

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2年次

平成27年3月

玉川学園高等部・中学部

グローバル化や生産人口の減少などの社会構造の変化に対応できる人材を育成することは、国レベルでも検討が進んでいますが、各学校でも取り組んでいかなければならない最重要課題です。玉川学園が文部科学省の指定を受けているSSHでは、「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む学び」を目指しています。まさに、これからの日本を担う人材を育成するための課題そのものです。獲得した知識の量に目が向きがちで、知識の質をほとんど問わない体質が、日本の学校社会にはありました。どんなに沢山の知識を記憶として脳の中に蓄えていても、創造力を発揮したり、批判的思考力を駆使したりするときに役立たなければ意味がありません。活用できる知識にするためには、体験や素朴概念に支えられた上に、新しく学習する上位概念を既知の下位概念との関係を意識させながら学ばせることが大切です。

昨年11月に、文部科学大臣が中央教育審議会に諮問した次期教育課程に関する文書の中で、主体的・協働的に学ぶ学習、いわゆる「アクティブ・ラーニング」の必要性を訴えています。国際バカロレア・ディプロマプログラムの3要件の一つ『Theory of Knowledge』では、知識の本質について考えさせます。また、国際バカロレア教育の中核にある「探究的な学習者像」は課題を発見し解決へと導く自立的な学習過程を育てます。その手法としてのアクティブ・ラーニングを中等教育にどのように取り組むかは大きな課題です。

急激に変化する社会を生き抜いていく生徒を育てるのが学校の使命です。今までの教育手法を踏襲するばかりでなく、今年度より指定を受けたSGHとSSHが車の両輪となって、21世紀を力強く生きる人材を育成していきます。

# 平成 26 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

研究開発の成果と課題 別紙様式 2-1

平成 26 年度 SSH 研究開発実施報告書（本文）

第 1 章 研究開発の概要	1
1-1 研究開発の実施期間	1
1-2 本校の概要	1
1-3 研究開発課題	2
1-4 研究開発課題テーマと実践内容	2
1-5 必要となる教育課程の特例	4
1-6 研究組織の概要	4
第 2 章 研究開発の経緯	5
第 3 章 研究開発の内容	8
研究開発教科：テーマ A 課題研究	
A-1 中学年 学びの技(シンキングツール授業展開)	8
A-2 学びの技	10
A-3 SSH リサーチ脳科学	12
A-4 SSH リサーチ	14
A-5 SSH リサーチ科学	16
A-6 TOK	18
研究開発教科：テーマ B 教科連携	
B-1 数理科学	19
B-2 理系現代文	21
B-3 科学英語	23
B-4 PL 英語表現	26
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	27
C-2 高学年構成主義的授業	29
研究開発教科：テーマ D 高大連携	
D-1 倫理	32
D-2 SSH 科学	35
D-3 SSH 特別講話 SSH 研修	36
科学系クラブ 中高連携課題研究	
サイエンスクラブ	39
ロボット部	41
サンゴ研究	42
研究発表会・学会発表会等	
研究発表会 学会発表会	46
教員研修・成果普及・地域への貢献	
教員研修 1 「子供の実態の把握と授業改善-OPPA の理論と実践」	49
教員研修 2 「批判的思考力研究グループ」	49
成果普及 1 「第 7 回国際バカロレア教育フォーラム DP の導入に向けて」	50
成果普及 2 「21.5 世紀探究型学習研究会～汎用的スキル・SSH・学びの技～」	51
成果普及 3 「ロボット体験講座」	52
成果普及 4 「SSH 研究成果発表会」	53
第 4 章 実施の効果とその評価	54
第 5 章 校内における SSH の組織的推進体制	62
第 6 章 研究開発実施上の課題及び今後の研究開発の方向・成果の普及	63
第 7 章 関係資料	65

# 研究開発実施報告（要約） 別紙様式 1—1

玉川学園高等部中学部

25～29

## 平成 26 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、玉川学園では批判的思考力・創造力を育成することで重要であると考える。また批判的思考力が創造力を補い、客観的検証を継続的に繰り返し独創的、かつ科学的な探究活動ができると考える。</p> <p>【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・客観的評価等を育成する</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、多面的視点等を育成する。</li> <li>・構成主義的授業：解決策に至り新たな知識を習得する力・メタ認知能力等を育成する。</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・深化等を育成する。</li> </ul>		
③平成 26 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 1334 人である。 (中学 1 年生～高校 3 年生に各学年 IB クラス各 1 クラス、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 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>		
	<b>教育プログラムに関する実施内容</b>	<b>評価方法</b>
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う。</p> <p>第 1 期目授業を継続し新規事業として「TOK」、「数理科学」、「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」開催参加した。</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、ループブック、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行う。</p>
2 年次 平成 26 年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新規事業として中学年に以下の科目「中学年学びの技」、「中学年構成主義的授業」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>・昨年度「PL 生物」で実施した、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> <li>・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」開催参加した。・「学びの技 本書籍化販売」</li> </ul>	<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、ループブック、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実施を用いて評価を行う。保護者、卒業生、連携機関等の外部評価実施</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する。</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</li> <li>・中学校過程へと拡大実施していく。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2 年次と同様の評価方法実施</li> <li>・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・卒業生進路状況の評価、新規拡大開発した教育内容の評価</li> </ul>

4 年次 平成 28 年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3 年次の実践を踏まえて改善を計る。中間報告で指摘された3 年次での取組について改善を行い、実施する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3 年次と同様の評価方法実施</li> <li>・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・卒業生進路状況の評価、新規拡大開発した教育内容の評価</li> </ul>
5 年次 平成 29 年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・4 年次の実践を踏まえて改善を計る。</li> <li>・最終年度として、5 年間の総括を行い、実践結果をまとめる。</li> <li>・創造力・批判的思考力育成に関する授業展開が完成し、生徒の変容を確認する。その成果と課題を明らかにする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 年次と同様の評価方法実施</li> <li>・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・卒業生進路状況の評価、新規拡大開発した教育内容の評価</li> <li>・SSH プログラムの完成年度として、成果資料・カリキュラムを普及させる。最終的な検証、再評価する。</li> </ul>

●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 26 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**

- ・中学年学びの技：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を学び活用し、調べ学習からの脱却、研究の際に児童生徒が新たな発見を見いだす力を育成する。
- ・学びの技：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・スライド作成・プレゼンテーションスキルを中心に習得させる。
- ・SSH リサーチ脳科学：玉川大学脳科学研究所と連携し、アドバイスを受けることにより科学的な思考力・多面的な思考・課題解決能力・研究計画作成・研究能力、コミュニケーション能力を深化育成し、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：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・問題解決能力と言った科学技術に分野に必要なとされる能力を伸ばす。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：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、結論を導き評価し改善させる手法を学ぶ。
- ・TOK：「知識とは何か」、「知識はどう形成されるのか」、「知識はどういうバイアスがかかるのか」、「知識を得る方法の利点と限界は何か」、「ある学問領域の知識はどう他の学問領域の知識とつながっているのか」等を、授業者が資料を提示し協同的な学習で批判的思考力を育成させる。

**(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などを通して、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」からその先の創造力を育成する。
- ・理系現代文：理科と国語の教科連携を行い、日本文化と西洋文化に関するオリジナルテキストを用いて授業を展開する。読解、調査、討議、表現を4本の柱としテキスト等を用いて探究学習する。日常生活の中で科学をより客観的に見ながら批判的思考力を鍛えようとする。評価方法には、IBで利用している「ルーブリック評価」を取り入れ、教員・生徒間で明確な評価基準を持ち、双方がゴールとターゲットを明確にした取り組みを行うことで、生徒自身が客観的に自分自身を判断する力を育成することができる。
- ・科学英語：理科と英語の教科連携を行い、理科の授業中に学習した内容・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し科学的な内容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、ディスカッション能力を育成する。
- ・PL 英語表現 I：生徒自身の身の回りのことを英語で紹介できるようにさせるなど、簡単なプレゼンテーションの練習から始めていき、生徒が英語を発信していくようにさせることを主眼を置いた授業を展開する。

**(C)構成主義的授業**

- ・中学年構成主義的授業：ルーブリック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を客観的に考察させる。
- ・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 シートを活用し、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させる。加えて、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させる。

**(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」をテーマに大学の研究者

が授業を展開することより、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、大学教員により、脳の発生過程から脳科学の先端科学まで年間を通して受講する。高校課程の通常授業では扱わない内容を学習することができ、大学以降の研究に対する興味・関心を高めるとともに科学に対する研究意欲を育成する。

・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一緒にディスカッションすることにより、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くのかなど概念理解を深めるとともにや批判的思考力・創造力を育成する。

●成果普及：「学びの技書籍化」・「第7回国際バカロレア教育フォーラム「DPの導入に向けて」分科会参加」・「21.5世紀探究型学習研究会」

## 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」を学習することにより、問題発見能力・探究スキルの育成に効果があると考えられる。また TOK の要素を導入し、生徒全員に他者の発表へ質問を考えさせた。自分自身が導き出した根拠に対する反論を想定させた。客観的に振り返る機会を設定し、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、などの習得に効果があると考えられる。高校1年次以降の課題研究実施時には、学びの技カリキュラムを参考にした「自由研究ノート」を用いることにより、自主的な探究活動を引き出せる効果が見られた。生徒自身が疑問に感じている問題に対して、自分自身で新しい解決を得る創造力を育成できたと考えられる。課題研究活動が促進し、積極的に他の生徒発表会・学会等に参加することにより、研究結果の公正さと科学的良心を意識させ、質疑応答を通して、研究活動への責任感、探究動機を意識づけ、視点の多面化、人的協力関係の拡大などを生むことができたと考えられる。日本農芸化学会「ジュニア農芸化学会」ポスター発表、SSH 生徒研究発表会ポスター賞、日本学生科学賞東京都大会優秀賞・努力賞・奨励賞、ロボカップジュニア大会全国大会2チーム進出等の成果があらわれた。

高大連携を通しての課題研究活動に関して、実験原理・方法を理解しないまま実験させるのではなく、身近な現象から課題を発見させることを徹底し、研究途中で状況を振り返り整理するメタ認知的ワークシートを導入したことにより、生徒自身に次何をすべきか気づかせ行動させるような支援に徹した。自分自身で新しい解決を得る創造力を育成できたと考えられる。生徒発表会・学会等に関しては上記と同様の結果が得られた。TOK 学習からは自由記述のアンケートであるが、課題研究時に自分の都合のいい根拠だけ集めていたことや、思考の自分の癖などに気づかせることが効率的にできたと解答があった。

(B) 教科連携：数理科学に関しては、ただ問題を解くだけではなく、根拠や状況を明確化・整理・論証する力を育てるために多面的な見方が出来る状況を授業中に展開した。そのことにより、問題や現象を「言語化や組立型の学習」から考えることの重要性・多面的に考え選択する力を育成できたと考えられる。理系現代文は、生徒の日常生活の中での科学を論理性や客観性、多面的視点に留意させつつ探究発表活動を行った。生徒自身がよく理解しており、探究発表活動は批判的思考力育成に効果があると考えられる。英語科との連携により、中学3年、高校1年の2学年にわたり普通クラス全クラスで「英語を用いて理科実験を行う」という授業展開を実施した。実際理科の探究実験活動中に行った。各時間全生徒が EFL 教員とコミュニケーションをとり、全生徒が実験操作をするように授業を組み立てた。英語での授業に意義・学習意欲が高まり、科学が英語を通して世界と直結していること・境界がないという視点を意識させる効果があると考えられる。特に高校1年では、理科が得意で英語が苦手な生徒層が意義を感じた。

### (C) 構成主義的授業

中学1～2年に最重要ポイントを学習前と学習後に振り返るメタ認知のプロセスを導入し、小学校5年で実験を整理する熊手シートを導入し、中学年・低学年へ普及させた。中学3年～高校3年は、「OPPAのコメント」・「本質的な問い」を研究し、構成主義的授業展開の効率を上げた。+2～-2のアンケート解答値の平均では、既習事項を元に学習することに関して、「前に学んだ内容が新たに使えて感心した」はH25年度の高校1年物理基礎では0.3の値でだったがH26年度の高校2年物理では0.5に+0.2上昇した。【「わかった気がするまであれこれ考える」－「あれこれ考えず反復練習する」】はH25年度の高校1年物理基礎では0.5-0.1だったがH26年度の高校2年物理では0.6(-0.4)に+0.6上昇している。構成主義的な既得知識をもとに新たな知識の構築することに関しては、高校2年の「物理」や高校1年のPLの「数理科学」などで、正負の大きな反応が見られ、また正の反応に落ち着くことから、これらの科目の特徴が影響しているのではないかと考える。

### (D) 高大連携

高校3年の「SSH 科学」では、脳科学について体験的実習授業を増やしたことで、「大学での研究に対するイメージがわいた」「脳科学について興味があった」「科学や技術の話題について話ができるようになった」がほぼ全員が「大変そう思う」「そう思う」であったことから、興味関心を喚起できたと考えられる。倫理では、「自分

が発表した内容についてはかなり深いレベルの知識が身についた」という意見がほとんどであり、他者の持つ知識・理解力を推察し、理解できるように説明できる知識や論理力を獲得し、それらが生徒の思考を深めると推測できる。また「人によってまとめ方や伝え方が違うので、楽しく学習でき、様々な角度で考えるきっかけになった」という意見も半数あり、大学教員による授業で生徒の既成概念を一度崩すことにより多面的な視点で考えさせバランスのとれた思考に導くことが出来たと推測できる。

## ●実施上の課題と今後の取組

### (A) 課題研究

- ・「学びの技」：自分の論に対する反駁を想定させたが、理解率が61%と低いためこの項目への工夫が今後の課題である。科学統計処理やTOKから質問スキルを提示したが実際の質問にまでは結びつかなかったことが課題である。
- ・「SSHリサーチ」：学びの技を生かした自由研究ノートで独自の課題に対する試行錯誤を支援し、分野ごとに状況報告会を設定したが、計画通りの進捗状況であるかの認知が「どちらともいえない」が20~30%あった。計画性の重要性を意識させることが今後の課題である。また指導教員を支援するための大学と連携した掲示板システムの構築を進めてきたが、幼小中高で使用している常用の掲示板との両立性を含め機能的な運用方法が今後の課題である。
- ・「SSHリサーチ科学」：前半の基礎実験から後半の長期的な課題研究に移った際、生徒自身の自己チェック指導の一貫性が課題として浮上した。教材化などすることにより効率化を図ることが今後の課題である。
- ・「SSHリサーチ脳科学」：先端分野（脳科学）で、生徒が自分で課題を設定し自主的に研究を進めていくという指定第二期の課題に対して、脳波などの実習に時間を割いた。まだ生徒が脳波を完全に理解して研究に生かすまでには不十分であり今後の課題である。また、積極的に科学コンクール出品し、入選など成果を出し論文完成まで指導徹底していく必要がある。
- ・「TOK」：批判的思考のスキルの練習をどの程度・頻度で行えば効果的か、個人学習がグループで協働学習か、といったことが教材化の具体的な課題で、H27年度実施に向け、理科と国語科協働で教材を新たに制作している。

### (B) 教科連携

- ・「数理科学」：組立型の学習に、時間がかかり多くの問題に対応できないという意見があり、年間の学習量がやや多いと感じている生徒も60%以上いる。このため組立型学習に納得していても、実際に実施している割合が下がっている。また教科連携としての「数理科学」カリキュラム普及のために、現在数学・物理基礎の教材を作成中である。
- ・「理系現代文」：探究活動・発表、小論文を多く課し、課題の目標を明確に設定できたが、生徒にとって評価方法のわかりやすさは約50%であり改善の余地がある。またテキストを批判的思考の育成に適したものに改訂し教材化することが課題で現在進んでいる（TOK参照）。
- ・「科学英語」：「PL英語表現I」では発表をできるようになったが、更にレベルの高い課題を与えることが課題である。「英語を使って理科を行う」中学3年、高校1年の普通クラスの取り組みは、2週間に1時間ため英語の用法や科学的知識が定着しづらく、英語や理科のシラバスに合わせた相補的なカリキュラムにすることが今後の課題である。

### (C) 構成主義的授業

OPPAシートの効率的なコメント、本質的な問いの設定が課題である。生徒は考えながら学習にのぞむこと姿勢が出来ている。しかし構成主義的な学習が正しいことが分かっているのに関わらず、その場しのぎの学習方法への依存が抜け切れていない。実際の学習で創造的な追究にまで至っているのは低い現状である。+2~+2のアンケートを平均した値では、「その時間のまとめを、頭の中でまとめられた」はH25年度の高校1年物理基礎で0.3がH26年度の高校2年物理でも0.3で改善されてない。この1時間の構成主義的な授業のなかで、明確な問題設定を提示し、生徒が主体的に考えられる授業展開の構築が今後の課題である。

### (D) 高大連携

- ・「倫理」：大学連携授業を含め、生徒自身が多面的な視点で考えさせる授業展開が今後も課題である。また、他者に教えるという試行錯誤や姿勢の育成によって、生徒自身の探究心につながると考え、思考力形成の授業展開が今後も課題である。
- ・「SSH科学」：脳科学・大学研究に対するイメージ・興味に関して喚起できたが、将来性との関係性について検討が必要であり、授業内での実験・実習・講義について大学と就職などキャリア教育が連携した授業展開など改善が必要である。

## 2. 研究開発の成果と課題 別紙様式 2-1

玉川学園高等部中学部 25～29

### 平成 26 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

##### ●中学生、高校生による科学コンテスト・学会等での入賞実績の向上

玉川学園課題研究は、生物・化学・物理・ロボット分野など様々な分野の研究課題成果を発表している。第 2 期 SSH 指定以降も、口頭発表・ポスター発表・科学論文入賞件数など向上している。平成 25～26 年度では 15 以上の学会・科学コンテストに参加し、また科学論文も投稿し、様々な賞を受賞している。平成 25～26 年度にかけて、【日本化学会 会誌「化学と教育」】・【日本農芸化学会 会誌(化学と生物)】の雑誌に玉川学園課題研究について掲載された。また平成 26 年 4 月には、来日したアメリカ合衆国オバマ大統領に学生チームとして唯一ロボットの实演披露を行う機会を得た。このように玉川学園課題研究活動が全国的に高い評価を得ている。

平成 26 年度では、「スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会」ポスター賞を受賞した。第 58 回日本学生科学賞において都大会「優秀賞」「努力賞」「奨励賞」を受賞した。また、中学 3 年次に実施している「学びの技」内での生徒論文が「第 14 回立命館論文大賞」で優秀賞を獲得し、「全国サイエンスコンクール」で金賞を獲得し、課題研究活動に加え論文執筆活動も充実させている。

平成 25 年度～26 年度にかけて、高校生に偏っていた実績が中学生に広がりを見せている。クラブ活動を含めて、SSH 活動の中高連携が活発になることにより、中学 1 年生から研究を続けることができ、早い段階でコンテストや発表会を経験させ、上級生の様子を見て、研究に向かう姿勢を身に付けさせることができている。平成 25 年度では、「第 57 回 日本学生科学賞」中学生の部において「優秀賞」・「中央予備審査進出 情報技術部門」に入選した。平成 26 年度では、「第 58 回 日本学生科学賞」中学生の部において「優秀賞」・「中央審査 中学生の部 入選 1 等」に入選した。このように、高校生の課題研究活動が中学生へと普及し、よい影響を与えていると考えられる。

ロボカップなどの競技大会に関しても、「ロボカップジュニア関東ブロック」は 2 年連続で優勝を含め優秀な成績を獲得している。また、「FLL 東日本第 2 ブロック大会」において 2 年連続ジャパンオープン出場権を獲得した。競技大会の中でもベストプレゼンテーション賞を昨年度から受賞している。

上記のように課題研究発表・論文投稿・競技に関して SSH 活動がよい影響を与えていると考えられる。

#### (A) 課題研究

「学びの技」：探究学習に必要なラーニングスキルのアンケート（H25 年度は 6 項目、H26 年度は批判的思考・TOK の要素を加え 7 項目）で「非常にそう思う」・「だいたいそう思う」が「理解できたか」は H25 年度が 86%、H26 年度が 78%、「次回も使うことができるか」は H25 年度が 76%、H26 年度が 71%、「次回は工夫してみたいか」は H25 年度が 75%、H26 年度が 70%であった。H26 年度は、H25 年度には推奨だけで実施生徒がいなかった、TOK の要素を取り込んだ「結論を支える根拠の有効性を考えさせ、他者の発表に対する質問を考えさせること」「自分の論文の根拠に対する反論を想定させ、その反論への反論をシミュレーションさせること」を全員に取り組みさせ 65%の生徒が理解できたと答えた。

「SSH リサーチ」：H25 年度は、はじめにレゴによるミニ探究を経験させ、後半の探究の自主性を引き出した。「第 10 回 高校化学グランドコンテスト」ポスター賞 1 件、植物生理学会主催「高校生生物研究発表会」ポスター賞 2 件、日本農芸化学会主催「ジュニア農芸化学会」ポスター発表 1 件、日本化学会関東支部主催「化学クラブ研究発表会」口頭発表 1 件・ポスター賞 1 件。H26 年度は学びの技で培ったことから作った自由研究ノートを用いることで自主的な探究活動を引き出した。日本農芸化学会「ジュニア農芸化学会」ポスター発表、SSH 生徒研究発表会ポスター賞、日本学生科学賞東京都大会優秀賞・努力賞・奨励賞、ロボカップジュニア大会全国大会 2 チーム進出。

「SSH リサーチ科学」：H25 年度は前年度の 7 人の履修者から 28 人に増加し、課題研究がバラエティーに富む形となった。7 月最後の授業における実験デザインの間報告と年度末の最終発表を比較すると、着実にカリキュラムを実施する手法が整いつつある。昨年と比較すると「興味深さや」「実験計画」「次年度探究活動」の項目についてはプラスの傾向が見られた。H26 年度は履修者が 13 名になり、指導が行き届くようになった。他校の生徒発表に参加させ、研究者との交流を図り研究姿勢の育成を図ることもできた。

「SSH リサーチ脳科学」：高大連携による最先端の脳科学という高度な分野で指定第一期に課題となった「生徒が自分で研究課題を設定し自分で計画的に研究できること」を指定第二期では目指している。普段疑問に思っていることから課題を見つけさせるメタ認知的なワークシート、研究の各要素で状況を振り返り整理するメタ認知的ワークシートを導入・改良し、生徒自身に次に何をすべきか気づかせ行動させるよ



うな支援に徹している。アンケートで「非常にそう思う」・「だいたいそう思う」は「計画通りにできたか振り返る」がH25年度は80%、H26年度は70%、「自分は何を調べたのか、振り返るようにしている」がH25年度は80%、H26年度は85%となっている。また、脳波と唾液による緊張度の測定など、脳科学や心理学の分野で高校生が扱える測定機器も実習を組み込んで生徒が使いこなせるようになりつつある。

「TOK」：H25年度は年間を通して行き、最も時間を割いた「知識を形成する4つの方法に対して理解できた」に「だいたいそう思う」が50%であった。H26年度は、TOKを一条校で実施する際の時間確保の問題に取り組むため、教科連携で探究的学習を取り入れている理系現代文のなかで展開する方法を開発した。自由記述のアンケートには、「課題研究時に自分の都合のいい根拠だけ集めていた」ことや、「思考の自分の癖などに気づいた」ことが挙げられており、一定の成果が認められた。

### (B) 教科連携

「数理科学」：H25年度は、思考の過程を文字で表現させることが中下位層にも可能であるということが確認された。文字で表現する中で、暗黙の了解の存在について認識を深めたり、表現の数式化に落ち着いて取り組んだりなどの効果が期待できる。アンケート結果で「非常にそう思う」・「だいたいそう思う」は「言語化や組立型の学習の重要性は納得したか」がH25年度は96%、H26年度は88%である。またH26年度は自由記述で「公式を覚えていなくても解けたのが感動的だった」「最初は戸惑ったが、慣れれば楽しくよい勉強ができる」という意見があった。また高校2年までのアンケート結果で「微積分や数学的帰納法の理解に役立った」が90%程度あった。

「理系現代文」：H25年度は、他者へ対する表現する力の重要性は生徒自身から実感があったという回答が見られた。H26年度は、個人の関心を実社会へ関連づける探究・発表活動に対してのアンケートで「かなり当てはまる」「当てはまる」がおよそ70%だった。

「科学英語」：H25年度は、「PL英語表現I」で英語特有のイントネーションやリズムを習得し始め、リスニング力が多少なりとも向上した。「PL生物」では、理科で学習した内容を英語を用いて自分の意見を話す状況に関して、履修者全員(100%)満足している。理科の学習で学んだ語彙を科学英語としてコミュニケーションで利用することに関して、全員積極的に取り組んでいた。理科で学習した内容を英語で学習していることから、英語でのコミュニケーション・プレゼンテーションに対して履修者の80%が満足していた。H26年度は、1学年1クラスではなく、中学3年、高校1年の2学年にわたり普通クラス全クラスで「英語を使って理科を行う」というスタンスで2年間のカリキュラムの1年目を実施した。中学3年理科、物理基礎、化学基礎の基礎的な内容をベースにした「英語しか用いない理科の探究実験」とし、各時間全生徒がEFLとコミュニケーションをとり、全生徒が実験操作をするように授業を組み立てた。正負の要因を引き算した7段階のアンケート結果では、「英語での授業に意義を感じた」「英語学習への意欲が高まった」は、7段階の「大変そう思う」が最も多く、全体の7割がこの授業の意義を感じ、英語学習意欲を高めたことが確認できた。特に高校1年では、理科が得意で英語が苦手な生徒層が意義を感じたとする意見が多かった。

### (C) 構成主義的授業

H25年度は、学習者の習熟度に関係なく各授業で分かったことがあると、学習者が受け止めていることから、構成主義的な授業が成り立っていると言える。以前の授業を見直し新しい知識がついたと多くの学習者が感じているので、メタ認知能力の育成と自己効力感の獲得に寄与していると思われる。振り返りから、習熟度が異なっても、OPPAシートの効果が見て取れる。H26年度は、中学1年、中学2年に最重要ポイントを学習前と学習後に振り返るメタ認知の育成プロセスを導入し、小学校5年で実験を整理する熊手シートを導入し、低学年へ普及させた。中学3年～高校3年は、IBの少人数での双方向な授業を40人規模で実現するOPPAシートに書き込む教師のコメントや、本質的な問いを研究し、効率や効果を上げた。+2～-2のアンケートを平均した値では、既習事項を元に学習することに関して「前に学んだ内容が新たに使えて感心した」はH25年度の高校1年物理基礎では0.3だったが、H26年度の高校2年物理では0.5に+0.2上昇し、「わかった気がするまであれこれ考える」－「あれこれ考えず反復練習する」はH25年度の高校1年物理基礎では0.5-0.1だったが、H25年度の高校2年物理では0.6(-0.4)に+0.6上昇している。構成主義的な既得知識をもとに新たな知識を構築することに関しては、高校2年の「物理」や高校1年のPLの「数理科学」などで、正負の大きな反応が見られ、その後、正の反応に落ち着くことから、これらの科目の特徴がこの件に影響しているのではないかと考える。

### (D) 高大連携

H25年度は、玉川大学農学部との夏の連携授業であるサイエンスサマーキャンプは、授業に参加した生徒がプラスアルファの実験を大学の先生と連携して行き、大きな実験結果の成果を残すことができた。SSH生徒研究発表会での代表ポスター発表および専門学会誌における研究インタビュー記事を依頼され

る等、高校生として注目に値する研究成果をだす生徒もいた。H26年度は、高校3年の「SSH 科学」では、最先端の脳科学について体験的実習授業を増やしたことで、「大学での研究に対するイメージがわいた」「脳科学について興味がわいた」「科学や技術の話題について話が出来るようになった」がほぼ「大変そう思う」「そう思う」であったことから、脳科学研究という未解決部分を体感させることで興味関心を喚起できたと考える。「倫理」では、「自分が発表した内容についてはかなり深いレベルの知識が身についた」という意見がほとんどであり、他者の持つ知識・理解力を推察し、理解できるように説明できる知識や論理力を獲得し、それらが生徒の思考を深めていると推測できる。また「人によってまとめ方や伝え方が違うので、楽しく学習でき、様々な角度で考えるきっかけになった」という意見も半数あり、大学教員による授業で生徒の偏った既成概念を一度崩壊させることによって、バランスのとれた思考に導くことが出来たと推測できる。

#### ●教員・保護者の評価

##### ・教員の評価

SSH 活動を通して「新しいカリキュラムや教育方法を開発する上で役立つ」・「教員の指導力の向上に役立つ」に関しては、肯定的な意見がほぼ占めた。このことは SSH 活動を通して教員側指導も改善が図られている結果となった。また、生徒が養われている力に関しても肯定的な意見であった。SSH 活動を通して、授業改善・カリキュラム改善・生徒変容につながる結果となっている。

##### ・保護者の評価

「理科の能力向上・興味関心」、「大学進学・分野選択」、「国際性・プレゼンテーション能力」の観点項目に関するアンケートは約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 活動が課題研究センターではなく、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。

#### ②研究開発の課題

##### (A) 課題研究

「学びの技」：H25年度は、問いの発生装置による問いの独自性の確保のために改良することが課題となった。過去の例からよい例悪い例を具体的に提示して改良を促す。H26年度は改良の結果その原因が問いのユニークさと資料の多さが反比例しがちなことにあると明確になったが、さらなる改良が課題である。H25年度は、自分の論に対する反駁を想定する柔軟性に問題があり、実施する生徒はいなかったことが課題であった。H26年度は、推奨ではなく全員実施としたが、「授業中に理解できた」が61%と低いためこの項目への時間確保と工夫が今後の課題である。H25年度は、他者の発表や論文に対する質問力が一部の生徒に限られていることが課題であった。H26年度は、科学統計処理やTOKから質問スキルを提示したが、実際のポスターセッションでは質問があまり出ず、事前に授業中に批判的思考力とそれに基づく質問力をどう育てるかが今後の課題である。

「SSH リサーチ」：H25年度はレゴマインドストームを使って試行錯誤をさせたが、自分達のグループでの課題研究の際には、その試行錯誤の経験が必ずしも生かされなかったことが課題であった。メタ認知支援の観点から考えると、前期のレゴ課題では中間発表が他のチームの生徒からのヒントの提示の形でメタ認知支援として機能していたので、グループ間の情報交換、進捗状況の報告等を導入することが課題であった。高校生らしい課題設定をさせたにも関わらず、いろいろな実験を設定しつつ、試行錯誤を繰り返せなかった。生徒が設定する実験が、指導者側にとっても初めてのものが多く、有効な指導をすることができないという課題があった。H26年度は、学びの技を生かした自由研究ノートで独自の課題に対する試行錯誤を支援し、分野ごとに状況報告会を設定したが、計画通りの進捗状況であるかの認知が「どちらともいえない」が20~30%あり、計画性の重要性を意識させることが今後の課題となることがわかった。また指導教員を支援するための大学と連携した掲示板システムの構築を進めてきたが、K12で使用している常用の掲示板との両立性を含め機能的な運用方法が今後の課題である。

「SSH リサーチ科学」：H25年度は、履修者数の大幅増が指導の量と質を確保できないという面が、生徒の課題研究に対するモチベーションを支援する際に障害となったことが課題であった。H26年度は、前半の基礎実験から後半の長期的な課題研究に移った際の生徒の自己チェックに対して指導の一貫性を確保することが課題として浮上した。幅広い生徒層がこの課題研究を履修するようになってきたことが原因だが、教材化などできるところで効率化を図ることが今後の課題である。

「SSH リサーチ脳科学」：先端分野（脳科学）で、生徒が自分で課題を設定し自主的に研究を進めていくという指定第二期の課題に対して、H25年度は、普段の日常の疑問から課題を設定させ研究させることができたが、まだ履修一年目で脳科学の知識が不十分な点が課題であった。H26年度は、脳波測定などの実習に時間を割いたが、まだ生徒が脳波を完全に理解して研究に生かすまでには不十分であり、今後の課題である。関連して様々な機会に外部の発表会でポスターセッションに参加しているが、科学コンクールな

