通じた取り組みの概要】

第2期SSH指定以降、高校1年生まで「Communication 英語」、「英語表現」の授業を行っている。特に「英語表現」においては、インプットしたものを基にしてアウトプットしていく、つまり生徒が英語で自らの意見や考えを発信していくようにさせることに主眼を置いた授業を展開している。この授業から研究発表する環境下で英語を使う状況や、科学的な内容についての自分の意見を英語で話す状況等の教材開発や連携方法を開発し、国際舞台での英語による科学的な内容でのディスカッション能力を身につけさせることを目的としている。

### 【仮説】

科学的内容のプレゼンテーションを英語で行えるようにするためには、当然、英語力を身につけさせることと論理的思考力を身につけさせることが大切である。また、人前で発表する機会を数多く与えて場に慣れさせることも必要である。そのために、既習の文法事項や単語を使って、まずは自分の身の回りのことなどに関する簡単な発表を英語で行う練習から始め、徐々に分量を増やし、自分の考えを述べるができるようにすることを目標としている。そのために、高校1年次には英語のテキストをまるで自分が書いた文であるかのように暗唱して人前で発表するプレゼンテーションを行う。2年次にはエッセイライティングを通して英語での表現力を高めたり、英語での「就職面接」をテーマにネイティブ教員との1対1のインタビュー対話を行っている。高校3年次になったときにオリジナルのプレゼンテーションができるようにさせたいと考えている。

### 【対象学年 対象生徒】

高校1年生 PL コース。

### 【内容・方法】

#### 1. 授業編成

高校1年生は「コミュニケーション英語Ⅰ」の授業を週3時間、「英語表現Ⅰ」の授業を週2時間行っており、それぞれの教科書を連携させて授業を展開している。「コミュニケーション英語Ⅰ」でインプットしたものを活用して「英語表現Ⅰ」の授業の中でアウトプットさせたり、「英語表現Ⅰ」で学んだ文法項目を基にして「コミュニケーション英語Ⅰ」で長文を読解させたりするなど、英語のインプットとアウトプットの練習を効果的に行っている。週5時間のうちの1時間はネイティブスピーカーのELF (English as a Lingua Franca) 教員とチームティーチングを行い、アウトプットの確認を行っている。

#### 2. アウトプットを意識した授業

「英語の自動化（英語が自然にアウトプッ

トされる）」を目指し、授業時間は極力英語のみを用い、インタラクションを意識した授業を展開している。音読を重視するとともに、自らの考えを口頭で、あるいは文章で表現できる力を身につけさせる練習を積んでいる。授業では、テキストに出てきた英文を何度も音読させた後、インプットした文を活用して生徒自ら作った英文を言わせたり、書かせたりしている。

3. ネイティブスピーカーとチームティーチング：週2時間行われる「英語表現」のうち、1時間はELF教員とのチームティーチングを取り入れている。この時間では、ネイティブスピーカーならではの力を借り、授業で学習した文法事項をもとに、生徒がスピーキングとライティング活動を繰り返し行っている。

### 【検証・評価】

前期前半・・・[紹介・発表]

自分の宝物や大切にしているものについて、その物の写真や絵、実物を用いて紹介をする。

前期後半・・・[紹介ライティング]

興味のある国や地域についての情報を英文でまとめる。

後期前半・・・[対話]、[メールの書き方]

[対話]では、世界の名所を訪れたと仮定し、ペアで対話をする。自然なコミュニケーションがとれるように訓練をする。また、[メールの書き方]では、友人との英文メールという設定で、週末の予定を立てる内容を考える。

後期後半・・・[比較ライティング]

ある問いに対して賛成・反対の立場を決め、比較表現を用いて理由を述べながら自分の意見を英文で書く。またその内容を他の生徒の前で英語で発表する。

身の回りのテーマから始まり、現実世界で対応していける英語力に備え、あらゆる場面を設定する。

### 【成果】

学年が上がるにつれ生徒達の英語力も高まり、意欲的に発表する姿が見られる。また、年に一度行っている、GTECテストの結果にも、生徒達のライティングの力が年々伸びていることが数字で表れている。

### 【今後の課題】

よりレベルの高い課題を与え続けていながら、生徒たちの「英語を使えるようになりたい」という意欲を引き出すと共に、生徒達の英語の四技能の増強を図っていきたい。高校3年次ではより科学的分野でプレゼンテーションができるよう、他の教科と連携を行いながら教員の指導力も磨いていきたい。

# 研究開発教科：テーマ C 構成主義的授業



## C-1 科目名 中学年構成主義的授業

### 【今年度までの流れ】

第2期SSH指定後より、高学年では理科の授業を中心に創造力が発揮できる活用可能な知識の定着を図る手段として、ワンページポートフォリオアセスメントシート（以下、OPPAシートと記す）の活用に取り組んできた。学習者の体験や素朴概念から、自らの試行錯誤や思考実験によって概念を組み立てていく構成主義的授業を展開している。昨年度から、中学年の全学年、全教科でOPPAシートを導入した。すべての教科で取り組むことで、メタ認知能力の育成がより効率よくなることを狙った。

### 【仮説】

構成主義的学習を成立させ、メタ認知能力を育成するために、OPPAシートが有効であり、その結果、新たに学習する科学的概念が、創造力を発揮できる知識として定着すると同時に、思考の仕方（方法・方向・深さ・視点など）をコントロールできるようになると考えた。また、このプロセスに慣れさせることによって、高学年での授業展開によりスムーズに順応することができるようになると思った。

### 【対象学年 対象人数】

5年生～中学2年生の一般クラス 全教科（529人）

### 【内容・方法】

#### 1. 中学年へのOPPAシートの導入

高学年では、平成25年9月からOPPAシート導入の検討を進め、当時山梨大学教授であった堀哲夫先生から指導を受け、平成25年12月より活用を始めた。中学年では平成26年度より、学習の前段階で、最も重要なポイントが何なのかを事前にチェックリストとして配付し、生徒に考えたことを発表させる。また、学習後に学習前に考えたことがどのように変化したかを客観的に考察させる。このプロセスに慣れさせることを目的とし、構成主義的授業展開・メタ認知育成の準備段階の授業展開を行ってきた。平成28年度は引き続き、チェックリストの活用を続けると共に、中1～中学2のすべての教科の授業でOPPAシートを用いた取り組みを始めた。効果的なコメントの書き方や本質的な問いの記述方法を、中学3年～高校3年の取り組みから学び、SSHの運営指導委員でもある堀先生が蓄積されているノウハウも伺いながら活用できる体制となっている。

#### 2. OPPAシートの活用

ここでは、報告者が担当した中学2年生「理科」の「人体」についての単元について報告する。生徒達に「ヒトが生命を維持するために行っていることは何か」という【本質的な問い】を投げかけた。本質的な問いは、単元が始まる前に時間を取って書かせた。ともすると正解を求めてしまう年代な為、「正しい答え」が大切なのではなく、「こ

の単元を学習する前と後で自分の考えがどう変容していったかの客観的に見つめることが大切である」ことを十分に理解させ、単元の学習前に自分が持っている知識やイメージを素直に表現させることに留意した。

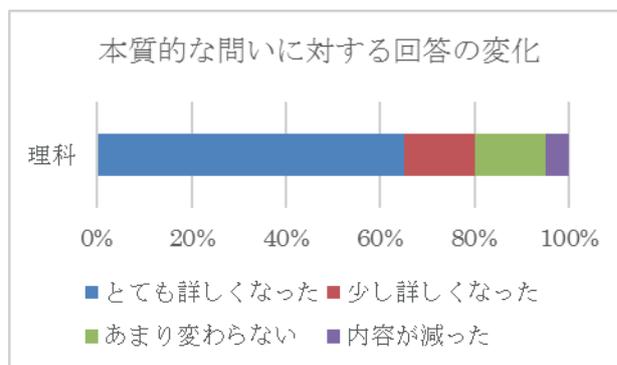
今年是他教科でも取り組んだが、例えば6年英語では「比較級は何か。最上級は何か」という本質的な問いであった。

学習後に記載する「本質的な問い」及び「振り返り」の部分は、単元の学習が終了後、20分程度、十分な時間を取って書かせた。

### 【検証・評価】

本質的な問いに対して、授業前と授業後でどのような変化があるのかが、メタ認知能力が高まったかどうかの1つの判断材料となると考えている。

報告者が担当した中学2年生の理科3クラス（対象95人）のデータを分析した結果は以下のようになった。



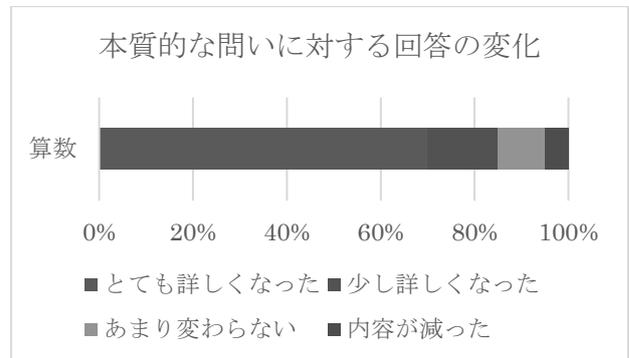
ほとんどの生徒は、学習前に対して学習後のほうが新しく知った用語を使い、具体的に説明できるようになっている。具体的に何人かの内容を紹介する。

< 5年算数の取り組み >

面積の学習を行う単元で OPPA シートを利用した。

面積とは何かという本質的な問いに対して、学習の前後で自分の考えを書いた。いろいろな図形の面積を学習するたびに、その振り返りを行い、構成主義的な力を養うようにした。その日の授業にタイトルをつける部分も、児童によっていろいろな違いが出ていて面白かった。理科の学習では同じタイトルになることが多いし、振り返りの内容も用語を箇条書きしているだけのケースが多いが、算数の授業内容を詳しく書いている児童が多いことに驚いた。算数は、計算式などの公式を書くだけになるのではないかと予想していたが、公式を使う上でのポイントや、面積を変形すること、公式の導き方などにも触れられていてとても充実していた。

本質的な問いに対する学習前後の答えも、以下のグラフのように、学習後は具体的な内容が増えて詳しく説明できるようになっている児童が多かった。おおむね良くなっているのは合計して85%近くあり、OPPAシートを利用して効果があったと期待できる結果といえる。



本質的な問いの回答の中で、別解にふれている児童が多くみられた。面積を求めるのに、まず形を変形して求めやすい形にすることによって気づいた児童が多かった。

四角形と三角形の面積 ~学習の軌跡~

5年 組( ) 氏名

**学習前**

「面積」って何？  
「正方形」や「長方形」という言葉を  
使って説明してみよう。

正方形 = 辺×辺  
長方形 = たて×よこ  
(よこ×たて)  
正方形 5×5=25  
長方形 4×6=24

今日の授業にタイトルをつけるとしたら？

**11/29 平行四辺形の面積**

今日の授業で最も大切だと思うことを、  
自分の言葉や図を用いてかいてみよう。

平行四辺形の面積を  
求める時は底辺×高さで  
求める。

質問や感想があったら書きましょう。

今日の授業にタイトルをつけるとしたら？

**11/30 三角形が平行四辺形**

今日の授業で最も大切だと思うことを、  
自分の言葉や図を用いてかいてみよう。

三角形の面積は、そのままでは  
求められないので、平行四辺形  
や長方形などに変形して計算  
その数を2で割って求める。

質問や感想があったら書きましょう。

今日の授業にタイトルをつけるとしたら？

**1/4 台形が平行四辺形**

今日の授業で最も大切だと思うことを、  
自分の言葉や図を用いてかいてみよう。

台形の面積は、平行四辺形  
に作り変えて求める。  
(上底+下底)×高さ÷2

質問や感想があったら書きましょう。

**学習後**

「面積」って何？  
「正方形」や「長方形」という言葉を  
使って説明してみよう。

正方形は長方形のたてとよこ  
が等しい。平行四辺形や台形は  
三角形を2つに分けて求める。  
面積は...  
長方形 = たて×よこ  
正方形 = 辺×辺  
平行四辺形 = 底辺×高さ  
三角形 = 底辺×高さ÷2  
台形 = (上底+下底)×高さ÷2

今日の授業にタイトルをつけるとしたら？

**12/7 問題集で学んだこと**

今日の授業で最も大切だと思うことを、  
自分の言葉や図を用いてかいてみよう。

私はこれまで三角形の  
勉強が苦手でしたが、問題集  
をやっていて少し勉強が  
楽になりました。これから  
三角形の勉強が楽しくな  
ります。

質問や感想があったら書きましょう。

今日の授業にタイトルをつけるとしたら？

**12/6 高さの等しい三角形**

今日の授業で最も大切だと思うことを、  
自分の言葉や図を用いてかいてみよう。

高さが等しい三角形は、  
底辺が同じであれば面積は  
等しくなる。

質問や感想があったら書きましょう。

今日の授業にタイトルをつけるとしたら？

**12/5 台形が長方形に変形**

今日の授業で最も大切だと思うことを、  
自分の言葉や図を用いてかいてみよう。

台形の面積は、長方形  
に作り変えて求める。  
面積は...  
台形 = (上底+下底)×高さ÷2

質問や感想があったら書きましょう。

学習前と学習後の自分の考え方を比べて

- あなたの考え方はどのように変わりましたか？  
面積は正方形や長方形だけでなく平行四辺形や三角形でも求められるということに  
考えが変りました。
- 自分の考え方が変わったことについてどう思いますか？  
自分の考え方が変わったことについてうれしく思います。それ以外にも図形  
以外の図形の面積の求め方についても知りたいと思っています。

## [ まとめ ]

中学年では、全教科で取り組んでいるのでいろいろな教科の成果を見られた。英語からは本質的な問いが設定しにくいという意見が出た。語学は理屈ではない部分も多く、本質とは何かが難しかった。このような場合にどのような問いが良いのかを今後考えていきたい。

また算数や家庭科などでは、学習の振り返りとまとめに利用できて、効果があったという意見がきけた。理科では、5、6年生は、中学1、2年生ほどは、まだ書けない児童が多いので中学生になったら書き始めるのも良いのではないかという意見があった。

もうしばらく続けていく中で、より効果の高い方法を見つけていきたい。

OPPA シートに取り組ませた結果から、筆者が感じた「学習者にとってのメリット」、「授業者にとってのメリット」をまとめる。

<学習者にとってのメリット>

- ・知識の獲得、変容を視覚化することにより、理解した、変化した自分を知ることができる。(メタ認知)
- ・獲得した知識が視覚化していることにより、単元で学習した項目全体を見て、学習した項目間の関連性が分かり、他の知識との関連づけに発展させられる。(知識の構造化)
- ・知識が身についたという実感により、自己肯定感の獲得につながる。
- ・学習を自己評価することにより、学習への取り組みを反省し、改善につながる。
- ・毎時間のまとめをすることにより、中学生にとっては、学習方法の確立にも役立つ。

<授業者にとってのメリット>

- ・学習者の知識獲得傾向を把握できることにより、授業改善、工夫が可能になる。
- ・学習者一人ひとりの知識獲得傾向を把握することにより、個別指導の効果が向上する。このように、学習者、授業者双方にメリットが多くある。

## [ 成果と今後の課題 ]

OPPA シートを活用すると、構成主義的学習を成立させることができ、同時に、メタ認知能力の育成にも役立つことが分かってきた。今年度はすべての教科で取り組む中で、本質的な問いの設定が難しい教科があることがわかった。特に英語では、比較級最上級の単元の時に、どのような本質的な問いをすべきなのか。英語にとっての本質とは何なのかとても難しかった。また、ほぼ毎授業後に OPPA シートにコメントを書く作業等、教師の負担が大きいことも事実であり、全教科全学年での実施を続けていくためには、今年度の振り返りと、教科や学年に合わせた工夫についても検討していく必要がある。

## C-2 科目名 高学年構成主義的授業

### 【5年間を通じた取り組みの概要】

IBでも取り入れられている構成主義的学習観に基づき、学習場面で生徒が既得の概念(素朴概念を含む)を元に考え新たな局面とともに再構築していく学習を目指し、IBを参考に双方向の学習方法に効果があると仮定し、少人数のIBに対し多数数の一般クラスでの双方向授業を研究開発してきた。OPPAは、紙面上ではあるが毎授業ごとに生徒個人が一番大切だと思ったことを書かせ教員が応答するという最低限ではあるが全員と双方向の授業が確保できる方法で、2期目はまずは高校の理科の必修授業を中心に導入し現在は中学の多数の教科にも波及してきた。しかし、幼稚園からの一貫校、師弟同行から来る生徒教師間の日常的な近さという本校の特徴が、紙面を通じたOPPAのやり取りをかえって形式的で距離観の遠いものにして、教員側も日常的な生徒とのコミュニケーションと比較してしまうため、まどろっこしいという反応が多く見られた。またOPPAのアンケート結果で過半数の生徒が毎授業の一番大切だと思うことを板書を写しているという困った状況もあった。ただ、目立ちにくい生徒に対しても均等にコミュニケーションがとれるメリットは大きく、一般の公立校での多数数授業における構成主義的学習観に基づく教育には効果があると思われる。OPPAで本校で効果が大きいと認められたのは単元の前後での本質的な問いに対する生徒の解答と、その変化に対する生徒自身の学習への振り返りである。高校での2期目後半は、本質的な問いを残し、問いの本質性をあげることと、同時にそれに生徒が対応できる方策を模索した。通常の小テストによって仮に得た知識理解は、本質的な問いに自分で答えられて正しく繋がり、自己肯定感・自己効力感によって初めて定着するものと仮定した。概念の定義の外化として言語化と簡単な活用を知識理解として頻繁に小テストを行い仮に定着させた上で、授業のなかで単元のはじめに多数列挙した本質的な問いのなかから解答させ、その結果を次の授業でフィードバックし自分の考えがある上で様々な別の考えを共有し概念の再構築を行い再度解答させ外化させるといった、双方向授業に相当するような思考力育成を目指した授業の研究開発をしてきた。今年度の批判的思考力テストの結果、昨年度までと比較して課題研究を行っていない生徒の伸びが上昇した。批判的思考力テストと学力テストの相関があることを確認しているため、これらの取り組みが間接的ではあるが効果があったと判断している。

### 【仮説】

IBのカリキュラムを参考に、双方向の授業と構成主義的学習の構築を行えば、創造性が育成される。

### 【対象学年 対象生徒】

中学3年～高校3年

### 【内容・方法】

小テストや単元のまとめテストにより、教わった内容や代表的な問題を再現できるようにさせた。また、言語化するために必要な用語を覚えさせた。これにより、日常的に学習することが大切であることを意識させる。

続いて、小テストなどで得た知識を活用する方法を授業内で練習する。この練習は、単元ごとに本質的な問いを出題し、アクティブラーニングを取り入れながら行う。生徒が自身の素朴概念を明らかにし、科学的概念に変えることが目的であるため、生徒の間違いはできる限り指摘しない。まず一人で考えさせ、そのあと3～4人のグループで話し合い、最後は全体の意見を集約させた。このとき、自分の意見を変えた場合は、それがわかるようにさせた。

この練習を踏まえて、定期試験に本質的な問いを出題し、多方面から考えることや、得た知識をより深めることを意識させる。

図1 振り子の最下点でひもを切ったときの物体の運動(密ひもは軽く、質量は無視できる)

(ア) 初めの高さまで上昇しようとするため①の軌道となる。  
 (イ) 力学的エネルギーの保存により②の軌道となる。  
 (ウ) 運動の方向に運動を続けようとするため③の軌道で直進する。  
 (エ) 運動エネルギーが小さくなっていくため④の軌道となる。  
 (オ) 横方向に運動しつつ重力が働くため⑤の軌道となる。

自分	グループ	全体
イ	イ	オ

図2 曲面から飛び出す物体の運動

(ア) 運動エネルギーを持って飛び出すため①の軌道となる。  
 (イ) 初めの位置と同じ高さまで上昇するため②の軌道となる。  
 (ウ) 力学的エネルギーの保存により③の軌道となる。  
 (エ) 最高点で速度が0になるため④の軌道となる。  
 (オ) 最高点でも運動エネルギーを持つため⑤の軌道となる。

自分	グループ	全体
ウ	ウ	ウ

**本質的な問いに関するグループ学習。**  
自身の意見を変えた場合はわかるように書かせる。

できるだけ多くの生徒に効果がでるよう、生徒が最も勉強に集中する定期試験期間に本質的な問いについて取り組ませよう計画した。

言語化をはかる記述問題を出題し、何度か書き直しを行う学習も授業内に取り入れた。これにより、自身の記述内容をメタ認知させることができる。また、この記述を単元のまとめにテストすることで、学習の定着を図った。

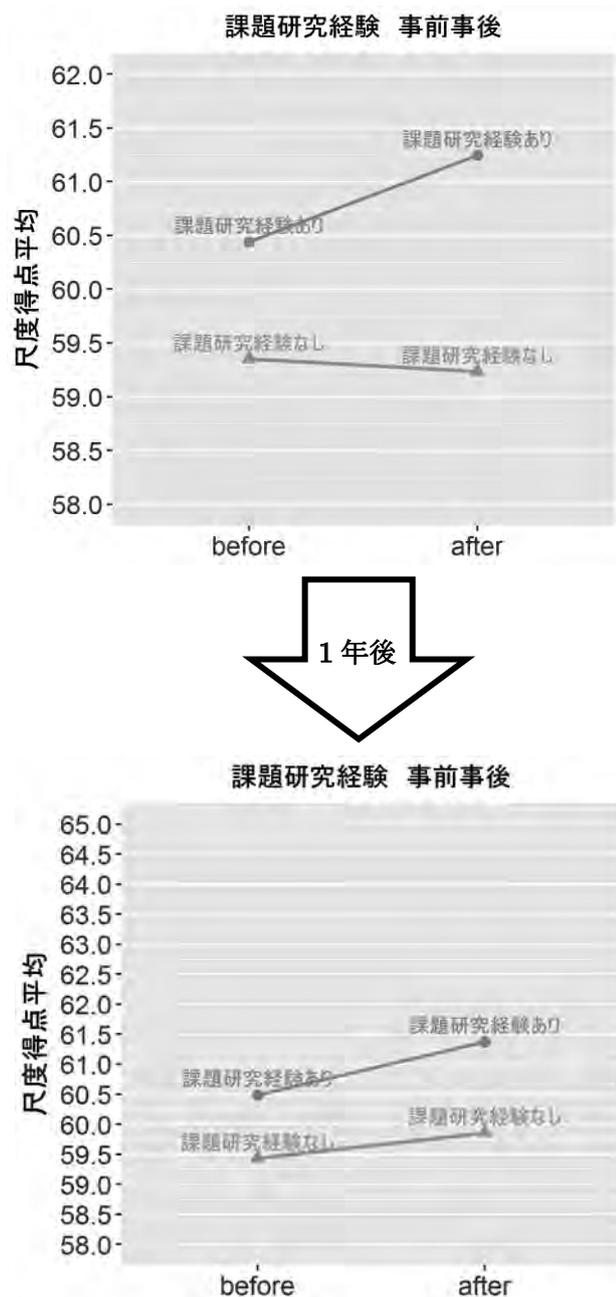
実験に責任を持たせるために、実験を改善する毎に、事前に人為的に使用しない実験データを選別するための『失敗とみなす実験』を事前に列挙



## 【検証・評価】

検証・評価はベネッセ教育総合研究所が京都大学教授の楠見孝先生と協力の下で作った批判的思考力テストの結果を使って行う。

上記で述べたように、双方向授業に相当するような思考力育成を目指した授業の研究開発をしてきた。今年度の批判的思考力テストの結果、昨年度までと比較して課題研究を行っていない生徒の伸びが上昇した。批判的思考力テストと学力テストの相関があることを確認しているため、これらの取り組みが間接的ではあるが効果があったと判断している。



## 【5年間の成果】

構成主義的学習では、OPPAを改良し本校の特質にあわせた方式が効果を上げた判断できた。また、評価方法を大幅に変えることによって、授業内容が変化し、その結果、生徒の学ぶことに対する意識を変化させることができた。実験では、「失敗とみなす実験」を定義させ、実験の改善や実験デザインをさせることで、実験やその結果に対して責任を持たせられるような仕組みを導入することができた。

## 【今後の課題】

双方向の授業を行うなかで、生徒が主体的に取り組まなければ再構成していく学習は難しいことがわかってきた。そこで、どのような課題に対しても常に、自己効力感をもって取り組めるように授業を展開することが必要である。しかし、多くの生徒は初見問題に対して不安や恐怖を持つため、自己効力感を持っていないまま主体性が発揮されないことが多い。それを解消するため、「問題演習の答えを再解釈させる」、「具体化する実験」、「内発的な取り組み」を授業で実践することが必要である。

一般的に問題演習は知識や経験をもとに計算をして答えを出し、その解法を新たな知識として学習する。しかし、この方法で学習を進めていくと、未知の課題に直面したとき、解法の知識のない状況に対する不安や恐怖感がより強まると考えられる。そこで、単に解法の知識を増やすだけのパターン学習をやめ、問題の解答を自身の経験に結び付けて再解釈させ、知識で終わらず日常の経験として学ぶような授業を行う。

未知の課題が日常的に見かけないような問題であった場合、実験がどのように行われると検証が可能か想像し、実際に実験して確認するといった方法も不安や恐怖を解消することができる。授業では、与えられた状況を認識し、実験の計画を立てさせ、観測・測定を行い、結果を見て判断し、実験を見直して検証するといったサイクルを行い、検証する方法を学ばせる。これにより、提示する結果に責任を持つことを学ばせることができ、複雑な課題に対しても自己効力感を持てるようにする。

一方で、未知の課題に対して挑戦してみようかと思わせる仕組みも重要である。そこで、経験にないような複雑で難しいと思わせるような課題を授業中に与え、協働的に取り組む対話的な学習や、能動的な態度を育てる自主的な学習をさせるような授業を展開していく。これにより、普段の授業から不安や恐怖を抱くことのない環境で、未知の課題に触れる機会が増え、主体的な学習につながると考える。

# 研究開発教科：テーマ D 高大連携

## D-1 科目名 倫理

### 【5年間を通じた取り組みの概要】

大学と連携し、概念理解の深化や探究心の育成、高大接続を研究開発する。授業では、教科書で扱う題材を元に、研究者と高校教員が協働して教材開発、指導法の工夫をおこない、生徒が研究者と一緒にディスカッションを行うなど高大協働による高大接続の開発をめざした。今年度は、生命倫理の単元において、事前に高校の教員が授業をおこない、その後、大学教員による講義をおこなった。

(仮説) これまでの取り組みで、生徒は、何らかのかたちでコミュニケーションを取れるような授業形態を欲している意見が得られた。今年度も同様の授業形態を進めていくことにより、生徒の主体的な学習力が向上する。

(実施方法) 高校2年生必修の「倫理」の生命倫理の単元において、高校教員の授業を事前におこない、大学の教員の講義で深化を図る。

(課題) 今後、「主体的・対話的で深い学び」が求められるなかで、知識の量を削減せず、質の高い理解を図るための学習過程の見直し

(成果) 5年間の取り組みの中で、大学教員から教材開発について学ぶ機会が多く、教員の教材、授業展開に質的变化が見られた。

(今後の方針) 「主体的・対話的で深い学び」の構築を継続していく。

### 【仮説】

5年間を通じて、大学教員による講義を毎年実施し、高校教員の教材開発、指導法の改善を図ってきた。これまでの取り組みを踏まえて、今年度は、日常的に高校教員の授業でもディスカッションやグループワークなどの授業を増やし、日常的に主体的・対話的な活動を増やし、大学教員の講義をおこなう。一年間を通して、生徒が主体的・対話的に授業に取り組み、生徒一人ひとりが自分の考えをしっかりとって、他の生徒と意見交換をすることによって、批判的思考力・創造力を育成することができる。

### 【対象学年 対象人数】

高校2年生 219名

### 【内容・方法】

倫理の生命倫理の単元でのグループワーク（調べ学習）、ディスカッションの授業を展開した。その後、大学教員による講義をおこなった。

グループワークでは、生命倫理の用語を生徒が調べ、グループごとに内容について確認し合い、最後に演習問題で確認をした。また、ディスカッションでは、以下のテーマでグループごとに話し合いをおこなった。また、それぞれの学習方法により、学習成果があったかどうか、生徒にアンケートをとった。最後に、大学教員の講義を受け、生徒が講義にどう取り組んだかをアンケートをとった。

