

平成 14 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

平成 16 年 3 月

立 命 館 高 等 学 校

〒612-0884 京都市伏見区深草西出山町 23 TEL075-645-1051

## はじめに

立命館高等学校長 後藤文男

21世紀に入った最初の教員会議で、私は「21世紀の半ばまでに、この学校からノーベル賞をもらえるような科学者を輩出したい、それが新しい世紀のスタートにあたっての私の夢である」と述べました。当時、理数系の素養をベースにした学校のあり方を模索していた本校にとって、まさに夢のような目標とはいえ、そこに一步でも近づくために、どのような学びのシステムが考えられるのか、どのような力を生徒たちに身につけさせるのか、中高大一貫教育が行なえる環境を持つ学校として、そのメリットをどう活かすのかなど、様々な「あり方」議論の根本で、常にその夢を意識してきたと思っています。

今回、「Rits スーパーサイエンス構想」として設定した4つの研究開発課題は、そうした一連の議論の中から生まれたものです。したがって、この構想は、中学校から始まり高校・大学・大学院までの10年あるいは12年間を見通した息の長い、しかもかなり多面的な取り組みを想定していると同時に、世界を舞台に活躍できる、すぐれた人材をどのように育てられるかという問いに対して、私たちなりのアプローチの仕方を示すことを大きなねらいとしています。

次代の科学技術の最先端を担う人材の育成には、第一に、科学への興味関心を引き出し、第二に高い理数系の素養を獲得させ、第三に高い目的意識と創造性を育て、第四に社会性と倫理観を身につけさせることが肝要であると考え、それぞれに対応した実践課題を用意してきました。

第1年次にはこれらの課題を研究、実践するための準備を中心に取り組み、いよいよ本年、第2年次を迎え、各課題に向けての実践がスタートしました。とりわけ、立命館大学びわこ・くさつキャンパス（BKC）内に本校の専用施設であるカラーニングハウスⅡを設け、高校教員と大学教員が日常的に連携をとりながら高校生を育てていく「スーパーサイエンスプログラム（SSP）」という大きな研究開発が動き出しました。生徒の科学研究への興味付けや実験、実習環境を考える時、大学キャンパス内で生徒を育てることは理想的であると思います。しかしながら、この環境だからあたりまえという成果ではなく、その環境を真に活かすためにはどのような「育て方」がよりよい方法なのかを見極められるような教育システム開発を目指したいと考えています。そのためには、高校教育と大学教育の垣根を払い、教員間の意思疎通がたいへん重要であることは言うまでもありません。幸い、本学園にはそのような気風が古くから育っており、大学と協力して中等段階での理想の科学教育を模索したいと思っています。

さらに、21世紀の科学者に求められる倫理観や社会性、協調性を育てることも重要な柱として、独自科目「生命」の取り組み等も本年度からスタートしました。これらの取り組みの各々は概ね目的を達成できたかと考えておりますが、第3年次である次年度には、これらすべての取り組みが互いに相乗効果を持ち、大きな科学教育システムとして結実できますよう、関係諸機関の皆様方からのご指導、ご批判をいただければと存じます。次代の日本の科学技術教育に活かされる成果を収められますよう努力していききたいと思います。

## 目 次

|                                      | ページ   |
|--------------------------------------|-------|
| はじめに                                 |       |
| 〔１〕 立命館高等学校におけるスーパーサイエンスハイスクール研究開発目的 | 1     |
| 〔２〕 研究開発の概要                          | 4     |
| （１） 課題別概要                            |       |
| （２） 本年度（研究開発第２年次）の重点課題               |       |
| 〔３〕 研究開発の経緯                          | 9     |
| 〔４〕 研究開発の内容                          | 1 3   |
| Ⅰ．スーパーサイエンスプログラム（ＳＳＰ）                | 1 3   |
| Ⅱ．スーパーサイエンスワークショップ（ＳＳＷ）              | 3 9   |
| Ⅲ．スーパーサイエンスサタディ（ＳＳＳ）                 | 4 8   |
| Ⅳ．『生命』の取り組み                          | 5 8   |
| Ⅴ．理科でのその他の取り組み                       | 8 1   |
| Ⅵ．課外での取り組み                           | 9 0   |
| Ⅶ．スーパーサイエンスフェア（ＳＳＦ）                  | 1 0 1 |
| 〔５〕 実施の効果とその評価                       | 1 1 0 |
| （１） 取り組みの概括的評価                       |       |
| （２） 生徒の状況                            |       |
| （３） ２キャンパスにわたる学校生活の課題                |       |
| （４） 「本年度の重点課題」〔〔２〕－（２）に基づく評価〕        |       |
| （５） 教員集団の状況と学校運営への効果、評価と課題           |       |
| （６） 研究開発実施上の課題及び今後の研究開発の方向           |       |
| 〔６〕 資料編                              | 1 3 3 |

## 〔1〕立命館高等学校におけるスーパーサイエンスハイスクール研究開発目的

中等教育は、次代の担い手となる子どもたちの夢を引き出し、その具体的な実現の筋道を示し、展望を与え、必要な力を身につけさせていくことを使命とする。本校は中等教育と高等教育の本格的連携が可能な環境を活かし、身につけた高度な能力によって、「科学技術創造立国」と21世紀国際社会の発展に貢献する、若くエネルギーに満ちた人材育成の筋道を示すことによって、その使命の達成に接近したいと考えた。その視点は以下の通りである。

第一に、科学への興味関心を高め、問題発見・解決にあたる素養を高めることが重要である。そのためには、中高を通して科学への興味関心を引き出し膨らます取り組みを豊富に設定することが効果的と考える。

第二に、数学・理科の高度な素養と学力を身につけさせるためには、知識の詰め込みだけでなく、諸課題に対して、科学的視点に立脚し、適切な数理的処理能力を育てることが肝要である。科学的視点とは、問題解決に際して、その原因や本質を見極めるための適切な方法と論理を組み立てられる視点であり、数理的処理能力とは、充実した数学・物理の基礎学力に裏付けられた解析力である。このような力を育てる教育のプロセスを構築したい。

第三に、これら高い興味・関心と身につけた基礎学力の上に、より高い目標を目指して力を伸ばしていく方法を、高校と大学の連携によって構築する。最先端の科学研究課題に高校生がアプローチしていく筋道と、大学教育への接続のあり方を明らかにしたい。

第四に、科学に携わる人間としての高いモラルや大きなプロジェクトを組織できるリーダーシップを兼ね備えた人材育成を目指す上では、科学倫理教育と、連携や協働を具体的に組織していくことも必須と考えてきた。

以上を踏まえ、以下4つの研究開発課題を設定した。

課題Ⅰ：「理数系学習への意欲・興味・関心を高める教育内容の研究開発」

驚きの心 (Sense of Wonder)、独創性・創造性、工夫や応用を楽しめる心を引き出し育てる学習の展開

課題Ⅱ：「理数系の高い素養を獲得し、豊かな創造性の基盤を育てる教育課程の研究開発」

数学・物理における中高大連携カリキュラムと興味深い学習内容の構築

課題Ⅲ：「科学技術創造立国を担う高い目的意識を育てる高校と大学・大学院の連携に関する研究開発」

最先端の科学技術への関心を高め、高い目的意識を引き出し育てる「最先端科学研究入門プログラム」の高大連携による構築

課題Ⅳ：「科学技術に携わる者としての倫理観や社会性を高める指導についての研究開発」

独自科目「生命」における「いのちのサイエンス」の学習、科学倫理教育、および科学技術に関わる問題発見・解決にあたっての能力等を高める共同作業・共同研究の具体化およびそれに至る学習プロセスの構築

## 〔2〕研究開発の概要

### （1）課題別概要

#### 課題Ⅰ 「理数系学習への意欲・興味・関心を高める教育内容の研究開発」

##### ◇研究のねらい

「理科離れ」や理数系学習に対する意欲の低下が社会全般で問題となっている中、高等学校段階にある生徒が、意欲を高めて学習に向かおうとするための学習内容を探り、その系統化をはかる。

##### ◇目標

- ・ 入学段階から意識的に核となる生徒を見いだし、系統的にサポートすることによって、より高度な学習に取り組む、高2以後のスーパーサイエンスプログラムに進む母体層を育てること。
- ・ 校内的な取り組みだけでなく、国内外の同世代との交流や、各分野の先端的な部分を担う専門家等との交流を通して、現代的かつグローバルな視野をそなえた学習基盤を強化すること。
- ・ 生徒達が関心を持って取り組むテーマに関して、研究プロジェクトを立ち上げ、課外での取り組みとして継続的に強化すること。

##### ◇研究開発の内容（研究テーマ）

##### ① スーパーサイエンス・サタディ（SSSaturday）

実践内容 高校1年生で次年度スーパーサイエンスプログラム（SSP）選択希望者を中心に土曜日を利用した講座を実施。

実践結果の概要 普段の授業ではあまり取り入れられないような、数学パズル、高度な実験、製作活動等、年間20回の講座を実施し、生徒の科学への興味を喚起できた。

##### ② スーパーサイエンス・フェア（SSFair）

実践内容 高校生による研究発表の場を他校に呼びかけて実施。

実践結果の概要 11月14日～15日、本校、および、早稲田本庄高等学院、Australia Science & Mathematics School を中心として実施し、互いの学校の学校紹介、科学研究発表、ポスターセッション、他校SSH授業体験、ディスカッション、施設見学等の内容を行う。生徒間のコラボレーションと交流の場となり、大きな成果を得た。

##### ③ プロジェクト研究

実践内容 プロジェクトチームによる科学研究の実践。

実践結果の概要 「ダイヤモンド合成実験」「深草地層研究」等、生徒のプロジェクトチームによる研究を行い、Japan Science & Engineering Challenge へ応募する。

#### 課題Ⅱ 「理数系の高い素養を獲得し、豊かな創造性の基盤を育てる教育課程の研究開発」

##### ◇研究のねらい

最先端の科学技術を理解すること、身近なところから問題発見しその解決のプロセス

を構築して行動化することのいずれにおいても高度な基礎学力が大きな役割をになう。本校では、中高一貫校であり、かつ大学附属校であることのメリットを最大限にいかして、中高大が連携した高度な数学教育カリキュラムの構築と、それにリンクする高等学校レベルでの物理教育の有り様を探る。

#### ◇目標

- ・ 数学における中高一貫の独自カリキュラム構築の上に、高等学校における履修内容の見直しをはかること。
- ・ 大学入門期から高度な専門教育の基盤となる数学的力量を分析し、効果的な高大連携数学カリキュラムを構築し、独自テキストを編成すること。
- ・ 数学教育とリンクした物理教育内容の高度化をはかること。
- ・ これらを踏まえ、対外的な指標によって本校の数学教育の到達水準を検証する方法を探ること。
- ・ より高度な学習に取り組む生徒を組織し、高度な学力に到達させる課外の取り組みを通して高校生の可能性を探ること。

#### ◇研究開発の内容（研究テーマ）

##### ① 独自数学カリキュラムの構築

実践内容 SSP における数学カリキュラムの構築。

実践結果の概要 物理学習とリンクした数学学習を行えるよう学習順序、内容に配慮し、さらに、次年度高校3年生での到達目標と学習内容の整理を行った。

##### ② 高大連携数学カリキュラムと教育内容の検討

実践内容 中高一貫教育における数学カリキュラムの検討。

実践結果の概要 立命館大学教員と本校、および、同一法人内の附属校である、立命館宇治高等学校、立命館慶祥高等学校の数学、物理教員による研究会を実施し、テキスト編纂を目指す。

##### ③ 数学独自テキストの編成

実践内容 選択科目での数学独自科目のテキスト編成。

実践結果の概要 「線型数学」「解析入門」「統計数学」「経済数学」「コンピュータ数学」「数学演習」の教科書について、チームを組んで執筆。

##### ④ 数学セミナー

実践内容 合宿形式のグループによる数学学習。

実践結果の概要 1泊2日の合宿形式で、グループ毎に数学問題に取り組み、数学学力の向上のみならず、学習の共同化の意識を喚起できた。

##### ⑤ 物理学習の高度化

実践内容 実験、推論、討論を中心とした物理授業を展開。

実践結果の概要 デジタルセンサーを使った自主的で精度の高い高度な実験と討論およびデジタルコンテンツにより物理だけに限らない幅の広い自然認識とその方法をしっかり身に着けることを目標とし、最先端科学とのつながりを重視して学習を展開した。

### 課題Ⅲ 「科学技術創造立国を担う高い目的意識を育てる高校と大学・大学院の連携に関する研究開発」

#### ◇研究のねらい

大学と連携をとった教育や最先端の研究現場に触れることなどによって、高い目的意識を持たせ、より高度な科学学習への動機付けとする。また、それらを将来への進路意識につなげ、今後の研究の礎とする。

#### ◇目標

- ・ 最も進んだ高大連携を行うために大学キャンパス内に高等学校専用施設を設け、大学教員と高校教員が定期的に協議する場を設定する。
- ・ 授業における大学院生T A（ティーチングアシスタント）の活用により高度な演習・実習を行うとともに、院生の研究生活にも触れさせる。
- ・ 最先端の科学研究現場に触れさせることにより、将来への目的意識を強く持たせる。
- ・ チームによる製作活動を通じての、学習意識の高揚を図る。

#### ◇研究開発の内容（研究テーマ）

##### ①高2 スーパーサイエンスプログラム（SSP）

実践内容 数学・物理学習の高度化と高大連携科目を設置したプログラムの実施。

実践結果の概要 立命館大学びわこ・くさつキャンパス内に設けられた本校専用の施設を利用して、プログラムを実施。数学・物理学習の高度化と、高大連携科目である「最先端科学研究入門」を実施。「最先端科学研究入門」では高校、大学の教員が連携し、「マイクロマシンテクノロジー」「形状モデリング」「マイクロプロセッサの設計」「環境工学入門」の4分野の講義を行った。

##### ②スーパーサイエンス・ワークショップ（以下SSW）

実践内容 SSP 生徒を中心に日本国内の最先端研究施設への訪問と各施設での研修を行う。

実践結果の概要 「素粒子班」 スーパーカミオカンデ、核融合科学研究所  
「生命班」 日本科学未来館、国立遺伝学研究所  
「宇宙班」 日本科学未来館、NASDA つくば宇宙センター  
以上、3班に分かれ、事前学習、訪問研修、事後発表を含めたワークショップを実施。

##### ③マイクロロボットの取り組み

実践内容 マイクロロボットの学習、製作を行う。

実践結果の概要 4チームがマイクロロボットメイイズコンテストへ向けて取り組み大会に出場する。

#### 課題Ⅳ 「科学技術に携わる者としての倫理観や社会性を高める指導についての研究開発」

##### ◇研究のねらい

21 世紀の科学研究分野を担う研究者にとって必要な倫理観、社会性、協調性を養うことが現在の教育の中で重要な課題として位置づけられる。この課題のための方法を研究する。

##### ◇目標

- ・ 「いのちのサイエンス」を学ぶことで人を大切にすることをふまえた科学倫理感を高める。
- ・ 身近な題材を用いて科学者としてのモラルについての学習をさせる。
- ・ 多くの研究者のすぐれた業績にふれることで、科学者としての社会性を獲得させていく。
- ・ プレゼンテーションにより自らの考えを発信する姿勢を高める。

##### ◇研究開発の内容（研究テーマ）

###### ①「生命」

実践内容 「いのちのサイエンス」を学ぶ授業として、高校2年生全員に独自科目「生命」を設置した。

実践結果の概要 遺伝子の学習等を中心とした「いのちのサイエンス」や生命倫理を学ぶ授業として、自主編集テキストにしたがって授業を行い、年度後半には、グループごとに課題を設定して取り組むプレゼンテーションコンテストの取り組みを行った。

###### ②講演会

実践内容 科学への認識を深めるための講演会を実施。

実践結果の概要 以下の講演会を実施。

「これからのエンジニアに望む」

日本電池株式会社相談役 寿栄松 憲昭氏

「ノーベル賞フォーラム」への参加

利根川進氏、シドニー・ブレンナー氏、田中耕一氏

「光と動物 ～脳で光を感じる～」

日本光生物学協会会長 大石 正先生

「数学の生命科学に果たす役割」

大阪大学大学院工学研究科教授 八木 厚志先生

## （２）本年度（研究開発第２年次）の重点課題

第１年次の研究開発の経験と教訓を踏まえ、また、試行的取り組みや前倒しの取り組みがすべて本格展開となる第２年次の研究開発の性格を踏まえ、上記研究テーマを「縦軸」とするならば、以下の事項はすべての研究テーマに共通する「横軸」として意識して、研究開発を進めてきた。

- ・ どのような学習の動機付けが、全体として意欲を高めることにつながるのか。
- ・ どのような学習形態が、生徒の意欲と力量を向上させるのに有効か。
- ・ 最先端の科学技術水準に触れることにより、理系に進むことを決めている生徒の意識や学習意欲はどのように変化・向上するのか。
- ・ 日常的な学習やその到達水準はどのように変化するのか。
- ・ 本校の研究開発は、生徒のどのような側面を伸ばし、どのような側面に対しては不十分でありどのような改善が必要なのか。
- ・ 個々の生徒に着目し、それぞれがどのように変化したのかを追いかけることによって、肯定的側面と否定的側面（不十分点）を明らかにすること。さらには、生徒は実際どこまで伸びる可能性があるのかを明確にすること。
- ・ これら生徒の全体状況や個別状況を追う上で有効な数値的指標や評価のあり方について研究を深めること。
- ・ 本校は大学附属の学校であり、受験動機による学習ではない形での学びを追求している。その可能性を具体的に明らかにする。すなわち、このシステムの中で伸びていく生徒の資質、伸びるために必要な基礎・意識・意欲、伸ばすための教育内容や授業形態、個別支援のあり方等である。
- ・ 大学と高等学校が全面的に協力することによって、数学・理科および科学技術に関わる教育において可能なことを、できるだけ本校のような環境（総合学園の一貫教育）に限定しない後期中等教育と高等教育の連携課題として明らかにする。

〔3〕研究開発の経緯

| 月 | 日  | 曜 | SSH 事業                                                               |
|---|----|---|----------------------------------------------------------------------|
| 4 | 3  | 木 | 早稲田本庄高等学院来校                                                          |
|   | 4  | 金 | デジタルコンテンツ（JST）に関わるアンケート                                              |
|   | 8  | 火 | 数研来校 SSH の取り組み紹介                                                     |
|   | 10 | 木 | 【SSP 授業】開講式典                                                         |
|   | 15 | 火 | 【SSP 授業】授業開始 深川先生全体講義                                                |
|   | 17 | 木 | 【SSP 授業】                                                             |
|   | 22 | 火 | 【SSP 授業】最先端科学研究入門オリエンテーション                                           |
| 5 | 1  | 木 | 【SSP 授業】                                                             |
|   | 6  | 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」開始                                                |
|   | 8  | 木 | 【SSP 授業】SSSaturday 説明会                                               |
|   | 10 | 土 | 第 1 回 SSSaturday                                                     |
|   | 13 | 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」                                                  |
|   | 15 | 木 | 【SSP 授業】                                                             |
|   | 20 | 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」                                                  |
|   | 22 | 木 | 【SSP 授業】                                                             |
|   | 31 | 土 | 第 2 回 SSSaturday                                                     |
| 6 | 2  | 月 | 南オーストラリア州教育省来校                                                       |
|   | 3  | 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」                                                  |
|   | 5  | 木 | 【SSP 授業】                                                             |
|   | 6  | 金 | COE シンポジウム（ナノ・情報）参加                                                  |
|   | 10 | 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」                                                  |
|   | 12 | 木 | 【SSP 授業】                                                             |
|   | 14 | 土 | 第 3 回 SSSaturday（SSH 講演会 日本電池株式会社相談役 寿栄松憲昭氏）<br>ジョンポール校 キャッシー・ムーア氏来校 |
|   | 16 | 月 | 能力開発工学センター来校                                                         |
|   | 17 | 火 | 【SSP 授業】飯田先生 全体講義 実地調査・経理監査                                          |
|   | 19 | 木 | 【SSP 授業】デジタルコンテンツ（物理）ビデオ撮り                                           |
|   | 20 | 金 | 第 1 回数学セミナー                                                          |
|   | 21 | 土 |                                                                      |
|   | 24 | 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」                                                  |
|   | 26 | 木 | 【SSP 授業】                                                             |
|   | 28 | 土 | 第 4 回 SSSaturday<br>デジタルコンテンツシンポジウム                                  |
| 7 | 1  | 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」サイエンスワークショップ希望調査                                  |
|   | 10 | 木 | 【SSP 授業】                                                             |

|    |    |   |                                            |
|----|----|---|--------------------------------------------|
|    | 12 | 土 | 第5回 SSSaturday 全校教育懇談会 (SSH 分科会報告)         |
|    | 15 | 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」中間検討会                   |
|    | 16 | 水 | SSSaturday 説明会                             |
|    | 18 | 金 | 早稲田本庄高等学院・日本科学未来館訪問                        |
|    | 19 | 土 | 第6回 SSSaturday 数学特講 マイクロロボット製作開始           |
|    | 20 | 日 | 第7回 SSSaturday 数学特講                        |
|    | 21 | 月 | 第8回 SSSaturday 数学特講                        |
|    | 23 | 水 | 数学特講 SSW 事前講義 高倉先生                         |
|    | 24 | 木 | 数学特講 SSW 事前講義 小野先生                         |
|    | 25 | 金 | 数学特講 松江東高校来校 SSW 事前講義 核融合科学研究所 中村先生        |
| 8  | 12 | 火 | 奈良教育大学重松先生訪問                               |
|    | 18 | 月 | 第9回 SSSaturday ● 第2回数学セミナー                 |
|    | 19 | 火 | 第10回 SSSaturday ●                          |
|    | 20 | 水 | 第11回 SSSaturday 数学特講                       |
|    | 21 | 木 | 第12回 SSSaturday 数学特講                       |
|    | 22 | 金 | 第13回 SSSaturday 数学特講、京都大学 建山先生 講演会打ち合せ     |
|    | 26 | 火 | SSW ● A グループ                               |
|    | 27 | 水 | ● SSW ● B グループ ● C グループ                    |
|    | 28 | 木 |                                            |
|    | 29 | 金 |                                            |
| 9  | 2  | 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」<br>総合研「SSH 進捗状況と今後の展望」 |
|    | 9  | 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」                        |
|    | 11 | 木 | 【SSP 授業】                                   |
|    | 16 | 火 | 【SSP 授業】SSW 報告会                            |
|    | 22 | 月 | 京都教育大学附属高校訪問                               |
|    | 24 | 水 | 北野高校・西大和高校訪問                               |
|    | 25 | 木 | 【SSP 授業】                                   |
| 10 | 2  | 木 | 【SSP 授業】                                   |
|    | 7  | 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」                        |
|    | 9  | 木 | 【SSP 授業】                                   |
|    | 10 | 金 | ● 第3回数学セミナー                                |
|    | 11 | 土 | マイクロロボット製作 ●                               |
|    | 14 | 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」 宇都宮高校来校                |
|    | 16 | 木 | 【SSP 授業】                                   |
|    | 17 | 金 | 第1回運営指導委員会                                 |
|    | 18 | 土 | 高校学校説明会 (SSP 生徒発表)                         |
|    | 19 | 日 | 国際マイクロロボットコンテスト参加、                         |

|    |      |                                          |
|----|------|------------------------------------------|
|    |      | 京都府私中学校高等学校教育研究大会                        |
|    | 25 土 | 第 14 回 SSSaturday (京都大学 建山先生 講演会)        |
|    | 28 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」                      |
|    | 30 木 | 【SSP 授業】                                 |
|    | 31 金 | SSF 生徒実行委員会 (第 1 回) SSMC スタート 高崎女子高等学校来校 |
| 11 | 1 土  | 第 15 回 SSSaturday                        |
|    | 4 火  | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」 ノーベル賞フォーラム           |
|    | 5 水  | SSF 生徒実行委員会 (第 2 回)                      |
|    | 6 木  | 【SSP 授業】                                 |
|    | 7 金  | SSF 生徒実行委員会 (第 3 回)                      |
|    | 9 日  | SSF 発表リハーサル                              |
|    | 10 月 | H1 生徒 SSP 説明                             |
|    | 11 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」                      |
|    | 12 水 | ASMS 来日                                  |
|    | 13 木 | 【SSP 授業】ASMS BKC 授業参加                    |
|    | 14 金 | ● SSFair                                 |
|    | 15 土 | ●                                        |
|    | 16 日 | 常任理事会 SSH 報告                             |
|    | 17 月 | ASMS 深草来校                                |
|    | 18 火 | 【SSP 授業】金光高等学校来校                         |
|    | 20 木 | 【SSP 授業】H1 保護者 BKC 見学会                   |
|    | 22 土 | 第 16 回 SSSaturday                        |
|    | 23 日 | ASMS フェアウェルパーティ                          |
|    | 24 月 | ASMS 帰国                                  |
|    | 25 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」                      |
|    | 27 木 | 【SSP 授業】                                 |
| 12 | 2 火  | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」                      |
|    | 4 木  | 【SSP 授業】                                 |
|    | 13 土 | 第 17 回 SSSaturday                        |
|    | 16 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」<br>日本光生物学協会 大石先生 講演会 |
|    | 18 木 | 【SSP 授業】                                 |
|    | 20 土 | 数学特講                                     |
|    | 22 月 | 数学特講                                     |
| 1  | 8 木  | 【SSP 授業】                                 |
|    | 13 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」 ● 富山高校訪問             |
|    | 15 木 | 【SSP 授業】 ●                               |
|    | 17 土 | 立命館附属 3 校合同研修集会 マイクロロボット発表               |

|   |    |   |                                     |
|---|----|---|-------------------------------------|
|   | 19 | 月 | SSSaturday 説明会                      |
|   | 20 | 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」                 |
|   | 22 | 木 | 【SSP 授業】                            |
|   | 24 | 土 | 第 18 回 SSSaturday                   |
|   | 27 | 火 | 【SSP 授業】                            |
|   | 28 | 水 | 八木先生講演打ち合せ                          |
|   | 29 | 木 | 【SSP 授業】                            |
| 2 | 3  | 火 | 【SSP 授業】「最先端科学研究入門」（高 3 のみ）         |
|   | 5  | 木 | 【SSP 授業】                            |
|   | 14 | 土 | その道の達人講演会 筑波大学 鎌田先生                 |
|   | 17 | 火 | 【SSP 授業】                            |
|   | 19 | 木 | 【SSP 授業】                            |
|   | 20 | 金 | 京都教育大学附属高校訪問                        |
|   | 21 | 土 | 第 19 回 SSSaturday                   |
| 3 | 2  | 火 | 海洋科学技術センター訪問                        |
|   | 13 | 土 | 第 20 回 SSSaturday SSH 講演会 大阪大学 八木先生 |
|   | 14 | 日 | 神奈川県立柏陽高校来校                         |
|   | 15 | 月 | 第 2 回運営指導委員会                        |
|   | 16 | 火 | 生命プレゼンテーションコンテスト                    |
|   | 17 | 水 | 高知県立高知小津高校来校                        |
|   | 19 | 金 | 筑波大学附属駒場高校来校                        |
|   | 24 | 水 | SSH 生徒交流会                           |
|   | 25 | 木 |                                     |
|   | 26 | 金 | 名古屋大学附属中学校・高等学校                     |

#### 〔４〕研究開発の内容

### I スーパーサイエンスプログラム (SSP)

#### I－１ ねらいと研究方法

スーパーサイエンスプログラム（以下 SSP と表す）は、高校２年、３年の希望生徒を対象に、立命館大学理工学部のあるびわこ・くさつキャンパス内の本校専用施設において、高校教員と大学教員が連携して、教育を行うプログラムであり、本校の SSH 事業の最も中心となる取り組みである。

本校は立命館大学の附属校であり、高等学校から大学へは「学内進学推薦制度」という進学制度を持っている。これにより、多くの生徒が受験を経ることなく大学へ進学することが可能である。この制度の存在により、本校では、「大学受験」とらわれない教育を展開することができ、大学での研究や社会で活躍できる人材として真に必要な能力を養い得る高校教育を追及してきた。その結果、本校から立命館大学へ進学している学生は、大学での成績評価指標 GPA によると、すべての学部、すべての回生において、高い成績をあげており、大学院進学率、就職状況、難関試験合格率等、様々な方面で好成績を残している。しかしながら、「受験」がないことにより、学習への姿勢が甘くなる時期、いわゆる「中だるみ」現象や、基礎学力の定着の弱い生徒が存在することなどの欠点も指摘できる。このような問題に対して、「受験」ではなく、大学での研究活動を早期に意識させることによって、より高いモチベーションで学習に向かわせ、生徒の持つ能力を最大限に発揮できる教育を追及したいと考え、これまで大学と連携した進路指導に重点を置いてきた。今次の研究開発においては、大学教育とさらに高い連携をとり、生徒の能力開発にあたることを目的とした。

具体的には、以下のような仮説を立て、研究開発を行う。

SSP によって、

- ① 大学キャンパスでの学習、生活により、早期に進路意識や将来の研究への意識を喚起できる。
- ② ①の結果、学習への高いモチベーションが形成される。
- ③ 大学での研究を見据えた学習内容により、生徒の学習面での「自主性」「向上心」が伸長される。