どの成果がまだ出てない。

「TOK」：H25年度は、知識を形成する4つの方法を理解させることはできたが、それを応用した自分の身の回りの知識を分析させる過程を十分に経験させ、批判的思考力を育てることが課題であった。H26年度は、TOKの要素や批判的思考力の育成を一条校のカリキュラムの中で合理的に可能にするため、探究的学習を取り入れている理系現代文で実施したが、教材化が今後の課題である。批判的思考のスキルの練習をどの程度・頻度で行えば効果的か、個人学習がグループで協働学習か、批判的思考のパフォーマンスは問題解決型だが、授業形態でこのような学習は可能か、といったことが教材化の具体的課題で、H27年度実施に向け、教材を新たに制作している。

### (B) 教科連携

「数理科学」：H25年度は、思考の過程を文字で表現させることが、長期的に定着させる、他分野に応用できることに貢献できるかなどの点については今後の課題である。小テスト復習を通して「やったことを確実に身につける」というメッセージも強く打ち出していた点であったのだが、この点に関しては課題が見つかった。これは、復習による知識の定着が直近の利益とは直接は結びつかないため、生徒の行動が「次の直近の利益」を得るための学習に向かってしまうことだ。復習の徹底が生徒にとって分かりやすい利益と結びつく必要があると考えられる。検討課題としたい。カリキュラムに関して、新課程で統計が入ったため今年は統計を扱わなかったため、次年度に関して導入を検討したい。H26年度は、安易に公式に頼らず手持ちの知識を用いて解法を考える組立型の学習に時間がかかり、多くの問題に対応できないという意見があり、年間の学習量がやや多いと感じている生徒も60%以上いた。このため組立型学習に納得していても実際に行っている率が下がっている。また普通クラスへの普及のために物理・数学の2教員体制も簡素化しなければならない。また普及のため現在、物理基礎の教材化を進めており、前半は完成し、後半は講義ノートのデジタル化が完成した。

「理系現代文」：H25年度は文章の読解や要約に関する力の必要性は、教員も生徒も重要だと認めたが、満足な指導に至らなかったのが課題であった。H26年度は、探究活動・発表、小論文を多く課したが、教材を批判的思考の育成に適したものに改訂し教材化することが課題で現在進んでいる（TOK参照）

「科学英語」：H25年度は、「PL英語表現I」でスピーチに関しては、ディスカッションやディベートができる段階まで発話技能を引き上げ、実際に場を設定していくことが課題であった。H26年度は、「PL英語表現I」では発表をできるようになったが、更にレベルの高い課題を与えることが課題である。「英語を使って理科を行う」中学3年、高校1年の普通クラスの取り組みは、2週間に1時間のため英語の用法や科学的知識が定着しづらく、英語や理科のシラバスに合わせた相補的なカリキュラムにすることが今後の課題である。

### (C) 構成主義的授業

H25年度は、わずか3回の使用だが、OPPAシートに書く学習者の内容が、少しずつ変化してきている。一人の学習者が、3年・4年と継続してOPPAシートに取り組む際の想定が課題であった。H26年度は、OPPAシートの効率的なコメント、本質的な問いの設定が課題である。構成主義的な授業により、生徒は考えながら学習にのぞむことが出来ているが、普通クラスで高校3年、PLクラスで高校2年までその場しのぎの学習で、将来も使える生きた知識として学んではいない。また、意識としては構成主義的な学習が正しいことが分かっているが、その場しのぎの学習方法への依存が抜け切れていない。実際の学習で創造的な追究にまで至っているのはまだPLクラスにわずかに見られるだけであることが課題である。+2～-2のアンケートを平均した値では、「その時間のまとめを、頭の中でまとめられた」はH25年度の高校1年物理基礎で0.3だったが、H26年度の高校2年物理でも0.3にとどまり、改善されていない。この1時間の構成主義的な授業のなかで、明確な問題設定を提示し、生徒が主体的に考えられる授業展開の構築が今後の課題である。

### (D) 高大連携

・「倫理」：大学連携授業を含め、生徒自身が多面的な視点で考えさせる授業展開が今後も課題である。また、他者に教えるという試行錯誤や姿勢の育成によって、生徒自身の探究心につながると考え、思考力形成の授業展開が今後も課題である。

・「SSH科学」：脳科学・大学研究に対するイメージ・興味に関して喚起できたが、将来性との関係性について検討が必要であり、授業内での実験・実習・講義について大学と就職などキャリア教育が連携した授業展開など改善が必要である。

# 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 FAX 042-739-8559

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

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	227	8	241	8	237	8	705	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	214	7	218	7	197	6	629	20

#### ② 教職員数

##### 高校

学校長	教頭	教諭 (専任,常勤, 養護教諭)	講師	事務職員	その他	計
1 (兼務者)	1	43	本務者 23 兼務者 58	7	0	本務者 74 兼務者 59

##### 中学

学校長	教頭	教諭 (専任,常勤, 養護教諭)	講師	事務職員	その他	計
1 (兼務者)	1	本務者 44、兼務者 1 (養護教諭 本務者 1, 兼務者 1)	本務者 12 兼務者 106	8	0	本務者 65 兼務者 108

## 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で重要であると考え

る。また批判的思考力が創造力を補い、客観的検証を継続的に繰り返し独創的、かつ科学的な探究活動ができる

【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
- (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、何を納得できていないかを明確にするメタ認知能力を育成プログラム。
- ・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を考えるプログラム

→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頂き、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、探究動機を意識づけ、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	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)

職名	氏名	教科
学長・学園長	小原 芳明	
初等中等教育担当理事	石塚 清章	
高学年教育部長	藤樫 大二郎	国語
中学年教育部長	酒井 健司	英語
学園教学部長	渡瀬 恵一	
学園教学部事務部長代理	小原 一仁	
高学年教務主任	川崎 以久哉	社会
中学年教務主任	伊部 敏之	数学
教諭	森 研堂	理科
教諭	今井 航	理科
教諭	横山 絢美	数学
高学年理科主任	小林 慎一	理科
中学年理科主任	高津 健一	理科
高学年数学科主任	清水 雅文	数学
中学年数学科主任	鈴木 孝春	数学

職名	氏名	教科
高学年英語科主任	前田 則文	英語
国際バカロレア主任	森本 信雄	体育
学年主任	後藤 芳文	国語
学年主任	渡辺 康孝	理科
学年主任	上村 雅明	英語
教諭	吉澤 大樹	理科
教諭	中村 純	理科
教諭	佐野 真之	数学
教諭	市川 信	国語
学術研究所講師	亀田 クインシー	
学園教学課長	高田 恵美	
学園教学課長(高学年担当)	小野口 久仁子	
学園教学課長補佐	酒井 康弘	

### (2) 運営指導委員

氏名	所属・職名
甘利 俊一	理化学研究所 脳科学総合研究センター特別顧問
小泉 嘉一	株式会社環境技術センター 代表取締役社長
吉住 実	日立アロカメディカル株式会社 代表取締役社長
平田 大二	神奈川県立生命の星・地球博物館 館長 学芸部長
飯田 秀利	東京学芸大学 生命科学分野 教授
堀 哲夫	元山梨大学大学院教育学研究科 元教授
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	玉川大学大学院工学研究科 工学研究科長
大森 隆司	玉川大学大学院工学研究科 工学研究科長
富永 順一	玉川大学教育学部 教授
勝尾 彰仁	玉川大学リベラルアーツ学部 准教授
加藤 研太郎	玉川大学 量子情報科学研究所 准教授

## 第2章 研究開発の経緯

### 2-1 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

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  
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  
「学びの技」授業展開の成果普及(書籍化)

##### ●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

#### (B)教科連携

##### ●新規事業

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

##### ●継続発展

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

#### (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

構成主義的授業展開の指導方法の開発  
創造力・批判的思考力育成教育プログラムの開発

#### (D)高大連携

##### ●新規事業

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

##### ●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



上記の(A)～(D)に関して、平成 26 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

実施内容	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	中学3年～高校1年	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2年	中学1年：3.5単位 中学2年：4単位 中学3年：4単位 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	テーマ A	中学1年～高校3年	2単位 放課後
<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>			
・教員研修 「子供の実態の把握と授業 改善-OPPA の理論と実践」	テーマ C	玉川学園幼稚部・ 小学部・中学年・ 高学年	8月1日
・教員研修 批判的思考力研究グループ	テーマ A～D	玉川学園高等部教員	第1回 11月5日 第2回 11月19日 第3回 12月15日 第4回 2月5日
・成果普及 第7回国際バカロレア教育 フォーラム「DP の導入に向 けて」	テーマ A～D	県内外教員、保護者等	11月22日
・成果普及 21.5 世紀探究型学習研究会 ～汎用的スキル・SSH・ 学びの技～	テーマ A テーマ C	中学3年発表 県内外教員、保護者等	11月1日
ロボット体験講座	テーマ A～D	県内外生徒、保護者等	2月28、3月1日
成果発表会	テーマ A～D	中学3年～高校3年生 県内外教員、保護者等	3月10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	6月23日	【夢のある話、夢のない話】	玉川大学 脳科学研究所 佐治 量哉先生
高1年	2月13日	【脳科学:納豆を食べると頭は良くなるか?】	玉川大学 工学部 相原 威先生
高2年	2月2日	【成長エンジンにつながる、考え方のヒント】	日本経済新聞社特別企画室担当部長 上杉 恒彦先生
高3年	11月10日	【社会が待ち望む人材になるために】	セコム株式会社コーポレート広報部 理事 安田 稔先生
中3年	2月23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

学年	日時	講演タイトル
中学3～高校3年希望生徒	6月7日	東京大学キャンパスツアー
高校1～高校2年年希望生徒	6月2日～7月13日	Advanced Biotechnology Institute 研修
中学3～高校3年希望生徒	6月10日	ミツバチ科学に触れる研修 玉川大学農学部連携講座
高校1年生プロアクティブラーニングクラス	7月17日～19日	伊豆大島研修
中学3～高校3年希望生徒	7月31日～8月1日	サイエンスサマーキャンプ研修 玉川大学農学部連携講座
中学1～高校3年希望生徒	9月16日	知と学びのサミット講演会
中学1～高校3年希望生徒	11月28日	「ここまできた！空間情報による『地球・町の安全見えるか化』 セコム株式会社研究部門代表者
高校1年～高校3年希望生徒	3月7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 学びの技(シンキングツール授業展開)

#### 【今年度までの流れ】

玉川学園中学年では週に1回木曜日の6時間目に自由研究の時間が設けられている。年間になると50時間程、5年生から8年生（中学校2年生）がこの授業で自分が興味を持ったことについて研究を行っている。また、その研究の成果を3月の玉川学園展で発表を行っている。演劇、音楽による発表もあるが、個人研究の発表がメインである。その研究において、児童生徒は色々な事柄を調べ発表を行うのであるが、ただ調べてそれをまとめる作業で貫徹してしまい、研究における新たな発見や展開についてはどうしても内容が希薄になってしまう。そういった面を打破する上でも、研究の初歩的な要素である「比較する」あるいは「分類する」という取り組みを体験し、トレーニングすることにより、調べただけでは見つからなかった要素を児童生徒が気付いてくれることを期待し、シンキングツールを取り入れてみた。今年度はシンキングツールの中でも特に前述した「比較」・「分類」の方法について取り上げ、年間5時間程授業を行った。

#### 【仮説】

シンキングツールの活用が、調べ学習からの脱却、研究の際に児童生徒が新たな発見を見いだすことにつながる。

#### 【対象学年 対象人数】

5年生から8年生（中学校2年生）まで。

- ・ 5年生：133名
- ・ 6年生：145名
- ・ 7年生：214名
- ・ 8年生：218名

#### 【内容・方法】

##### 1. 授業展開について

前期中に「比較」（2時間）と「分類」（2時間）の仕方を習得させ、後期に夏休み中の課題（自由研究の各テーマ）について発表させる時間（1～2時間）を設けた。

更に細かく分けると次のようになる。

－前期－

- ① 「比較する」基礎編（全自由研究同じ課題）
- ② 「比較する」応用編（各自由研究に応じた課題）
- ③ 「分類する」基礎編（全自由研究同じ課題）
- ④ 「分類する」応用編（各自由研究に応じた課題）

－後期－

- ⑤ 夏休み課題の発表

条件…必ず「比較」「分類」を課題をまとめてくること

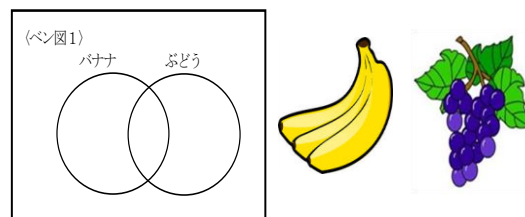
それぞれ自由研究ごとで口述発表を行う。

#### 2. 授業内容について

「比較」「分類」ともに各授業の中で、児童生徒は触れたことがあるが、体系的に学習するのは初めてである。よって全自由研究、基礎編として共通の課題を設け、それぞれ比較・分類の方法を学び、次は各自由研究のテーマに沿った課題を解いていく方法をとった。

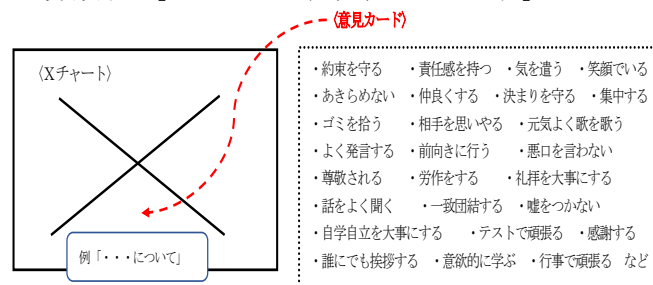
〈基礎編〉

- ★ 「比較する」：「バナナとぶどうを比較しよう」



課題としては単純なもので「ベン図」を使用し、グループ学習を行った。

- ★ 「分類する」：「こんな中学年生になろう」



「比較」と同様に「Xチャート」を使用し、グループ学習を行った。

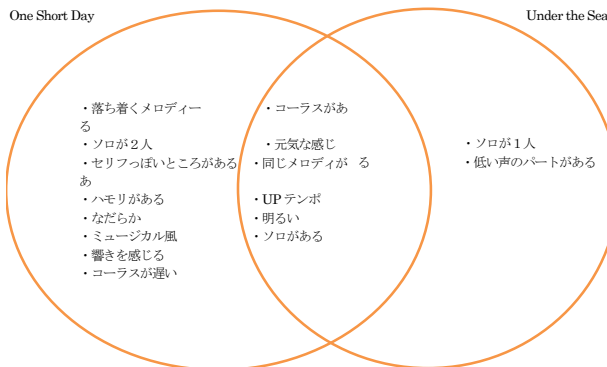
児童生徒はこの基礎編において、「比較する」では相違点や共通点を見つけ、改めて何が発見できるかを確認することができた。

「分類する」では分けることによって様々な情報が整理され、物事を考えていく上である方向性が得られることを確認することができた。また、様々な分類があるということは様々な考え方があるということであり、正解は1つとは限らないことも確認できた。

この基礎編を踏まえて、各自由研究で課題を提示し、応用編として児童生徒にチャレンジさせた。各自由研究の一例を紹介すると次のようになる。

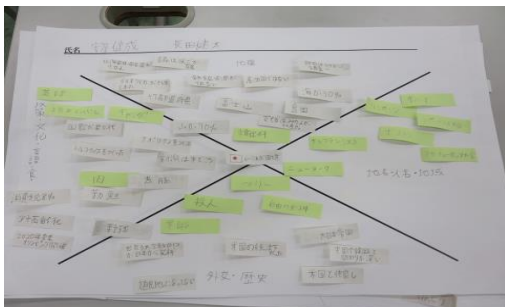
### 〈「比較する」応用編例〉

- ・自由研究（舞台技術）  
「サスペンションライト」と「フロントサイドライト」の比較
- ・自由研究（文芸）  
「漫画」と「小説」の比較
- ・自由研究（統計・算数数学研究）  
1の倍数から9の倍数までの比較
- ・自由研究（英語劇）  
「One Short Day」と「Under the Sea」の比較



### 〈「分類する」応用編例〉

- ・自由研究（習字）  
「学園展でよい作品を作るにはどうしたらよいか」
- ・自由研究（社会）  
「日本と外国」の比較と分類  
初め比較のために記入した項目をベン図を使用し、比較した後、その特徴を「Xチャート」にて分類を行った。



### 3. 夏休みの課題発表について

各自由研究内で1時間発表の時間を設け、5年生から8年生まで発表を行った。ここでの児童生徒の発表は玉川学園展の中間発表と考へてもよいものであった。一人ひとり限られた時間ではあったが口述発表ができたことは、今までの自由研究ではあまり見られなかったことなので、後期の研究に繋がる第一歩となった。

### 〔検証・評価〕

自由研究の成果は年度末の玉川学園展で見ることができる。まだ今年度の玉川学園展を迎えていないので、どういう結果が現れるのかは現在のところまだ言及はできない。ただし、今までの調べ学習とは異なり、方法論を学んだことで立ち止まらずに「更に考えてみよう」とする姿勢が見られた。興味を持って取り組んでみようとする姿勢も高まっているように感じられる。

ただし4時間の授業と1時間の発表というスタイルで行った今年度の取り組みから見えてくるのは、このトレーニングの経験値の少なさによる思考の深みの「差」である。また、自由研究という学年ごとではないない集団において、学年の思考の差が見られるのは否めない。

### 〔今後の課題〕

今年度は基礎を習得すれば、応用が可能であるという立場から自由研究で思考スキルの「比較」と「分類」に焦点をあて実践を試みた。方法としては児童生徒も習得できたが、各個人のテーマにより難易度が増し、思考の深みが要求されることが分かった。どういうことかということ教師側が求める比較や分類の域まで、児童生徒が達していないということである。テーマ設定が安易なものであれば、興味も湧き十分対応できるが、テーマが抽象的なものであるとか幅広い知識が求められるものになってくると先に進めなくなってくる傾向があることが分かった。勿論たかだか5時間で一気に進展していくかと言えばそれは無理がある。だからこそそれ以上の時間が必要であり、児童生徒にはトレーニングが必要となってくる。ちょっと素振りの練習を教えただけでは、ホームランは打てないのである。

今後、自由研究に止まらず各教科において、思考ツールを児童生徒が使えるように教師側の授業の工夫が必要になってくる。今年度は各教科での取り組みではなく自由研究でこそ研究の基礎を教えられると考えたが、実は自由研究自体が応用編といえるかもしれない。様々な学習において習得した思考スキルを用いられるようにするために、今後とも実験的な学習を試みていきたい





- 5 批判的思考を何のために、どのように教えるか
- 6 実践事例は
- 7 まとめ：生徒の思考力を育むために

110名を超える学外教育関係者が参加し、午前のポスターセッション、午後の講演会、実践報告会で研鑽を積むことができた。



図2. 11月のポスターセッション

### [ 検証・評価 ]

問いの生成装置なるものを使って、問いを生み出す工夫はしているが、問いの独自性を生み出すには、まだまだ改良の余地がある。また、自分の論に対する反駁を想定する柔軟性・思考がよって立つ前提の自明性を疑ったり、違う観点から考察を加えたり、論の根拠になるデータを覆すようなデータを探してきたりして、自分の論に揺さぶりをかける。そして、その反駁に対する反論も用意する。こういう過程をこれまでは奨励するだけで、実施する生徒はいなかったが、今回取り組みに組み込んだことで、全員に取り組みさせることができた。他者の発表や論文に対する質問において、論理構成でつじつまが合わないところはないのか、出された根拠は確かに結論の根拠となっているのか、相関関係を因果関係と混同していないか、根拠となるデータは、どのように算出されたのか、自分の素朴概念と比べて違和感はないのか、などなど批判的に考えさせ、実際に生徒発表に対して質問を出させ、答えさせることができた。

昨年同様、アンケートを実施した。質問項目は以下のスキルの習得具合を聞くものである。

1. 問いの立て方
2. 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
3. マインドマップを使う情報の整理の仕方
4. 探究マップを使う論文のアウトラインの作り方
5. スライドを作ってプレゼンテーションをするやり方
6. 論文の書き方
7. 反論を想定して根拠を立てる仕方や自分の立

てた根拠の確からしさを検証する仕方  
この7項目に関して、「授業で理解できたか」「次回もこのスキルを使うことができると思うか」「次回は自分なりに工夫・応用して使ってみようか」を聞いてみた。回答選択肢は、「非常にそう思う」「だいたいそう思う」「どちらとも言えない」「あまりそうは思わない」「全くそうは思わない」の5つにした。

「非常にそう思う」「だいたいそう思う」は全体の70%、

「どちらとも言えない」は23%、「あまりそうは思わない」「全くそうは思わない」は、7%であった。

個別に見ていくと、「非常にそう思う」「だいたいそう思う」が低かった項目は、「7. 反論を想定して根拠を立てる仕方や自分の立てた根拠の確からしさを検証する仕方」の「授業中での理解」の項目の61%だった。また、「4. 探究マップを使う論文のアウトラインの作り方」を「次回も使うことができるか」の52%だった。

### [今後の課題]

- ・問いの作り方がやはり難しい。ユニークな問いは、資料が少なく、必ず行き詰まるので、避けるように指導している。資料がたくさんある分野は、ありきたりな問いになりがちである。資料がある分野で、ユニークな問いを作らせる指導法を開発する必要がある。

- ・情報収集から情報整理にかけて、マインドマップを使用しているが、この作成の段階で、いかに結論を導く考察をやらせるか、その道筋を指導できていない。

- ・結論を導く根拠を立てる際に、その根拠に確からしさがあるのかどうか、妥当な根拠となっているのかを事前に教えることができていない。

- ・ポスターセッションで、話し手と聞き手の距離が近く、質疑応答がしやすい状況なのに、聞き手から質問がなかなか出ない。質問するスキル（着眼点）を事前に提示はしているが、効果は薄い。批判的思考力が身についたかどうかは、質問できるかどうかに関わってくるので、質問の質および回数には批判的思考力のバロメータになる。年度当初から授業中にどう批判的思考力を育てるかの工夫が必要となる。

- ・今年導入した「反論を想定して根拠を立てる仕方や自分の立てた根拠の確からしさを検証する仕方」は、授業で扱った時間数の関係もあるが、理解・定着率が悪いので、時間数の確保と教材の開発が必要と思われる。

## A-3 科目名 SSH リサーチ脳科学

### 【今年度までの流れ】

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。開講当初は、研究所の教員・研究員が事前に設定されていた研究テーマについて課題研究を取組む授業形式であった。設定された研究テーマであると、生徒自身の課題研究の自主性が不足すると考え、年度を重ねるたびに授業形式の改良を行っている。第 2 期 SSH 指定以降(平成 25 年度～)からは、生徒が脳科学研究分野に興味を持っている内容から課題研究テーマを自ら設定し、生徒自身の自主性・創造性を育成している。

### 【仮説】

玉川大学脳科学研究所と連携し最先端の脳科学研究を行っている場所で、課題研究を実施することにより、普段の授業だけでは学ぶことができない内容・課題研究テーマに取り組むことができる。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惹起し、創造に向けた学習が動機づけられる。また、研究所の教員・研究員から実験方法・結果・考察にアドバイスを受けることにより科学的な思考力・創造力・課題解決能力といった能力、高校生では到達困難な視点からの視座が提供され、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。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。

### 【対象学年 対象人数】

履修希望生徒

### 【内容・方法】

#### 1：活動の概要

履修希望生徒に普段疑問に感じている現象について生徒一人ひとりに考えさせた。疑問に感じている現象から課題研究テーマを設定させた。テーマ設定時には、生徒各自で実験が行える範囲でのテーマ設定に限定した。課題研究テーマが共通している生徒同士でグループ研究を行わせた。テーマ設定を行うと同授業中に「脳の構造」・「脳波とは」・「心理実験」などの講義も同時に行った。下記に指導計画を示す。

月	内容
4~6	課題研究内容設定
6~7	心理実験アンケート作成
9~10	心理実験アンケート集計
11~12	研究方針の確認・脳波測定の学習
1~3	心理実験とともに脳波測定

#### 2：研究テーマ一覧

- ・コミュニケーション「LINE」は人にストレスを与えるか
- ・音楽が記憶力に与える影響
- ・睡眠時の聴取音楽によるストレスの変化

#### 3：ポスター作成

履修生徒は年に数回ポスター発表・口頭発表することを設定した。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りをさせ、客観的に見直し、改善点を見つけさせる。創造力・批判的思考力を育成する目的も含まれている。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。以下にワークシート内の項目を記載する。

A：私たちが取組んだ問題は

B：今回までにやったことは

C：今、手元にあるデータは

D：手元にあるデータから得られる私たちの結論

E：データから結論に至るまでの論理の流れ

今まで研究仮定を A～E の項目を記載することにより、最初に設定していた課題・問題に対して、実験方法・結果などのデータが正しいのか論点がずれていないか確認することができるように考えられている。また、E の項目により、生徒自身が客観的に課題研究の正確性について見直すことができる。

#### 3：研究発表会実績

2014 年：理系女子

東京都 SSH 発表会

関東近県 SSH 発表会

## [ 検証・評価 ]



検証方法として履修者全員にアンケートを実施した。

・A～Jでのアンケートについて(科学への興味関心)

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。科学への興味・将来への役に立つ・大学での研究に対するイメージがわいたという項目について、100%が5 or 4「そう思う」以上であった。高大連携を通して研究に対して興味関心が増したと考えられる。また、プレゼンテーション力・視野の広がり・科学技術についての知識、自分の考え、話ができる項目について、「だいたいそう思う」という占める割合が多いが、生徒自身積極的にそう思うと感じていると考えられる。

・K～Sでのアンケートについて

(生徒自身の振り返りメタ認知)

課題研究を通して、実験結果に対して予想を立てる・振り返りを行うなどの客観的に判断するアンケート項目については、「非常にそう思う」「だいたいそう思う」を選択している生徒50%以上を占めているが、A～Jのアンケート項目に比べ「どちらとも言えない」を選択している割合が増えている。履修者全員に常に予想と振り返りの徹底が必要である。

## 【今後の課題】

高大連携を通しての課題研究にも関わらず、自主的な研究テーマで行えている。ただ、脳科学に関わる講義を行っているが、脳波測定に関わる実験手法・原理を完全に理解していない部分も認められる。今後は実験手法・原理を徹底し、課題研究に取り組んでいきたい。また、実験の振り返りを行っていない生徒も確認できるので、再度実験結果がどのように得られるかなどの習慣、実験途中で誤りに気付き、修正する力を養わせていきたい。



## A-4 科目名 SSH リサーチ

### 【今年度までの流れ】

「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わけではなく、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、身近な現象に対してテーマを設定する場合や本校は玉川大学と高大連携をしており、大学の施設を利用しながら高度な研究テーマを設定することもある。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たりすることが多い、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。

### 【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、問題設定から実験を通して根拠を集め解決していく過程を学ぶことで、問題発見能力・問題解決能力と言った科学技術に分野に必要なとされる能力を伸ばすことができる。また、課題研究の成果を各種学会や研究発表会に参加し、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。課題解決と研究発表を通して批判的思考力・創造力を育成することができる。

### 【対象学年 対象人数】

高校1年～高校3年生履修希望生徒

### 【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後、課題研究のテーマを決めた。テーマ設定・情報の取捨選択・論文の書き方などの指導は、「自由研究ノート」を用いながら指導を行った。「自由研究ノート」は中学3年生に実施している「学びの技」のテキストをもとに作成されている(学びの技の論文執筆ノウハウを自由研究ノートに活用されている)。

自由研究ノートを用いることにより、各自で課題研究を進められるようになっている。

生物(15名)、化学(11名)、物理(5名)、数理科学(1名)の各分野に分かれ個人研究・グループ研究を行う。

各分野ごとに指導教員が指導を行う。また、玉川大学・他大学・企業と連携し、指導・ご助言をいただく

ける状況にしている。今年度から、課題研究の進め方・実験方法などに関して質問ができる掲示板システムを構築している(来年度本格的に実施する)。

#### 2、研究活動テーマ一覧(一部抜粋)

- ・小型ロボットによるサッカー競技のボール蹴りだし装置の比較
- ・一人乗り歩行カートの研究
- ・ハチミツの結晶化についての研究
- ・バイオエタノール生成
- ・身近な色素を用いた色素増感太陽電池
- ・ミミズの腸内細菌の研究
- ・色の付いた花に色を付ける
- ・乳酸菌と酸素濃度の関係
- ・マヌカはちみつ
- ・殺菌効果
- ・セイヨウミツバチの季節と採餌行動の関係



➤ 内容:64ページ  
➤ 論文執筆時に必要な情報を盛り込む

自由研究論	
自分の活動を記録しよう	2
活動の記録	3
<b>論文の評価</b>	
1-1. 論文評価	6
<b>論題(題い)の決定と情報の取捨選択</b>	
2-1. 論文とは	7
2-2. 論題(題い)の作り方	7
2-3. テーマを考えよう&情報を取捨選択しよう(マインドマップ)	8
2-4. 情報収集(自分でMMRCを利用しよう)	12
2-5. 本や統計資料の探し方	13
2-6. オンラインデータベースの使い方	16
2-7. 雑誌論文検索の使い方	17
<b>論理的な構成</b>	
3-1. シンキングツール	20
3-2. 探究マップの書き方	22
<b>論文</b>	
4-1. 論文の書き方	27
4-2. 論文の構成	34
4-3. アブストラクトの書き方	40
<b>巻末資料:情報収集</b>	
① 参考文献リスト	45
② 自由研究時のMMRCの使い方	64

#### 自由研究ノート目次

#### 3: 研究発表会実績

- ・日本農芸化学会「ジュニア農芸化学会」ポスター発表
- ・SSH 東海地区フェスタ ポスター発表
- ・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

- ・集まれ理系女子！第6回女子生徒による科学研究発表交流会  
ポスター発表
- ・サイエンスアゴラ ポスター発表
- ・第7回 SSH 東京都指定校 合同発表会  
ポスター発表 口頭発表
- ・第10回 関東近県 SSH 合同発表会  
ポスター発表 口頭発表



### 【検証・評価】

・A～Jでのアンケートについて(科学への興味関心)

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。ただ、「科学や技術」について自らの力で考える・話すなどに関しては「そう思う」の肯定的であるが、「だいたいそう思う」の割合が多く占めている。課題研究以外の科学技術への興味関心も指導していく必要がある。プレゼンテーション力・視野の広がり・科学技術についての知識、自分の考え、話ができる項目について、「そう思う」以上の占める割合が多いので生徒自身積極的にそう思うと感じていると考えられる。

・K～Sでのアンケートについて  
(生徒自身の振り返りメタ認知)

課題研究を通して、実験結果に対して予想を立てる・振り返りを行うなどの客観的に判断するアンケート項目については、「非常にそう思う」「だいたいそう思う」を選択している生徒50%以上を占めているが、A～Jのアンケート項目に比べ「どちらとも言えない」を選択している割合が増えている。自由研究ノートを用いて、振り返りの徹底を指導する必要がある。

### 【今後の課題】

積極的に学会・生徒発表に参加させ、生徒同士・研究者の方々から研究アドバイスを頂き、実験の振り返りを徹底させていきたい。課題研究を客観的に確認できるシステム構築を考えていくこと、また、高大連携ネットワークのシステムを構築し、生徒自らが進んで大学・企業などに訪問し、自らの力で研究を発展できるようなシステムを確立することが課題となる。

## A-5 科目名 SSH リサーチ科学

### 【今年度までの流れ】

本校 SSH 第 I 期目の課題研究授業の中の一つとして設定している。本校には創立以来、総合的学習にあたる「自由研究」という授業を中学校から高校まで設定している（ただし中三のみ、「自由研究」から「学びの技」に変更）。「自由研究」内では 60 近い科目講座が設定されている。その中のいくつかが科学研究に関する課題研究を行っている。この「SSH リサーチ科学」は前述の「自由研究」とは異なる放課後の授業として設定している。自由研究（総合的学習）は社会科学科目、SSH リサーチ科学の授業は科学研究を履修するなど、生徒個人の興味関心度に応じて +α で選択できることが特徴である。年度前半の授業においては、すぐに課題研究に取り組むのではなく、科学研究における基礎的な姿勢、実験方法等をカリキュラムに取り入れていることが特徴である。

### 【仮説】

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ことができる。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ことができる。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、論文にまとめさせることで、経験を定着させることができる。