#### 1. グループワーク（調べ学習）による学習

1 グループあたり、5～6名のグループを作り、「倫理の現代社会の諸課題」の生命倫理や環境問題、情報化社会などの課題について、各グループで内容を調べ、議論させた。

#### 2. ディスカッション学習

1 グループあたり、5～6名のグループを作り、以下の生命倫理の課題について、議論させた。

テーマ例

- ・日本で安楽死の制度を取り入れるべきか？
- ・出生前診断を利用するかしないか？
- ・あなたは、代理出産を利用するか？

#### 3. 玉川大学文学部国語教育学科 林大悟准教授による講義

講義テーマ

「倫理の面白さって何？

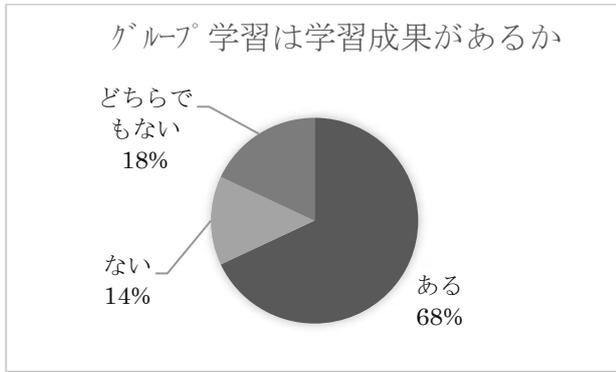
ー臓器移植をテーマに考えようー」



### 【検証評価】

#### 1. グループワーク（調べ学習）による学習

グループワークの学習成果について、生徒の意見をまとめた。



「学習効果がある」を選んだ生徒の自由記述

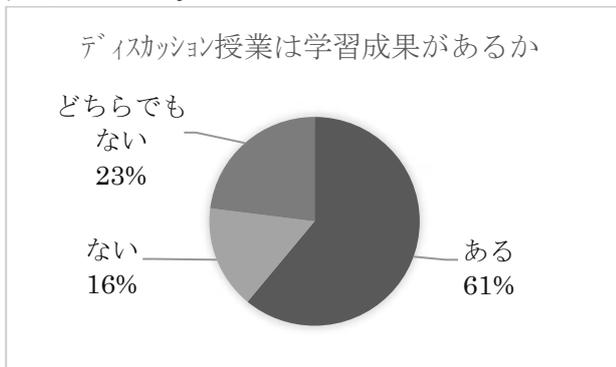
- ・聴いているだけだと頭に残らないが、自分たちで調べて書くことで頭に入ってくる。
- ・理解しやすかった。話し合っているとわからない箇所も説明し合える
- ・様々な意見を聞けて、自分の考えが広がった。
- ・グループ内でお互いに調べた内容を共有する際に、質問されて、何がわかっていないかを明確にできた。
- ・一つひとつの項目を自分で調べるのはたいへんだが、大勢でやれば分担して調べられるので、1つの項目をより深く調べられて理解が深まった。
- ・他の生徒の理解度がわかって、学習の目安になった。

「学習効果がない」を選んだ生徒の自由記述

- ・グループのメンバーの中で、あまり調べていない人がいると、よく理解できないことがある。協調性がないので苦痛であった。
- ・分担すると、他人の調べた内容を書き写すだけになり、自分が調べた項目以外の理解が深まらない。

## 2. ディスカッション学習

ディスカッションの学習成果について、生徒の意見をまとめた。



「学習成果がある」を選んだ生徒の自由記述

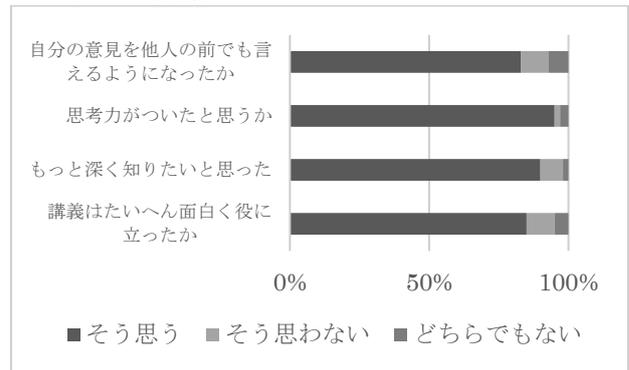
- ・自分の意見を友達に説明するので、記憶にも残る。
- ・議論が白熱して、授業が終わった後にも話し合

った。

- ・議論を通じて、自分の浅はかな考え方を見直した。
  - ・どう考えれば良いか、わかった気がした。
  - ・単純に、良い、悪いでは片付けられない問題であることを認識した。
- 「学習成果がない」を選んだ生徒の自由記述
- ・ノートが取りにくい。
  - ・先生の授業で解説した方が効率が良い。
  - ・グループにより議論が進むグループとそうでないグループの格差があった。

## 3. 玉川大学文学部国語教育学科 林大悟准教授による講義

アンケート結果



生徒の自由記述

- ・大学の先生は専門的で内容が高度であった。高校の先生も新聞や映像を例にして非常にわかりやすい
- ・大学の先生は具体的な数字を提示して考えさせようとしていた。
- ・生徒への呼びかけ、質問の仕方がうまい。



### 【成果と今後の課題】

一斉授業形式でない授業であっても、試験の結果は、以前の定期試験よりも点数が高く、特に、遅進者の点数が高かった。ただ、グループ学習はグループごとの格差があり、教員の指導を的確におこなう必要がある。

## D-2 科目名 SSH 科学

### 【5年間を通じた取り組みの概要】

SSH 科学は平成 20 年度から玉川大学脳科学研究所と連携し、脳科学研究教員により、脳の発生過程から脳科学の先端科学まで、高校過程では学習すること出来ない脳科学研究内容について講義・研修を実施してきた。開講初期は講義形式中心で授業展開が行われてきたが、昨年度のアンケートを見ると、科学的興味関心は高められるが、探究的な実験授業展開に課題が残った。

実験・実習を多く導入し、仮説設定・実験方法の検討・実験結果からの考察を重視し、脳科学研究を含めた探究的な授業展開を検討実施した。実験に対する興味関心を高めるだけではなく、まだ解決されていない部分を体感させ、生徒自身が主体的に学ぶ必要性を認識できることを大切にし、生徒同士で対話する場面を多く設定することで、生徒自身が授業に対して積極的に取り組める環境を設定している。

### 【仮説】

玉川大学脳科学研究所や玉川大学農学部の教員から直接講義・研修を受ける。高校過程の通常授業では扱わない内容を学習する。大学以降の研究に対する興味・関心を高める事とともに科学的事象に対する研究意欲を高める。また実験・実習を多く導入した。将来大学で通用する科学的な考え方についての探究的な思考を育成できると考える。

仮説設定・実験方法の検討・実験結果からの考察を重視し、脳科学研究を含めた探究的な授業展開を導入する。生徒自身が「探究的課題設定解決」の重要性を認識させる。

### 【対象学年 対象人数】

高校 3 年生履修希望生徒

### 【内容・方法】

生徒は「脳の発生過程から脳科学の先端科学」について玉川大学脳科学研究所の先生から直接指導を受ける。講義のみに限らず、実験や実習を数多く導入し、構造・発達・機能を中心とした授業を展開した。

毎授業ごとに課題レポート提出を必須としている。課題冊子内に「実験の仮説」「実験結果の検証方法考察」について記載させた。ただ、実験に対する興味関心を高めるのではなく、生徒自身が主体的に学ぶ必要性の認識を重視した改善を図った。生徒同士で対話する場面を多く設定した。生徒自身が授業に対して積極的に取り組める環境を設定した。また将来大学などの科学的な考え方についての探究的な授業展開を導入した。

### 1：指導計画

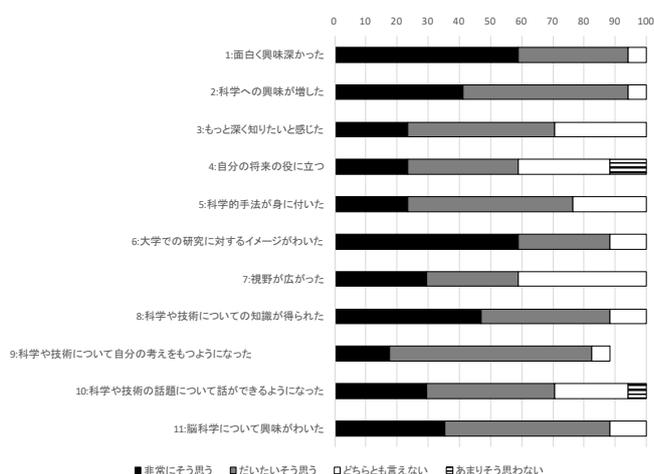
授業テーマ	内容	留意点
・皮膚感覚の生理的メカニズム	・感覚とは何か ・感覚の分類 ・特殊感覚・化学感覚	
・皮膚感覚の生理的メカニズム ・カイコの外部形態の観察(1)	【実】2点間弁別閾の実験 【実】カイコ5齢幼虫の外部形態の観察(1)	<b>留意点</b> 生き物の扱い方
カイコの外部形態の観察(2)	【実】カイコ5齢幼虫の外部形態の観察(2) (KW:体節、気門、斑紋、脚)	<b>留意点</b> 生命倫理、麻酔法 麻酔法
カイコの内部構造の観察	<復習>カイコ外部形態 【実】カイコ5齢幼虫の内部構造の観察	<b>留意点</b> 実験手技(ピンセット)の習得 実験手技(ハサミ等)の習得
カイコの蛹の観察	<復習>カイコ内部構造 【実】カイコ蛹の雌雄弁別	
ディスカッション	<復習&ディスカッション>なぜ雌の蛹は大きい(重い)のか?	<b>留意点</b> グループ内で自分の意見をまとめる、発表する
脳の観察(1)～鳥類(鶏)～	【実】鶏の脳(水煮)の観察	<b>留意点</b> 鳥類と哺乳類の脳の共通性と違い気付く

ディスカッション	<p>&lt;ディスカッション&gt; カラスに見えないごみ袋とは、その原理は？</p> <p><b>留意点</b> グループ内で自分の意見をまとめる、発表する</p>
脳の観察（２） ～鳥類（鶏）～	<p><b>【実】鶏の脳（生）の観察</b></p> <p><b>留意点</b> 生の脳を見るための解剖手技の習得と脳の特徴</p>
脳の観察（３） ～鳥類（鶏）～	<p>&lt;復習&gt;鶏の脳（生）の観察</p>
DNA塩基配列と個性	<p><b>【実】DNAのコード読み体験実習</b></p> <p><b>留意点</b> 個性に及ぼす遺伝と環境について理解する</p>

### ■授業展開

生徒は「脳の発生過程から脳科学の先端科学」について玉川大学脳科学研究所の先生から直接指導を受ける。脳構造だけではなく、「皮膚感覚の生理メカニズム」「カイコを用いた生物の外部形態」についても学習する。講義のみに限らず、実験や実習を数多く導入し、構造・発達・機能を中心とした授業を展開した。また、授業をまとめる際に「復習とディスカッション」を設けた。グループ内で生徒一人ひとりの意見をまとめる、発表する能力を育成することを重視した。毎授業ごとに課題レポート提出を必須としている。課題冊子内に「実験の仮説」「実験結果の検証方法考察」について記載させた。ただ、実験に対する興味関心を高めるのではなく、生徒自身が主体的に学ぶ必要性の認識を重視した改善を図った。生徒同士で対話する場面を多く設定した。生徒自身が授業に対して積極的に取り組める環境を設定した。また将来大学などの科学的な考え方についての探究的な授業展開を導入した。

### [ 検証・評価 ]



検証方法として履修者にアンケートを実施した。

#### ■1～11でのアンケートについて

アンケート選択内の「非常にそう思う」「だいたいそう思う」の肯定的な回答がほとんどを占めており、良好な結果となっている。9,10 質問項目に関して昨年度同様肯定的な回答が得られた。

昨年度と同様のカリキュラムに加え、【実験仮説、結果考察方法】など課題冊子を通して、生徒自身がどのように学ぶかなど明確に意識づけることができたと考えられる。今年度から、「グループディスカッション」「全体での発表」等のカリキュラムを加えたことも要因と考えられる。

「大学での研究に対するイメージがわいた」項目に関して、「非常にそう思う」「だいたいそう思う」の肯定的な回答がほとんどを占めており、高大連携授業として大変有意義なカリキュラムになっていることが考えられる。

#### 【5年間の成果と課題】

開講初期は講義形式中心で授業展開が行われてきたが、昨年度のアンケートから、科学的興味関心は高いが、探究的な実験授業展開に課題が残り実験・実習を多く導入し、仮説設定・実験方法の検討・実験結果からの考察を重視し、脳科学研究を含めた探究的な授業展開を検討実施した。それに伴い実験仮説・方法の検討・結果考察を重視し、探究的な授業展開ができた。生徒自身が「探究的課題設定解決」の重要性を認識することができた。生徒同士の対話も効果が確認できた。将来大学で通用する科学的な考え方についての探究的な思考を育成できるカリキュラムができたと考えられる。

今後は、この大学連携授業展開を、各学年の理科授業等に拡大、連携するかが重要であり課題と考える。

## D-3 SSH 特別講話 SSH 研修

**【5年間を通じた取り組みの概要】** 玉川学園は、大学附属校として、第1期SSH活動開始から高大連携が行われている。SSH 特別授業は玉川大学農学部などの理系専門的な知識の講義に加え、実験・実習も行われている。ただ、文系理系が混在しているなかで、理系文系まじりあっている学際領域の脳科学分野について特別講義も行っている。昨年度から企業の関係者を招き特別講義も実施し、学際領域だけでなく企業の考え方も加えたキャリア教育・創造力・探究心の育成を目指している。科学的な内容に限らず、他の分野の研修にも参加させることで、環境問題や貧困問題など世界の諸問題に目を向けさせたい。多面的に物事をみることの重要性を生徒に伝えている。この中で、自分の研究の目的を意識させ、その目的に沿った主体的な研究活動に向かうように仕向けるカリキュラム開発中である。

### 【仮説】

玉川大学、玉川大学脳科学研究所をはじめとして他大学および企業等と連携し、大学生・研究者・企業人から講義を受けたり一緒にディスカッションしたりすることにより、今まで学習した内容や考え方が将来どのように関係しているのかなど概念理解を深めることや批判的思考力・創造力を育成することができる。

### 【対象学年 対象人数】

中学1年～高校3年生※学年など限定する場合特別授業もある。

### 【内容・方法】

指導計画 中学3年生～高校3年生学年全員対象 SSH 特別講話

学年	日時	講演タイトル	講話
中3年	11月18日	【AIって何？ ロボットと暮らす未来の社会】	玉川大学 工学部 岡田 浩之先生
高1年	11月18日	【ロボットとAIが創る未来の社会】	玉川大学 工学部 岡田 浩之先生
高2年	1月27日	倫理の面白さって何？ ～臓器移植の問題を例に考えよう～	玉川大学 文学部国語教育学科 林 大悟先生
高3年	9月30日	【10 things of my life】	グーグル株式会社 山本 裕介先生
中3年	2月10日	【SSH 生徒研究発表会】 ※高校1・2年生 卒業生が中学3年生対して(SSH 課題研究発表会)・(SSH 活動報告)・(大学生生活とSSH活動との関係)について発表を行う。	玉川学園高等部 高校1年生・高校2年生 卒業生(大学1年生)

### ● 中学1年～高校3年 SSH 特別授業 研修

学年	日時	講演タイトル
高校1年生	5月25～27日	伊豆大島研修
中学3～高校3年希望生徒	6月4日	東大リサーチ駒場キャンパス公開研修
高校2年希望生徒	6月25日～ 7月16日	Advanced Biotechnology Institute 研修
中学3～高校3年希望生徒	7月1日	日本科学未来館研修「現代科学・未来科学の探訪」
高校2年生希望生徒	7月8日～ 7月16日	豪州・エシントン校熱帯環境学習プログラム
中学3～高校3年希望生徒	7月26～27日	高大連携【サイエンスサマーキャンプ】
高校1年～高校3年希望生徒	8月9～11日	【Innovation Campus in つくば 2017】
中学1～高校3年生希望生徒	9月16日～17日	玉川学園文化祭【SSH 実験ラボ】
中学3～高校3年生希望生徒	11月3日	大隅良典教授講演会
高校1～高校2年生希望生徒	11月12日	科学の甲子園 東京大会
高校1年～高校3年生希望生徒	11月25日	日本医療研究開発大賞記念講演会
中学3～高校3年生希望生徒	12月2日	セコム株式会社【顔認証技術の最前線 ～企業研究の現場から～】
中学3～高校3年生希望生徒	3月2日	SSH 地学研修

【 検証評価 】

(1) 中学 3 年生～高校 3 年生学年全員対象 SSH 特別講話



A～B：最先端科学技術・企業社会で必要な力に対する興味関心

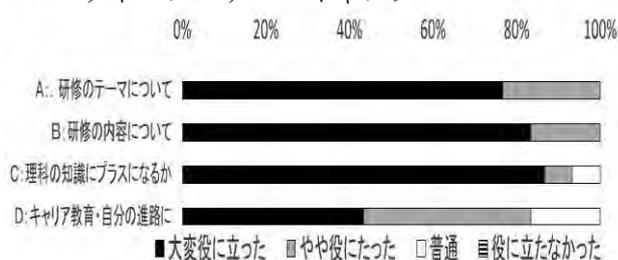
昨年度同様、各学年全員対象の SSH 講話内容に関して、約 7 割以上の生徒が、役に立ったと解答があった。理系文系生徒が同時に聴く状況の中で高い割合になったことに関しては、理系研究者だけではなく、企業の方々など多面的なテーマにしたことがこの結果になったと考えられる。高校 3 年生においては約 8 割ほどが役に立ったと解答している。

C～D：キャリア教育・将来ビジョン

昨年度同様約 6 割～7 割程度が役に立ったと解答があった。しかし D の「自分の進路」に関しては、役に立ったと約 5～6 割以上が解答しているが、普通と解答している生徒も目立った。SSH 講話は教科等における学習の成果で「何を知っているのか」を認識していることを、将来「どのように利用され、何ができるようになるか」にまで意識している。将来どのように関係しているのかなど概念理解を深めることや批判的思考力・創造力の重要性を認識していると考えられる。

(2) 中学 1 年～高校 3 年 SSH 特別授業(アンケート結果を一部抜粋する)

・サイエンスサマーキャンプ



昨年度同様、質問項目に約 8 割以上の生徒が役に立ったと解答している。【食品に含まれるインフルエンザウイルスの感染を防ぐ作用について】【果実の品質と食味】について研修を行った。普段身近に感じる題目であり、身近なテーマで実施した。【ウイルスとは何か】・【甘さとは何か】といった根本的な部分を考えさせ、実際に測定することを行い、データ解析から結果を考察した。身近なテーマを科学的に解明できるように探究的に研修が行われた。科学的思考と大学研究含めてキャリア教育にとって大変有意義な研修となった。

# 科学系クラブ 中高連携課題研究

## サイエンスクラブ

### 【5年間を通じた取り組みの概要】

サイエンスクラブは、理科系の自由研究（総合的学習）から発展してできた課外活動であり、創部12年目となる。創部当初から、各自がテーマを見つけて主体的に取り組む「課題研究」を主としており、生徒達は、化学・生物・物理・地学から興味に応じてテーマを設定し研究に励んでいる。

創部当初はテーマ設定や研究の進め方に苦労した。クラブの生徒には難しいテーマに取り組みせようとしていた時期もあったが、SSHに指定されて他校の発表を聞くようになり、それらを参考に試行錯誤した結果、生徒自身が考えた仮説を尊重しながら研究を進めることが生徒の力を伸ばすのに最も適していると考えようになった。創部5年目（SSH1期目の3年目）頃から、ようやく研究活動が安定して行えるようになり、1年間のスケジュールも固まり、現在は、学外コンクールや大会、SSHの発表会や学会等、1年間の中で複数の目標を設定しながら生徒の意識を高め、研究を深めている。

SSH2期目からは、部内での発表会も頻繁に行うようになり、小さな目標も立てやすくして、研究が更に進むようにしたと同時に、部員間でお互いの研究に対してアドバイスをしあう機会が増えたことで、どのような分野に対しても思考力を養う機会を持つようになった。

創部当初から、日本学生科学賞などの論文を応募するコンクールを目標として活動してきたが、SSHに指定されたことで、SSHの発表会に参加してポスターや口頭発表もするようになり、SSH2期目からは、日本化学会・農芸化学会・植物生理学会・日本物理学会など様々な学会のジュニアセッションでも発表するようになった。

SSHに指定されてからの10年間で、課題研究を深める手段が定着し、特にSSH2期目の5年間での成果は顕著であり、世界へ進出する機会も増やすことができた。

### 【仮説】

課題研究で、自ら試行錯誤する過程を大切にすることによって「課題を解決する力」が養われると考えている。サイエンスクラブの生徒は、課題研究にかかる時間を多くとれるため、粘り強く取り組み、自ら考え・学び・解決方法を探す姿勢を大切にさせている。教師は、生徒の考えに対し、矛盾を指摘することで、生徒の思考力を更に引き出せると考えている。

また、論文作成や発表の機会を多く設けることで、整理しまとめる力、プレゼン力、質問する力を養っている。

これらすべての取り組みを通して、創造力と批判的思考力を育成できると考えている。

### 【対象学年 対象人数】

小学5年生から高校3年生までを対象としており、8学年の児童・生徒と一緒に活動している。

今年度の登録人数は10名（小学5年生1名、中学1年生1名、中学2年生3名、高校1年生4名、高校2年生1名）

### 【内容・方法】

活動日は週4日、個人研究を基本としている。分野にとらわれず、身近な疑問等について、自分の経験やこれまでの知識をもとに仮説をたてながら、テーマを決めさせている。同じような分野の研究をおこなっている上級生から器具の使い方などを教わりながら、研究を進めている。

研究の活性化と発表・質疑応答の練習の場と

して、週に一度、部内発表会を実施している。生徒は、1カ月から1カ月半に一度、自分が発表する順番がまわってくる。自分の発表以外の時は必ず質問するようにして、他人の発表に対しても論理的に話が展開されているかを意識させ、思考力を養うようにさせている。

入部して1年を経過した生徒は、学外コンクールへの参加を義務付けており、研究を進めるペースメーカーや目標とさせている。日本学生科学賞への論文提出を義務付けているが、その他、SSHや学会のジュニアセッション等にも積極的に参加させ、ポスター発表や口頭発表も経験させている。ロボットの研究をしている生徒は、ロボット実技の大会として、ロボカップジュニア大会にも参加している。2020年に本大会を開催予定のWorld Robot Summitも今年度から始まったので、参加している。

また、毎年夏に開催される玉川大学主催のイ



普段の活動のようす

ベントでは地域の小学生に理科実験を紹介する講座を担当している。

年間スケジュール \*印は全員が関わるもの

月	活動内容 (平成 29 年度)
4	新入部員の勧誘 新入部員のテーマ決め・基礎実験
5	ISEF2017 参加 (ロサンゼルス)
7	ロボカップ世界大会 (名古屋)
8	ワールドロボットサミット@スクール部門 *玉川大学工学部主催「小学生理科教室」手伝い 「実験講座」を1講座担当
9	*読売新聞社主催「日本学生科学賞」論文応募
10	化学グランドコンテスト
11	ロボカップジュニア神奈川・西東京ノード大会
12	ワールドロボットサミット@ホーム部門 (タイ) *SSH 東京都指定校合同発表会
1	ロボカップジュニア 関東ブロック大会
3	*SSH 関東近県合同発表会 日本化学会、農芸化学会、日本物理学会 等 各種学会のジュニアセッション



World Robot Summit のようす  
(ペッパーを使った競技)

### 【 検証・評価 】

創部当初から、日本学生科学賞などの論文を応募するコンクールを目標として活動してきたが、SSH に指定されたことで、SSH の発表会にも参加し、ポスターや口頭発表をするようになった (SSH 1 期目)。ポスター・口頭発表では、その場で質問やアドバイスがもらえるため、自分の研究へのフィードバックがしやすく、研究を深めるのに役立っている。SSH 2 期目からは、日本化学会・農芸化学会・植物生理学会・日本物理学会など様々な学会のジュニアセッションでも発表するようになった。また、参加した発表会や学会では、他校の発表に対し質問する姿も増え、日頃の部内発表会での成果が見られた。

このように発表の場が多くあることは、生徒たちにとって良い目標となっており、粘り強く考えて、自ら困難を解決しようとする力がついたと感じる。その結果が、コンクールなどの成果にもつながっていると考えられる。

課題研究を通し、自分で仮説を立てたりデータを使って考察したりする力、さまざまな可能性を考え、その中から自分で答えを導き出す力、自分の意見を相手に伝える力、失敗しても諦めない姿

勢など、あらゆる場面で必要となる力が生徒たちに養われており、それは、クラブ以外の事柄にも活かされていると考えられる。

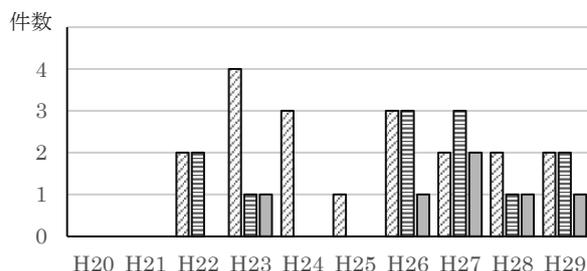
### 【5 年間の成果】

年々、研究を深めることができようになり、SSH 1 期目では入賞しにくかった日本学生科学賞の「高校生の部」に、平成 26 年度 (SSH 2 期目の 2 年目) からは毎年入賞できるようになった。さらに、平成 26 年度 (SSH 2 期目の 2 年目) からは日本学生科学賞の中央 (予備) 審査に毎年進出できるようになり、平成 28 年度 (SSH 2 期目の 4 年目) には、ついに中央最終審査で科学技術振興機構賞を受賞し、日本代表として ISEF (国際学生科学技術フェア) 2017 に出場を果たした。

### 日本学生科学賞 入賞件数

	年度	日本学生科学賞		その他論文入賞	特記事項
		都大会			
		中学生	高校生		
SSH 1 期目	H20			1	第 14 回サイエンスグランプリ (東京 B 地区) 佳作
	H21				
	H22	2	2		
	H23	4	1	1	中学生の部 中央審査 入選 3 等
SSH 2 期目	H24	3	0	1	学芸サイエンスコンクール 努力賞
	H25	1	0		
	H26	3	3	1	中学生の部 中央審査 入選 1 等
	H27	2	3	2	中学生の部 中央審査 入選 1 等
	H28	2	1	1	高校生の部 中央審査 科学技術振興機構賞 → Intel ISEF 2017 出場
	H29	2	2	1	

### 日本学生科学賞 入賞件数



ISEF に参加したときのようす  
(他国の高校生に英語でプレゼン)

ロボット実技の大会として参加しているロボカップジュニア大会でも、平成 23 年度（SSH 1 期目の 4 年目）から日本大会に進出できるようになり、平成 26 年度（SSH 2 期目の 2 年目）には日本大会で準優勝、平成 27 年度（SSH 2 期目の 3 年目）には日本大会で優勝し、念願の世界大会進出も果たした。翌、平成 28 年度（SSH 2 期目の 4 年目）も世界大会に進出することができ 2 年連続で世界大会出場を果たした。



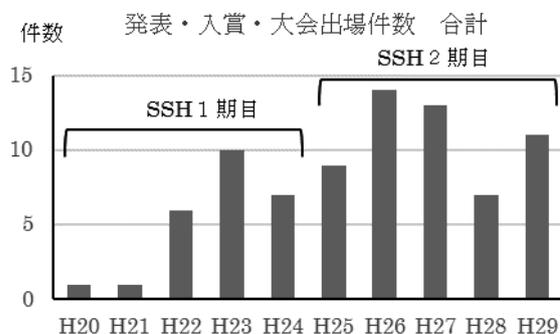
ロボカップ世界大会のようす  
(他国の選手とも交流)

学会についても、SSH 1 期目は日本化学会主催のものしか参加していなかったが、平成 25 年度（SSH 2 期目の 1 年目）から植物生理学会に、平成 26 年度（SSH 2 期目の 2 年目）から農芸化学会に、平成 29 年度（SSH 2 期目の 5 年目）から日本物理学会に参加するようになり、参加する学会の種類を増やし、参加する生徒も増やすことができた。さらに、平成 27・28 年度（SSH 2 期目の 3・4 年目）には、学会でポスター賞などを受賞することができるようになった。