以上の仮説を検証するための取り組みとして、大学での最先端の研究活動に高校生が触れる機会と、教育内容での高大連携を大切にして、以下に述べるようなプログラムを実践してきた。

## I-2 プログラムの概要

- 【対象生徒】 高校2年生 希望生徒 63名  
 高校3年生 希望生徒 12名（「最先端科学研究入門」のみ参加）
- 【実施曜日】 毎週 火曜日・木曜日
- 【実施場所】 立命館大学びわこ・くさつキャンパス（BKC）内  
 立命館高等学校専用校舎 コラーニングハウスⅡ

このプログラムのための高等学校専用校舎を大学キャンパス内に設け、その施設を基点に大学施設も有効利用しながら教育にあたった。高等学校専用施設である、コラーニングハウスⅡは、4階建ての校舎で、6つの普通教室、4つの小教室の他、プレゼンテーションルーム、コンピュータラボ、2つのサイエンスラボ、コンピュータリサーチエリア（自学習スペース、図書室）、ロボティクスラボ、ミーティングルーム、及び、スタッフルームで構成されている。



### 【時間割】

#### 【火曜日】

|       | Cass2A    | Class2B |       |
|-------|-----------|---------|-------|
| 9:10  | 物理        | 数学B     | 9:10  |
| 10:40 |           |         | 10:40 |
| 10:50 | 数学B       | 数学Ⅱ     | 10:50 |
| 12:20 |           |         | 11:50 |
|       |           |         | 12:30 |
| 13:00 | 数学Ⅱ       | 物理      | 13:00 |
| 14:00 |           |         | 14:00 |
| 14:10 | 最先端科学研究入門 |         | 14:10 |
| 15:40 |           |         | 15:40 |
| 15:50 | 数学演習      | 数学演習    | 15:50 |
| 16:20 |           |         | 16:20 |

#### 【木曜日】

|       | Cass2A | Class2B |       |
|-------|--------|---------|-------|
| 9:10  | 数学Ⅱ    | 英語      | 9:10  |
| 10:40 |        |         | 10:40 |
| 10:50 | 英語     | 物理      | 10:50 |
| 12:20 |        |         | 12:20 |
|       |        |         | 13:00 |
| 13:00 | 物理     | 数学Ⅱ     | 13:00 |
| 14:30 |        |         | 14:30 |

63名の生徒を2クラス（31名と32名）に分割し、時間割を組んだ。授業は基本的に、大学講義にあわせて、90分授業で行う。「最先端科学研究入門」は大学教員と

高校教員が協力して行う高大連携科目であり、その授業を大学の講義時間に合わせるため、火曜日数学Ⅱの時間を分割し、後半を演習時間とした。数学、物理、英語については、高校教員が行う授業である。月・水・金については、深草キャンパスで上記以外の科目の授業が他の生徒と一緒に組まれている。

### I－3 授業での取り組み（数学）

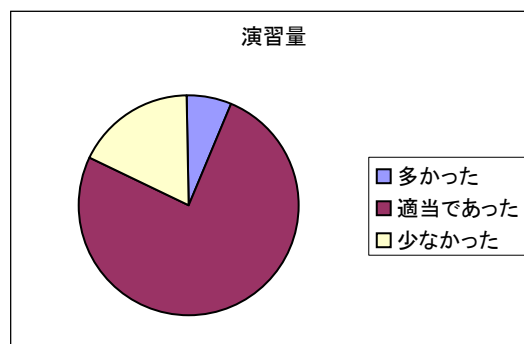
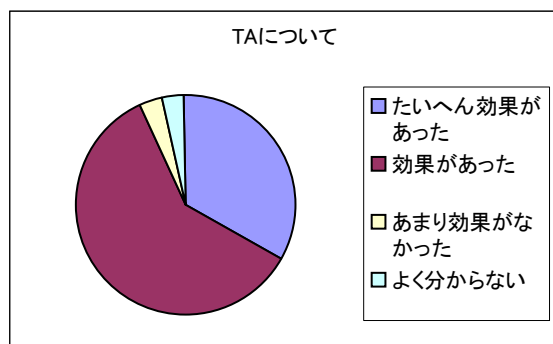
【科目・時間数】 数学Ⅱ 4単位（週2コマ）  
数学B 2単位（週1コマ）

【授業内容】

#### 数学Ⅱ

微積分の学習を先行させ、物理における「力学」の学習とリンクさせた。整関数の微分・積分の学習を一通り終えたところで、歴史的発達順序に従った微積分の再学習として、積分の発想から微分が誕生してきた過程を学習し、「微積分の基本定理」にたどりつく。そして、物理で学習している「落下運動」が微分や積分の計算によって、簡単に導き出せることを学習した。その後、分数関数、無理関数、三角関数、指数関数、対数関数と扱う関数を初等関数全域に広げていき、各関数について学習する中で同時にその導関数についても学習していった。その結果、時間的にもかなり短縮でき数学Ⅲの内容である関数の微分の部分をすべて終えられた。対数関数については、毎年苦手とする生徒が多いことから、対数の利用について、教科書の他に、対数方眼紙の利用を扱ったり、対数関数を学習した後ですぐにその導関数を学ぶこと等で理解が深まったと考えている。

毎週火曜日の授業の後半部分を演習授業にあて、その1週間での学習内容を演習できるプリントを作り担当教員の他にTA（ティーチングアシスタント）3名を配置して補助にあたってもらった。63名の生徒に対して4名体制で指導した。この演習は生徒からの評判も次のグラフが示すように高く、理解増進に役立ったと考えている。



#### 数学B

通常授業が週1回90分で行われるということと、上記のように数学Ⅱで微積分からスタートするために、数学Ⅱの「図形と方程式」の部分を扱ったことで、いかに効率よく、講義→演習→解説を行うかを年度当初には考えた。5～6月に行われた個人面談で、数学

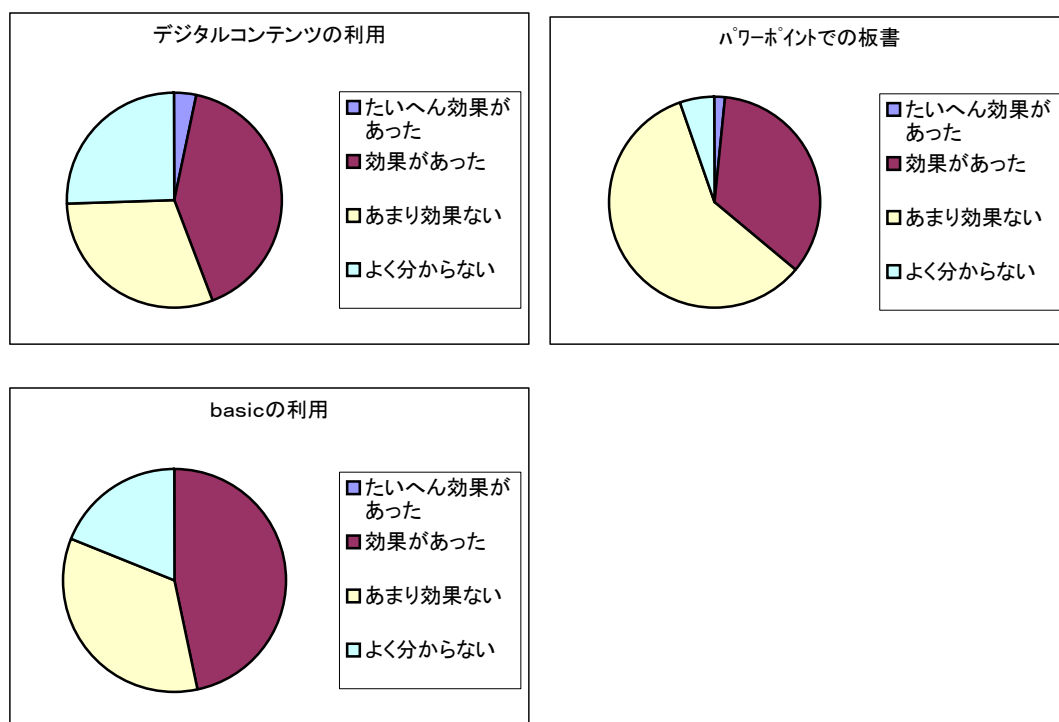
のレベルについてもっと高いレベルを期待するという生徒の意見もあり、それを受けて、入試問題を毎回1枚配布することにした。できる限りたくさんの解法にアプローチすることを生徒には希望したが、あらゆるアプローチとはどういうものなのかということがわからない生徒もあり、授業内であらゆる解法をできる限り紹介することに努めた。

また、その他の特徴的な取り組みとしては、夏休み前に行った授業で、「線型計画法」を取り上げた。「不等式と領域」は、生徒が大変苦手とする分野である。しかし、実社会で使用する数学として欠かせないツールでもある。そこで、本講義では、実際の利用場面を設定し、いかにして効率よく運営するのかということをグループで考えさせ、その後線型計画法の説明を行った。普段とは一味異なる取り組みだったためか、その後の線型計画法に関する試験問題のできも、たいへん良かった。

「ベクトル」の学習では、教科書ではあまり時間を割いていない、空間ベクトルについても時間を取り、「ベクトルの外積」までの学習を行った。

複素数平面については、時間外の補講で行った。

数学Bでは、デジタルコンテンツや授業中のコンピュータ利用も行ったが、それについての生徒の評価は以下のようなものである。



ベクトル、図形と方程式等の項目では、教室のモニターを使って、視覚的な教材を多く取り入れた。理解増進に役立ったと思っているが、「効果があった」とする生徒の評価は半数を切り、教材の中味について再考したい。特に、板書をパワーポイントで行ったことについてはあまりいい評価でなかった。

## 課題学習

数学Ⅱの中で、年間に2回の課題レポートを提出させた。特に枚数は指定しなかったが、A4用紙で数枚から10枚程度のレポートであった。

1回目は6月、課題は「3次方程式の解法」

2回目は9月、課題は「パラドックス」

多くの生徒はインターネットを利用して調べ、それらをまとめる形式であったが、第1回目については「カルダノの解法」、第2回目については「ラッセルの背理」について、必ず理解することを課したので、レポート作成までの期間は約1ヶ月をとった。その間、大学の図書館で本を借りた生徒、理解できた生徒が分からない生徒に教えている場面等を多く見かけた。1つの課題に時間をかけて取り組む学習が数学学習においても有効であると考ええる。

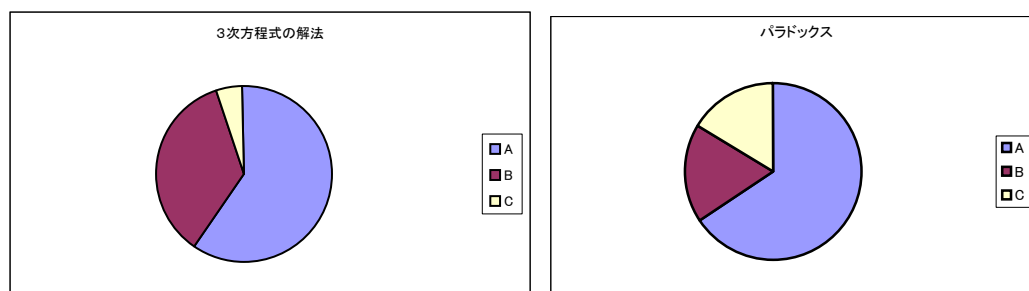
生徒のレポートについて、各課題において、特に指定した上記の内容について、

A：理解ができている

B：理解が十分とはいえない

C：不十分であった

という評価について、以下ようになる。



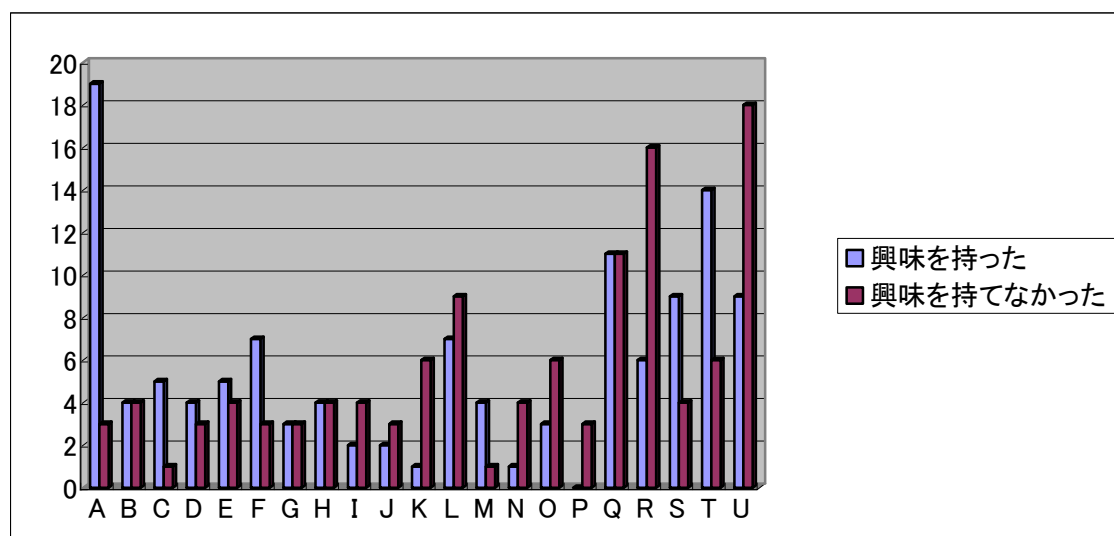
理解できた生徒の割合は、当初の予定に合致する。その後の取り組みの中で、カルダノの解法の話題がでたときに、理解している生徒が多くいたことで定着率の高さを確認できた。

## 【授業に対するアンケート】

[授業項目について]

## 数学Ⅱ

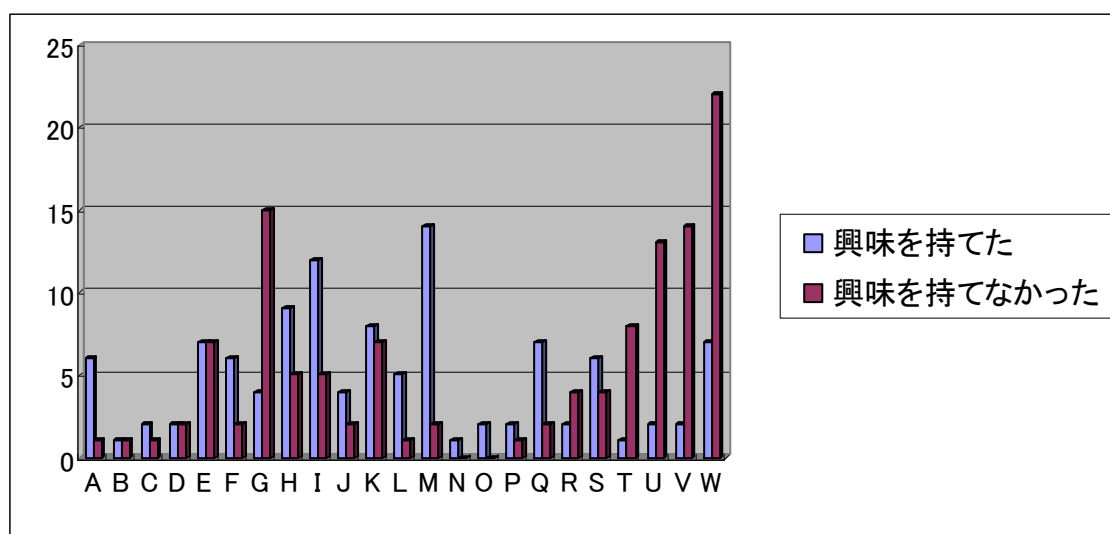
- ① 興味を持てた内容を2つ選び○をつけてください。
- ② 興味を持てなかった、難しくて理解できなかった内容を2つ選び○をつけてください。
  - (A) 微分係数と導関数 (B) 関数の増減とグラフ (C) 関数の最大・最小
  - (D) グラフと方程式・不等式 (E) 不定積分 (F) 定積分
  - (G) 面積 (H) 微分と積分の関係 (I) 分数関数
  - (J) 逆関数 (K) 無理関数 (L) 合成関数
  - (M) 積の微分法 (N) 商の微分法 (O) 合成関数の微分法
  - (P) 逆関数の微分法 (Q) 三角関数 (R) 三角関数の微分
  - (S) 指数関数 (T) 対数関数 (U) 指数関数・対数関数の微分



「微分係数と導関数」のように概念を学習すること、また、時間をかけて取り組んだ「対数関数」に興味を感じた生徒が多かった。逆に、「合成関数」「三角関数の微分」「対数関数の微分」を苦手とする生徒が多かった。いずれも「合成関数の微分」がキーとなっており、演習時間を特別に設けて取り組んだが、まだまだ演習量が不足していると言わざるを得ない。

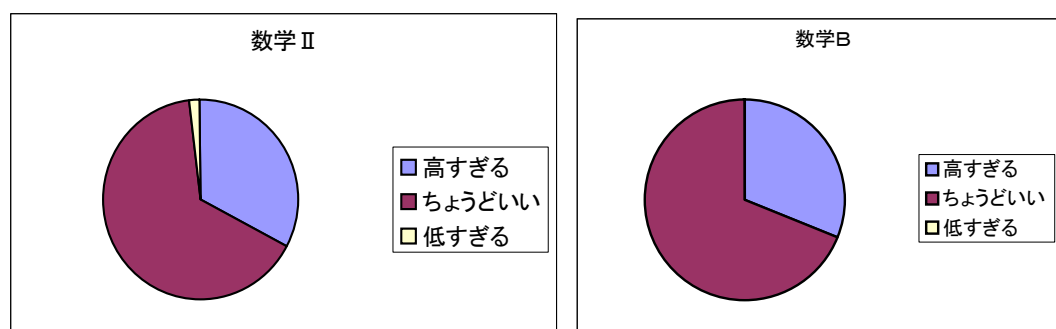
## 数学 B

- ① 興味を持った内容を2つ選び○をつけてください。
- ② 興味を持てなかった、難しくて理解できなかった内容を2つ選び○をつけてください。
  - (A) 数直線上の点 (B) 座標平面の点 (C) 直線の方程式
  - (D) 2直線の関係 (E) 円の方程式 (F) 円と直線の関係
  - (G) 軌跡と方程式 (H) 不等式と領域 (I) 複素数
  - (J) 解と係数の関係 (K) 因数定理 (L) 高次方程式の解法
  - (M) ベクトルの基本 (平面) (N) ベクトルの加減、スカラー倍 (平面)
  - (O) ベクトルの成分 (平面) (P) ベクトルの内積 (平面)
  - (Q) 位置ベクトル (平面) (R) ベクトル方程式 (平面)
  - (S) ベクトルの基本 (空間) (T) ベクトルの内積 (空間)
  - (U) ベクトルの外積 (V) 位置ベクトル (空間)
  - (W) 空間ベクトルの利用



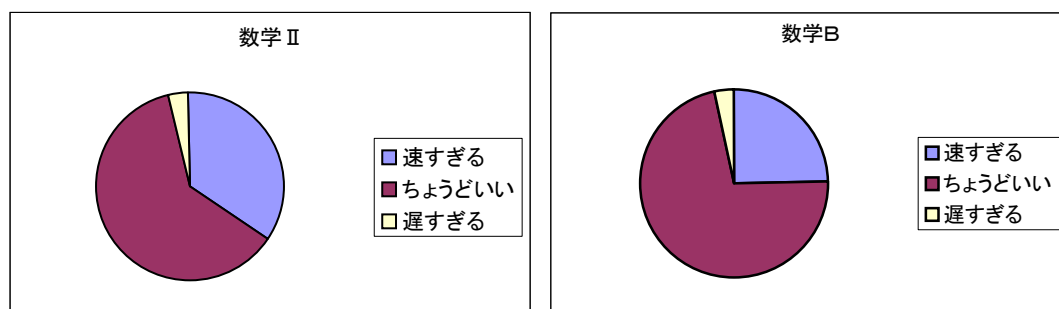
数学Ⅱと同様に、概念形成の内容である「複素数」や「ベクトルの基本」、時間をかけて取り組んだ「不等式と領域」に興味を持った生徒が多かった。逆に「軌跡と方程式」、「空間ベクトル」については、苦手とする生徒が多かった。各分野の章末を焦ってしまい時間を十分にかけられなかったこと、応用問題の解法にこだわりすぎ、どのような科学の分野とつながっていくのかということを中心にし切れなかったということ等が反省として挙げられる。

#### [授業のレベルについて]



「高すぎる」と答えた生徒が約3分の1（約20名）いたのであるが、一般の理系の生徒に比べてかなり高いレベルでの授業を行っている中で、約3分の2の生徒が「ちょうどいい」と答えたことは評価していいと考える。「高すぎる」と答えた生徒の内の半数以上は両方ともに「高すぎる」と答えている。学力的に心配であった生徒については、別にフォローする企画を行ったが、十分に引き上げができたとはいえず、年度末成績において、残念ながら「数学Ⅱ」では9名、「数学B」では7名に不十分とされる評価をつけざるを得なかった。このプログラムへの参加は基本的に希望制としているが、高2の内容では数学の学習に費やす努力が多く、高1での数学成績における基準を設けることが必要と考える。

[授業の進度について]



授業レベルの結果とほぼ同様の結果になったが、これについても、授業レベルで「高すぎる」と答えた生徒と授業進度で「速すぎる」と答えた生徒は10名以上おり、進度が速いことが理解に結びつかないことの大きな原因であると考ええる。

[良かった点]

数学Ⅱ

|               |     |
|---------------|-----|
| 演習が充実していた     | 10名 |
| 説明がわかりやすかった   | 9名  |
| 授業のスピードがいい    | 5名  |
| 高いレベルの授業      | 4名  |
| 順序がいい(微分の扱い方) | 2名  |
| 質問がしやすかった     | 2名  |

数学B

|                |     |
|----------------|-----|
| 授業の雰囲気が楽しかった   | 10名 |
| 説明がわかりやすかった    | 6名  |
| 授業のスピードがいい     | 3名  |
| レベルの高い演習が良かった  | 3名  |
| 授業に工夫があった      | 2名  |
| 問題量が多かったのが良かった | 1名  |
| 板書がきれいで見やすかった  | 1名  |

演習の充実や授業のスピード、教材を扱う順序等も含めて、分かりやすかったとする意見が多かったと考える。分かりやすいことが最も生徒の満足感につながることであり、今後もこのあたりを大切に、より工夫していきたい。

[改善すべき点] (形式を制限せず自由に書かせた)

数学Ⅱ

|               |     |
|---------------|-----|
| 授業のスピードが速い    | 12名 |
| 演習をもっと多くしてほしい | 6名  |
| 授業のレベルが高すぎる   | 3名  |
| 90分授業が長い      | 3名  |
| テキストを整備してほしい  | 2名  |
| ホワイトボードは見にくい  | 1名  |
| 説明の言葉が難しい     | 1名  |

数学B

|                    |    |
|--------------------|----|
| 演習が少ない             | 6名 |
| 授業時間数(週2h)が少ない     | 2名 |
| 複素平面をしっかりとやってほしかった | 2名 |
| 授業のスピードが速い         | 1名 |
| テスト前のスピードが速い       | 1名 |
| ベクトルの時間数をもっと増やす    | 1名 |
| 教科書の問題をもっと使ってほしい   | 1名 |
| 90分授業が長い           | 1名 |

上の調査と重複するが、授業の進度、速さに関しての不満が多かった。演習に関して、数学Ⅱでは上述したように演習時間を設けているのであるが、まだ少ないと考えている生徒が多かった。教師としてはこれ以上の演習は各自で考えて行うべきと考える。そのあたりの甘さを感じる。テキストについては、数学Ⅱと数学Ⅲの内容を合わせて学習しており、

数学Ⅱの教科書以外の内容は、必要な時にプリントを配布しながら実施したが、テキストの整備を求める意見は当然であり、反省点と考えている。

#### 【次年度の数学の計画】

高校2年生について、数学Ⅱは今年度を継承し、「微分法」からスタートし、数学Ⅲの途中までと考える。今年の実験から留意することとして、演習時間を大切にとること、テキストを整備すること等である。数学Bについては、次年度から教育課程が変わり、「複素数」を含む内容が数学Ⅱに移った。「数列」については、すでに高1でほとんど終えているので、今年と同様、「図形と方程式」、「複素数」については数学Bで扱う予定である。

高校3年においては、「数学Ⅲ」（5単位）、「数学C」（2単位）の他、大学の数学の1回生担当科目を聴講することになっている。

「数学Ⅲ」においては、極限、微分の応用、積分を学習した後、発展的内容として簡単な「微分方程式」と「実数論」の初歩を学習する予定である。「数学C」については、通常の内容の他、「1次変換」「固有値」を扱う予定である。大学科目の「数学」では線型代数が扱われる。

## I - 4 授業での取り組み（物理）

【科目・時間数】 物理 I B（週 2 コマ）

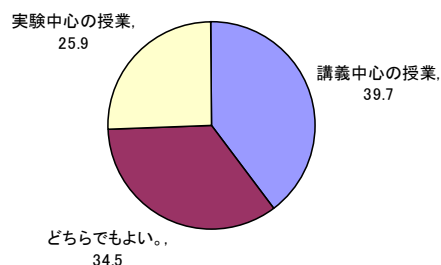
授業の流れは学習指導要領にそったものであったが、内容的には自主的で高精度の実験と作業、それに基づいた討論およびデジタルコンテンツを使い、物理だけに限らない幅の広い自然認識と認識方法をしっかり身に着けることを目標として、また、最先端科学とのつながりを重視して学習を展開した。

高精度の実験では、イージーセンスやビデオポイントを使い、現象の分析の仕方、分析から公式に至る作業過程を重視した。落下運動から運動方程式にいたるまでは、予想を立てて考察を行う実験と討論が中心であったが、運動方程式以降は演習問題を解くことをある程度重視し、講義と演示実験が中心になった。2 つの授業に対する生徒の意識を調査したのが右下のグラフである。

講義中心の授業が良いと答えた生徒はその理由として「授業の中での問題演習」「じっくり考えることができる」などを挙げ、実験と討論が中心の授業が良いと答えた生徒は「実験結果をもとにして自分で考えることができるから」「実験が好きだから」という理由を挙げている。

どちらでもよいと答えた生徒は 34.5%

であり、この回答がこれほど高いということは、実験による現象の検証とそれに対する問題意識の深まりが浅いということを示しているのではないだろうか。限られた時間数の中ではあるが、深まりのある授業を作るための実験や演習問題の配置にもっと工夫が必要である。



### ●この一年間の実験と討論の項目

| 単元    | 実験および作業・討論の項目                                                                                                                                                                  |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 物体の運動 | アルミ製カップケーキの落下実験・解析<br>デジタルコンテンツを使ったエクセルによる加速度グラフの製作作業<br>ビデオポイントによるサンプル実験映像の解析作業<br>斜面上の物体の運動実験<br>平面内の運動について討論<br>相対速度について討論<br>自由落下と鉛直投げ下ろし実験・解析<br>鉛直投げ上げ実験・解析<br>水平投射実験・解析 |
| 力と運動  | 作用反作用の力の大きさの討論と確認実験<br>物体に働く力の大きさと加速度の比較実験と討論                                                                                                                                  |

|             |                                                                                                                                                        |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | 腕相撲による力のモーメントの確認作業と討論<br>(夏休みの課題の予備実験) 偏向版の仕組みと偏向版による旋光形のある物体の重心を求める実験・作業                                                                              |
| 運動量         | 質量の違う物体の衝突実験<br>物体の種類による反発係数の違い                                                                                                                        |
| 仕事と力学的エネルギー | 振り子による力学的エネルギー保存の確認                                                                                                                                    |
| 波の性質        | 波動実験機による正弦波、重ね合わせ、反射の実験<br>媒質の動きと波の動き実験<br>(冬休みの課題の予備実験) コマの運動と解析実験、永久機関の否定の討論                                                                         |
| 音           | 周波数による音の違いの実験<br>コンピューターシミュレーションによる音の製作作業<br>うなりと振動数の実験<br>同位相と逆位相の音の重なり(干渉)の実験<br>逆位相の音による遮音の実験<br>弦の振動をストロボフラッシュで確認する実験<br>閉管と開管の定常波の実験<br>ドップラー効果実験 |
| 光           | 光の回折実験<br>光の干渉(ヤングの実験)の実験<br>回折格子による干渉の実験                                                                                                              |

最初の「アルミ製カップケーキの落下実験・解析」は運動の公式に入る前の導入として、力による運動の違いを見るために行ったものである。空気の抵抗を受けやすいカップケーキの落下は、見た目では落下の最初から最後まで等速で落下するように見えるが、イージーセンスを使うと、最初に加速、次に空気抵抗と重力がつりあって等速、最後に床につく直前に空気抵抗が大きくなって減速という運動の違いをはっきりと確認することができた。この実験はイージーセンスがなければできない実験であった。生徒もこんな単純な実験でもイージーセンスを使ってデータをグラフにすると、力と速度の関係がはっきりとわかることに驚いていた。