### 【対象学年 対象人数】

高校 1 年生～2 年生 放課後履修者 13 名

### 【授業概要】

#### ・授業時間数

毎週火曜日の 7・8 時間目授業として設定。年間計 52 時間であった。

#### ・実験・授業テーマ

	履修初年度者	既履修者
4/22	ろうそくの科学	課題研究
5/12	ろうそくの科学	
5/20	ろうそくの科学	
6/3	PC (エクセル) を用いたデータ解析方法	
6/10	過冷却実験	
6/17	講演会	
6/24	多段階滴定実験 1	
7/1	多段階滴定実験 1	
7/8	課題研究テーマ設定	
9/9		
9/30	実験・データ処理	
10/1		
10/7		

10/14	課題研究テーマ設定	
10/21	実験・データ処理	
10/28		
11/4		
11/18		
12/9		
12/16	発表会準備・パワーポイント作成	
1/13	実験・データ処理	
1/20		
1/27		
2/3	ポスター作成	
2/17	ポスター作成	
3/10	SSH 成果報告会	

課題研究テーマ：「ミミズの腸内細菌について」「お茶の酸化作用を調べる」「ハチミツの結晶化についての研究」「ノイズキャンセリングの仕組み」「物質の跳ね返り係数を調べる」「高校生の課外活動における信頼度を調べる」「色の付いた花に色を付ける」「生分解性プラスチックとその分解菌について」「濃淡電池の条件設定」

#### ・具体的な授業の活動内容(一例)

履修初年度の生徒は、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





## A-7 科目名 TOK

### 【今年度までの流れ】

昨年度までは、TOKのプログラムをIBOが推奨する形（授業形態・時間数）で実施してきたが、今年度は、理系現代文の授業の中での展開とした。TOKは、それ自体大変教科としてのカリキュラム構造がしっかりできており、理念、ねらい、方針、項目毎の内容とその関連性等は、納得のいくものではあるが、一条校のカリキュラムの中でこの非常に体系立ったプログラムを単独の授業として実施するには、かなり無理がある。これに割く時間が捻出できないのである。そこで、今年度はTOKのエッセンスを抽出して、アレンジして展開することとした。

### 【仮説】

- 1、TOKのエッセンスを用いて、批判的思考力を培うことができる。
- 2、ここで得た批判的思考力は、スキルとして他の分野に応用できる。

### 【対象学年 対象人数】

高校3年生35名

### 【内容・方法】

1. 知識や思考に偏り（バイアス）があることを知る心理学にスキーマという概念がある。個人が持っている知識や記憶のセットのことで、認知や理解、思考の枠組みになる。これがあることで人間は、断片的な情報でもつなぎ合わせて意味を構成することができるが、一方で先入観や偏見を形成し、偏った理解をもたらすこともある。このスキーマの存在を知ること、その長所と短所を知る。TOKでは、知識とは何かを中心的に扱うが、その知識にバイアスがかかっていることは大事なポイントである。
2. その偏り（バイアス）を思考の原則を用いて解くスキーマが偏った認知をもたらすことは、よほど注意深くメタ認知を働かせないと気づくことはできないが、批判的思考の原則を知り、それを活用することで、その偏りに気づくことができる。その思考の原則を紹介し、練習問題を用いて定着させる。
3. 推論の仕方を学ぶとともに誤った推論を見破る人間が、経験だけを基にして知識を形成しても、得られる知識は限られている。これほど多くの知識を生産できるのは、人間が持っている推論という思考形態のおかげである。時間的、空間的に限られた経験の領域を超えて、推論（特に非演繹的推論）は未知の領域に踏み込んで知識を生み出す。TOKではWay of knowledgeの4つの方法のうちreason（理性）がこの推論を生み出しているが、そのはたらきを知ることは、知識の成り立ちを知る上で重要である。さらに科学という営為には仮説形成において推論のはたらきは必須のものである。もちろん、この推論にもスキーマは働いているので、ここでも思考の原則を用

いて推論の誤りに気づかせる練習をする。

さらに、練習問題で学んだ思考の原則を応用して、定着を図ることと、自分たちが取り組んだ課題を振り返るために、後期に取り組んだ発表内容を材料に主に根拠の立て方と推論の仕方に着目して検討させた。

### 【検証・評価】

自由記述のアンケートを実施した。

- ・今までの発表などには、発表をよい方向にもっていくために都合のいいことを多く書いて、デメリットを挙げずにいたのではないかと気づかされた。
- ・一つの問題に対して、一つの解決策を作るのではなく、あらゆる分野から見ることで、よい結果を得ることができる。また、問題に対してすぐに解決策を探すのではなく、自分で推測したり、考えたりすることが大事だと思った。
- ・今まで自分の思考のクセは自分ではわからなかったけれども、他の人のものを見ると自分のクセがわかりました。また、自分にとって都合のよい情報しか受け取らないという点がいけなかったと思いました。
- ・物事が発達するためには、疑問を持つことが必要不可欠になるので、科学に携わる私たちにとって有効なものになると思った。
- ・自分が注目している点が偏っていることを改めて感じた。

### 【今後の課題】

これまで日本の中等教育において批判的思考力をメインにしたカリキュラムは存在してこなかった。これを、今年度は、限られた時間の中で試験的に授業の中で扱ったが、来年度は本格的に教材化し、3年生「理系現代文」の中で展開する。以下が想定される課題である。

- ・批判的思考力のスキルの練習をどの程度、頻度で行えば効果が得られるのか。
- ・このスキル習得は、個人で行うのがよいのか、グループで協同的に行うのが効果的なのか。
- ・この授業のパフォーマンス評価(京都大学楠見教授とベネッセの共同開発)は問題解決型学習におけるものであるが、授業の形態として、前期この形態を取らない形で、訓練できるものなのか。(後期は問題解決型の学習形態を取る)



## B-1 科目名 数理科学

### 【今年度までの流れ】

2012年度までのSSH第1期指定期間において、10年PLコースに対し数理 $\alpha$ という1単位の学校設定科目を実施していた。ねらいは、「結論のみを押さえるのではなく、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」への導きであり、題材は、三角比・ベクトル・微積の考え方など物理で使う数学を扱っていた。物理基礎2単位と合わせて、3単位を弾力的に（物理に使う数学を先行させ）運用した。これにより物理において数学的に難度が高い題材を扱うことができ、生徒が自分の適性の有無をもう1歩先まで見た上で進路選択できるようになった。このような成果を拡大するために、2013年度から数学IA+IIの5単位とも融合して、週8時間を弾力的に運用できる数理科学がスタートした。今年度はその2年目にあたる。

### 【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  
17名

### 【内容・方法】

#### 1. 教育課程編成上の位置づけ

数理科学は、10年PLコースに設置された8単位の授業である。数学IA5単位と、物理基礎2単位に加え、学校設定科目数理 $\alpha$ 1単位の合計8単位を、通年週8時間の授業として弾力的に運用する。なお、その他の履修科目の単位数を減ずることなく、PLコースのみ1単位増加をしている。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、数学の進捗との関係で、10年次は「等加速度直線運動」と「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。しかし、その結果、生徒が物理は公式暗記科目だという認識を持ちやすい。

専門として物理を選択後、状況整理に三角比、立式にベクトル性を意識することなどが必要となり、数学運用力が低い単純暗記型の生徒が躓く現状がある。

このような間違った認識による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。

変更の成果は、検証で示される通りである。すなわち、本研究の主眼である定義から組み立てるような学習姿勢の重要性が多く生徒に伝わった、文理の選択や理科の専門選択決定に役に立った、11年生になって微積分や数学的帰納法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。

#### 3. 年間指導計画

表1の通り、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。後期(9月以降)の方が長いため、年間授業時数としては、通年で数学IA5単位、物理基礎と物理で使う数学を合わせて3単位程度となる。

物理では始めから平面運動を含めて指導し、数学で三角比を学ぶころ物理で平面運動の表し方に利用し、データの分析には物理の落体実験のデータを利用する。ベクトル・微積の導入は物理の授業時間内で行う。

前期の内容が少ないようにみえるが、初見問題対応などじっくり取り組む課題を通して(多くの場合、一問一答的な単純暗記学習を期待しているので、定義等から組み立てるような)学習姿勢を身につける期間としている。

表1. 年間指導計画

4月	数と式	
5月	2次関数	
6月		
7月	場合の数	
	数学(週4時間)	物理・数理 $\alpha$ (週4時間)



9月	確率	運動の表し方とベクトル
10	図形と計量	運動の表し方と三角比
11		運動の表し方と微分積分
12	整数の性質	運動の3法則
1月	データの分析	抵抗力を受ける運動
2	図形の性質	仕事と力学的エネルギー
3	三角関数	力学以外の分野の導入

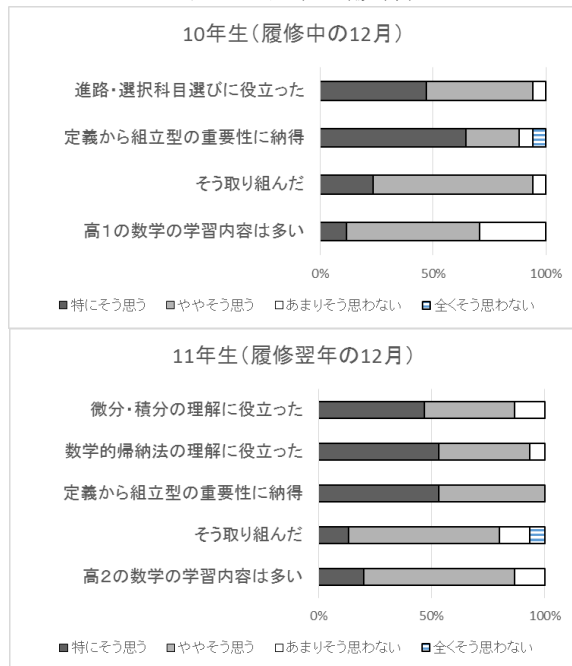
## [ 検証・評価 ]

### 1. 検証方法

無記名のアンケートを実施する。また 11 年生や 12 年生に 10 年生での学習が良かったかという調査もアンケートを実施して検証する。(今年度は 11 年生までが対象。)

今年度履修中の 10 年生向けアンケートは 4 段階評価の 13 設問、昨年度履修した 11 年向けアンケートは 4 段階評価 15 設問および自由記述解答 1 設問となっている。10 年生 17 名、11 年生 15 名から回答を得た。

### 2. アンケート項目と回答 (抜粋)



### 3. 評価

以下では (40%, 30%, 20%, 10%) と書くとき、「特にそう思う」40%から「全くそう思わない」10%まで高い評価順に生徒の回答割合を意味することにする。

定義から組み立てる重要性に納得したかの設問に対しては、10 年生 (64.7%, 23.5%, 5.9%, 5.9%) 11 年生 (53.3%, 46.7%, 0%, 0%) と高い評価が集中した。しかしその一方で、そのように取り組んだかの設問に対しては、10 年生 (23.5%, 70.6%, 5.9%, 0%) 11 年生 (13.3%, 66.7%, 13.3%, 6.7%) と一段階下がった結果になる。

11 年生の自由記述「解法暗記と比べて思うこと」には、

- ・公式を覚えていなくても解けたのが感動的だった。
- ・最初は戸惑ったが、慣れれば楽しく良い勉強ができる。
- ・こういう姿勢があることに驚いたがむしろ忘れにくい。
- ・肯定的意見が多かったが、
- ・時間がかかり多くの問題に対応することができない。

といった否定的意見も一部にみられた。

重要性に納得しながらも取り組んだかの度合いが下がる原因は、この時間がかかることにありとみられる。アンケートからは「年間の学習内容がやや多い」と感じていることも示され、それを合わせると、じっくり取り組む良さは認識しても時間的に余裕がなかったと考えられる。

他のアンケート項目からは、「10 年で進路選択・履修選択に役立った」「11 年で数学的帰納法や微分・積分の考え方を学ぶのが楽になった」などもわかり、ねらいの多くが実現できていると考える。

### [今後の課題]

このような効果が見られる数理科学であるが、8 単位の教員 2 名のチームティーチング制という編成が成果の普及のために難しい面があるため、より簡易な編成ができないかを現在検討している。他の履修科目の単位数を減じることなく増加単位をしていることも同様である。

物理の開始時期を早めるためには図形と計量 (三角比) の学習順序を早める必要がある。単位や教員の編成の変更と合わせて検討中である。

本年度から初年度 (2013 年度) の授業内容の教材化が始まり、本年度授業の一部に活用された。今後も順次、教材化の範囲を広げていく予定である。

## B-2 科目名 理系現代文

### 【今年度までの流れ】

第2期目では、創造力・批判的思考力・コミュニケーション力のある生徒像を実現するために4つの教育プログラム（①課題研究、②教科連携、③構成主義的授業、④高大連携）を実践している。理系現代文は、「②教科連携」に位置している。平成20年度～24年度の第1期での、「書く」、「読む」が中心であった活動から、平成25年度以降の第2期では、「思考力」「創造力」育成のために、「書く」「読む」に加えて、「話す」「聞く」の活動を重視したカリキュラムに変更した。

### 【仮説】

国語と理科の教科連携において、「読解」、「調査」、「討議」、「表現」を4本の柱とし、探究学習を行うことを提案する。先人の日本人科学者による日本文化と西洋文化に関する著作を編集したオリジナルテキストを用いて、授業を展開し、日常生活の中で科学をより客観的に見ながら批判的思考力を鍛えようとする。年に2回発表の機会を設定している。評価方法には、IBで利用している「ルーブリック評価」を取り入れ、教員・生徒間で明確な評価基準を持ち、双方がゴールとターゲットを明確にした取り組みを行うことで、生徒自身が客観的に自分自身を判断する力を育成することができる。

### 【対象学年 対象人数】

対象：理系必修 高校3年生（3単位）  
人数：46名

### 【内容・方法】

#### （1）活動の概要

国語・理科の探究的な手法を展開する授業により、プレゼンテーション技術や科学技術に関する関心やイメージを喚起する。従来のような教師が授業の中心的役割を担う授業形態とは異なる。生徒自身が主体的に教材に取り組んだり、意見交換をしたり、発表したりするという授業形態を持つ。



授業内での発表の様子



グループワークの様子

#### （2）年間の活動

前期	発表テーマ 『暮らしに活用できる最先端技術』
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・テキスト要約、相互採点、図式化練習、講義</li> <li>「チェスで人は敗れたのか」</li> <li>「トキがなくて何が困る」</li> <li>「生命倫理が変わる」</li> <li>・小論文</li> <li>・アブストラクト書き方</li> <li>・グループ発表準備、授業内発表</li> </ul>
後期	発表テーマ 『エコに特化した街づくり ～今ある技術を活かして～』
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・必読書3冊（夏休み宿題）から小論文</li> <li>・テキスト要約、相互採点、図式化練習、講義</li> <li>「技術の正体」</li> <li>・アブストラクト</li> <li>・グループ発表準備、SSH 研究発表会</li> <li>・小論文</li> </ul>

#### （3）評価方法

「理系現代文」では、IBのルーブリック評価の手法を取り入れている。取り入れた理由及び、生徒にとってのメリットは以下の通りである。

- ・理解度、完成度を示す条件が示される。
- ・学習到達度や成績向上のための方向がわかる。
- ・教師が何を自分に求めているのかがわかる。
- ・目標に向けた調整が自分でできるようになる。

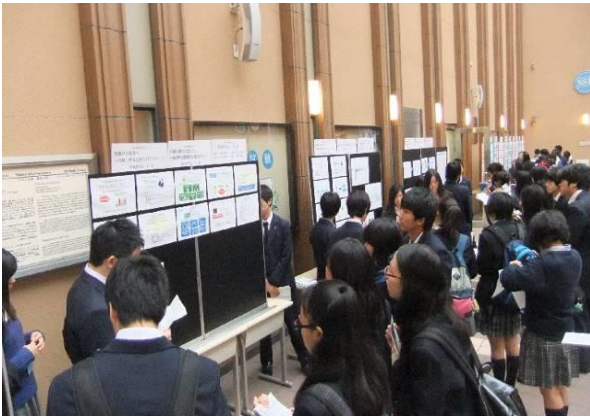
また、教員にとってのメリットは、国語教員と理科教員の採点項目を分類できることである。ルーブリック評価をつくるということは、課題に対して目標をどのレベルに定めるのかを、事前に決めることでもある。評価基準は以下の①～⑤に設定している。また、①～⑤の各項目にルーブリック評価を用いている。

①漢字(語彙、一般教養)	10%
②発表(発表、アブストラクト、PowerPoint)	30%
③文章表現(語彙、読む、書く)	20%
④小論文(語彙、読む、書く)	30%
⑤実力テスト(一般教養)	10%



(4) 発表実績 (SSH 研究発表会)

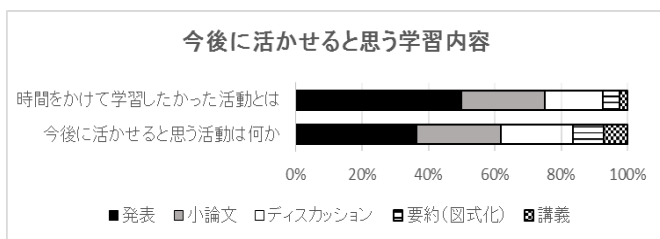
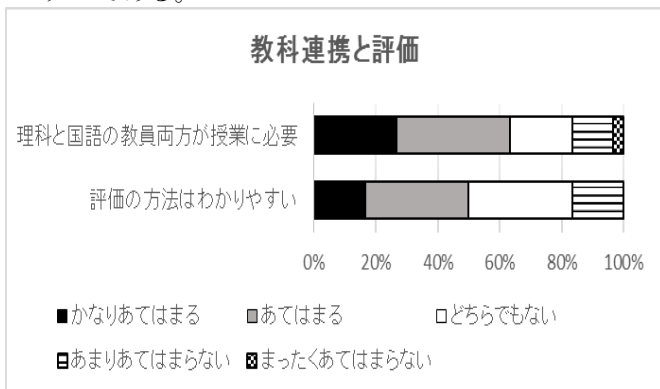
SSH の研究開発課題として誕生した 9 年生(中 3) 必修「学びの技」とともに、「21.5 世紀探求型学習研究会」と題して、生徒や一般の方や外部の方の前で発表した。発表方法はポスター形式で、各グループが研究発表に参加した。



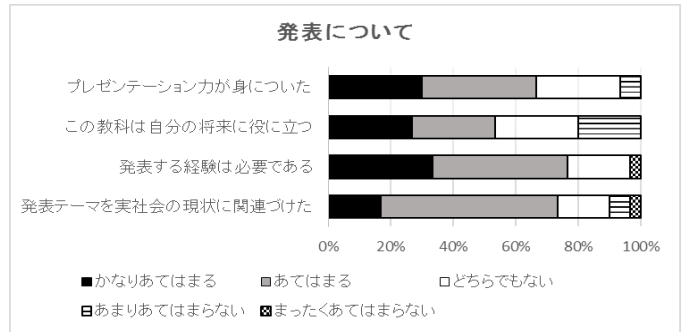
SSH 研究発表会 in Tamagawa (2014.11. 1)

【 検証・評価 】

授業後の受講生徒に実施したアンケート結果より検証する。授業に対する意識を尋ねた結果は次のグラフである。



「今後に活かせると思う学習内容」でのアンケートは複数回答可とした。発表で、自分が持っている知識や考えを相手に伝えるが、知っていることを人に伝えるとき、自然と何をどう伝えようかと考える。そのとき、求められていることは何なのか、そしてどのような形で表現すればよいのか、というようなことを考える思考プロセスを経て、論題に答えていく中で批判的思考を養うことができる。



グループ活動であることから、メンバー内の役割分担がある程度あるため、個人の能力の伸びには少し個人差がある。発表する経験や機会を持つことの必要性を 80% 近くの生徒が感じており、プレゼンテーションと準備を通して、学んだことや考えたことを他の人へ伝える力が身についた。グループにおいて、発表テーマを実社会の現状に結びつけて考えており、日常生活において科学技術を客観的な視点で見ながら批判的思考力を鍛えるという仮説の狙いに有効であった。

【今後の課題】

評価で IB のルーブリック評価の手法を取り入れており、国語教員と理科教員のチームティーチングにおいては、採点項目を分類でき、課題の目標を明確に設定することができるメリットが大きい。しかし、生徒にとって評価方法のわかりやすさは 50% 程度となっており、改善の余地がある。また、昨年度から授業内容の教材化を進めており、本年度も授業の一部に活用された。今後は授業テキスト作成を含め、教材化の範囲を広げていく予定である。

## B-3 科目名 科学英語

### 【今年度までの流れ】

「英語を使って理科を学ぶ」という取り組みについて、平成 25 年度には「PL 英語表現 I」「PL 生物」といった授業において、英語での対話を含む理科の学習を行っていた。しかしいずれの授業も対象は 1 学年の 1 クラスのみで、継続性や生徒全体を見たときの効果の波及について課題を残した。また、教科連携という観点からも、関係する教員が少なく、教科どうしの相乗効果を図ることが難しかった。26 年度より始まった「科学英語」は、9 年・10 年 2 学年の大部分を占める普通クラスを対象に、理科・英語科から多くの教員が関係しつつ実施し、学校としての取り組みという面を強化することを目指した。初年度となる本年度では、基本的な授業運営方法を模索しつつ授業を構築した。

### 【仮説】

玉川学園 SSH 活動の研究開発課題名である『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』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、生徒が目の前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。

### 【対象学年・対象人数】

高学年 9 年生 5 クラス 計 170 名  
高学年 10 年生 6 クラス 計 192 名

### 【授業概要】

#### ・授業時間数

対象クラスの理科週 4 単位の授業のうち、隔週で 1 時間(およそ 8 時間あたり 1 時間)を目安に科学英語として割り当てた。前期・後期の授業回数は、各クラスそれぞれ 5 時間と 8 時間、年間計 13 時間であった。

#### ・授業担当者・役割分担

科学英語担当常勤講師 1 人  
(教材開発・授業進行・英語対話・評価)  
英語科ネイティブスタッフ 4 人  
(英文校正・授業進行・英語対話)  
通常授業担当教員 5 人  
(安全管理・作業補助・提出物管理)  
後期より実験助手 1 名  
(作業補助・実験道具、備品管理)

### ・実験・授業テーマ

#### 前期 化学分野

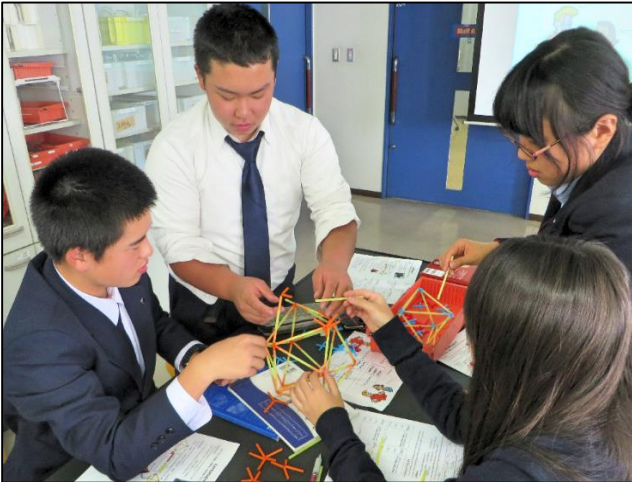
- 第 1 回・・・[物質の分離]  
コーンスターチからデンプンを分離  
第 2 回・・・[酸・アルカリ①]  
マローブルーの茶葉を用いた酸・アルカリ指示薬の作成  
第 3 回・・・[酸・アルカリ②]  
マローブルー指示薬の色の変化の考察  
第 4 回・・・[比重①]  
水・砂糖水・エタノール・油の密度比較  
第 5 回・・・[比重②]  
ジャガイモ・人参・米・大豆の密度比較

#### 後期 物理・数学分野とプレゼンテーション

- 第 6 回・・・[運動とエネルギー①]  
手製ヘリコプターの飛行条件と飛行結果予想  
第 7 回・・・[運動とエネルギー②]  
条件を変化させた手製ヘリコプターの飛行高度測定  
第 8 回・・・[力学]  
ストロー模型を用いた構造の違いによる強度の比較  
第 9 回・・・[幾何学]  
多面体の作成と辺・面・頂点の数の関係  
第 10 回・・・[プレゼンテーション①]  
強い構造を持つストローモデルの作成  
第 11 回・・・[プレゼンテーション②]  
作成したストローモデルの強度測定・プレゼンテーションに関する講義  
第 12 回・・・[プレゼンテーション③]  
発表準備・練習  
第 13 回・・・[プレゼンテーション④]  
発表・フィードバック  
1. 具体的な授業の活動内容(一例)  
・生徒がネイティブスタッフとともに導入文とキー・ワードを発声(約 5 分)  
・担当講師によるキー・ワードや教材・実験の説明(5~10 分)

- ・教材の作成・実験。手順説明と進行は担当講師とネイティブスタッフ、どうしても日本語が必要な生徒に対しては、理科教員と実験助手が個別に対応(10～15分)
- ・ワークシートへの記入とそれをもとにした英語での個別コミュニケーション(15～20分)
- ・片付け、ワークシート提出(約5分)

なお授業時間中は前後の休み時間も含め、担当講師とネイティブスタッフとの会話は一貫して英語のみ。安全管理上必要な注意喚起は、通常授業担当理科教員が最初に日本語で生徒に伝達するという形をとった。



英語ネイティブスタッフとのコミュニケーション



**[検証・評価]**

第9回までの各授業ではワークシートを用い、各生徒が実験結果を英語で記録したり、スタッフと英語でのコミュニケーションをとった際の記録をつけた。スタッフは授業ごとにシートを回収し、そこに記入された内容をもとに各生徒の評価を行った。生徒の一部からは、第一回目の授業では英語での実験結果の記入をほとんどできなかったが、授業の回数を重ねるに従

ってシートへの記入内容が充実し、高い評価を得るようになるという様子が見られた。

前期授業終了時期の7月、科学英語受講全生徒を対象にアンケートによる調査を行った。質問は大きく分けて「英語を用いた理科授業は成立するか」「英語を用いた理科授業に意義はあるか」の2項目に関連する内容で、全22問を生徒が5段階で評価した。アンケートには評価項目に関係する正負両方の質問文をランダムに配置して行い評価式によって評価したので、いい加減な回答は自動的に反映されていない。

結論として、科学英語の授業が成立したことを肯定する意見が全体の約6割以上を占め、どちらとも言えないとする意見が3割弱、否定的な意見は約1割にとどまった。さらに生徒個人の英語と理科の学力との相関も調査した結果、授業の成立を肯定する意見は、英語が苦手な理科が得意な生徒のグループよりも、英語が得意な理科が苦手な生徒のグループの方が有意に多いことがわかった。このことから、科学英語は授業として成立し、特に英語が得意な生徒ほど授業が理解できたと感じる傾向にあると言える。

授業に対する意義については、7割近くが意義を感じ、英語学習への意欲が高まったと回答していた。ほか、どちらとも言えないとする意見が約2割、意義を感じられないとする意見が約1割であった。特に10年生では、英語が苦手な理科が得意なグループの生徒においても意義を感じたとする意見が多く見られた。また、この授業が生徒の留学への関心や積極性を促したかについても分析を行ったが、留学の可能性を示唆する回答は全体の3割に満たなかった。このことから、科学英語の授業は生徒の国内での英語学習へのモチベーションにつながり得るが、海外留学を促すまでには至らないと言える。

9年普通5クラス実施「英語で理科」(隔週1時間) 前期分 第1回アンケート分析結果

評価項目	英語で理科という授業は成立したか	英語が部分理解でも、理科は成立したか			英語での授業に、意義を感じたか	英語での授業は、グローバル志向に効果があったか			感想	
		英語が難しくても、作業は出来る	英語が難しくても、内容はわかる	英語が難しくても、なんとなくなる		英語学習への意欲が高まった	留学への関心が高まった	留学への可能性の考え	英語が難しくても面白かった	英語が易しくても面白かった
大変そう思う	38	42	30	24	47	63	27	9	22	16
ややそう思う	33	34	28	28	33	37	26	13	34	28
どちらかといえばそう思う	33	19	20	22	33	23	32	20	39	48
どちらともいえない	50	26	42	40	35	34	35	63	36	37
どちらかといえばそう思わない	7	5	3	5	8	3	10	31	5	12
あまりそう思わない	4	1	2	6	4	4	8	8	2	2
全く思わない	1	0	2	2	5	2	7	16	8	3



評価項目	英語で理科という授業は成立したか	英語が部分理解でも、理科は成立したか			英語での授業に、意義を感じたか	英語での授業は、グローバル志向に効果があつたか			感想	
		英語が難しくても、作業は出来る	英語が難しくても、内容はわかる	英語が難しくても、なんとかなる		英語学習への意欲が高まった	留学への関心が高まった	留学への可能性の芽生え	英語が難しくても面白かった	英語が易しくても面白かった
大変そう思う	44	42	24	24	79	84	47	19	28	15
ややそう思う	51	36	35	30	32	35	28	10	39	24
どちらかといえばそう思う	28	25	36	27	26	23	36	27	50	61
どちらともいえない	51	28	34	41	37	36	61	93	54	71
どちらかといえばそう思わない	8	1	4	9	9	4	8	17	8	10
あまりそう思わない	1	3	1	2	1	1	3	11	2	2
全くそう思わない	2	1	1	2	1	2	2	8	4	2

### [ 課題と今後の展望 ]

現状として、科学英語の授業は通常の理科の授業とは内容的に独立しており、シラバスに沿った内容の実験を行っているわけではない。そのため生徒は科学英語授業を一時的なイベントのように感じているようである。また、授業ごとの復習課題や定期的な試験も実施しなかったため、科学的知識も英語の用法も生徒の中に定着しにくいことが課題として挙げられる。

初年度となる今年度は、授業の運営方法や進行内容を試行錯誤し、来年度以降の下地にすることができた。これを元に、来年度は極力各学年のシラバスに沿った実験内容を扱う計画である。また英語科との連携をさらに深め、英語の授業で学習した文法をできるだけ活用した表現を扱うなど、効果的に知識を定着させられるよう授業を構築していく。

## B-4 科目名 PL 英語表現

### 【今年度までの流れ】

新学習指導要領により、昨年度から玉川学園でも新たに「英語表現」の授業を行っている。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。

### 【仮説】

理科系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、まずは英語力を身につけさせることと人前で発表することに慣れさせることが第一である。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を英語で紹介できるようにさせるなど、簡単なプレゼンテーションの練習から始めることにした。同時に、高校1年次で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言うレシテーションの練習も行うことにした。2年次にはテキストに少し自分の意見を付け足したものを発表する機会を与える予定であり、段階を追った指導をすることで、高校3年次になったときにしっかりとオリジナルのプレゼンテーションができるようになるのではないかと考える。

### 【対象学年 対象人数】

対象学年は高校1年生、特進コースに当たるPLコースの生徒である。クラスは、男子6名、女子11名の17名から構成されている。

### 【内容・方法】

#### 1. 授業編成

高校1年生はまだ文系、理系とコース分けされてなく、全員が「コミュニケーション英語Ⅰ」と「英語表現Ⅰ」の授業を受けている。そのため、二つの教科書を連携させながら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の練習をさせたり、「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」で用いる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有効的に行っている。

週に4時間は私一人が授業を担当しているが、週に1時間はネイティブスピーカーのELF (English as a Lingua Franca) の教員とチームティーチングをしている。

#### 2. 音読を重視した授業

英語の力を身につけさせるには、英単語を身に付けさせ英文法を学ばせ、英語の長文をしっかりと読解できるようにさせることは、もちろん大切である。しかし、自分の言いたいことを書いたり話したりする、英語を発信する力も身につけさせる

必要がある。そのため、伝統的な英文訳読に終始した授業ではなく、音読を重視した授業を行っている。何度も英文を音読することにより、英語がすらすら頭の中から出てくる「英語の自動化」ができるようになるからである。テキストに出てきた英文を何度も音読させた後、インプットした英文を活用して、英文を作らせたり言わせたりするアウトプットの練習を行った。また、テキストの内容の確認は、英語で質問して英語で答えさせるなど、英語を用いたインタラクションを意識した授業を行った。更には、英文を暗唱して人前で発表するレシテーションの練習をさせ、レシテーションコンテストを行うに至った。