#### ロボット大会・学会発表の実績

	年度	ロボカップ		学会発表 SSH 以外	特記事項
		関東	日本		
SSH 1 期目	H20	0			
	H21	1			ロボカップ関東大会 初出場
	H22	2	1		ロボカップ日本大会 初出場
	H23	1	1	4	ロボカップ日本大会 3位 日本化学会 発表会 参加開始
	H24	1	1	2	化学グランドコンテスト参加開始
SSH 2 期目	H25	1	1	7	化学グランドコンテスト ポスター賞 ロボカップ日本大会 口頭プレゼンテーション賞 植物生理学会 発表会 参加開始
	H26	2	2	6	ロボカップ日本大会 準優勝 農芸化学会 発表会 参加開始
	H27	2	2	6	ロボカップ日本大会 優勝 → 世界大会出場 日本化学会発表会 ポスター賞
	H28	1	1	3	ロボカップ日本大会 準優勝 → 世界大会出場 日本化学会発表会 ポスター賞・GSC ジュニア賞
	H29	1		5	日本物理学会 発表会 参加開始

このように、SSH に指定されてからの 10 年間で、課題研究を深める手段が定着し、成果も出せるようになった。特に SSH 2 期目の 5 年間で成果は顕著であり、日本学生科学賞での入賞件数・学会発表の参加数・ロボット大会での関東大会以上への進出数の合計は、SSH 1 期目を上回る数になっている。

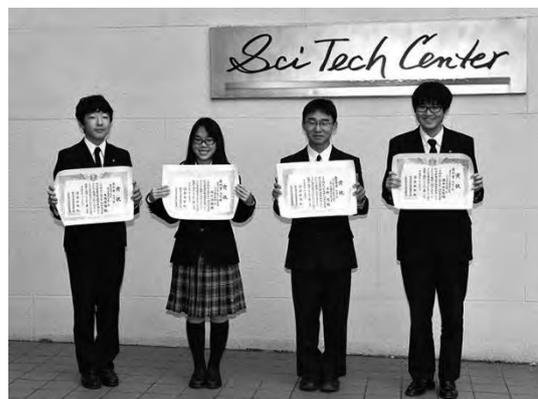


また、ISEF やロボカップ世界大会へ進出できるようにもなり、世界で活躍する機会を増やしてきている。

#### 【今後の課題】

今後も課題研究を深めていくためには、今の活動状況を維持しながら、さらに視野を広くした活動をさせていきたい。そのために、自分の研究分野にかかわる論文や書物をより多く読む機会をもち、新規性や独自性を意識させるようにしていきたい。来年度からは、部内発表会と並行して、生徒どおしで論文を紹介しあう時間も設ける予定である。また、平成 27 年度に実施した大学の研究室訪問を継続できるよう、連携先を模索していきたい。

さらに、科学オリンピックへの挑戦なども視野に入れ、生徒が自分の研究を通して培っている創造力と批判的思考力をさらに広げられるよう工夫していきたい。



第 61 回 日本学生科学賞 都大会で入賞した生徒達

## 科目名 ロボット部

### 【5年間を通じた取り組みの概要】

レゴ社がロボットキット「レゴマインドストーム」を初めて発売したのが1998年。玉川学園では翌年これを導入し19年目の研究活動となる。当初は高校生対象にスタートした研究活動は、2004年、サイテックセンター完成により恒常的な活動場所を得たこと、ロボット大会”WRO”や”FLL”、”RoboCup Jr.”、”WRS”などに出場することで、本学のロボット活動は大きくレベルを上げた。2007年から小学5年生以上へと活動を拡大し、この5年間の間に、2013年に「ロボット部」として独立し、各種大会成果を通じて玉川学園の知名度を高めることに貢献できていると自負している。最大の出来事は、2014年4月、オバマ大統領にロボットの実演披露をする機会を得た日本で唯一の学生団体に選ばれたことである。大会成果として、RoboCup Jr. サッカーライトウェイトで全国大会優勝2回、FLL ロボット競技全国4位など、恒常的に上位入賞を続けており、クラブの実力が着実に継承されていると言える。こうした活動からロボット製作技術やプログラミング技術の向上していることは言うまでもないが、部員たちの発表力をほめていただくことが頻繁にある。これは中学部と高等部双方の学校説明会を含め、見学者をお迎えすることが頻繁にあるお陰と言える。急な見学者に驚かなくなっていることと、部員たちの活動姿勢が、いつでもお見せできる状態であることが相互作用的に働き、ロボット技術とともに発表力まで自然と育つ部活動を行なっている。

### 【仮説】

レゴマインドストームNXTとEV3を教材としたロボット製作がロボット部の主たる活動である。さらに上位レベルの活動を求める部員には、RoboCup Jr.向けにArduinoなどを持ちいた自作ロボット製作を導入している。毎年新しくなる大会ルールを攻略する工夫を通じて、発想力・分析能力・問題解決能力が身につく効果がある。また、大会に出場することで、勝敗がつく感動、または敗北感を身にしみて感じ取ることになる。時間をかけて製作し、思い入れのあるマシンが負けて、涙が出るほど悔しい思いをすることは、思春期の児童生徒を大きく成長させる要素となりうる。

### 【対象学年 対象人数】

5年生から高校3年生を対象として活動している。  
内訳は以下の通り。全員男子部員である。  
5～6年生：6人  
中学1～中学3年生：15人  
高校1～高校3年生：9人  
合計30名（平成30年1月現在）

### 【内容・方法】

全国大会レベルのチームと、新入生を含む初心者レベルの部員の2グループに分けて活動を行うようにしている。初心者レベルの生徒には3段階の課題を用意するようになり、数年が経つ。

#### 1 初心者レベル 基本練習

従来からのスタッド付きレゴパーツを扱った経験は新入部員は誰も持っているが、ペグを使ってビームを組み合わせたリ、ギヤ、モーターを扱った経験はほとんど見られない。そこで、新入

生向けトレーニングメニューを20段階で用意した。ようやく車らしい形になるのは小学生では早くて2ヶ月、中学生でも1ヶ月以上必要となる。しかしこの基礎的トレーニングメニューを一つ一つこなすことで、立体構造を組み立てる感覚が養われる。その後、以下の3つの課題に移り、本格的にロボット作りが始まることになる。

#### (1) 直進レース

5秒間で直線を走れる距離を競う。センサーは用いない。

#### 習得項目

- ・適切なギヤ比
- ・直進性を保つための対称性のある構造
- ・改良により記録更新が容易

#### (2) ライントレース

幅約4cm、そらまめ型の円形コースを光センサー1個を用いて走る。

#### 習得項目

- ・光センサーを取り付ける向き
- ・駆動輪以外の設置面の工夫
- ・カーブの大きさを考慮した設計
- ・重心位置
- ・プログラミングでループ・分岐・閾値

#### (3) 狭い場所を走行

学習机の上に置いたマインドストーム収納箱の周囲を、タッチセンサーを用いて1周する。

#### 習得項目

- ・タッチセンサーの設置位置の工夫
- ・直進プログラムでは箱添いに走らないこと
- ・狭い場所の走行に合わせた車体設計

#### 次へのステップ

新入部員に対するトレーニングメニューと3種類のロボット製作課題は、取り組みへの強い動機付けとなっており、個人作業であることから自分のペースで次々とステップアップしている。1

段階ずつ課題が明確であり、顧問の合格認定を必要とすることが、課題攻略へのモチベーションを高めていると思われる。課題は毎年改定しており、新入部員の学習ペースに合致した、適切な課題提示ができています。

このトレーニングメニューを消化すると、実際の競技会向けの取り組みへと移る。

## 2 全国大会レベル

「ロボット工房」と呼ばれる実習室を専用に使わせており、競技コートを恒常的に設置しておいたり、大型の作品製作を行う環境を用意している。この部屋は廊下に面した壁がガラス張りになっており、活動の様子が外から見学できることが、ロボット工房で活動するチームが自然と自主的に活動している要素の一つとなっている。

2016年度では3種類のロボット大会でいずれも全国大会以上という成果をあげた。

### (1) WRO

2016年度、10年生2名のチームがWROオープンカテゴリーに参加し、ニューデリーで行われた世界大会出場、17位の成績であった。彼らは前年度、低学年学園展向けにマインドストームで制御するホッケーゲームを作り、発想、機構、センサーの活用方法、ゲーム性などいずれも完成度の高い仕上がりとなった。この技術をさらに生かす課題としてオープンカテゴリーへの参加を進めた。宇宙デブリを回収→分解→分別というストーリーを考え始めたのが4月、最終的に総延長2m近い作品となった。全ての機構に独自性が見られ、長期間に渡って根気強く、何度となく改良を繰り返す努力と発想力、それを支えるチームワークがあった。二人は11年生となった今年は、ロボット部のコーチ役として、技術的アドバイスから運営面まで気を配り、クラブの活性化に重要な役割を担っている。

2017年度、FLLチームのシーズン前課題としてWRO競技ロボットを製作し、マインドストームEV3でPID制御を取り入れた、正確なライントレースをするマシンを完成させた。

WROは小中高校生の年齢別にそれぞれ競技が用意されており、初心者向け競技もあるため、複数のチームが出場しやすい特徴がある。2017年度は3チームが出場した。

### (2) FLL ジャパンオープン

8年生5名のチームで、昨年度もジャパンオープン出場の経験を持つことを生かして、今年度は4月から取り組みを始めた。"Hydro Dynamics"という日頃意識しないテーマであったため、身近に存在する水に気づかせる指導を行なったが、不便を感じていないため、問題点を設定するのに苦労した。

ロボット製作は東日本大会（地区大会）は26

0点で第2位、ジャパンオープンでは340点で第4位という、玉川学園の史上最高記録を残した。記録ノート、作業工程カレンダー、役割分担、などチーム結成2年目の経験からゴールを目指してチーム運営に工夫が見られた。

### (3) ロボカップジュニアジャパンオープン

2017年度は選手としては出場しなかったが、2017年3月に名古屋で開催された世界大会の運営ボランティアとして5名が参加したことは、ロボット部として最大規模の記録となった。遠方であり、世界大会であることから英語が必須であった、さらに馴染みのない競技の審判を担当することもあったが、単独の高校としては最大のボランティア参加となり、運営はもちろんのこと、他のスタッフとも親しくなり、ロボット部の通常の競技経験では得られない5日間を過ごした。

2016年3月、8年生2名のチームがサッカービギナーズリーグで全国優勝した。使用機材に制限がない中レゴマインドストームEV3とNXTでの優勝は、審判や観客を非常に沸かせた。今年度はサッカーライトウェイトリーグに挑戦。昨年度まで高校生チームが出場しており、全国第3位を収めた際のノウハウと機材を引き継いでいるため、中学生ながら技術レベルは高い。時間管理がしっかりした制作を行っており、大会でも冷静な試合運びができていたことが、結果に現れていると言える。また2年連続でベストプレゼンテーション賞（ポスター賞）を獲得している。

### (4) WRS

今年度、NEDO（経済産業省）が母体となり発足したWorld Robot Summit(WRS)のジュニア部門スクール競技に出場した。玉川大学岡田教授と学術研究所 AIBot 研究センターが中心的役割を果たしていることから、8月にサイテックセンターと高学年校舎を会場として、国内4校、海外6チームが競技会を行なった。SoftbankのPepperのプログラムを組み、「サイコロの目を読む」「センサーに反応する」「会話をする」「人の役に立つ動作をする」の4競技と英語でのプレゼンテーションで競い合った。

## 3 小学部展

各種大会で上位の成績を挙げることと共に重視していることとして、毎年2月末に小学部（1～4年）で行われる「小学部展」での発表を12年前から継続している。小学部で1教室を割り当ててくれる。「自由研究」や「クラブ活動」という制度がまだ始まっていない小学部にとって、中高生部生の実際の活動に触れるチャンスとなり、ロボットが動き、操作できるゲーム性のある作品に触れることができるこの教室は、毎年大賑わいとなる。小学部受験を検討しているご家庭にも全国大会レベルのロボットをご覧ください、案内する

生徒の様子を感じ取っていただく場もなっている。

ロボット部の部員にとっても、小学生に楽しんでもらえる作品を企画し、楽しく操作させる機会や見学のお客様に説明する機会があり、発表力や企画力を伸ばす要素となっていると言える。

#### [ 検証・評価 ]

##### (1) 教育的効果

ロボット部では、教えてもらうのを待つのではなく、創意工夫を楽しみ、一見非効率的だが、思考力や自主性、応用力、ひいては学力向上にもつながっていることを、大会成績や進学先から見るができる。学校生活においても、習熟度別クラス編成の上位クラスやPLコース(進学コース)の在籍率は玉川学園高等部男子の平均を大きく上回る。大学進学では、東京大学、北海道大学(2名)、東京電気大学、千葉工業大学、慶應大学(3名)がこの3年間の成果である。(中学まで玉川学園在籍生徒も含む)

##### (2) 活動記録

ロボット部の活動は玉川学園ホームページで紹介している([trecp.tamagawa.jp](http://trecp.tamagawa.jp))。1999年以降のめばしい活動を伝えるようにしており、かなりの量が蓄積されている。

また、学内のネットワーク”CHaT Net”でも大会結果は写真付きで発信しており、小学生や他部の教員、保護者にも活動を伝えている。こうした情報発信の結果、あまり接点のない方から「(活動の様子を)見てますよ」と声をかけていただくことがあり、玉川学園の中ではロボット部は安定的に認知されるようになったと感じる。

#### 【5年間の成果】

2014年3月 RoboCup Jr. サッカーライトウェイト全国優勝

2014年4月 オバマ大統領に実演披露

2015年3月 RoboCup Jr. サッカーライトウェイト全国優勝

2015年 NASA 高官の訪問、実演披露

2016年11月 WRO 世界大会出場

2017年3月 RoboCup Jr. 世界大会ボランティア参加

2018年2月 FLL Japan Open ロボット競技4位、総合10位

こうした経験を積んだ部員たちの大学進学実績は、単独クラブとしてはトップレベルであり、最長で8年間、短くても3年間のロボット部経験が、上位大学への進学を可能にする学力につながっていることが示されている。

#### 【今後の課題】

これまで述べてきた成果の一方、課題も多い。

##### (1) 部員育成

前述のように、数々の成果をあげるチームが育つ一方、他の部員に迷惑を及ぼす行動を頻繁にとる部員、ごく短時間で興味がそれてしまう部員、チームを組むことができない部員、が目立つようになり、対策を検討する声为上級生から上がるまでになっている。また、ロボットへの興味が持たず退部していく部員も増え、この数年、ある学年は部員0ということが珍しくなくなっている。

熱心に活動に向うことができる部員のみならず、熱心な活動に向うことができる部員に絞った上で、その生徒たちには進歩を実感できるような活動レポートや部内競技会を設けるなどの管理体制を強める手立てが必要と強く感じる。

##### (2) 技術向上

年々レゴロボット大会のレベルが上がり、小・中学生、普通科の高校生が試行錯誤しているレベルではほとんど勝利は見込めなくなっている。実際、大会で最下位を記録することが増えている。「(1)部員育成」にもつながるが、少数での活動にすることで、先輩たちの技術が継承される環境を作る必要がある。

##### (3) プログラミング及びロボット教育の普及

玉川学園ではプログラミング教育ないしはロボット教育が行われているのは、ロボット部とサイエンスクラブではロボット活動を行なっている一方、学内を見ると、授業でのプログラミング教育がほとんど実施されていない。公立学校には公的補助が、私立学校では特色を求めて、さまざまなプログラム・ロボット教育が一般的になりつつある中、本学の今後の取り組みについて、ロボット部の経験から助言をし、体制作りに貢献したい。

また、教育学部で今後小学校教諭として現場に出ていく学生に、こうした教育の楽しさと、具体的な授業案を提示できるカリキュラムについて、大学側への提案も行いたい。

## サンゴ研究

「環境問題の最前線であり、日本だけでなく世界にとって貴重な財産であるサンゴの研究を通して、自然環境問題について理解し、主体的に行動をおこすような児童・生徒を育成したい。」という願いのもと、5年前から石垣島八重山漁協観賞魚部会サンゴ養殖研究班からサンゴを譲り受け、研究・飼育を行っている。飼育や枝切りも軌道にのり、更なる発展のため八重山漁業からサンゴを購入し、多くのサンゴを増殖・成長させ、再び石垣島へ戻すことが目的である。白化現象を通し、サンゴが担う大切な役割を学ばせると同時に、いかに早く、耐久力のあるサンゴを作るにはどのような条件が必要か課題研究で原因を探っている。



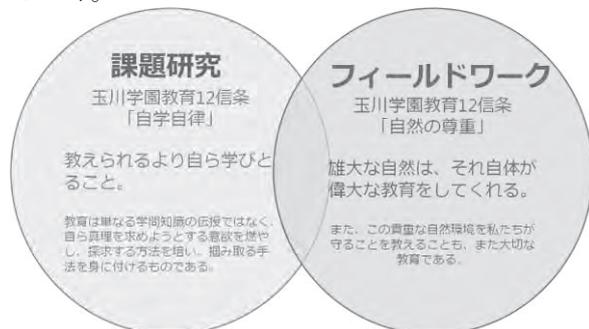
図1. サンゴの白化(石西礁湖)



図2. 移植練習(石垣島米原)

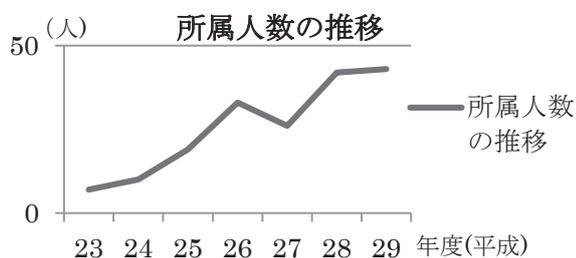
### 【仮説】

課題研究とフィールドワークの2本の柱を中心とし、①体験的・実践的な活動、②探究的な活動、③表現活動、これら3つの活動を連携させ、PPDACサイクル(Problem→Plan→Date→Analysis→Conclusion)を循環させることで、自然環境問題について理解し、意識を高めるとともに、環境問題を身近な問題としてとらえ、様々な行動を起こすことができる生徒・児童を育てていくことができる。また、ディスカッションやグループワーク、発表など思考訓練の場を多く設定していくことで生徒自身が思考をしていく。



### 【対象学年 対象人数】

平成29年度の生徒・児童所属数は5～中学2年生25名、中学3年生～高校3年生18名、計43名。



### 【ゴール】

- ①社会と繋がりながら、自分が信じていることに対して主体的・協働的に行動を起こすことができる生徒の育成。誰もがとりくめ、取り組んだときに何が得られるかを体感する。
- ②課題研究を通し、玉川の丘で「耐久力があり、成長が早く、変化に強い」サンゴを育成する。

- ③サンゴの産卵に挑戦し、サンゴの幼生から、生長に至るまでのサイクルを作り、石垣の海に定期的に移植する。

### 【現状】

昨年度から水槽の管理、研修、研究活動など上級生が下級生を指導する姿が様々な場面で見られてきた。学年の違う生徒達がペアとなり共同研究を行うことで飛躍的な成長が見られる。また、活動拠点を玉川学園 STC(Science Technology Center)307におき、飼育・観察・研修活動・課題研究・プレゼンテーション・ポスター発表というサイクルで活動している。日本サンゴ礁学会、日本生態学会と発表の場が広がっている。



図3. サンゴ水槽



図4. 水槽メンテナンス

### 【課題】

昨年度からの課題として、2つあげられる。

①実験課題についての課題と、②地域・他校との連携についての課題である。具体的に、①として、ミドリイシサンゴを用いた実験は大変コストがかかるとともに、条件比較する際に設定を変化させた水槽のメンテナンスに多大な労力と時間を費やす。また、個体数が限られていることに加え、成長速度が遅く、変化を測定する難易度が高いため、年間の実験数が限られてしまう。

②に関して、SSH2期目開始時から意識してきた、お茶の水女子大学服田研究室や琉球大瀬底研究所での研修講義や、毎週の外部指導講師、玉川大学農学部や環境技術センター(SEA)との共同実験など縦の繋がりは安定して行うことができるようになってきた。しかし、学校間など横のつながりや地域差による研究ができていないのが現状である。

## 【 解決策(内容・方法) 】

課題①を解決するために、ミドリイシサンゴと同じ刺胞動物であり、褐虫藻という共生藻を持つセイタカイソギンチャクをサンプル生物として使用することとした。セイタカイソギンチャクは成長が早く、個体数維持と管理が容易である。夏研修で訪問した鹿児島水族館のご厚意により手配していただいた。



図5 セイタカイソギンチャク

セイタカイソギンチャクでの実験を通して、データを集計した後、サンゴを用いての実験にステップアップする。

課題②を解決するために、海洋教育に特化したプログラムである海洋教育パイオニアスクールに申請した。申請通過後、各学校合同発表会、交流会に参加し、この機会を通して、サンゴ研究に取り組んでいる学校の情報を得ることができた。今後は、鹿児島県坊津学園、大阪府関西大学附属北陽高校と連携をとりながら、研究と研修、発表会を計画していく予定である。特に玉川大学久志農場と坊津学園は近距離に位置しており、南さつま市、玉川大学、現地校との地域連携の可能性を見いだすことができた。

## 【 5年間の成果 】

### ■活動実績(体験的・実践的な活動)

研修活動 (5年間を通して)	
6月	葉山スノーケリング研修
7月	お茶の水女子大学サンゴ研修
8月	石垣島サンゴ研修 沖縄サンゴ研修 鹿児島県玉川大学久志農場研修
9月	伊豆大島サンゴ研修

石垣島沖縄研修では、環境省モニタリングセンター見学、八重山漁業協同組合の施設で玉川学園の水槽で育て移植したサンゴの現状についての研修、美ら海水族館バックヤード見学、琉球大学瀬底研究施設や西海区水産研究所でサンゴ研究の最先端を学ぶ研修を行い、フィールドワークとして石西礁湖、瀬底島周辺でのスノーケリングも行った。9月の伊豆大島サンゴ研修では石垣島とは異なる環境で育てたサンゴについての理解を深めるとともに、沖縄のサンゴと様々な点から比較することが出来た。



図6. 石垣島サンゴ研修 スノーケリング調査

### ■活動実績(表現活動)

発表会 (5年間を通して)	
7月	バイオサミット(慶応SFC主催)
8月	SSH全国発表会
10月	理系女子のための生徒発表会
12月	東京都SSH
12月	日本サンゴ礁学会
3月	玉川学園展
3月	関東近県SSH発表会、生徒発表会
3月	日本生態学会

カクレマノミを用いた研究、イソギンチャクを用いた研究、褐虫培養の研究、サンゴを用いた研究等幅広い研究に取り組んできた。最初からサンゴを扱うよりもカクレマノミなど身近な海の生き物の生態を研究することから活動を広げていくことによって、児童生徒の興味関心を活かした研究を行うことができていていると感じている。また、2015年10月2日に移植したサンゴ8株のうち5株が半年後も生存し、大きく成長している様子を確認することが出来た。8月の海水温上昇にともなう大規模白化により、周りのサンゴと一緒に死滅してしまったが、水槽で成長させたサンゴは自然界でも生育することが出来ることが分かった。



図7. 移植半年後のサンゴ(8株中5株生存)

### ■活動実績(教員発表)

東京大学で開催された海洋教育サミットにてサンゴ研究を通しての海洋教育のカリキュラム開発・連携についての口頭発表を行った。パネリストとして参加し、一般の方や教員の方々と連携や、繋がりについての情報交換を行った。

### ■活動実績(連携)

自由研究、夏の研修を通して、第一線で活躍されている先生にご指導、ご協力をいただく機会を意識的に設定している。専門家と直接話し、研究への姿勢を学ぶことが生徒児童の研究意欲を大いに高めていると感じている。自由研究の時間には元 JAMSTEC アドバイザー丸山正先生にご指導を戴いている。また、SEA 小泉先生のご指導の下、共同研究を行った。共同研究の内容を日本生態学会で発表し、優秀賞を受賞した。実験の前

提となるサンゴ水槽メンテナンスにおいては、NeoWAVE 阿久根氏に水質管理からサンゴ枝打ち方法、機材の手入れまで、直接指導をしていただく機会を毎年設定している。

また、SSH プログラムとして、提携校のオーストラリアエシントン校との環境教育プログラムにおいて、水質調査やグレートバリアリーフのサンゴ礁の現地研修を行った。

連携一覧 (内容)
お茶の水女子大学服田研究室 (サンゴ講義、培養・観察の方法、幼生の提供)
石垣島環境省モニタリングセンター 八重山漁協サンゴ養殖研究班 (サンゴ株提供、移植活動、モニタリング検査)
SEA 環境技術センター小泉先生 (サンゴ共同研究：光と成長の関係、アワビ養殖)
NeoWAVE 阿久根氏 (水質管理、枝打ち方法、機材手入れ、水槽全般の指導)
元 JAMSTEC アドバイザー丸山先生 (課題研究全般のアドバイス、研究者の紹介)
オーストラリアエシントン校 CEO キャンン先生 (環境教育プログラム、グレートバリアリーフサンゴ礁)



図 8. お茶の水女子大学での研修の様子



図 9. 八重山漁協サンゴ養殖研究班 移植講義



図 10. 水質調査とグレートバリアリーフ



図 11. SEA 環境技術センター(アクアアグリステーションにて)

## ■成果物(探究的な活動)

### ①サンゴ図鑑 (中学年 5年～8年)

サンゴや海洋全般を学び始めた児童・生徒を対象に各自が興味・関心を持った生物・分野等についてまとめ、ポスターを作成する。ポスター下部には個人で調べてみて、驚いたこと、不思議に思ったこと、さらに興味をもったことをまとめ、実験してみたいこと、確かめてみたいことへと繋げていく項目を設けた。高学年での課題研究への架け橋としての位置づけを担っている。個人の成果とともに、玉川学園サンゴ研究図鑑として、一冊のファイルを作成。玉川学園展で展示する。



図 12 玉川学園展での展示の様子 図 13. サンゴ研究図鑑

### ②サンゴワークノート (課題研究)

課題研究はどのように進めていけばよいか、という基本から、何を研究し、どのように研究していけばよいかを、記入しながら自分の考えがまとまっていくワーク形式になることを意識し、4項目に分けて作成した。

- 1: 問いの見つけ方
- 2: 実験計画の立て方
- 3: 表グラフのまとめ方
- 4: 何を発表する(ポスター・論文)

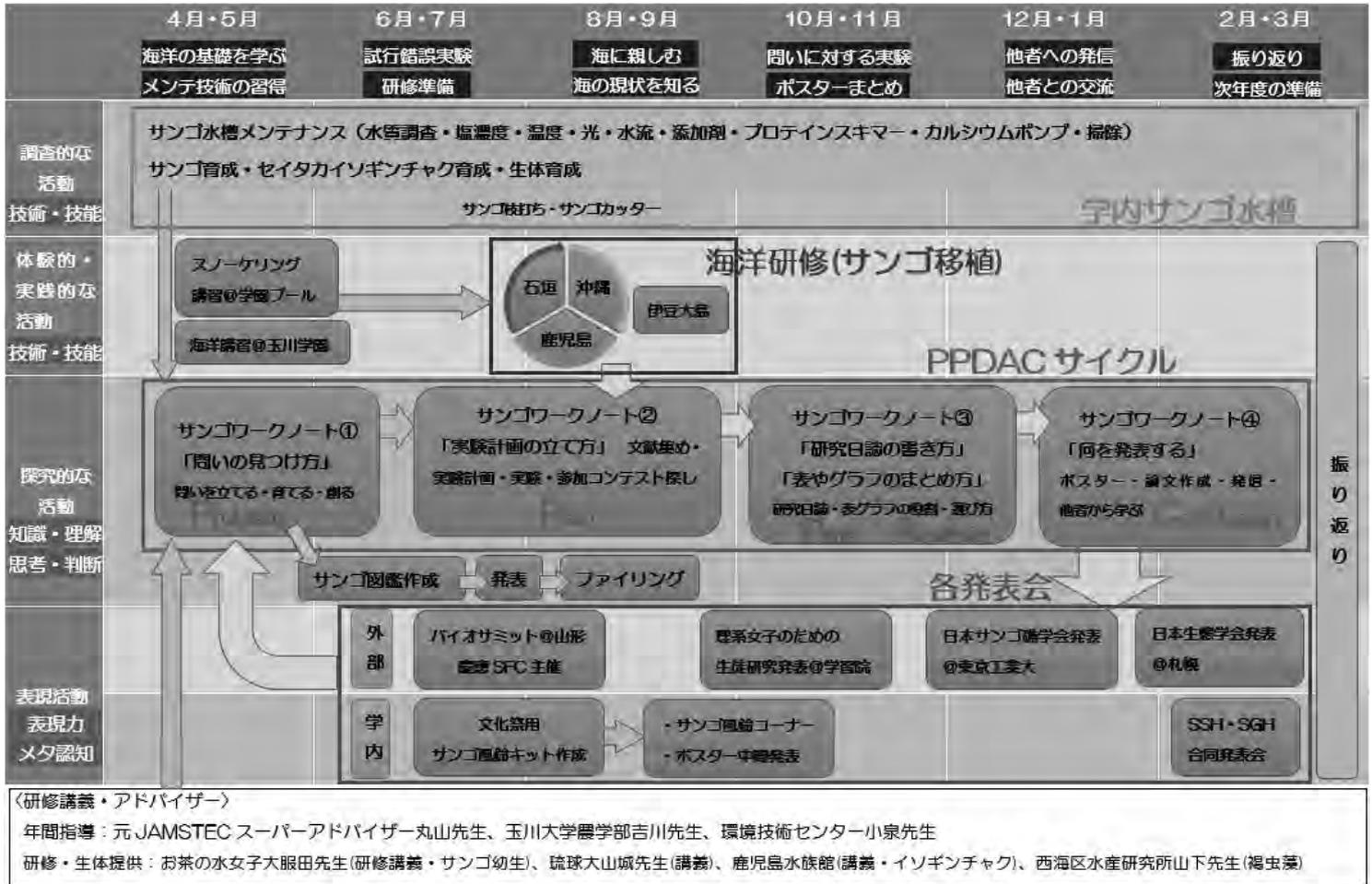
玉川学園一貫校の課題研究という点で、小学校 5年生から高校 3年生まで一貫性をもたせて使用できるようにしている。