「腕相撲による力のモーメントの確認作業と討論」は、手首をつかんで腕相撲をする場合と手首と肘の間をつかんで腕相撲をする場合とで、どちらが勝ちやすいかを実際に行い、その理由を考えさせたものである。モーメントの導入として行ったが、腕相撲をするということは相手の腕を肘を中心として回転させることだと説明しても、生徒は力関係だけに注目してなかなか納得



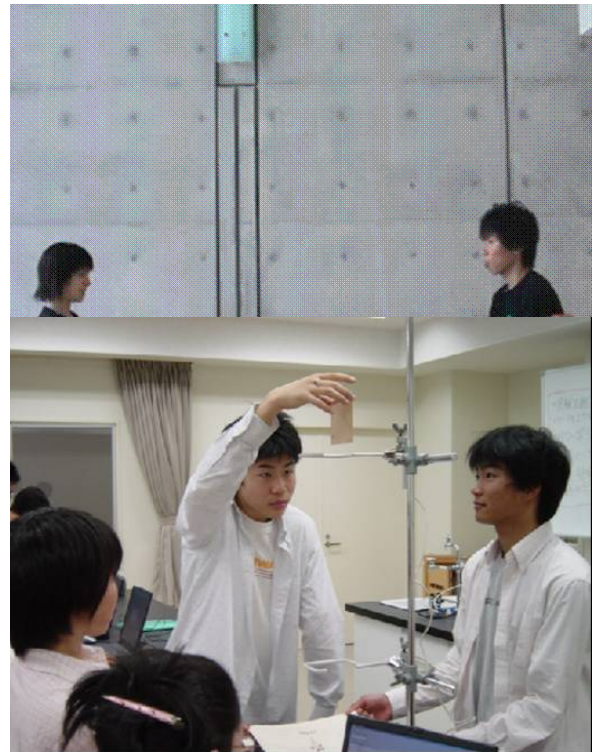
しないので、実験後にまとめのプリントを配布して考えを整理させる必要があった。

「作用反作用の力の大きさの討論と確認実験」は、極端に質量の違う2つの力学台車を衝突させ、イージーセンスの力センサーを使って、衝突時に2つの力学台車に働く瞬間的な力の大きさを求める実験である。討論では、衝突時に質量の小さな力学台車は質量の大きな力学台車から大きな力を受け、質量の大きな力学台車は質量の小さな力学台車から小さな力を受けると主張していた生徒も、実験を行うと質量の大小にかかわらず、衝突時に同じ大きさの力を受ける結果に対して納得している生徒が多く見られた。このあと、衝突時の力は同じでも、質量の違いは衝突後の加速度に出てくることを導き、運動方程式へと進んでいった。

多くの実験と考察を行ったが、先にも書いたように問題意識の整理と深まりの点で時間をかけるなどの工夫が必要であった。次年度はこれらの取り組みを整理し、ポイントを抑えた授業構成にする必要がある。

以下に生徒の感想を記す。

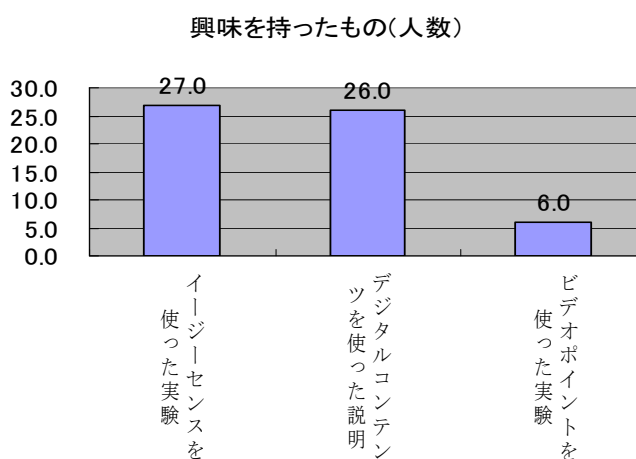
- ・こんなに本格的な実験をしたのは初めてだったので新鮮だった。(自由落下と鉛直投げ下ろしの実験)
- ・自由落下でも鉛直落下でも加速度が等しかったので、他の種類の落下では加速度はどうなるのか、調べてみたいと思う。(自由落下と鉛直投げ下ろしの実験)
- ・予想と結果が違ったが、その理由を考え自分達なりの結論が出た時はとても嬉しかった。(斜面上の物体の実験)
- ・結果が左右対称な山形のグラフにならなかったことに驚いた。今までに知らなかったことが知れ、この実験をして良かったと思う。(斜面上の物体の実験)
- ・光ゲートの距離を変えても加速度が変わらないのは、最初は不思議に思ったけれど、よく考えれば納得できる結果だった。(鉛直投げ上げの実験)
- ・とても日常に近く、そしてそんなに詳しく知られていないこと、まさにこの実験は、それに当てはまっています。普段は気にしない、へんてつのない物の落下、しかし、それ1つにおいて、物理の法則が隠されています。僕は、この実験でそれを改めて思い知らされました。この実験は、とてもおもしろく、またとてもためになりました。(鉛直投げ上げの実験)
- ・自分たちの予想と違うことがたくさんあり、為になったと思う。(斜方投射の実験)
- ・日常普通に見えていることも、分析してみると、新しい発見があった。(斜方投射の実験)



#### ◇ イージーセンスやビデオポイントの利用

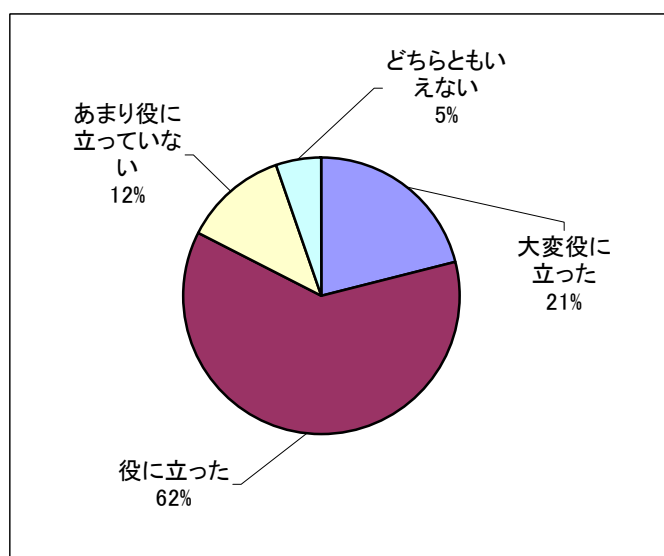
右のグラフはイージーセンス、ビデオポイント、デジタルコンテンツのうち興味を持ったものを選ばせたグラフである。3つの中からひとつを選ぶので人数は少ないように見えるが、後で見るようにデジタルコンテンツについては8割以上の生徒が学習内容の理解に大変有効である

と答えているので、イージーセンスもほぼ同程度で生徒には好評であるといえる。ビデオポイントが6人と低いのは、写した実験画像の処理に時間がかかることがあげられる。高精度のデータを取るには最適なソフトなので、画像の処理に慣れてくればイージーセンス同様興味を持つものと思われる。

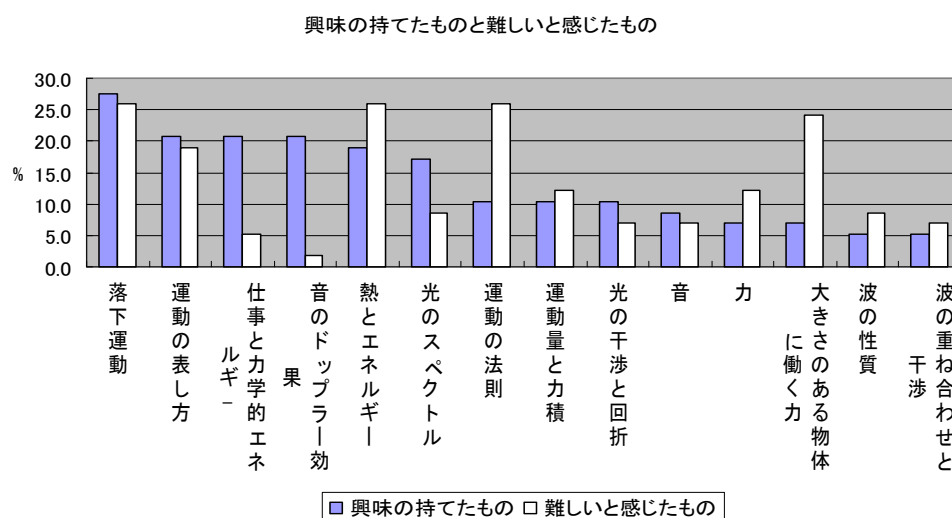


#### ◇ デジタルコンテンツの利用

授業では毎回といっていいほどJSTのデジタルコンテンツを使用した。デジタルコンテンツは基本的な現象の説明に役立つのはもちろんであるが、最先端科学とのつながりや発展学習用のコンテンツが豊富で、生徒の自主学習としても利用できる。右のグラフに見るように学習内容の理解に役立ったと答えた生徒が80%以上になる。



# ◇授業項目に対するアンケート



「落下運動」と「運動の表し方」に興味を感じた生徒と難しいと感じた生徒がほぼ同程度の割合である。この学習単元は最初の単元であり、イーザーセンスやビデオポイントなどのデータをエクセルでグラフにして予想と結果との違いを何度も討論しながら運動の解析を行った単元であった。それが、興味の持てたものの割合と難しいものの割合の高さとなって表れたと思われる。

「仕事と力学的エネルギー」は、実験は少なかったが、デジタルコンテンツを他の単元よりも多用し、発展的な学習内容を多く紹介し、視覚的に学習内容をわかりやすくした。その結果として、興味の持てた割合が高くなったと思われる。「音のドップラー効果」はもともと感覚的にわかりやすい学習単元ではあるが、公式の使い方に慣れるため演習問題を丁寧に解説したことが興味のもてた割合を高くしたと思われる。

「熱とエネルギー」、「運動の法則」、「大きさのある物体に働く力」の単元は実験が少なく、デジタルコンテンツもこの単元に関係するものが少なく、あまり活用できなかったところである。それが難しいと感じた割合が高い原因であると思われる。次年度に向けて、この単元の実験の開発やわかりやすい授業の工夫をしなければならない。

## I - 5 最先端科学研究入門

大学教員と高校教員が共同で企画、指導する高大連携科目であり、スーパーサイエンス事業の中心的企画である。最先端科学研究の現場に触れることにより、学習への意欲向上と将来の進路意識を喚起したい。2003年度高校2年では、2単位（週当たり90分1コマ）で実施し、2004年度高校3年では、これらを発展させ、大学講義の聴講、単位取得を実施する。単に、最先端科学研究を外から眺めるだけでなく、その中へ一歩踏み込める企画となることを目指して実施した。

【目的】 最先端科学研究の現場に触れることにより、学習への意欲向上と将来の進路意識を喚起する。

### 【運営・指導体制】

#### 大学側委員

|            |      |             |      |
|------------|------|-------------|------|
| 情報科教授      | 小川 均 |             |      |
| ロボティクス学科教授 | 杉山 進 | ロボティクス学科助教授 | 鳥山寿之 |
| 情報学科教授     | 田中 寛 | 情報学科助教授     | 木村朝子 |
| 電気電子工学科教授  | 山内寛紀 | 環境システム工学科教授 | 中島 淳 |

#### 高校側委員

田中 博・栗木 久・文田明良・鍵山千尋・鳥島裕之

【実施テーマ】 ・マイクロマシンテクノロジー  
・形状モデリング  
・マイクロプロセッサの設計  
・環境工学入門

### 【実施場所】

|               |              |             |
|---------------|--------------|-------------|
| マイクロマシンテクノロジー | カラーニングハウスⅡ   | ロボティクスラボ    |
|               | カラーニングハウスⅠ   | 情報演習室       |
|               | マイクロシステムセンター | 解析室         |
| 形状モデリング       | カラーニングハウスⅡ   | コンピュータラボ    |
| マイクロプロセッサの設計  | ローム記念館       | VLSIデザインルーム |
| 環境工学入門        | カラーニングハウスⅡ   | サイエンスラボ2    |
|               | カラーニングハウスⅡ   | ミーティングルーム   |

【グループ分け】 高校2年生 63名を21名ずつの3グループ  
高校3年生 12名は1グループ  
に分け、順にまわり、1年間で全グループが4つのテーマ全てを学習する。

【グループ順】

|               |   |   |   |   |   |   |   |
|---------------|---|---|---|---|---|---|---|
| マイクロマシンテクノロジー | 4 | → | 1 | → | 2 | → | 3 |
| メディア情報        | 1 | → | 2 | → | 3 | → | 4 |
| マイクロプロセッサの設計  | 2 | → | 3 | → | 4 | → | 1 |
| 環境工学入門        | 3 | → | 4 | → | 1 | → | 2 |

【高校教員担当体制】

|               |         |
|---------------|---------|
| マイクロマシンテクノロジー | 栗木      |
| 形状モデリング       | 文田      |
| マイクロプロセッサの設計  | 鳥島 (田中) |
| 環境工学入門        | 鍵山 (田中) |

【まとめレポート】

各テーマ終了後、以下の項目を含んでまとめレポートをA4用紙5枚以上で作成し提出する。

- ・ 学習内容の要約
- ・ 最も興味を持った内容
- ・ 質問事項
- ・ さらに発展させて取り組んでみたい課題
- ・ 感想

提出は次のテーマが開始されるまで(2週間)。プリントアウトしたものと電子ファイルで提出。

【評価】 まとめレポート、授業への取り組みなどから、高校教員が評価する。

【年間スケジュール】

全体講義① 4月15日

オリエンテーション 4月22日

|       |                                   |
|-------|-----------------------------------|
| 第1テーマ | 5月 6日、 5月13日、 5月20日、 5月27日、 6月10日 |
|-------|-----------------------------------|

全体講義② 6月17日

|       |                                   |
|-------|-----------------------------------|
| 第2テーマ | 6月24日、 7月 1日、 7月15日、 9月 2日、 9月 9日 |
|-------|-----------------------------------|

まとめ 9月16日

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| 第3テーマ | 10月 7日、10月14日、10月21日、11月11日、11月18日 |
|-------|------------------------------------|

ノーベル賞フォーラム 11月 4日

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| 第4テーマ | 11月25日、12月 9日、12月16日、 1月13日、 1月20日 |
|-------|------------------------------------|

まとめ 1月27日

トピック講義 2月 3日、 2月17日

## 【講座内容】

### ◇マイクロマシンテクノロジー

第1回 マイクロマシンテクノロジー概要

第2回 マイクロマシン設計演習

静電アクチュエータ説明／SURF-MICS 説明／AutoCAD での  
設計図作成 etc

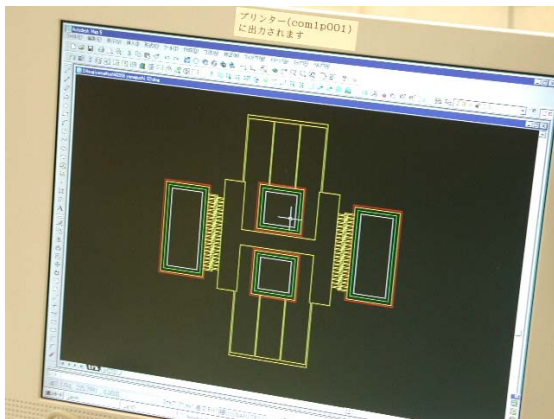
第3回 マイクロマシン設計演習

第4回 マイクロマシン駆動システム

第5回 SEM&デジタルマイクロスコープによる観察

マイクロマシンに関する現状と今後の可能性についての講義の後、静電櫛歯型アクチュエータについてその動作についての理解と、CADによる設計図の作成に取り組む。その後、静電櫛歯型アクチュエータの駆動実験を行い、SEMによる駆動観察を行う。立命館大学理工学部のCOEプログラムテーマ「マイクロ・ナノサイエンス・集積化システム」の研究につながる内容である。

これらの研究につながる力として、マイクロロボットについて希望者を中心に並行して学習、製作を行う。この学習、製作は、マイクロマシンテクノロジーにおける駆動方式の発想につながる訓練として有効で、夏期休暇中を中心に時間をかけて取り組ませ、その成果として、秋の国際マイクロロボットメイズコンテストへ参加した。



### ◇形状モデリング

第1回 CGいろいろ体験

色の合成実験／複雑物体のツアー／精密拡大の体験

ワイヤーフレームCGとサーフェスCG

第2回 形状モデリング実習1 並進変換

第3回 形状モデリング実習2 回転変換

第4回 シミュレーションの可視化体験1

ブラウン運動による粒子拡散

第5回 シミュレーションの可視化体験2

ブラウン運動で球の体積を計算  
(モンテカルロ計算)

3次元グラフィックスの最先端研究に触れる。3次元グラフィックスの基本的な作成法(ポリゴンの組合せによる方法)を学習した後、田中教授作成の3次元精密拡大が可能な

ソフトを体験。その後、3次元グラフィックス作成の新手法である、ブラウン運動による曲面の表現に触れる。立命館大学理工学部のCOEプログラムテーマ「京都アート・エンタテインメント創成研究」において曲面の作成用に研究されている内容でもある。

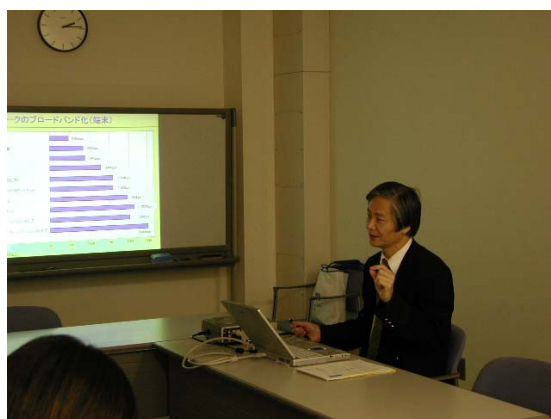
3次元グラフィックスを描く過程で、物理現象に従って描くことの重要性を学習し、数学、物理の学習にも活かしていく。



#### ◇マイクロプロセッサの設計

- 第1回 システム LSI の世界 (山内先生講義)
- 第2回 論理回路の演習と HDL 記述での表現およびシミュレーション
- 第3回 順序回路の演習・HDL での表現およびシミュレーション
- 第4回 ALU の記述とシミュレーション
- 第5回 カウンタの記述とシミュレーションによる動作確認

システム L S I の世界についての概要を学習した後、HDL (ハードディスク記述言語) による簡単な論理回路、順序回路を作成する演習を行う。最終的には、簡単なカウンタを記述し、そのシミュレーションをすることを学ぶ。内容的にかなり高度であったが、TA の補助による演習のため理解が深まった。



#### ◇環境工学入門

- 第1回 循環型社会を目指す
- 第2回 汚染のメカニズムを探る

第3回 浄化対策における新技術

第4回 浄化対策における新技術

第5回 国際協力と世界への発信

環境工学について様々な角度から学ぶ。環境工学を研究する上での基本的手法の学習から始まり、第2回～第4回までは実験・実習を中心に進める。浄化対策における新技術として、排水の高度処理を例に挙げて、化学、微生物、生態系が汚染浄化にどのように利用されているかを学ぶ。浄化の新技術として、有機物を食べるバクテリアによる浄化等の学習である。排水の汚染状況を、濾過による汚染物質の採取の他、溶存酸素量や溶解物質の量等の測定によって調べる。さらに、日本のODAによる発展途上国支援の実効性の評価を研究されている先生や学生からその現状を聞き、国際社会での環境問題を考える。



#### 【全体講義等】



4つのテーマ学習の他に、全体講義等の企画を何度か入れた。こちらについて概要をまとめておく。

#### ◇全体講義①

日時 4月15日

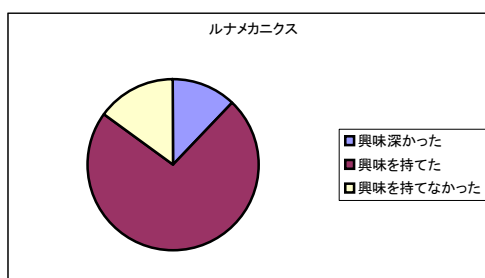
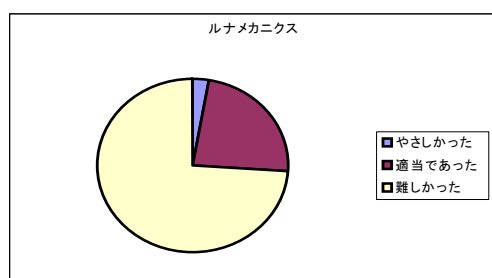
場所 コラーニングハウスⅡ

プレゼンテーションルーム

講師 立命館大学理工学部研究部長

深川良一先生

#### テーマ 「ルナメカニクス」



宇宙開発事業団のチームリーダーでもある講師の先生から、月の土についての話

と、月面での作業用ローバーの開発についてのお話を聞く。アンケート調査からは、少し難しかったが興味を持ってくれたと考えられる。

#### ◇全体講義②

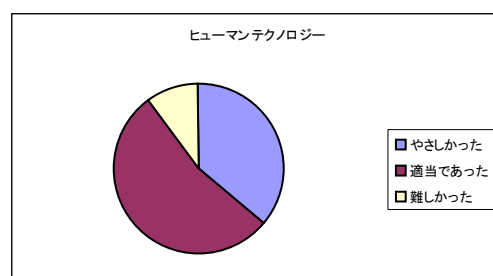
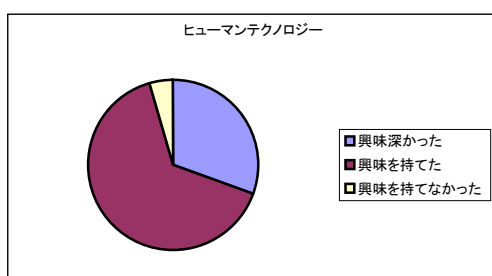
日時 6月17日

場所 コラーニングハウスⅡ プレゼンテーションルーム

講師 立命館大学理工学部教授 飯田健夫先生

テーマ 「ヒューマンテクノロジー」

人間特性に適合した製品の設計に関するお話として、特にその設計の評価についてご講演いただいた。心拍や脳波による評価のお話は興味深かった。生徒が興味をもって聞いたことも次のアンケート調査から窺える。



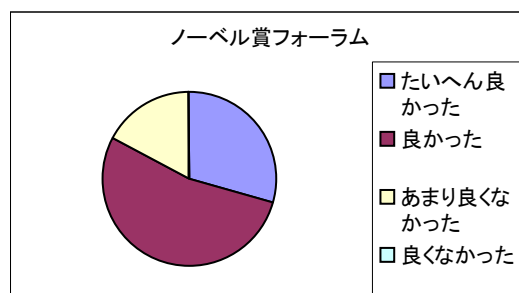
#### ◇ノーベル賞フォーラム

日時 11月4日

場所 プリズムハウス

BKC開学10周年記念企画として立命館大学が企画した「ノーベル賞フォーラム」にSSP生徒も参加した。利根川進氏、シドニー・ブレンナー氏、田中耕一氏のご講演を聞いたあと、3人の先生を交えてのパネルディスカッションが行われた。その中で、幸運にも本校高校生が質問をさせていただける機会を得ることができた。進路選択の迷いについての質問に、3人の先生方から丁寧な回答をしていただいた(資料編にて新聞記事参照)。

生徒の満足度は高かった。



#### ◇トピック講義

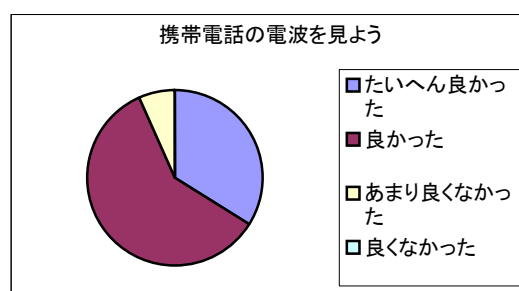
テーマ① 「携帯電話の電波を見よう」

指導 理工学部教授森本裕朗先生

日時 2月3日(火)

場所 エクセル1電気電子実験室

目に見えない携帯電話の電波を感じる簡単なアンテナを製作し、電波



を目で感じることに、機種による電波の性質の違いなどを体感した。生徒にとって身近な題材が扱われており、興味深く取り組めた。「進路に対してより興味がわいた」という意見もあったが、逆に「仕組みがよく分からなかった」という意見などもあった。はんだ付けがはじめてという生徒が何人もおり、ものつくりの重視を図る必要をあらためて感じた。



## テーマ② 「AIBOをパソコンで制御しよう」

指導 理工学部教授 小川 均先生

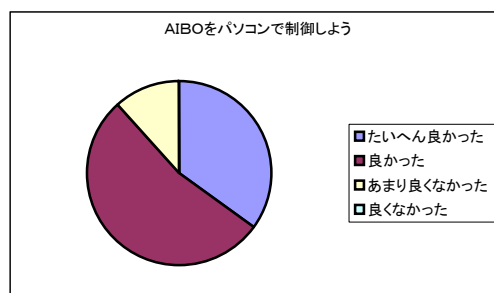
日時 2月3日（火）、17日（火）

場所 コーニングハウスⅡ

サイエンスラボ2

パソコンからの指示で自由に動かせるAIBOを生徒達が思い思いのプログラミングで動かした後、大学

生によって、AIBOのラジオ体操等の演技も見せてもらった。生徒達はロボットについての興味が大きく、今回の内容もたいへん興味深く取り組んだ。「色々なプログラムが自分たちでも作れると感じた」という意見の他、「時間が短すぎる」「もう少し仕組みを知りたかった」という声もあった。



### 【取り組みに対するアンケート】

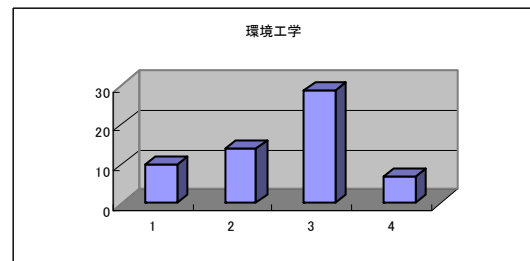
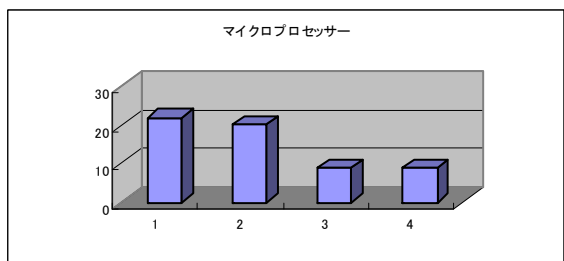
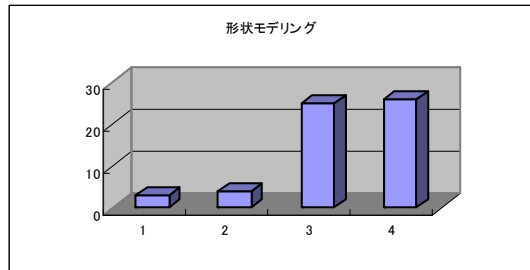
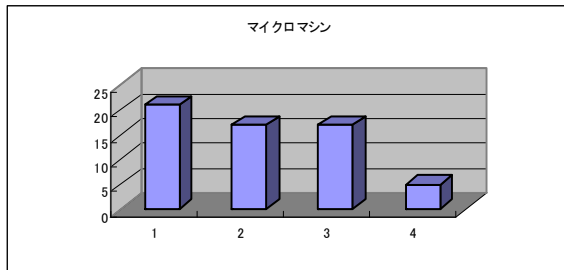
「最先端科学研究入門」の興味深さについて調査した。時期は2月で、各講座について、4点満点での評価をつけさせた。

4点：たいへん興味を持った

3点：少し興味を持てた

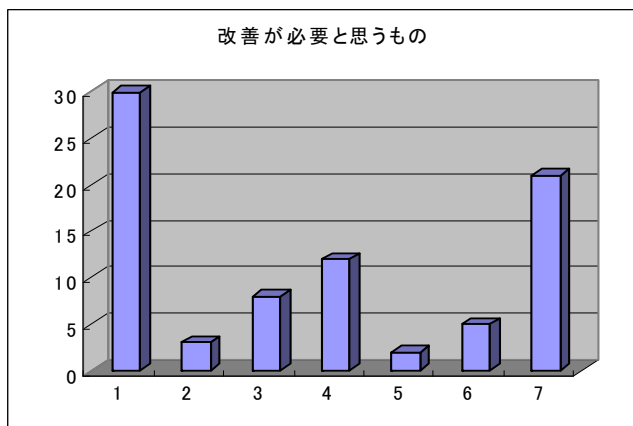
2点：あまり興味を感じなかった

1点：面白くなかった



以上のような結果で、「マイクロマシンテクノロジー」と「マイクロプロセッサの設計」については、興味を持てなかった生徒が多かったという結果であった。しかしながら、4分野の中から特に印象的だった内容をきいた問いに対して、上の結果では評価の低かった「マイクロマシンテクノロジー」で実施したクリーンルームでのSEMによる歯型型静電アクチュエーターの動作確認や「マイクロプロセッサの設計」でのハードディスク記述言語によるプログラミングをあげる生徒がたいへん多かった。内容的に難しかったことが評価の低かった原因と思える。その一方で、「形状モデリング」「環境工学入門」については好評であったといえるであろう。