#### 3. ネイティブスピーカーとのチームティーチング

ELFの教員とのチームティーチングの授業では、EFLの教員の力を借り、私が授業で行った題材をもとにして、生徒にプレゼンテーションをさせる練習を何回も行っている。休日に何をして過ごすかといった簡単なものから始まり、ジャパネット高田になって商品を宣伝させたり、環境問題や社会で問題になっていることについて自由に発表させ、徐々に難しいトピックを扱ったものをプレゼンテーションさせている。

### 【今後の課題】

当初の予定よりも生徒たちが積極的にプレゼンテーションに取り組んでおり、何も見ないで自分の書いた難しい英文を教室で発表できるようになっているほどである。これは、生徒たちが英語を使えるようになりたいという強い欲求があるからだと思われる。その高い意識を無駄にしないためにも、生徒たちには少しレベルの高い課題を与え続けていきたいと考えている。プレゼンテーションのテーマも理科系のものを取り入れていくことで、3年次に理科系のプレゼンテーションができるような素地を作っていきたい。

# 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】

玉川学園高等部は第 1 期 SSH 活動研究開発の中で、IB のルーブリック評価に着目し、授業中の課題・レポート評価にルーブリック評価を利用している。中学部においても IB クラスが取り入れているルーブリックを用いた評価について議論し、それに基づく評価を行ってきている。

昨年度(第 2 期 SSH 指定後)より高校の授業では、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。その授業の中で、ワンページポートフォリオアセスメント(以下 OPPA と略す)シートを導入し、メタ認知育成にも着目している。そこで中学では、高校の構成主義的授業展開の準備段階であると考え、中学から高校に進学したときにスムーズに構成主義的授業の学習が行えるような授業展開を模索し、今年度は各単元の始めに、それぞれ単元で重要なポイントとなる内容をチェックリストとして生徒に配付し、大切なポイントを考えさせる授業展開を行った。

### 【仮説】

ルーブリック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ようになる。また、論理的に考察する力がつくようになる。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う。各授業・単元の大切なことが一覧表になっていることから、学習効率が上がると考える。

### 【対象学年 対象人数】

中学 1 年生一般クラス (188 人)  
 中学 2 年生一般クラス (194 人)

### 【内容・方法】

#### 1. ルーブリックを用いた評価について

評価をするに当たり教師を悩ませてきた問題のひとつは、評価の信頼性や客観性をいかに明らかにするかということである。中でも「知識・理解」といった「量的測定の評価」よりも「思考力・関心意欲」といった量的に判断が難しいもの、つまり「質の評価」においては、評価基準の設定が難しく、そこに客観性や信頼性をどう確保するかは大きな課題である。そこで、ルーブリックを活用して生徒に事前に評価の基準を提示することにより、評価とは「与えられるもの」という意識から「自らが取得するもの」という意識の転換を図り、より高い次元を目指して意欲的に学ぶとする姿勢を身につけさせることを目標としている。IB のルーブリックは評価の観点毎(「知識・理解」や「理科におけるコミュニケーション」等)に設けられているが、生徒にとってはそれよりも

設定した課題毎(「実験課題」や「ノート評価」等)にルーブリックを提示した方が分かりやすいと考え、課題毎に設定している。ルーブリックを通して生徒たちに伝えたい情報は次の様なものである。

- ①最低限取り組むべきことは何か (B の基準)
  - ②どのような力がつくことを期待した課題なのか (B+と A の基準)
  - ③期限に遅れないように提出することの重要性
- これらのことを留意して使用しているルーブリックの例を図 1 に示す。

評価項目 3 実験課題 1【実験観察の技能・記録】(5 点)

到達度	評価の基準説明	チェック ○ or ×	自己評価 CB、BB、A
C (1 点)	提出遅れは C です。		
すべてできていれば B (3 点)	実験中は、プリントをよく読みながら、友達と協力して実験ができた。		
	実験デザインが適切にできた。		
	課題に取り組んでプリントがすべて書けた。		
できているものがあるとして B や A (4・5 点)	プリントの実験方法のところに、先生の説明の大切なことを書き足した。		先生の評価
	実験中に気づいたことを、細かいことまで実験結果に書けた。		
	実験結果から何がわかるのかをしっかりと考察できた。		

※実験を欠席した場合は、次に登校した日に必ず相談に行くこと。取り組みが遅れた場合は、同じように評価できないことがあります。

図 1. 使用しているルーブリックの 1 例



図 2. ルーブリックを用いて実験計画を立てている様子

## 2. チェックリストについて

SSH として様々な新しい取り組みを行うために、時間を生み出す必要があり、中高 6 年間の中での教材の重なりを確認するために、6 年間を通してのカリキュラムの見直しを行った。その中で、それぞれの単元で押さえるべき内容もリストアップできたことにより、誰がどの学年を担当しても、抜けがなくポイントを押さえた授業ができるよう、準備が整った。単元で押さえるべき内容をチェックリストとして生徒に配付し、大切なポイントを押さえさせる工夫を行った。学習後に、学習の前後で単元に対する考えがどのように変化したかを客観的に考察させた。

単元と到達度チェックリスト

単元	学年	学習内容	到達目標・チェックリスト
①電流の正体とその利用	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>電子</li> <li>電流</li> <li>電圧</li> <li>回路図</li> <li>並列回路</li> <li>電流の向き</li> <li>オームの法則</li> <li>ジュールの法則</li> <li>電力</li> <li>電圧</li> <li>電流</li> <li>電流の向き</li> <li>電力</li> <li>フレミング左手の法則</li> <li>電磁誘起</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電流の正体は電子であることを理解している。</li> <li>電流は電圧を降下していることを理解している。</li> <li>電流の向きと電圧の降下方向を説明している。</li> <li>並列回路と直列回路の電流を説明している。</li> <li>電流の向きを正しく示している。</li> <li>回路図が書ける。</li> <li>電流とは何かを理解している。</li> <li>電流の単位を説明している。</li> <li>電流を正しく使う。</li> <li>電圧とは何かを理解している。</li> <li>電圧の単位を説明している。</li> <li>電圧を正しく使う。</li> <li>電流が電圧を降下して、正しく回路を閉める。</li> <li>【実験】並列回路と直列回路の特性について説明できる。</li> <li>電流の向き、電圧の向き、オームの電圧降下。</li> <li>電流の向きについて説明している。</li> <li>【実験】オームの法則を実験により導く。</li> <li>オームの法則を用いて計算ができる。</li> <li>並列回路、直列回路でオームの法則が使える。</li> <li>合成抵抗について説明している。</li> <li>電力を理解している。電力の計算ができる。</li> <li>「W」「J」「cal」の関係を理解する。</li> <li>【実験】ジュールの法則を電熱線の発熱実験により導く。</li> <li>実験に使った電力値は電力に時間かけたものであることを理解している。</li> <li>「J」「Wh」の関係を理解している。</li> <li>「電圧」「電流」「電流の向き」「電力」について説明している。</li> <li>電流の向きに電圧があることを理解している。</li> <li>コイルの向きに電流と電圧があることをわかっている。電流を降下する方向を説明している。</li> <li>回路の中で電流が流れると、力がはたらくことを理解している。</li> <li>フレミング左手の法則を使う。</li> <li>モーターが回る原理を理解している。</li> <li>電磁誘起（電磁誘起）の原理を理解している。</li> </ul>

図 3. チェックリストの 1 例

### 【 検証・評価 】

#### 1. ルーブリックについての検証

①B の基準として、最低限取り組むべき内容を提示したことにより、それを読んで理解し、取り組みようとする生徒が増えた。

②B+、A の基準として、どのような力がつくことを期待した課題なのかを提示したことにより、それを理解し努力する生徒も見られるようになったが、逆に最低限の所まで満足してしまうケースも見られる。

③論理的に考察をする力は、理科教員が皆同じ視点で指導を続けていることもあり、実験課題やレポート等で成果が見られるようになってきた。

#### 2. チェックリストに関する検証

同程度の難易度で行った各定期試験の平均点でみると、平成 25 年度は 63.1 に対して、平成 26 年度は 64.8 とわずかながらも高くなっている。

これはどの回でも共通することであり、生徒たちの学習効率が向上している様子が見られる。他教科では見られない傾向であり、チェックリストの効果であると考えられる。

#### 3. 評価

平成 26 年度に行った授業評価アンケート（中学 2 年生対象）の結果を示す。（どの項目も最低が 0、最高が 4）

評価項目	理科の評価	全体平均
この先生は、生徒が分かる授業をしようとする熱意が感じられる。	3.8	3.3
授業・教材・課題の難易度は生徒の学力を伸ばすのに適切である。	3.6	3.4
この授業では、大切なポイントをきちんと明示している。	3.7	3.3
この授業では、生徒の学力を向上させるのに適切な教材や課題を与えている。	3.6	3.2
この先生は、生徒の興味がわくように工夫した授業展開をしている。	3.6	3.1

どの項目も、全教科の平均より高い値を示している。チェックリストを用いて、各授業の重要事項を事前に伝えていること、そしてルーブリックを用いて評価の際に評価項目を示していることが大きく作用していると考えられる。

### 【今後の課題】

現在のルーブリックは、論理的に説明する力を育てることをねらって作成したものである。実験結果に基づいて、論理的に考察する力をつけることには効果があったと感じているが、理科的な力には「比べる力」や「実験を組み立てる力」等もある。今後はそのような力をつけるためのルーブリックも研究する必要がある。また、まだ IB のルーブリックに沿ったものとはいえないので、今後改良していく必要性が議論された。チェックリストを配付し、大切なポイントを事前に明らかにしたが、初年度ということもあり、あまり有効活用できた感覚がない。どのように利用すればもっと効果的かを検討し、来年度改善していきたい。また、中学段階での OPPA シート導入についても検討していきたい。



## C-2 科目名 高学年構成主義的授業

### 【今年度までの流れ】

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。生徒の体験や素朴概念・既知の科学的概念などと結び付けて、新しい科学的概念を構築していく構成主義的な学習を成り立たせることができた点や、各単元で何をどのように学び、その結果何が変わったのかを意識させることで、メタ認知能力を育成できたと考える。また、OPPAシートという1枚のシートで生徒自らが学習したことを視覚的に確認できるので、自己効力感も獲得できている。OPPAシートを活用すれば、30～40名を対象とする一斉授業においても、効果を上げられることも分かってきた。しかし、ほぼ毎授業後にOPPAシートにコメントを書く作業など教師の負担が大きいことも事実であり、論理的思考力の育成と共に、さらに成果を上げる効率的な手法を模索することが課題であった。

### 【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。

F.電流 7時間

G.剛体にはたらく力のつり合い 8時間

H.平面運動と放物運動 7時間

I.運動量の保存 8時間

J.円運動と慣性力 7時間

使用したOPPAシート及び使用方法は、ほぼ昨年通りである（巻末資料に、OPPAシートを掲載）。

### 【対象学年 対象人数】

26年度に、OPPAシートを活用した科目は、以下の通りである。

中3「SS理科」（約170名）

高1「SS物理基礎」（約210名）

高1「SS化学基礎」（約210名）

高2「SS生物基礎」（約220名）

高2「物理」（約30名）

高3「物理演習」（約20名）

### 【内容・方法】

#### 1. OPMAシートの活用

25年9月からOPMA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、25年12月より活用を始めた。26年度は、年度最初から上記の科目でOPMAシートの本格的な取り組み始めた。堀先生が、今年度SSHの運営指導委員を引き受けてくださったこともあり、堀先生が蓄積されているノウハウを伺いながら活用できる体制となった。25年度に苦労し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が、26年度の課題となった。

ここでは、報告者が担当した高2「物理」を中心に報告する。「物理」でOPMAシートを使用した単元は以下の通りである。

高2「物理」

A.弾性力と力学的エネルギー 7時間

B.熱 7時間

C.波の発生と伝わり方 9時間

D.波の諸現象 8時間

E.音波 9時間

#### 2. コメントの類型化

昨年度の報告書で、コメント書きが負担になることを触れた。生徒数30名のクラスを週15時間担当していたとすると、一人分のコメントを30秒で書いたとしても、週当たり4時間を要することになる。生徒が、授業を振り返り、その授業で最も大切だと思ったことを書いたことで、OPMAシートの効果を生徒が感じられるためにも、教員が書くコメントが重要な役割を果たす。次の授業の最初に、コメントを書いたOPMAシートを生徒に戻すと、自分のものだけでなく、互いに見比べたりしている。コメントが、より深く考えさせたり、授業への意欲にも影響を与えたりするので、短時間で書くことができ、しかも、効果的でなくてはいけない。

そこで、今年度は、今まで書いてきたコメントを類型化し、短時間に効果を上げられるコメントを追求することになった。コメントを類型化してみても、一番多かったのは、生徒の書いた個別の学習内容に関するもので、これは、パターン化できない。それ以外のコメントで、汎用性がある7パターンに分類してみた。

【肯定パターン】

- ・その通りです。
- ・良く理解できています。
- ・しっかりと考えたことが書いてあります。
- ・これは重要です。

【疑問パターン】

- ・どうしてそう思いますか。
- ・なぜそうなるのか理解しましたか。
- ・他にどのような例がありますか。



[共感パターン]

- ・良かった。
- ・不思議ですね。

[指摘パターン]

- ・言葉で書きましょう。
- ・この表現はどこか間違っていないか。

[強調パターン]

・大切な考え方です。・覚えるのではなく、理解することを大切にしましょう。

[激励パターン]

- ・頑張りましょう。
- ・復習しましょう。

さらに、多くのコメントを調べ、効果的なコメント集を作っていきたい。

3. 「本質的な問い」の工夫

単元の学習が始まる前と終わった時に、生徒は「本質的な問い」に答える。単元毎にどのような「本質的な問い」を設定すれば良いのか悩む。困ったときは、その単元で学習する重要語句をいくつか挙げておき、「それらの言葉を使って3つ以上の文を書きなさい。」という方法もあるとの堀先生の助言を頂いていたので、最初の頃はそのパターンにすることが多かった(表1のパターンA参照)。

生徒が書いた OPPA シートを数多く読む内に、「本質的な問い」としてどのように書くのが良いのかが次第に分かってくる。また、東京書籍『新編物理基礎』の教科書には、学習項目の最初に、問いが書いてあり、とても参考になった。例えば、熱と波の最初のページには、

「熱と温度の違いは何だろう？」

「波は何を伝えるのだろうか？」

のように書いてある。「本質的な問い」を改めて考えることで、それぞれの単元の学習によって、生徒にどのような変化を期待するのかが明確になり、表1のパターンBのような書き方へ変わった。

表1 「本質的な問い」の例

A	単元「波の諸現象」 波特有の現象には、どのようなものがあるのか。波の干渉・反射・屈折・回折の言葉を使って、3つ以上の文を書きなさい。
B	単元「力のつり合い」 力とは何か、また、力がつり合う条件とは何か。 ----- 単元「平面運動と放物運動」 放物運動とはどのような運動だろうか。重力、速度の合成・分解、運動方程式などの言葉を用いて表しなさい。

[ 検証・評価 ]

1. OPPA シートの効用

習熟度に差があっても、各生徒が獲得している活用可能な科学的概念の砂山を、一斉授業の中でも、砂を積み上げていく喜びを感じながら学習に取り組む状況を作るために、OPPA シートを導入している。さらに、単元で学習したことを1枚のシートで俯瞰できることで、各時間で学習した内容と単元全体で学んでいることとの関係が分かるようになる。このような振り返りができると、他の単元との関連にも目が向くようになる。このことは、OPPA シート導入のもう一つの目的であるメタ認知能力の育成に役立っていると言える。単元学習の最後を書く学習前後での変化を記述する欄には、学習した内容と日常生活との関わりについて触れることもあり、好ましい副次的効果も見られた。

単元の学習前と後に、「本質的な問い」の欄に、5分程度の時間で書き、学習後には、同じ問いに答えた内容を比較して、「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？自分の考え方が変わったことについてどう思いますか。」を書く。表2は、二人の生徒のこの欄の記述例である。

A君は前期評価は「2」、Bさんは「4」の生徒である(5段階評価)。OPPA シートを書かなくても、同様の振り返りができたのかは判断できないが、書くことによって自分の変化をより一層客観的に知ることができたという点で、知識が身に着いたと実感できるし、メタ認知的に自分の変化を知ることができたと考える。

表2 生徒の記述例

単元	A君	Bさん
熱	熱と言われて、これまではただ熱というイメージだったが、その熱には大きな力があると思った。また、ただこうなると思い込んでいた事が勉強することによって証明された。思い込みだけでなく理由が分かって良かったと思う。	学習前は薄い知識しかなくて文を作るにあたって、使えない言葉や知らない単語もあったが、学習後は理解に深みがまして、一つ一つの言葉の意味も理解し、頭に入れることができた。
力	力は実感や体感はあるけれども、目には見えないものだが、大きな力がある物体にはたらく力であれば、図にすることで様々な力が見えてきた。	学習前はなんとなくの知識しかなくて抽象的な表現でしか説明できなかったが、学習後は力というものを具体的に理解し、図示し表すことができた。

## 2. アンケート結果

アンケート調査の内、OPPAシートに関連する部分について考察する。以下が該当するアンケート項目である。

- 問 21 授業の終わりにその日のまとめを書くとき、前に書いたことも見る  
問 22 授業の終わりにその日のまとめを書くとき、頭の中でまとめられる  
問 23 単元の終わりで、初めと終わりを振り返ったとき、少しわかったことがある気がする  
問 24 単元の終わりに初めと終わりを振り返ったとき、新たに使える知識がついたと感じる

「+2：非常にそう思う、+1：だいたいそう思う、0：どちらとも言えない、-1：あまりそう思わない、-2：全くそう思わない」で得点化したものを平均して、科目毎に比較したものが、表3である。

中3生は、OPPAシートの効果を実感できていないようだが、高1生・高2生は、生徒自身が概ね実感できていると言えそう。特に、問23や問24の結果からは、知識を獲得できたとの手応えを感じている点で効果が見られた。

表3 アンケート結果

	中3理科	高1化学基礎	高2物理
問21	-0.14	+0.13	+0.61
問22	-0.11	+0.05	+0.32
問23	+0.10	+0.47	+0.43
問24	+0.06	+0.33	+0.61

### 【今後の課題】

OPPAシートを活用すると、構成主義的学習が成立させることができると同時に、メタ認知能力の育成にも役立つことが分かってきた。しかし、創造力の育成の面から再考すると、これらと平行して、論理的・批判的な思考力の育成が伴わなくてはいけないことに気付く。研究開発課題である「国際バカロレアを参考した創造力と批判的思考力を育成する学び」を達成するには、論理的・批判的思考力の育成の具体的なカリキュラム開発に取り組まなくてはならない。今年度、批判的思考力研究グループを発足させ、批判的思考力を構成するスキルや批判的思考力を測定するアンケートの開発に取り組んだ。また、海外の批判的思考力育成プログラムも調査した。次年度は、これらの研究をまとめて、実践していかなくてはならない。

新学習指導要領の概要が分かり始めた。文部科学省のホームページにある『育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会－論点整理－【主なポイント】(平成2

6年3月31日取りまとめ)』には、次期学習指導要領に向けて「育成すべき資質・能力に対応した教育目標・内容について」の項目には、検討すべき事項として、「メタ認知(自己調整や内省、批判的思考等を可能にするもの)」や「本質に関わる問いに答えるためのものの見方・考え方」を取り上げている。ここでも、「本質的な問い」の重要性が言及されていて、新しい学習観として大切にされている。OPPAシートを使用することで育成されている能力が、新指導要領が目指す方向とかなり一致しているので、自信を持ってこの取り組みを進めていきたい。

### 【参考文献】

1. 「一枚ポートフォリオ評価 OPPA 一枚の用紙の可能性」堀哲夫著、平成25年8月26日発行(東洋館出版社)
2. 「メタ認知」三宮真智子編著、平成20年10月10日発行(北大路書房)
3. 「21世紀型スキル」P・グリフィン、B・マクゴーン、E・ケ著、三宅なほみ監訳、平成26年4月20日発行(北大路書房)
4. 「批判的思考力を育む」楠見孝・子安増生・道田泰司編、平成23年9月10日発行(有斐閣)
5. 文部科学省ホームページ

# 研究開発教科：テーマ D 高大連携



## D-1 科目名 倫理

### 【今年度までの流れ】

大学および企業等と連携し、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、生徒が大学生や研究者と一緒にディスカッションを行うなど高大協同による高大接続の開発をめざした。今年度は、玉川大学文学部人間学科の教員が「環境問題」、「生命倫理」や「異文化理解」をテーマに、年3回に分けて本校で授業をおこなった。

### 【仮説】

生徒にとって、大学で求められる能力とは何だろうか。各大学はアドミッションポリシーなどで望ましい学力を明示しているが、生徒はそれを十分に理解し、それを体得して、入学している事例は少ないのではないかと。むしろ、大学での講義スタイルや、学問の追究方法、評価の在り方、それらを高校在学中に経験することによって、大学で必要な能力を体感し、それを追求していくのではないだろうか。

また、人間の生き方・在り方を考える科目である「倫理」をテーマに、大学の研究者が授業を展開することによって、生徒の視野が広がり、高校生では到達困難な観点からの視座が提供されることによって、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られる。

### 【対象学年】

高校2年生

PL(プロアクティブラーニング)クラス 生徒23名

### 【内容・方法】

1. 玉川大学文学部人間学科所属教員による講義  
第1回 5月16日(金) 5時間目  
玉川大学文学部人間学科 岡本裕一朗教授  
講義内容「環境倫理学の問題提起」  
岡本裕一朗教授の「環境倫理学の問題提起」では、メディアから受け取っている環境問題の被害の実態について、一過性の被害を誇張している事例を資料として提示し、生徒に意見を求めた。

第2回 7月8日(火) 4時間目

玉川大学文学部人間学科 林大悟助教  
講義内容「脳死・臓器移植と人体の資源化」  
林大悟助教の授業では、臓器移植法が改正された以後も、格段胃臓器移植件数が増えないのはなぜか、外国の事例など、より多角的な視点で見られる資料を提示し、授業後に、「いかなる臓器移植が望ましいか」というテーマのレポート提出を求めた。臓器移植を功利主義的な視点に立って考えられないのはなぜか考えさせるレポートであった。

第3回 1月26日(月) 4時間目

玉川大学文学部人間学科 長谷川洋二教授  
講義内容「文化の多様性と国際理解～異文化と共に生きる～」

長谷川洋二教授の授業では、事前レポートを課した。テーマは「異なる慣習や文化を持つ人々が互いに理解しあうことは可能だろうか」であった。テーマの趣旨を以下に列挙する。

「異文化理解」とは、どのような行為か。私たちは異文化理解という言葉をよく使うが、その言葉が使われるほど、その行為の難しさを物語っている。なぜ、異文化を理解できないのか、それを考える上で、より根本的な視点に立ち返って考えてみる必要がある。

授業の一週間前に、生徒に以下の事前レポート課題を課した。

問1 異なる慣習や文化を持つ人々が互いに理解し合うことを困難にさせている、より根本的な問題があるとすればそれは何だと思いませんか。理由とともにあなたの思うところを述べてください

問2 たとえ問1のような事情が存在するとしても、異なる慣習や文化を持つ人々が共生していくことを可能にする前提があるとすればそれは何だと思いませんか。理由と共にあなたの思うところを述べてください。

事前レポートの留意点として、

- ①自分の主張はどの程度説得的であるか、吟味しながらまとめましょう。
- ②自分の主張の反論があるとしたらどのようなものか想定してみましょう。
- ③自分の主張に対する反論に対する再反論を試みてみましょう。

まず、生徒が考えてきた問1を発表させた。長谷川先生の授業の進め方として、自分とは違う考え方(コメント)を確認し、ノートにメモさせた。他者の意見についての批判のポイントを探することに留意させ、特に、批判のポイントを探すことは、自分の意見を鍛えることにつながることを指導された。

異文化理解を妨げる理由として、授業中にあげられた生徒の意見は「自分の正当化（中心化）」、「常識」、「価値観の相違」であった。

次に、それらを根本的に考える事が求められた。なぜ、常識が異文化理解を妨げるのか。なぜ、価値観ができあがってしまうのか。それらを考えるヒントとして、ルネ・マグリットの絵画（The Human Condition, 1933 by Rene Magritte）を生徒に提示、絵を見て気になる部分を生徒に答えさせた。そして、人間がいかに知覚を完成させるかを説明された。他、2種類のだまし絵を提示して、何が見えるかを生徒に考えさせた。

## 2. 生徒のプレゼンテーション（倫理分野）

日常的な授業で、教科書『現代倫理』（清水書院）・『政治・経済』（実教出版）の1項目を生徒に担当させ、その内容を調べ、内容を解釈し、生徒が15分程度でプレゼンテーションする。発表にはMicrosoft PowerPointを使用。

### 発表項目

- ①（宗教分野）クルアーンとイスラームの教え
- ②（宗教分野）ガウタマの成道
- ③（人権分野）自白の強要の禁止（取り調べの可視化）
- ④（人権分野）信教の自由（政教分離の原則）

注意事項として、以下の項目を提示した。

- ①発表の内容レベルとして、聞いている生徒がセンター試験の問題が解ける学力が身につくようにする。
- ②ただ調べるのではなく、「なぜ、そのようにいえるのか」、「どうして、そうなったのか」を明らかにする。
- ③時事的な内容、いまの社会への影響などの内容を入れる。
- ④参加している生徒の知識・理解力を考えた発表にする。

発表に際しては、聞いている生徒が評価用紙に発表生徒に対する評価をまとめてフィードバックした。また、半数の生徒が発表した時点で、どのような発表が望ましいかを生徒に議論させた。

評価項目は以下の項目である。

- ①話し方（声の大きさ、言葉遣い、話すスピード）
- ②PowerPointのまとめ方（字の大きさ、表示する文字量、情報量）
- ③発表内容（わかりやすさ）

### [検証評価]

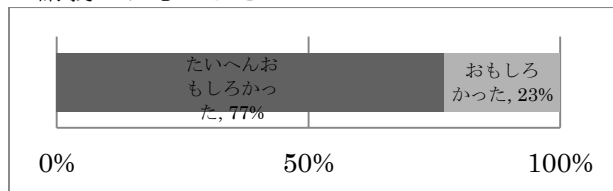
#### 1. 生徒への影響

(1) 大学教員の授業後の生徒のアンケート結果  
以下の項目について、授業を受けた生徒にアンケート調査をした

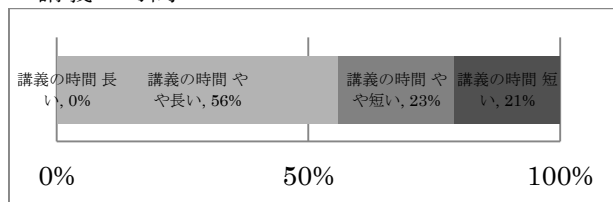
- ①講義がおもしろかったか
- ②講義の時間について
- ③内容のレベルについて

アンケート結果

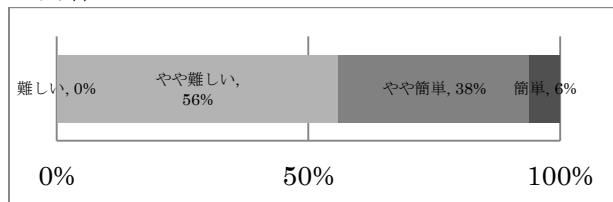
#### I 講義のおもしろさ



#### II 講義の時間



#### III 内容のレベル



主にディスカッションを中心とした授業形式で、生徒が主体的に参加した。大学の先生に促され発言を円滑にしていた。大学の先生は90分から120分の講義が通常であるが、今回は高校の授業時間に合わせて50分の授業であった。授業時間について長いと感じる生徒も短いと感じる生徒もほぼ半数であったが、大学の先生の授業時間が足りなそうにしている様子を見て、短いと感じる生徒の方がやや多かった。内容のレベルについては、生徒のアンケート自由記述欄に見られた「覚えるよりも考える授業であった」というコメントに表れているように、生徒一人ひとりがある課題について考え、それを授業中に発表しなければならない授業スタイルであったことから、やや難しさを感じたようである。

#### 2. 生徒プレゼンテーション後の調査

以下の項目について、調査をおこなった

- ①必要な知識が身についているか。
- ②今後もこの学習方法で進めていくべきか。

「必要な知識が身についたか」という質問に対しては、自分が発表した内容については、かなり深いレベルの知識が身についたという意見がほとんどであった。また、「人によってまとめ方や伝え方が違うので、楽しく学習でき、さまざまな角度でかんがえるきっかけになった」という意見も半

数から見られた。

「今後もこの学習で進めていくべきか」という質問に対しては、「やりたいが、準備に時間がかかりすぎる」という声がほとんどをしめた。「他の生徒にわかりやすく伝えるためにはどのように伝えなければならぬかを考えることができ、知識を整理できた」という好意的な内容が多かった。

### [今後の課題]

#### 1. 多様な視点からの考察について

大学教員の授業は、生徒の既成概念を一度崩し、そこから新たな概念を構築させていくための視点を提示し、知識を理論化していくための視座を明示するものであった。

生徒は、こういう風に見なさいと教えられ、それ以外の可能性についての見方の可能性について否定されてきているのではないか。人間は興味、関心があるとその方向に見てしまう傾向がある。感覚器官も知っているもの、見えやすいものへ向かっていきやすい。それらが蓄積されると、知識や価値観の形成につながっていき、その方向性によっては、偏った価値観が形成されるかもしれない。いかに、多面的な視点で考えさせるかによって、生徒をバランスの取れた思考にさせていくのではないか

#### 2. 思考の深化について

生徒のプレゼンテーションでは、「何をどうやって説明するのか」と思考する過程に、生徒の思考の深化が見られた。一過性ではなく、生徒に定着した知識として備わっていることも生徒のアンケートから読み取れた。他者の持つ知識・理解力を推察し、ある概念を展開し他者が理解できるように説明できる知識や論理力を獲得し、それらを駆使して行われる営みでが生徒の思考を深めっていると推測できる。

実際に、他者に教えるという知的な責任感を持ち、試行錯誤する姿勢の育成によって、生徒の探究心につながるのではないか。

他者が理解できるようになるためには、日常生活や確かな基本的な経験に結びつけ展開できる論理を駆使しなければならない。今後もそのような場面を増やしていき、生徒の思考力形成の一助としていきたい。

## D-2 科目名 SSH 科学

### 【今年度までの流れ】

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、第 2 期 SSH 指定以降(平成 25 年度～)からは、生徒自身が体験し、自ら実験・実習を数多く導入し、脳科学研究を加え科学の面白さ・まだ解決されていない部分を体感させ、興味・創造力を育成している。

### 【仮説】

玉川大学脳科学研究所の教員から直接講義・研修を受けることにより、高校過程の通常授業では扱わない内容を学習することができ、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に対する研究意欲を高めさせることができる。

### 【対象学年 対象人数】

高校 3 年生履修希望生徒

### 【内容・方法】

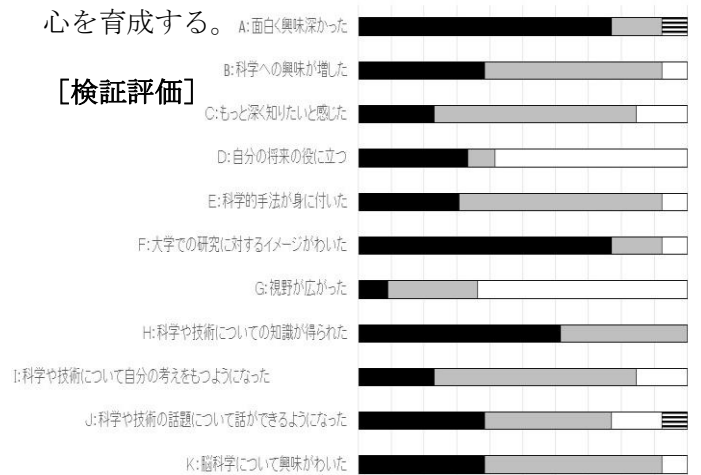
#### 1: 指導計画

授業テーマ	内容
・胎内での中枢神経系の発生	・脳とは何か ・脳はどこにあるのか？ ・脳はいつからあるのか？
・神経管閉鎖障害と葉酸 ・ヒトの感覚の生理的メカニズム	・感覚とは何か ・感覚の分類 ・2 点間弁別閾の実験
・皮膚感覚の生理的メカニズム	・特殊感覚、化学感覚 ・皮膚感覚の実験
・神経細胞の構造と働き ・皮膚感覚の神経生理 ・カイコの外部形態の観察	・神経細胞 ・受容器の分類、受容器電位 ・順応速度による皮膚感覚受容器の分類 ・カイコの解剖実験(背脈管)
・カイコの繭の色に関する考察	・桑葉の TLC による光合成色素の抽出・判定の実験
・カイコの内部構造の観察	・カイコ 5 齢幼虫の内部構造の観察実験(消化管、マルピーギ、絹糸腺)
・ヒトの神経系の分類	・大脳皮質(前頭葉、頭頂葉、側頭葉、後頭葉)
・脳の観察	鶏の脳の観察実験