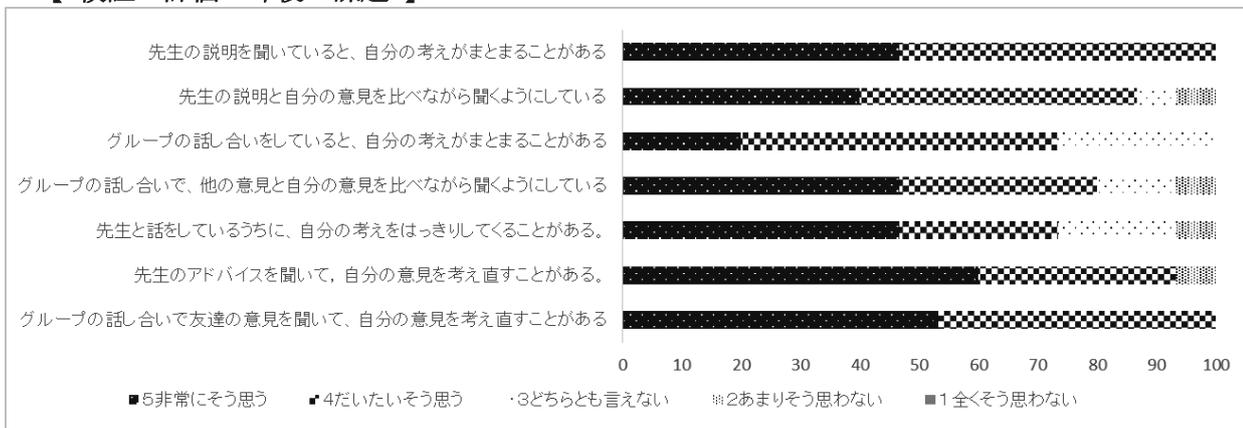
図 14. サンゴワークノート

## 【年間ストーリーマップ】

■ 時数 54 時間(総合的な学習の時間週 2 時間)



## 【検証・評価・今後の課題】



サンゴ研究開始から、年ごとに課題が明確になった。「研究の土台となる教材化の必要性からサンゴワークノートの作成」、「発表会に向け準備し、参加をすることで課題研究、知識理解、考えの整理に役立つと考える生徒が多いことから、各発表会の選定と充実を図る」、そして、今年意識して取り組んだグループワークが有効であることが分かった。グループでの話しあいから生まれてくるアイデアや部内発表でのアドバイス等により、客観的に物事を判断し、思考がはっきりとしてくる。課題研究中に教員のみから実験のヒント

を得るのではなく、生徒同士で話し合い実験方法など考えなおす機会を多く得ることができた。教員からの一方的な指導ではなく、生徒自身が自ら疑問に感じたことを研究し、生徒同士で話し合い主体的・協働的に活動ができていることが成果である。ストーリーマップの流れを踏襲しながら、今後も自分から課題を発見し、積極的にアプローチをしていき、解決に向けて取り組むことができる児童生徒育成を目指すとともに、課題研究を通して、「思考させる」ということをテーマに取り組んでいきたい。

# 研究発表会・学会発表会等

## 研究発表会 学会発表会

**【5年間を通じた取り組みの概要】**毎年、生徒研究発表会・各種学会・科学オリンピック・日本学生科学賞等に参加している。各種学会ではポスター賞等を受賞が増加、論文賞も毎年受賞し、日本代表として ISEF での発表会に参加実績がある。これまでの課題研究成果を口頭発表・ポスター発表を行うことで、プレゼンテーション・コミュニケーション能力を育成する。実験結果の考察・発表準備を行うことで、課題研究の仮説・方法など設定の見直しを行う機会が与えられ、その過程で生徒自身が研究データを客観的に考える必要性を養うことも目的としている。研究発表会、学会発表会の発表を通して、批判的思考力・創造力を育成する。

### 【対象学年 対象人数】

中学1年～3年・高校1年～3年

### 【今年度実施の状況】

課題研究の成果発表は、毎年実施している玉川学園 SSH 成果報告」や学会・SSH 指定校共同の成果発表会において発表を行っている。また、「科学コンテスト」などの外部主催論文発表会にも積極的に応募している。物理、化学、生物、地学4分野のサイエンスクラブとロボット部、サンゴ研究が活動している。これらのクラブでは、研究発表会、科学コンテスト、科学の甲子園、ロボットコンテスト等に積極的に参加している。課題研究で、自ら試行錯誤する過程を大切にし、課題解決力を養っている。特にサイエンスクラブの生徒は、課題研究の時間を多く設定できるため、粘り強く取り組ませ、自ら考え・学び・解決方法を探す姿勢を大切にさせている。また、論文作成や発表の機会を多く設定でき、整理しまとめる力も養う。多面的かつ客観的検証を継続的に繰り返し行うことで、独創的かつ科学的な探究活動ができると考える。

### 平成29年度 学会発表 学会雑誌掲載

発表会名称	発表形式	受賞結果	年月日
私立中高 進学通信 (栄光ゼミナール進学通信)	表紙、サンゴ研究紹介 2018年1月号		
Netty Land (日能研進学冊子)	サンゴ研究紹介 2017年1月号		
日本サンゴ礁学会	ポスター		平成29年12月
海洋教育バイオアスクール成果報告会 (教員発表)	口頭発表、ポスター		平成30年2月
日本生態学会	ポスター		平成30年3月
日本化学会関東支部主催「第35回 化学クラブ研究発表会」	ポスター発表		平成30年3月
日本農芸化学会主催「ジュニア農芸化学会2018」	ポスター発表		平成30年3月
第14回日本物理学会Jrセッション	ポスター発表		平成30年3月

### 平成29年度 研究発表会 大会

発表会名称	発表形式	受賞結果	年月日
Intel ISEF 2017 Los Angeles 出場	ポスター発表		平成29年5月
SSH東海地区フェスタ2017	ポスター発表		平成29年7月
ロボカップ世界大会「RoboCup 2017 Nagoya Japan」	ロボット実技	15位 (22チーム中)	平成29年7月
高校生バイオサミット	ポスター		平成29年7月
リバネス マリンチャレンジ	ポスター、口頭発表		平成29年8月
平成29年度スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会	ポスター発表	奨励賞	平成29年8月
第9回坊ちゃん科学賞 研究論文コンテスト (高校部門)	論文と口頭発表	優秀賞	平成29年10月
第61回 日本学生科学賞	論文	都大会 高校生の部 奨励賞 2件 中学生の部 最優秀賞 1件 中学生の部 奨励賞 1件	平成29年10月

発表会名称	発表形式	受賞結果	年月日
第14回 化学グランドコンテスト	ポスター発表		平成29年10月
第6回探究型学習研究会	ポスター発表		平成29年10月
集まれ理系女子! 第9回 女子生徒による 科学研究発表交流会	ポスター発表		平成29年10月
ロボカップジュニア2018神奈川・西東京ノード大会	ロボット実技ポスター	レスキューライン 8位 および ベストプレゼンテーション賞受賞	平成29年11月
第9回 SSH東京都内指定校合同発表会	口頭発表 ポスター発表		平成29年12月
ファースト・レゴ・リーグ2018東日本大会	ロボット競技会 プレゼンテーション	第2位	平成29年12月
ワールド・ロボット・サミットジュニア競技会	ロボット競技会 プレゼンテーション		平成29年12月
ロボカップジュニア2018関東ブロック大会	ロボット実技 ポスター	レスキューメイズ 4位 および ベストプレゼンテーション賞受賞	平成30年1月
ファースト・レゴ・リーグ2018ジャパンオープン出場	ロボット競技会 プレゼンテーション		平成30年2月
第12回 関東近県SSH合同発表会	口頭発表 ポスター発表		平成30年3月
玉川学園SSH成果報告会	口頭発表 ポスター発表		平成30年3月

#### 【検証と評価】

昨年度に引き続き読売新聞社主催の日本学生科学賞では、【中学生の部：最優秀賞・奨励賞】【高校生の部：奨励賞】に入選した。SSH第2期指定以降は「日本学生科学賞」における賞を毎年受賞しており、近年では世界大会へ進出の実績がある。さらに、物理・化学・生物・数学コンテストやコンクール等に参加した。平成28年度・平成29年度連続して課題研究を行っている本校生徒（高校3年生）の研究（数学）の成果が、8月に毎年開催されている「SSH生徒研究発表会」で奨励賞を受賞し、その後さらに研究を深め新規の結果を得て論文化したものが「第9回坊ちゃん科学賞研究論文コンテスト」で優秀賞を受賞した。この研究結果に基づいて、東京工業大学第1類の推薦試験に合格した。企業との課題研究連携も行っている。例えば「サンゴ研究」では、環境分析食品検査分析等を行う「(株)環境技術センター」と連携し、サンゴの最適環境での生育調査飼育等で指導を受け、実験結果を「日本サンゴ礁学会」「日本生態学会」等の学会で発表し、高校生ポスター賞を受賞するなど実績も出ている。

成果普及・地域への貢献

## 成果普及 1

### 探究型学習研究会

#### 【5年間を通じた取り組みの概要】

探究型学習研究会は玉川学園の様々な探究型学習の成果を公開しつつ、各方面からの助言をもらい、研鑽を積む目的で平成 24 年度に開始した研究会で、今年度 6 回目の開催となる。SSH の研究開発課題を軸に、専門家を講師として呼び、公開授業や分科会を開き、他校も含めた実践報告を実施してきた。今年度は、小学校から高等学校までの一貫教育の中で指導する探究学習をテーマに実施した。

#### 【仮説】

1: 探究学習に必要な思考スキルや言語技術を年齢に応じた適切な指導の下で習得させれば、思考力を伸ばすとともに探究学習や教科学習においても効果が上がる。

2: 講演や実践報告や情報交換をすることで、参加者がそれぞれの自分の持ち場で建設的な取り組みができるようになる。

#### 【内容・方法】

午前の部と午後の部に実施した。

午前中は、生徒の成果発表をポスターセッションの形式で行う。参加生徒は以下の通り。

自由研究 4 年生 2 名・社会科プロジェクト 6 年生 6 名・学びの技 9 年生 160 名・IB コースパーソナルプロジェクト 10 年生 5 名・SSH10 年～12 年 48 名・SGH10 年～12 年 13 名・理系現代文 12 年 6 名 計 240 名 参観者（研究会参加者と保護者と 8 年生） 計約 300 名

午後の部は、生徒児童を交えないで、基調講演、実践報告、質疑応答を実施。参加者は 110 名。

基調講演「探究型学習の系譜」

鶴見大学河西由美子教授

実践報告：K-4 本学国語科教諭 野瀬佳浩

5-8 本学社会科教諭 市川 信

9-12 本学国語科教諭 後藤芳文

#### 【検証・評価】

参加者の感想を挙げる。

午前の部

・児童がはきはきと自分の考えと模索した過程、結果を発表しているのに驚きました。研究が身につけていることを実感しました。

・4 年生の鳥の調査と巣箱についての研究は、時間帯や天候の違いの比較、巣箱も検討されて実際に使ったすばらしい研究でした。なによりご本人が楽しく研究されている様子が伝わってきて感銘を受けました。

・各生徒さんの立てた問いとタイトルに感心いたしました。カリキュラムに入っていることが素晴らしいと思います。

・発表する人も質問する人もお互い学び合おうという態度は、とても印象がよかったです。

・根拠の詰め方については、まだ甘い面もありましたが、目の付け所や資料収集についてはよくできている生徒が多いという印象を持ちました。また、よくできている生徒だけを発表させるのではなく、まだまだこれからという生徒も含めて全員に、学外者も来る場で発表させるのは、ひとつの見識であると思い、敬服いたしました。

・質疑において問われたことに対してすぐに自分の言葉で返せている点優れていると感じた。一方、「反対の意見」には触れているものの、その意見と自分の根拠を戦わせている様子はあまり見えなかったもので、その点もっと面白くなると思う。

・多様なテーマで探究学習が行われていることがよくわかりました。中間発表ということで、もう少し彫り込みができそうな発表も多く、この段階で発表一質問を受けることで、より探究のフォーカスが絞れ、学びが深まるのではないかと思います。

・どの生徒さんも堂々と発表されていて感心しました。低学年からの積み上げがあるからかと推察いたします。ただ 10 年～12 年のオープンエンドな問いのもとでの研究は、やはり難しいのだと感じました。

・思考ツールをはじめ様々な型にあてはめて考えをまとめていくのは、自他ともにわかりやすくてよいのだが、型にあてはまらないものの扱いはどのようにしているのか気になった。

・卒業後に学びの技がどのように生きてきたのか、数年後の彼らに聞いてみたいと思った。

・多彩なテーマを拝見いたしました。特に理系現代文の設定、位置づけ、評価の仕方に感心を持ちました。

・特に SSH の生徒の発表に感心、感動いたしました。生徒さんの前向きさに大変な好印象を持ちました。

午後の部

・探究学習の歴史、日本と欧米でのとらえ方の違いなど系統たてて説明していただきました。

・今の教育制度や図書館の歴史や学習活動の方向性など内容が体系的でわかりやすかった。

・環境・施設が大事ということを教えていただきました。情報が動く場所、いろいろな人がそれぞれ学んでいる金魚鉢としての場というのは、図書館の本質を突いていると思います。本の蔵であるばかりでなく、人々がいきいき活動する場として図書館はあるべきだと思いました。

・河西先生のご講演より、図書館のバックアップがないと探究学習を深め、効果的に実施することが難しいと感じました。公立学校ですと施設、資金面に限りがあり、人事異動もあるので、どのよ

うに組織作りをしたり、教材集を作ったりしたらいいのか悩ましいです。

・学びの技で9年生に特化して育成していたスキルを上や下の学年と連携して育成していく先見性を素晴らしいと感じました。大学入試改革にも余裕を持って対応できる生徒が育つと思いました。

・学びの技が教科学習に落とし込まれていたことに刺激を受けました。

・K-4までの指導での工夫や8年までの下準備から9年のポスター発表につながっていることがよくわかり、大変一貫性の取れた報告でした。

・どのようにしたら午前中の発表のような学びができるのか知りたかったので、具体的に説明を聞いてよくわかりました。

・一貫した指導法ですばらしいと思いました。体系化して実践しているところにしか進歩は生じないと思います。

・数年前にも参加しましたが、指導法が進化していると感じました。

### 【5年間の成果】

過去の研究会の主な内容を挙げたい。

<平成25年度>

基調講演「IBの最新動向と探究学習」

江里口 勲人(玉川大学教育学部准教授)

講演「IBの課題研究」

クインシー 亀田(IB DP コーディネーター)

<平成26年度>

基調講演「批判的思考力を育む」

京都大学大学院 楠見 孝教授

実践報告

「自主研究～3年間のスパイラルな学び～」

お茶の水女子大学附属中学校 木村真冬先生

「生徒の問いの活かし方～総合的な学習・課題研究における授業展開から～」

福井県立若狭高等学校 小坂康之先生

「高校生の卒業論文作成とPDCAサイクル」

中央大学杉並高等学校 齋藤祐先生

<平成27年度>

基調講演「Searching for the Lost Key: Integral Learning for a Just and Kinder World」

David Selby 氏/通訳 香川文代氏

分科会1: SGH「模擬国連」

分科会2: SGH「スーパーグローバルハイスクールへの期待と課題」

分科会3: SSH「批判的思考力の育成 ～理系現代文の実践～」

分科会4: SSH 学びの技「探究型学習の実践」

<平成28年度>

基調講演「問題解決と統計の活用」

長尾篤志氏(文部科学省初等中等教育局視学官)  
講演「身近な現象を統計的に研究するとは?～プロセスを科学する～」

渡辺美智子氏(慶應義塾大学大学院教授)

実践報告「PPDAC サイクルと統計教育～統計グラフコンクールの指導を通して～」

石井裕基氏(香川県立観音寺第一高等学校数学科教諭)

分科会1: 統計教育

分科会2: SSH 学びの技 ワークショップ

分科会3: SSH 化学基礎

分科会4: SGH 模擬国連 ワークショップ

以上のように、SSHの研究開発課題に沿って研究会を展開してきた。すなわち、平成25年度には主に「IB教育」を学び、平成26年度には「批判的思考」を学んできた。いずれも研究開発課題のキーワードである。ずいぶんIB教育や批判的思考に関する理解が進んだと思う。平成28年度には、統計的手法を学んだが、これは、本学の今後の方向性に関わる選択だった。すなわち、自然科学を独立した領域として捉えるのではなく、人文科学や社会科学、スポーツ科学や生活科学といった幅広い領域と交錯するものとして捉えることである。平成27年度からSGHとの連携を模索しているのもその試みの一環である。そして、この幅広い領域すべてに関わるスキルとして重要になってくるのが統計的スキルである。以下昨年度の研究会の参加者の感想を挙げる。

・あらゆる分野の学習、探究の道筋に統計が不可欠であり、学びや社会生活を支える統計の重要性がよくわかりました。

### 【今後の課題】

今後も研究開発課題に即したテーマ設定をして、研究会を実施したい。その際に、テーマの妥当性をどう判断するかが課題となる。また、他校の実践報告もできるだけ取り上げ、様々な実践を参加者と共有したいが、研究会のテーマに合う実践例を探すのが難しいと予想する。

## 成果普及 2

### 研究会：SSH・SGH 生徒研究発表会・ 成果報告会

#### 【経緯】

玉川学園高等部中学部 SSH 事業内容を、学外の先生方や保護者に公開することにより、SSH 研究成果の普及を促進する。また、様々な SSH 活動で課題研究を実施している生徒同士が研究発表を行うことにより、今後の仮説・方法などの設定の見直しを行う機会を与えられる。その過程で生徒自身が課題研究データを客観的に考える必要性を養うことも目的としている。今年度は、SGH(スーパーグローバルハイスクール)課題研究生徒も同じ会場で発表会を行った。玉川学園課題研究生徒が発表会に参加した。

#### 【対象人数】

- ・ SSH 課題研究実施生徒
- ・ SGH 課題研究実施生徒  
(玉川学園中学年、玉川学園高学年)
- ・ 玉川大学教員・玉川大学研究員
- ・ 学外教員・保護者・学外企業

#### 【内容・方法】

日時：平成30年3月12日月曜日 13:00～17:30

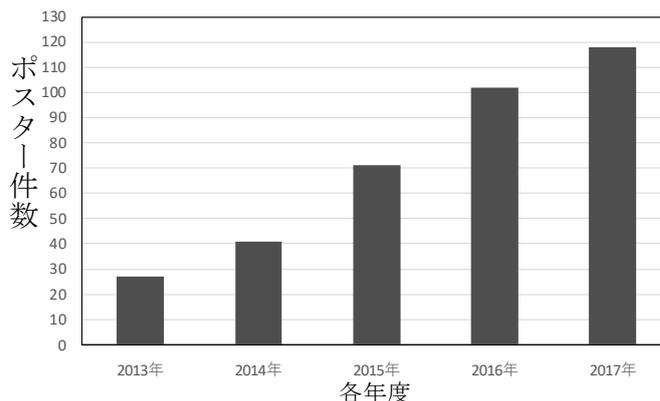
場所：玉川学園8号館 玉川学園高等部

- 内容：・ 課題研究口頭発表(8件)  
・ 課題研究ポスター発表(145件)

#### 【検証・今後の課題】

SSH・SGH 研究成果発表会に高学年生徒だけではなく、中学年生徒も参加した。また、参加生徒数・ポスター件数も増加している。中高一貫で発表会を行うことにより、中学年生徒は高校生の課題研究レベルを意識することもでき、高校生は中学年生徒にいかにわかりやすく説明するかなど、客観的に振り返ることができ、大変有効であった。また、玉川大学教員・研究員も参加し、科学者からの目線で質問し、生徒自身も課題研究データを客観的に振り返ることができた。

今後は、文系科目の課題研究を含め探究活動している生徒全員が参加する発表会に拡大していく必要がある。加えて授業中に活動している探究実験の成果についてもレポートだけではなく、ポスターとしてまとめ発表することも検討していく。



第2期 SSH ポスター発表件数

## 第4章 実施の効果とその評価

### 【5年間を通じた取り組みの概要】

批判的思考力テストを中学3年～高校3年までの全員を対象に実施して4年目になる。昨年までに個人を追跡した経年変化で課題研究を履修した経験がある生徒の方が課題研究を履修していない生徒より批判的思考力のテストの上昇率が統計的優位を持って高いことがわかった。また、批判的思考力のテストと学力テストとの相関も高いこともわかった。今年度は、より精度を上げるため、過去に渡り課題研究を履修した年度の前後での変化を調べ、対象集団の人数を増やした。その結果、一昨年度までのデータでは上記の結果が再確認された。さらに昨年度のデータを加えると、課題研究を履修した生徒の上昇率は相変わらず高いものの、課題研究を履修していない生徒の上昇率も高くなり、比較による統計的有意差は認められなくなった。課題研究履修者の上昇率が下がっているわけではないので、必修授業で実施している構成主義的授業の成果が出たものと解釈できる。

### 【仮説】

IBのカリキュラムは創造性、批判的思考力の育成に優れている。これを参考に課題研究の評価を含めたカリキュラム開発を行えば創造力と批判的思考力を育成することができる。また、多人数での一斉授業での双方向の授業を開発することで創造性を育成することができる。

### 【対象学年 対象人数】

今年度の構成主義的学習は、中学3年SS理科(155名)、高校1年SS物理基礎/SS化学基礎(172名)、高校2年SS物理(33名)、SS化学(72名)、PL化学(13名)、SS理系生物基礎(41名)、教科連携の「数理科学」はPL高校1年(15名)、「理系現代文」は普通クラス高校3年理系(34名)、課題研究は中学3～高校2年の自由研究「SSHリサーチ」(67名)と自由選択「SSHリサーチ科学」(29名)「SSHリサーチ脳科学」(21名)である。

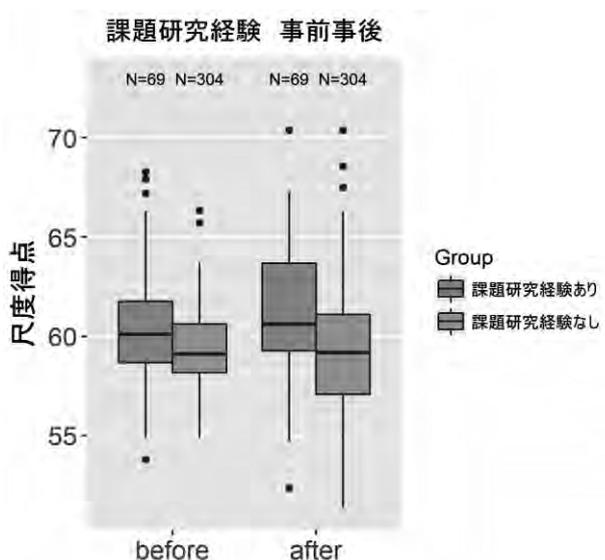
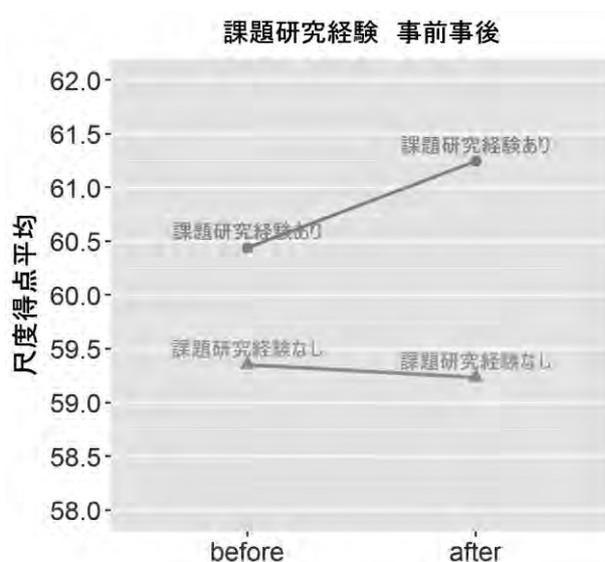
### 【内容・方法】

批判的思考力の評価はベネッセが京都大学教授の楠見孝先生と協力の下で作った批判的思考力テストと態度と行動のアンケートを使って行う。3年間の個人の経年変化を調べるため、毎年問題のセット内容を同レベルで変更しているため、中学3年生の得点を同一化するように比較した。実際は項目反応理論を用いて尺度得点を用いている。昨年まで課題研究の経験者 vs 非経験者で個人の3カ年の経年変化を追っていたが、今年度は課題研究履修年度の前後を分析し経験者の対象人数を増やし統計的確度を上げた。

構成主義的学習の評価は昨年度の評価結果から批判的思考力テストで間接的ながら学力向上も測定できることがわかったのでアンケートは実施しなかった。

### 【検証・評価】

以下ベネッセ教育総合研究所と共同で実施・分析した結果から、一昨年度までのデータによる分

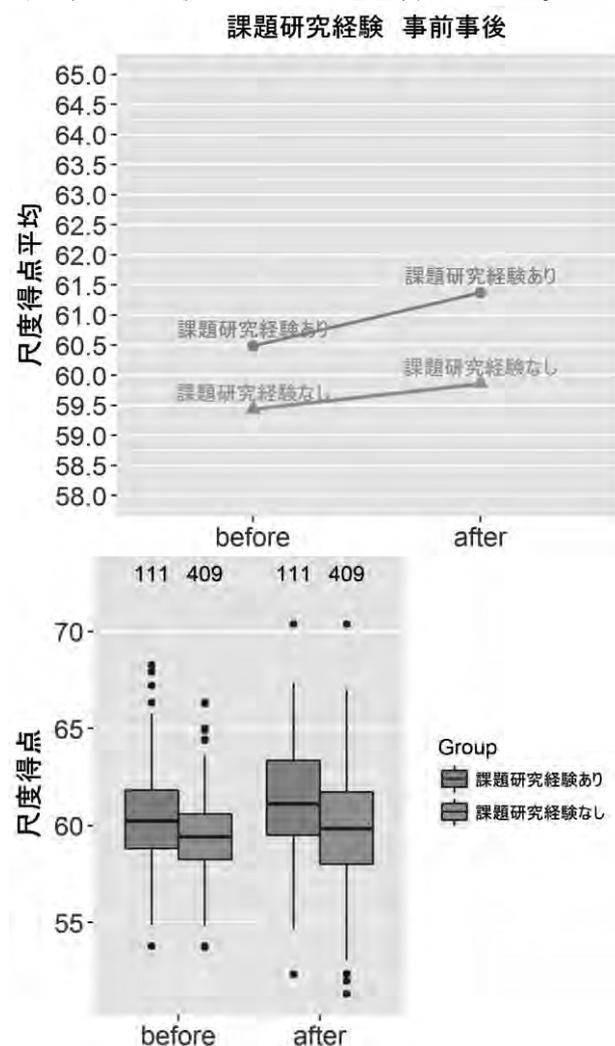


析では、課題研究経験あり群は、課題研究の事前事後で尺度得点が1.5点上昇している。課題研究経験なし群は、事前事後(1年経過)で0.3点ほど下降している。【統計的な検定】

2元配置分散分析(1要因対応あり)を行った結果、課題研究経験と時間の交互作用が1%水準で有意だった(p値=0.0096)。課題研究経験あり

群の事前事後の平均値差は 5%水準で有意 (p 値=0.0192) だったが、課題研究経験なし群の事前事後の平均値差は有意ではなかった (p 値=0.39)。以上より、課題研究を経験した群のほうが、経験しなかった群に比べて批判的思考力の伸びが大きかったことが分かった。