「最先端科学研究入門」において改善が必要と思われるものを尋ねた調査では、以下のようになった。



- 1：テーマを絞って1講座の回数（5回）をもっと多くした方がよい。
- 2：1講座の回数（現在5回）をもっと少なくした方がよい
- 3：大学の先生の講義
- 4：TAの学生さんの指導
- 5：利用する施設や設備
- 6：時間の設定
- 7：事前学習

1 テーマが5回という短い回数なので興味を持ち始めた頃に終わってしまうという意見

と、大学の先生や学生T Aの話の中で専門用語が多く出てくること等が指摘され、このことは、丁寧な事前学習が必要なことを示している。

1年間を通して、特に印象に残っている内容を尋ねた調査の結果は次のようであった。

[マイクロマシンテクノロジー]

SEM による櫛歯型静電アクチュエーターの動作確認

[形状モデリング]

アニメーション作成

ピンセット型デバイス

グラフィカル ユーザー インターフェース (G U I)

[マイクロプロセッサの設計]

プログラムの演習

L i n u x の利用

V e r i L o g—H D L をもう少し学習したかった

C 言語を使ったコンピュータ入力

コンピュータの仕組みがよくわかった

[環境工学入門]

びわこのPH実験

水質検査

活性汚泥

リサイクルの功罪

環境工学はどれも楽しかった

【生徒の感想等】

＜感想＞

私は、ゲームや映画が特別好きではありません。ですからCGの世界といわれても今までは、自分とはとても遠いものでした。きれいな画像を見て、とても難しそうなことを理解している職人のような人しかこのようなものは作れないのだ、とただただ感心していました。しかし、今回の講義を受けて、CG を作る上で基礎中の基礎となるものの中に自分が最近習った数学の公式が出ていることにとても驚き、CG を少し身近に感じることができました。今まで、数学に対しては、なぜ意味のない方程式というパズルを解いてばかりいるのだろう、私の生活とぜんぜん関係がない、という気持ちで接していました。しかし、物体が、すべて数字で表されることを今回何となく感じ取ることができました。これは私にとってとても大きな衝撃です。CG の世界に触れ、数学の奥深さに少し気づけた気がします。CG について私は最初あまり興味を持っていませんでしたが、そんなCG から大切なことを学べて本当に良かったです。興味が無いからと言って、必要以上に物事に取り組まないことは宝物を見過ごしているようなものなのかもしれません。これからは、興味を持てることをたくさん見つけるためたくさんのことに取り組んでいきたいです。

(2年女子、形状モデリング)

#### <感想>

この講座は今年行われる4講座のうち、一番難しいと聞いていたので、少しついていけるのかが心配でした。しかし、僕は以前、少しプログラミングをしていたことがあったせいか、Velilog-HDLの文法は結構理解できたので、この講座を終えてからも、「もう少しやってみたい」という気持ちが残っています。やっと自分で言語記述が少しできるようになってきたのに、なんか心残りの気もしました。この講座を終えて、よかったことは、普通高校では絶対体験できないようなことができたということと、「最先端技術はいかに複雑な考えで成り立っているか」ということがよくわかったということです。それに付け加え、塾の先生方の前でのプレゼンテーションも結構勉強になりました。(中略) 全体的な感想としては、毎時間ごとに最先端技術(マイクロプロセッサ)に関する新たな知識が得られて、とても楽しかったです。

#### <考察>

マイクロプロセッサは、ここ数十年(エニアックの時代から)どんどん精密化してきています。「では、一体マイクロプロセッサはどこまで小さく(密に)なっていくのか」という疑問に対して、僕はこう思います。それは、現在のマイクロプロセッサの配線に使われている線の太さから、推測すると、現在の配線方法のままでは、あまり密度の小さくならないということです。なぜなら僕の記憶が正しければ、線の太さは、十数nmに達しており、これ以上細くすることは、原子等の大きさの関係で、あまり期待できないからです。しかし、コンピュータはこれからどんどん高度化し、小型化すると思います。僕が読んだ本の中に、アメリカ前大統領のクリントン大統領が、米国にナノテクノロジーの凄さを伝えるのに、「ナノテクノロジーを駆使すれば将来、国会図書館のすべてのデータが角砂糖1つ分くらいの大きさに収まる」といったとか書かれていましたが、それは、今のマイクロプロセッサの製造方法では不可能に近いと思います。では、それを可能にするのは何か?それは、現在研究が進められている「量子コンピュータ(光コンピュータ)」だと思います。(中略)とにかく結論としては、僕は、これ以上マイクロプロセッサを精密化するなら、配線に使う材料をカーボンナノチューブなどに変える必要があると思います。

(2年男子、マイクロプロセッサ)

#### <感想>

難しかった。この一言に尽きると思う。聞いたこともない単語ばかりで、使ったこともないパソコン……。初めはやる気をなくしていたが、回路を自分で設計できる事が面白かった!!だから最後までやり通せたと思う。5回の講義を通じて、これだけは完璧に理解したというものはなかったが、何となくわかっているものもある。たとえば順序回路はクロックに同期するという事。回路を作っているときには意味よくわからなかったが、シミュレーションしてから初めて意味がわかった。僕はどうも自分の目で見ないと物事を信じない癖がある。今回の講義では回路を自分の目で見られた事が一番の収穫だと思う。

#### <考察>

僕は将来、携帯電話で飯を食っていこうと考えている。だから今回の深めてみたい内容は携帯電話に使われている様々な回路の小型化だ。今の携帯はものすごく薄くて、高性能で

軽い。しかしより便利になるはずだ。名刺ぐらいのサイズになれば持ち運びも楽になるし、シンプルでおしゃれになる！今の技術では「名刺携帯」ができたかはわからないが、将来僕はこの目標を達成するために様々な経験をしようと思った。

(2年男子、マイクロプロセッサ)

<感想>

今回の講義を通して、私はある大事なことに気づきました。それは、私たちの一挙一動が、一部は目に見えるけど、宇宙からでしか全体像を見ることができない大きな地球に影響を及ぼしているということです。私は普段あまり「自分は地球上に生きている生物のうちのひとつだ!」とか「地球温暖化が進んで今日はどのくらいの氷が溶けたのだろうか?」などと感じることはありません。目の前の課題や学校生活など自分に関係のあるごく小さな世界、それでいて自分にとって今の中心である世界にしか目を向けていません。それがいいか悪いかはどちらとも言い切れません。小さな世界だとしても自分は京都に住んでいて、その京都は日本にあって、日本は世界の国と比べるととても小さな国なのだな、という不思議な感覚にとらわれることがあります。まだ見たこともないような人々や自然、それらが及ぼす影響と私の生活から出る影響が地球上のどこかで交差し、地球に向けられているのです。

地球環境を守ろうという動きは世界中で広がっています。私のまわりだけなのかもしれませんが、それらは全体の動きであってまるで個人個人には関係のないように思えるのです。私は今までに地球温暖化やその他の問題解決のためのさまざまな取り組みを本や学校で習いました。すると地球の寿命を表す時計の針がもうすぐ終わりを示すということを知りました。私や私のまわりではそのような危機感が全くといっていいほどありません。この危機感のなさが恐ろしいです。戦争にしても何にしても悪いことは知らない間に進んでいて、気づいたときには最悪の状況になってしまっているのです。このような平和で安全なときこそ最悪の状況を考える余裕があることに感謝すべきなのかもしれません。地球の破滅はすでに進んでおり、私は気づいていないだけです。自分から情報を引き寄せる気持ちでこれからの地球環境のことを考え、生活を変えて生きたいと思います。

(2年女子、環境工学入門)

<感想>

今までマイクロロボットというのをほとんど知らなかった僕にとって、この講義の全てが新鮮なものであった。今まで受けた最先端科学研究入門の授業で一番、興味深かった！！毎時間わくわくして受けたし、充実していたと思う。

僕の興味を引いたのは「アクチュエーターの駆動方法」だった。いかに小さい機械を駆動させるかといった技術に興味を感じた。やはり、昔から日本人は細かい作業は得意だなと思った。

(2年男子、マイクロマシンテクノロジー)

### 【考察】

生徒たちは、5回の講座を通して、最先端科学がこれまでの自分たちの学習とどのようにリンクしているのかを肌で感じる事ができた。しかし、まだまだこの最先端科学研究入門の学習が、どれくらい生活と密接に関わっているのかを感じる事が出来ず、不満を残した生徒もいた。この点に関しては、年度末に行った最先端科学研究入門の、大学の各分野の担当者および、高校の教員の間で行った連絡会においても確認され、次年度に向けてさらに教材やテーマの改善、さらなる発展を目指すこととした。

上記の感想からもわかるように、最先端科学研究入門の授業は、生徒に進路に対する意識も喚起したといえるであろう。

## I - 6 仮説の検証

大学キャンパスにおける学習、生活により、生徒の興味関心の幅は大きく広がった。日常聞きする言葉に最先端研究がうかがえ将来への意識が高揚している。進学希望学科、専攻についての細かな話題が現れたり、大学キャンパス内で行われるシンポジウム等に無理を言って参加させてもらう生徒、課題にぶつかった時、専門の先生の研究室を訪ねる生徒等、現在の学習の延長に将来の研究活動を意識していた生徒が多かった。日常の授業においても、レベルの高い授業に好感を持つ生徒が多く、学習面での動機付けに役立ったと考える。しかしながら、数学、物理の授業において、レベル的についてくるのが難しく、フォローアップする取り組みも行ったが、不十分な学力評価をつけなければならない生徒が数名いた。

本校においては、生徒の自主活動が盛んで、クラブ、生徒会において生徒達の自主的な活動が評価されている。SSPの生徒達も高い自主性を持った生徒が多かったが、様々な取り組みの中で、十分学習に集中したとはいえない時期もあった。しかし、そうした中でも学習に限らず、後述するSSFやマイクロロボットの取り組みなどに積極的に関わる生徒たちが20名ほど現れたのは、次年度につなぐ萌芽として、大事にしたいと考えている。

## I - 7 課題と今後に向けて

- ・ 次年度「最先端科学研究入門」の実施方法について、より有意義な取り組みとなるよう変更が必要。高校3年SSP生徒の学習の高度化についての確認。
- ・ 次年度高校3年生において、大学科目受講と単位認定を予定しているが、そのことが生徒の学習において有意義な経験となるような配慮、検討が必要。
- ・ 生徒の自学習、発展的研究を保障するための時間的配慮が必要である。
- ・ SSP生徒の学内進学制度についての検討を行う必要がある。
- ・ 高校2年生でSSPを選択させる上で、高校1年までに確かな基礎学力を定着させておく必要がある。

## Ⅱ スーパーサイエンスワークショップ (SSW)

### Ⅱ－１ ねらいと研究方法

通常の高校生が、最先端の科学技術を担う研究所や科学館を訪れる機会は、たいへん少ないものである。また、最先端の研究を進めている研究者と直接会って、話したり、研究内容について教えてもらうような機会は、そんなに多くあることではない。

本年度、本校では、最先端科学研究入門の授業を開設し、大学の教員と高校の教員が連携し、最先端科学の一部に触れる授業を高校２年生で行ってきた。この取り組みの延長として、今回各地の研究所を訪ね、最先端研究に触れる機会を設けることにした。

このスーパーサイエンスワークショップ（以下 SSW と表す）では、本年度 SSP に登録した高校２、３年生 73 名を 3 グループに分け、7 月から事前講義などを行い、8 月末に現地研修を実施した。

生徒には、将来に対する進路意識や、科学分野に対する高いモチベーションを得ることを目的とした。

以上のことを踏まえて以下のような仮説を立てた。

- ① 実地研修や「本物」に直接に触れることにより、最先端科学に対する意識を高めることができる。
- ② 事前学習や実地研修、研究者との対話を通して、進路に対する意識を喚起することができる。

### Ⅱ－２ 実施概要

実施にあたっては、本校教員が各研究所や科学館の方と連絡を取り合い、生徒にたくさんの実習や見学、さらには直に研究者との対話が取れるよう話し合ってきた。

また、直接現地に向かい研修を行うだけでなく、事前の調べ学習や講演会の設定も行い、現地での取り組みが一層実りあるものにするための工夫も行った。

実地研修では、各自のテーマ分野に基づき、展示物の見学、実習を通して新たな知見を得たり、研究者との対話を通して、最先端科学に触れることを行ってきた。

#### 【グループとテーマ、実地研修先】

A（素粒子班） スーパーカミオカンデ（岐阜県）、核融合科学研究所（岐阜県）

24 名参加

2003 年 8 月 26 日（火）、27 日（水）

B（生命班） 日本科学未来館（東京都）、国立遺伝学研究所（静岡県）

24 名参加

2003 年 8 月 27 日（水）、28 日（木）、29 日（金）

C（宇宙班） 日本科学未来館（東京都）、NASDA つくば宇宙センター（茨城県）

24 名参加

2003 年 8 月 27 日（水）、28 日（木）、29 日（金）

【実地研修実施までの経過】

| 日程                  | 実施事項                      | 実施内容                                                                                            |
|---------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7月 8日（火）            | コース発表                     | 14日（月）までに希望コースおよび参加意思の確認を提出する。                                                                  |
| 7月15日（火）            | コース調整                     | Bグループに抽選→漏れたものはA, Cコースに分かれた。この時点で欠員8名を1年生の中から補充することが決定                                          |
| 7月16日（水）            | 1年生に夏休み中のSSSaturdayについて説明 | その中で、8名の応募をすることを通知。                                                                             |
| 7月19日（土）            | コース調整                     | 1年生の抽選を実施                                                                                       |
| 7月20日（日）<br>～21日（月） | 事前講義用レポート用紙等作成            |                                                                                                 |
| 7月23日（水）            | Cグループ<br>第1回事前講義          | 高倉秀行教授（立命館大学）<br>「宇宙について」                                                                       |
| 7月24日（木）            | Bグループ<br>第1回事前講義          | 小野文一郎教授（立命館大学）<br>「プリオンについて」                                                                    |
| 7月25日（金）            | Aグループ<br>第1回事前講義          | 中村幸男教授（核融合科学研究所）<br>「プラズマについて」                                                                  |
| 8月18日（月）<br>～19日（火） | しおり等作成                    | しおりおよび当日配布予定のワークシート集を作成した。                                                                      |
| 8月20日（水）            | 第2回事前講義                   | Aグループ：ビデオ「スーパーカミオカンデ」<br>→最終打ち合わせ<br>Bグループ：最終打ち合わせ<br>→ビデオ「遺伝」<br>Cグループ：最終打ち合わせ<br>→ビデオ「HⅡロケット」 |
| 8月22日（金）            | 最終打ち合わせ                   | 旅行代理店との打ち合わせ                                                                                    |
| 8月26日（火）            | 実地研修                      | Aグループ出発                                                                                         |
| 8月27日（水）            | 実地研修                      | B, Cグループ出発                                                                                      |

【事前学習について】

現地での研修をより充実したものにするためには、実施に先がけて、各分野に関する基礎知識の定着を図ることは必須である。また、研修先で何を観察し、何を学びたいのかを明確にし、研修に向けてモチベーションを高めることも重要である。以上のことをふまえ、各分野に関する事前学習として、専門家による講演会、およびビデオ学習を実施した。

## ◇第1回事前学習 専門家による講演会

Aグループ（素粒子班）は、核融合科学研究所の中村幸男教授に7月25日（金）びわこ・くさつキャンパスにお越し頂き、「プラズマ」についてご講演いただいた。講演では、核融合科学研究所にあるLHD（大型ヘリカル装置）についての説明を身近なプラズマの例と合わせてわかりやすく解説していただいた。また、講演の最後には、科学を学ぶ高校生のためにいくつかのアドバイスをしていただいた。

科学（サイエンス）で大事なことは、

- なんだろう？→自然や物に興味を持つ。
- こんなことができないか？→夢の実現
- 何かの役に立つか？→社会的貢献と責任

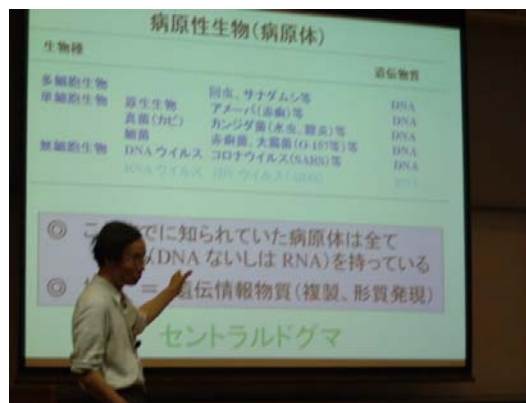
Bグループ（生命班）は、立命館大学の小野文一郎教授に7月24日（木）同じくびわこ・くさつキャンパスにて、狂牛病で話題の「プリオン」について講演いただいた。生徒からは、タンパク質が遺伝子になることについての質問と、セントラル・ドグマについての質問が多く出された。

Cグループは、立命館大学の高倉秀行教授に7月23日（水）同じくびわこ・くさつキャンパスにて、宇宙について講演いただいた。宇宙で生じる現象の興味深いものについて、生徒に問いながらわかりやすく説明していただいた。



事前講義の様子

核融合科学研究所 中村 幸男教授



事前講義の様子

立命館大学 小野 文一郎教授

各グループの第1回事前学習終了後には、講演のまとめと各実地研修先における各自の課題を明確にするためのレポートを配布。内容は以下のとおりである。

- ① 今日の講義を聞いて自分が持った課題やキーワードを3つ挙げ、そのキーワードについて調べ、わかったことをまとめなさい。
- ② 今日の事前講義についての感想を書きなさい。
- ③ 各実地研修先についてWebなどで調べ、注目するポイントを書きなさい。

\*生徒が注目したキーワードや課題

Aグループ

LHD、核融合、大型ヘリカル装置、超高温プラズマ、オーロラ、プラズマディスプレイ、磁場、低温プラズマ、地球温暖化、エネルギー開発、重水素、電子、原子核、電場、太陽、核燃焼プラズマ、化石燃料、第4状態、クーロン力

#### Bグループ

プリオン、ヤコブ病、致死性家系性不眠症、ハンチントン病、ダウン症候群、アルツハイマー病、パーキンソン病、脳萎縮性側索硬化症、狂牛病、海綿状脳症、コロナウィルス、HIVウィルス、セントラルドグマ、逆転写

#### Cグループ

ダークマター、ダークエネルギー、重力レンズ、ロケット、ロケットの燃料、月、無重力、H-IIAロケット、ロケットはなぜ空を飛ぶのか、ブラックホール、月の環境、バンアレン帯、コリオリ力、太陽風、オーロラ、真空、宇宙環境の特徴と利用価値、北海道で10秒間の無重力を作り出す、月に空気がない理由、宇宙の年齢、ジャイロ、国際宇宙ステーション

### ◇第2回事前学習 ビデオ学習

8月20日（水）、びわこ・くさつキャンパスにて、各コース別にビデオ学習を行った。Aグループは「スーパーカミオカンデ」、Bグループは「遺伝」、Cグループは「H-IIロケット」についてのビデオを含めた事前学習（約2時間）のあと、第1回事前学習で配布したワークシートの回収を行い、最終打ち合わせ、しおりの配布を行った。回収したワークシート集は、各グループ付き添い予定の教員で、きっちりと事前学習ができているかを確認した。

#### 【実地研修当日配布の研修用ワークシートについて】

実地研修当日には、グループごとに研修用ワークシート集を配布した。内容は、日本科学未来館用のワークシート（B、Cグループ）と、各日のまとめ・感想で、前者については、日本科学未来館が作成したワークシートを利用させていただいた。

#### 【実地研修での活動内容】

##### Aグループ

8月26日（火）スーパーカミオカンデ

タンク上面の観察、コンピュータ室でのデータの説明

8月27日（水）核融合科学研究所

- 大型ヘリカル装置の見学
- 3班に分かれて 実験と研究者との対話
  - ① 真空装置
  - ② 電子顕微鏡
  - ③ 高温耐熱材料



スーパーカミオカンデの施設を見学し  
説明を受ける生徒



核融合科学研究所での、  
研究者との対話の様子

#### B グループ

8月27日（水）日本科学未来館

ワークシートを用いて各自で見学、研修

8月28日（木）日本科学未来館

ワークシートを用いて各自で見学、研修

実験工房での学習（バイオと超伝導）

8月29日（金）国立遺伝学研究所

○ 3班に分かれて研究室を見学、および研究者との対話

① ショウジョウバエ

② シロイヌナズナ

③ ヒドラ

○ 施設やマウスの見学



日本科学未来館にて、質問・  
疑問を直接インタープリターの方に  
ぶつけて理解を深めた



国立遺伝学研究所にて、  
ヒドラを用いた発生遺伝学についての  
説明を受ける様子

#### C グループ

8月27日（水）日本科学未来館

ワークシートを用いて各自で見学、研修

実験工房での学習（バイオと超伝導）

8月28日（木）NASDAつくば宇宙センター

施設の見学

8月29日（金）日本科学未来館

ワークシートを用いて各自で見学、研修



日本科学未来館の実験工房にて、  
「DNAの抽出」「超伝導体を用いた  
実験」を体験



NASDAつくば宇宙センターにて、  
ロケットと宇宙飛行士の  
訓練について学ぶ

【事後学習について】

9月16日（火）にBKCカラーニングハウスⅡのプレゼンテーションルームにてテーマごとに発表用のパワーポイントを準備し、発表会を行った。

1年生については、10月25日（土）のSSSaturdayの中で発表会を行った。



【生徒の発表プレゼンスライドの一部】

**核融合科学研究所とは？**

- 岐阜県土岐市にある、次世代のエネルギーとして期待される核融合発電に必要なプラズマなどについての研究が行われている施設です。
- 今回、私たちは、真空グループ、電子顕微鏡、高温耐熱材料のそれぞれのグループに分かれて、研究所の見学をし、最先端の技術に触れることができました☆





### 核融合とは??

- ◆ 2つの原子核が衝突して融合し、1つの原子核になる反応のことをいう。



### 走査型電子顕微鏡 (SEM)

走査型電子顕微鏡で観察した塩化ナトリウムの結晶

### 形状記憶合金の仕組み

- ◆ 鉄のようなほかの金属は、外力をくわえると原子の並び方が変わり、変形する。
- ◆ 形状記憶合金の場合、原子の並び方は変わらず、面積の比率が変わり変形する。

### マイクロ波焼結の実験観察

- ◆ 材料: カーボンファイバー  
銅とアルミのプレス成形体
- ◆ 方法: マイクロ波炉に金属粉末を入れ、熱を与え、顕微鏡で観察する
- ◆ 結果: 900度を超える温度が十数分続くと、銅とアルミが一瞬にして焼結した。
- ◆ 出来た金属は、酸化しにくく、硬度も増した

#### 【生徒の感想より】

遺伝学研究所で、初めて研究室というものを見た。めったに入ることのできない研究室に入って、研究途中の話を聞かせて下さったり、顕微鏡をのぞかせてもらったり、とても貴重な時間を過ごせたと思う。研究自体もそうだけど、実験に使われるマウスやショウジョウバエには、子孫を絶やさぬよう、病気にならぬよう、徹底された管理があり、「ハエを中心に人間が動く」ほどに、気力と研究に対する思いが伝わってきた。こんな地道な努力があって、将来にも役に立つ大発見につながるんだなあと思うと、本当にすごいことだと思う。話の中でも、がん細胞に関する話があって、治療法も完璧ではない病気だし、とても興味深かった。まだわかっていない、未知の世界を知るために研究は続けられていて、なんかおもしろそうだと思う。発見したときの喜びは大きいのだろうかあと感じた。

(2年女子、生命班)

このワークショップを通して、一番興味を持ったのが、遺伝子についてでした。科学未来館では、遺伝子診断についてインタープリターさんと議論をしたり、普段色々疑問に思っていたことを聞いて、知識が深まりました。遺伝子についてもっと研究が進めば、今はどうすることもできない病気も治せるかもしれないし、そういう意味では、人間にとって最も重要な分野であると思います。今年の春にヒトゲノムの配列がすべて明らかにされたけれど、まだ、その1つの1つの遺伝子の役割などは、ほとんどわかっていないということだったので、これからその役割を研究していったら、人の命がより多く救われるようになってほしいと思います。

また、ニワトリのDNAを取り出す実験では、1つ1つ丁寧に説明してくださっていたので、わかりやすかったし、その実験の途中の話も面白かったです。実験にDNAを取り出してみるとそれまでは、教科書などでみるだけでしたが、遺伝子というものが、本当に私たちの体の中や他のどの動物の中にもあるのだと思い、遺伝子を身近なものとして、感じることができました。当たり前のことで、よくわかっているはずなのですが、DNAを手にとって見ると、すごく不思議な気持ちになりました。

私は、医者になりたいと思っていたのですが、今回のワークショップを通して、自分は遺伝学や医療という分野に興味があると確信し、より医者になりたいという気持ちが強まった気がします。とても意味のあるワークショップだったと思います。

(2年女子、生命班)

今回、筑波宇宙センターと日本科学未来館で最先端の技術を、見て体験して知ることができました。先生方が前から言っておられたように、普通の科学館と違い、まだ完成していないものや技術のみというものが多く見られました。しかし、展示していた分野は広がったので、これから発展していくことは数多く残されていることがわかりました。展示を見学するときは、館の方がわかりやすく熱を込めて丁寧に説明してくださり、質問にも全てではありませんが、わかりやすく対応していただいたので、良く理解できました。筑波宇宙センターでは、実際に使用されているものと同じものを展示されていて、ロケットでこんな大きなものが打ち上げられるのかと驚き、LE-7の能力、エネルギーのすごさを感じ取ることができました。今回のSSWを体験してみると、たった3日間で多くの技術にふれることができ、とても有意義なものだったと思います。(3年男子、宇宙班)

### Ⅱ－3 仮説検証と次年度に向けての課題

事前学習から実地研修、事後学習と、系統立てて行ったこの取り組みは、生徒の感想からみた満足度により判断すると、大変意義深いものになったと思う。また、最先端科学に対して、さらには自分の進路に対して意識を向上させた様子が見られたことから、仮説①②に関してはほぼ裏付けられたと考える。しかし、感想の中で「時間が足りない」「まだまだ中を見て自分のテーマについて調べたかった」という意見が多数あがったことは、今後の取り組みのスケジュールを組む上での重要な課題である。教員側としては、これも見せ

てあげたい、あれも見せてあげたいという思いが強く、どうしてもスケジュールは過密にならざるを得なくしまった。

また、今回のワークショップでは、事前講義にも工夫を施したが、クラブ等の都合で事前講義に参加できず、直接実地研修に参加したものもいた。教員側も出発前から事前講義の重要性を意識はしていたが、配慮がいたらなかったと反省している。次年度以降取り組む際には、生徒たち全員が事前学習に参加できるような配慮を検討すべきだと考えている。

この有意義な活動に関しては、次年度以降も引き続き行っていく予定である。次年度では、よりよいワークシートの追求や事前学習の整備、実地研修の日程改善を考えていきたいと思う。

### Ⅲ スーパーサイエンスサタディ（SSS）

#### Ⅲ－１ ねらいと研究方法

スーパーサイエンスサタディ（以下 SSS と表す）は、次年度 SSP 選択予定の生徒を対象に、主に立命館大学理工学部のあるびわこ・くさつキャンパス内の本校専用施設において、本校高校教員や中学校教員を中心に実践してきたプログラムである。

2003 年度より高等学校においては、カリキュラムが刷新された。これに伴い、学校五日制になり、大いに土曜活用の重要性が叫ばれた。そんな中で、SSP と連携して企画したのがこのプログラムである。

近年の学力低下に対する策として、「基礎・基本」の充実がよく挙げられる。本校においても六年一貫教育のよさを生かし、高校 1 年生までを「基礎学力習得プログラム」期間として設定している。しかし、基礎・基本の充実だけでは、物足りない生徒が出てくるのも当然である。基礎・基本の充実を目的とした通常授業だけでは、学力を高いレベルに持っている生徒が満足しているとは必ずしも言えない。そのような本校の状況の中で、このプログラムでは、高校の早い段階から科学や数学への意欲、関心、態度を育てるために通常授業だけでは、取り上げられない理数科学の興味深いトピックやテーマを取り上げ、この場で学んだ内容が、SSP で行われているあらゆる行事に生かせるよう行ってきた。

この SSS の授業では、実際に手を動かし（実験や工作）体験的に学んでいく活動や、グループで 1 つの課題を研究し、プレゼンテーションを作成し、発表するような機会も設けてきた。また、大学の教員による講演会なども多く取り入れてきた。

このプログラムの実践に当たっては、以下のような仮説を立てた。

- ① 色々な実験や取り組みを通して、物理や化学についての興味、関心を高め、今後の学習に対する意欲を高めることができる。
- ② 高度な数学のトピックに触れることにより、引き続き、研究、考察する姿勢を養うことができる。
- ③ 諸行事の取り組み報告を通して、次年度へのモチベーションを高めることができる。