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・機能を中心とした研究

的側面からも生徒のヒトの脳に対する興味・探究心を育成する。

### 【検証評価】



■ 非常にそう思う    ▣ だいたいそう思う    □ どちらとも言えない  
▨ あまりそう思わない    ■ 全くそう思わない

検証方法として履修者全員にアンケートを実施した。

・A～K 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。「大学での研究に対するイメージがわいた」、「科学や技術の話題について話ができるようになった」、「脳科学について興味が出た」という項目について、ほぼ 5 or 4 「そう思う」以上であった。高大連携としての授業をとって成果が出ている。ただ「将来の役に立つ」という項目に関しては、「どちらとも言えない」という項目がしめている。

### 【今後の課題】

脳科学・大学研究に対してイメージ・興味に関して有意義な結果となったが、将来との関係性については今後検討していく必要がある。大学と就職などキャリア教育が連携した授業展開を構築する必要がある。また実験・実習を多く導入しているが、自ら脳科学などの知識を用いた探究的な授業展開も考える必要がある。



## D-3 科目名 SSH特別講話 SSH 研修

### 【今年度までの流れ】

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。今年度から企業の方々をお招きし特別講義も実施し、学際領域だけでなく企業の考え方も加えたのキャリア教育・創造力・探究心育成目指している。多面的に物事をみることの重要性を生徒に伝えている。

### 【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・企業人から講義や一緒にディスカッションすることにより、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の特別授業もある。

### 【内容・方法】

指導計画

#### (1) 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	6月23日	【夢のある話、夢のない話】	玉川大学 脳科学研究所 佐治 量哉先生
高1年	2月13日	【脳科学：納豆を食べると頭は良くなるか？】	玉川大学 工学部 相原 威先生
高2年	2月2日	【成長エンジンにつながる、考え方のヒント】	日本経済新聞社特別企画室担当部長 上杉 恒彦先生
高3年	11月10日	【社会が待ち望む人材になるために】	セコム株式会社コーポレート広報部 理事安田 稔先生
中3年	2月23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)

#### (2) 中学1年～高校1年 SSH 特別授業

学年	日時	講演タイトル
中学3～高校3年希望生徒	6月7日	東京大学キャンパスツアー
高校1～高校2年年希望生徒	6月2日～7月13日	Advanced Biotechnology Institute 研修
中学3～高校3年希望生徒	6月10日	ミツバチ科学に触れる研修 玉川大学農学部連携講座
高校1年生プロアクティブラーニングクラス	7月17日～19日	伊豆大島研修
中学3～高校3年希望生徒	7月31日～8月1日	サイエンスサマーキャンプ研修 玉川大学農学部連携講座
中学1～高校3年希望生徒	9月16日	知と学びのサミット講演会
中学1～高校3年希望生徒	11月28日	「ここまできた！空間情報による『地球・町の安全見えるか化』」 セコム株式会社研究部門代表者
高校1年～高校3年希望生徒	3月7日	SSH 地学研修

研修日程表

(i) 東京大学キャンパスツアー

目的：東京大学生産研究所は東京大学の中でも、工学中心の研究所であり工業生産等に関する技術を研究する施設である。その施設を訪問し、科学に興味を持たせる。卒業生の横山栄氏（東大生産・応用音響工学坂本研究室所属）の研究室を訪問し、研究者としての夢やその道程について講義を聞き、キャリア教育にもつなげる。

(ii) Advanced Biotechnology Institute 研修

目的：SSH 指定第1期目指定とはほぼ同じ時期にはじまった海外研修プログラムである。学内選抜を経て、海外提携校の一つである The Roxbury Latin School へ生徒1名を現地のサマープログラムに参加させている。プログラム内容として、DNA & proteinscience、

Visits to biotech/pharma companies、Trip to Woods Hole Oceanographic Institution Labs with lab work included

の3本立てで実施している。

(iii) ミツバチ科学に触れる

目的：本学ではセイヨウミツバチを飼育している。玉川大学農学部ミツバチ研究所と連携し、中高生にミツバチの生態・生理についての研修する。ミツバチの飼育を土台に資源昆虫としての生態研究や採蜜活動、大学生との連携を行った。これらの活動によって、研究に求められる知識や方法等の学習を始め、自然と人間の関わりや生命の繋がりとといった倫理的な思考の育成を期待し、生徒自身の視野の拡大を目的とした。

(iv) 伊豆大島研修

目的：内容の詳細

生物基礎の単元「植生と多様性の分布」について、教科書だけの学習だけではなく、伊豆火山帯の上に位置する島を実際に訪問することで、火山帯における生態系の関係、火山の噴火による地層変化の関係など、生態系の多様性について学習する。学習した内容の知識とフィールドワークで体験した知識を融合し、新たな知識・考えを創造させ、探究的興味をもたせる

第1日

午前：伊豆大島に到着後生物基礎の単元「植生と多様性の分布」・土石流を学習  
午後：海岸、下高洞遺跡(イノシシの骨)、地層断面のフィールドワーク

第2日

午前～午後：三原山フィールドワーク（火山口見学、植生調査、裏砂漠の散策）

第3日

午前：火山博物館見学、砂防ダム・元町溶岩流・弘法浜のフィールドワーク

(v) サイエンスサマーキャンプ研修

1 日 目	胡蝶蘭の交配と無菌播種：胡蝶蘭の外部形態から、胡蝶蘭の培養や栽培の現状を学習、無菌環境の中でフラスコ内に無菌播種
2 日 目	酵素とメラニン：酵素のはたらきとメラニン生成の仕組み、その役割や様々な生物の色について研修する。メラニン生成を阻害する物質が美白化粧品の中に含まれていることから、その阻害剤を学内から探し、阻害効果を確認



採取した植物のメラニン生成阻害を確認している

(vi) 知と学びのサミット講演会

目的：朝日新聞社が主催のもと、ノーベル生理学賞受賞者の山中伸弥教授およびスーパーコンピュータ「京」の開発者である安島雄一郎氏を迎え、科学の魅力についての講演会に参加する。  
[内容]主催者あいさつ

飯田真也 朝日新聞東京本社代表（教育事業担当）

第1部／基調講演

山中伸弥 京都大学 iPS 細胞研究所所長

第2部／記念講演 安島雄一郎

富士通次世代テクニカルコンピューティング開発本部

第3部／会場との質疑

(vii) 「ここまできた！空間情報による『地球・町の安全見えるか化』」

目的：大学研究機関からではなく、民間企業の研究者から最先端の地理・空間情報分析技術についての体験研修活動

第1部：企業事例講義

「社会の安全・安心を守るセコムの研究」

第2部：研究事例紹介

「『空間情報』デモンストレーションと質疑応答」

(viii) SSH 地学研修

博物館研修

午前：箱根登山鉄道入生田駅 現地集合  
神奈川生命の星地球博物館 講義 展示  
見学

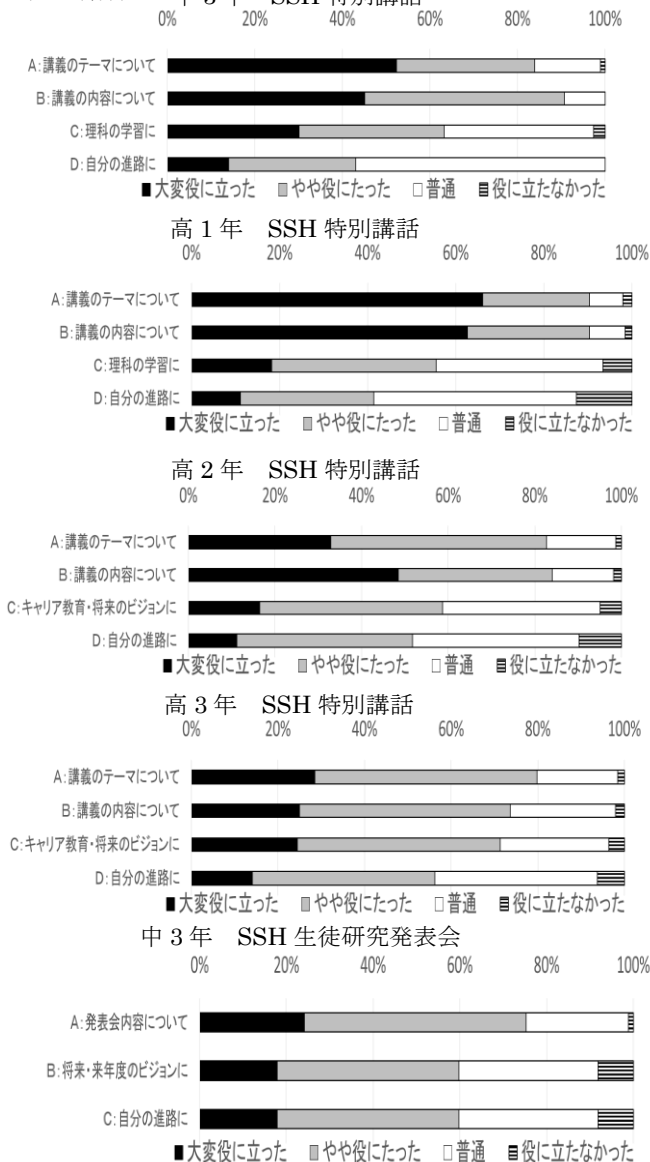
午後：箱根巡検（午後）

- ①大涌谷自然研究路・火山周辺観察
- ②姥子・湖尻自然景勝路散策
- ③姥子・舟見岩（流れ山）
- ④箱根ビジターセンター



**【 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

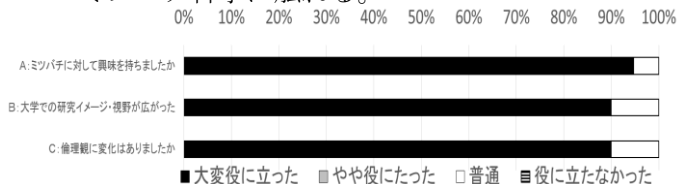
各学年全員対象の SSH 講話に関して、約 7 割以上の生徒が、役に立ったと解答があった。理系文系がまじりあっている状況の中で高い割合に関しては、理系研究者だけではなく、企業の方々など多面的なテーマにしたことがこの結果になったと考えられる。

C～D：キャリア教育・将来ビジョン

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 講話から興味・関心は高められた部分はあるが、キャリア教育の部分には今後検討する必要がある。

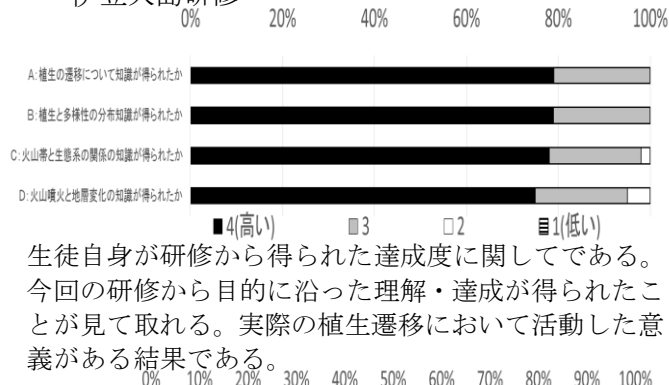
**(2) 中学 1 年～高校 3 年 SSH 特別授業(アンケート結果を一部抜粋する)**

・ミツバチ科学に触れる。



ミツバチに対する興味は 9 割以上の生徒が大変役に立ったと結果を得ることができた。高大連携の成果に対しても普通の授業では体験できないようなことが多くあるため、大学との連携の必要性を感じる生徒が多くいた。倫理観の変化ではハチミツの生産経路やミツバチが命を懸けて集めた貴重な生産物であることを実感したために、自他の命について考えさせられたのではないかと考えられる。

・伊豆大島研修

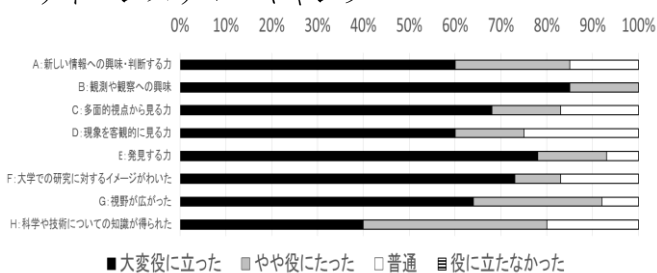


生徒自身が研修から得られた達成度に関してである。今回の研修から目的に沿った理解・達成が得られたことが見て取れる。実際の植生遷移において活動した意義がある結果である。



生徒自身が研修から得られた能力向上に関してである。全体的に約 9 割以上が役に立ったと解答し向上していることが見て取れる。創造性・探究心・多面的な視点など様々な部分に大いに影響している。

・サイエンスサマーキャンプ



どの質問項目でも 80%以上役に立ったという解答が得られた。大学との連携研修は大いに意味があると考えられる。また、A～E に関する項目は「創造力」・「批判的思考力」を意識した観点項目であるが、80%以上の生徒は「普通」以上に解答しており、高大連携研修からも「創造力」・「批判的思考力」が育成されると考えられる。F～G に関する項目は高大連携を意識した観点項目であるが、A～E 同様の解答結果であった。今回の研修や大変有意義な研修内容であった。

## サイエンスクラブ

### 【サイエンスクラブの歴史 これまでの経緯】

サイエンスクラブは平成 18 年度に発足した。生徒達は、化学・生物・物理・地学の中から興味に応じてテーマを設定し研究に励んでいる。創部して 9 年の間に、所属する学年も広がり、現在は小学 5 年生から高校 3 年生までの約 20 名と一緒に活動をしている。

### 【仮説】

各自が興味を持ったテーマに対し、自分で仮説を立て、それを検証する実験方法を考え、実験結果を考察し、研究を発展させるよう指導している。特に、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。サイエンスクラブに所属している生徒は、放課後や土曜日など多くの時間を研究に費やすことができるため、一つの課題に時間がかかったとしても、自ら考え・学び・解決方法を探す姿勢を大切に、粘り強く取り組ませることで、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】

今年度の登録人数は 16 名（小学 6 年生 1 名、中学 1 年生 3 名、中学 2 年生 2 名、高校 1 年生 4 名、高校 2 年生 4 名、高校 3 年生 2 名）。男女比は、男子 10 名、女子 6 名。毎年 20 名前後で活動している。

### 【内容・方法】

#### 1. 課題設定について

入部後、器具の使い方などを上級生から教わりながら、テーマ選びをする。短くても 1 年、長ければ高校卒業までをかけて研究するテーマとなるので、興味もてる内容を考えさせる。化学、生物、物理の教員が顧問となっており、テーマによって担当の教員が決まる。生徒には、どの分野を選択しても、入部した翌年の秋にある学外コンクール（日本学生科学賞など）にレポートを提出することを義務付け、目標とさせている。

#### 2. 日々の活動

週 4 日、活動しており、基本的には、個人研究を進めている。週に一度、研究の活性化と発表練習の場として、部内発表会も開催している。1 ヶ月半に一度程度、発表があたるように順番を組んでいる。この場を通し、自分の研究について顧問や部員に知らせるだけでなく、下級生が上級生の発表技術や質問の仕方を学んでいる。また、学内でのイベントに合わせて小学生対象実験教室も開催している。



図 1. 普段のようす



図 2. 実験講座のようす

#### 3. 研究の指導について

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、意見をまとめ相手に伝える力、あるいは、失敗しても粘り強く取り組む姿勢など、あらゆる場面で必要となる力を、生徒達が身に付けていくことを期待し、自ら試行錯誤する過程を大切にしている。そのため、教員は、答えを教えるのではなく、生徒の考えが理論的かどうかを指摘する立場となるよう心がけている。突破口が見つからないときなどは、上級生が下級生に研究のアドバイスをするなどして、幅広い学年がお互いに刺激し合いながら切磋琢磨している。高校生の場合、研究が進むにつれて高度な実験が必要になることもあるが、同じキャンパス内に大学（農学部や工学部）があり、SSH に指定されてから特に協力体制が整ってきたことは、大変心強く恵まれた環境である。

日本学生科学賞などに提出する論文執筆にあたっては、読み手に研究内容が伝わるよう、以下の点を特に注意するよう促し、研究を進める上でも、論文執筆を意識させて、研究の計画を立てさせている。

- ・ 目的に沿った仮説を立て、目的に沿った方法が考えられているか。
- ・ 方法は、誤差を減らす工夫をするなどがしてあり、それが伝わるようレポートに記載されているか。
- ・ 方法や結果は、読み手に分かりやすいよう、写真・表やグラフを有効に使っているか。
- ・ 結果は多い方が良いが、再現性があることも重要。

- ・考察は理論的であり、特に力を入れて書いているか。
- ・考察を次の実験に活かし、実験を重ねるごとに研究の内容が深まっているか。

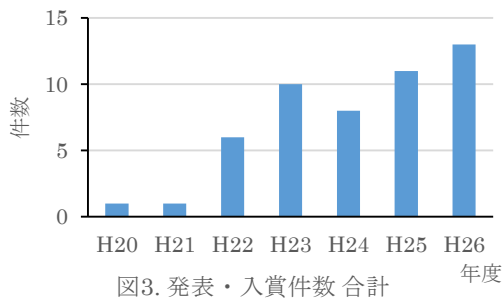
### [ 検証・評価 ]

自ら試行錯誤し、時間をかけて研究に取り組み続けた結果、生徒には粘り強く考えて困難を解決する力がついたと感じる。自分の疑問に対する答えを追い続け、レベルの高い内容を自ら学ぶことになる場合もあるが、「知りたい」と思って努力する生徒が多い。このように取り組む原動力となっているのは、「わかるようになりたい」という思いと、コンテストや学会・SSHなど発表する場があり、そういった場での成功（または失敗）体験によるものだと考えている。サイエンスクラブの生徒のほとんどは、中学1年（または小学5年）から研究を続けており、低学年のうちからコンテストや発表会を経験させている。早い段階から上級生のような様子を見て、研究に向かう姿勢も身につけており、途中でテーマを変える生徒もいるが、どのようなテーマでも、研究姿勢は変わらず取り組み続けることができている。その生徒たちが上級生となり、良い成果をあげ、それをさらに下の学年の生徒たちが見て目標とする良いサイクルができている。その結果、各コンテストでの受賞数が増え、参加する学会の種類・発表件数も増加しており、成果は証明されていると考えている（表1、図3）。

表1. 入賞件数（都大会以上）と 学会（SSH以外）での発

SSH1 期目	年度	日本学生科学賞 (都大会以上)		その他 論文 コンクール	ロボカップ (関東大会 以上)	学会 発表件数 (SSH以外)	合計	特記事項
		中学生	高校生					
SSH1 期目	H20			1	0		1	
	H21				1		1	
	H22	2	2		2		6	ロボカップ 日本大会出場
	H23	4	1		1	4	10	日本学生科学賞 中学生の部 中央審査 入選3等 ロボカップ 日本大会 3回 日本化学会関東支部主催 発表会に参加
	H24	3	1	1	1	2	8	各県学芸会(エンスコンクール) 努力賞 ロボカップ 関東大会 準優勝、日本大会進出 高校化学グランプリコンテスト参加 日本化学会関東支部主催発表会に参加
SSH2 期目	H25	1	2		1	7	11	高校化学グランプリコンテスト ポスター賞 ロボカップ 日本大会 ロボブレゼンテーション 特別賞 各学会(日本化学会関東支部、日本植物生理学会) 主催 発表会に参加
	H26	2	3		2	6	13	日本学生科学賞 中学生の部 中央審査 入選1等 高校生の部 都大会 優勝賞 ロボカップ 日本大会進出 各学会(日本化学会関東支部・日本植物生理学会・ 日本農芸化学会)主催 発表会に参加予定

\*コンクールや学会発表などの詳細は別表参照



### [ 今後の課題 ]

生徒の興味に合わせてテーマを設定しているため、研究分野が多岐にわたっており、教員が対応するのが困難な場面もある。玉川大学との連携をより強化し、更に他の機関とも連携するなどして、生徒の活動を支援していきたい。



図4. 日本学生科学賞 表彰式 (左: 都大会、右: 中央審査)

## ロボット部

### 【ロボット部の歴史 これまでの経緯】

1998年、LEGO Mindstorms という新たなロボット教材が発売された。1箱購入し、翌年から高等部自由研究講座を開始。途中から中学部にもロボット自由研究を開講し活動を拡大した。クラブ活動としてはサイエンス部ロボット部門としてスタートし、2011年にロボット部として独立した。近年の主な活動として、アイロボット社 CEO と1時間の単独会見（2012年）、LEGO Mindstorms プロモーションビデオ撮影及びレゴカンファレンスでの公開授業協力、ロボカップジュニアで全国優勝（2013）。こうした成果を受けて2014年4月には来日したオバマ大統領に学生チームとして唯一ロボットの実演披露を行う機会を得た。

### 【対象学年 対象人数】これまでの変化

1999年：高等部自由研究講座 10名  
2007年：小5～中学生自由研究講座も開講  
50名  
2011年：ロボット部として独立、40名  
中学生自由研究講座は閉講  
2014年：高等部自由研究0名、  
ロボット部30名

### 【活動内容・方法】

1. 年間の主な活動
- 4月：新入部員にトレーニングプログラムを用意。  
経験者は夏以降のロボット大会に向けて取り組み開始。
- 7～11月：WRO大会（小中高別）（地区予選～全国大会）本学でも予選会をWRO第1回より開催
- 6～12月：中学部高等部学校説明会の都度発表と解説
- 9月：高等部展に経験者は出品
- 11～3月：ロボカップジュニア大会（地区大会～関東大会～全国大会）
- 12～2月：FLL大会（地区大会～全国大会）
- 2月：小学部展、中学部展に経験者は出品
- i トレーニングプログラム

LEGO Mindstorms 初心者向けに、独自のトレーニングプログラムを用意している。最終目標であるロボット大会用マシン製作に必要とされる要素（立体構造、ギヤ、センサー、プログラム等）を15段階で用意しており、1段階ずつ顧問のサインをもらうシステムにしてある。折に触れて先輩たちの作品に触れさせ、トレーニングプログラムの一つ一つが実戦で必要な要素であることを意識させている。順調に進めば9月頃に終了する。

- ii ワールド・ロボット・オリンピック(WRO)  
毎年ごとに世界大会開催国が競技内容を決める。5月にルール発表。小中高校生別にビギナーコースとエキスパートコースが用意されるため、新入部員にとっては初の大会出場の日である。
- iii ファースト・レゴ・リーグ(FLL)

対象年齢は9歳から16歳まで。9月にルール

発表。ロボット競技の他にプレゼンテーションが60%と大きな比重を占める。リサーチに止まらず、独自のアイデアを提案することが求められるため、自分たちで実験、見学会などを企画する。

### iv ロボカップジュニア

2013年に本学を会場として全国大会が開催されたのをきっかけに、ロボット部も参加。手作りの要素が大きいものの、高価なパーツで性能向上となる側面もある。プログラミング言語はCを用いている。

### 【検証・評価】

ロボット部員のうち大会に出場するのは一部の生徒である。チームを編成する人間関係、他の習い事との兼ね合い、ロボットへの熱意、などから競技会を経験するのは半数程度である。競技会を一度でも経験すると、技術的成長はもちろんのこと、自分の課題が見出せるようになり、クラブでも自主的な活動が行えるようになる。このことから分析的思考力、チームワーク、発表力も高まり、本学高等部の特進コースであるPLクラスに、ロボット部中学3年生の半数が毎年進学している。



図1. オバマ大統領と毛利日本未来館館長と

### 【今後の課題】

ロボット部で成果を挙げているLEGO Mindstormsを用いた教育を、クラブ活動にとどまることなく、授業に導入、それも10歳前後から開始するプログラムを開拓していくことで、思考力育成を柱とする人材育成を目指すことが可能である。また、ロボット教育の前段階として、幼稚園から小学校低学年を対象とした早期STEM教育プログラムも必要と考える。



## サンゴ研究

### 【サンゴの歴史 これまでの経緯】

サンゴ礁は海の生態系を支えており、私たちの生活にも多くの恵みをもたらしている。しかし、世界中に生息しているサンゴは急速に減少（白化）しており、このままサンゴを取り巻く環境が改善されなければ、50年以内に絶滅の危険があるとも言われている。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活動を通して、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を目的にサンゴ研究の活動がスタートした。

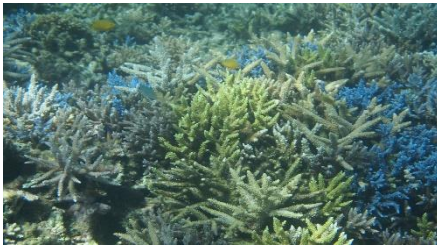


図1. 毎年研修を行っている  
沖縄県石垣島のサンゴ



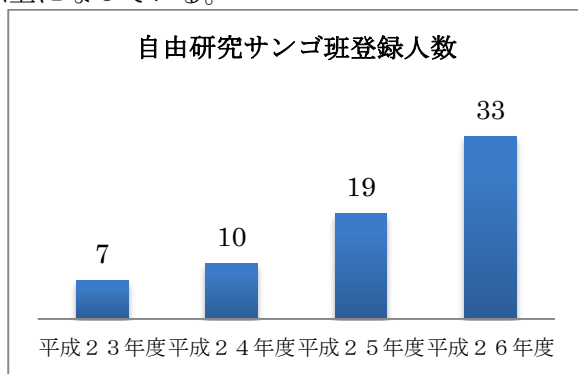
図2. 学内で飼育・養殖している  
サンゴの水槽



図3. 児童・生徒による  
サンゴの飼育観察の様子

### 【対象学年 対象人数】これまでの変化

平成26年度の生徒・児童所属数は33名(5年生～12年生が所属)で、初年度と比べて4.7倍以上になっている。



### 【活動内容・方法】

活動拠点を玉川学園サイテックセンター307におき、サンゴの飼育養殖活動を通じたサンゴ研究、大学や専門家の方々と連携したサンゴを取り巻く環境の研究、野外研修を通じた自然環境の研究と環境問題が抱える課題やサンゴ保全活動に関する研究を習熟度に応じて行っている。

サンゴ研究には小中高校生が所属しているため、児童生徒同士による学び合い、知識の伝達が行いやすいメリットがある。また、お茶の水女子大学の服田准教授によるご指導や、石垣島の学校や講師の方々とのSkypeによる学習会、日々のサンゴの飼育・研究活動を通し常に高いモチベーションを維持しながら研究活動を行っている。

玉川学園で児童・生徒が管理している水槽内のもはサンゴ、ライブロック、ライブサンド、貝類にいたるまで、全て石垣島のものに限定している。将来、玉川学園で育てたサンゴを沖縄の海に戻すことができると考えている。飼育の難しい

ミドリイシを扱うことで子どもたちの環境保護や生命尊重の意識や命を扱う責任感が飛躍的に高まっていると感じる。

### 【活動実績 研修】

8月の石垣島研修に向けてのシュノーケリング技術を身につける研修や、様々な海で生育環境の異なるサンゴを比較する研修、課題研究につながるサンゴ枝打ち研修を行っている。石垣島での研修ではサンゴ保護活動の最前線を学ぶことだけでなく、サンゴと海・山・人との関わりを体験できるようなプログラムを実施した。

石垣島研修参加人数については昨年度の7名から今年度は17名に大幅に増員した。例年希望者が多く、人数調整を行っているが、宿泊先や船の定員を考えると来年度以降も17名が上限になるように感じた。

研修活動 (26年度)	
5月	サンシャイン水族館バックヤード研修
6月	葉山シュノーケリング研修
8月	石垣サンゴ島研修 ※図4 ～図6
9月	東伊豆サンゴ研修
11月	サンゴ養殖枝打ち研修 ※図7

平成26年度の石垣島研修の日程は以下の通りである。

日	行程
8月18日	(羽田空港⇒那覇空港⇒石垣島⇒富野小中学校⇒米原ビーチ) <ul style="list-style-type: none"> <li>環境教育プログラム</li> <li>米原ビーチ陸上環境調査</li> <li>米原ビーチシュノーケル調査</li> <li>夜の石垣島探索・星空観察</li> </ul>
19日	(底地ビーチ⇒マンタポイント⇒米原ビーチ) <ul style="list-style-type: none"> <li>底地ビーチシュノーケリング調査</li> <li>コドラート調査</li> <li>水平透明度調査</li> <li>マンタシュノーケル観察</li> <li>米原ビーチシュノーケル調査</li> <li>夜の石垣島探索・星空観察</li> </ul>
20日	(石西礁湖⇒熱帯雨林の溪流部⇒米原ビーチ) <ul style="list-style-type: none"> <li>環境省の方に同行していただいたの石西礁湖調査</li> <li>環境省のサンゴ保護活動の学習会</li> <li>モニタリング調査についての学習会</li> <li>米原ビーチシュノーケル調査</li> </ul>
21日	(底土ビーチ⇒八重山漁協⇒石垣空港⇒羽田空港) <ul style="list-style-type: none"> <li>底地ビーチでの砂地の環境・生き物調査</li> <li>マングローブ調査</li> <li>八重山漁協でのサンゴ保護活動の学習会</li> <li>サンゴの枝打ち体験</li> <li>玉川学園サンゴの親株についての学習会</li> </ul>



図6.シュノーケリング



図7.サンゴの枝打ち

**[活動実績 高大・企業連携]**

研修活動だけでなく、日々の研究活動や水槽環境維持のために多くの先生、企業が指導、協力して下さっている。専門家から直接学べるのが子どもたちの研究意欲を大いに高めていると感じている。今後もそれらの繋がり大切にしながら未来の科学者を育てていきたい。

連携活動	
お茶の水女子大学服田研究室	※図8
石垣島環境省・モニタリングセンター	※図9
石垣島八重山漁業協同組合観賞用漁業部会サンゴ養殖研究班	
SEA (環境技術センター)	
WWF サンゴ礁保護研究センター	
NeoWAVE (アクアリウムショップ)	
レッドシー (人工海水・試薬)	
株式会社水槽 (水槽機材)	



図8.お茶の水女子大学での研修

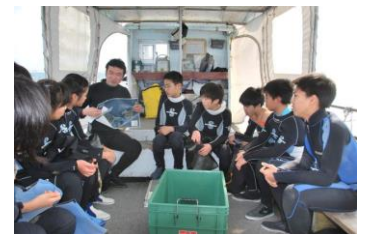


図9.環境省との連携での研修



図4.シュノーケリング準備



図5.サンゴ養殖の見学

**[活動実績 発表会]**

関東近県や東京都での SSH の発表会を中心に参加していますが、来年度以降は全国規模の発表会や学会への参加を計画している。

水槽環境が安定してきたことから、本格的な課題研究に取り組む生徒が増えてきている。現時点では無性生殖に関する研究が主体となっているが、近い将来、水槽内での産卵に成功し、有性生殖に関する研究も行っていきたい。