昨年度のデータを加えた分析では、課題研究経験あり群は、課題研究の事前事後 (1 年経過) で尺度得点が 1 点上昇している。課題研究経験なし群は、事前事後で 0.4 点ほど上昇している。



#### 【統計的な検定】

2 元配置分散分析 (1 要因対応あり) を行った結果、課題研究経験と時間の交互作用有意差はなかった (p 値=0.0825)。課題研究経験あり群の事前事後の平均値差は有意水準 1% で有意 (p 値=0.0002) であり、課題研究経験なし群の事前事後の平均値差は 1% 水準で有意だった (p 値=0.00137)。以上より、批判的思考力への課題研究の効果は確認できなかった。原因としては、課題研究経験なし群の得点上昇により、2 群の差が小さくなったためだと考えられる。

昨年度の分析結果から批判的思考力テストは

学力とも強い相関があるので、昨年度の構成主義的な学習の研究開発で、OPPA を改良して本校の特質にあわせた方式に変えたことの成果が課題研究経験なしの側に現れてきたものだと考えられる。

#### 【5 年間の成果】

批判的思考力テストの中学・高校生への実施効果や課題研究や学力などとの相関関係、批判的思考力の態度や行動アンケートとの関係などを確認し、課題研究が批判的思考力育成の効果があることが 3 年間の経年変化から明らかなり、生徒自身もそれにみあった成長の自覚を持っていることも明らかにできた。構成主義的学習では、OPPA を改良し本校の特質にあわせた方式が効果を上げたと判断できた。

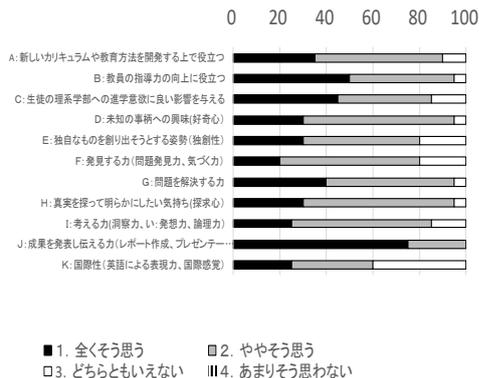
#### 【今後の課題】

構成主義的学習の効果が出てきたので、課題研究における批判的思考力の育成をさらに充実させていくのが今後の課題である。

## 本プログラムに対する内外の評価

### ■教職員アンケート結果

本教職員の SSH 活動に対する意識調査を実施。



昨年度同様 SSH 活動を通して肯定的な意見が多数であった。A~B 項目が「そう思う」・「全くそう思う」が 90%であり、SSH 活動を通して教員側指導も改善がはかかれている結果となった。第 2 期 SSH 活動を通して「教員の変容」や「教材開発」から確認することができる。

### ●創造力 批判的思考力育成研究グループ立上げ

各国数理英教員が集まり研究開発課題の「創造力、批判的思考力」育成に関する「批判的思考力研究グループ」ができ、能力・授業展開・方法等を実施しながら検討作業を行うなど教科を超えた取り組みが行われるようになった。その結果学園独自の「批判的思考力の定義」「中高一貫批判的思考力育成の過程図」を作成した。

(関係資料 8 添付資料 4)

### ●思考力育成委員会立上げ

探究型学習を行うために、幼稚部から高校 3 年 (K-12) までに必要な「思考ツール」を考えるプロジェクトを担う「思考力育成委員会」が立ち上がった。各学年の「ラーニングスキルの育成ステップ」資料を作成するなど、系統的に探究型学習を考えている。

### ●教員授業改善への教員研修

構成主義的授業を実施する際に利用している、OPPA シート活用方法について研修を行った。SSH 運営指導委員の堀哲夫山梨大学理事に、「子供の実態把握と授業改善-OPPA の理論と実践-」と題して中高教員全員対象の講演会を平成 26 年に実施し、情報の共有を図った。

### ●探究活動実施に必要な言語技術研修

課題研究・探究活動の実施に必要な思考スキル、SSH 活動で求められる表現のための言語技術を学ぶことを重視し、テキストを中高全専任教員に配付し研修会を平成 27 年に実施した。上記活動から、教員や学校の変容へ繋がると考えている。

### ●課題研究分野 教材開発

・ラーニングスキル育成に関する教材を書籍化・「問いの見つけ方」「実験計画のたてかた」「表やグラフのまとめ方」「ポスター論文の書き方」等課題研究に必要なワーク冊子を作成。  
・「学びの技」冊子を、総合的な学習の時間「自由研究」の冊子に改定し、探究課題研究全体に波及。

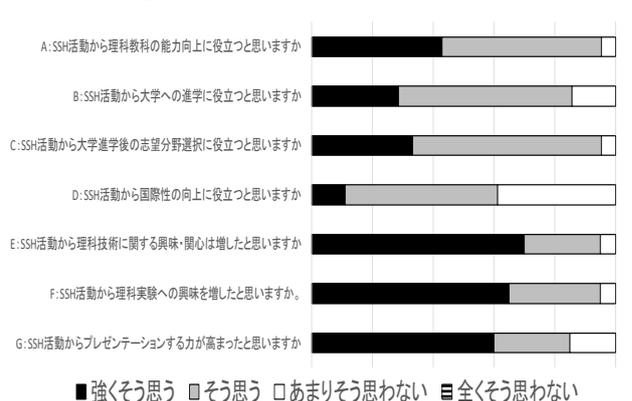
・課題研究 ルーブリック・形成的評価の実践 国際バカロレア (IB) で用いている評価を参考に、独自のルーブリック・形成的評価を実践。(関係資料 8 添付資料 1-1 1-2)

### ●授業分野 教科連携科目での独自教材の開発

・科学英語冊子の作成 理科と英語の教科連携で、実験計画の要点や結果を英語で記録し、科学的内容を英語でアウトプットできる冊子を作成。  
・理系現代文冊子の作成 理科と国語の教科連携で、批判的思考力を育成するための冊子を作成。(関係資料 8 添付資料 2)

### ■保護者アンケート結果

年間の SSH 活動を通して、保護者が生徒の変容についてどのように考えているかアンケートを実施した。



今回のアンケートは、下記のような項目について質問を行った。

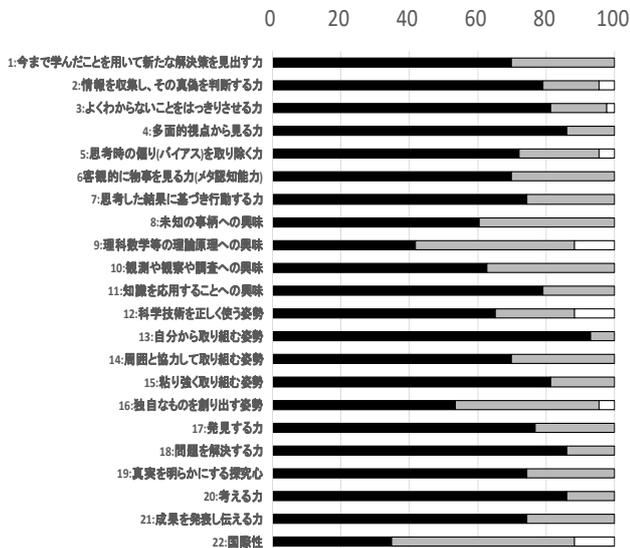
- A・E・F: 理科の能力向上・興味関心
- B・C: 大学進学・分野選択
- D・G: 国際性・プレゼンテーション能力

昨年度同様各項目約 8 割以上の保護者が肯定的な意見であった。この結果は、SSH 活動が課題研究中心ではなく、授業や SSH 特別授業の中で活動について理解していただいたことが肯定的な意見につながっていると考える。発表会を通して「プレゼンテーション力」は向上されたと認識している。しかし、D における国際性に関してだけは、他の項目に比べ肯定的な結果割合が減少していた。昨年度のアンケート結果同様国際性に関して減少傾向であった。今年度、科学英語冊子を作成した。国際舞台での英語による科学的な内容でのディスカッション能力を身につけさせること

を目的としている。このディスカッション能力を身に付けさせる手法の授業展開を課題研究授業の導入やSSH活動全般的に導入検討していく。そのため国際性を育成する取り組みは実施し、国際力は育成していく。

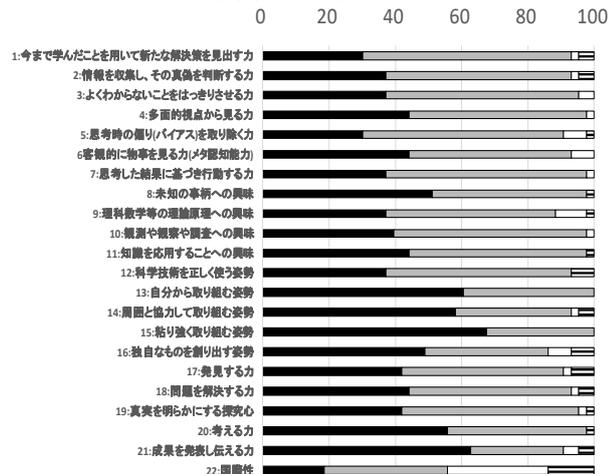
### ■卒業生に対するアンケート結果

現在の学習活動において必要な能力や姿勢



■ 1:とても必要 □ 2:ある程度必要 □ 3:必要なし

在学中のSSH活動でどのくらい向上したか



■ 1:とても向上 □ 2:ある程度向上 □ 3:全く向上せず □ 4:わからない

今回のアンケート項目は、玉川学園研究開発課題である創造力・批判的思考力(1:創造力 2~7:批判的思考力)について、科学的興味(8~11)・科学的姿勢(12~16)・科学的能力(17~22)について調査を行った。昨年度同様 1~7での創造力・批判的思考力は大学などでも必要と考えていることが分かる。特に1・2・4・6・7に関しては70%以上が「とても必要」と答えている。また、5に記載されているバイアスを取り除く力の必要性も感じている。13に記載されている自律性に関しては、100%「とても必要」になっている。この結果から、卒業後様々な部分で創造力・批判的思考力、また自律的・主体的な姿勢が必要であり、科学者

育成やキャリア教育として重要な能力であると認識できる。8~22までの興味・姿勢・能力に関しては、大学などでは特に11・14・15・18・19・20・21は特に「とても必要」として解答している。在学中のSSH活動のアンケート項目に関しては、8・13・14・15における自律的・主体的な観点において、在学中のSSH活動によって「とても向上」という割合が高くなっている。これは創造力・批判的思考力、また自律的・主体的な姿勢が身に付けさせる活動ができている可能性を示唆している。22:国際性に関しては、大学などでも必要と解答している。しかし、在学中のSSH活動に関しては、昨年度同様向上の割合が低い傾向にある。

## 第 5 章 SSH 中間評価において指摘を受けた事項のこれまでの改善・対応状況

本年度は指定 5 年目を迎え、本校 SSH 事業に対する中間評価が行われた。

### ●中間評価の結果

これまでの努力を継続することによって、研究開発のねらいの達成が可能と判断される

### ●中間評価における主な講評

- (1) 中学校から、探究的活動の基礎基本を形成し、中高 4 年間で課題研究に取り組んでおり、課題研究の充実が学力向上につながるという好ましい成果が表れている。
- (2) 教員研修の充実が全教員の意識改革につながっている。学会発表や論文化など、教員自身の研究活動の可視化も期待される。
- (3) 多様な科目設定は好ましいことであるが、それらの系統性が俯瞰できるような工夫が望まれる。

### (1)の講評について

中学生から SSH 活動プログラムである「学びの技」を学習している。研究の初歩的な要素である「比較」・「分類」のシンキングツールから問題発見能力を育成し、情報検索収集・情報整理・アウトライン構成・情報整理・スライド作成・プレゼンテーション能力を育成している。

第 2 期 SSH 活動から「課題研究分野教材」、  
「課題研究ルーブリック」の開発を行った。

### ●課題研究分野 教材開発

- ・ラーニングスキル育成に関する教材を書籍化
- ・「問いの見つけ方」「実験計画のたてかた」「表やグラフのまとめ方」「ポスター論文の書き方」等課題研究に必要なワーク冊子を作成(1-1)。
- ・「学びの技」冊子を、総合的な学習の時間「自由研究」の冊子に改定し、探究課題研究全体に波及(1-2)。
- ・課題研究 ルーブリック・形成的評価の実践  
国際バカロレア (IB) で用いている評価を参考に、独自のルーブリック・形成的評価を実践(1-3)。(関係資料 8 添付資料 1-1 1-2)

### (2)の講評について

上記「教職員アンケート結果」内で記載したが、第 2 期 SSH 活動から「教員の変容」や「教材開発」を行った。(関係資料 8 添付資料 2)

### ●創造力 批判的思考力育成研究グループ立上げ

### ●思考力育成委員会立上げ

### ●教員授業改善への教員研修

### ●探究活動実施に必要な言語技術研修

### ●授業分野 教科連携科目での独自教材の開発

教員が教育系学会発表・論文化など積極的に行われていない状況である。過去現在のカリキュラム開発した資料等を用いて、校外において学会・研修会・論文等で発表する計画を模索していく。第 2 期目以降での教職員校外での主な教育系学会発表・普及活動について

・平成 27 年度日本生物教育学会 口頭発表

・「学びの技書籍化」

(関係資料 8 添付資料 3)

### (3)の講評について

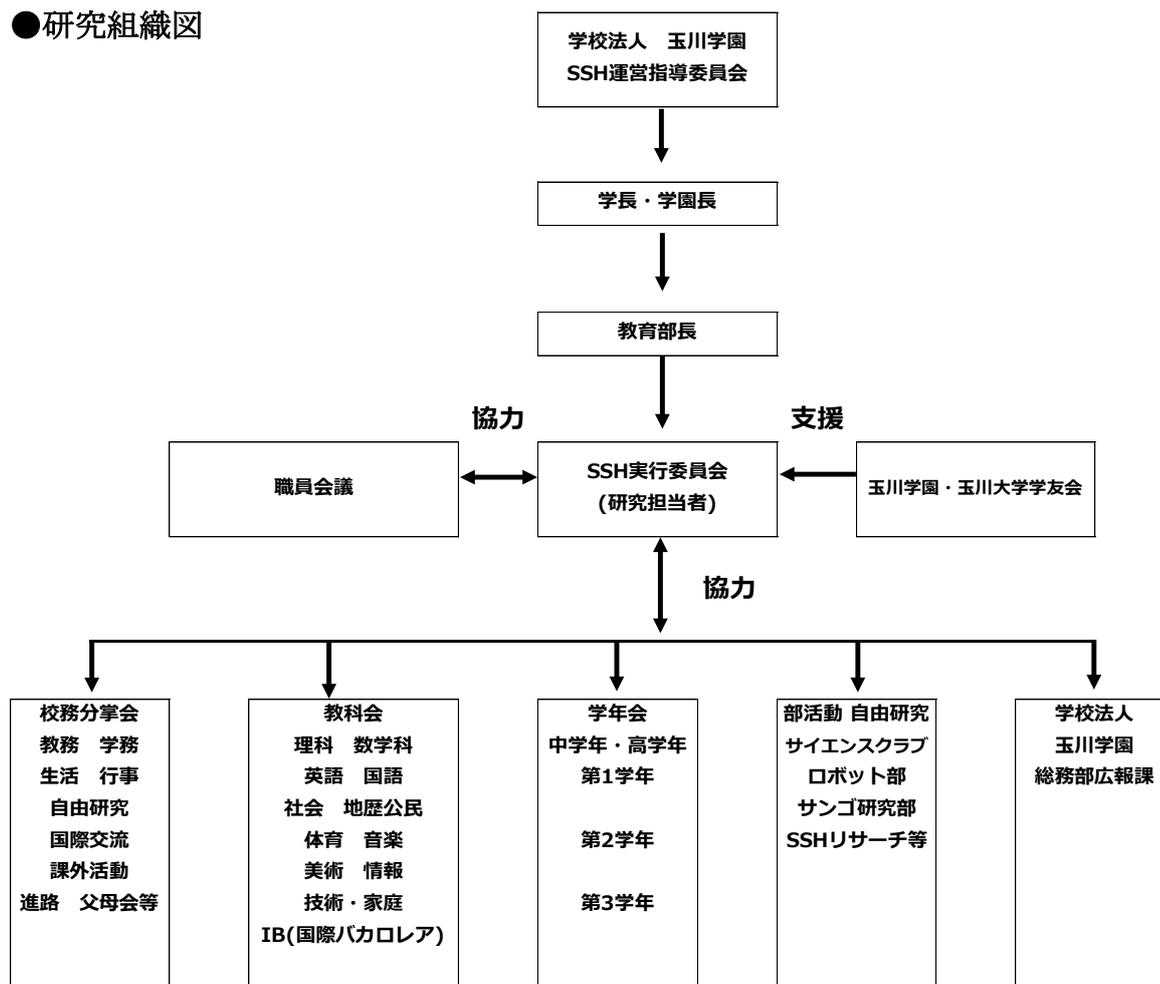
本校の取り組みは、生徒の経験を軸に、そこから課題研究と構成主義的授業の 2 本柱を発展させる形で行い経験をつなぎ成長させ、身近に表れている科学技術社会との接点を高大連携と教科連携で効果的に取り入れながら、経験の延長線上の将来のキャリアを科学技術社会の中へ導いていくものとしている。

### ●創造力 批判的思考力育成研究グループ立上げ

各国数理英教員が集まり研究開発課題の「創造力、批判的思考力」育成に関する「批判的思考力研究グループ」が出来、能力・授業展開・方法等を実施しながら検討作業を行うなど教科を超えた取り組みが行われるようになった。その結果学園独自の「批判的思考力の定義」「中高一貫批判的思考力育成の過程図」を作成。(関係資料 8 添付資料 4)

# 第6章 校内におけるSSHの組織的推進体制

## ●研究組織図



### ■学校全体による取組について

SSH教育研究プログラムは、理数教科だけではなく全教科の教員が関わり実施する。そこで「SSH実行委員会」を開催し、本学園のSSH教育研究プログラムについてその進行状況や課題点を共有し、改善を図っていく。SSH活動を通して現在、授業内での教科連携として、「数学科」・「国語科」・「英語科」・「社会地歴公民科」・「情報科」等との連携が進んでいる。授業内で各教科と連携実施することにより、各教科とSSH教育研究プログラムにおける進行状況・課題点・評価方法・実施計画についてSSH実行委員会を通して、情報を共有し検討が行われている。中学3年次に実施している「学びの技」授業では、情報科または司書教諭に加えて、各教科から教員を派遣し、ティームティーチングを実施しており、授業だけではなく問題発見能力・探究スキル育成方法に関しても情報共有が行われている。

課題研究における教員の関わりについては、理科・数学担当教員は主に課題研究指導、英語科教員は論文・プレゼンテーション発表における英語表現指導、国語科教員は論文の文章表現指導、その他教科の教員に関しても、論文指導やプレゼンテーション指導、大学連携などに関して役割分担し、学校全体で活動している。

# 第7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

## ■平成29年度の課題

### ●課題研究

・【学びの技】：生徒にとってなじみのないスキルベースの授業なので生徒自身にとって意味のあるものなのだろうか、という疑問を生徒が持たないように動機付けが課題となる。多くの生徒が、自分の研究の中で、結論を導く根拠として、データを表やグラフの形で用いている。その個々のケースに対して指導することはもちろんではあるが、その前に全体として指導すべきことは何か、どう指導すべきか等検討が必要である。

### ・【SSH リサーチ脳科学 SSH リサーチ】

SSH 活動・課題研究に興味があるのみの中間層の生徒のモチベーション維持、積極性が不足している。実験計画や教員とのディスカッション、振返りが不足している。また、課題研究データ分析処理に関する客観性・公正性が不十分である。生徒自身の自己効力感・データ分析(データサイエンス)教育を検討する。

### ・【SSH リサーチ科学】

履修人数が増加するにつれ、生徒のテーマ設定と指導教員のマッチングの問題が顕著になってきている(生物分野、特に微生物関係の分野を希望する生徒が多い)。このような課題研究設定方法に関して、教員側と生徒側が乖離しないが、生徒一人ひとりが行いたい課題研究テーマになるようなカリキュラムが必要である。

### ●教科連携

#### ・【数理科学】

生徒の思考力の実態について、教員としての実感がデータとして裏付けられたとはいえるが、被験者人数等、アンケート調査方法が課題である。本研究が奨める学習姿勢の授業計画と評価の方法を、小学校や中学校の算数・数学教育にどのように普及していくかが課題である。

#### ・【理系現代文】

主体性を養うという点に関して、カリキュラム作成含め検討が必要がある。生徒が率先して文章を執筆・読解することを望むような、動機付けや導入への工夫がその一助となると考える。

#### ・【PL 英語表現 科学英語】

研究発表する環境下で英語を使う状況や、科学的な内容についての自分の意見を英語で話す状況等の教材開発をし、国際舞台での英語による科学的な内容でのディスカッション能力を身につけさせることに徐々に普及してきた。しかし、生徒たちの「英語を使えるようになりたい」という意欲を引き出すと共に、生徒達の英語の四技能の増強を図っていききたい。高校3年次ではより科学的分野でプレゼンテーションができるよう、他の教科と連携を行いながら教員の指導力も磨いていきたい。

### ●構成主義的授業展開

双方向の授業を行うなかで、生徒が主体的に取り組まなければ再構成していく学習は難しいことがわかってきた。そこで、どのような課題に対しても常に、自己効力感をもって取り組めるように授業を展開することが必要である。それを行うために、「問題演習の答えを再解釈させる」、「具体化する実験」、「内発的な取り組み」を授業で実践することを徹底して繰り返していく必要がある。

### ●高大連携

#### ・【倫理】

グループ学習の有用性を確認することはできる。しかし、グループ学習はグループごとの格差があり、教員の指導を的確におこなう必要がある。今後の教職員に生徒への「コーチング・ファシリテーター」等の研修が必要である。

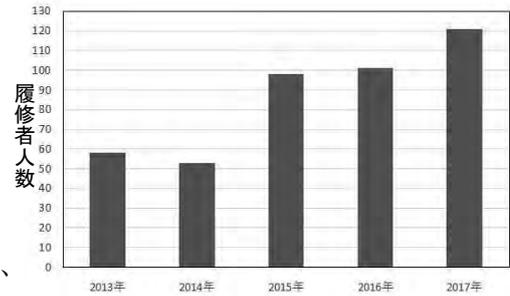
#### ・【SSH 科学】

大学連携授業展開を、各学年の理科授業等に拡大、連携するカリキュラム開発が必要である。

## ■第2期 SSH 活動の現状と今後の研究開発の方向

### ●課題研究の現状

第2期 SSH 指定以降、「学びの技」や課題研究等の授業でラーニングスキルをテキスト化し、批判的思考力を踏まえ反駁等の多面的視点を育成するカリキュラムを導入するなど、SSH活動が活発になり、課題研究を実施する生徒が増加している。一方で増加した結果、生徒自身一人ひとりの自己コントロール(計画性・主体性・自己認識力・発表姿勢)に関してばらつきが生じている。自己コントロールでき、積極的に課題研究等に取り組む生徒は、課題研究成果を上げているが、SSH活動・課題研究に興味を持つ程度の中間層の生徒については、積極性不足、モチベーション維持問題、課題研究のデータ分析処理に関する客観性・公正性が不十分であることが明らかになった。



### ●授業の現状

第2期 SSH 指定以降、構成主義的授業を展開して授業改善を行っている。その際、IBの授業を参考にし、ワンページポートフォリオアセスメントシート(以下 OPPA シートという)等を用いて、教員と生徒の双方向的授業展開から生徒自身の既存知識と学習した知識を関連させて新しい知識を組み立てさせ、自分の内側に何が変化したか意識させることで、メタ認知能力と自己効力感を獲得させている。授業やプログラムを通して、生徒自身の知識変容が確認できる一方、授業で教員が目標設定した生徒変容と生徒自身の考え方に差があるため、授業毎の生徒への「質問」「生徒へのしかけ」の改善・工夫が必要である。また、構成主義的授業(教科:理科)では思考力・判断力を育成するための構成主義的授業展開を模索している。

このように、第1期、第2期を通して我々が強く認識できたのは個々の研究手法よりも、この研究の主人公である生徒の物事への取り組み姿勢が大きなポイントであり、それらを支援する教員の位置づけの大切さであった。

科学の研究活動には創造力や批判的思考力とともに、土台としての主体性の力が必要である。主体性は単に意欲の源ではない。研究には、気づきが必要であることは言うまでもないが、この気づきをもたらすものが主体性なのである。受け身の姿勢では、現象の中にある問題に気づき、ここに研究の種があるとの直感につなげることはできない。広くアンテナを張り、集中力を維持していくには、主体性が不可欠である。

本校のSSH第1期、第2期の研究課題においてキーワードであった「創造性」や「批判的思考力」の手法は確立されてきている。今後は生徒自らの「気づき」の育成、つまり「主体性」の醸成を目指すものとする。もちろん自己中心的な主体性でなく、広義の意味において社会へ貢献できる人材育成を科学分野の研究活動から模索していきたい。全人教育の基礎理念、IB教育の基礎理念を体現する生徒がSSH活動を通してさらに新しい学びを体験し、その成果を初等・中等教育の場に還元できるものとする。

「主体的な生徒とはどういう生徒か」という本校教員へのアンケート結果を分析した結果、主体性には目的意識が伴うとの考察を得た。目的意識は個人的な動機に基づくものでもかまわないが、研究開発の対象とする以上、仕掛けが必要であると考え。そこで社会的文脈を利用してきたいと。たとえば、ローカルとグローバルな社会的文脈の中に自らの研究を置くことで、社会貢献につながる研究の目的を浮かび上がらせていく。何のために研究するのかという目的意識が研究の方向性と連動するので、主体性のある生徒は自らの目的にそぐわない取り組みを拒否することもありうる。自らの目的にそぐわない取り組みを選択せず、場合によっては拒否できることから、主体性のある取り組みには、選んだ責任が生じる。この選択の自由とそれに伴う責任を併せて学ばないと、不十分である。自分の研究によって生じるリスクとそれに対する責任を自分で考える習慣をつけないと、将来的により大きな社会的責任を生じるような研究を担い「社会との共創」を実現できる研究者の育成につながらないと考える。

●今後の研究開発の方向

SSH 第2期終了時点での本校の課題として、「更なる主体性の育成の必要性」が浮かび上がった。今後の目標が第2期 SSH 活動を継続しつつ、4つの事項を目標として考えている。

- ア、創造力と批判的思考力を育てることで研究内容を高めることができるようにする
- イ、批判的思考力を育てることで客観的な自己評価ができるようにする
- ウ、自己効力感を育てることで主体性を育むことができるようにする
- エ、統計思考力を育成し責任とリスクを考えさせることで社会貢献ができるようにする

第2期 SSH 活動では、創造力と批判的思考力を育成することを中心としたカリキュラムの研究開発を行った。その際、目標として掲げていたア、イを継続するとともに、今後は新たに主体性を育成するための目標としてウ、エを設定し取組みたい。

主体性を支えるエネルギーは、知的好奇心や探究心、自己効力感から発する。知的好奇心や探究心は、創造力を伴って研究を進める原動力となる。また、自分にはできるという自己効力感は、過去の成功体験の積み重ねだけではなく、評価が肝要である。さらなる意欲を刺激するような他者からの評価を、研究の様々な段階で、効果的に組み込むようにする。他者からの評価は、批判的思考のたまものであり、多角的多面的に分析し、本質をつかむ批判的思考も育てる。

自らの研究をローカルとグローバルの文脈の中に置くことで、社会貢献につながる研究の目的を浮かび上がらせる。また、自らの研究の意義と社会的責任を考えさせることができる。また、経験と勘と度胸だけに頼った意思決定では、主体性と社会的責任の双方を満足させることはできない。ビッグデータによって将来の不確実性を予測し、制御することは大きな社会的意味を持つ。統計思考によってリスクや社会的責任を考えさせることを目指したい。自らの研究活動がどういう社会的文脈で寄与し得るか、どういう社会的責任が生じるかを自覚しつつ、真に社会との共創を実現するイノベーションを起こせる人材を育成する教育手法を開発していきたい。