#### Ⅲ－２ 実施概要

【設置学年】 高校 1 年生 希望生徒

（次年度高校 2 年生にて SSP 受講を予定しているものを中心とする。）

【開講回数】 基本的に隔週の土曜日で年間で 20 回

（夏休みは集中的に実施）

【受講人数】 回により異なるが、30～60 名が参加

【2003年度実施状況】

| 日付     | 科目    | 担当             | 内容                         |
|--------|-------|----------------|----------------------------|
| 5月10日  | 数学    | 鳥島、田中          | 四色問題、ハノイの塔                 |
|        | 物理    | 栗木、鍵山          | イーザーセンス                    |
| 5月31日  | 数学    | 鳥島、文田          | トポロジーとメビウスの輪               |
|        | 化学    | 木本、栗木          | 液体窒素                       |
| 6月14日  | 講演会   | 寿栄松憲昭氏         | SSH連続講演会                   |
| 6月28日  | 数学    | 鳥島、田中          | 確率場合の数応用演習                 |
|        | 数学    | 文田、鍵山          | コンピュータで場合の数                |
| 7月12日  | 物理    | 栗木、鍵山          | 偏光板を用いた実験                  |
| 7月19日  | 英語    | 浮田             | ディベート                      |
|        | 物理    | 栗木、鍵山          | 課題研究発表会                    |
| 7月20日  | 数学    | 鳥島、田中          | n進法、位取り奇数法                 |
|        | 化学    | 木本、栗木          | 有機化学                       |
| 7月21日  | 数学    | 鳥島、田中          | 統計について                     |
|        | 物理    | 栗木             | 空気砲                        |
| 8月18日  | 数学    | 鳥島、田中          | 素数について                     |
|        | ビデオ   |                | 自動改札機発明の物語                 |
| 8月19日  | 物理    | 栗木             | 光の不思議、屈折率、光速不変の原理          |
| 8月20日  | 物理    | 栗木、鍵山          | 課題研究発表会                    |
|        | 化学    | 清水             | 酸・アルカリの学習                  |
| 8月21日  | 英語    | 浮田             | ディベート                      |
|        | 化学    | 木本             | 無機化学                       |
| 8月22日  | 数学    | 鳥島、田中          | 作図について                     |
|        | ビデオ   |                | VHSの開発                     |
| 10月25日 | SSW   | 田中・鳥島          | SSW発表会                     |
|        | 講演・実験 | 建山和由先生         | 地盤沈下と液状化について               |
| 11月1日  | 数学    | 鳥島             | カードゲーム「アルゴ」                |
|        | 物理    | 鍵山・栗木          | ビデオポイント                    |
| 11月22日 |       |                | アナモルフォーシス<br>～数学と美の関係について～ |
|        | 物理    | 鍵山             | 電磁誘導                       |
| 12月13日 | ロボット  | 小林・酒井          | LEGOロボットの製作とプログラミング        |
| 1月24日  | SSF   | 鳥島・田中<br>栗木・鍵山 | SSFの感動をもう一度                |
| 2月21日  | 数学    | 田中             | カレイドサイクル                   |
| 3月13日  | 物理    | 栗木・鍵山          | モデラスを用いたシミュレーション           |

# 【実践例1】

実施日 5月31日（土）90分授業

（1）授業のテーマ 数学「トポロジー」

（2）テーマ設定について

数学専門の一つの分野である微分幾何学についてその初歩を高校生でもわかる題材を用いて、グループ活動や作業を通して実感してもらった。授業の最後では、射影幾何の入り口であるメビウスの帯についても触れた。

（3）授業の流れ

| 授業の流れ | 生徒の活動等                                                                                                                                                                                       | 留意事項等                                                                                                                                                                                                                       |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ①正多面体 | <ul style="list-style-type: none"> <li>正多面体の定義を聞いた上で、正多面体セットで作っていく。</li> <li>正六角形では作れないことに気づく。</li> </ul>                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>正六角形については入っていないので、正三角形を組み合わせて作らせる。</li> <li>正六角形では立体が作れないことを説明する。</li> <li>正多面体に関する補足</li> </ul>  |
|       | <ul style="list-style-type: none"> <li>各班で協力して、目の前の実物の面、辺、頂点の数を数える。</li> <li>それらに規則性がないかを考える。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>オイラー数について説明する。</li> <li>証明についても概略を説明する。<br/>→トポロジーの紹介</li> </ul>                                                                                                                     |
| ②一筆書き | <ul style="list-style-type: none"> <li>7本の橋が一回りできるかを考える。ワークシートの余白に簡略化した図などを書く。</li> <li>一筆書きできる図を色々と考え、一筆書きできる図の規則性を考える。</li> </ul>                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>この問題の図を簡略化したかどうかを聞き、トポロジーの話をもう一度加える。</li> <li>規則性を生徒に説明させる。</li> <li>複雑な図をいくつか挙げ、それらが一筆書きできるかを考えさせる。</li> </ul>                                                                      |

|         |                                                                              |                                                                                                                        |
|---------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ③メビウスの帯 | <ul style="list-style-type: none"> <li>各自に適当な長さのテープを与え、メビウスの帯を作る。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>前で作り方を説明する。</li> <li>裏表の無いことの説明</li> <li>真ん中を切らせる。結果を予想してから切るよう指示する。</li> </ul> |
|---------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### (4) 本授業における生徒の感想

- メビウスの輪で2つに切ったのが1つの輪になっていて、驚いた。
- 立体を作る道具ははまりそうだ。
- 図形のパズルを使ったり実験をしてもらえると頭でわかっていることでも目に見えるので、わかりやすいし楽しい。
- 奇点、偶点の法則というのがあるなんてびっくりした。
- コーヒーカップとドーナツが一緒であることは納得いかない。

#### 【実践例2】

実施日 11月22日(土) 90分授業

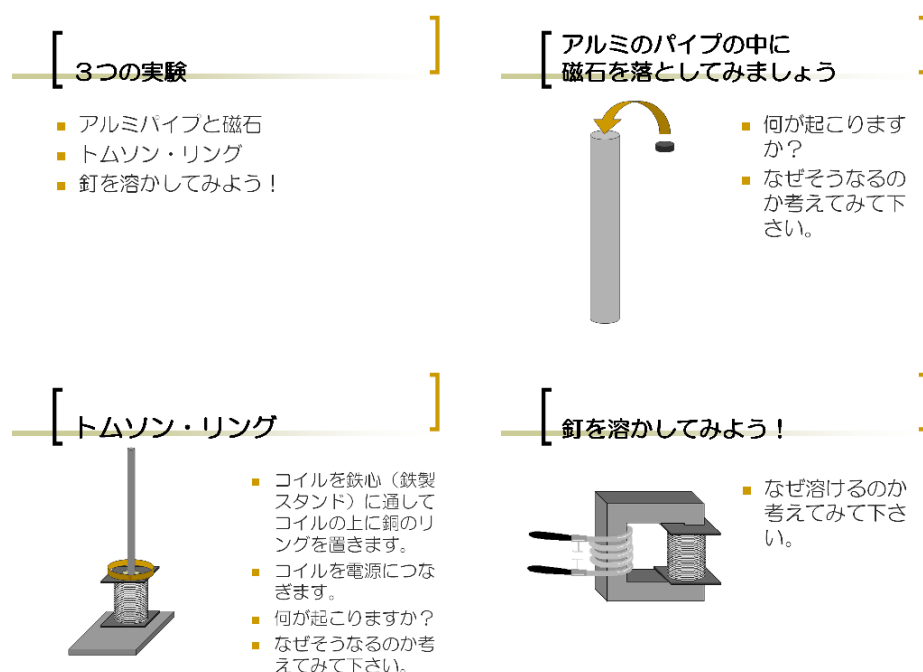
##### (1) 授業のテーマ 物理「電磁誘導」

##### (2) テーマ設定について

物理の学習がまだスタートしていない高校1年生段階で、物理の学習が単なる知識の詰め込みでなく、実験、考察の過程を踏む学習であることを認識してもらうために実施。

その目的を満し、高校1年生にとってもわかりやすい内容がこの電磁誘導であり、また身近な材料で色々な不思議な現象を見ることができるということで実践することにした。

##### (3) 授業の流れ



(4) 本授業における生徒の感想

- 何となく、電流と磁力線の関係がわかった気がした。仕組みが難しかった。
- ここまで考え込んだのは久しぶりだった。
- 実験自体は、簡単で、面白かったけど、理論がわかりそうで、わからなくて難しかった。
- 針が真っ赤になったのが、すごかったです。



第16回 SSSaturday  
「電磁誘導」身近なもので実験！

【その他の取り組みの様子】



第2回 SSSaturday  
化学「液体窒素」  
見たことない現象に驚きの連続



第5回 SSSaturday  
物理「課題研究偏光板を用いた実験」  
プレゼン作成にグループで一致団結



第6回 SSSaturday  
物理「課題研究発表会」  
グループごとに作ったプレゼンの発表



第12回 SSSaturday  
英語でディベートに挑戦

第14回 SSSaturday  
講演会 建山先生「地盤沈下と液化化」  
関空と地盤沈下の関係



【生徒の感想より】

毎回、参加者から感想を取り、その文面から実践の評価を行ってきた。また、生徒の意識面での変化も見えてきた。ここでは、その中から各分野での代表的な実践例について、その概要と生徒の感想を紹介することにする。

◇5月<数学>「ハノイの塔、四色問題」の授業より

<実践概要>

「できるだけ簡単に、少なく」をテーマに2つの課題にトライ。第1の課題は、ハノイの塔について、紙の模型を用いて、塔が3つの場合、塔が4つの場合について各班で考えさせた。次にハノイの塔の流れを組み合わせながら、できるだけ少ない色数で次の図を塗り分けることに挑戦させる。色塗りでき、4色必要であることがわかった班にはその理由を聞き、次の課題を与える。空間の場合などについて課題を残しておく。

「ハノイの塔」は今までやったことはあったけど、  
「四色問題」は初めてで四色ですべてのものが塗れるのがわかっておもしろかった。

- ・ あまり普段しないようなことをやってとてもおもしろかった。なぜそうなるのかということがとても気になった。これを理論的に理解できればいいなと思った。



第1回 SSSaturday  
数学「四色問題とハノイの塔」  
グループで課題に取り組む生徒の姿

◇7月<数学>「N進法」の授業より

<実践概要>

2進法は、電子機器の仕組みとして使われているものであり、また数学の計算方法や位取り記数法の根本になるものである。本時では、ただ単に2進法についての仕組みを伝えるのではなく、何気ない（本時は手品）題材から2進法が隠れていることを説明していくことにした。

- ・ 名前は知っていたけど、今日やっとわかってスッキリした。
- ・ コンピュータが2進法なのを初めて知った。
- ・ 2進数を使っの計算をしたことなかったの勉強になった。
- ・ N進法の話がとても面白かった。人間の指の数で、数字の考え方がかわっているかもしれないというのが、すごくびっくりした。世の中の数字は、本当にうまくできていると感じた。

#### ◇11月<物理>ビデオポイントを使った授業より

##### <実践概要>

人の動きやボールの動きなどをビデオカメラに収め、そのデータをパソコンに移動させて、軌跡を追った。そのデータをビデオポイントというソフトで解析した。

- ・ 人の動きは複雑だなと感じた。
- ・ ものの運動について解析はできたが、グラフからの読み取りができませんでした。
- ・ 画像だけで、エネルギーを調べられるのがすごいと感じた。

#### ◇11月<数学>「数学と美との関係」の授業より

##### <実践概要>

数学Cの内容の一次変換について、まず自分で変換式に値を代入しながら変換後の絵を作成した。次にこのことを利用して円筒アナモルフォーシスといわれるものに取り組んだ。写真をパソコンに取り込み、一次変換して勝手に変換後の図を作成してくれるソフトを利用した。

- ・ ゆがんだ絵が一次変換とは面白かった。
- ・ ひずんだ絵が円筒を前にすると元に戻るとというのが面白かった。

#### ◇12月ロボット製作の授業より

##### <実践概要>

LEGOロボットを組み立てるところからスタートし、組み立て後各班で決められたコースをできるだけ速く正確に走るためのプログラミングに試行錯誤した。

- ・ プログラミングでは、いかに速く走らせるかで苦戦した。
- ・ 与えられたプログラムを自分で実行するのではなく、そのプログラムを自分で作れるようになりたい。
- ・ 難しいが、わかりやすく作れる。
- ・ 初めてセンサーのついたロボットの製作に取り組んだ。
- ・ 良い頭の体操になった。
- ・ 0.0何秒かの設定差で速さをあげることができて嬉しかった。



第17回 SSSaturday  
「ロボット製作」  
ロボット製作と  
プログラミングに挑戦！

- ・ 効率よくするには、頭を使わなければいけないと感じた。
- ・ まさか自分の手でロボットの意志を操作できるなんて思いもよりませんでした。
- ・ うまく動くときのプログラムを少し変えるだけでぜんぜん違う動きをすることがわかった。

#### ◇1月スーパーサイエンスフェア発表会より

##### ＜実践概要＞

昨年の11月に実施したスーパーサイエンスフェアの発表を次年度SSP選択生徒に聞いてもらい、モチベーションを高めることを目的に実施した。また、課題として挙げている、BKCで行われていることが深草の生徒には、見えていないということの解決も考えた。

- ・ 英語での発表を聞いて、英語を使えることや発表をできることをすごいと思った。内容は、レジュメ等があったので、少しはわかった。やっぱりもっと勉強しなければいけないと感じた。ダイヤモンドも順を追って、説明してもらったので、興味の沸くものになりました。
- ・ 自分と1学年しか違わないのに、これだけのプレゼンができるなんてすごいと思った。パワーポイントの使い方も自分とは全然レベルが違うので、参考にしたいと思った。サイエンスの世界の広さが少しわかった。今日発表してくれた皆さん全員自分の興味のあることに対してのチャレンジ精神がすごいと思った。本気なのがよくわかった。
- ・ 自分たちで開発して、研究して今の自分には、そのような機会はないけれど、次年度SSPとかで積極的に参加していきたいと思った。

生徒たちが、このSSSaturdayを通して自分はどのような力が身に付いたのかを問うた。以下の回答を得た。

#### ◇理科に関するもの

- ・ 物理などの実験が前よりも面白く感じるようになった。
- ・ 自然や化学に接する気持ち
- ・ 科学や物理は体で感じる事が一番重要だと思った。
- ・ 理系科目に対する抵抗が減った。
- ・ 理系は努力した分だけ楽しい。

#### ◇数学に関するもの

- ・ 数学の謎に対する気持ち
- ・ 数学でもゲームみたいな感じで楽しむことができた。

#### ◇学習全般に関わるもの

- ・ 積極的になれた。
- ・ じっくりと考えようと思うようになった。
- ・ 自分が知っていたことをまったく別の視点から見ることの面白さ、自分の知っていたことをより、深めて知る事の楽しさを知れた。
- ・ 難しいことでもひたすら考えれば、何とかなることを知った。

- ・ 自分の身の周りの数字について考えるようになった。
- ・ プレゼンがどういうものかわかった。
- ・ 今まで目を向けていなかったところに関心を持つようになった。
- ・ もっと、硬いことをすると思っていた。
- ・ 面白い授業に真剣に取り組めるようになった。
- ・ 与えられたものをクリアしてだけでなく、不思議に思ったもの、まだ解明されていないもの、この世にまだないものなど、新たに自分で考えたものをクリアすることが大切だと感じた。
- ・ 勉強のいろいろな方向性をみた。勉強に対しての見方も広がった。
- ・ 問題を解くときの取り組み方
- ・ 毎回、全然知らない事を学んでよかったと思い、もっと自分の知らないことを学んで知識を増やしたい。

### Ⅲ－３ 仮説検証と次年度に向けての課題

通常授業とは一味違った切り込みで全20回行ってきたこのSSSであるが、生徒の興味、関心は、通常とは一味違うだけでは十分に引き付けられないことを実感した。さらに、今年度の20回は、基本的には1回完結で行ってきたが、その20回を通しての共通目標が明確でなかったために、生徒が困惑した場面もあったように思う。

しかし、座学で行われる通常授業とは異なり、グループでの活動や実験、発信に関しては、好評を得たように思う。

また、これは学校全体の問題として捉えるべきことかもしれないが、クラブとの両立に悩む生徒も見られた。土曜日の午前中は朝から活動を行っているクラブも少なくはない。クラブにも行きたいし、SSSの内容も気になるといった矛盾に悩まされる生徒も見られた。

しかし、通常授業だけでは十分とは言い切れない取り組み（特に班活動）は、生徒同士のつながりを深めただけではなく、学習することの動機付けにも大いになったように思われる。また、後期には、この一年に取り組んできたさまざまな取り組みの発表会を設けることにより、次年度に向けた決意を明確にさせることも可能であった。また、そのような最先端の取り組みについての発表を聞くことにより、自分の甘さや学習に対する姿勢の不十分さを痛感した生徒も多く見られた。

今後の取り組みのキーワードは「手作業」、「コンピュータ」、「班活動」の3つではないだろうか。一緒に考え、手を動かすことにより得られる結果を共有することで、生徒たちの感動も大きくなっているように感じた。また、コンピュータを用いた授業を望む生徒も多く見られた。このことは、毎回書いてもらった感想文の中に要望として多く表れていた。

実際、この要望に答え、物理では、イージーセンスやモデラス、ビデオポイントなどといったコンピュータを用いてデータ解析するような取り組みを実践してきた。また、数学でもMathmaticaなどを用いて、同時期に通常授業で、学習していた確率の学習などを行い、理解を深めた。

次年度は、中学3年生、高校1年生合同でのSSSを実践していく予定である。中高一貫

校の利点を生かし、さらには早い段階から最先端科学への動機付けを行いたい考えのもと次年度への取り組みを考えた。今後も“一味ちがう”といった実践にいくつも取り組んでいきたいと思う。



第2回 SSSaturday  
「メビウスの帯とトポロジー」  
正多面体が5つしかない理由を  
考えよう！

## Ⅳ 『生命』のとりくみ

### Ⅳ－１ ねらいと研究方法

『生命』の最大の特徴は、この科目を文系・理系を問わず、あるいはスーパーサイエンス・プログラム（SSP）を選択しているか否かを問わず、立命館高校の２年生全員に必修（３単位）で学ばせている点である。そのため、本校の２年生は、文系・理系に関係なく全員が、タンパク質やDNAの構造、遺伝子発現のしくみ、免疫システム等、生命科学の基礎的内容を理解できるようになっている。

この『生命』の授業では、前期を基礎力養成期と位置づけ、生命科学の重要分野を実験観察やデジタルコンテンツを用いて学習した。また後期は応用発展期と位置づけ、「組換えDNA実験」や受精卵診断を題材にした「生命倫理に関する学習」などに取り組んだ。また年度末には、グループごとの探求結果を発表するプレゼンテーションコンテストを実施し、生徒全員がパワーポイントを用いたプレゼンテーション能力を身につけることができた。これら『生命』の取り組みには、スーパーサイエンス・プログラムを選択している生徒はもちろん、本校２年生の生徒の多くが高い関心を持ち、きわめて熱心に取り組んだと評価できる。

このように「いのち」に焦点をあてた科目を学校が独自に開発し、数百ページに及ぶテキストを自主編集して全員必修で学ばせる例は、ダイナミックな取り組みであるといえる。平成 14 年度までは選択の生物の授業を利用して予備実践を行い、その教育効果を一つ一つ検証するとともに、『生命』のための独自テキスト(B5 版、約 350 ページ)の開発に力を注いだ。平成 15 年度は『生命』の授業を本格実施しながら、平成 16 年度用の改訂版テキストの作成も終えた。

具体的には、以下のような仮説をたて、研究開発を行った。

『生命』を学ぶことによって、

- ① 生徒の生命科学に対する知識と興味関心が高まるとともに、『遺伝子組み換え』『遺伝子治療』など現代的課題の原理や利点・問題点などを理解できる素養が養われる。
- ② 情報活用能力、プレゼンテーション能力など、今日的課題に対しての自分の意見を発信できる能力が養われる。
- ③ 「いのち」の神秘やその尊厳を感じ、「いのち」について深く考え、「いのち」を大切にする姿勢や態度（倫理観）の形成が促進される。

### Ⅳ－２ 実施概要

【履修生徒】 高校２年生 全員（男子 182 名、女子 151 名、計 343 名）

【単位数】 ３単位

【開講形態】 必修

（平成 15 年度は文系が約 27 名×８講座、理系が約 33 名×４講座の文理別講座で実施）

【実施場所】立命館高校

【ねらい】

- ① 自分自身のからだの成り立ちやしくみを科学的に学ぶことを通して、生命に対する正しい知識を身に付け、自ら、そして他者の存在を大切にして、倫理観にもとづいて行動できる思慮ぶかい人材を育成する。
- ② 遺伝子のはたらきを体系的に学び、『遺伝子組み換え』『遺伝子治療』など現代的課題の原理や利点・問題点などを理解できる基礎学力を養う。
- ③ 生命科学を題材としたグループでの調査研究および発表学習を通して、情報活用能力、プレゼンテーション能力を養い、今日的課題に対しての自分の意見を発信できる能力を身につける。

【実施計画】

- ① 前半（1年間の2／3 約50時間）

講義、実験観察、映像教材、コンピュータシミュレーションなどを組み合わせ、細胞や遺伝子を軸とした“いのちのサイエンス”としての学習を進め、生命科学の基本をしっかりと身に付けさせる。

- ② 後半（1年間の1／3 約25時間）

自ら情報を集め、探求、発信できる力を養うことを目標とする。生徒が数名のグループをつくり、情報機器を駆使しながら、自分たちで決めたテーマに基づいての調査探求学習（フィールドワーク、自主実験を含む）に取り組む。その成果をプレゼンテーション・コンテストの場で発表させる。この取り組みを通して、立命館高校の生徒は全員、高度なプレゼンテーション力を身につけることができる。

#### IV－3 年間学習内容とテキストの目次

| 期  | 月  | 自主編成テキストの目次とページ                | 実験実習等      |
|----|----|--------------------------------|------------|
| 前期 | 4月 | <b>第1章 生命と細胞</b>               |            |
|    |    | 1－1 私たちの体をつくる細胞・・・・・・・・・・ 10   | ゾウリムシの観察   |
|    |    | 1－2 細胞の研究と電子顕微鏡・・・・・・・・・・ 20   | アメーバの観察    |
|    |    | 1－3 細胞膜の構造とはたらき・・・・・・・・・・ 30   | ホルボックスの観察  |
|    | 5月 | 1－4 原核細胞と真核細胞・・・・・・・・・・ 33     |            |
|    |    | 1－5 DNAの構造とその複製・・・・・・・・・・ 43   |            |
|    |    | 1－6 細胞がふえるしくみ・・・・・・・・・・ 46     | 体細胞分裂の観察   |
|    | 6月 | <b>第2章 ヒトの誕生と遺伝</b>            |            |
|    |    | 2－1 減数分裂のしくみと生殖細胞形成・・・・・・・・ 56 |            |
|    |    | 2－2 ヒトの誕生・・・・・・・・・・ 64         |            |
|    |    | 2－3 細胞の分化と組織の形成・・・・・・・・・・ 70   | 動物組織の観察    |
|    |    | 2－4 遺伝の法則・・・・・・・・・・ 74         |            |
|    |    | 2－5 いろいろな遺伝・・・・・・・・・・ 87       |            |
|    |    | 2－6 ヒトの性と遺伝・・・・・・・・・・ 92       | 遺伝シミュレーション |

|    |       |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                              |
|----|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|    |       | 2-7 遺伝子の連鎖と組換え・・・・・・・・・・ 102                                                                                                                                                                                    |                                                                              |
|    | 7月    | <b>第3章 遺伝子とのはたらき</b><br>3-1 わたしたちの体をつくる分子・・・・・・・・ 112<br>3-2 タンパク質と酵素・・・・・・・・・・ 118                                                                                                                             | DNAの抽出実験<br>酵素カテーゼの性質                                                        |
|    | 9月    | 3-3 遺伝子の本体 DNA・・・・・・・・・・ 129<br>3-4 遺伝情報からタンパク質へ・・・・・・・・ 140<br>3-5 突然変異・・・・・・・・・・ 150<br>3-6 遺伝子組換え技術と生命倫理・・・・・・・・ 155                                                                                         | DNA分子模型製作<br>生命倫理の取り組み<br>組換えDNA実験                                           |
| 後期 | 10月   | <b>第4章 生命を維持するしくみ</b><br>4-1 血液とその成分・・・・・・・・・・ 166<br>4-2 生体防御（免疫）のしくみ・・・・・・・・ 170                                                                                                                              |                                                                              |
|    | 11月   | 4-3 神経系とそのしくみ・・・・・・・・・・ 180<br>4-4 自律神経とホルモンによる恒常性の維持・ 187<br>4-5 腎臓と肝臓のはたらき・・・・・・・・・・ 196                                                                                                                      |                                                                              |
|    | 12月   | <b>第5章 生命と地球の歴史</b><br>5-1 宇宙の中の地球・・・・・・・・・・ 202<br>5-2 生命の起源・・・・・・・・・・ 203<br>5-3 多細胞生物の出現と陸上への進出・・・・ 212                                                                                                      |                                                                              |
|    | 1月    | 5-4 生態系（エコ・システム）とその構成・・ 220<br>5-5 物質循環とエネルギー・・・・・・・・・・ 225<br>5-6 環境問題とその対策・・・・・・・・・・ 229<br>5-7 自然環境保全への取り組み・・・・・・・・ 237                                                                                      |                                                                              |
|    | 2月・3月 | <b>第6章 プレゼンテーション</b><br>6-1 プレゼンテーションの準備。・・・・・・・・ 242<br>6-2 調査探求の手法・・・・・・・・・・ 243<br>6-3 パワーポイントの使い方・・・・・・・・ 248<br>6-4 プレゼンテーションの実際・・・・・・・・ 256<br>『生命』の学習に役立つホームページ集・・・・ 259<br>過去のプレゼンテーション・コンテスト結果・・・・ 266 | プレゼンテーションコンテスト<br>の実施（2月）<br><br>さらに優秀な班での<br>プレゼンテーションコンテスト<br>ファイナルの実施（3月） |
|    |       | <b>問題演習・解答編</b><br>問題演習編・・・・・・・・・・ 269<br>解答編・・・・・・・・・・ 317                                                                                                                                                     |                                                                              |

なお、『生命』テキスト作成にあたっては、本学関係者に加え、生命科学分野でCOEにも選ばれた京都大学の柳田充弘教授をはじめ、筑波大学の鎌田博教授、東京学芸大学の小林興教授、奈良女子大学の大石正教授、京都工芸繊維大学の左巻健男教授、京都府立医科大学の今西二郎教授、大阪教育大学教育学部附属平野学舎の吉本和夫教諭、東京テクニカルカレッジの大藤道衛先生、性教育ボランティア団体・ハートブレイク、中村理科工業株式会社、島津理化機器株式会社、ケニス株式会社、数研出版、第一学習社、東京書籍、講談社、国土社、ナツメ社のご協力をいただいた。

#### IV－4 特徴的な実践

『生命』では、「DNA抽出実験」、「DNA分子模型の製作」、「酵素カタラーゼの実験」など、基本的な内容の分野も実験実習をなるべく多く取り入れるよう心がけた。また、年間を通じて日本科学技術振興財団のデジタルコンテンツを授業内で積極的に活用したが、これは「わかりやすい」「内容が直感的に理解できる」と生徒にたいへん好評であった。

ここでは、この『生命』の年間の取り組みの中から、「組換えDNA実験」、「生命倫理の取り組み」、「プレゼンテーションコンテスト」、「デジタルコンテンツの使用」の4つについて取り上げる。

##### 生命の授業のひとコマ



酵素の性質を実験で検証する



DNAの分子模型づくりに挑戦

##### ◇組換えDNA実験の高校2年生全員での実施

###### 【概要】

遺伝子およびバイオテクノロジーに関する学習は、『生命』の中でも重要なテーマの一つであり、理工系や医歯薬系の進路を希望している生徒はもちろんのこと、今後は法学や経済学等、文系・社会系の進路を目指す生徒にとっても極めて大切な分野であると考えている。

しかし、遺伝子は直接目で見ることができず、また遺伝子組換え技術についても正確な知識を持っている生徒は殆どいないことから、入念な事前学習を踏まえた上で「組換えDNA実験」を実施することによって、その理解が深まり、生徒の興味関心も一層高まるのではないかと仮説をたて、平成14年度に選択の「生物」の授業の中で先行実践を行った。

平成14年度に本校で行った実践および生徒アンケートからは、「組換えDNA実験を経験した生徒のうち75%の生徒は遺伝子などに対する興味関心が高まった」こと、および「この実験が高校生にとって生命科学や遺伝子に興味をもつことに役立つと回答した生徒が全体の87%に上った」ことが示された。また、その操作性や安全性についても十分確認することができたため、「組換えDNA実験」は『生命』の中で実施可能であり、高い教育効果が期待できるという結論が得、平成15年度は『生命』の授業の中で高校2年生全員を対象に「組換えDNA実験」を実施した。なお、その実施に当たっては、「組換えDNA実験指針（平成14年1月31日文部科学省告示第5号）」にすべて則った。