発表会	
1 1月	サンゴ礁学会 (見学)
1 2月	東京都 SSH 発表会 ※図 1 0
3 月	玉川学園展
3 月	関東近県 SSH 発表会



図 10.東京都 SSH 発表会

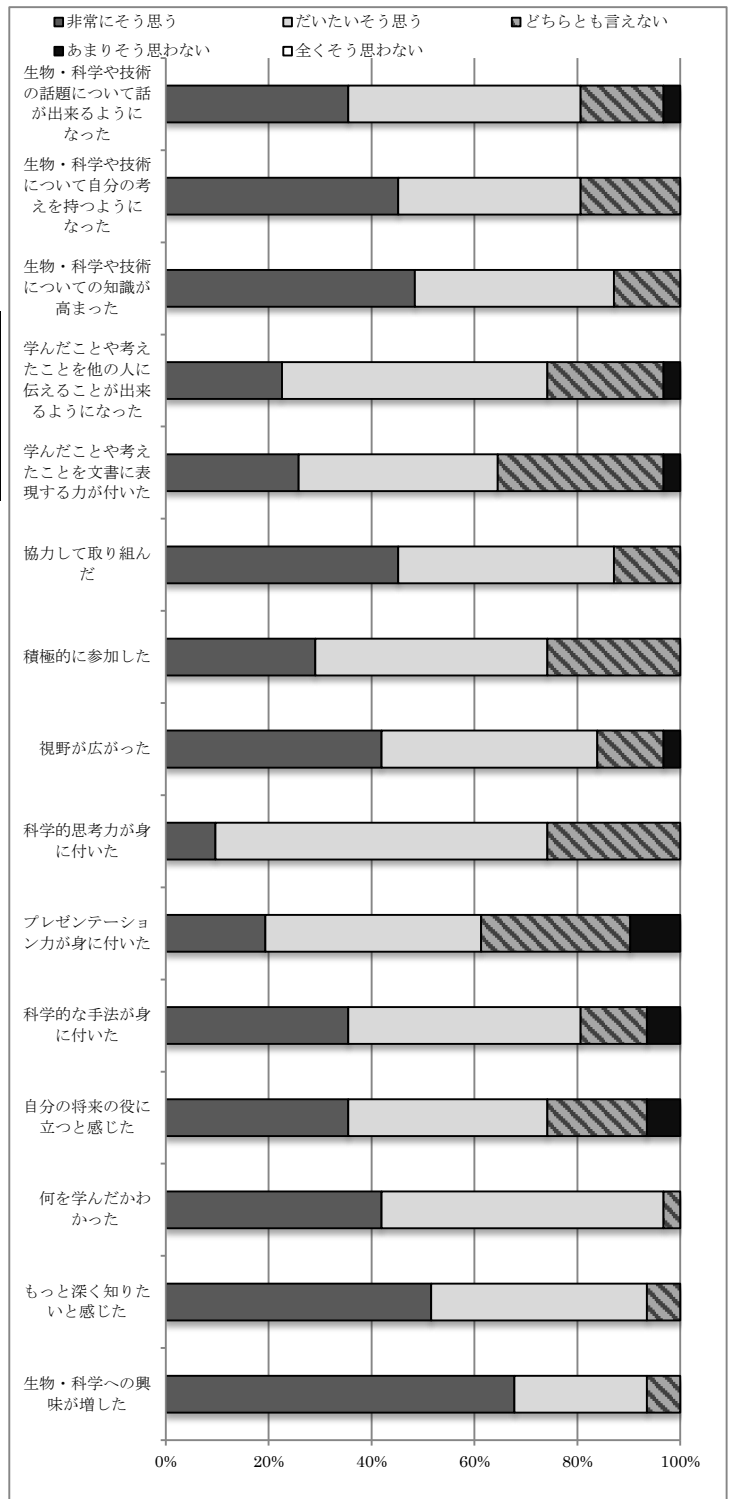
**[ 検証・評価 ]**

自由研究生物部サンゴ班に所属している小学生 5 年生～高校 1 年生の 3 1 名を対象にアンケートをとった。

サンゴの研究を始めようと思ったきっかけは、自然環境のために何かしたい、海に興味がある、サンゴに興味があるという漠然としたものであったが、研究を進めていくにつれて、生態系の中でのサンゴの位置づけ、サンゴを通た地球環境の現状、サンゴが自然界や人間社会にどれほどの恩恵をもたらしているのかを理解する児童生徒が増えてきた。

また、上級生になるにつれて、研究内容だけでなく、サンゴの危機的状況や自然環境保護について、自分たちの言葉で社会に呼びかけ続けたいと思う所まで意識が高まっている結果となった。

**アンケート結果 (選択問題)**





## アンケート結果（自由記述）

<b>1.サンゴの研究に携わろうと思ったきっかけは何か。</b>
小学校6年の授業で自然環境に興味を持ったから
植物にはあまり興味がなかったが、生き物を育てることはやりたかったから
自分たちが自然環境のために何かやりたかったか
地球は陸より海の方が大きいので、海について学ぶことが地球環境を学ぶことにつながると感じたから
陸上のことはイメージできるが、海のことには知らないことだらけだったから
海との関わりがある活動がしたかったから
自分たちがいる所から遠いことを知ることこそが環境理解に繋がると感じたから

<b>2. サンゴの飼育・研究・研修活動を通してどのような変化があったか</b>
生態系の一番下に位置しているサンゴについて学習することの意義を感じた
身近にないサンゴが地球環境を支えているという事実を知った
飼育して初めてサンゴがこんなにデリケートな生き物であることに気がついた
サンゴがどのように成長していくのか分かった
育てることが難しいことが分かったからこそ、守りたいという意識が高まった
実際に育てることでサンゴについての理解が深まった
地球温暖化等の環境要因の指標になる生き物だということがわかった
動物でありながら、植物の特徴を持つサンゴに強い興味を感じた
遠い場所のサンゴを間近に見ることができるようになった
貴重な自然資源であるサンゴにより強い興味を持った
然のすごさを思い知った
身近なはずなのに知らないことが多いことに気がついた
サンゴを守るための具体的なアクションをしたいと思った
サンゴの現状を多くの人たちに伝えたいと思った

## [今後の課題]

日本の海は世界的に見ても、数多くの海洋生物を見ることが出来る。その生命を育てているのはサンゴ礁である。サンゴ礁は観光資源であり、小魚の隠れ家であり、生態系の土台を支えており、天然の防波堤であり、酸素を生み出す海中の熱帯でもある。さらに、日本では世界最大のサンゴ礁地帯であるグレートバリアリーフよりも多くの種類のサンゴを見ることが出来る。日本が世界に誇る貴重な財産である。したがって、サンゴについて学習することは日本に生きる私たちにとって意義のあることだと言える。また、サンゴは環境問題が抱えている課題（地球温暖化等の人間による環境破壊の問題、農業・漁業等の産業と環境保護の問題、保護活動の是非の問題等）について理解する上で格好の題材である。サンゴと海洋環境を研究対象にすることで、自然環境の現状を認識するとともに、自然環境を保護する意識を高め、その知識を活かした環境保護のための具体的なアクションを起こすことが出来る児童生徒を育成するというねらいのもと自由研究活動を継続していきたい。

これまでの活動で繋がりを持つことが出来たフィールド（石垣島、葉山、東伊豆）や専門家の方々（お茶の水女子大学服田先生、八重山漁協、環境省、モニタリングセンター、SEA、WWF、わくわくサンゴ、サンシャイン水族館、サンゴ飼育・研究の専門家）と連携を深め、これまで以上に研究・研修活動を充実させていきたい。また、今後も、生徒・児童の手によってサンゴの安定飼育に成功している強みを活かした課題研究にも積極的に取り組み、研究発表したいと考えている。

# 研究発表会・学会発表会等



## 研究発表会 学会発表会

### 【今年度までの流れ】

普段課題研究している研究成果を口頭発表・ポスター発表を行うことにより、プレゼンテーション能力・コミュニケーション能力を育成する。また、口頭発表・ポスター発表を行う前に実験結果の考察・発表準備を行うことにより、これまでの課題研究の仮説・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。

### 【対象学年 対象人数】 これまでの変化

中学1年～3年・高校1年～3年  
課題研究実施生徒

### 【昨年度までの流れと実施の状況】

課題研究の成果発表は、毎年行われている「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。昨年度 25 年度から、学会・発表会・論文投稿に積極的に参加した。25 年度の学会関係では、「日本化学会 会誌」・「日本農芸化学会 会誌」に玉川学園課題研究活動について掲載され、玉川学園の活動が認められてきている。また、読売新聞社主催の日本学生科学賞では、都大会「中学生の部」では優秀賞に入選し、中央予備審査進出、情報技術部門では 2 件入選するなど、高校生だけではなく、中学生にも活動成果が広がり始めている。

平成 25 年度～26 年度の各種研究発表会の参加状況・成果について示す。

### 学会発表 学会雑誌掲載 平成25年度～平成26年度

発表会名称	発表形式	受賞結果	年月日
植物生理学会主催「高校生生物研究発表会」	ポスター発表		平成26年3月
日本農芸化学会主催「ジュニア農芸化学会2014」	ポスター発表		平成26年3月
日本化学会関東支部主催「第31回化学クラブ研究発表会」	口頭発表 ポスター発表	アイデア賞	平成26年3月
日本化学会 会誌「化学と教育」	3月号 雑誌掲載		平成26年3月
日本農芸化学会 会誌「化学と生物」	6月号 雑誌掲載		平成26年6月
植物生理学会主催「高校生生物研究発表会」	ポスター発表		平成27年3月
日本農芸化学会主催「ジュニア農芸化学会2015」	ポスター発表		平成27年3月
日本化学会関東支部主催「第32回化学クラブ研究発表会」	ポスター発表		平成27年3月

### 研究発表会 平成25年度～平成26年度

発表会名称	発表形式	受賞結果	年月日
ロボカップジュニアジャパンオープン	ロボット実技 ポスター	レスキューB 6位	平成25年5月
SSH東海地区フェスタ2013	ポスター発表		平成25年5月
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		平成25年8月
WRO決勝大会	オープンカテゴリー		平成25年9月
第57回 日本学生科学賞	論文	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	平成25年10月
集まれ理系女子！第5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25年10月
21.5世紀探究型学習研究発表会～IB・SSH・学びの技	ポスター発表		平成25年11月
第10回 高校化学グランドコンテスト	ポスター発表	ポスター賞	平成25年11月

ロボカップジュニア神奈川・西東京ノード大会	ロボット実技 ポスター	レスキューA セカンダリ部門4位・ ベストプレゼンテーション賞 レスキューA プライマリ部門 4位 サッカー独自リーグ:優勝	平成25年11月
FLL東日本第2ブロック大会	ロボット競技 プレゼンテーション	ジャパンオープン出場権	平成25年12月
ロボカップジュニア関東ブロック大会	ロボット実技 ポスター発表	レスキューB 3位 サッカー独自リーグ:優勝	平成25年12月
京都産業大学益川塾第6回シンポジウム「宇宙にときめく」	ポスター発表		平成25年12月
第6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25年12月
FLLジャパンオープン	ロボット競技 プレゼンテーション		平成26年2月
第9回 関東近県SSH合同発表会	口頭発表 ポスター発表		平成26年3月
ロボカップジュニアジャパンオープン	ロボット実技口頭発表	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 サッカー独自リーグ:優勝	平成26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26年3月
高校生・化学宣言7 (高校化学グランドコンテスト ドキュメンタリー)	本 掲載		平成26年4月
SSH東海地区フェスタ2014	ポスター発表		平成26年7月
WRO予選会	ロボット競技		平成26年8月
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	ポスター賞	平成26年8月
第58回 日本学生科学賞	論文	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	平成26年 10～11月
集まれ理系女子！ 第6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26年10月
第11回 高校化学グランドコンテスト	ポスター発表		平成26年10月
第14回 立命館論文大賞	論文	優秀賞	平成26年11月
21.5世紀探究型学習研究発表会～汎用的スキル・SSH・学びの技～	ポスター発表		平成26年11月
サイエンスアゴラ 2014	ポスター発表		平成26年11月
ロボカップジュニア神奈川・西東京ノード大会	ロボット実技ポスター発表	レスキューA セカンダリ部門 優勝 サッカーライトウェイト:2位	平成26年11月
全国学芸サイエンスコンクール	論文	金賞	平成26年12月
第7回 SSH東京都指定校 合同発表会	口頭発表ポスター発表		平成26年12月
FLL東日本第2ブロック大会	ロボット競技 プレゼンテーション	ジャパンオープン出場権	平成26年12月
ロボカップ ジュニア関東ブロック大会	ロボット実技ポスター発表	レスキューA セカンダリ部門 5位 レスキューB 2位 サッカーライトウェイト:優勝 ベストプレゼンテーション賞	平成26年12月
FLLジャパンオープン	ロボット競技 プレゼンテーション		平成27年2月
第10回 関東近県SSH合同発表会	口頭発表ポスター発表		平成27年3月
ロボカップ ジャパンオープン全国大会	ロボット競技 ポスター発表		平成27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27年3月
首都圏オープン生徒研究発表会	ポスター発表		平成27年3月

### 【検証と評価】

SSH2 期目指定以降、積極的に発表会に参加している。また、ロボット部では、各部門優勝を含め全国大会出場など、成果を出している。また、発表会に参加後に必ず実験データの整理と発表中にいただいた実験アドバイスを振り返る時間を設け、今後の実験方法に活かすことができた。

平成 25 年度は 2 種類の学会誌に玉川学園 SSH 活動について掲載され、活動が認められてきている。日本学生科学賞都大会中学生の部では優秀賞・中央予備審査進出など高校生の実績だけではなく、中学生の活動も実績の残すことができ、高校生の課題研究への取り組みが中学生課題研究活動を刺激し、前向きな影響が出ている。高校生から中学生などの中高一貫の活動は、平成 26 年度にも続いている。平成 26 年度日本学生科学賞では、高校生部門では優秀賞・努力賞・奨励賞に入選し、中学生部門では、中央審査入選 1 等に選ばれた。また、中学 3 年次に履修している「学びの技」論文が第 14 回立命館論文大賞優秀賞に入選した。「学びの技」論文内容が認められてきている。

発表・論文に合わせて生徒一人ひとりが準備し、成果がでていることから、生徒一人ひとりが仮説通りに成果が得られていると考えている。

# 教員研修・成果普及・地域への貢献

## 教員研修 1

研修：「子供の実態の把握と授業改善-OPPA の理論と実践」

### 【経緯】

本校 SSH 活動の中では構成主義的授業展開を実施している。その中で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ている。OPPA シートは、25 年度まで山梨大学で教鞭を取っていた堀哲夫教授が考案したものである。この OPMA シートは理科授業を中心に実施しているが、他教科での実施は少ない。SSH 活動で実施されている OPMA シートを用いたカリキュラム普及のために堀哲夫先生から直接、玉川学園教員に OPMA シートの実践報告して頂く。このことにより、SSH 活動で行われている構成主義的授業展開について理解を広げ、他教科への連携など拡大することができる。と考える。

### 【対象人数】

参加教員

- ・玉川学園幼稚部教員
- ・玉川学園小学部教員
- ・玉川学園中学部教員
- ・玉川学園高等部教員

### 【内容・方法】

日時：平成26年8月1日金曜日 13:25～15:00

場所：中学年校舎講堂

講師：堀 哲夫 山梨大学名誉教授

内容：「子供の実態の把握と授業改善-OPPA の理論と実践」  
・OPPA シートとは  
・OPPA シート実践例等

### 【検証・今後の課題】

今回、玉川学園幼稚部～高等部までの教員全員対象で実施した。まだ、OPPA シート利用方法・生徒の変容などについて認識が広まったと考える。今後は OPMA シートを教材として他教科に広がるように様々な実践例を通して構成主義的授業・創造力・批判的思考力育成に共通目標・認識を広げていきたい。

## 教員研修 2

研究会：批判的思考力研究グループ

### 【経緯】

第 2 期 SSH の研究開発課題「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」である。4 月から 2 年目が始まり創造力・批判的思考力育成に関する授業展開・方法等を実施しながら検討作業を行っている。創造力・批判的思考力は理科だけではなく、他教科と協同し考え方等を明確にしていく必要があると考えた。このことから、他教科連携の会議を開催し、協議を行うことにより、創造力・批判的思考力育成のカリキュラム・考え方を共通認識し普及につなげていく。

### 【参加教科】

国語科教員：3 名  
地歴公民教員：1 名  
数学教員：1 名  
英語教員：1 名  
理科教員：4 名

### 【内容・方法】

会議日程：

第 1 回 2014 年 11 月 5 日

第 2 回 2014 年 11 月 19 日

第 3 回 2014 年 12 月 15 日

第 4 回 2015 年 2 月 5 日

各会議では、創造力・批判的思考力に関する研修・実施報告を行い、今後の改善点を模索した。

### 【検証・今後の課題】

会議内では、報告・検討が行われた。

#### ●報告事項

- 1：SSH 批判的思考力アンケート・ベネッセ 批判的思考力尺度(態度・指向性)の報告
- 2：学研 『クリティカル・シンキング』第 3 回 実例紹介セミナーの報告
- 3：広島大学附属福山中・高等学校研究会 テーマ「持続可能な社会の構築をめざしたクリティカルシンキングの育成」の報告
- 4：特設講座「現代への視座」の報告

5: 高校3年理系現代文での' TOK' の取り組み  
授業実践報告

6: 堀川高校「国際バカロレアの趣旨を踏まえた教育の推進に関する調査研究」研究成果報告会の報告

7: 京都大学楠見 孝先生研修室訪問  
批判的思考力実践方法検討

### ●検討事項

1: 創造力・批判的思考力育成するための力や考え方は、SSH 活動を実施している教員だけで考えるのではなく、SSH 活動外の教科担当教員を含め考える必要がある。そのことにより学校全体で共通認識の創造力・批判的思考力育成するための力や考え方が普及しより一層充実した授業が実践することができると考え検討した。

- ・決定事項  
批判的思考力の定義  
批判的思考力に必要な力

### ●今後の課題

批判的思考力の定義・必要な力に関して他教科と協議し再度決めることができた。それらの事項を参考にした観点項目アンケート作成し、来年度から生徒に実施していく。

## 成果普及 1

研究会名：第7回国際バカロレア教育フォーラム「DPの導入に向けて」

### 【経緯】

本校 SSH 活動は第1期指定から世界標準の一つである国際バカロレアの授業展開・評価方法に着目してきた。

今年度で7回目になる玉川大学学術研究所 K-16 一貫教育センターが開催している国際バカロレア教育フォーラムで、玉川学園高等部中学部で実施している SSH と IB の関連部分に関して実践報告を行う。IB 教育をよく理解されている方やこれから IB 教育勉強される方など幅広い先生方と指導手法やカリキュラム共有・協議することできる。そのことにより、SSH 活動の成果普及につながると考えている。

### 【対象人数】

フォーラム内の分科会「IB と Super Science High School (SSH) の参加者

### 【内容・方法】

日 時：平成26年11月22日土曜日

8：40～17：00

場 所：玉川学園

内容：第7回国際バカロレア教育フォーラム  
「DPの導入に向けて」

分科会：「IBとSuper Science High School (SSH)」

### 【検証・今後の課題】

SSH 指定第1期～第2期の実践報告を行った。質問項目として以下の通りである。

- ・一条校と IB クラスとのカリキュラムの違い
- ・SSH 活動と IB の授業スタイルについて

昨年の第6回国際バカロレア教育フォーラムも参加し、

「授業形態」という観点で IB スタイルは目標であると報告した。今後も玉川学園 SSH 活動と IB の関係など実践報告・協議し、SSH 活動の普及を継続していく。



## 成果普及 2

### 研究会：21.5 世紀探究型学習研究会～汎用的スキル・SSH・学びの技～

#### 【経緯】

今年で3回目となる研究会である。第1回目は、堀田龍也（東北大学教授）・河西由美子（玉川大学准教授）両氏を講師に招き、「学びの技」の授業の意味や位置づけ（教科横断型授業としての位置・図書館との関係・情報科との関係・総合学習と探究学習との関係等）を話題にした。第2回目は、江里口歡人（玉川大学准教授）・クインシー亀田（IBコーディネーター）の両氏を講師に招き、玉川学園とIBの探究学習の紹介と質疑応答を中心に情報交換をした。今年度は3回目の実施となる。

#### 【対象学年 対象人数】

学内外教育関係者 137名

（内訳：小学校5名・中学校11名・高校79名・教育委員会9名・図書館3名・大学6名・大学院生6名・メディア2名・一般企業16名）

#### 【内容・方法】

130名を超える学外教育関係者が参加し、午前のポスターセッション、午後の講演会、実践報告会で研鑽を積むことができた。今年のテーマは「批判的思考力」とし、京都大学大学院教授楠見孝先生に基調講演、3校の先生方から探究学習の実践報告をしてもらった。

楠見先生からは、探究型の課題研究には、創造力とともに批判的思考力も必要で、その2つの力が両輪のように働くことが肝要だとの話があった。以下が講演骨子である。

- 1 批判的思考とは
- 2 21世紀型能力とは
- 3 なぜ批判的思考が大切か
- 4 批判的思考の構成要素とは
- 5 批判的思考を何のために、どのように教えるか
- 6 実践事例は
- 7 まとめ：生徒の思考力を育むために

3校の実践報告は、お茶の水女子大学附属中学校、若狭高等学校、中央大学附属杉並高等学校からであった。

以下骨子である。

・お茶の水女子大学附属中学校

3年間を通じた探究活動で、基礎から卒業研究に至るスパイラルなカリキュラムを設定している。グループによる課題研究を通して手法を学び、個人の卒業研究につなげる。

・若狭高等学校

課題研究におけるテーマ設定の大切さを実感し、問いを作る過程を模索している。

・中央大学附属杉並高等学校

卒業研究で論文を書かせる指導において、PDCAサイクルを設定し、振り返りを意識させる取り組みをしている。

#### 【検証・評価】

自由記述のアンケートを実施した。

・理念から実践例に至るまで、多くの刺激を受けることができた。

・探究型の学びについて、様々な角度から知ることができました。理論と実践がともに学べ、ありがたく思いました。

・問いをつくることの大切さがよくわかった。探究の作法を指導する側がはっきりとつかんだ上で、実践することの大切さがよくわかった。

・私たちが小学校の頃に「総合学習」が始まった時は、先生達も何をすればよいか、どうやって「自ら学ぶこと」を教えたらよいか暗中模索だったものが、10余年経ってここまで実践蓄積や研究があり、どの学校も生徒を見ながら工夫されていることが分かりました。こと探究をはじめの前と探究の仕方が大切であると感じました。

・楠見先生の講演をはじめ各学校の探究学習の取り組みを拝聴することができて、とても勉強になりました。「生徒のモチベーションをいかに上げるか」難しい問いですね。ただ間違いなく言えることは、教師自身が様々なことに対して問い続ける必要がありますね。自分だけではなく、周りの教師や学校全体で生徒と正対していこうと改めて強く思いました。

#### 【今後の課題】

現場の先生方は、どうやって探究学習を実施しているのかわかる実践例とそこから浮かび上がる課題とその対処法を知りたいのだと改めて実感できた。しかし、理論の背景のない実践はやがて行き詰まるので、今後も実践に即した理論を探ることが求められる。他に、分科会形式にして質疑応答が活発にできるようにすること、午前中のポスター発表の振り返りも実施できると、より実態に即した研究会になる。

## 成果普及 3

### 体験講座名：ロボット体験講座

#### 【経緯】

平成15年、かねてより高等部のロボット研究に関心を持っていた小学部長との話し合いの中で、上級学年で製作したロボットを小学部文化祭で発表するというアイデアが生まれた。小学部にとっては、上級学年での研究レベルを肌で感じてもらう場となること、また、4-4-4制度発足に伴い自由研究という単元が消えることとなつてからは、自由研究そのものを紹介する場となる目的がある。中学生・高校生にとっては、子供を楽しませるロボット製作となるため、競技会向けの開発とは異なる課題設定が必要となり、年度末に行われる小学部展は重要な年間行事の一つとなつて12年目を迎える。小学部展での発表を目標とした時、通常は競技会向けロボットを製作する生徒達に、発表対象年齢を意識し、楽しませることを目的とした新たな視点でロボット開発をさせることにより、応用力を身につけ、ロボットの新たな可能性を発見させることに繋がるのではないかと考える。

#### 【対象学年 対象人数】

ロボット部中学生、高校生

2～5人程度でチームとして取り組ませる。

#### 【内容・方法】

1. 小学部展は毎年2月下旬に開催されるため、部員への呼びかけを11月中旬に行う。その年の新入部員にとっては、4月から約半年間のトレーニングプログラムを終了する時期であり、他の部員たちもWRO大会が終了し、新たな課題に取り組みやすい時期でもある。

##### i 「ゆっくり」

小学部展作品を作り先に先立ち、生徒に注意点を、「ゆっくり・操作・頑丈」と教えている。「ゆっくり」とは、ロボットを体験してもらう対象年齢が小学1～4年生、さらにその妹弟であることから、ロボットやボールなどのオブジェクトがゆっくり動くように設計することを意味している。操作レバーを持つ設計の場合もレバーの動きが機体の動きにゆっくり反映する工夫が必要である。

##### ii 「操作」

次のキーワード「操作」とは、子供達が操作する、参加型の装置を設計することである。初めて小学部展に高校生の自信作を実演し始めたところ、「僕もやりたい」というリクエストが殺到したことに非常に驚いた。小学生低学年慣れしていなかった私たちは、彼らが目の前で動いているロボットを「見ている」だけでは満足できないのだということ、10年以上前の初回で学んだ。

##### iii 「頑丈」

キーワード3番目の「頑丈」も、日頃競技会向けロボットを作り、自分達しか触れることのないロボットを作っている生徒たちには新鮮な留意点である。子供達は動いているロボットの一部をつかんで手前に引き寄せたり、目の前で破損するとその後は破損させるような操作をして喜ぶ場面も衝撃的であった。2日間合計12時間修理なしで稼働可能な丈夫なロボット作りが必要である。



図1. ボーリングゲーム

##### iv アイデア検討期間

上記のキーワード3つを満たしていれば、NXTやモーター、センサー類の個数に条件は付けていない。「何か面白いもの」を考え出すため、まずは思いつく限りのアイデアを紙にスケッチさせる作業を重視している。1～2週間かけて設計図を書かせるのだが、チームとして具体的なイメージを共通認識として持つ為に、また、思いついたアイデアをすぐに作り始めてしまう習慣を、小学部展をきっかけに、計画を立てることを重視するよう意識を切り替えさせるきっかけとしている。

#### 【検証・評価】

##### i 部内検証

ある程度形になった段階で検証のため、開発に関わっていない友人や別のロボット部員、特に小学生部員に使わせてみる。初めて自分たちの作品を操作する様子をよく観察するよう、事前に教えておく。操作部分にどのように手を添えるか、どのような操作ミスが起きるか、難易度はどうか。この観察結果に基づき、コントローラーのサイズや形状を見直すことはしばしばである。



図2. ビー玉が循環する装置

#### ii 小学部展当日

発表教室を開ける前から子供達が入り口で待っている姿が毎年見られる。低学年の児童を並ばせ、遊び方を教え、成功したら一緒に喜んであげる。状況を見てルール変更もしばしば起こることである。これらを中学生高校生のロボット部員が行うことも、ロボット技術を身につけること以上に社会勉強として重要な経験となっており、部員たちが翌年も小学部展出品を楽しみにするのは、二日間の発表時間の間は休憩どころか昼食を取る時間もないほど子供達が途切れることなく、自分たちが考え出したゲームの人気ぶりに手応えを感じるからであろう。

#### iii LEGO Mindstorms の可能性

小学校低学年生向けに体験型ロボットを作るもう一つの利点は、車輪で動くものだけが「ロボット」なのではなく、楽しめる「装置」も LEGO Mindstorms の持つロボットの可能性の一つであることを学ばせることができる。

#### [今後の課題]

毎年の小学部展でのロボット体験発表は、多くの子供達を惹きつけ続け、ロボット部員にとっても有益な重要な年間行事となっている。その一方で、完成作品に触れさせる段階で止まっていることが惜しまれる。ロボット本体を組む手作業とプログラミングという抽象的思考を養う作業が有機的に組み合わさった LEGO Mindstorms という教材を自ら活用することで、思考力養成を促進する機会を用意する検討が必要である。

## 成果普及 4

### 研究会：SSH 研究成果発表会

#### 【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。

#### 【対象人数】

- ・ SSH 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27年3月10日火曜日 13:00～15:40  
場 所：玉川学園高等部  
内 容：・ 課題研究口頭発表(4件)  
・ 課題研究ポスター発表(44件)

#### 【検証・今後の課題】

SSH 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。このことにより、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関わ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。

## 第4章 実施の効果とその評価

### 【今年度までの流れ】

昨年まで研究開発テーマ・課題ごとの目的に沿った実施の効果と評価を行っていたが、全体としての研究開発課題の実施の効果とその評価が見えにくかったため、今年度から研究開発課題に沿って実施の効果とその評価を行った。また評価方法が、意識と態度・行動を独自のアンケートで、パフォーマンスはその元となる構成主義的授業の教科評価と対外的な科学コンクールや学会関係の発表で評価してきた。今年度は、その意識・態度・行動評価とパフォーマンス評価の客観性を評価するため、外部で使用されている批判的思考力のパフォーマンステストと態度・行動アンケートを並行して実施し、これまでの独自評価と相関関係を見て検証した。これは東京工業大学教授で教育工学の中山実先生のご指導による。

### 〔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(170名)、高校1年SS物理基礎/SS化学基礎(210名)、高校2年物理(30名)、化学(60名)、生物基礎(220名)、高校3年物理演習(20名)、教科連携の「英語で理科」は中学3年SS理科(170名)、高校1年SS物理基礎/S化学基礎(210名)、「数理科学」はPL高校1年(17名)、高校2年理系(16名)、「理系現代文」は普通クラス高校3年理系(35名)、課題研究は高校1~3年の自由研究「SSHリサーチ」(32名)と自由選択「SSHリサーチ科学」(13名)「SSHリサーチ脳科学」(7名)である。今年度相関関係を調査するのは昨年度研究開発が実施段階であった構成主義的学習の、中学3年普通クラス全員、高校1年普通クラス・PLクラス全員。教科連携に関連して高校2年PL・普通理系、高校3年理系生徒とする。結果を見て来年度課題研究も検討する。

### 〔内容・方法〕

創造性と批判的思考力に関する意識や態度は独自アンケートで調べ、パフォーマンスは構成主義的授業の教科評価および科学コンクールでの成果で行う。今年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のスキルのテスト(パフォーマンス)と態度・行動のアンケートを実施し、本校独自の評価との相関関係を見た。しかし、このベネッセのテストは大学1年から大学4年までいくつかの学力の数群に対して既に実施済みではあるが、高校生以下にはまだ実施例がない。高校生以下で実施例があり客観性が期待できる批判的思考力のテストが他に見つからなかったため、基本的にベネッセのものをそのまま利用した。ただし、文章題の内容で、中学3年生まで適用するには難しいと思われるものもあり、ベネッセと相談の上、文章と選択肢の文も含め多少変更して実行した。

### 〔検証・評価〕

#### a. IB指向プログラムの効果

##### a-1. 教科指導による効果

IBで行われている構成主義的な学習を促す双方向の授業を、30~40人構成のクラスで可能にするためにOPPAを導入した授業によって、普通クラスの生徒も学年が上がる毎に、考えながら授業にのぞみ、内容を自分が納得できるようにするまでになっている。単元の振り返りでも新たに使える知識が増えたという自覚も学年が上がる毎に増えている。

IBで行われているグローバル人材を育成するための英語による授業を参考にした、普通クラスでの英語だけによる理科の探究実験の授業では、40%の生徒が「英語学習への意欲が高まった」に「大変そう思う」と答えている。

PLクラスで数学と物理が連携して実施した構成主義的な学習ともつながる組立型の学習は、定義から組み立てる重要性にほぼ全員が納得している。

IBのTOKを意識した国語と理科の連携による理系現代文では、日本語というコンディションのもとで科学的な論題の小論文や課題研究の発表を課すことで、国語という側面と論理的という側面の両方を意識することの必要性について肯定的な意見が63%になっている。また発表することで思考が深まるという意識が76%になっており、多面的な視点の育成ができていると考えられる。またルーブリックによる評価の「わかりやすい」が50%あり、半数の生徒はルーブリックによって主体的な学習が促されたと考えられる。TOKとしては、思考のバイアスと誤った論理を扱ったが、生徒の意見として「今までは発表をよい方向に持って行くために都合のいいことを多く書いていて、デメリットを挙げずにいたのではないかと気づかされた」「自分の思考の癖は自分ではわからなかったけれども、他の人のものを見ると自分の癖がわかりました」など、思考のバイアスを意識させることができた。