# 第 8 章 關係資料

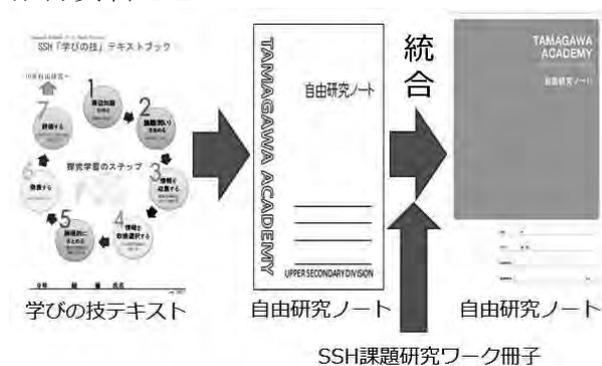
添付資料 1-1



資料：課題研究ワーク冊子 作成

課題研究の基本的な知識・スキルから、ポスター発表・口頭発表・論文作成まで、生徒一人ひとりで課題研究ができるワーク冊子を作成した。

添付資料 1-2



資料：SSH 課題研究冊子の全体普及

SSH「学びの技」で利用している冊子、SSH「課題研究」で利用している冊子を融合し、総合的な学習の時間「自由研究」探究するための冊子に利用する。

添付資料 1-3

	報告書 ⑤月	報告書 ⑥月	報告書 ⑦月	報告書 ⑧月	中間発表 9月	報告書 ⑨月	報告書 ⑩月	S S H 発表会 ①	報告書 ⑪月	報告書 ⑫月	S S H 発表会 ②	報告書 ①月	報告書 ②月	論文	S S H 発表会 ③	発表会参加 状況	発表回数	総合
知識理解		2		2	5		5			6				6				6
意欲態度				3				4			4					5		5
処理評価			5				6			6				6				6
コミュニケーション				7				7							7		7	7

報告書		組 番 氏名		
社会との関連		月	月	月
コミュニケーション	6~7 社会とのつながりを意識した具体的な活動を行い、その活動を自身の研究にフィードバックした。			
	4~5 社会を意識した具体的な活動を行った。			
	2~3 社会を意識した調べ学習を行った。			
	1 社会を意識した学習を行っていない。			
知識		月	月	月
知識と理解	6~7 研究課題に対して論文や書籍などの必然と思われる論文や書籍は調べ、取り入れている。			
	4~5 研究課題に対して現状で関連している論文や書籍を調べ、参考している。			
	2~3 研究課題に対して、関連がありそうな論文や書籍を調べている。			
	1 参考資料を何も選択できなかった。			
理解		月	月	
知識と理解	6~7 行った実験の重要性・必要性を説明し、結果を理解して研究を組み立てた。			
	4~5 行った実験の重要性・必要性を説明し、結果を反映して次の実験をしていた。			
	2~3 行った実験の手順は把握しているが、理解が深く次の実験に活かできなかった。			
	1 向のために実験を行っているのかわかっていなかった。			
データの取り方		月	月	
処理・評価	7 適切なデータが取れるよう工夫された方法であり、処理・分析が課題に対して的確であった。			
	5~6 データの取り方に工夫があり、処理・分析方法は正しい。			
	3~4 データの取り方に工夫はないが、処理・分析は行っている。			
	1~2 データを取っていないか、意味のないデータ処理および分析である。			
活動時間		月	月	
意欲・態度	6~7 授業時間を有効に活用し、授業時間外にも活動が見られる。			
	4~5 授業時間を有効に活用している。			
	2~3 授業時間をあまり有効に活用できていない。			
	1 授業時間を有効活用していない。			

5段階	点数
1	1~4
2	5~8
	9~12
3	13~16
4	17~20
	21~24
5	25~28

資料：課題研究 ルーブリック・形成的評価の実施  
IBを参考に4つの観点を用いて形成的評価を実践した。

添付資料 2

目次	
Contents	
授業 1 「英語で実験道具」 - Do you know the name of lab apparatus? -	4
授業 2 「液体の密度」 - Which liquid has higher/ lower density? -	7
授業 3 「固体の密度」 - Which food has higher/ lower density? -	15
授業 4 「pH値」 - What color did you see? -	21
授業 5 「pH値」 - How do you produce the "rainbow colors"? -	27
授業 6 「ゴム動力ヘリコプターの作成」 - How can you make a high-flying helicopter? -	33
授業 7 「ゴム動力ヘリコプターの飛行」 - How does the height of flight change under different conditions? -	39
授業 8 「立体図形のストローモデル作成」 - How many faces / edges / vertices does your polyhedron have? -	45
授業 9 「ストローモデルの強度比較」 - What are the features of strong structures? -	51
授業 10 前半「ストローモデルの作成と評価」	57
後半「英語プレゼンテーション」	65
「科学英語-SCIENCE ENGLISH-」授業担当書	77
附録	78
資料	
1 ローズインドラダクション	
2 「ゴム動力ヘリコプター」「ストロー多面体」教材マニュアル	
3 実験冊リスト	

資料：科学英語冊子の作成

科学英語：理科と英語の教科連携で、実験計画の要点や結果を英語で記録し、科学的内容を英語でアウトプットできる冊子を作成。生徒実験用冊子と教員指導用冊子を作成。上記は目次である。

## 添付資料 2

理系現代文 後期授業計画			
期日	月日	科目	内容・担当
後 期 課 程	1		小論文テスト【4】(大学入試過去問題より出題)
			【習得目標】読解力・読後感・プレゼンテーション力 【授業内容】小論文
	2		パワーポイント作成
	3		パワーポイント作成
	4		パワーポイント作成
	5		パワーポイント作成
	6		パワーポイント 読後感チェック ※お互いコメントのみ！
	7		パワーポイント修正日、発表練習
	8		パワーポイント修正日、発表練習
	9		中間発表(グループに別れる)
	10		パワーポイント修正日、発表練習、口頭発表の心構え
	11		パワーポイント修正日、発表練習
	12		発表 発表表、発表は後日発表。
	13		発表
	14		発表
	15		発表
	16		発表
	17		発表
	18		発表準備日
	19		発表準備日
	★	10月28日	読後感フィードバック 学びの技術委員会/14歳から
	★	10月29日	学びの技術委員会
	20		読後感フィードバック
	21		文章読解7
	22		文章読解7小論文
	23		文章読解7小論文相互読解→小論文提出
	24		文章読解<お夏の問題>
25		文章読解<お夏の問題>	
26		小論文テスト【5】	
27		読後感フィードバック/ベネッセテスト	

【評価の付け方】

- ① 10% 漢字テスト
  - ② 40% 小論文(相互読解活動含む)
  - ③ 50% 発表
- (各10% 発表感想(読後感)、PPT、研究過程チェック、中間発表の質問内容や評価シート類、授業内の本番発表)

【評定基準】

- 「5」 80点以上 「4」 70点～55点 「3」 64点～40点 「2」 59点～55点 「1」 24点以下

読後感発表をしない場合と欠席時発表が1/9を超過する場合は、無条件で「1」になる。

### 資料：理系現代文冊子の作成

理系現代文：高校3年生理系生徒が必修で履修する授業である。理科と国語の教科連携で、批判的思考力を育成するための冊子を作成。

上記は、授業計画である。

## 添付資料 3

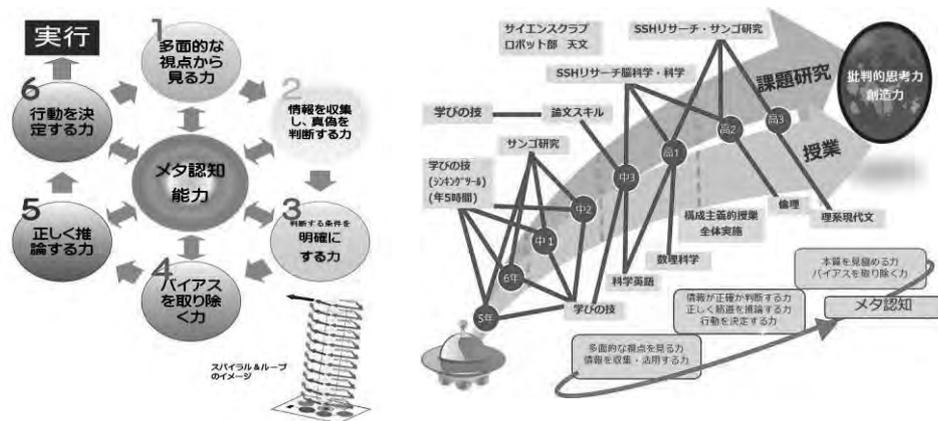


### 資料：書籍の発行

『学びの技-14歳からの探究・論文・プレゼンテーション』

本学園教諭著、玉川大学出版部、2014年刊

添付資料 4



資料：批判的思考力の各能力と過程

批判的思考力研究グループが批判的思考力は複数の能力育成が関わり、各授業で特に育成する能力を明確にし、生徒自身が意識できる授業への改善、評価面では批判的思考力以外の能力向上との関係や、批判的思考力向上が日常的な活動を通して様々な場面であることを示した。

幾何学的な洞察から、先行研究になかった偶数次の対称式を持つ方程式を導出し、複素方程式の虚部のみしか知られてなかったところで、実部の部分を発見し、先行研究と合わせて複素方程式として完成させ、同時にオイラーの公式との関係に気づき簡易な導出方法を見出した。

## 対称性を保ったヘロンの公式の証明と拡張について

2017.10.29 坊ちゃん科学賞 玉川学園高等部12年 前田 英汰

### 対称性とは

対称性とは、ある変換に関して不変である性質

4角形の面積Sは辺a,b,cを入れ替えても変わらない  $S_{a,b,c} = S_{b,c,a}$

### 図形 辺を入れ替えても面積は変わらない

対称性が明白

### 式 辺を入れ替えてもヘロンの公式は変わらない

ヘロンの公式  $S = \frac{1}{4}\sqrt{(1) \times (2) \times (3) \times (4)}$

対称性が明白 ①(a+b+c) ②(-a+b+c) ③(a-b+c) ④(a+b-c)

### 面積の定義 辺を入れ替えて一見同じでない

対称性が明白でない

$S = \frac{1}{2} \times (\text{底辺}) \times h (\text{高さ})$

$S = \frac{1}{2} \times a \times h = \frac{1}{2} \times a \times \sqrt{b^2 - \frac{a^2 - c^2 - b^2}{2c}}$

$S = \frac{1}{2} \times b \times h = \frac{1}{2} \times b \times \sqrt{a^2 - \frac{b^2 - c^2 - a^2}{2a}}$

### 定義はそのまま対称性を保ったヘロンの公式の導出手法

1. 内接円の半径を使って対称的に面積を求める

$S = \frac{1}{2}(a+b+c)r_0$  対称的な定義

2. 内接円の半径  $r_0$  を、辺  $a, b, c$  から対称的に求める

方法 傍接円を利用する

### 辺 $x, y, z$ と内接円半径 $r_0$ と傍接円半径 $r_1, r_2, r_3$ の関係

しばらく  $\begin{matrix} a & x \\ b & y \\ c & z \end{matrix}$

どんな  $x, y, z$  でも1角形は存在するが、 $a, b, c$  はそうではない

### 傍接円半径 $r_1, r_2, r_3$ を消去するには、別な相似が必要

$\begin{matrix} r_0 & = & r_2 \\ x & = & x+y+z \\ r_0 & = & r_3 \\ y & = & x+y+z \\ r_0 & = & r_1 \\ z & = & x+y+z \end{matrix}$

### 対称性を保ったヘロンの公式の証明

別の相似から

半径  $(x+y+z)r_0^2 - xyz = 0$

面積  $S = \sqrt{(x+y+z)xyz}$

ヘロンの公式  $S = \frac{1}{4}\sqrt{(a+b+c)(a+b-c)(a-b+c)(a-b-c)}$

### 拡張 4角形や5角形... 版のヘロンの公式が作れるか?

内接円を持つ多角形の面積を辺の長さから求める

問題点 4角形以上では、大小の別の相似な3角形がない

### 4角形の関連実験のアイデア

新たな相似(角と積)

半径  $(x+y+x+w)r_0^2 - (wxy+xyz+yzw+zxw) = 0$

面積  $S = \sqrt{(w+x+y+z)(wxy+xyz+yzw+zxw)}$

### 5角形以上は $n-1$ 多角形に帰着できる

一辺を挟んだ二辺を伸ばして辺の数を一つ減らし、二種の3角形の相似によって新しくした辺の情報を伸ばした辺に入れる

5角形 → 4角形

### 4角形の半径の方程式

$(0^2 + x^2 + y^2 + z^2) - (0^2 + x^2 + y^2 + z^2) = 0$   $(W = \frac{x^2 + y^2 + z^2}{r_0^2 - r_0^2})$

5角形の半径の方程式

4角形の方程式を仮定して、5角形の方程式が作れた

面積  $S = \sqrt{P(1)P(3)} \sqrt{(1 + \sqrt{1 - 4P(1)P(3) - 2P(5)})/2}$

### 内接円を持つ $n$ 角形の面積 $S$ は $S = P(1)r_0$ で表される

内接円の半径  $r_0$  の方程式

3角形  $P(1)r_0^2 - P(3) = 0$

4角形  $P(1)r_0^2 - P(3) = 0$

5角形  $P(1)r_0^2 - P(3)r_0^2 + P(5) = 0$

6角形  $P(1)r_0^2 - P(3)r_0^2 + P(5) = 0$

7角形  $P(1)r_0^2 - P(3)r_0^2 + P(5)r_0^2 - P(7) = 0$

### 定理 $2n+1, 2n+2$ 角形の内接円の半径 $r_0$ について、以下の方程式が成り立つ

$P(1)r_0^{2n} - P(3)r_0^{2n-2} + \dots + (-1)^n P(2n+1)r_0^{2n-2n} = 0$

$P(n)$  は  $x_1, x_2, \dots, x_n$  に対する  $2n$  次の基本対称式

数字的帰納法で証明した。

### 半径 $r_0$ の方程式は複素化するとオイラーの等式になる

$(r_0 + ix_1)(r_0 + ix_2) \dots (r_0 + ix_n) = -R_1 R_2 \dots R_n$

$(\frac{r_0}{a_1} + i \frac{x_1}{a_1})(\frac{r_0}{a_2} + i \frac{x_2}{a_2}) \dots (\frac{r_0}{a_n} + i \frac{x_n}{a_n}) + 1 = 0$

$(\cos \theta_1 + i \sin \theta_1)(\cos \theta_2 + i \sin \theta_2) \dots (\cos \theta_n + i \sin \theta_n) + 1 = 0$

$e^{i(\theta_1 + \theta_2 + \dots + \theta_n)} + 1 = 0$  オイラーの等式

ヘロンの公式の対称性は、複素平面上の回転の可換性からきていてオイラーの等式と関係があるとわかった

### 半径 $r_0$ の方程式は複素化するとオイラーの等式になる

$e^{i\theta} + 1 = 0$  オイラーの等式

4角形の場合  $d = -x_1 x_2 + x_3 x_4$  で面積最大化

面積  $\max S = \sqrt{a_1 a_2 a_3 a_4}$  と一致、内接円を持つ

### 半径 $r_0$ の方程式は複素化するとオイラーの等式になる

半径  $r_0$  の方程式は  $(r_0 + ix_1)(r_0 + ix_2) \dots (r_0 + ix_n) = -R_1 R_2 \dots R_n$

4角形の場合  $d = -x_1 x_2 + x_3 x_4$  で面積最大化

面積  $\max S = \sqrt{a_1 a_2 a_3 a_4}$  と一致、内接円を持つ

# 天然物を利用した色素増感太陽電池

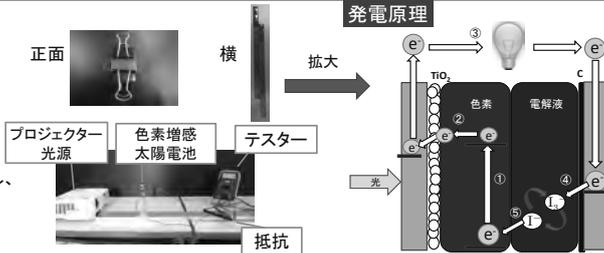
玉川学園高等部3年  
廣田宗士

## 色素増感太陽電池とは

紫外線しか吸収しない酸化チタンに、色素を吸着させることで、吸収する波長の光を増幅させ、電気エネルギーに変換する、環境にやさしい電池

## 発電の測定方法

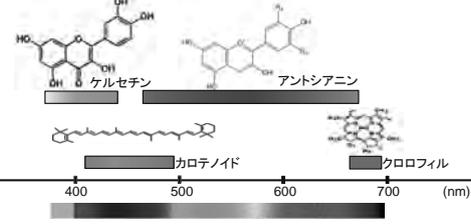
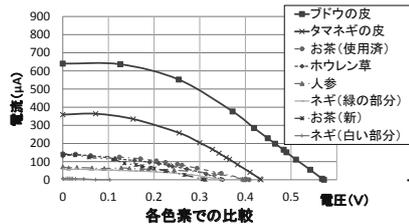
光源と色素増感太陽電池の距離を一定にし、抵抗(0Ω~100kΩ)を変えて電圧を測定し、電流と電圧の関係を表したグラフ(電流-電圧曲線:IV曲線)を作成。



- ①色素が光によって励起
  - ②酸化チタンから透明電極へ電子移動
  - ③負極側から正極側へ電子移動
  - ④電解液中の三ヨウ化物イオン(I<sub>3</sub><sup>-</sup>)は送られてきた電子で還元される(I<sub>3</sub><sup>-</sup>+2e<sup>-</sup>→3I<sup>-</sup>)
  - ⑤酸化状態の色素がI<sup>-</sup>により再生される(3I<sup>-</sup>→I<sub>3</sub><sup>-</sup>+2e<sup>-</sup>)
- ①~⑤のサイクルを繰り返し発電を続ける

## 昨年度の研究

家庭から出る廃棄物を用いて、色素増感太陽電池に適する色素の条件について検討した



広い吸収波長領域を持つのも酸化チタンにキレート配位しやすいものが色素として適切である ⇒ **アントシアニン**

## 今年度の目的

昨年度の研究で最も良好な結果となった「アントシアニン」について更に検討を行い、ブドウの皮からアントシアニンを単離してさらなる発電量の向上を目指す。

- ・アントシアニンを単離することによって・・・
- ・濃度を統一して比較をできるようにする
- ・天然物中に含まれているアントシアニン以外の物質の影響を検討し発電効率をさらにあげる。
- ・色素を長期保存可能にする
- ・アントシアニン類の構造の違いによって、色素増感太陽電池の発電効率がどう影響を受けるのかを検証する

## アントシアニンの単離

### ①アントシアニンの抽出

エタノール中、80℃で加熱還流



× 抽出液の色調に変化が生じた

アントシアニンは熱に弱い

○ ブドウの皮にエタノールを加え乳鉢ですり潰した

### ②アントシアニン液の濃縮

水流ポンプで減圧し、40℃以下でエタノールを除去



濃縮している様子

ペーパークロマトグラフィー (左:加熱前 右:40℃に加熱後) 40℃に加熱してもRf値変化なし ⇒ 40℃までは加熱可

### ③精製

カラムクロマトグラフィー

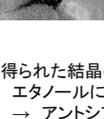
吸着剤: オルガノ柱製 アンバーライトXAD7HP  
溶媒: 蒸留水 その後 1%酢酸70%エタノール水

カラム後、40℃以下で減圧濃縮し、酢酸エタノールを除去

### ④結晶化

ジエチルエーテルで再結晶

結晶を真空鐘に入れ、真空ポンプで減圧し乾燥



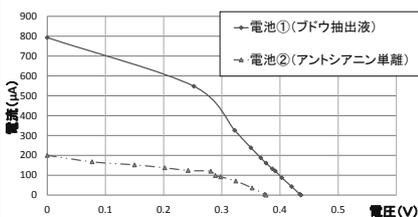
ブドウの皮78g からアントシアニンの結晶0.165gを得た

得られた結晶の性質: エタノールに溶けやすく、水に溶けにくい → アントシアニンの結合糖が精製中に加水分解され脱離した可能性あり

## 単離したアントシアニンをういた色素増感太陽電池の作成

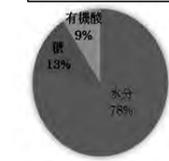
### ①ブドウの皮との比較

アントシアニンの濃度を統一するようにして、比較をした。



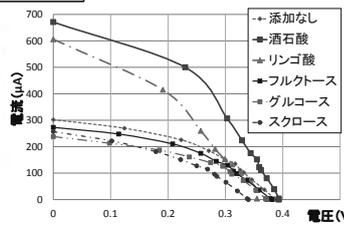
単離したアントシアニンの方が発電量低下 → 精製過程でアントシアニン減少

### ②ブドウの皮の成分添加

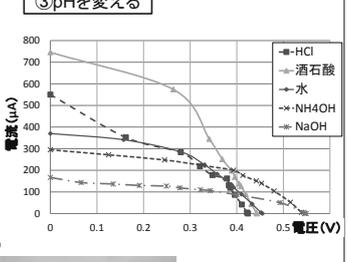


ブドウの成分  
糖: グルコースとフルクトースが主  
スクロース  
有機酸: 酒石酸が主  
リンゴ酸が次

### ③pHを変える

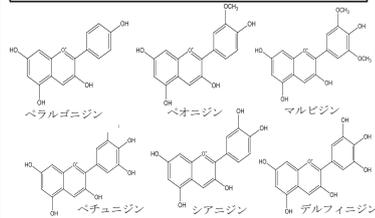


酸を加えると電流増加  
糖など無関係なものはないほうが良い



pH 低 → 高  
電流: 酸性で上昇  
電圧: 塩基性で上昇

### ④アントシアニンを含む食品に酒石酸を添加



	ナスの皮	紫キャベツ	赤たまねぎ	ブルーベリー	ブドウ
短絡電流 (μA) (酒石酸なし)	324	600	600	669	300
短絡電流 (μA) (酒石酸あり)	750	1446	1158	1140	415
上昇率 (倍)	2.3	2.4	1.9	1.7	1.4

結果  
どのアントシアニンでもぶどうの皮のアントシアニンと同様に酸によって構造が変化し、より発電するようになる

電流: 酸性で上昇、塩基性で低下  
電圧: 塩基性で上昇

アントシアニンはpHにより構造が変化  
酸性で安定な構造。塩基性では不安定。  
強酸より弱酸がよい  
塩酸性では不安定な塩化物になる  
強酸で結合していた有機酸や糖が脱離  
→ 酸化チタンへの配位のしやすさが変化

酸化チタンと電解液にNaOHを加え、標準電極電位が変化した電解液

添加物: 水・NH<sub>3</sub>・NaOH

3 I<sub>2</sub> + 6 NaOH → NaIO<sub>3</sub> + 5 NaI + 3 H<sub>2</sub>O

NaIO<sub>3</sub>やNaIが生成し、標準電極電位が元の電解液とは異なり、電圧が上昇。  
NaIO<sub>3</sub>は強い酸化剤でもある。  
電解液が透明になったことも◎

## まとめ・展望

今回、色素の単離方法やpHによる発電量の関係についてわかった。今後、更にアントシアニンの精製方法について再検討し、アントシアニンの構造変化についてもより詳しく検討する。又、様々な種類のアントシアニンで実験を行い、より環境に優しく実用的な色素増感太陽電池の開発を目指したい。

## 参考文献

- 1) 荒川 裕則. 色素増感太陽電池. シーエムシー出版(p340).
- 2) 林 孝三. 植物色素. 養賢堂(p151~157).
- 3) 日本食品科学工学会. 食品分析研究会. 新食品分析法. 光琳(p99~110).
- 4) 久保田 純久 様. 藤光 康次 様. 食品学. 食品成分と機能性. 第2版増訂(p205).
- 5) 日本植物生理学会. 植物色素の吸光波長. [http://www.jspso.org/17/nrc/aippan/simin2005/01/Yofig01Yo\\_fig01.html](http://www.jspso.org/17/nrc/aippan/simin2005/01/Yofig01Yo_fig01.html)
- 6) キリヤ化学. アントシアニンのpHによる平衡. <http://www.kiryia-chem.com/p/q&a/q07.html>
- 7) 津田 孝徳ほか. アントシアニンの科学. 生理機能・製品開発の最新展開. 建邦社(p2~15).

# Atlantis

## 【Concept】

We made a low center of gravity and high stability robot.

### 【Member】

Takeru KUNIYOSHI(9<sup>th</sup> grade)  
Megumi YAZAWA (Sophomore)

### 【Place】

from Tokyo JAPAN  
School : Upper Division, Tamagawa Academy

### 【Category】

Rescue Maze  
School : Department of EECE, Faculty of Science and Engineering, Chuo University

## The structure and roles of sensors of our robot

### 【1. Tube to store rescue kits】

We put the tube in front of the robot so that it became less likely to tip over when it goes up the ramp.



Fig.1 Front View

### 【5. Homemade circuit board】

- Circuit to send the power and signal
- Gyro sensor
- Acceleration sensor
- Display device
- A Switch for “a Lack of Progress” etc...

We designed and built a circuit that implements everything listed above.

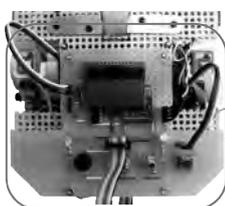


Fig.2 Top View

### 【6. Temperature sensor x 2】

This sensor is used to find the victims.

We put this sensor in a place closer to the front of the robot to make it easier to find the victims at the corner.

### 【7. Slope for rolling the rescue kit】

The slope is attached to substantially the same position as the temperature sensor. So it can drop the rescue kit to the exact position.

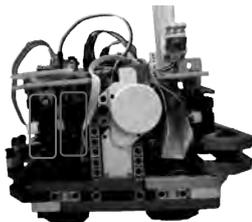


Fig.3 Right Side View

### 【2. PSD sensor x 3】

This sensor is used to make the robot move along with the wall. The sensor was attached to be slanted against the wall so that the robot is able to recognize its orientation.

### 【3. Touch sensor x 2】

This sensor is used to detect an obstacle or to correct the orientation of the robot.

### 【4. Gimmick to drop the rescue kit】

### 【8. Color sensor】

This sensor is used to identify the black tile and bumps. However, this sensor it is difficult to identify the silver tile and white tile.

### 【9. Infrared sensor】

This sensor measures the amount of reflected infrared irradiated by the sensor. This sensor is used mainly to distinguish between silver tiles and black tiles. However, the sensor sometimes erroneously recognize bumps as black tiles.

### 【10. Wheels】

Compared to the 2015 edition of the rule, the 2016 edition raised the height of bumps.

So we changed the robot's structure so that it allows pivot on bumps or to climb over bumps by increasing the diameter of the wheels of the robot.

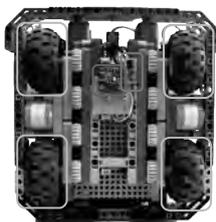


Fig.4 Bottom View

## Important Feature of our robot: PSD sensors are used to detect walls, but not ultrasonic sensors.

### 【Pros of ultrasonic sensors】

- It can detect walls in the distance.

### 【Cons of ultrasonic sensors】

- When the sensor is 100cm away from the wall and the sensor is inclined 15 degrees against the wall, the ultrasonic wave reflected from the wall can't reach the sensor. (see table 1)
- If there are obstacles such as toothpicks on the floor, the sensor sometimes measures the distance to them.

		The angle of the ultrasonic sensor against the wall [°]				
		0	15	30	45	60
The distance to the wall [cm]	10	○	○	○	○	×
	50	○	○	×	×	×
	100	○	×	×	×	×

An ultrasonic sensor can't detect walls if the sensor is inclined. (ultrasonic wave can't come back)

### 【Pros of PSD sensors】

- Even if an angle of the sensor against the wall is big, the sensor can accurately measure the distance to the wall. (see table 2)
- When the sensor is attached on the robot as the light-emitting part is spaced from the floor and the light-receiving part is near the floor, the sensor is able to measure the distance to a wall, even if toothpicks are on the floor. ← Because the sensor detects obstacles which are near to the light-receiving portion, but it does not detect obstacles which are near to the light-emitting part.

### 【Cons of PSD sensors】

- It can measure only when the distance to the wall is short.

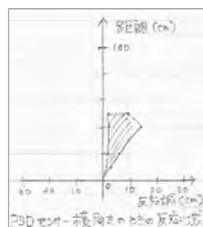


Figure 1: PSD sensor's detectable area (receiver is on the left. Light-emitting part is on the right)

		The angle of PSD sensor against the wall [°]				
		0	15	30	45	60
The distance to the wall [cm]	10	○	○	○	○	○
	50	○	○	○	○	○

PSD sensors detects infrared light reflected from the wall which is inclined against the sensor.