【『生命』での遺伝子学習における「組換えDNA実験」の位置づけ（1時間は45分）】

| 時 間    | 学習項目           | 形態 | 学習内容            |
|--------|----------------|----|-----------------|
| 1 時間目  | 遺伝子の本体は何か①     | 講義 | 肺炎双球菌による形質転換の発見 |
| 2 時間目  | 遺伝子の本体は何か②     | 講義 | バクテリオファージの増殖実験  |
| 3 時間目  | 一遺伝子一酵素説       | 講義 | 遺伝子は各酵素の合成を支配する |
| 4 時間目  | 遺伝子の発現の概略      | 講義 | セントラルドグマの流れ     |
| 5 時間目  | 転写の仕組みとRNA     | 講義 | DNAとRNA、転写      |
| 6 時間目  | 翻訳のしくみとタンパク質   | 講義 | リボソーム上での翻訳の仕組み  |
| 7 時間目  | 遺伝子の発現のまとめ     | 演習 | まとめと例題演習        |
| 8 時間目  | 遺伝子突然変異        | 講義 | 鎌状赤血球貧血症などの例    |
| 9 時間目  | 組換え実験 事前学習①    | 講義 | 制限酵素、プラスミドの理解等  |
| 10 時間目 | 組換え実験 事前学習②    | 講義 | pGLO内の各遺伝子の働き   |
| 11 時間目 | 組換え実験 事前学習③    | 講義 | 実験指針と当日の注意点について |
| 12 時間目 | 組換えDNA実験〔1時間目〕 | 実験 | 安全確認、操作説明、実験操作  |
| 13 時間目 | 組換えDNA実験〔2時間目〕 | 実験 | 実験操作続き、後かたづけ    |
| 14 時間目 | 組換え実験 結果解析     | 討論 | 結果の解析、班での討論     |
| 15 時間目 | 生命倫理 遺伝子診断①    | 討論 | ビデオとプリントでの導入    |
| 16 時間目 | 生命倫理 遺伝子診断②    | 討論 | 受精卵診断の是非について    |
| 17 時間目 | 生命倫理 遺伝子診断③    | 討論 | 総合討論とまとめ        |

【組換えDNA実験のようす】



組換えDNA実験の操作説明の様子



組換えDNA実験に取り組む生徒の様子



各班の実験結果を観察し、記録する

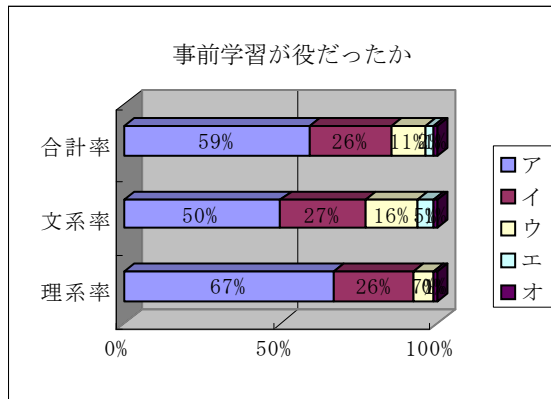


各班の実験結果を集計して討論する

### 【組換えDNA実験についての評価】

「組換えDNA実験」の有効性については、平成 14 年度の予備実践ですでに検証されていたが、平成 15 年度についても再検証のために、実験後に生徒アンケートを実施した。アンケートは、理系は 6 講座中から 3 講座を、文系は 8 講座中から 3 講座を抽出して実施した。

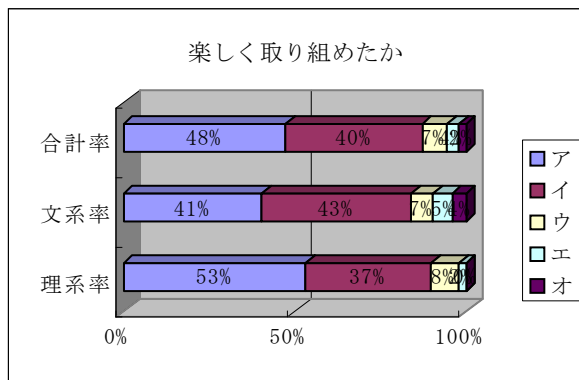
#### 質問 1 事前学習の内容（プラスミド、制限酵素、指針、各遺伝子の働きなど約 3 時間）は、今回の組換えDNA実験を理解するために役立ちましたか。



- ア. 役立った
- イ. どちらかというと役立った
- ウ. どちらともいえない
- エ. どちらかというと役立たなかった
- オ. 役立たなかった

この質問 1 の結果からは、事前学習について理系では 93%、文系では 77%の生徒が「役だった」または「どちらかといえば役だった」と回答しており、事前学習が実験の理解に対して有効に機能している様子が伺える。高校で行う「組換えDNA実験」はそれほど難しい操作を伴うものではないが、その背景や理論、指針（議定書）の重要性を理解させることで、より学習効果の高いものとなるように思われる。

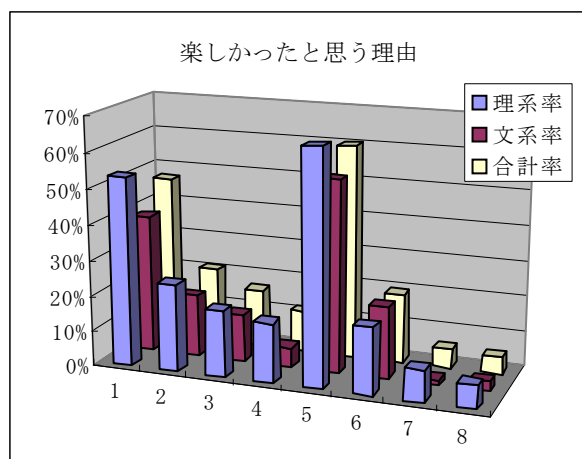
#### 質問 2 組換えDNA実験には楽しく取り組みましたか。



- ア. 楽しく取り組めた
- イ. どちらかといえば楽しく取り組めた
- ウ. どちらでもない
- エ. あまり楽しくなかった
- オ. 楽しくなかった

「どちらかといえば」という生徒も加えれば「楽しく取り組めた」生徒の比率は、全体で 88%もの高率になり、これは昨年度の先行実践の結果とほぼ同じである。スーパーサイエンス・プログラムを選択している生徒が含まれる理系の生徒はもちろんのこと、将来、生命科学を専門にすることが少ない文系の生徒も、理系の生徒と遜色なく、楽しく意欲的にこの実験に取り組んでいる様子が伺える。

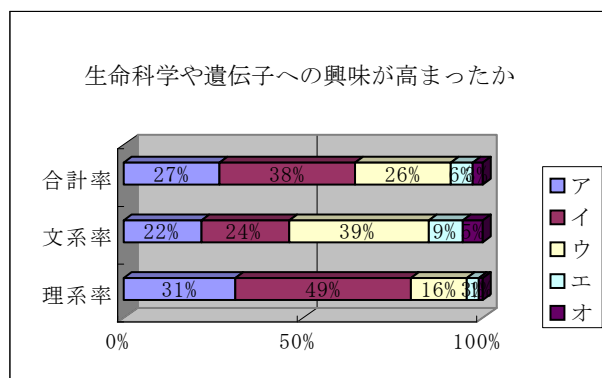
**質問3** 楽しく取り組めた人に聞きます。その理由は何ですか（複数回答可）。



1. 特別な実験というイメージがあったから
2. 遺伝子やDNAに興味をもっていたから
3. しゅみや結果を考えたり班で議論すること
4. 事前学習を通して興味を持ったから
5. 実験結果が目で見える（コロニーが蛍光を  
発する）から
6. 一つ一つの実験操作
7. 結果が次の日にならないとわからないこと
8. その他

昨年度の先行実践と同様に「特別な実験というイメージ」と「結果が目で見える」という2つが理由としては抜きんでている。言葉だけではイメージしにくい「遺伝子」が、蛍光という目で確認できる実験結果を通して理解できることが生徒に評価されているようである。また、理系においては「事前学習を通じて興味を持った」と回答する生徒が文系よりも多い点が特徴的である。

**質問4** 組換えDNA実験を行った結果、生命科学や遺伝子などへの興味が高まりましたか。

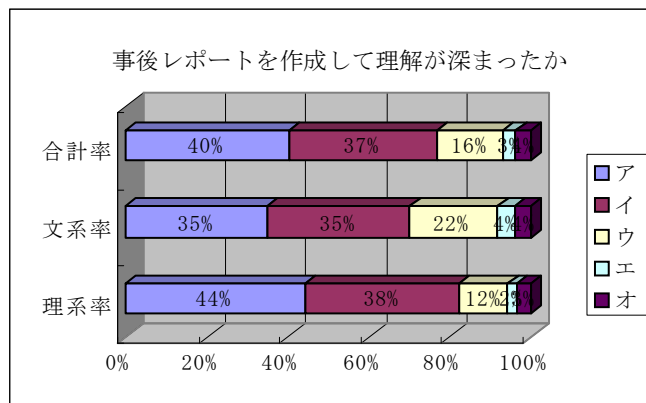


- ア. 興味が高まった  
 イ. どちらかというに興味が高まった  
 ウ. どちらでもない  
 エ. どちらかというに興味が高まらなかった  
 オ. 興味が高まらなかった

この実験を通して、「生命科学や遺伝子に興味が高まった」という生徒の比率は、特に理系では80%にも上り、「特に理系の生徒において興味関心が高まった傾向が顕著」な様子が見て取れる。12月、2月と理系の生徒を対象に実施した学外の一流の研究者による生命科学の講演会においても、多くの生徒が熱心に取り組んでいたのは、このような動機付けが有効に機能したことも一因ではないかと思われる。

また、文系の生徒においても「興味が高まらなかった」という生徒は「どちらかという」とを含めてもわずか14%しかいなかった。提出された事後レポートの完成度の高さを見ても、今年度の高校2年生全体がこの実験を通じて、生命科学に対する興味関心を高めた様子がうかがえる。

**質問5** 実験後にレポートを作成したことによって、遺伝子組換えに対する理解は深まりましたか。



- ア. 深まった
- イ. どちらかといえば深まった
- ウ. どちらでもない
- エ. どちらかといえば深まらなかった
- オ. 深まらなかった

理系・文系ともに「レポートの作成」がこの実験の理解を深めるためにきわめて有効であったことを示す結果である。また、12月に実施した定期考査では、この「組換えDNA実験」に関する高難度の問題を出題したが、学年平均点がこれまでに比べて10点以上も上昇した。今回のような高度な実験においても「事前学習→実験→レポート」というサイクルを踏まえれば、生徒が内容を十分に理解し、興味を持ち、定着している様子が見て取れる。

#### 【「組換えDNA実験」の生徒感想】

高校2年になるまで、遺伝子組換えとは、私にとって遠い存在であった。遺伝子組換えという言葉は知っていても、農作物の品種改良に利用されている、という程度の知識しかなく、またものすごい未来型の技術のようで、現実味を持てなかった。しかし、これまでの生命の授業でその知識の範囲はすごく大きく広がり、ヒトの生と遺伝子工学という分野に一気に興味を引かれていった。そして、今回の実験。遺伝子組換えにより、本来発光しないはずの大腸菌を、オワンクラゲの遺伝子を含んだ pGLO プラスミドを組み込むことで蛍光を発しさせるというこの実験を実際にやってみて、その作用を目の当たりにして、私は気持ちが高まった。結果を聞くだけだと、きっとこんなにも身近なものに感じることはできなかっただろうが、実際に実験に参加して、結果を自分自身で確認することで、遺伝子組換えは未来型技術でも何でもなく、現在の重要な技術であるのだと感じた。

また、実験の結果やそこから分かることのみを考えるのではなく、その前やその後の授業、そしてこのレポートの発展学習などから、もっと大きなスケールで遺伝子工学について考えさせられた。それは、医療にこの技術が導入されることは、果たして正しいのかということであった。私はヒトの生き死にや、表れる形質は偶然によって支配されるべきであるという考えを持つ一人である。それは前々からクローン、ES細胞などの話題を耳にするたび思っていたことだったが、自分の意見を主張するにはもっともっと現在行われている開発や、その技術が人類、地球の未来に与える影響を知らねばならないと感じていたため、この授業はその学習を実行する良い機会となった。（中略） そういった大きな、大きすぎるくらい大きな“いのち”というテーマについても深く考えさせられた。医療に用いることが是か非か、はっきりと決断が下されることのないままに、遺伝子に関する技術はこれからもどんどん発展していくだろう。今すぐ解決できない問題も、もっともっと知識をつけ、より深く追求していこうと、そう感じた。

## ◇生命倫理の取り組み

### 【概略】

豊富な科学的知識や知的探求心を育むことと、科学技術に携わる者として必要とされる高い倫理観を育むことは、まるで車の両輪のように、いずれも欠けてはならない大切な要素であると本校では考えている。

とりわけもっとも基礎となる「いのち」に関わる倫理観は、理工医薬系に進学する生徒はもちろんのこと、すべての若者に対して育むべき重要な要素であると捉えている。そこで、本校では、「いのちのサイエンスを学んだ上で、生命倫理について深く考えさせる教材と時間を与え、さらに多様な意見に耳を傾けさせる機会をもつことによって、生命倫理に対する生徒の意識の高まりが促進される」という仮説を立て、高校2年生全員を対象に『生命』の中で生命倫理の学習を実施している。

平成15年度の『生命』の授業では、生命倫理のテーマとして「遺伝子診断」を取り上げた。具体的には、アメリカで実際に行われている遺伝子診断の様子をビデオによって示しながら、「遺伝子を診断することによって生じるメリットとデメリット」を生徒たちに考えさせることから始めた。さらに多くの事例を取り上げた後で、最終的には「日本における受精卵診断の導入の是非」を一人一人に考察させ、総合討論を実施した上で、意見レポートを一人一人に提出させた。

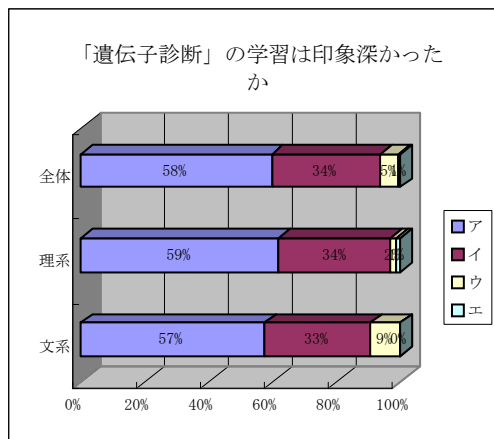
生徒達は、ここまでのところで遺伝現象や遺伝子の機能、突然変異のしくみ、また遺伝子組換え技術などについて学習を終えていたため、ビデオで紹介されていたアメリカでの事例を十分に理解することができた。生徒にとってもこの問題は身近であり、また深い問題でもあるため生徒はきわめてまじめに取り組み、びっしりと書かれた意見レポートが数多く提出された。

### 【評価】

この取り組みの実施後、何人かの意見を取り上げたプリントにして配ったところ、静まり返った教室で他人の意見を真剣に食い入るように読む姿が随所に見られた。この取り組みだけで生徒の倫理観が高まったかどうか現時点では判断できないが、年度末に行ったアンケートでも、「印象深かった」と答えている生徒が9割を越えていることから、生徒にとって何らかのインパクトがあったことは間違いないようである。

### 質問

生命の授業の中でビデオを用いて「遺伝子診断」の学習を行いました。その内容は印象に残っていますか。



ア．印象に残っている。

イ．どちらかといえば印象に残っている。

ウ．どちらかといえば印象に残っていない。

エ．印象に残っていない。

今回の取り組みでは、生徒一人一人のプライバシーに十分配慮し、生徒個人の事象を取り上げるようなことは一切行わなかった。しかしながら、生徒本人はもとより生徒の家族や親戚、知人などに遺伝病の患者がいる可能性はあり、そのような生徒がこの問題をどのようにとらえたか心配な点もある。生命倫理を学ぶ機会を与えていくときに、どのような題材を用いてどのような掘り下げ方をするか、今後さらなる検討が必要である。

#### ◇プレゼンテーションコンテストの取り組み

##### 【概略】

『生命』の授業では、与えられた知識を吸収するだけではなく、自ら情報を集め、探求、発信できる力を養うことも目指す。そのためには、「生徒が主体的に探求に取り組み、プレゼンテーションを実施する」といった経験を積むことが有効であると仮説を立てた。また、「生徒同士が競い合うことで、より独創的なプレゼンテーションが多くなる」という仮説と「グループ単位の取り組みとすることで、協調性・コミュニケーション力が育まれる」という仮説も立て、平成 13 年度からこの取り組みを開始している。

平成 14 年度に本校で選択の「生物」において行ったプレゼンテーション・コンテストの先行実践と生徒アンケートからは、「取り組んだ生徒のうち 72%の生徒がプレゼンテーションに対して自信を深めたこと」、および「取り組んだ生徒のうち 91%の生徒は、この取り組みが生命現象や社会問題に興味関心を高めることにつながると考えたこと」が示され、事後感想からも「協力することの難しさとおもしろさを感じた」「協調性が深まった」等の意見が多く寄せられた。

そこで、平成 15 年度は『生命』の授業の中で高校 2 年生全員を対象にプレゼンテーションコンテストを実施した。

##### 【取り組みの過程】

- ① 生徒が 3～4 名のグループを編成し、調査探求を行うグループテーマを決定する。
- ② インターネット、文献等をもとに基礎調査を行い、情報を収集する。
- ③ 中学入試、高校入試などの自宅学習日も利用し、フィールドワークや企業訪問、実験観察などを集中的に行う。

- ④ 調査探求の内容をまとめ、ワードを用いて発表用資料を作成し、担当教員に電子メールで提出する。
- ⑤ 調査探求の内容をまとめ、パワーポイントを用いてプレゼンテーションを行う。1 班の発表時間は約 12 分（質疑応答含む）とし、発表時はポスター、模型、実物等の補助利用も可とする。

| 時 期  | 教師の活動                                   | 生徒の活動                              |
|------|-----------------------------------------|------------------------------------|
| 11 月 | プレゼンテーションコンテストのガイダンス<br>生徒への資料配付        | 班の決定、テーマの決定、リーダーの決定                |
| 12 月 | 授業を通じての助言・指導                            | 調査探求、文献調査、フィールドワーク                 |
| 1 月  | 放課後の情報教室開放                              | 調査探求、フィールドワーク、実験、大学訪問等、発表用ビジュアルの作成 |
| 2 月  | 司会者の選定、評価用紙等の準備<br>事後アンケート実施、コンテストの結果発表 | 発表用スライドの作成<br>プレゼンテーションコンテストの実施    |
| 3 月  | プレゼンテーションコンテスト・ファイナル出場班への説明、ファイナル実施要項作成 | プレゼンテーションコンテスト・ファイナルの実施            |

### 【生徒の様子】

このプレゼンテーションコンテストでは、教師の予想を超えるほどの勢いで、生徒たちが主体的かつ熱心に取り組んだ。昼休みや放課後はもちろんのこと、自主的に早朝や休日まで利用して、時間を惜しんで調査探求やプレゼンテーションのスライド作成や発表リハーサルに取り組む生徒の姿は、他教科の先生たちを大いに驚嘆させた。

また、単なる合同発表会ではなくコンテスト形式にしたこと、さらに学年の合計 92 グループのうち、上位 8 グループによって後日プレゼンテーションコンテスト・ファイナルを実施することを表明したことで、ぜひともその出場権を得ようと、生徒たちのやる気に火がついた側面もあった。

生徒達は、グループごとにいろいろな調査活動に自主的に取り組んだ。例えば、企業の研究所を訪問したグループや、立命館大学、京都大学、京都府立医科大学、京都府立大学などに研究者を訪ねたグループ、近隣の科学館、博物館、水族館などで学芸員の方などに対してヒアリング調査を行ったグループ、冬休みにほとんど毎日登校して実験を行ったグループ、電子メールを駆使して全国の人々と情報交換を行ったグループ等々がみられた。教員からの働きかけは、アポイントメントの取り方や電話での依頼の方法、アンケート調査での配慮事項、著作権と引用の問題など最低限にとどめ、ルールやマナーを守るよう指導しながらも、できるかぎり生徒の自由な発想と活動を尊重した。生徒たちは自らの手で専門家とアポイントメントを取り、すべての取り組みをほぼ自力で行った。

約 3 ヶ月をかけたこの取り組みによって、高校 2 年生全員がパワーポイントを用いての本格的なプレゼンテーション能力を身につけた。また、司会進行や時計係など、プレゼンテーションコンテストの運営のほぼすべてを全講座において生徒が主体的に行うことができた。

また、上位層をさらに高いレベルへ引き上げるため、プレゼンテーションコンテストに参加した高校2年生全体の合計92班の中から、上位の8班によるプレゼンテーションコンテスト・ファイナルを3月16日（火）に本校プレゼンテーションルームで実施した。このファイナルには外部からも審査員を招き、本校の教育実践を客観的に評価していただくとともに本校の教育成果を対外的に発表する一つの場とも位置づけた。なお、今年のプレゼンテーションコンテストファイナルに出場した班のテーマは、次の通りであった。

| プレゼンテーションコンテスト・ファイナルに出場する班のテーマ       |
|--------------------------------------|
| 神経メカニズムと摂食障害 ～摂食障害はなぜ起こる？～           |
| 水質調査 ～淀川水系の水質調査～                     |
| 咀嚼（かむこと）について ～ハンバーガーショップのかむかむウォッチング～ |
| 催眠療法 ～Mind Care～                     |
| ミトコンドリアDNA ～母は強し～                    |
| 日本人の起源 ～我が祖先のあしどりを追え～                |
| 宇宙 ～宇宙医学と地球への応用～                     |
| 目と錯視 ～なんでやねん!!錯視～                    |

その他の班のテーマとしては、「花粉症 ～花粉症の歴史とメカニズム～」、「インフルエンザ」、「肌 ～老化のメカニズム～」といった身近なものから、「遺伝病 ～その仕組みと筋ジス治療～」、「遺伝子操作 ～おもにマウスについて～」、「タンパク質の立体構造解析」、「臓器移植」といった生命の授業内容と関連の深いもの、さらには「環境浄化に役立つバクテリア」、「アニマルセラピー」、「脳と痴呆 ～ぼけるってなに？～」など多彩なものまで見られた。



プレゼンテーションコンテスト  
・ファイナルの様子



上位4グループの発表に、  
一喜一憂する生徒

#### 【プレゼンテーションコンテストについての評価】

平成15年度のアンケート結果からは、この取り組みを通してプレゼンテーションへの自信を深めた生徒が多いことが読み取れる。このことは私たちの仮説を裏付けるものであり、これまでの本校での実践から、ある程度予想されたことであった。

しかし、驚いたことにこの取り組み後、「多くの人の前でプレゼンテーションするこ

とが楽しいと思うようになった。」という声をたくさんの生徒から聞くようになった。「先生、また、こういう機会を作ってください!」という督促の声も何人もの生徒から寄せられた。それぞれの講座のプレゼンテーションコンテストは真剣に打ち込みながらも、生徒自身がこの実践を楽しんでいる様子が見えられた。

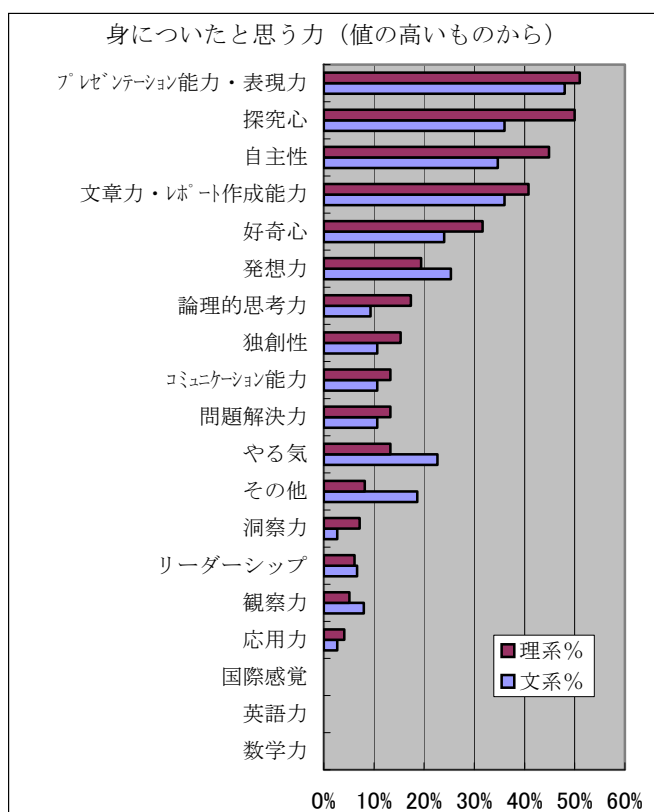
このようなプレゼンテーションに対する積極性、あるいは明るく前向きな姿勢は、この実践を行うまでは一部の生徒にしか見られなかったことであり、プレゼンテーションコンテストの成果としては、われわれの予想外のことであった。

2004年3月17日(火)に実施したプレゼンテーションコンテスト・ファイナルでは、その生徒の前向きで明るい姿勢は一層顕著になり、聴衆に感銘を与えるほどの素晴らしいプレゼンテーションが相次いだ。聴衆を参加させたり、聴衆に問題を投げかけるなど、高校生とは思えない独創的な工夫も多く、ハイレベルで楽しいプレゼンテーションの数々に我々教員も驚嘆した。

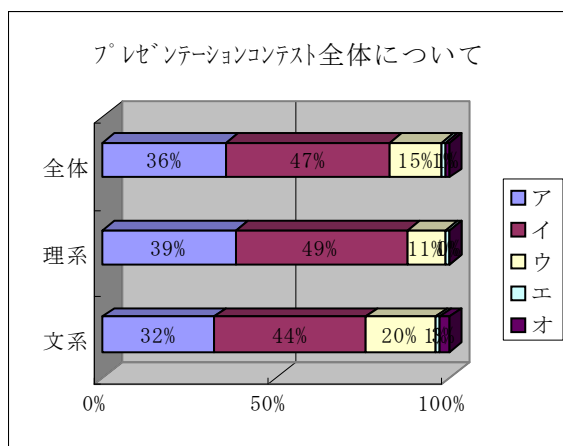
なお、プレゼンテーションコンテストの効果については、平成14年度の本校での先行実践でも検証したが、平成15年度についてもコンテスト実施後に生徒アンケートを実施し、いくつかの点において評価を行った。アンケートは理系は6講座中から3講座を、文系は8講座中から3講座を抽出して実施した。

**質問1** 自分自身で、プレゼンテーションコンテストの取り組みによって、どの部分が身についたと思いますか。5つ以内で選んでください。

- ア. 自主性
- イ. 独創性
- ウ. 好奇心
- エ. 探求心
- オ. やる気
- カ. 発想力
- キ. 問題解決力
- ク. 洞察力
- ケ. 論理的思考力
- コ. 観察力
- サ. リーダーシップ
- シ. プレゼンテーション能力・表現力
- ス. コミュニケーション能力
- セ. 数学力
- ソ. 英語力
- タ. 応用力
- チ. 国際感覚
- ツ. 文章力・レポート作成能力
- テ. その他



**質問2** プレゼンテーションコンテストの取り組み全体について、どのように思いますか。

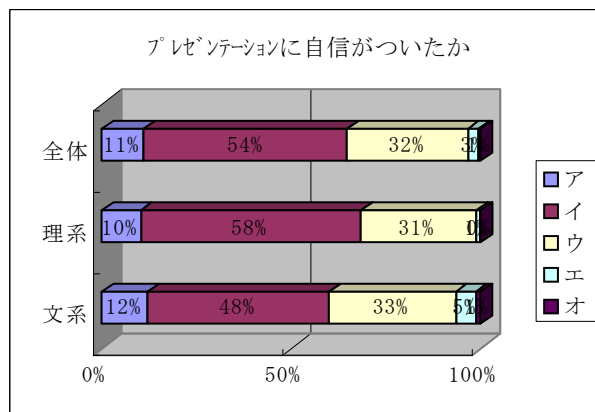


- ア. とてもよかったと思う  
 イ. まあまあよかったと思う  
 ウ. とくに満足でも不満でもない  
 エ. あまりいいとは思わなかった  
 オ. いいとは思わなかった

質問 1 からはこの取り組みによって様々な力のうち「プレゼンテーション能力・表現力」が高まったと考える生徒が多いことが読みとれる。さらに「探求心」や「自主性」が身についたと考えている生徒も多い。テーマの設定も探求方法も自由に設定してよいことが、逆に生徒たちの柔軟な考えや自主性をのばしていることに繋がっているのかも知れない。

また質問 2 の取り組みに対する評価からは、理系・文系ともに「よかった」「まあまあよかった」とする生徒が大多数で、「いいとは思わなかった」「あまりいいとは思わなかった」とする生徒はほとんどみられない。これは、生徒自身がこの実践に充実感と知的な楽しさを感じたことが要因ではないかと思われる。