IB の科学の分野で扱われている医学との関係を参考にした、脳科学研究所と連携している高校3年の「SSH 科学」では、最先端の脳科学について体験的実習授業を増やしたことで、「大学での研究に対するイメージがわいた」「脳科学について興味があった」「科学や技術の話題について話ができるようになった」がほぼ「大変そう思う」「そう思う」であったことから、脳科学研究という生徒にとっては未知の領域を体感させることで興味関心を喚起できたと考える。TOK を参考にした、高大連携による倫理では、「自分が発表した内容についてはかなり深いレベルの知識が身についた」という意見がほとんどであり、他者の持つ知識・理解力を推察し、理解できるように説明できる知識や論理力を獲得し、それらが生徒の思考を深めると推測できる。また「人によってまとめ方や伝え方が違うので、楽しく学習でき、様々な角度で考えるきっかけになった」という意見も半数あり、大学教員による授業で生徒の既成概念を一度崩壊させることによって多面的な視点で考えさせバランスのとれた思考に導くことが出来たと推測できる。

## a-2. 課題研究における効果

小学5年から中学2年までの総合的学習の時間に相当する自由研究の時間に、ベン図を用いた比較とXチャートを用いた分類を導入し、いままでの方法論を学んだことで単なる調べ学習から、興味を持って更に取り組んでみようとする姿勢も高まった。これは比較分類する行為を通して課題が構造化されたためであろうと考える。しかし一方で、課題解決における比較分類ですら難しく生徒自身では解決できない抽象的なテーマのケースも見られた。

中学3年生では、自由研究にかわり「学びの技」の時間に問いを立てるスキルの習得を前半に行い、発表質疑応答を経て、後半論文にするスキルを習得させている。これにより生徒全員が特に制約のない全てのジャンルから自分が興味あることに関して論述可能な問いを立て、上級生や保護者を相手にポスターセッションで質疑応答を行い、最終的に3000字以上の論文を書いて、自分が立てた課題を解決している。またこれら一連のスキルについて理解し使うことができ今後も使うかの質問に70%が肯定的に答えている。根拠の有効性を考えさせる、想定される反論に対する反論の準備させるワークシートを開発し全員に取り組みせ、質疑応答させることができた。アンケートではこの部分の定着意識が61%と他に比べ低いので、時間の確保とさらなる教材の開発が必要である。

高校1年～3年では総合的学習の時間としての自由研究の時間に「SSH リサーチ」として希望生徒が科学の各分野で課題研究を進めている。自由研究ノートを用いることで、各自で課題研究が進められるようになっており、最終的に4000字の論文に仕上げている。他校の文化祭や理系女子のイベント、東京都SSH校合同発表会、関東近県SSH生徒研究発表会などで発表することを義務づけているので、「これから何を調べるのか考えるようにしている」「今まで習ったことを思い出しながら予想を立てるようにしている」「計画通りに進んでいるか確認するようにしている」「次に何をするか考えながら観察や実験をするようにしている」「大事なところはどこか考えるようにしている」「自分は何を調べたのか振り返るようにしている」「だいたいそう思う」「非常にそう思う」併せて80%以上となっており、批判的思考力を働かせ注意深く研究が進められていると考えられる。平成25～26年度にかけて、【日本化学会 会誌「化学と教育」】・【日本農芸化学会 会誌(化学と生物)】の雑誌に玉川学園課題研究について掲載された。また平成26年4月には、来日したアメリカ合衆国オバマ大統領に学生チームとして唯一ロボットの实演披露を行う機会を得た。このように玉川学園課題研究活動が全国的に高い評価を得ている。平成26年度では、「スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会」ではポスター賞を受賞した。第58回日本学生科学賞において都大会「優秀賞」「努力賞」「奨励賞」を受賞した。また、中学3年次に実施している「学びの技」内での生徒論文が「第14回立命館論文大賞」で優秀賞を獲得し、「全国サイエンスコンクール」で金賞を獲得し、課題研究活動に加え論文執筆活動も充実してきている。

先端科学への探究を可能にする高大連携の課題研究としての「SSH リサーチ脳科学」では、高大連携の弱点であった生徒主体の課題設定や研究推進の仕組み作りを中心に取り組んだ結果、「次に何をするのか考えながら観察実験をするようにしている」「大事なところはどこか考えるようにしている」「自分は何を調べたのか振り返るようにしている」の「非常にそう思う」「だいたいそう思う」が85%になり自主的な研究テーマで行えている。

## b. 創造性育成の評価

### b-1. 評価手法の開発と評価観点

【仮説】創造力は、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力と考える。

既知のことから考えて新しいことが理解できないでいたはじめの状態から、試行錯誤して理解できた終わりの状態を見れば、はじめにはなかった知識構造を持っていることになるはずなので、これは試行錯誤によって個人の中で創造されたものである。このように構成主義的な学習は、常に創造的なものであると考える。

構成主義的な学習の態度・行動の評価はアンケート評価で行い、パフォーマンス評価はOPPAの単元の前後での本質的な問いへの解答の変化による新たな知識がついたという意識をアンケートで評価する。

構成主義的な学習の態度・行動の評価観点  
学習は短期記憶的なものでなく

①将来的にも使える形での学習を意識しているか

学習は後で忘れるような学習のあり方でなく

②既習事項と関連させて学ぶのだと納得しているか

わからなくてもパターン学習で解けるようになればいいのではなく

③わかった気がするまで試行錯誤するのがいいと思っているか

授業中は、正解が書かれるのを待って写せばよいのではなく

④どうしてそうなのか考えながら授業にのぞんでいるか

学習の終了は問題が解けることだけでなく

⑤自分が納得できる話に作り直し自分のものにするという創造性に至る学習意識を持っているか

構成主義的に学習内容が構築されていけば、自然とさらなる創造的欲求にかられて

⑥学習面に創造的な追究が見られたかとする。

パフォーマンスは、OPPAの本質的な問いへの回答の変化の自覚から

⑦単元の前後で新たな知識がついたと思うか

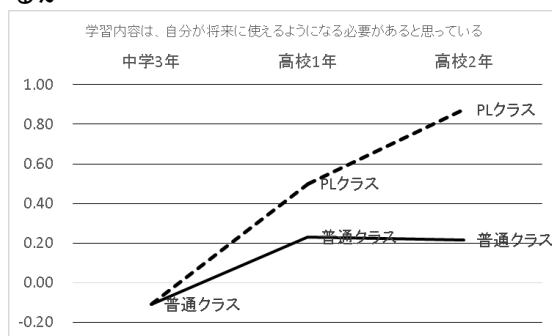
アンケートは5段階の回答の平均値を使用している。

非常にそう思う	だいたいそう思う	どちらとも言えない	あまりそう思わない	全くそう思わない
2	1	0	-1	-2

## b-2. 学年による回答変化

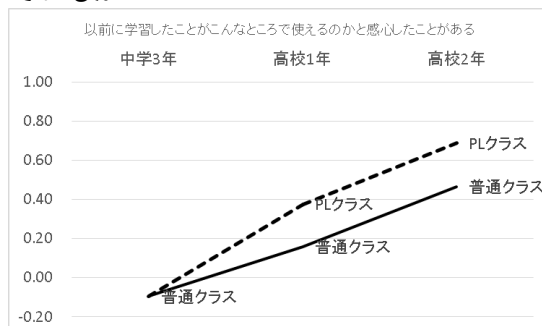
中学3年はSS理科、普通クラスは高校1年はSS化学基礎、高校2年は物理で、PLクラスは高校1年数理科学、高校2年は数学でとったアンケートで、学年変化を見る。

①将来的にも使える形での学習を意識しているか



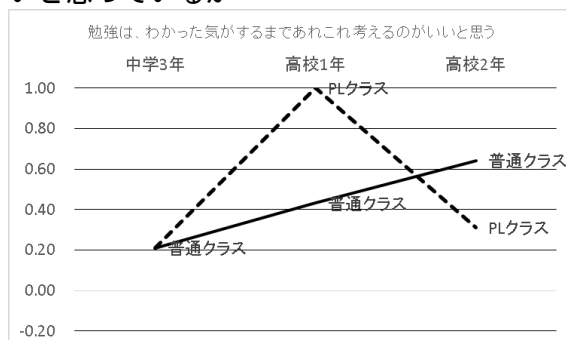
PLクラスは学年進行と共に伸びているが、普通クラスは高1→2で停滞している。

②既習事項と関連させて学ぶのだと納得しているか



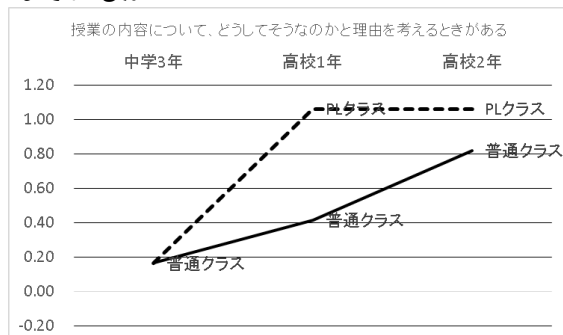
PLも普通クラスも学年進行で伸びている。

③わかった気がするまで試行錯誤するのがいいと思っているか



普通クラスは学年進行で伸びているがPLは高1→2で落ちている。これはPLでの学習内容の増加とそれに伴い試行錯誤する時間が確保できるかという問題が生じているためである。

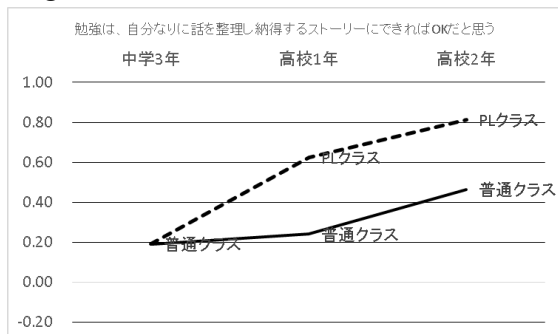
④どうしてそうなのか考えながら授業にのぞんでいるか



普通クラスは学年進行で伸びていて、PLは高1

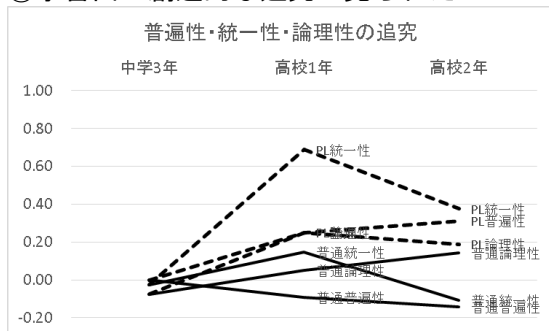
の段階でかなり高度に達しているせいか伸びがない。

⑤自分が納得できる話に作り直し自分のものにするという創造性に至る学習意識を持っているか



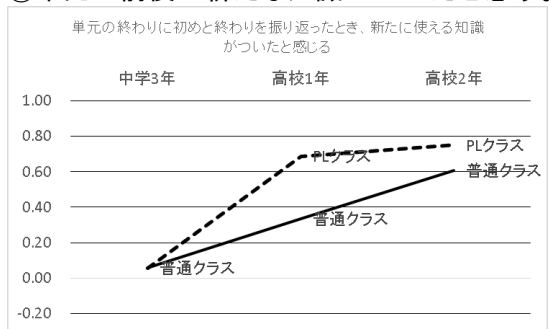
PLも普通クラスも学年進行で伸びている。

⑥学習面に創造的な追究が見られたか



高1特にPLクラスに若干見られるが、高2ではむしろ低下している。これは学習内容の増加に伴い、余裕がなくなっているためであろうと考えられる。

⑦単元の前後で新たな知識がついたと思う。



創造性につながる構成主義的な学習のパフォーマンスも学年進行で伸びてきている。

### c. 批判的思考力の評価

#### c-1. 批判的思考力の因子とその変化

【仮説】批判的思考力は、確かな証拠に基づき、前提や論理過程を明確化し、様々な考えがあることを知り、個人的な考えに陥らないように、前提・思考・結論の過程をチェックし、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。

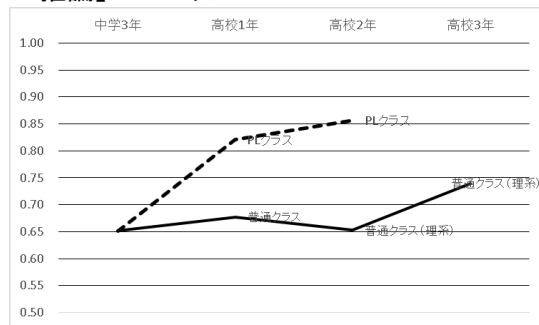
この仮説を作る際に参考にさせていただいた、京都大学の楠見孝先生による批判的思考力

の考え方に基づいて、批判的思考力のスキルとして「推論」「推論の土台の検討」「明確化」の3つと、批判的思考力の態度と行動の因子を評価した。3つのスキルに対してはパフォーマンステストを、態度・行動に関してはアンケートを行った。

学年変化を、中学3年、普通クラス高校1年、普通クラス高校2年理系、普通クラス高校3年理系、PLクラス高校1年、PLクラス高校2年でみる。

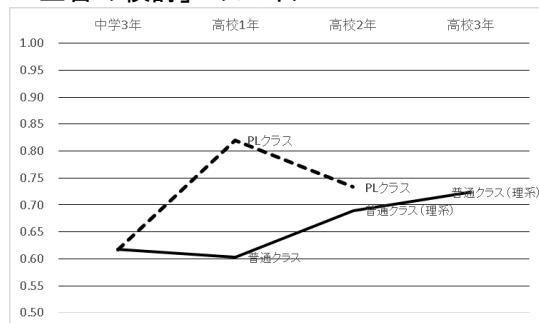
スキルテストは、文章題で各スキルに対して7問程度ありその正答率(1.0~0.0)で評価する。

#### 「推論」のスキル



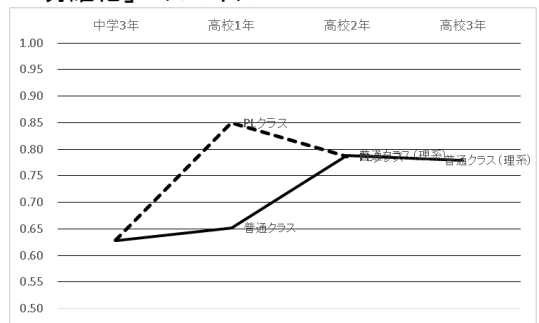
PLクラスは学年進行で伸びているが、普通クラスでは高2理系でわずかに落ちているが概ね学年進行で伸びている。

#### 「土台の検討」のスキル



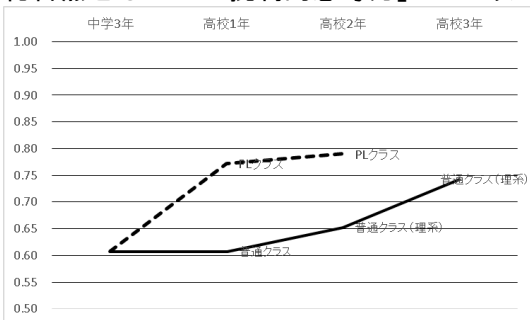
PLクラスでは高1→2で落ちている。普通クラスでは概ね学年進行で伸びている。

#### 「明確化」のスキル



これも「土台の検討」のスキルと同じ傾向が見られる。

## 総合点としての「批判的思考力」のスキル



総合的な批判的思考力のスキルは、やはり学年進行で伸びてきている。また全体的に PL クラスが高得点である。

### c-2. 批判的思考力と教科学習との関係

教科学習と批判的思考力の関係を見るために相関をとった。どの教科評価も標準偏差/平均値はほぼ 0.3 で同等に相関を評価できる。中学 3 年、高校 1 年は教科間の大きな差異は認められない。高校 2 年の各教科の 5 段階評価に対する批判的思考力の各スキルの正答率の相関係数は次のように特徴が見られる。

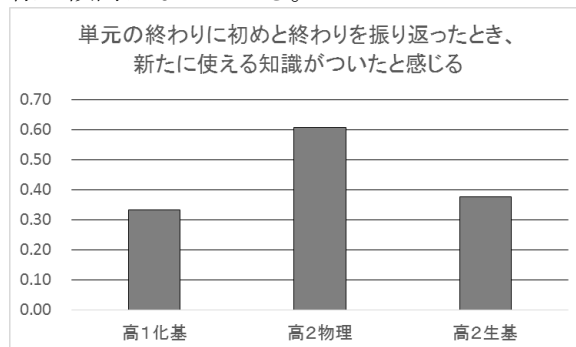
		批判的思考力				
		推論	土台の検討	明確化	批判的思考力	
高2 普通 理系	国語	0.3	0.5	0.3	0.2	
	数学	0.2	0.4	0.2	0.1	
	英語	0.1	0.3	0.2	0.1	
	理科	0.3	0.4	0.1	0.1	
	社会	0.3	0.5	0.3	0.2	
高2 PL 理系	国語	0.2	0.5	0.5	0.6	
	数学	0.7	0.5	0.3	0.8	
	英語	0.3	0.4	0.5	0.6	
	理科	0.3	-0.2	0.5	0.2	
	社会	0.4	-0.1	0.1	0.2	

高校 2 年 PL コースは普通クラスの理系に比べ「数学」が顕著に他教科と異なり、「推論」と「土台の検討」および「総合点」が(中)～(強)の相関があるように見える。実際 PL コースは「推論」や総合点の「批判的思考力」は普通クラスと比較してパフォーマンスの得点が高い。その要因は、組立型の学習が主に推論やその土台の検討の力を育てているからと考えられる。

		批判的思考力			
		推論	土台の検討	明確化	批判的思考力
高2 理系	物理	0.59	0.34	-0.06	0.24
	化学	0.28	0.36	0.21	0.01
	生物	0.09	0.47	0.13	0.18

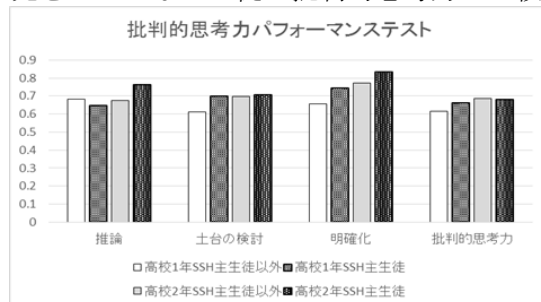
高校 2 年理系の物理・化学・生物の評価と批判的思考力の相関を見ると「物理」は「推論」と相関係数が 0.6 で総合点とも 0.2、「生物」は「土台の検討」と相関係数が 0.5 で総合点とも 0.2、「化学」には 3 つの要素ともにある程度相関が見られるが総合点の「批判的思考力」では相関は見られないという特徴がある。これは以下のように考えられると思う。物理では構造的な科目構成であるため推論と関係し、第一次近似された明確な状況が多いためこの部分への注意力が喚起されてないと考えられる。生物で

は、実験でコントロールと比較実験することが基本なので「土台の検討」と関係していると考えられる。化学は、複雑混合状況を分析する「明確化」や、定量分析や化学構造と反応などの「推論」部分や、因子を分析する比較実験という「土台の検討」と、色々な批判的思考力と関係しているが、生徒は其中で得意不得意があると考えられる。その結果、科目によって批判的思考力の関連する要素が異なると考えることができる。総合的な批判的思考力との相関では、物理>生物>化学となっているが、独自アンケートの単元の振り返りでも、物理>生物・化学と概ね同様の傾向になっている。



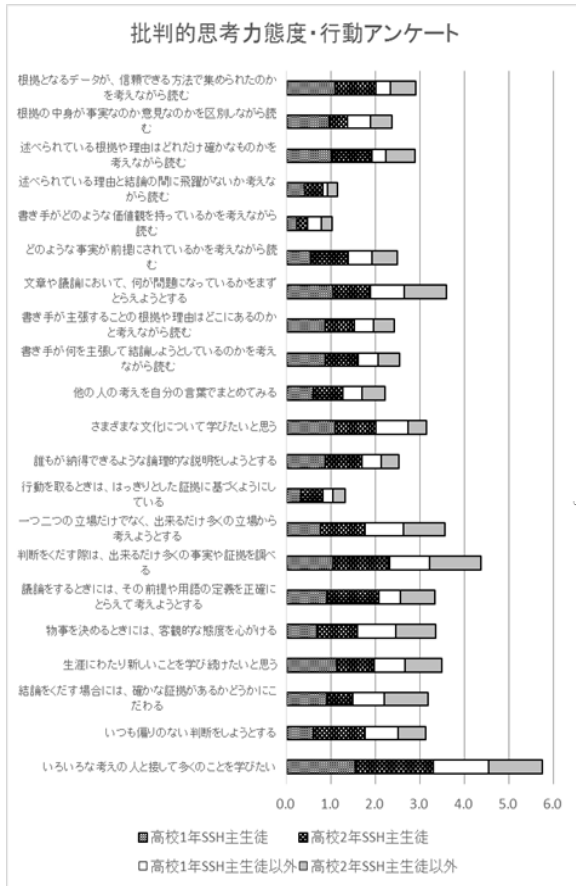
### c-3. SSH における批判的思考力の育成

課題研究をしている SSH 主生徒と、課題研究をしていない生徒の批判的思考力の比較。



批判的思考力のパフォーマンス得点からみると高校 2 年の「推論」や「明確化」で課題研究をしている主生徒の優位性が見られるが、合計点の批判的思考力ではあまり差が見られない。これも課題研究の物・化・生・数理というテーマの科目ごとの特性によって、批判的思考力の要素の該当する一部が育成されることのためであろうと解釈できる。

次に批判的思考力の態度・行動アンケートで、高校 1 年と高校 2 年の課題研究をしている SSH 主生徒と課題研究をしていない生徒の回答(-2 全くそう思わない~2 大変そう思う)の平均値を合計(-8~8)して内訳で見ると、課題研究をしている SSH 主生徒がそれ以外の生徒より概ねどの項目でも割合が大きく、課題研究によって批判的思考的な態度や行動を取る傾向が高くなっていると考えられる。



#### d. 創造性育成と批判的思考力との関係 相関分析の結果

【仮説】批判的思考力が創造力を補い、科学的検証に耐えうる独創的な探究活動ができると考える。

創造的な学習と批判的思考力の関係を調べるため、独自の創造性育成に関する構成主義的学習の態度・創造的学習の態度・OPPAによる構成主義的学習のパフォーマンスの自覚に関するアンケートと、批判的思考力の態度・行動のアンケートの相関係数を見た。

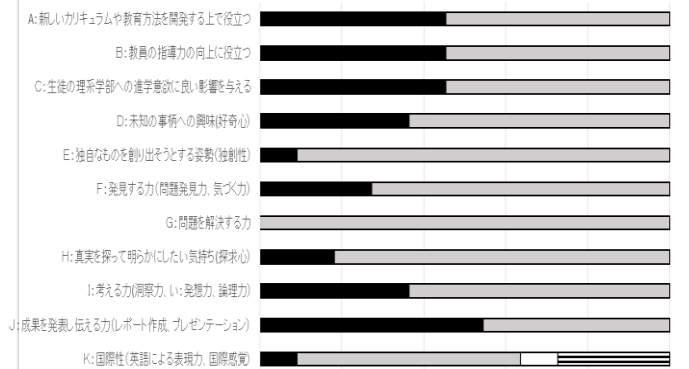
独自の創造性育成に関するアンケート 13 項目中 11 項目 (85%) で、批判的思考力の行動・態度アンケート 21 項目中 17 項目 (81%) と 0.2 ~ 0.3 の弱い相関があった。違いは、批判的思考力の行動・態度アンケートの客観性に関する項目が独自アンケートと関連がなかった点と、独自アンケートのわかるまで考える項目が批判的思考力の行動・態度アンケートのアンケートと関連がなった点である。(第7章参照)

OPPA のパフォーマンスの自覚のアンケート項目は、批判的思考力の態度とも行動も相関が見られている。自分の学習状況を振り返って考えて書くことがメタ認知ともなっているためであろうと考える。

#### e. 本プログラムに対する内外の評価

##### e-1. 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した。

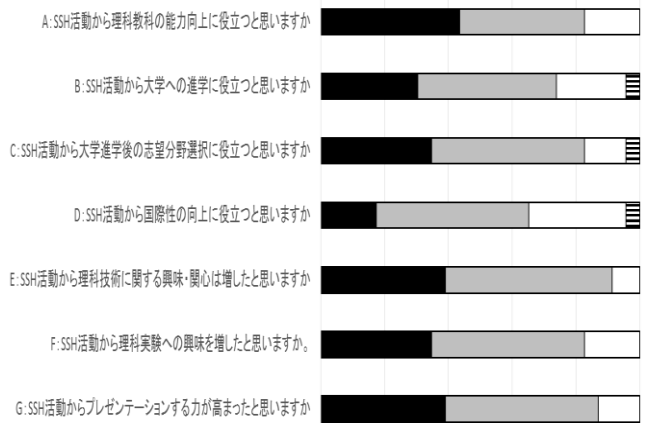


- 1. 全くそう思う
- 2. ややそう思う
- 3. どちらともいえない
- 4. あまりそう思わない

SSH 活動に対して約 90% 以上が肯定的な意見であった。A~B 項目が「そう思う」・「全くそう思う」が 100% であり、SSH 活動を通して教員側指導も改善がはかれている結果となった。また、生徒が養われる力に関しても肯定的な意見であった。このことから、SSH 活動の理解も進み、授業改善・生徒変容につながるといえる。

##### e-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。



- 強くそう思う
- そう思う
- あまりそう思わない
- 全くそう思わない

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

各項目に関して、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

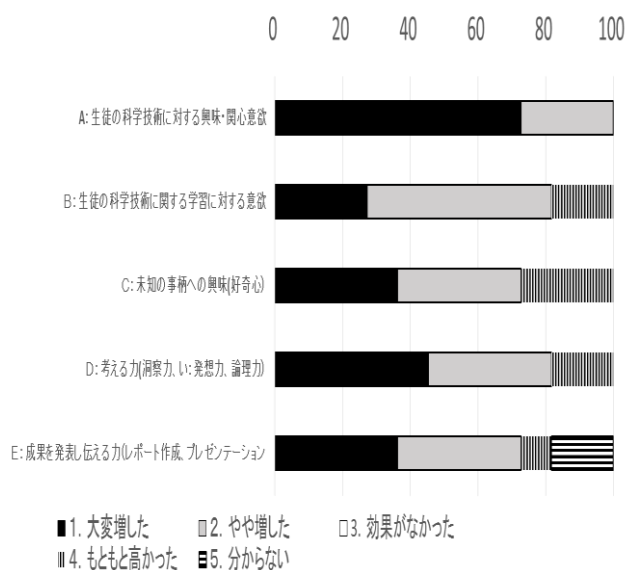
動が課題研究センターではなく、授業やSSH 特別授業の中で活動について理解していただいたことが肯定的な意見につながっていると考える。しかし、Dにおける国際性に関してだけは、他の項目に比べ肯定的な結果割合が減少していた。国際性に関して今年度から玉川学園は中学3年～高校1年生に理科授業中に英語を用いた実験をしている。理科と英語の教科連携目的などを明確にする必要がある。それ以外にも英語での発表会や留学生との交流会などに積極的に参加していき、国際性について改善していきたい。

### e-3. 連携機関(大学、研究機関等)

連携機関に対して、毎年実施されているSSH 連携意識調査アンケート項目を参考に独自アンケート項目から検証する。

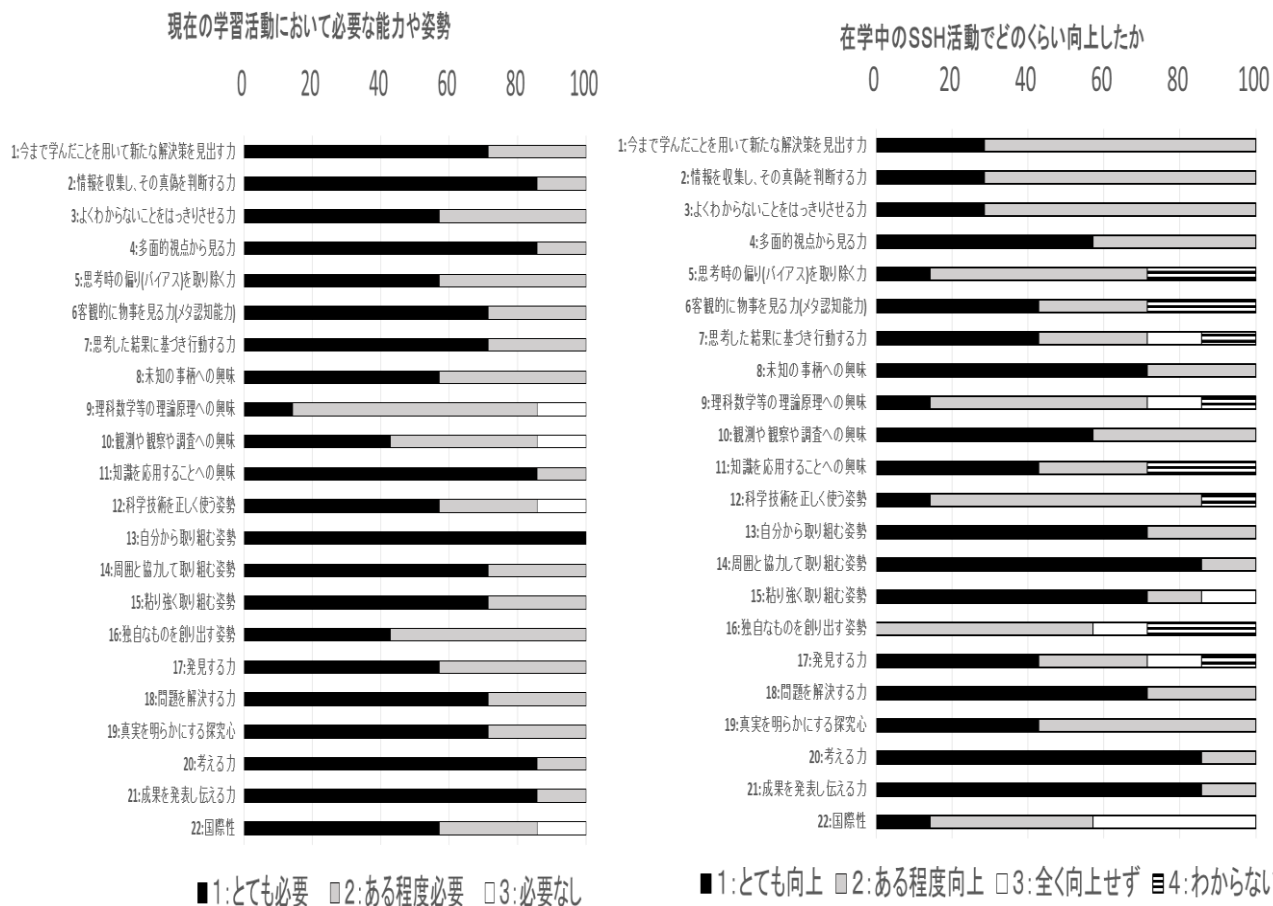
どのアンケート項目に関しても1～2の「増した」以上が約70%以上であり、「効果がなかった」に解答はなかった。このことは、連携機関との連携は生徒にとって大変必要なことであると感じていると言える。しかし、Eの質問項目であるレポート作成・プレゼンテーションに関しては、「分からない」と解答が見られた。実際、課題研究指導などは連携機関と密に実施しているが、レポート・プレゼンテーションは教員が指導することが多い。今後は、レポート・プレゼンテーション関連にも連携機関に関わって頂き、課題研究スタートから発表までのすべての過程を高校教員と連携できるように仕組み作りが必要である。

グラフ：連携活動が生徒に与える影響





## e-4. 卒業生に対するアンケート結果



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。

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。この結果から、卒業後、様々な部分で創造力・批判的思考力が必要であり、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。しかし、今回の卒業生は第1期目卒業生であり、研究開発課題が異なるため、在学中アンケートの「とても向上」したと解答した割合が低い結果となった。