# バナナが変色する理由

玉川学園中学部1年  
平野悠

<p><b>動機</b> バナナの皮が日にちが経過することに茶色く変色していく様子を見て、なぜバナナの皮は変色していくのかと疑問に思ったため研究を始めた。</p> <p><b>目的</b> バナナの皮がなぜ変色していくかを調べる。</p>	<p><b>仮説</b> 普段の生活から、以下の状況のときに変色しやすいのではないかと予想した。 ①光の影響(明るいところに放置したとき)。 ②温度の変化(冷蔵庫に放置したとき)。 ③気体の種類(酸素によって酸化されるとき)。 ④一緒に保存する物(りんごと一緒に放置したとき)。 ⑤果実の糖度が上がったとき(シュガースポットという言葉聞いたことがある)。</p>
<p><b>光</b> ①太陽光 目的:光があたると変色するのか</p> <p><b>&lt;方法&gt;</b> バナナの半分にアルミを巻き、1~5時間屋外で放置した。その後、室温で5日間放置した。</p> <p><b>&lt;考察&gt;</b> アルミで巻いていなかった部分の変色が大きかったことから、日光によって変色しやすくなると考えられる。</p> <p><b>&lt;結果&gt;</b> 太陽光照射中 1時間 2時間 3時間 4時間 5時間 アルミを巻いていない部分の方がより変色した</p> <p><b>&lt;結論&gt;</b> バナナは太陽光によって変色しやすくなる。</p>	<p>③日焼け止め 目的:紫外線を遮ると変色しにくくなるのか</p> <p><b>&lt;方法&gt;</b> 日焼け止めを塗ったサララップと何も塗っていないサララップを巻いて、屋外で1時間放置した。その後、室温で2日間放置した。</p> <p><b>&lt;考察&gt;</b> 日焼け止めを塗った部分の変色が小さかった。日焼け止めは、紫外線を遮る効果があるため、バナナは日光に含まれる紫外線の影響によって、変色しやすくなることがわかった。</p> <p><b>&lt;結果&gt;</b> 日焼け止め:有 変色小さい 変色大きい 実験前 2日後</p> <p><b>&lt;結論&gt;</b> バナナは紫外線が当たることによって変色しやすくなる。</p>
<p>②セロファン 目的:どのような波長の光があたると変色するのか</p> <p><b>&lt;方法&gt;</b> 細く切ったセロファン(緑・赤・黄)を巻き、セロファンを巻いた部分の変色が少なかった。セロファンは、その色の可視光と紫外線を遮るため、バナナは、紫外線によって変色した可能性が高いと考えられる。</p> <p><b>&lt;結果&gt;</b> 実験前 3日後</p> <p><b>&lt;結論&gt;</b> バナナは紫外線によって変色する可能性が高い。</p>	<p>④紫外線 目的:紫外線によって変色するのか</p> <p><b>&lt;方法&gt;</b> 半分だけアルミホイルを巻いたバナナに15分間紫外線を当てた。その後、室温で9日間放置した。</p> <p><b>&lt;考察&gt;</b> アルミ無しの方がより変色したことから、バナナの皮は、紫外線によって、変色しやすくなることがわかった。紫外線により細胞が傷ついたからではないかと考えた。</p> <p><b>&lt;結果&gt;</b> 変色小さい 変色大きい 照射前 9日後 アルミ有り アルミ無し 9日後の糖度</p> <p><b>&lt;結論&gt;</b> バナナは紫外線によって変色しやすくなる。紫外線による変色と糖度には関係がない。</p>
<p><b>温度</b> 目的:冷やすと変色しやすくなるのか</p> <p><b>&lt;方法&gt;</b> 2つのタッパーの中にバナナを各1本ずつ入れ、片方を冷蔵庫の中に、もう片方は室温で、それぞれ3日間放置した。</p> <p><b>&lt;考察&gt;</b> 冷蔵庫で保存していた方が変色した。このことから、低温の方が変色しやすくなることが分かった。これは、バナナの皮に低温障害が発生したと考えられる。</p> <p><b>&lt;結果&gt;</b> 実験前 3日後 冷蔵庫入り 常温 3日後の糖度</p> <p><b>&lt;結論&gt;</b> バナナの皮は、周りの温度が低くなることによって変色しやすくなる。</p>	<p><b>気体</b> 目的:保存する気体の種類によって変色のしやすさが変わるのか</p> <p><b>&lt;方法&gt;</b> タッパーの中にバナナを各1本ずつ入れ、空気、酸素、窒素、二酸化炭素を入れた。室温で8日間放置した。</p> <p><b>&lt;考察&gt;</b> 酸素で保存していたものがより変色した。これは、酸素によってバナナの皮の成分が酸化された、または、呼吸が活発に行われたためではないかと考えられる。</p> <p><b>&lt;結果&gt;</b> O<sub>2</sub> 空気 N<sub>2</sub> CO<sub>2</sub> 実験前 8日後 酸素 空気 二酸化炭素 窒素 8日後の糖度</p> <p><b>&lt;結論&gt;</b> バナナは酸素が多いところで保存すると変色しやすくなる。</p>
<p>一緒に保存するもの ①りんご 目的:りんごと保存すると変色するのか</p> <p><b>&lt;方法&gt;</b> 3つのタッパーにバナナを各1本ずつ入れた。以下の条件で、室温で3日間放置した。 1:りんご2分の1+バナナ 2:細かく刻んだりんご2分の1+バナナ 3:バナナのみ</p> <p><b>&lt;考察&gt;</b> りんご有の方がより変色し、細かいりんごと共に保存した方が変色した。これは、りんごから放出されるエチレンによって変色が進んだと考えられる。</p> <p><b>&lt;結果&gt;</b> 3日後 りんご半分 りんご細かい りんご無し 3日後の糖度</p> <p><b>&lt;結論&gt;</b> バナナはりんごから放出されるエチレンによって変色しやすくなる。</p>	<p>②バナナ同士 目的:複数本で保存すると変色しやすくなるのか</p> <p><b>&lt;方法&gt;</b> 片方の集気びんにはバナナを1本、もう片方にはバナナを2本入れた。その後、室温で保存した。</p> <p><b>&lt;考察&gt;</b> 2本で保存していたものがより変色した。これは、りんごと同じくバナナの皮から出るエチレンによる影響だと考えられる。</p> <p><b>&lt;結果&gt;</b> 実験前 8日後 バナナ2本 バナナ1本 8日後の糖度</p> <p><b>&lt;結論&gt;</b> バナナは複数本で保存すると変色しやすくなる。</p>
<p><b>シュガースポット</b> 目的:日にちの経過とともに、バナナは変色し、糖度は上がるのか</p> <p><b>&lt;方法&gt;</b> 購入直後の「青バナナ」数日後の「黄バナナ」さらにしばらく置いた「茶バナナ」について、果実の外側と内側の細胞を綿棒で採取し、ヨウ素液で染めて顕微鏡で観察した。細胞1個中にあるデンプンの個数を調べた。</p> <p><b>&lt;結果&gt;</b> 青色 黄色 茶色 青色バナナ 黄色バナナ 茶色バナナ 各色の糖度</p> <p>1つの細胞に含まれるデンプンの数の割合</p> <p><b>&lt;考察&gt;</b> バナナの皮は日にちと共に変色し、果実の糖度は上がった。果実に含まれるデンプンは日にちと共に減少した。このことから、バナナの糖度が上がるのは、デンプンが糖に変わっているためだと考えられる。</p> <p><b>&lt;結論&gt;</b> バナナは日にちが経過すると変色し、果実に含まれているデンプンが糖に変わる。</p>	<p><b>砂糖水</b> 目的:果実の糖度が上がることで、バナナの変色は関係があるのか</p> <p><b>&lt;方法&gt;</b> 果糖、グルコース、スクロースの各飽和水溶液と水をバナナの皮の表と裏に3滴ずつ滴下した。その後、室温で1日放置した。</p> <p><b>&lt;結果&gt;</b> 水 スクロース グルコース 果糖 表面 裏面</p> <p><b>&lt;考察&gt;</b> 1日後 皮の裏面に滴下したところ全てが変色した。糖類を滴下したところだけでなく、水を滴下しても変色したため、糖度が上がると変色するかどうかは、検証できなかった。しかし、糖度が上がるのと皮の変色には関係がないと考える。シュガースポットは、皮の細胞が時間とともに死滅し、同時に、果実の糖度が上がったためだと考えたからである。</p> <p><b>&lt;結論&gt;</b> バナナの皮の変色と果実の糖度が上がることには、直接の関係はないのではないかと考えた。</p>
<p><b>まとめ・展望</b> バナナの皮が変色する条件として、紫外線を照射した場合、低温の場合、酸素が多い場合、エチレンを放出するものと保存した場合、バナナを複数本で保存した場合であるということが分かった。バナナの皮の変色と果実の糖度が上がるのは、直接の関係はないと予測しているため、その検証をしたい。</p>	<p><b>参考文献</b></p> <p>1) 松本 照喜, 理科教育ニュース縮刷・活用版理科実験大百科第2集, 少年新聞社(p49) 2) 松本 恒, 理科教育ニュース縮刷・活用版理科実験大百科第7集, 少年新聞社(p53) 3) 小島島夫, バナナの果肉細胞を用いた生物実験</p>

# ① Research Problems

## 1. Introduction

- Driverless cars can avoid human errors.
- Some monorails are already driverless.  $\Rightarrow$  they run on rail(s) and their control is simpler.
- Route buses are easier to control than other cars.
- We try to control route buses reliably and autonomously by drawing a line on the bus route.

## 2. Expected achievements

- This technology would reduce car accidents caused by human errors.
- If public transportation like this kind of safe buses become popular, carbon dioxide will be reduced.
- This technology could also be applied to automatic driving of electric wheelchairs by drawing a line on the curbside

## 3. Engineering Goals

**Q1:** What are the optimal parameters of PID control with which the robot smoothly follows the line?

**Q2:** How can a bus keep following the line when there are local environmental changes?

## 4. What is "the smoothness"

- Data collected from the light sensor should not fluctuate so much.
- Data collected from the acceleration sensor should not exceed a certain limit.
- A marker standing on the robot does not fall while the robot runs.

## 5. Risk and Safety

- All the experiments are performed in a closed room
- Overcurrent protection circuit is incorporated
- I use a dedicated charger when charging the 7.2V battery

# ② Design & Methodology

## 1. Robot Specifications

	Model number	Application purpose
Car body	LEGO Technic Series	Platform, to install the followings
Micro-computer	EV3	It has 4 sensor ports and main processor's frequency is 300MHz
Motors	NXTDC Motors	Two motors, each drives 2 wheels at one side through reduction gears
Sensor	NXT Light Sensor	Recognizes the black line on the ground (only one sensor is used to follow the line) (Analog sensor)
Sensor	Hitechnic Acceleration Sensor	Measures acceleration. (Digital sensor)

Table 1. Robot Specifications

Tire: 55mm  $\phi$  weight 820g



Fig.1 Robot Body

Depth: 180mm, width: 190mm, height: 130mm

## 2. When going forward

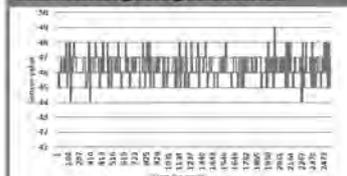


Fig.2 Acceleration Sensor Value

Maximum value 49, Minimum value 64, width 5

## 3. Data Collection

1. Connect the light sensor and the acceleration sensor to EV3
2. Connect the EV3 to a PC through a USB2.0
3. Record the light sensor and the acceleration sensor output values in every 50ms when the robot runs

## 4. How to tune a PID controller

Control variable  $u(t)$  of the PID control can be expressed by

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \cdot \frac{d}{dt} e(t)$$

$K_p$ : proportionality constant

$K_i$ : integral constant

$K_d$ : derivative constant

$e(t) = \text{Sensor Value} - \text{Target Value}$

Right Motor Output =  $T_p + u(t)$

Left Motor Output =  $T_p - u(t)$

$T_p$ : Target power level (the robot is supposed to go straight ahead)

Ultimate Gain Method

Increase the  $K_p$  value until it reaches the ultimate gain " $K_c$ " (critical gain), at which the output starts to oscillate with the period " $P_c$ "

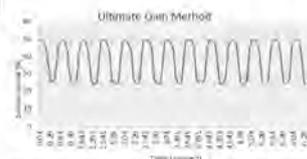


Fig.3 Light sensor value of Ultimate Sensitive Method

$K_c = 8.0$  ("critical gain" in the PID literature)  
 $P_c = 0.5$  (s) (The oscillation period)

Control Type	$K_p$	$K_i$	$K_d$
P	$0.50K_c$	0	0
PI	$0.45K_c$	$1.2K_c/dT / P_c$	0
PD	$0.80K_c$	0	$K_c P_c / (8dT)$
PID	$0.60K_c$	$2K_c/dT / P_c$	$K_c P_c / (8dT)$

Table 2. Ziegler-Nichols method to give  $K$  values

The time step size ( $dT$ ) is 50 ms

# Feedback Control of Driverless Buses

Taiga YANAGIDA  
TAMAGAWA Academy, Tokyo, JAPAN

## ③ Question 1: Which control method can make the robot run most smoothly?

**<Method>**

- Based on the **ultimate gain method**, calculate the ultimate proportionality constant and the oscillation period when the robot starts to oscillate.
- Calculate** all other parameters from Table 2.
- Make the robot follow the line with **(P, PI, PD, and PID) feedback control**.
- Determine which control method results in the **best smoothness** by the criteria of ①④

**<Experiment 1>**  
To make the robot follow the line with P control (proportional control).

**<Results 1>** the final value was  $K_p=4.5$

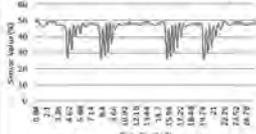


Fig.4 Light Sensor Value of P control

When turning right, the trajectory swings average 5 times with the amplitude 20

Maximum value 53  
Minimum value 41  
width 12

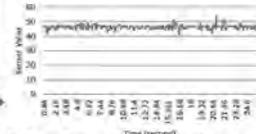


Fig.5 Acceleration Sensor Value of P control

**<Discussion>**

- When the proportional gain was 4.5, the sensor output did not much fluctuate and the acceleration was less than the reference value.
- The marker placed upright on the robot sometimes fell down at a right turn point.

**<Experiment 2>**  
To make the robot follow the line with PI control (proportional integral control).

**<Results 2>** the final values were  $K_p=4.5, K_i=0.55$

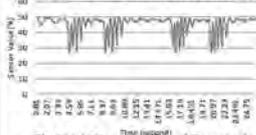


Fig.6 Light Sensor Value of PI control

When turning right, the trajectory swings average 5.3 times with the amplitude 22

Maximum value 52  
Minimum value 35  
width 17

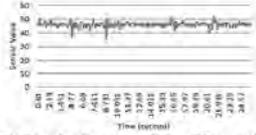


Fig.7 Acceleration Sensor Value of PI control

**<Discussion>**

- It was **not smooth** run because extreme shaking occurred more than proportional control especially at the corners.
- As the integral control accumulates deviations, it is thought that this accumulation continued to output the large value even after the robot reached around the target value.
- The marker placed upright on the robot sometimes fell down at a right turn point.

**<Experiment 3>**  
To make the robot follow the line with PD control (proportional derivative control).

**<Results 3>** the final values were  $K_p=4.5, K_d=18.0$

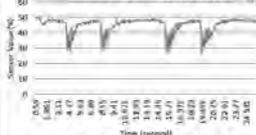


Fig.8 Light Sensor Value of PD control

When turning right, the trajectory swings average 6 times with the amplitude 16

Maximum value 52  
Minimum value 40  
width 12

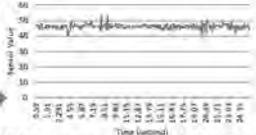


Fig.9 Acceleration Sensor Value of PD control

**<Discussion>**

- A marker standing on the robot did not fall while the robot ran.
- Although **shaking increased** more than P control, PD control did not show faster changes. From this, it is thought that was a smooth running. Also, the convergence was slow. This is due to an effect of differentiation.

**<Experiment 4>**  
To make the robot follow the line with PID control (proportional integral derivative control).

**<Results 4>** the final values were  $K_p=4.5, K_i=0.55, K_d=18.0$

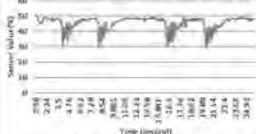


Fig.10 Light Sensor Value of PID control

When turning right, the trajectory swings average 6 times with the amplitude 15

Maximum value 53  
Minimum value 35  
width 18

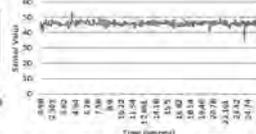


Fig.11 Acceleration Sensor Value of PID control

**<Discussion>**

- PID control sometimes converged to the target value smoothly like the waveform of PD control but sudden change occurred at most of the corners like the waveform of PI control.
- The marker placed upright on the robot sometimes fell down at a right turn point.

**< Conclusion>**  
The smoothest control is PD control because it did not cause sudden changes with one sensor . The time to converge to the target value was rather long, though.

<Experiment 5>  
To make the robot follow the line with Bang-Bang control.

<Method>

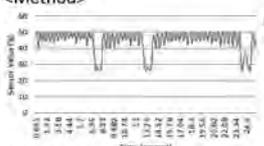


Fig.12 Light Sensor Value of Bang-Bang control

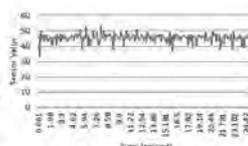


Fig.13 Acceleration Sensor Value of Bang-Bang control

When turning right, the trajectory swings average 2 times with the amplitude 22

Maximum value : 53  
Minimum value : 33  
width : 20

<Discussion>

- The sensor output much fluctuated and the acceleration was less than the reference value.
- The marker placed upright on the robot fell down even on a straight line.

## ④ Question2: How can the robot follow the line even with changes in environmental brightness?

### 1. Day and Night

<Experiment 6>  
Can a robot follow the line smoothly even change the brightness of the room?

<Method>  
Develop a calibration method before the robot starts.

Night



Sunny day



<Results>

Table 3. No brightness calibration before a robot starts

	Dark	Normal	Bright
Did it work?	No	Yes	No

Yes: A robot ran through all the courses  
No: A robot got out of the course

Table 4. Brightness calibration before a robot starts

	Dark	Normal time	Bright
Did it work?	Sometimes not	Yes	Yes

<Discussion>

- For different ambient brightness, the amount of reflected light changes, and so the robot could not respond properly if the target value is the same.
- By setting a proper target value from the brightness measured before the robot starts, the robot followed the line.

### 2. Sun and Shade

<Experiment 7>  
Can a robot follow the line smoothly even with localized brightness changes?

<Method>  
Change the brightness locally and make the robot follow the line

- Brightness calibration before a robot starts
- Continuous calibration with one sensor
- Continuous calibration with two sensors

Sun and Shade



<Results>

Table 5. As a result of locally changing the brightness

	Could the robot run through all the courses?
The robot calibrate it before a robot starts	No
Continuous calibration with one sensor	No
Continuous calibration with two sensors	Yes

<Discussion>

- When the ambient brightness becomes higher near the light source, the reflection from the black line becomes brighter. Since the robot tries to maintain the target value, it goes inside of the black line. The robot derails in this way.
- By adjusting the target value from the measured ambient light during the robot runs, the robot followed the line.

## ⑤ Conclusions

- We completed a program that can run comfortably.  
PD control is the control which runs most smoothly in feedback controls.
- I found a way to cope with environmental changes by using two sensors.  
Environmental changes can be resolved by online calibration.

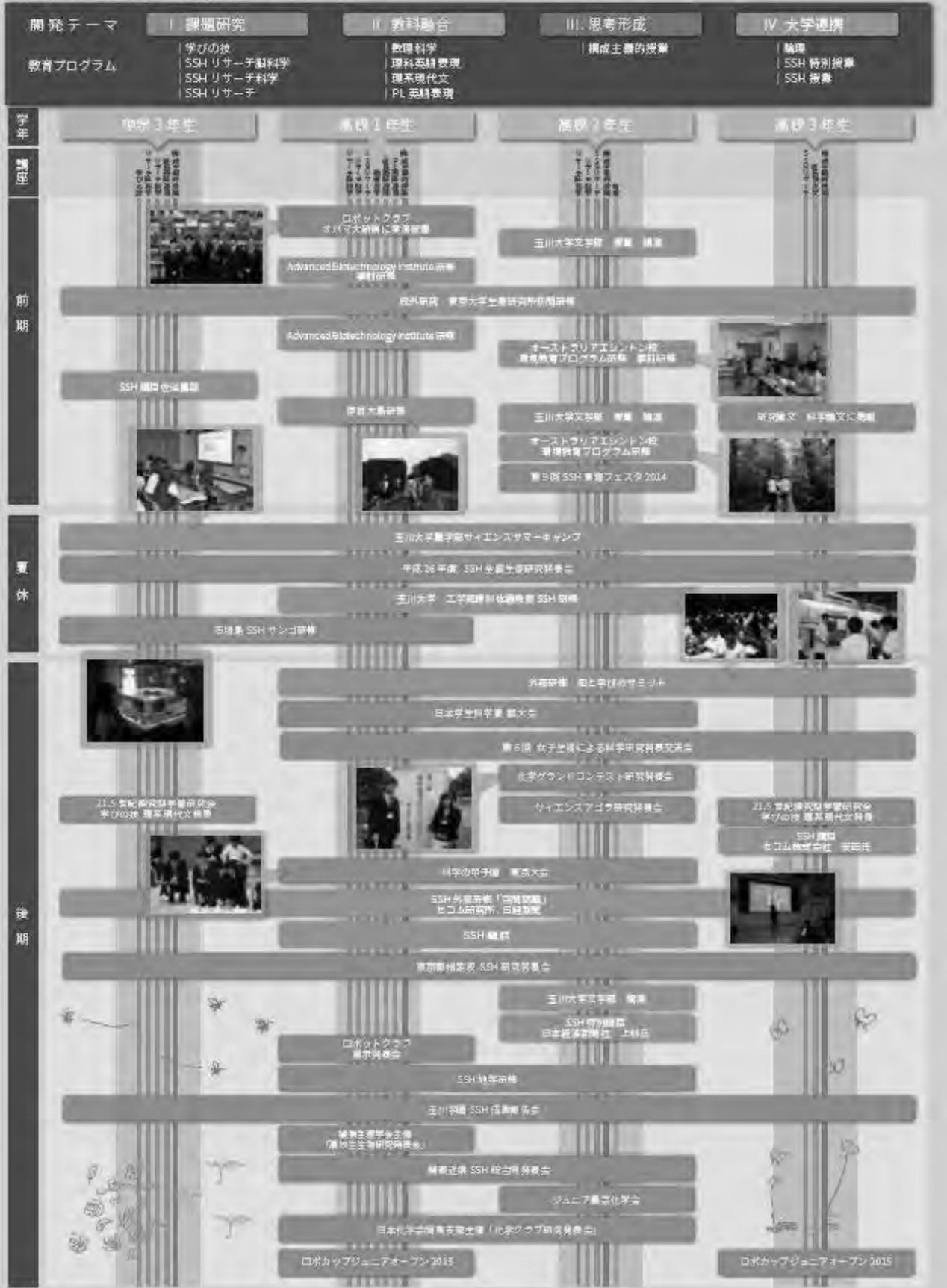
## ⑥ Future Plans

- Develop a method to circumvent obstacles such as pedestrians.
- Study on a method which does not come off the line even if something gets on the black line.
- Run with a constant speed even on uphill or downhill slopes.
- Develop a new communication tool with traffic lights.

**Bibliography**

- Araki, M. 2006. Evolution of Parameter Adjustment Rule of PID Adjuster (In Japanese). Institute of Systems, Control and Information Engineers, 50(12), 441-446.
- Ando, Y., Nakazawa, Y., Kogure, S., Yamada, K. and Murakami, I. 2012. Automatic gain adjustment of motor control system based on modified ultimate sensitivity method (In Japanese). The Japan Society Applied Electromagnetics and Mechanics, 20(1), 15-20.
- Hyung-Soo Hwang, Jeong-Nae Choi, Won-Hyuk Lee, and Jin-Kwon Kim. 1999. A Tuning Algorithm for The PID Controller Utilizing Fuzzy Theory. Neural network, 344(2), 2210-2215
- Takatsu, H., Ito, T. and Araki, M. 1998. Future Needs for The Control Theory in Industries Report and Topics of The Control Technology Survey in Japanese Industry. J. Proc. Con. 8(56), 369-374
- Sato, K., Hiramoto, K. and Hirata, K. 2014. First Control Engineering (In Japanese). Kodansya

# 平成 26 年度年間スケジュール



# 平成 27 年度年間スケジュール

開発テーマ	I. 課題研究		II. 教育融合		III. 思考形成		IV. 大学連携	
	学びの技 研究発表会 SSH リサーチ履科学 SSH リサーチ科学 SSH リサーチ		数理科学 科学英語 理系現代文 PL 英語表現		構成主義的授業		論理 SSH 特別授業 SSH 授業	
学年	中学1年生 (1年次)	中学2年生 (2年次)	中学3年生 (3年次)	高校1年生 (1年次)	高校2年生 (2年次)	高校3年生 (3年次)	高校3年生 (3年次)	高校3年生 (3年次)
前期	特別講話「研究者とは」～実験ノートの重要性～							
	サンゴ研究 サンシャイン水族館バックヤード研修							
	伊豆大島研修							
	高大連携 ミツバチ「探査」に係脱							
	高大連携 「大腸菌DNAの抽出と可視化」							
	サンゴ研究 東伊豆サンゴ研修							
	サンゴ研究 お茶の水女子大学サンゴ研修							
	SSH実地地区フェスタ 2015							
	SSHオープンスクールSSH特別講座「総合的な学習」よう							
	五川大学夏学部遠征講座「Science Summer Camp」							
夏休	ロボット教室							
	夏休み小学生理科教室							
	SSH 生徒研究発表会							
	インバーションキャンパスつくば 2015							
	サイエンスクラブ学外研修「大蔵大・大阪府立大学訪問」							
	WRO Japan 横浜大会							
	科学の甲子園 ジュニア東京大会							
	サンゴ研究 石浜島沖編サンゴ研修							
	ペガサス祭「SSH ワケワケドキドキ実験ラガ」							
	石水学生科学賞							
後期	第4回探究型学習研究会～グローバル時代のアクティブラーニング～							
	集まれ！理系女子第7回女子生徒による科学研究発表交流会							
	ロボカップジュニア 2016 神奈川・西東京ノード大会							
	科学の甲子園東京大会							
	SSH 特別講話セコム株式会社「遠隔医療診断などに応用する画像での色再現技術「顔色の再現」							
	SSH 特別講話セコム株式会社「障がい者や高齢者などが食事するためのロボット【マイスプーン】」							
	日本サンゴ養学会							
	ロボカップジュニア 2016 関東ブロック大会							
	東京都SSH指定校合同発表会							
	五川大学文学部 授業公開							
日本生物教育学会 ポスター発表会								
五川学園 SSH 成果報告会								
サンゴ研究 特別講話 JAMSTEC 研修								
東京都 SSH 校合同発表会								
ロボカップ ジャパン 2016 全国大会								
植物生理学会主催「高校生物研究発表会」								
日本化学会関東支部主催「第32回化学クラブ研究発表会」								