**質問 3** プレゼンテーションコンテストの取り組み全体を通じて、プレゼンテーションの過程に対して自信がつけましたか。



- ア. 自信がついた  
 イ. まあまあ自信がついた  
 ウ. 特に変化はない  
 エ. やや自信をなくした  
 オ. 自信をなくした

「自信がついた」「まあまあ自信がついた」という生徒の比率は理系で約 65%、文系で約 60%となっており、一定その役割を果たしていることが読みとれる。

なお、「特に変化がない」とした生徒の中には、SSPを選択しており、その中でプレゼンテーションを既にたくさん行ってたきた生徒や、また本校では生徒会活動や修学旅行実行委員会の活動など生徒の自主活動が極めて盛んで、その中で日常的にプレゼンテーションを行ってきた生徒など、『生命』を学ぶ以前から一定のプレゼンテーション能力を身に付けていた生徒も一定数含まれていると思われる。

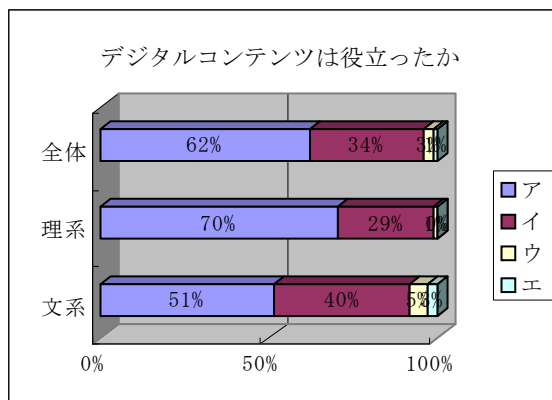
【生徒の感想】

- ・ 自分にいろんな能力がついているということの実感があった。
- ・ ひとつのことをとことん調べて、知識が深まった。
- ・ いろいろと問題が起きたけど、解決していったところがよかった。
- ・ 人に「やらされる」ではなく自分で「やる」ことで、より興味を持って探求心を高められた。
- ・ みんなの前で成果を発表するという社会に出ても実際にある場면을体験できたのがよかった。
- ・ どこが抜けているか、穴を見つける能力が身に付いた。
- ・ 大学の先生に直接お話を聞かせていただけたことがうれしかったしよい経験になった。
- ・ 発表するのは意外とおもしろい。
- ・ プレゼンのテーマと授業でやった内容が似ていたので応用力もついてよかったと思う。
- ・ 自分で結果を求め考察をする作業が、考える力とまとめて文章にする力として身に付いた。
- ・ みんながすごくがんばっていて刺激を受けた。
- ・ 計画的にやらなければいけない
- ・ 協力することが大切などのことを実感できたところがいい。
- ・ 会社・企業に電話し、社会での対応の仕方を学べた。
- ・ 本当に知りたいことは、机に座っているだけじゃダメなんだということが分かった。
- ・ 他の教科との提出物が重なってしんどかった。
- ・ クラブが忙しい人が多い班は大変だったと思う。
- ・ 12分が意外と短くていかに簡潔にまとめて伝えるか工夫するのが大変だった。

#### ◇デジタルコンテンツの有効活用

『生命』の授業の中では、科学技術振興事業団のデジタルコンテンツを積極的に活用した。例えば「細胞」の分野の学習では、電子顕微鏡のしくみや同じサンプルを異なった顕微鏡で観察したときの像の違いなどを紹介した。また「遺伝」や「恒常性」の分野はデジタルコンテンツをフル活用したが、生徒からは極めて好評であった。

以下の生徒アンケートからも、このデジタルコンテンツは、高校生にとって学習にたいへん役立つものであること示されている。



- ア．役だった
- イ．どちらかというと役だった
- ウ．どちらかというと役に立たなかった
- エ．役に立たなかった

#### IV－5 授業外の取り組み

◇大石正先生（奈良女子大学教授、日本光生物学協会会長）による講演

【テーマ】 光と動物 脳で光を感じる

【日 時】 2003 年 12 月 16 日（火）16:00～17:00

【場 所】 立命館大学びわこ・くさつキャンパス（BKC）内

立命館高校専用校舎・カラーニングハウスⅡ プレゼンテーションルーム

【講 師】 大石正先生（奈良女子大学教授、日本光生物学協会会長）

【参加者】 63 名（高校 2 年生スーパーサイエンスプログラム参加生徒）

【内 容】

まず植物の光合成のメカニズムや紫外線による肌への影響などを例に取りながら、光と生物の関係について話を展開された。また、昆虫の中には体の先端で光を感じているものもいることなど、たいへん興味深いトピックもいくつかお話し頂いた。後半はセキツイ動物の脳における光認識のしくみに絞って、ご自身の研究の話をたいへんわかりやすく講演していただいた。

【生徒の感想】

- ・ 光と動物には密接な関わりがあることがわかった。光があることで、生物が生きることができると思った。また、紫外線で人の皮膚に違いが出てくとも知り、光とうまく接していくことが大事だと思った。あと、動物によって感じる光に違いがあることには驚いた。ニワトリには光を感じる物質が（人が3つなのに対して）4つあるため、光に敏感に反応できるというのは初めて知った。でもなぜニワトリは光に敏感になる必要があるのか、疑問に思った。
- ・ とても分かりやすい説明だったので、聞きやすくて面白かった。カナヘビなどが第3の目を持っているのならば、人間にも尾の名残である尾てい骨があるように、第3の目の名残があるのではないかと思った。今回の講演を通して、下等生物にあって人間などにはないもの（進化の過程で消えたもの）について、興味が湧いてきた。
- ・ 今までものを見るということについて考えていたのは、「視力が弱くなるのはいやだな」程度で、それほど深く考えたことはありませんでした。しかし、講義を聞いて、「ものを見るということは奥が深いな」と思うようになりました。興味を感じる内容もたくさんありました。目だけではなく、皮膚や脳の松果体などでも光を感じることができると。鳥の目にはフィルターの役割をする油滴があり、さらに光を認識する細胞が人間よりも多い4種類であり、光に敏感であること。光を当てることで治る病気があること。「第3の目」や「第4の目」が実在すること。目を酷使することで眼球が肥大すること。また、その実験。話の殆どすべてが興味を引くものでした。
- ・ 目を酷使すると眼球が肥大し、近眼になってしまうのは、何かの成長因子が出て肥大してしまうということなので、その成長因子が出るのを抑える物質を開発すれば、近眼を防げるのではと思った。
- ・ 現代人に近眼が多い理由が眼球の成長であることに驚いた。ことわざで「目が肥える」とあるが、昔の人はなぜあまり技術が発達していない時分から真実を言い当てることができるのだろうと不思議に思った。自然との接点が多く、観察力が長けていたのか

なと思った。「見える」ということは普段あまり実感としてわかないが、体中で光を感じるための化学物質が休むことなく働いて「見えている」ことを不思議に思う。自覚していないだけで、人の体には便利な機能がたくさん備わっていることを、今回の講演を聞いて改めて実感することができ、良かったと思う。

◇鎌田博先生（筑波大学生物科学系教授）による講演と実習指導

（財）日本理科教育振興協会の「その道の達人」派遣事業として、植物のバイオテクノロジーの分野で日本を代表する研究者である筑波大学の鎌田博先生に講演および実験観察指導をして頂いた。

【テーマ】 植物から学ぶ遺伝子研究の最先端

【日 時】 2004 年 2 月 14 日（土）10:00～15:00

【場 所】 立命館大学びわこ・くさつキャンパス内  
立命館高校専用校舎・カラーニングハウスⅡ  
プレゼンテーションルーム



カラーニングハウスⅡ

【講 師】 かまだ 鎌田博先生（筑波大学生物科学系教授）

【参加者】 50 名（内訳；高校 2 年生 46 名、高校 1 年生 4 名）

\* 高校 2 年生の理系生徒のうち、次年度「生物」を専門的に学ぶ予定の生徒を対象としたが、高い意欲をもつ高校 1 年生の参加も認めた。

【内 容】

本校では、学校設定科目『生命（3 単位）』を高校 2 年生全員が学び、生命科学の基礎を習得していること、将来理工系の研究者や技術者を目指している生徒も多いことから、鎌田先生との打ち合わせの中で、単なる 1 時間程度の講演ではなく、ほぼ 1 日をかけて取り組む特別のプログラムを実施することとなった。

まず午前中は、まず世界中のいろいろな植物の生態をスライドで紹介して頂き、それらに共通する植物の生存戦略について生徒の理解を促した。続いてシロイヌナズナなど何種類もの花を生徒一人一人に実体顕微鏡で観察させて花の基本的なつくりを理解させ、その後、3 種類の突然変異のデータから、花の A B C モデルについて討論されて午前を締めくくられた。

午後は遺伝子組換えの技法とその応用例を中心に、先生ご自身の研究の紹介や、生命科学と環境問題や食糧問題との関係、科学者のあり方などを熱心に話して頂いた。先生が話の合間合間に挿入されるトピックもたいへん興味深いもので、合計 5 時間にも及ぶとりくみであったが、あっという間に終了した。



まず自分で選んだ花を  
実際に顕微鏡で観察して、  
そのつくりを確認していく



鎌田先生が植物の形態形成を  
突然変異を例に説明されている場面  
材料はシロイヌナズナ



花の形態形成に関する  
ABCモデルの解釈を  
みんなの前で発表する生徒のようす



鎌田先生の話聞く  
本校生徒のようす  
教員も7名が参加した



鎌田先生が、遺伝子組換え植物の  
実際のようすをコメントされて  
いるところ



質問に立つ生徒の様子  
多くの生徒が熱心に  
メモを取ったりしていた

#### ◇植物組織培養実験の実施

高校3年生の希望者を対象に課外で植物組織培養実験を行った。ニンジン（ニンジン）の組織片を材料とし、無菌的なカルスの誘導に成功した。その後、カルスの再分化を促して根の誘導に成功した。この植物組織培養実験は、『生命』を学んだ次年度の高校3年生を対象に、「生物ⅠB」でトレニアなど他の植物も材料に、さらに本格的に実施する予定である。

## IV－6 全体の評価

### ◇学内での評価

『生命』で行う一つ一つの実践の効果については、平成 14 年度までの先行実践ならびにその評価によって検証を行ってきた。しかし、それらはそれぞれが独立しており、年間を通じての『生命』としての評価は今年度が始めてとなる。したがって、平成 15 年度においても年度末に生徒アンケート調査を中心に検証を行った。

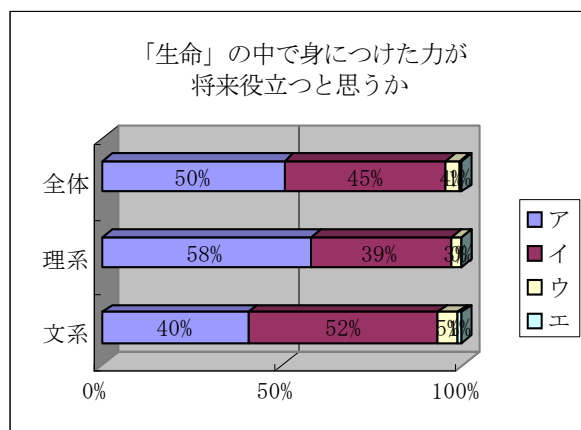
アンケートは理系は 6 講座中から 3 講座を、文系は 8 講座中から 3 講座を抽出して実施した。

#### 【仮説①の検証】

##### 仮説①

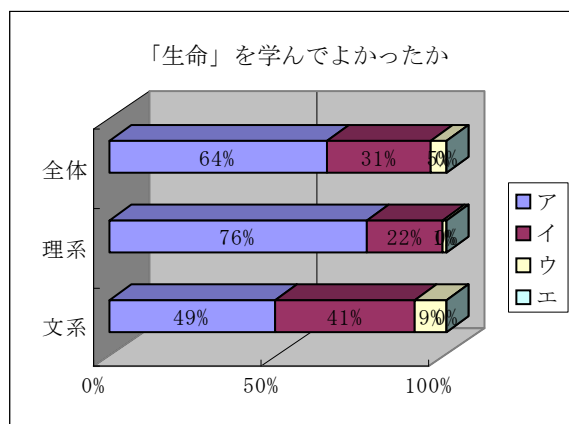
『生命』を学ぶことによって、生徒の生命科学に対する知識と興味関心が高まるとともに、『遺伝子組み換え』『遺伝子治療』など現代的課題の原理や利点・問題点などを理解できる素養が養われる。

**質問 1** 今年、「生命」で学んだ知識や身に付けた力は、将来役立つ場面があると思いますか。



- ア. 役立つことがあると思う
- イ. どちらかといえば役立つことがあると思う
- ウ. どちらかといえば役立つと思う
- エ. 役立つと思う

**質問 2** 総合的に見て、あなたは今年「生命」を学んでよかったと思いますか。



- ア. よかったと思う
- イ. どちらかといえばよかったと思う
- ウ. どちらかといえばよかったと思わない
- エ. よかったと思わない

質問 1 の回答から、平成 15 年度に『生命』を学んだ生徒のうち、どちらかといえばと

いうものも含めば「約 95%の生徒は生命で学んだことが将来役立つ場面がある」と考えていることがわかり、質問 2 の回答からは、どちらかといえばを含めれば「約 95%の生徒が生命を学んでよかった」と考えていることがわかる。

将来、生命科学を専門に学ぶ生徒も多い理系においてその値が高いことはある程度予想されたが、文系の生徒からも「学んでよかった」という回答が多く寄せられたことは特筆すべきものであるといえる。

興味関心が高まったかどうか、という直接的な質問をしていないものの、この 2 つの質問結果、および組換え DNA 実験やプレゼンテーションコンテストのアンケート結果など一つ一つの実践の評価から、仮説①についてはほぼ裏付けられたものとする。

#### 【仮説②の検証】

##### 仮説②

『生命』を学ぶことによって、情報活用能力、プレゼンテーション能力など、今日的課題に対しての自分の意見を発信できる能力が養われる。

プレゼンテーションコンテストの実践および生徒アンケート調査から、この『生命』での取り組みによってプレゼンテーションに「自信がついた」「まあまあ自信がついた」という生徒の比率は理系で約 65%、文系で約 60%となっていることが示されている。また、約半数の生徒が「プレゼンテーション力・表現力」が身についたと回答しているデータもある。これらのことから、仮説②についてもほぼ裏付けられたと捉えている。

ただし、本校での実践では、「生徒がプレゼンテーションを好きになる」「積極的な姿勢になる」という、仮説には設定していなかった副次的効果があらわれた。この点については、たいへん重要なことであると思われ、今後、生徒への面接調査なども実施して、その要因や意識の変化をより深く検討したいと考えている。

#### 【仮説③の検証】

##### 仮説③

『生命』を学ぶことによって、「いのち」の神秘やその尊厳を感じ、「いのち」について深く考え、「いのち」を大切にする姿勢や態度（倫理観）の形成が促進される。

この仮説については現段階では正確には検証できていない。

ただし、実施から 4 ヶ月が経った年度末に行ったアンケートでも、「生命倫理に関する取り組み」が「印象深かった」と答えている生徒は、「どちらかというと印象深かった」という生徒も加えると 9 割を越えており、生徒が深く考えるきっかけになっていることはほぼ間違いないものと思われる。ただし、倫理観の形成を促すことに寄与できたかどうかは現時点ではまだわからない。

なお、1 年間の『生命』の学習を終えた後、点検のために生徒たちのノートを回収したところ、ある女子生徒が、次のようなことをノートに書いていた。本校での評価の最後にその一文を取りあげたい。

最後に

“単語を覚える授業”ではなく、“考える授業”だったように思います。それぞれの意味、はたらきを理解し、全体としてどのように働くのか…。なかなか理解できないこともありましたが、普段の生活と、これほど深く関わっている授業は、興味のわく内容ばかりでした。「テストに向けての勉強」は好きにはなれなかったけれど、新聞を見て「これって授業で習った」と思いながら読む楽しさ、そこから自分なりに考えていくという楽しさを覚えました。1年間ありがとうございました。

#### ◇学外からの評価

本校の設定科目『生命』は、先進的な取り組みであり、学外からも注目されている。学外からの評価は仮説・検証のプロセスを経ているわけではなく、また数値評価が伴うものでもないが、代表的なものを列举しておく。

- ① 2003年12月に神戸ポートアイランドで行われた日本分子生物学会のシンポジウムにおいて、本校の『生命』の取り組みが「我が国でもっとも進んだ遺伝子教育の一つ」として演者から紹介された。
- ② (財)国際高等研究所発行の「生物教育と市民の理解」において、「高等学校における遺伝子教育の実施状況」の好例として本校の『生命』の実践が取り上げられた。
- ③ NPO法人「くらしとバイオプラザ21」から『生命』および「プレゼンテーションコンテスト」についての取材があり、対外的にも紹介される予定である。

### IV-7 その他の取り組み

#### ◇生命科学教育の推進拠点校としての活動

##### 【教員向けバイオテクノロジーワークショップの実施】

立命館高校が主催しているもので、高度な実験の指導法の交流を目的としている。近隣の他のSSH校等の教員に呼びかけて実施している（その様子は本校HPでも紹介）。

##### \*第1回（平成14年7月実施）

テーマ「組換えDNA実験について  
～指針と実験指導～」

京都市立堀川高校、京都教育大学附属高校、  
立命館宇治高校の教員が参加。



##### \*第2回（平成15年8月実施）

テーマ「DNA鑑定と



#### 遺伝子クローニングについて」

大阪府立北野高校、西大和高校、京都教育大学附属高校の教員が参加。

#### 【「組換えDNA実験」についてのセミナー等の講師】

「組換えDNA実験」については、中村理科工業（株）からの依頼で、本校教員が東京（5月）、仙台（6月）、福岡（8月）、京都（10月）の各都市で行われた高校生物教員対象の「組換えDNA実験」のワークショップの講師をつとめ、指針および実験方法の紹介を行った。

#### 【専門誌での論文発表】

本校での『生命』の取り組みを専門誌に論文として発表した。

久保田一暁：高校で生命科学を必修に！新科目『生命』の創設

～スーパーサイエンス・ハイスクール立命館高校の挑戦①～

新科目『生命』はいかにしてつくられたか.

つくば生物ジャーナルVol. 2 No. 5 (2003)

#### 【依頼のあった学校への『生命』のテキスト頒布】

平成 15 年度にはSSH校をはじめ、多くの学校から『生命』に関する問い合わせが相次いだ。希望のあった約 30 校には、本校で編纂したテキストを参考資料として郵送し、実践や研究に役立てて頂いた。

#### 【『理科実験のまとめ』の作成と希望する学校への頒布】

『理科実験のまとめ』は、本校が 10 年以上に昔から毎年改訂を続けている理科実験マニュアルであり、立命館中学校・高等学校で行う理科実験実習約 100 種類の準備から実践、後片付けの方法に至るまでのすべてを詳細に収録している A 4 版、約 380 ページの冊子である。問い合わせのあった中学校・高等学校に郵送し、実践や研究に役立てて頂いた。

### IV－8 次年度に向けての課題

#### ◇学校独自科目『生命』に関して

##### 【事後評価】

『生命』で培われた力や意識が高校3年生や大学生活、また社会の中でどのように生かされていくか、ということの検証

##### 【仮説①、②、③のうち、仮説③についての検証】

生命倫理に関する取り組みについての評価検証のあり方の再検討

##### 【学習内容、学習方法のさらなる改善】

テキストの改善や新たな実験実習の開発など

【広報と外部との交流】

『生命』での実践のようすをHPや論文等でできるだけ公開し、他校でも参考にしていただけるよう、公開と交流に力を入れる。論文については平成16年度に2本作成の予定である。

◇高校3年生対象 開講科目「理系生物（生物IB理系）」に関して

【高度な実験実習とレポート、プレゼンテーションの重視】

「理系生物（生物IB理系）」は、SSP以外の理系の生徒が選択する科目であり、『生命』の実践をふまえて、高度な実験実習と討論、プレゼンテーションの実施に力を注ぎたい。とりわけ「疑問を持つ力」、「創造力と解析力」、「表現力」の3つの力の育成を重点的にはかり、日本最高レベルの生命科学教育を目指す。将来的には国際生物学オリンピックへの本校からの出場も視野に入れ、教材開発と実践を重ねたい。

◇高校3年生対象 開講科目「SSP生物」に関して

【高大連携を生かした生物教育あり方の研究】

「SSP生物」は、理系の生徒のうちSSPを選択した生徒が履修する科目であり、立命館大学びわこ・くさつキャンパス内の専用校舎での授業となる。立命館大学理工学部および情報理工学部との連携を密にし、高大連携と少人数による実験実習、双方向性の授業を軸とした実践を行い、とりわけ「疑問を持つ力」、「創造力と解析力」、「表現力」の3つの力の育成を重点的にはかりたい。

## V 理科でのその他の取り組み

### V-1 環境と化学

#### ◇ねらいと研究方法

この科目は、選択科目のひとつとして本年度よりスタートした。今年度は2単位で高2対象に2講座で行われた。

現代的課題である環境問題を考えるとき、文系・理系を問わずに、科学的な見地から考察することが重要である。身近なテーマである①大気汚染、②酸性雨、③水質汚染、④食品テスト、⑤化粧品テストについて扱い、年度末に⑥グループ実験を設定した。授業展開は分析試料の作成・分析・結果および解析を一連の流れとして実施した。分析機器として吸光分析器等を使用し、高校生としては高度な多岐にわたる内容で、分析化学に対する興味と積極的な姿勢を引き出してきた。

次年度以降は選択希望者が増え、今年度の倍以上の講座数で実施する予定である。

#### 【年間実施計画】

|          | 実験名      | 実験内容              | 実験方法                   |
|----------|----------|-------------------|------------------------|
| 1. 大気汚染  | 車の排ガス測定  | 排ガスの pH 測定        | pH メータによる測定            |
|          |          | 排ガスの窒素酸化物測定       | 気体検知器－気体の検ちゃんⅡによる      |
|          |          | 排ガスの二酸化炭素測定       | 気体検知器－気体の検ちゃんⅡによる      |
|          | 大気汚染物質測定 | 大気中の二酸化炭素測定       | ザルツマン試薬を使用し分光光度計で測定    |
| 2. 酸性雨   | 酸性雨の測定   | ペットボトルによる雨水取水機の自作 | 採取後の雨水は pH メータで測定      |
|          |          | 雨水中の亜硝酸イオンの測定     | ザルツマン試薬を使用し分光光度計で測定    |
| 3. 水質汚濁  | 水質検査     | リン酸イオンの測定         | モリブデン酸を使用しリン酸イオンの吸光度測定 |
| 4. 食品テスト | 発色剤の定量   | 亜硝酸イオンの定量(ジアゾ化)   | ザルツマン試薬を使用し分光光度計で測定    |
|          | 合成保存料の測定 | ソルビン酸の定量          | 分光光度計を用いてチオバルビツル酸の比色定量 |
|          | 合成着色料の検出 | 毛糸への着色による天然・合成の判定 | 着色料の染色による判定            |

|           |                                                                                                                                      |                   |                             |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------|
|           |                                                                                                                                      | 合成着色料の特定          | ペーパークロマトによる特定               |
|           | 油脂の酸化測定                                                                                                                              | 油脂のチオバルビツル酸化      | 分光光度計を用いてチオバルビツル酸の比色定量      |
| 5. 化粧品テスト | 化粧品の生物への害                                                                                                                            | 化粧品によるカイワレ大根の発育阻害 | 化粧品を加えた溶液を使用してのカイワレ大根の発育を観察 |
| 6. グループ実験 | <テーマ例><br>「水に浮いた油を取り除く実験」「お茶の品質と着色料」「ペットボトルの繊維化」「塩分濃度の測定」「おいしい水（硬度の測定）」「合成着色料」「塩分濃度の測定」「ビタミンCの検出」「タンパク質の性質」「清涼飲料水中のビタミンCの測定」「脂質の検出」等 |                   |                             |

#### 【各取り組み内容】

### 実験1 「大気汚染の主な要因といわれている車の排ガスをいろいろな方法で調べてみよう！」

#### <方法>

①自動車のマフラー（排気口）にビニール袋をあて、エンジンをかけて排ガスを袋に集める。②排ガスがたまった袋の中に霧吹きを利用して、イオン交換水の霧を吹く。③袋の中に 10ml 程度の水がたまったら、pH メータを利用して水溶液の性質を調べる。



### 実験2 「大気汚染の主な要因である車の排ガスの NO<sub>2</sub>（二酸化窒素）濃度を気体の「検ちゃんⅡ」を用いて調べよう！」

#### <方法>

①自動車のマフラー（排気口）にビニール袋をあて、エンジンをかけて排ガスを袋に集める。②気体検知管を利用して窒素酸化物および二酸化炭素を測定する。窒素は各班毎に 4 台の車の測定をする。



### 実験 3 「大気中の NO<sub>x</sub> 濃度の測定方法」

＊比色分析と吸光分析

＜測定方法＞

①トリエタノールアミンをしみこませたろ紙を「調査カプセル」の内側にはりつけておく。②「調査カプセル」のふたを開けることによって、トリエタノールアミンが空気に触れ、その空気中に NO<sub>x</sub> が含まれていれば、NO<sub>x</sub> を吸収する。(24 時間吸収させる) ③調査場所から持ち帰ったビンに、ザルツマン試薬を数滴たらし、色の変化の強さによって NO<sub>x</sub> 濃度を調べる。

＜分析方法＞

①【発色】カプセルに水 8ml を加え、30 分間抽出後、軽く振り混ぜる。これを 2～6℃ に冷却後、ザルツマン試薬（スルファニル酸、ナフチルエチレンジアミン塩酸塩、酢酸）2ml を加え、冷却したまま 30 分間放置する。亜硝酸イオンが存在すれば、カップリング反応によってアゾ染料が生成して赤く発色してくる。室温に戻し、純水をブランクとして波長 545nm の吸光度を測定し検量線より濃度を求める。②【濃度の算出】亜硝酸ナトリウムの各濃度における吸光度を求めて検量線にしてある。濃度未知の吸光度が判ると、この検量線より濃度が求められる。



#### 実験4 「酸性雨の測定」

##### \*検量線の作成

##### <雨水の窒素含有量の測定>

①水 8ml をとり、ザルツマン試薬を 2ml 加えて冷蔵庫で 30 分間反応させる。②あわせて、金魚の水槽から採取した水も同様に実験する。※この 30 分間を利用して、雨水の pH を測定する。③30 分後に吸光度を測定し、検量線より得たグラフから窒素濃度を定量する。

##### <検量線の作成>

他クラスのデータから検量線を作成し、各班の調査カプセル内の吸光度から、二酸化窒素濃度を求める。

##### <雨水の pH の測定>

pH メータを用いて、雨水の pH を測定する。pH メータは標準液 4 で調整する。



#### 実験5 「リン酸イオンの測定」

リン化合物は窒素化合物とともに環境水（河川水、湖沼、海水など）の富栄養化の原因となる物質である。したがって、リン化合物の定量は、水の汚れを監視する水質測定において、最重要項目のうちのひとつである。リン化合物は、リン酸、ポリリン酸、動植物中のリン脂質、農薬などの人造化合物中のリンなど、さまざまな形態で存在しており変化しやすいから、分析は試料採取後直ちに行うことが望ましい。ここではリン酸イオンの吸光度法について扱った。

リン酸イオンは、強酸性溶液中においてモリブデン酸と反応してリンモリブデン酸錯体（モリブデンイエロー）を生成し、黄色を呈する。この錯体を塩化第一スズや L-アスコルビン酸、ヒドラジンなどの還元剤で処理するとモリブデンブルーを生成し、青色に変化する。このモリブデンブルーの吸光度を分光光度計で測定して、リン酸イオンを定量する。

##### <検量線の作成>

グラフ用紙にあらかじめ測定した標準液を使った検量線を書く。

##### <調査資料の調整>

試験管に①鴨川の水、②鴨川の排水溝付近の水、③学校横ため池の水、④コーラを 500 倍にうすめた溶液、⑤お茶を 10 倍にうすめた溶液をそれぞれ 10 ml 試験管にとり、モリブデン酸溶液 1 ml および硫酸ヒドラジン溶液 0.5 ml を加えて、熱湯を入れたビーカーで 20 分間反応させる。温度が下がらないように、時々ガスバーナーで加熱する。

##### <吸光度の測定>

試験管の各液をセルにうつし、分光光度計を用いて 820nm における吸光度を測定する。測定した吸光度を利用して、あらかじめ作成した検量線より、各溶液のリン酸イオン濃度を求める。

### 実験 6 「亜硝酸イオン（発色剤）の定量（ジアゾ化法）」

現代の私達の食生活において、ハム、ベーコン、ソーセージ等の食肉加工品は、欠くことのできない食品であり、調理に利用する上でとても手軽に使える食品である。

これらの食肉加工品は、美しい鮮紅色を保っているが、これは食品添加物によって色を発色・固定しているためである。この発色と固定に使われる食品添加物としてハムの場合、亜硝酸ナトリウムが用いられることが多い。このような目的で現在使用することを認められている発色剤は、亜硝酸ナトリウムを含め計 6 種類ある。使用にあたっては、食品衛生法により使用量が定められており、亜硝酸ナトリウムについては、製品 1 kg 中に亜硝酸根としての残存量が 70mg 以下の含量でなければならないとされている。