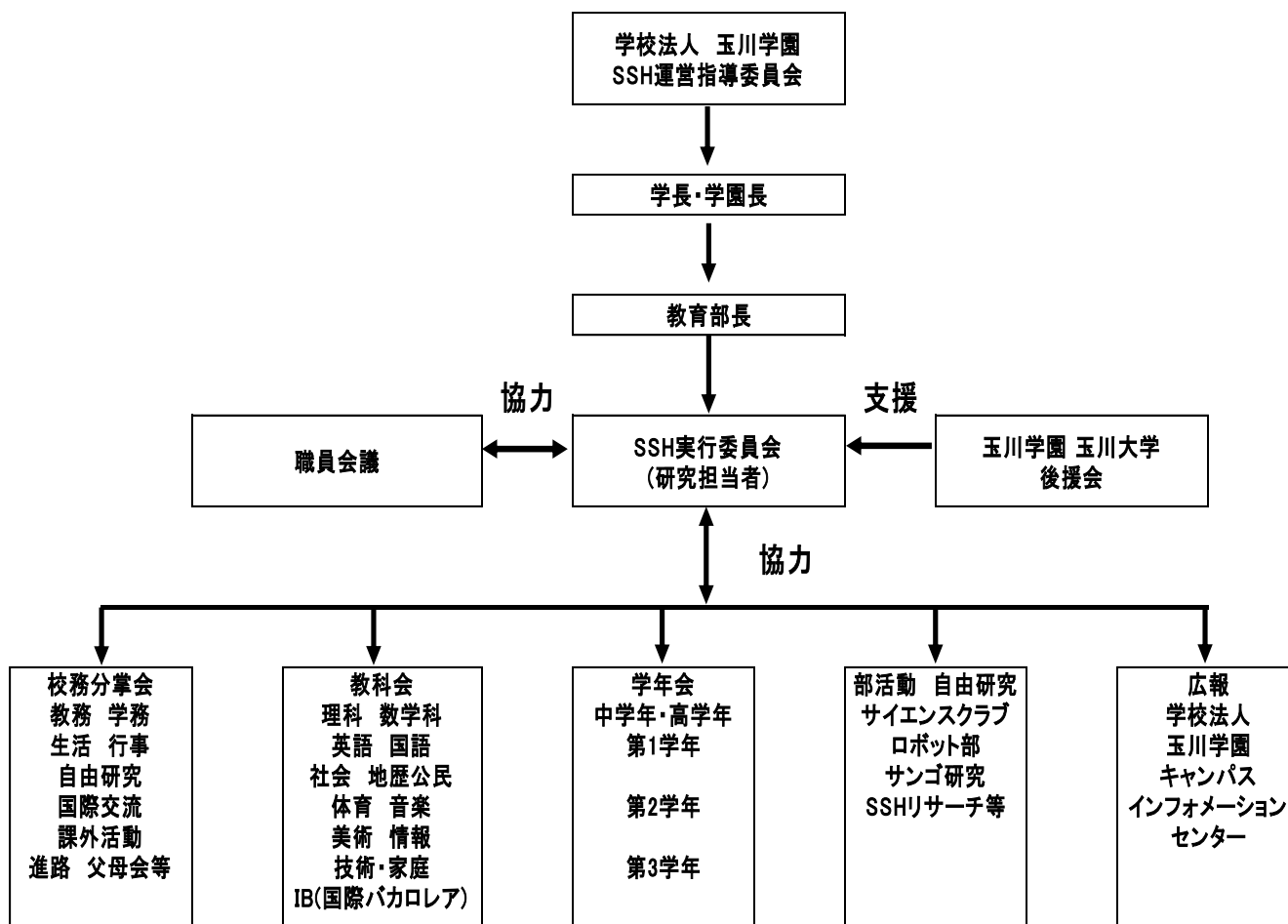
今後は、第2期卒業生に対して同様の調査を行い、創造力・批判的思考力に対して増加率を比較する必要がある。

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・13・14・15・18・19・20・21は特に「とても必要」と答えている。在学中のSSH活動のアンケート項目に関しては、13・14・15・18・20・21に向上したと約70%が解答している。在学中のSSH活動が大学などで大変役にたつことが考えられる。また玉川学園SSH活動として重要にしていた項目でもあるので、今後も重要な能力として育成していく。

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活動では、国際性が向上した生徒の割合が低いとともに、「全く向上せず」の部分に解答している卒業生がいる状況である。今後は、国際性に関するカリキュラムを改善していく必要がある。科学英語だけでなく、課題研究中でも国際性に関わるカリキュラム作成が必要であると考えられる。

# 第5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している。SSH実行委員会を開催し、玉川学園SSH教育研究プログラム「課題研究」、「教科連携」、「構成主義的授業」、「高大連携」における進行状況や課題点、今後の予定などの情報共有している。それらの情報を、定期的に開催される職員会議で教員全体に情報共有し、さらに検討を重ねている。

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」等と連携をしている。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、情報科または図書司書教員に加えて、各教科から教員を派遣しチ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。

今年度実施した教職員アンケート結果からも、SSH活動に関して「新しいカリキュラムや教育方法を開発する上で役立つ」・「教員の指導力の向上に役立つ」に関して「ややそう思う」と「全くそう思う」を合わせると100%の教員が解答している。SSH活動を通して教員側指導も改善がはかれている結果となった。また、生徒がSSH活動を通して養われる力に関しても肯定的な意見であった。SSH活動を通して、教員側指導改善・授業改善につながると考えている。

## 第6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

H25年度の課題	H26年度に実施した課題の改善策
<p><b>(1) 課題研究</b> 「学びの技」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・問いの発生装置による問いの独自性の確保が不十分だった。</li> <li>・TOKの要素を取り込んだ内容を推奨したが実施する生徒がいなかった。</li> </ul> <p>「SSHリサーチ」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・レゴ課題での中間発表における他のチームの生徒からのヒントの提示の形でメタ認知支援が、後半の個人研究で得られなかった。</li> <li>・生徒が設定する実験が、指導者側にとっても初めてのものが多く、有効な指導をすることができなかった。</li> </ul> <p>「SSHリサーチ科学」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・履修者数の大幅増で指導の量と質を確保できなかった。</li> </ul> <p>「SSHリサーチ脳科学」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・履修一年目で脳科学の知識が不十分であった。</li> </ul> <p>「TOK」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自分の身の回りの知識を分析させる過程を十分に経験させ、批判的思考力を育てることが課題であった。</li> </ul>	<p><b>(1) 課題研究</b> 「学びの技」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・過去の例からよい例悪い例を具体的に提示して改良を促す。</li> <li>・TOKの要素を取り込んだ内容を、カリキュラムに入れ、全員に実施した。</li> </ul> <p>「SSHリサーチ」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自由研究ノートで独自の課題に対する試行錯誤を支援した。</li> </ul> <p>各グループ（分野）ごとに状況報告会を設定し、他の生徒からの支援を受けられるようにした。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・指導教員を支援するための大学と連携した掲示板システムの構築を進めた。</li> </ul> <p>「SSHリサーチ科学」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・対応できる教員を増やしたが履修者が減少し問題は解消した。</li> </ul> <p>「SSHリサーチ脳科学」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・脳波などの実習に時間を割いた。</li> </ul> <p>「TOK」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・一条校としてのカリキュラムに入れ込むため、理系現代文で行った探究学習や過去に経験した学びの技を例に、思考バイアスなどに取り組んだ。</li> </ul>
<p><b>(2) 教科連携</b> 「数理科学」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・小テストの復習による知識の定着が直近の利益とは直接は結びつかないため、生徒の行動が「次の直近の利益」を得るための学習に向かってしまう。</li> </ul> <p>「理系現代文」:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・文章の読解や要約に関する力を十分指導できなかった。</li> </ul> <p>「科学英語」:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ディスカッションやディベートができる段階まで発話技能を引き上げ、実際に場を設定していくことが課題である。</li> <li>・1学年1クラスで普及しにくいことが課題である。</li> </ul>	<p><b>(2) 教科連携</b> 「数理科学」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・小テストの範囲を入れ子にして、直近の利益ともなるようにした。</li> </ul> <p>「理系現代文」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・探究活動を通じた発表や小論文を導入し資料の読解、要約を指導した。</li> </ul> <p>「科学英語」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・音読を重視し、英語での質疑応答を行った。様々な課題を課し、EFLと協力して発表質疑を行った。</li> <li>・レシテーションコンテストを全クラスで行い普及を図った。</li> <li>・中学3年・高校1年普通クラス全クラスで英語を使った理科を実施した。</li> </ul>
<p><b>(3) 構成主義的授業</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・一人の学習者が、3年・4年と継続してOPPAシートに取り組む際の想定が課題</li> </ul>	<p><b>(3) 構成主義的授業</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・OPPAの発案者の堀先生から他校の実施情報を含めこれまでの状況をお聞きした。</li> </ul>
<p><b>(4) 高大連携</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・SSH科学（脳科学）では、高大接続の研究開発も課題の一つとして取り組んでいるため、高校の評価方法と大学の評価方法との整合性を図る必要性が感じられた。</li> </ul>	<p><b>(4) 高大連携</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大学教員が独自に取ってきたアンケート結果を頂き整合性を検討した。</li> </ul>

H26年度の課題	H27年度に実施予定の課題の改善策や方向性
<p><b>(1) 課題研究</b></p> <p>「学びの技」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・問いのユニークさと資料の多さが反比例しがちであった。</li> <li>・TOKの要素を取り込んだ内容の理解度が低かった。</li> <li>・科学統計処理やTOKから質問スキルを提示したが、実際のポスターセッションでは質問があまり出なかった。</li> </ul> <p>「SSHリサーチ」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・生徒の課題研究の計画性の認知が低かった。</li> <li>・K12で使用している常用の掲示板との両立性を含め機能的な運用方法が課題である。</li> </ul> <p>「SSHリサーチ科学」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・後半の長期的な課題研究に移った際の生徒の自己チェックに対して指導の一貫性を確保することが課題である。</li> </ul> <p>「SSHリサーチ脳科学」:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・様々な機会に外部の発表会に参加しているが、科学コンクールなどの成果がまだ出ていない状況である。</li> </ul> <p>「TOK」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・批判的思考のスキルの練習をどの程度・頻度で行えば効果的か、個人学習がグループで協働学習か、批判的思考のパフォーマンスは問題解決型だが、授業形態でこのような学習は可能か、といったことが課題である。</li> </ul>	<p><b>(1) 課題研究</b></p> <p>「学びの技」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・両立する問いの特徴を見だし、指導する。</li> <li>・カリキュラム中の時間配分を増やす。</li> <li>・授業中に批判的思考力とそれに基づく質問力を育成する。</li> </ul> <p>「SSHリサーチ」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・全体スケジュールを意識させ、中間発表などをもう少しはっきりしたものにする。</li> </ul> <p>「SSHリサーチ科学」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・教材化などできるところで効率化をはかる。</li> </ul> <p>「SSHリサーチ脳科学」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・研究の切り口になる脳波などの知識や実習を充実させる。</li> </ul> <p>「TOK」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・H27年度実施に向け、教材として新たに制作している。</li> </ul>
<p><b>(2) 教科連携</b></p> <p>「数理科学」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・普通クラスへの普及のために物理・数学の2教員体制も簡素化しなければならない。</li> </ul> <p>「理系現代文」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ベネッセの批判的思考力パフォーマンステストと教科評価の相関があまりとれなかった。</li> </ul> <p>「科学英語」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2週間に1時間ため英語の用法や科学的知識が定着しづらい状況である。</li> </ul>	<p><b>(2) 教科連携</b></p> <p>「数理科学」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・物理基礎の教材化を進めており、前半は完成し、後半は講義ノートのデジタル化まで完了している。</li> </ul> <p>「理系現代文」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・教材を批判的思考の育成に適したものに改訂しH27年度に向け教材化が現在進んでいる。</li> </ul> <p>「科学英語」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・英語や中学3年理科・物理基礎・化学基礎の内容とリンクしたカリキュラムにして相補的にする。</li> </ul>
<p><b>(3) 構成主義的授業</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・OPPAシートの効率的なコメント、本質的な問いの設定が課題である。</li> <li>・1時間の構成主義的な授業のなかで、生徒が主体的に考えず、結果的にその場しのぎ的な学習になっている。</li> </ul>	<p><b>(3) 構成主義的授業</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・場合分けした効率的なコメント集の作成と共有。</li> <li>・本質的などというリンクした教科書の採用。</li> <li>・一時間の授業で、生徒が主体的に考えることが出来る明確な問題設定をする授業を展開する。</li> </ul>
<p><b>(4) 高大連携</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大学連携授業を含め、生徒自身が多面的な視点で考えさせる授業展開の検討を行う。</li> <li>・将来性と接続した授業展開が課題である。</li> </ul>	<p><b>(4) 高大連携</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・多面的な意見を受け止め、生徒が将来との関係性とのつながりを考えることができる授業展開を模索する。</li> </ul>

## 第 7 章 關係資料



## 平成 26 年度 運営指導委員会記録

### 【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 (農学部長)、大森 隆司 玉川大学大学院工学研究科 (工学研究科長)、富永 順一 玉川大学教育学部 (教授)、勝尾 彰仁 リベラルアーツ学部 (准教授)、加藤研太郎 量子情報科学研究所 (准教授)、甘利 俊一 理化学研究所脳科学総合研究センター (特別顧問)、小泉 嘉一 株式会社環境技術センター (代表取締役)、吉住 実 日立アロカメディカル株式会社 (代表取締役)、平田 大二 神奈川県立生命の星・地球博物館 (学芸部長)、飯田 秀利 東京学芸大学生命科学分野 (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代理)、藤樫大二郎 (高学年教育部長)、酒井 健司 (中学年教育部長)、川崎以久哉 (高学年教務主任)、後藤 芳文 (高学年 12 年学年主任)、渡辺 康孝 (高学年 10 年学年主任)、上村 雅明 (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 担当)、中村 純 (高学年理科)、今井 航 (高学年理科)、横山 絢美 (高学年数学)、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 10月3日(金) 16:30~18:00 実施場所 学園教学部会議室 参加人数 22名

1、始まりの挨拶 (藤樫大二郎高学年教育部長)

2、研究協議

- (1) 第Ⅱ期の玉川学園高等部・中学部SSH概要説明について ・Ⅱ期目SSH活動について
- (2) 平成26年度SSH実行委員会、SSH運営指導委員会、SSH主生徒、SSH体制について
- (3) 平成26年度SSH年間スケジュールについて
- (4) 平成26年度研究開発課題教科の現状報告について

3、今後の企画について

- ・東京都指定SSH発表会 12月23日(火) 玉川学園講堂他

4、各出席者の意見・指導

・指導要領の生きる力について・コンセプトの整理について・課題研究の材料について・ペアエデュケーションによる豊かな発想について・批判的思考力=多角的な思考力について・創造力を引き出すコミュニケーションの在り方について・企業内における批判的思考力の育成について・理系だけでなく文系生徒への展開の期待について・サイエンスとテクノロジーについて・メタ認知等概要について

5、総括 (石塚清章理事)

- ・年末開催予定の生徒発表会で生徒への直接の質問、ご意見等の機会をお願いしたい。

6、挨拶 (藤樫大二郎部長)

### 第 2 回運営指導委員会

実施日時 2月6日(金) 16:30~18:00 実施場所 学園教学部会議室 参加人数 22名

1、始まりの挨拶 (中村純高学年理科教諭)

2、平成26年度のSSH成果報告

- (1) 本学の研究開発課題について ・達成するための4つの教育プログラムと講義、研修報告
- (2) 研究開発課題テーマと実践内容
- (3) 研究開発課題教科活動報告 ・課題研究 (学びの技、SSHリサーチ脳科学他授業の方向性)

・教科連携 (数理科学、理系現代文他)・構成主義的授業 (OPPAシート導入の成果)・理科と英語 (EFL教員と連携の教材開発、科学研究発表の英会話指導法の開発)

3、今年度末の企画について

- ・玉川学園生徒発表会 3月10日(火) 13:00~17:00 玉川学園講堂他

4、各出席者の意見・指導

・創造力の育成を妨げる事由について・正解だけでなく失敗例を取り入れていく批判的思考の成長について・SSHの根幹である気づきの仕掛けの必要性について・本質に関わること、自発的に事実をおさえることを起点としていく批判的思考力について・創造的思考の訓練の可能性について・評価を意識する習慣を取り除き、個々の生徒に合った多様な教育プログラムの必要性について・基礎を教育する小学校教員養成課程の学生の批判的思考について・設定目標に対しての手法の検討について

5、総評 (石塚清章理事)

- ・多数のご意見に検討を重ね、5年間のピークである3年次のプログラム開発に活かしていきたい。

6、閉会挨拶 (藤樫大二郎部長)

### 音波

本質的な面白い音波とはどのような波か。また、音波特有の現象にはどんなものがあり、それらはどのような現象か。

音波は空気を振動させて伝わる。音波は光とは異なり、途中にエネルギーの減衰がある程度伝わる。

## 学習の軌跡

年 組 番 氏名

**9/3** ○今日の授業のタイトルをつけて下さい  
①**タイトル 音の伝わり方**

○今日の授業で最も大切だと思うことを自分の言葉で書きましょう。

音は発生したものが媒質を振動させて伝わり、それが鼓膜→神経→脳へと伝わることで聞いている(感じている)。

●音波は真空中には伝わりません。縦波です。

○質問や感想があったら書きましょう

コトバ: 耳で聞いているのではなく、脳で聞いているので。

**9/4** ○今日の授業のタイトルをつけて下さい  
②**タイトル 音の要素**

○今日の授業で最も大切だと思うことを自分の言葉で書きましょう。

音の高さは周波数(振動数): ①→②, ②→③  
音の大きさは振幅: ①→②, ①→③  
音色は波形によって決まっている(変化する)。

○質問や感想があったら書きましょう

コトバ: 耳で聞いている。

**9/8** ○今日の授業のタイトルをつけて下さい  
③**タイトル 音の性質**

○今日の授業で最も大切だと思うことを自分の言葉で書きましょう。

音は連続的に屈折して(温度によって)夜のほうが音が響く(速く伝わる)。

また、波長が短いほど屈折しやすいため、音の性質が異なる物体から伝わる(温度? 周波数?)の屈折や反射があったら書きましょう。それが理由である。

コトバ: 音が屈折しているというイメージはよくある。

**9/18** ○今日の授業のタイトルをつけて下さい  
④**タイトル 音の干渉**

○今日の授業で最も大切だと思うことを自分の言葉で書きましょう。

干渉は、振動数の異なる2つの音の波と同時に同じことで聞かせる。

振動数の差が小さい(周波数が同じ)場合は、音の大きさが大きくなる(干渉)。

○質問や感想があったら書きましょう

コトバ: あり振動数の差が大きい干渉は聞かれない。

**9/24** ○今日の授業のタイトルをつけて下さい  
⑤**タイトル ドップラー効果**

○今日の授業で最も大切だと思うことを自分の言葉で書きましょう。

観測者を中心に考えて、音源が近づいてくる時(観測者が近づくと同じ)は、実際に高い音が聞かれます。反対に遠ざかる時は、実際に低い音が聞かれます。

○質問や感想があったら書きましょう

コトバ: 観測者が動く場合は、次の時間学習しよう。

**9/25** ○今日の授業のタイトルをつけて下さい  
⑥**タイトル 音源と観測者が動くドップラー効果**

○今日の授業で最も大切だと思うことを自分の言葉で書きましょう。

$f' = \frac{v}{v - v_s} \cdot f$  この式は音源の速さ  
 $f' = \frac{v}{v + v_o} \cdot f$  観測者の速さが同じ

ない時に使える(同じ向きがながれば良い?)

○質問や感想があったら書きましょう速さと向きが同じと

コトバ: 音源と観測者が同じ速さだとドップラー効果は起きない。

**10/1** ○今日の授業のタイトルをつけて下さい  
⑦**タイトル 固有振動数**

○今日の授業で最も大切だと思うことを自分の言葉で書きましょう。

固有振動数: 物体が自由に振動するときの振動数。それを固有の振動数で振動させる。外部から周期的な振動を加えると、その固有振動数と同じ振動数で振動し始める。次第に固有振動数と同じ振動数で振動し始める。

○質問や感想があったら書きましょう

コトバ: 具体的にはどんな割合で共振、共鳴という。

**10/2** ○今日の授業のタイトルをつけて下さい  
⑧**タイトル 弦の固有振動数**

○今日の授業で最も大切だと思うことを自分の言葉で書きましょう。

弦は波長が  $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}$  倍になると、振動数は2倍、3倍になります。反比例の関係にある。弦はほどほどに張ると固有振動数も変わります。

○質問や感想があったら書きましょう

コトバ: 固有振動数は一つだけの値がある。複数の値はあります。

**10/6** ○今日の授業のタイトルをつけて下さい  
⑨**タイトル 閉管と開管**

○今日の授業で最も大切だと思うことを自分の言葉で書きましょう。

閉管 = 固定端反射で1, 3, 5...奇数振動。  
開管 = 自由端反射で両端が限り、1, 2, 3...倍振動。

○質問や感想があったら書きましょう

コトバ: 図と一緒に理解しました。

本質的な面白い音波とはどのような波か。また、音波特有の現象にはどんなものがあり、それらはどのような現象か。

媒質を振動させて伝わる縦波。音エッジ、音色によって異なる音波が生じる。

干渉は、振動数の異なる音波が干渉すると、干渉が生じる。

音源、観測者が動くとき、ドップラー効果が生じる。

物体は、固有振動数で振動している。それと同じ周波数の音を加えれば、共振して振動を強め、共振、共鳴する。

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? 自分の考え方が変わったことについてどう思いますか。

まず、用語の知識が深まった。又、今まで音を感覚的にしめ提えることが多かったので、それを実際に式や数字で表すことにより、より明確に、詳しいところまで理解することができた。

又、音は身近なものなので、それが具体的にわかってくると、興味味が深まった。素晴らしいことです。

あとは、公式として覚えて、どの問題にそれを使うのか見極められるようになった。(できるようになる)。

●創造性に関する独自アンケートと批判的思考力の態度と行動のアンケートの相関係数

		批判的思考力の態度のアンケート										批判的思考力の行動のアンケート									
探究心)いろいろな考えの人と接して多くのことを学びたい	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	-0.0	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
探究心)生涯にわたり新しいことを学び続けたいと思う	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
客観性)いつも偏りのない判断をしようとする	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
客観性)結論をくだす場合には、確かな証拠があるかどうかにかたどわる	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
探究心)判断をくだす際は、出来るだけ多くの事実や証拠を調べる	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
客観性)議論をするときには、その前提や用語の定義を正確にとらえて考えようとする	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
客観性)物事を決めるときには、客観的な態度を心がける	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
客観性)一つ二つの立場だけでなく、出来るだけ多くの立場から考えようとする	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
証拠の重視)行動を取るときは、はっきりとした証拠に基づこうようにしている	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
論理的思考への自覚)誰もが納得できるような論理的な説明をしようとする	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
探究心)さまざまな文化について学びたいと思う	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
他の人の考えを自分の言葉でまとめる	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
書き手が何を主張して結論しようとしているのかを考えながら読む	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
書き手が主張することの根拠や理由はどこにあるのかを考えながら読む	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
文章や議論において、何が問題になっているかをまずとらえようとする	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
どのような事実が前提にされているのかを考えながら読む	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
書き手がどのような価値観を持っているのかを考えながら読む	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
述べられている理由と結論の間に飛躍がないか考えながら読む	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
述べられている根拠や理由はどれだけ確かなものか考えながら読む	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
根拠の中身が事実なのか意見なのかを区別しながら読む	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
根拠となるデータが、信頼できる方法で集められたのかを考えながら読む	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	

創造性育成に関わる独自アンケート

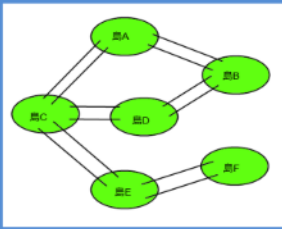
構 成 的 な 学 習 的 創 造 的	0	P	P	A
問1 授業の内容について、どうしてそうなのかと理由を考えるとときがある	0.2	0.1	0.1	0.1
問7 以前に学習したことがこんなところで使えるのかと感じたことがある	0.2	0.1	0.1	0.1
問11 学習内容は、自分が将来に使えるようになる必要があるかと思っっている	0.2	0.1	0.1	0.1
問13 勉強は、わかった気がするまであれこれ考えるのがいいと思う	0.2	0.1	0.1	0.1
問16 勉強は、自分なりに話を整理し納得するストリーにてできればOKだと思う	0.2	0.1	0.1	0.1
問17 以前の学習も、今の学習内容と同じように考えられないうちに考えてみる	0.2	0.1	0.1	0.1
問18 勉強は、一つのやり方でやらないで、いろいろなやり方でやってみる	0.2	0.1	0.1	0.1
問19 單元どうしのつながりを考えて、全体として理解しようとする	0.3	0.1	0.1	0.1
問20 授業の内容が、日常生活の何と関連するか考える	0.1	0.1	0.2	0.1
問21 授業の終わりにその日のまとめを書くとき、前に書いたことも見る	0.2	0.1	0.2	0.1
問22 授業の終わりにその日のまとめを書くとき、頭の中でまとめる	0.2	0.2	0.2	0.1
問23 単元の終わりで、初めと終わりを振り返ったとき、少しわかったことがある気がする	0.3	0.2	0.2	0.1
問24 単元の終わりに初めと終わりを振り返ったとき、新たに使える知識が身についたと感じる	0.2	0.1	0.1	0.2

# n次元におけるチェスのナイトによるハミルトン路問題

## Problem of Hamilton Path with Knight in Chess in n-Dimensions

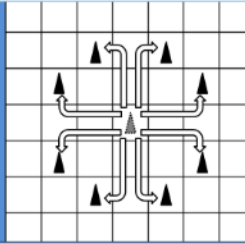
玉川学園高等部 3年 栗山和大

Tamagawa Academy 12th Kazuhiro Kuriyama



### 定義

ハミルトン路とは、グラフにおいて全ての点をたった一度だけ通る道のことをいう。



チェスのナイトの動きを、ナイトが存在するマス目から縦横4方向に2マス、そこから垂直に1マス移動する、計8通りの移動方法をナイトの動きと定義する。

### 先行研究について

私たちの研究は出発点と終点が異なるハミルトン開路であるが、海外では終点=出発点に戻るハミルトン閉路の研究が「Closed Knight's Tours」という名で行われており最近まで気がつかなかった。  
n次元化は2012年に成されており、今回の発表での手順に近い方法がとられている部分もあった。  
Knight's Tours in Higher Dimensions, Joshua Erde,  
Electronic Journal of Combinatorics: arXiv:1202.5548v1 [math.CO] 24 Feb 2012

## 2次元におけるナイトの動きにおけるハミルトン路の研究結果

### 初期段階：試行錯誤

7	12	23	18	5
22	17	6	11	24
13	8	15	4	19
16	21	2	25	10
1	14	9	20	3

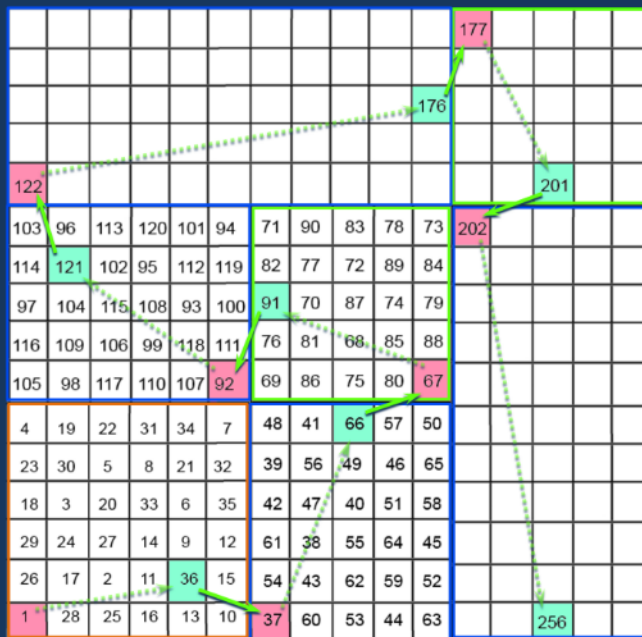
4	19	22	31	34	7
23	30	5	8	21	32
18	3	20	33	6	35
29	24	27	14	9	12
26	17	2	11	36	15
1	28	25	16	13	10

25	4	15	46	43	6	17
14	41	26	5	16	47	44
3	24	33	42	45	18	7
40	13	38	27	34	31	48
23	2	35	32	37	8	19
12	39	28	21	10	49	30
1	22	11	36	29	20	9

36	57	16	5	34	55	18	7
15	4	35	56	17	6	33	64
58	37	50	39	48	43	8	19
3	14	45	42	51	40	53	32
26	59	38	49	44	47	20	9
13	2	25	46	41	52	31	64
60	27	12	23	62	29	10	21
1	24	61	28	11	22	63	30

左図のように具体的に構成して  $n \times n$  のマス目がハミルトン路を持つか検証した。その結果、 $5 \times 5$  から  $20 \times 20$  までのマス目がハミルトン路を持つことを確認した。また、 $2 \times 2$ 、 $3 \times 3$ 、 $4 \times 4$  がハミルトン路を持たないことを示した。

27	16	9	22	29	14	37	42	47	54	35	62	67	72	79	60
8	23	28	15	10	21	48	53	36	41	46	73	78	61	66	71
17	26	19	4	13	30	43	38	51	34	55	68	63	76	59	80
24	7	2	11	20	5	52	49	32	45	40	77	74	57	70	65
1	18	25	6	3	12	31	44	39	50	33	56	69	64	75	58



### 一般化：証明に向けたアイデア

右図 ( $n=5k+1$ ) のようにマス目を連結して  $5 \times n$  ( $n=5k, 5k+1, 5k+2, 5k+3, 5k+4$ ) が、 $(1, 1)$  をスタートとし  $(n, 3)$  で終了するハミルトン路を持つことを示した。  
上の結果と  $n=5 \sim 9$  で  $5 \times n$  は  $(1, 1)$  出発で  $(n-1, 4)$  終了が、 $n \times n$  は  $(1, 1)$  出発で  $(n-1, 2)$  終了が出来ることを用いて、 $n \times n$  が  $(1, 1)$  をスタートとし  $(n-2, 1)$  で終了するハミルトン路を持つことを示す。  
 $n \times n$  が  $(n-5) \times (n-5)$ 、 $5 \times (n-5)$ 、 $(n-5) \times 5$ 、 $5 \times 5$  のマス目が連結したマス目と考えて、 $n$  を5で割ったときの余りについて場合分けをして証明した。

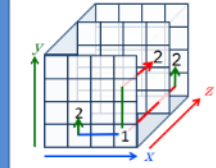
### 結論1

$n \times n$  は、 $n \geq 5$  のとき  $(1, 1)$  をスタートとし  $(n-2, 1)$  で終了するハミルトン路を持つ。



# 高次元におけるナイトの動きによるハミルトン路の研究結果

**定義** n次元でのナイトの動き  
 n個ある座標軸から1マス移動する軸、2マス移動する軸をそれぞれ1つずつ選び、それぞれの軸の正負どちらに移動するかを決定し移動するものとする。



## 3次元と4次元の試行錯誤の結果、およびn次元での予想

3次元 4×4×4…4(3)



4次元 4×4×4×4…4(4)



2次元では4×4はハミルトン路を持たないが、3次元の4×4×4、4次元の4×4×4×4はハミルトン路を構成できた。

このことから、3次元以上について、 $n \times n \times \dots \times n \times n$  がハミルトン路を持つためのnの条件は、 $n \geq 4$ であると予想された。

ここでは、全ての辺がaのb次元のマス目をa(b)と表すとする

### 証明(のアウトライン)

- 1、 $n \geq 5$ のとき、任意のnについて $n(2)$ が(1,1)をスタートとし $(n-2,1)$ で終了するハミルトン路を持つときに、 $n(m)$  ( $m:m \geq 2$ の整数)がハミルトン路を持つことを示す。
  - 2、 $n \geq 5$ のnについて、 $n(2)$ が(1,1)をスタートとし $(n-2,1)$ で終了するハミルトン路を持つことを示す。
- 以上で $n \geq 5$ のnについて、 $n(m)$  ( $m:m \geq 2$ )がハミルトン路を持つことを示せるため、次に $n=4$ について考える。
- 3、 $n=4$ のとき、 $4(3)$ が(1,1,1)をスタートとし(3,1,4)で終了するハミルトン路を見つけ、 $4(3)$ が(1,1,1)をスタートとし(3,1,4)で終了するハミルトン路とき、 $4(m)$  ( $m:m \geq 3$ )がハミルトン路を持つことを示す。

**結論2**  $n(m)$  がハミルトン路を持つためのn, mの条件は、 $n \geq 4$ かつ $m \geq 3$ 、または、 $n \geq 5$ かつ $m=2$



平成 26 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 2 年次

- 発行年月日 平成 27 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