# 平成 28 年度年間スケジュール

学年	開発テーマ					
	I. 課題研究	II. 教科融合	III. 思考形成	IV. 大学連携		
教育プログラム	<ul style="list-style-type: none"> <li>学びの技</li> <li>研究発表会</li> <li>SSH リサーチ脳科学</li> <li>SSH リサーチ科学</li> <li>SSH リサーチ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>数理科学</li> <li>科学英語</li> <li>理系現代文</li> <li>PL 英語表現</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>構成主義的授業</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>協定</li> <li>SSH 特別授業</li> <li>SSH 授業</li> </ul>		
講座	<ul style="list-style-type: none"> <li>中高一貫生 (1年次)</li> <li>中高一貫生 (2年次)</li> <li>中高一貫生 (3年次)</li> <li>高校1年生 (1年次)</li> <li>高校2年生 (1年次)</li> <li>高校3年生 (1年次)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中高一貫生 (1年次)</li> <li>中高一貫生 (2年次)</li> <li>中高一貫生 (3年次)</li> <li>高校1年生 (1年次)</li> <li>高校2年生 (1年次)</li> <li>高校3年生 (1年次)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中高一貫生 (1年次)</li> <li>中高一貫生 (2年次)</li> <li>中高一貫生 (3年次)</li> <li>高校1年生 (1年次)</li> <li>高校2年生 (1年次)</li> <li>高校3年生 (1年次)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高校1年生 (1年次)</li> <li>高校2年生 (1年次)</li> <li>高校3年生 (1年次)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高校2年生 (1年次)</li> <li>高校3年生 (1年次)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高校3年生 (1年次)</li> </ul>
前期	さくらサイエンスハイスクールプログラム 海外生徒交流事業					
	伊豆大島研修					
	富山スノーケリング研修					
	高大連携 ミツバチ「探偵」授業					
	サンゴ研究 お茶の水女子大学サンゴ研修					
	オーガニクス・エッセイ 自然科学部主催					
	日本科学未来館研修					
	BK デジタルプラネタリウムと天文台 体験型研修					
	SSH 関東地区フェスタ 2016					
	玉川大学農学部連携講座「Science Summer Camp」					
夏休	ロボカップジュニア 2016 Leipzig (世界大会)					
	夏休み小学生理科教室					
	数学甲子團					
	伊田市中学生夏修講座					
	京都大学 IPS 新研研究所 (CIRA) 研修					
	SSH 生徒研究発表会					
	石垣島沖輪サンゴ研修					
	イノベーションキャンパス つくば 2017					
	工部省工業小生理科教室にてロボット教室					
	WRO Japan オープンアップフォーラム					
後期	サンゴ研究 石垣島沖輪サンゴ研修					
	伊豆大島サンゴ研修					
	日本学生科学賞 都大会					
	ペガサス祭「SSH ワールドキョドキ変換ラボ」					
	WRO Japan 決勝大会					
	第 5 回探究型学習研究会～グローバル時代のアクティブラーニング～					
	夏まつり 理系女子第 6 回女子生徒による科学研究発表交流会					
	RoboCup Junior 神奈川 関東ブロック大会					
	WRO2016 インド決勝大会					
	RoboCup Junior 関東ブロック大会					
物理学甲子團東京大会						
SSH 特別講座セコム株式会社「遠隔医療の最先端～企業研究の現場から」						
東京都 SSH 指定校合同発表会						
日本学生科学賞 中央圏発表会						
SSH 特別講座日産自動車「経営戦略の最先端～企業研究の現場から」						
玉川学園低学年学園祭						
玉川学園高等部中幹部「SSH 課題研究発表会」						
SSH 地学研修						
植物生理学会主催「高校生生物研究発表会」						
平成 28 年度 関東近県 SSH 校 合同発表会						
RoboCup Junior Japan Cup 2017 大会 (世界大会出場)						
第 64 回 日本生化学会大会						

# 2017年度 年間スケジュール

開発テーマ	I. 課題研究		II. 教科融合		III. 思考形成		IV. 大学連携	
	学びの核 研究発表会 SSHリサーチプロジェクト SSHリサーチ科学 SSHリサーチ		数理科学 科学英語 漢語現代文 PL英語表現		構成主義的授業		倫理 SSH特別授業 SSH授業	
学年	中学1年生 (1年生)	中学2年生 (2年生)	中学3年生 (3年生)	高校1年生 (1年生)	高校2年生 (2年生)	高校3年生 (3年生)	高校3年生 (3年生)	高校3年生 (3年生)
前期	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
夏休	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
後期	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	
	SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会		SSHリサーチ発表会	

## 活動実績

日々の研究、取り組みの成果を、さまざまな場所で発表しました。  
その活動は多くの学会や大会で評価され、数々の賞を受賞しました。

### 学会発表

植物生理学会主催「高校生生物研究発表会」  
日本農芸化学会主催「ジュニア農芸化学会」  
日本化学会関東支部主催「化学クラブ研究発表会」  
日本サンゴ礁学会  
日本生物教育学会

### 学会誌掲載

日本化学会 会誌「化学と教育」平成26年3月号  
日本農芸化学会 会誌「化学と生物」平成26年6月号



58回日本学生科学賞東京大会表彰式



2014年に来日されたバラク・オバマ大統領に招かれたロボットクラブとサイエンスクラブの生徒たち。「ロボカップジュニア2014」で全国優勝したサッカーロボットを実演披露し、激励を受けました。

### TOPIC!



## 受賞歴

- 日本学生科学賞  
都大会 8年連続入賞  
中央審査 3年連続入選入賞  
Intel ISEF2017 Los Angeles 出場
- 第9回坊ちゃん科学賞 研究論文コンテスト  
高校部門 優秀賞
- スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会  
平成26年度 ポスター賞  
平成29年度 奨励賞
- 日本化学会関東支部主催「化学クラブ研究発表会」  
2年連続ポスター賞
- ロボカップジュニア サッカーライトウェイト  
全国優勝2回
- ロボカップジュニア2015全国大会  
優秀プレゼンテーション賞
- WRO2016インド国際大会
- ロボカップ世界大会  
RoboCup 2016 Leipzig  
RoboCup 2017 Nagoya Japan  
他多数受賞

## 進路実績 SSHの学びを“力”に、「得意なこと」で道を拓く

SSHで何を学び、自分の力にしてきたのか、それぞれの道に向かって歩みを進める先輩たちの声を紹介します。



山田 隆裕さん

2011 玉川学園卒業  
2012 三川大学農学部生物資源学系入学  
2016 三川大学大学院農学研究所  
農業生物学専攻入学  
2018 慶応義塾入社

### 先輩たちの姿から学んだ“意志の力”の大切さ

教科書では学べない最先端の研究に触れるのは、とても有意義な体験でした。実践型の研究課題をどのように解決し、研究していくのかを学び、プレゼンテーション力も磨かれました。また、先輩たちに影響され、「伝えたい」という想いの大切さと、「最後まで粘り強く探究することの重要性を実感しました。そのことが、大学院進学や、国際園芸学会で認められる論文発表の遂行を力強く支えてくれました。



吉益 朝香さん

2013 玉川学園卒業  
2014 明治大学  
総合数理学部先端メディア  
サイエンス学科入学  
2018 情報通信会社入社

### 情報科学との出会いと、身につけた“研究の基本”

理科や情報の授業でプログラミングに触れたことがきっかけで、プログラミングやコンピュータサイエンスに興味を持ちました。自由に研究ができた分、自分で「問題、仮説、結果、考察」を考える“研究の基本”がしっかりと身につきました。学内外で発表をした経験も、プレゼンテーションやディスカッションをする時の大きな自信になっています。大学の研究活動でも、SSHで学んだ、「なぜ？」と考える姿勢がいつも基本にありました。



川口 幸太郎さん

2016 玉川学園卒業  
2017 東京慈恵会医科大学  
医学部医学科入学

### 論理的思考力・発表力を、医学の学びに生かす

医師を目指し勉強する中で、SSHの活動で学んだ「研究力・論理的思考力・発表力」が、大きく役立っているのを実感しています。さまざまな数値を基にたくさんの病気から患者の病気を特定する論理的思考力や、相手の立場でわかりやすく伝える発表力は、今後ますます必要になると確信しています。私は高校のSSHの活動をとおして、とても自然に、こうした技術の基礎を身につけることができました。



上野 碧葉さん

2016 玉川学園卒業  
2017 慶應義塾大学  
商学情報学部入学

### SSHで知った研究の楽しさが、夢に向かう原動力

自分のやりたいことをのびのびと追求できる環境の中で、「探究したい」という想いに気づき、さまざまな研究に没頭できました。それが今の自分につながっています。現在大学で行っている分子生物学の研究は、米国のサマースクールに参加して興味を持ったのがはじまりです。自分の夢に向かって活動する中では、悩むことやつまづくこともありますが、SSHで知った研究の楽しさが私の原動力となっています。

玉川学園中学校

各学年における教科及びその年間授業時数

教科	学年	1		2		3	
		一般 クラス	IB クラス	一般 クラス	IB クラス	一般 クラス	IB クラス
必修教科	国語	175	140	175		140	
	社会	105		105		140	
	数学	175	140	175	140	175	
	理科	123	140	140		140	
	音楽	52	70	35	35		
	美術	45		35	35		
	保健体育	105		105		105	
	技術・家庭	70		70		35	
	外国語 (英語)	175		175		175	
	道徳(礼拝)	35		35		35	
特別教育活動	70	105	70	105	70		
総合的な学習の時間 (自由研究)	70		70		70		
合計	1,200		1,190		1,156		

- \*1 時限 50 分授業。
- \*1 年生の「美術」には美術館見学 10 時間を含む。
- \*1・2 年生の「総合的な学習の時間」には玉川学園展 35 時間を含む。

玉川学園高等学校

教育課程表(ホリスティック・ラーニングコース)

<平成27年度入学生適用>

教科・科目	標準 単位数	第一学年		第二学年		第三学年	
		共通	選択	共通	選択	共通	選択
宗教(礼拝)	**	1		1		1	
国語	国語総合	4	4		2	2~3	
	現代文B	4			2		
	古典A	2			2		2~3
	古典B	4			2		2~4
	国語演習 現代文演習 古典演習	**					2~4
地理歴史	世界史A	2	2		3		1~6
	世界史B	4	2	2			2
	日本史A	4	2		3		1~6
	日本史B 地理A 地理B	2 4	2				2 4
公民	倫理	2		2			2~4
	政治・経済 ワールドスタディーズ	2		2			2~4 2~4
数学	数学I	3	3		4		1~2
	数学II	4					7
	数学III	5					4
	Ⅴ・数学Ⅲ	**					
	数学A	2	2				2
	数学B Ⅴ・数学B	2 *			2		1
理科	科学と人間生活	2	2				2~4
	物理基礎	2	2		3		2~4
	物理	4	2		3		
	化学基礎	4	2		3		2~4
	化学	4			3		2~4
	生物基礎	2			2~3		2~4
	生物	4					2~4
	SSH科学	*					2~4
	SSH科学 SSH科学+科学	**		2~4		2~4	
	体育 保健 選択体育・t a p	7~8 2 *	3 1		3 1		2 2~4

教育課程表(ホリスティック・ラーニングコース)

<平成28年度以降入学生適用>

教科・科目	標準 単位数	第一学年		第二学年		第三学年	
		共通	選択	共通	選択	共通	選択
宗教(礼拝)	**	1		1		1	
国語	国語総合	4	4		2	2~3	
	現代文B	4			2		
	古典A	2			2		2~3
	古典B	4			2		2~4
	国語演習 現代文演習 古典演習	**					2~4
地理歴史	世界史A	2	2		3		1~6
	世界史B	4	2	2			2
	日本史A	4	2		3		1~6
	日本史B 地理A 地理B	2 4	2				2 4
公民	倫理	2		2			2~4
	政治・経済 ワールドスタディーズ	2		2			2~4 2~4
数学	数学I	3	3		4		1~2
	数学II	4					7
	数学III	5					4
	Ⅴ・数学Ⅲ	**					
	数学A	2	2				2
	数学B Ⅴ・数学B	2 *			2		1
理科	科学と人間生活	2	2				2~4
	物理基礎	2	2		3		2~4
	物理	4	2		3		
	化学基礎	2	2		3		2~4
	化学	4			3		2~4
	生物基礎	2			2~3		2~4
	生物	4					2~4
	SSH科学	*					2~4
	SSH科学 SSH科学+科学	**		2~4		2~4	
	体育 保健 選択体育・t a p	7~8 2 *	3 1		3 1		2 2~4

教育課程表(プロアクティブ・ラーニングコース)

<平成27年度入学生適用>

教科・科目	標準 単位数	第一学年		第二学年		第三学年	
		共通	選択	共通	選択	共通	選択
宗教(礼拝)	**	1		1		1	
国語	国語総合	4	4		2	2~3	
	現代文A	4			2		3
	古典A	2			2		2~3
	古典B	4			2		2~4
	国語演習 現代文演習 古典演習	**					3 4
地理歴史	世界史A	2	2		3		4~5
	世界史B	4	2	2			2
	日本史A	4	2		3		4~5
	日本史B 地理A 地理B	2 4	2				2 4
公民	倫理	2		2			4
	政治・経済 ワールドスタディーズ	2		2			4 4
数学	数学I	3	3		4		1~2
	数学II	4					8
	数学III	5					2
	Ⅴ・数学Ⅲ	**					
	数学A	2	2				2
	数学B	2			2		
理科	物理基礎	2	2		3		4
	物理	4	2		3		
	化学基礎	2	2		3		4
	化学	4			3		4
	生物基礎	2			3		4
	生物	4			3		4
	SSH科学	*					4~8
	SSH科学 SSH科学+科学	**		2~4		2~4	
	体育 保健 選択体育・t a p	7~8 2 *	3 1		3 1		2 4

- 備考
- (1) 各科目は卒業までに標準単位数を充たすよう履修しなくてはならない。
  - (2) I、II、IIIがつけられている科目は、その順に履修しなくてはならない。
  - (3) 学校設定教科・科目の履修は、30単位以内とする。
  - (4) 第二学年で「古典B」を履修した場合は、第三学年において、さらに2単位以上を選択履修しなければならない。
  - (5) 世界史は必修選択とし、第一学年で全員が「世界史A」または「世界史B」を履修。「世界史B」を履修した場合は、第二学年または第三学年において、さらに2単位以上を選択履修しなければならない。
  - (6) 日本史は必修選択とし、第一学年で全員が「日本史A」または「日本史B」を履修。「日本史B」を履修した場合は、第二学年または第三学年において、さらに2単位以上を選択履修しなければならない。
  - (7) 第二学年か第三学年において、「生物基礎」を選択履修しなければならない。
  - (8) 理科で、第二学年に「物理」「化学」を選択した生徒は、第三学年において、同じ科目を選択履修しなければならない。
  - (9) 理科においては、「基礎」がついていない科目は、「基礎」がついている科目を修得した後に履修することができる。
  - (10) 第三学年で、「美術I」と「美術II」を、あるいは、「美術II」と「美術III」を履修する場合は、前期に「美術I」または「美術II」を履修し、後期に「美術II」または「美術III」を履修することとする。
  - (11) C P M Iは、コンピュータミュージックを教わす。
  - (12) C G D Iは、コンピュータグラフィックデザインを教わす。
  - (13) コミュニケーション英語III「Ⅴ・コミュニケーション英語III」は必修選択とし、第三学年で全員が選択履修しなければならない。
  - (14) 「玉川大学連携」は、玉川大学との高大連携協定に基づく科目を表す。
  - (15) 労作・L H Rは、時間割では1時間とるが、単位数には入れない。

教育課程表(プロアクティブ・ラーニングコース)

教科・科目	標準 単位数	第一学年		第二学年		第三学年	
		共通	選択	共通	選択	共通	選択
芸術	音楽Ⅰ 美術Ⅰ 美術Ⅱ	2 2 2	1	1	3	1	4
外国語	コミュニケーション英語Ⅰ	3	3				4
	コミュニケーション英語Ⅱ	4		4			
	コミュニケーション英語Ⅲ	4			4		
	英語表現Ⅰ	2	2				
	英語表現Ⅱ	4			2		
	英語会話	2		3			4
	英語セミナー 英語演習	* *					4 2~6
家庭	家庭基礎	2	2				
情報	情報の科学	2	1	1			
総合的な学習の時間	3~6	2	1	2	2	1~2	2
特別活動(労作・LHR)		(1)		(1)		(1)	
履修単位数合計		36		35		31	

- 備考
- (1) 各科目は卒業までに標準単位数を充たすよう履修しなくてはならない。
  - (2) I、II、IIIがついている科目は、その順に履修しなくてはならない。
  - (3) 学校設定教科・科目の履修は、3.0単位以内とする。
  - (4) 第二学年で「現代文B」を履修した場合は、第三学年において、さらに2単位以上を選択履修しなければならない。
  - (5) 第二学年で「古典B」を履修した場合は、第三学年において、さらに2単位以上を選択履修しなければならない。
  - (6) 「世界史」は必修選択とし、第一学年で全員が「世界史A」または「世界史B」を履修。「世界史B」を履修した場合は、第二学年または第三学年において、さらに2単位以上を選択履修しなければならない。
  - (7) 「日本史」は必修選択とし、第一学年で全員が「日本史A」または「日本史B」を履修。「日本史B」を履修した場合は、第二学年または第三学年において、さらに2単位以上を選択履修しなければならない。
  - (8) 第二学年で「地理B」を履修した生徒は、第三学年においても、「地理B」を選択履修しなければならない。
  - (9) 第二学年で「物理」「化学」「生物」を選択履修した生徒は、第三学年においても、「物理」「化学」「生物」を選択履修しなければならない。
  - (10) 労作・LHRは、時間割では1時間とるが、単位数には入れない。

教育課程表(平成28年度以降入学生適用)

教科・科目	標準 単位数	第一学年		第二学年		第三学年	
		共通	選択	共通	選択	共通	選択
宗教(礼拝)	**	1		1		1	
国語	国語総合	4	4				
	現代文A	2			2~3		
	現代文B	4			2		3
	古典A	2			2		
	古典B	4			2		3
	国語演習	*					4
	現代文演習 古典演習	* *					4 4
地理歴史	世界史A	2		2			
	世界史B	4		2	3		4~5
	日本史A	2		2			
	日本史B 地理B	4 4		2	3		4~5 4
公民	倫理	2		2			
	政治・経済	2		2			
	ワールドスタディーズ	*					4
数学	数学Ⅰ	3	4				4
	数学Ⅱ	4			4		2
	数学Ⅲ	5					5
	数学A	2	2				
	数学B	2		2			
理科	物理基礎	2	2		3		
	物理	4			3		4
	化学基礎	2	2		3		
	化学	4			3		4
	生物基礎	2	2		3		
	生物	4			3		4
	SSH科学 SSHリサーチ科学	* *		2~4		2~4	
保健体育	体育	7~8	3		3		2
	保健	2	1		1		
	選択体育・IAP	*					4

教育課程表(1Bクラス)

教科・科目	標準 単位数	第一学年		第二学年		第三学年	
		共通	選択	共通	選択	共通	選択
芸術	音楽Ⅰ 美術Ⅰ 美術Ⅱ	2 2 2	1	1	3	1	4
外国語	コミュニケーション英語Ⅰ	3	3				4
	コミュニケーション英語Ⅱ	4		4			
	コミュニケーション英語Ⅲ	4			4		
	英語表現Ⅰ	2	2				
	英語表現Ⅱ	4		2			
	英語会話	2		3			4
	英語セミナー 英語演習	* *					4 2~6
家庭	家庭基礎	2	2				
情報	情報の科学	2	1	1			
総合的な学習の時間	3~6	2	2	2	2	1~2	2
特別活動(労作・LHR)		(1)		(1)		(1)	
履修単位数合計		36		35		31	

- 備考
- (1) 各科目は卒業までに標準単位数を充たすよう履修しなくてはならない。
  - (2) I、II、IIIがついている科目は、その順に履修しなくてはならない。
  - (3) 学校設定教科・科目の履修は、3.0単位以内とする。
  - (4) 第二学年で「現代文B」を履修した場合は、第三学年において、さらに2単位以上を選択履修しなければならない。
  - (5) 第二学年で「古典B」を履修した場合は、第三学年において、さらに2単位以上を選択履修しなければならない。
  - (6) 「世界史」は必修選択とし、第一学年で全員が「世界史A」または「世界史B」を履修。「世界史B」を履修した場合は、第二学年または第三学年において、さらに2単位以上を選択履修しなければならない。
  - (7) 「日本史」は必修選択とし、第一学年で全員が「日本史A」または「日本史B」を履修。「日本史B」を履修した場合は、第二学年または第三学年において、さらに2単位以上を選択履修しなければならない。
  - (8) 第二学年で「地理B」を履修した生徒は、第三学年においても、「地理B」を選択履修しなければならない。
  - (9) 第二学年で「物理」「化学」「生物」を選択履修した生徒は、第三学年においても、「物理」「化学」「生物」を選択履修しなければならない。
  - (10) 労作・LHRは、時間割では1時間とるが、単位数には入れない。

教育課程表(平成27年度入学生適用)

教科・科目	標準 単位数	IB-MYP						IB-DP					
		第一学年		第二学年		第三学年		第一学年		第二学年		第三学年	
		共通	選択	共通	選択	共通	選択	共通	選択	共通	選択	共通	選択
宗教(礼拝)	**	1		1		1		1		1			
国語	国語総合	4	4										3~5
	DP JAPANESE	*											
地理	世界史A	2		2				4~6					
	日本史A	2		2				2~3					
	世界史B	4		2				2~3					3~5
	日本史B	4		2				2~3					
公民	倫理	2		2				2~3					1~3
	政治・経済	2		2				2~3					2~5
数学	数学Ⅰ	3	3										
	数学Ⅱ	4				4							
	数学Ⅲ	5											5
	数学A	2	2										
	数学B	2		2									2~3
理科	物理基礎	2	2		2			2	2~4				3~5
	物理	4						2					
	化学基礎	2	2		2			2	2~4				3~5
	化学 生物基礎 生物	4 2 4						2 2 2~4					
保健体育	体育	7~8	3		3			3					2
	保健	2	1		1			1					1
芸術	音楽Ⅰ	2	2										4~6
	美術Ⅰ	2	2										3~5
外国語	コミュニケーション英語Ⅰ	3	3										
	英語表現Ⅰ	2	2										
	コミュニケーション英語Ⅱ	4											4~6
	コミュニケーション英語Ⅲ DP ENGLISH	4 *											
家庭	家庭基礎	2	2										
情報	社会と情報	2	2										
総合的な学習の時間	3~6	1		2									3
特別活動(労作・LHR)		(1)		(1)				(1)					(1)
履修単位数合計		35		38		31							

- 備考
- (1) 各科目は卒業までに標準単位数を充たすよう履修しなくてはならない。
  - (2) I、II、IIIがついている科目は、その順に履修しなくてはならない。
  - (3) 学校設定教科・科目の履修は、3.6単位までを全履修終了に必要な単位として加えることができる。
  - (4) 労作・LHRは、時間割では1時間とるが、単位数には入れない。

教育課程表(1Bクラス)

教科・科目	標準 単位数	IB-MYP						IB-DP					
		第一学年		第二学年		第三学年		第一学年		第二学年		第三学年	
		共通	選択	共通	選択	共通	選択	共通	選択	共通	選択	共通	選択
宗教(礼拝)	**	1		1		1		1		1			
国語	国語総合	4	4										
	DP JAPANESE	*											
地理	世界史A	2		2				4~6					
	日本史A	2		2				2~3					
公民	現代社会 DP ECONOMICS	2 *		2				4~6					3~5
	DP ENVIRONMENT SYSTEM & SOCIETIES SL	*						4					3
数学	数学Ⅰ	3	3										
	数学A DP MATHEMATICS STUDIES SL	2 *		2									
	数学Ⅱ	4				4							3
	数学Ⅲ	5											5
理科	物理基礎	2	2		2			2	2~4				3~5
	物理	4						2					
	化学基礎	2	2		2			2	2~4				3~5
	化学 生物基礎 生物	4 2 4						2 2 2~4					
保健体育	体育	7~8	3		3			3					2
	保健	2	1		1			1					1
芸術	音楽Ⅰ	2	2										4~6
	美術Ⅰ	2	2										3~5
外国語	コミュニケーション英語Ⅰ	3	3										
	英語表現Ⅰ	2	2										
	コミュニケーション英語Ⅱ	4											4~6
	コミュニケーション英語Ⅲ DP ENGLISH	4 *											
家庭	家庭基礎	2	2										
情報	社会と情報	2	2										
総合的な学習の時間	3~6	1		2									3
特別活動(労作・LHR)		(1)		(1)				(1)					(1)
履修単位数合計		36		38		34							

- 備考
- (1) 各科目は卒業までに標準単位数を充たすよう履修しなくてはならない。
  - (2) I、II、IIIがついている科目は、その順に履修しなくてはならない。
  - (3) 学校設定教科・科目の履修は、3.6単位までを全履修終了に必要な単位として加えることができる。
  - (4) 労作・LHRは、時間割では1時間とるが、単位数には入れない。

## 【平成 29 年度 運営指導委員】

### 【運営指導委員】

小原 芳明 玉川大学・玉川学園（学長・学園長）、小野 正人 玉川大学農学部・農学研究科（農学部  
長・農学研究科長）、大森 隆司 玉川大学学術研究所（所長）、富永 順一 玉川大学教育学部（教授）  
、加藤研太郎 量子情報科学研究所（教授）、堀 哲夫 山梨大学（理事・副学長）、平田 大二 神奈川  
県立生命の星・地球博物館（館長）、飯田 秀利 東京学芸大学生命科学分野（名誉教授）、中山実 東京  
工業大学社会理工学研究科（教授）

### 【玉川学園】《SSH 事務局代表》

石塚 清章 理事（k-12 代表）、渡瀬 恵一（学園教学部長）、小原 一仁（学園教学部事務部長）、長谷部  
啓（高学年教育部長）、伊部 敏之（中学年教育部長）、渡辺 康孝（高学年 9 年学年主任）、小林 慎一（高  
学年理科主任）、森 研堂（高学年理科 SSH 主任）、後藤 芳文（高学年国語）、今井 航（高学年理科）、  
小野口久仁子（学園教学部教学課長 高学年担当）、高田 恵美（学園教学部教学課長・管理機関代表）、  
酒井 康弘（学園教学部教学課長補佐）

### 第 1 回運営指導委員会

実施日時 7 月 14 日（金）16:30～18:00 実施場所 学園教学部会議室 参加人数 21 名

1、始まりの挨拶（長谷部啓高学年教育部長）

2、研究協議

- （1）玉川学園高等部・中学部 SSH 概要説明について（昨年度の成果と課題、課題研究、授業、評価）
- （2）平成 29 年度 SSH 活動について（授業、自由研究（課題研究）、第 3 期目の申請について）

3、各出席者の意見・指導

・授業内での研究者の育て方（生徒の興味、モチベーション、求めるもの、求めている生徒、研  
究室内との違い等）・OPPA シートの記入のできない生徒のベースに合わせた初期対策と教師のメン  
トについて・違いの発見に伴う興味について（統計グラフの見方等）・ループリック使用の理解と自分  
で作らせ考えさせてわかる「気づき」について・3 期目の課題シートマップについて・本校における探  
究と進学のプロポーションについて・生徒の育成（探究したものを上手に説明する力等）と教師の成長の両輪（授  
業改善）について

4、今後の活動について 8 月全国生徒発表会他

5、総括（石塚清章理事）

指導委員の方々の各分野ならではのたくさんの大事な言葉をいただきぜひ次なる進歩に繋げていき  
たい。

6、挨拶（長谷部啓部長）

### 第 2 回運営指導委員会

実施日時 2 月 9 日（金）16:30～18:00 実施場所 学園教学部会議室 参加人数 28 名

1、始まりの挨拶（長谷部啓高学年教育部長）

2、研究協議

- （1）第 2 期 SSH 活動について（5 年間の成果と課題の報告）
- （2）第 3 期 SSH 活動について（目的・目標・活動・評価等）
- （3）今後の高大連携について

3、各出席者の意見・指導

・主体性の育成の方法や測定について（本学のキャリアシートの活用やアウトカムシート、進学先、  
教師の関わり方の言語化、コーチング、戦略、定義づけの確認等）・批判的思考力客観テストの効果に  
ついて・高大連携について、オープンキャンパスの事例（他大も可）、高校のカリキュラムや年間スケ  
ジュール等の提示、本校の環境、事前の調整、コーディネーター、研究室訪問（研究者の現場の話）、  
本学教育学部の近隣高校への出前授業・学会の質問の広場の回答システム例について（データベースの  
ような共有、サンゴ学会との本校の例）情報が豊かになるようなシステムづくりについて・第 3 期目の  
方向性（第 3 期申請ヒヤリングより報告等）について

4、今後の活動について 3 月成果発表会

5、総評（石塚清章理事）

・5 年間本当に貴重な意見をいただいてきて受け止めるだけの力量となってきたと安堵しているとも  
に今後は大学との連携だけでなく併設校（小学生のステージ）からもおもしろがれること、失敗は宝で  
あること等小さい頃から育てられるようなこともあわせて考えていきたい。

6、閉会挨拶（長谷部啓部長）

平成 29 年度 スーパーサイエンスハイスクール  
研究開発実施報告書 第 5 年次

- 発行年月日 平成 30 年 3 月 31 日
- 実施機関名 玉川学園高等部・中学部
- 所在地 〒194-8610  
東京都町田市玉川学園 6-1-1
- 電話番号 042-739-8533(高学年校舎事務室)
- FAX 番号 042-739-8559

$$\Leftrightarrow \left(\prod_{k=1}^n r_k^2\right) + 1 = 0 \quad \text{---(26)}$$

と同様。また、オイラーの公式より(26)は

$$\prod_{k=1}^n (\cos \theta_k + i \sin \theta_k) + 1 = 0 \quad \text{---(27)}$$

これを(27)に代入して

$$\prod_{k=1}^n \left(\frac{z_k}{r_k} + i \frac{y_k}{r_k}\right) + 1 = 0$$

$$\prod_{k=1}^n (x_k + i y_k) + \prod_{k=1}^n r_k = 0 \quad \Leftrightarrow (24)$$

よって(24)は成立 (証明終)



## 玉川学園

〒194-8610 東京都町田市玉川学園6-1-1

Tel: 042-739-8111 (代表)

<https://ssh.jst.go.jp/>

<http://www.tamagawa.jp/>