＜方法＞

亜硝酸イオンは、酸性溶液中で芳香族第 1 級アミン（スルファニルアミド）と反応してアゾ化合物になり、これに芳香族アミン（ナフチルエチレンジアミン）を加えると、赤色のジアゾ化合物が生成する。このジアゾ化合物の吸光度（540nm）を測定して定量する。

### 実験 7 「合成保存料（ソルビン酸）の定量」

合成保存料（ソルビン酸、ソルビン酸カリウム）は腐るのを防ぐのを目的に使用されている食品添加物の一種である。食べ物を美しく見せる（合成着色料）、おなじく発色剤（亜硝酸ナトリウム）、油の酸化を防ぐ（酸化防止剤：BHA）、味をつける（化学調味料）など、食品の加工に使う化学合成品を食品添加物といい、現在、347 品目が使われている。ここでテストに用いたソルビン酸、ソルビン酸カリウムは、食品添加物の中の合成保存料である。

＜方法＞

ソルビン酸を硫酸酸性下にニクロム酸カリウムで酸化してマロンアルデヒドをつくり、チオバルビツル酸を加えて加熱し、赤色に発色させて比色定量を行う。加熱温度と時間を正確に守ることが必要である。保存料は酸性で水蒸気蒸留できることから水蒸気蒸留により精製を行う。

### 実験 8 「合成着色料の検出実験」

食品添加物の着色料には酸性タール色素 11 種類、その他 3 種類があります。しかし酸性タール色素は安全性に不安があるということで、最近、天然色素が盛んに使われ始めた。食品の着色は酸性タールか天然色素かを見わけるのがこの実験の目的である。

＜方法＞

酸性タール色素は、酢酸酸性で毛糸に染まる性質を応用したものである。よく染まった毛糸を洗って色が落ちなければ酸性タール色素、色がどんどん落ちて毛糸からほとんど色がなくなった場合は天然色素である。



### 実験 9 「合成着色料の定性分析」

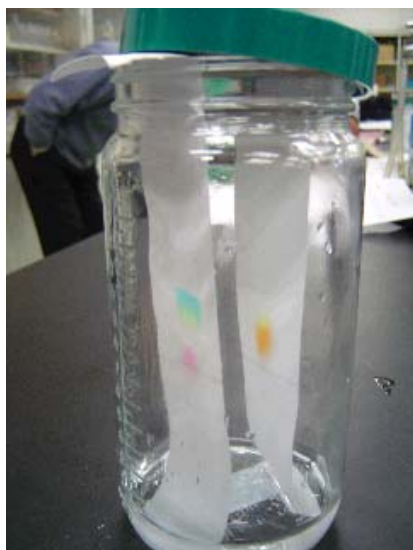
食品の着色には、合成タール系色素とそのアルミニウムレーキおよび天然色素などが使用されている。現在食品衛生法で使用許可されているタール系の色素は、食用赤色 2, 3, 40, 102, 104, 105, 106 号, およびアルミニウムレーキ 2, 3, 40 号, 食用黄色 4, 5 号, およびアルミニウムレーキ 4, 5 号, 食用緑色 3 号, およびアルミニウムレーキ 3 号, 食用青色 1, 2 号およびアルミニウムレーキ 1, 2 号の 20 種類である。これらは酸性の色素で、色素の中に  $-\text{SO}_3\text{H}$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{COOH}$  などの酸性の原子団をもっている。酸性で動物性繊維を染め、アルカリ性では溶け出す性質をもつ。天然の色素は、毛糸染色で染色されてもアルカリ性になると分解するものが多い。

酸性タール系色素をクロマトグラフィーで特定するのがこの実験の目的である。

＊ペーパークロマトグラフィー

＜方法＞

①毛糸へ染色する、②クロマトグラフィー用試験溶液を調製する、③クロマトグラフィーにより色素を検出する、④ $R_f$  値（移動率、 $R_f$ =溶質をつけた位置（原点）からスポットの中心までの距離／原点から溶媒の浸透前線までの距離）を算出する。 $R_f$ を測定することによって試料の定性ができる。

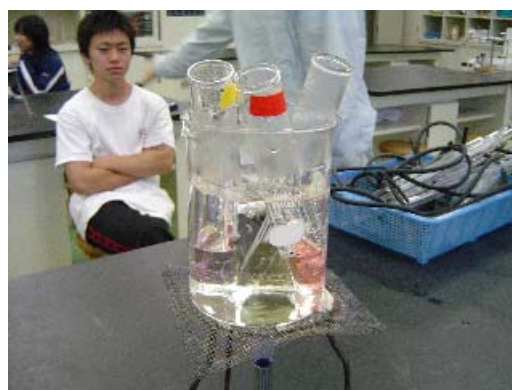


## 実験 10 「油脂の酸価測定実験」

チオバルビツル酸価（TBA 酸価）は油脂の酸敗の度合を知る尺度として使う。魚などの油脂が酸化されると不快臭を出し渋みを生じる。こうした劣化現象を酸敗といい、油脂の主成分であるグリセリン脂肪酸エステルが分解されマロンアルデヒドやジカルボニルなどを生じることに起因する。これがアミノ酸と結合すると、メラノイジン色素をつくって褐色に変わり、ヒドロキシペルオキシドという毒物を生じる。これが下痢や、血管、脳、肝臓障害の原因となる。

＜方法＞

油脂の酸敗により生じたマロンアルデヒド、ジカルボニル等にチオバルビツル酸を作用させると赤色の色素を生じる。この色素はマロンアルデヒドとチオバルビツル酸の縮合物である。遊離酸が多いほど赤色の濃度が増す。



## 実験 11 「カイワレ大根を使って調べる化粧品の化学」

水だけで栽培した場合と、化粧品を加えて栽培した場合とを比較して、化粧品がカイワレの発芽に与える影響を調べる。



## 実験 12 「自主実験」

環境と科学の年間の総まとめとして、各班毎に実験テーマを設定させ、実験計画、実験、分析、発表に取り組ませた。

【生徒の感想より】

- ・ 大変な実験だったけど、成功して良かった。このようにペットボトルを繊維化してリサイクルし、化学によって環境に配慮できることが学べた。(ペットボトル繊維化)
- ・ 僕たちは生活の中で大量の油を使用しているが、除去しにくいという点から処理の点でもっと環境に配慮した方法を考えていくべきだと感じた。(水に浮いた油を取り除く実験)

V－2 理科ゼミナール

【概略】

この科目は、高3対象の選択ゼミのひとつとして、毎年実施されている科目である。今年度は、2単位で3種類（理科A1、理科A2、理科B）の講座が実施された。

◇理科A1ゼミ

このゼミでは、学校周辺に分布する大阪層群について調査し、80万年から30万年前の古環境について少しずつ明らかにしてきた。



この深草環境調査ゼミは、授業外での研究に発展しており、SSFairで研究発表が行われている。

◇理科A2ゼミ

この講座では、地域の環境調査を主眼にして、昆虫や植物の生態についてグループごとに調査を行った。毎年のように設定している「昆虫採集」「植物採集」のほかに、今年度は「稲荷山の湧き水の水質調査」、「カエルの捕食行動の調査」、「クワガタムシの飼育実験」等に取り組んだ。



#### ◇理科 B

この講座では、グループに分かれて各グループ毎にテーマを設定し、実験・考察・発表を行った。前年度に物理自主ゼミに参加していた生徒が多く選択しており、多くの意欲的な取り組みを行った。主なテーマは、「霧箱の作成」「スターリングエンジンカーの作成」「発電機の作成」「竹炭燃料電池の作成」「変圧器の作成」「テルミット反応」等である。



#### V-3 その他の取り組み

##### ◇植物バイオテクノロジーの実験講座

高3 希望者を対象に不定期に実施した。



第1回「クローンニンジンをつくってみよう」(10月6日)の様子

##### ◇物理自主ゼミ

高3 希望者に本校卒業生(立命館大学1回生)を加えて、BKC コーニングハウスⅡで不定期に実施した。少人数でゼミ形式で行った。

##### <内容>

高校物理の原子物理学の範囲に焦点をあてて、より詳しい参考書や大学生対象の教科書を用いて、輪読や議論を行った。

## VI 課外でのとりくみ

### VI-1 数学セミナー

#### ◇ねらいと研究方法

課題Ⅱにおいて、「理数系の高い素養を獲得し、豊かな創造性の基盤を育てる教育課程の研究開発」を目指しているが、目的のところでも触れたように、数学・理科の高度な素養と学力を身につけさせるためには、知識の詰め込みだけでなく、諸課題に対して、科学的視点に立脚し、適切な数理的処理能力を育てることが肝要であると考え。ここで、科学的視点とは、問題解決に際して、その原因や本質を見極めるための適切な方法と論理を組み立てられる視点であり、数理的処理能力とは、充実した数学・物理の基礎学力に裏付けられた解析力である。このような力を育てるために、数学問題の解決方法を生徒達がグループで取り組むような企画が必要と考え、表題の「数学セミナー」を実施した。集中的に取り組ませるために、合宿形式で実施することとした。

本校専用施設のある立命館大学びわこ・くさつキャンパス（BKC）内には、宿泊施設が併設されており、附属校生徒は300円で宿泊ができるので、この施設を利用して実施した。

この企画を行う上で以下の仮説を立てた。

#### 【仮説】

チームを組んで問題解決法に取り組むこと、しかも合宿形式で集中して行うことで、学習における共同化が促進される。

以下に取り組みの概要を述べる。

#### ◇取り組みの概要

今年度は、3回の実施に加えて、後述する SSFair において、数学セミナー体験を実施した。3回の内容について以下にまとめる。

|       | 日 時              | 参加生徒 | 参加教員（高校／大学） |
|-------|------------------|------|-------------|
| [第1回] | 6月20日(金)～21日(土)  | 7名   | 3名／1名       |
| [第2回] | 8月18日(月)～19日(火)  | 12名  | 4名／1名       |
| [第3回] | 10月10日(金)～11日(土) | 21名  | 7名／1名       |

※第3回は、立命館宇治高校8名、立命館慶祥高校2名が参加

#### 【スケジュールの概要】（各回ともほぼ同様）

|     |       |                                                                                                |
|-----|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1日目 | 16:00 | BKC コーニングハウスⅡ（高等学校専用施設）集合<br>抽選によりグループ分け（各グループ約3名）<br>抽選により問題決定（問題の概要は次項）<br>その後キャンパス内食堂にて各自夕食 |
|     | 17:00 | 再集合 グループ毎で問題に取り組む                                                                              |

23:30 エポック立命21（宿泊施設）へ移動  
各部屋毎に続きに取り組む（教員から若干のヒント）  
2 時頃まで教員が手伝うが、その後も継続して頑張るグループも多い。

2 日目      8:00 コーニングハウスⅡ集合 朝食  
              9:00 グループ毎に解答の解説  
              11:30 立命館大学教育支援センター棕本洋教授から講評  
                  解散

【問題について】 問題はA・B・Cの3群に分類されており、各グループとも各群から1問ずつ計3問を抽選により決定される。

A問題は、入試の基礎問題程度

B問題は、入試のやや難問、数学オリンピックレベルの問題

C問題は、パズル、ゲーム、論理問題等



#### ◇仮説の検証

##### 【生徒の感想より】

- ・ 普段は2，3問の問題に、何時間もかけて取り組むことはないので、貴重な体験をした。自分で分かっているのに、人に説明することの難しさも分かった。次回もリベンジの意味を込めて参加したい。  
(高2女子)
- ・ 今回は答えが出ても式が出せない問題が多かった。自分の知っている形に変形させるためのアイデアが出せるようにがんばりたい。前回もだったが、とても面白かった。  
(高2男子)
- ・ とにかく疲れた。一つの問題をこんなに長く考えたことがなく、本当にいい経験になった。悔いの残る点があったので次回も是非参加したい。楽しかったから良かった。  
(高1男子)
- ・ 今回は人数も増え、1，2年共同でできたので良かったと思う。実際に問題を解いてみて、前回の経験が生きていたと思う。前回以上に数学の世界が広がった。  
(高2女子)
- ・ 解き方が分からず、ただひたすら試行錯誤の繰り返しだった。その苦難の末に導き出

した答えは頭に残るだろうし、同じような問題に応用できるはずである。物の考え方に触れ、自分にとってプラスとなった。

(高2男子)

「数学」という教科はもちろん、じっくりと考えることが重要であり、「考え抜く」ことが大切である。そういった意味で与えられた時間で、子どもたちは各自自分に与えられた問題を考え抜くことができたのではないだろうか。このような形で取り組むことが数学という教科の理想の学習形態の1つといえるであろう。次に、協力して解くことの大切さである。1つの大きな問題もたくさんでかかれば、一つの答えが導き出されるであろうし、あらゆる面からの見方もお互いに得られることであろう。このセミナーでは複数人で考えることの良さに触れられた。さらに、お互いに考えたことを聞かせるという点もこの取り組みの1つの見所ではないだろうか。カルダノの解法の逸話で数学試合というものが登場している。この数学試合とはお互いに自分が考えた問題を出し合い、相手はその問題を解くといったものである。今回のセミナーでは、一晩かけて考えたことを翌日、他のチームの前で発表して、お互いに評価をする。まさに数学試合ではないだろうか。その発表について、多くの教員や生徒の前で、様々な角度から質問、意見が出る。これらの質問、意見に対して相手を納得させる答えをしなければならない。大学での学習であれば必要不可欠な能力である。これらを総合的に養える企画であったと考える。

#### 【仮説の検証】

グループで集中的に取り組む学習については、たいへん大きな意義を感じている。生徒の中で、学習における共同化の意識はきわめて強く定着したように思う。このセミナーを経験した生徒達の多くは、難しい問題に向かっていく力が徐々についてきていると思える。また、これらのメンバーは、他の項でまとめている「マイクロロボット」の取り組み等にも積極的に参加している生徒が多く、共同で何かに取り組むことの楽しさ、重要性を感じているといえる。

#### ◇課題と今後に向けて

このような企画で注意することとして、目的意識をはっきりとさせて取り組むことがたいせつで、自ら選んで参加させることが必要といえる。今後もこのようなセミナーを継続的に実施したい。さらに、このような形で数学以外の分野においても共同で集中的な取り組みをさせる機会を増やしていきたいと考えている。

## VI-2 マイクロロボットメイズコンテスト参加の取り組み

### ◇ねらいと研究方法

本年度より高校2年生のSSPで開設した最先端科学研究入門のマイクロマシンの一環として、国際マイクロロボットメイズコンテストへ参加することとした。近年の教育では、ものづくりに対する意識の低下も大きく叫ばれてきている。また、チームで1つの大きな目標に向かい、その目標達成のためのプロセスを味わうことも少なくなっている。以上のような状況、環境を踏まえて、この国際マイクロロボットメイズコンテストにおける参加について以下のような仮説を立てた。

- ① マイクロロボットの製作を通じて科学への興味関心の高揚と物作りに対する意識を高めることができる。
- ② マイクロロボットの製作を通じて、仲間通しの団結を強め、集団で1つの目標を目指していくことの良さを認識することができる。

### ◇取り組みの経過

SSP（スーパーサイエンスプログラム）2年の希望生徒12名が取り組んだ。10月中旬に名古屋で行われる国際マイクロロボットメイズコンテストに向けての取り組みを一つのステップとして目標を定めた。

立命館大学大学院理工学研究科院生の指導のもと、生徒は2人から4人の4班を作り、1班は有線でコントロールする1cm×1cm×1cmの大きさのロボット、3つの班は無線でコントロールする1inch×1inch×1inchの大きさのものを作するための取り組みが始まった。夏休みに集中的に1週間ほど取り組み、夏休み以降は週一回、大会直前は毎日の取り組みになった。

何とか動くものになったのは、大会直前であった。しかし、大会では、調整に手間取ったことも重なり、動くことさえもままならなかった。しかし、大学生に混じってしかも国際的な大会の場に、自分たちが作ったロボットで参加したことは、生徒にとって大きな転機となった。

大会終了後、生徒たちは来年の大会に向けて、今何ができるのかを考え始めたのである。そして、ロボットが動かなかった原因をつきとめ、自分たちの手で改良を加えはじめたのである。11月中旬に本校で開催されたSSF（スーパーサイエンスフェア）では、この大会に参加した5人が自分たちの取り組みを動くロボットとともにプレゼンを行った。ロボットは見事に動くようになったのである。その後、立命館大学の附属校教研でもプレゼンを行い、生徒たちはますます自信と行動力を身につけていった。



今、生徒たちは次年度の大会での入賞を目指して、ロボットの基礎から勉強しなおしている。

#### ◇仮説の検証と次年度に向けて

大学院生の指導はあったが、ロボットの仕組みは理論的には理解したものの、実際の製作では戸惑うことが多かったようである。

はんだごての使い方もわからなかった生徒は、まだ習っていない電磁誘導や振動電流による共鳴振動の仕組み、アクチュエーターに使う金属の性質の違い、C言語を使ったロボット制御、光センサーの仕組みなどについて自分達で勉強し、大会規格に合うロボットを作るため討論と自分達なりの工夫を重ね、試行錯誤とやり直しを何度も繰り返した。しかし、最後まであきらめることはなかった。

大会の結果は散々なものであったが、大会会場で動かなかったロボットを前にして、生徒は次年度での入賞を決意したのである。しかも、大会直後から次年度に向けて動き出していた。そして、大会では動かなかったロボットを動くように、自分たちだけで改良し、実際に動かしたのである。

そして、生徒は、今年の教訓から、入賞するには早い時期からの取り組みが必要だと考えて、自ら後輩の指導もしたいと言いつけている。

私たちの予想を超え、生徒は大きく成長した。

### VI-3 簡易型熱フィラメント CVD 法によるダイヤモンド合成の研究

#### ◇ねらいと研究方法

サイエンス部の課外活動の中で高度な研究活動を行うことにより、生徒の意欲・探求能力を向上させる。

#### ◇ダイヤモンド合成研究の目的

- ① 実験室でダイヤモンドを作ってみる。
- ② ダイヤモンドの結晶成長過程を高校生のレベルで考察する。
- ③ 簡易型熱フィラメントCVD法による結晶育成環境を絞り込む。

#### ◇始めるまでの経過

2002 年 6 月にサイエンス部の生徒数名に、ダイヤモンドを作ってみないかと何冊かの書物を紹介した。ダイヤモンドは宝飾品として誰でも知っているものであり、工業的には研磨剤として利用されていることもよく知られている。そんなダイヤモンドが高校生の手で作れるなら一度挑戦してみようということになった。さっそく必要な実験器材を集め始めたが、モリブデン(Mo)板、タングステン(W)フィラメント、適当なガラス管が手元になく、スライダックも故障しているありさまだった。2 月になってようやく器材が一通り揃い、予備実験ができるようになった。そして 2 月 14 日にはじめてガラス管内でメタングスを流し、フィラメントを白熱させた（この予備実験は参考文献①を参考にして進めてい

った)。

実験は準備から記録までにほぼ一日を要するので、おもに2月中旬から3月中旬と7月下旬から8月下旬の授業のない時期に集中して行った。フィラメントが切れて、途中で中断した実験も含めると、延べ34回実施した。

#### ◇ダイヤモンド合成について

##### \*ダイヤモンド合成の歴史

天然ダイヤモンドは地中140km以深で、2億年以上の年月をかけて成長したものである。そのダイヤモンドを合成するには、やはり同じように高温高压下で固体の炭素（グラファイトなど）から合成することが試みられ、およそ40年ほど前にスウェーデンやアメリカやソ連で合成に成功していた。その方法とは別に、およそ20年前から高温低压下で炭素を含む気体から合成する方法（気相合成ダイヤモンド法）が研究開発され、現在に至っている。

##### \*ダイヤモンドの特性

ダイヤモンドは炭素原子どうしが共有結合（ $sp^3$ 結合）した正四面体構造をしている。1辺3.567Åの立方格子である。反射率と屈折率が大きく一般には宝石として用いられている。表1に単結晶ダイヤモンドの特性を示す。

表1 単結晶ダイヤモンドの特性

|      |                                                     |       |                                          |
|------|-----------------------------------------------------|-------|------------------------------------------|
| 格子定数 | $a=3.567\text{Å}$                                   | 結合距離  | $1.54\text{Å}$                           |
| 硬さ   | $5700\sim 10400\text{kgf/mm}^2$                     | 圧縮強さ  | 100GPa 以上                                |
| 密度   | $3.52\text{g/cm}^3$                                 | 線膨張係数 | $0.8\pm 0.1\times 10^{-6}\text{K}^{-1}$  |
| 熱伝導率 | I a 形 6～10：II 形 20～<br>$21\text{W/cm}\cdot\text{K}$ | 屈折率   | 591nm                                    |
| 禁制帯幅 | 5.45eV                                              | 電気抵抗  | $10^{13}\sim 10^{16}\Omega\cdot\text{m}$ |

化学的に安定で、耐磨耗性、耐溶着性に優れている。また、用途は超高压セル、測定用圧子、線引きダイス、耐摩部材、ガラス切り、メス、切削工具、砥粒などに利用されている。

##### \*簡易型熱フィラメントCVD法

気相成長法には、現在目的とする物質の種類や用途によって、次のような方法がある。

- ① 化学気相成長法は Chemical Vapor Deposition Method（CVD法、化学気相成長法、化学的蒸気堆積法）と言って、高温加熱法、プラズマ法（反応する化学種を励起させて反応を速める作用で、プラズマによって原子状水素、炭化水素ラジカルが多く生成されるので、合成速度が大きい）などがある。CVD法は半導体製造プロセスにおいて重要な方法でLSI保護膜、シリコン窒化膜（Si-N-H）、シリコン酸化膜（Si-O-H-N-P）、アモルファスシリコン（a-SiH<sub>x</sub>）の製造に使われている。
- ② 物理気相成長法には真空蒸着法、スパッタ法（酸化物超伝導膜作成に利用）などがある。

この研究で用いた方法は大変簡単な装置を用いた化学気相成長法ということができる。

#### ◇実験方法

2月の下旬から、本格的に実験を開始した。実験方法は次のようなものである。

##### (1) 準備

ガラス管 (φ3cm)、ガラス管 (φ1cm)、ガラスT字管、試験管 (φ2.5cm)、試験管 (φ1.5cm)、ゴム管、水槽、ステンレス製防爆ネット、水素ガス圧調整弁、シリコンゴム栓、ピンチコック、スライダック、電流計、電圧計、ストップウォッチ、ステンレス製定規、銅線、リード線、光学顕微鏡、顕微鏡観察用照明モリブデン(Mo)基板 (10mm×10mm)、エタノール( $C_2H_5OH$ )、水素ガス (ボンベ)、タングステンフィラメント (φ0.2mm)

##### (2) 方法

###### ① Wフィラメントの炭化

Wフィラメントを、水素ガスを流しながら 5～6V、5～6Aで30分間赤熱させて、前処理として炭化する。

###### ② 図1のようにエタノールの入った試験管に水素ガスを通し、その混合ガスを別のガラス管(直径3cm、長さ30cm)に送り、Mo板上でWフィラメントを60分間(標準型)白熱する。

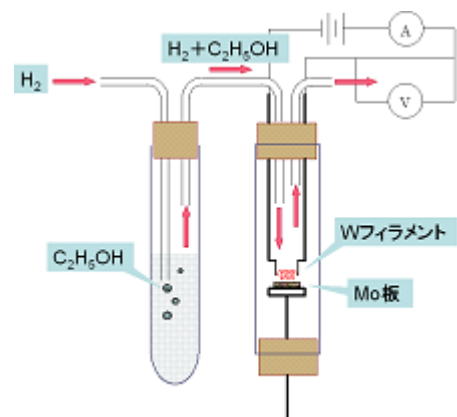
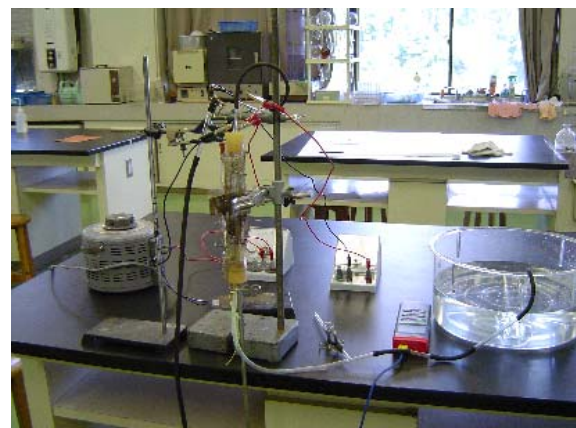


図 1

###### ③ その結果を光学顕微鏡で観察し (光学顕微鏡

写真集参照)、必要であれば、大学で電子顕微鏡写真 (写真集参照) を撮る、というものである。8月31日までに延べ34回の実験を行った。いくつかの文献を参考に、電流と電圧の値を幾通りにも変え、水素ガスの流量、さらにフィラメントの位置を検討し、春休みには光学顕微鏡レベルでダイヤモンドと思われる結晶を生成することができた。その後、立命館大学理工学部 (機械工学科飴山研究室) で電子顕微鏡写真およびX線



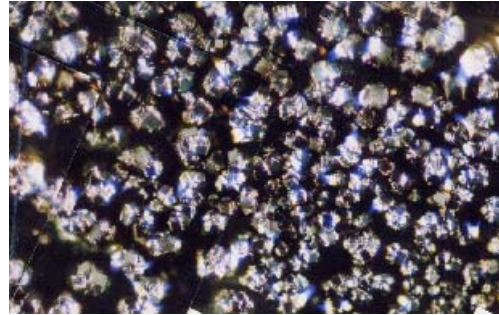
実験装置全景

回折実験にかけていただき、ダイヤモンドの結晶が生成していることを確認した。(電子顕微鏡写真、X線回折結果図参照)

7月中旬からはさらに生成条件を絞り込む実験に取り掛かった。



光学顕微鏡写真（全体）



光学顕微鏡写真（部分）

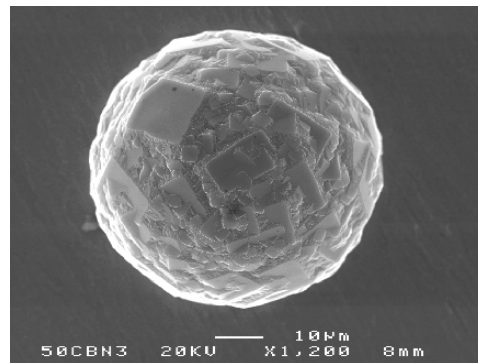
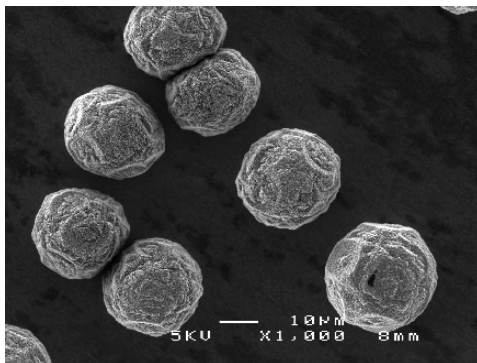
#### ◇結果と考察

- (1) 電子顕微鏡写真でも分かるように、ダイヤモンドを作ることができた。
- (2) 光学顕微鏡写真から、フィラメントの真下に大きい結晶が成長し、その周辺には結晶の数が少なく、さらにその外側には不定形炭素などが見られることから、生成条件としてある範囲が存在することが分かった。

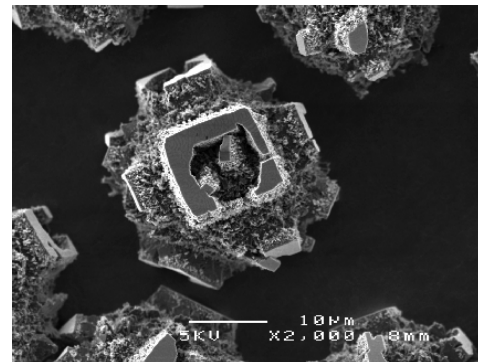
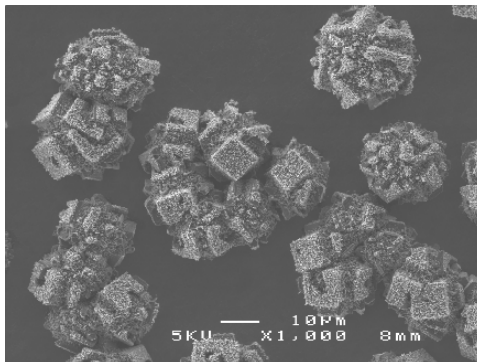
そして、大きく分けて次の3種類の結晶ができるように思われる。

- ① 球状ダイヤモンド
- ② 角状多結晶ダイヤモンド（よく見ると糸様の結晶も見られる）
- ③ 自形面からなるダイヤモンド（(111)面と(100)(010)(001)面からなる）である。

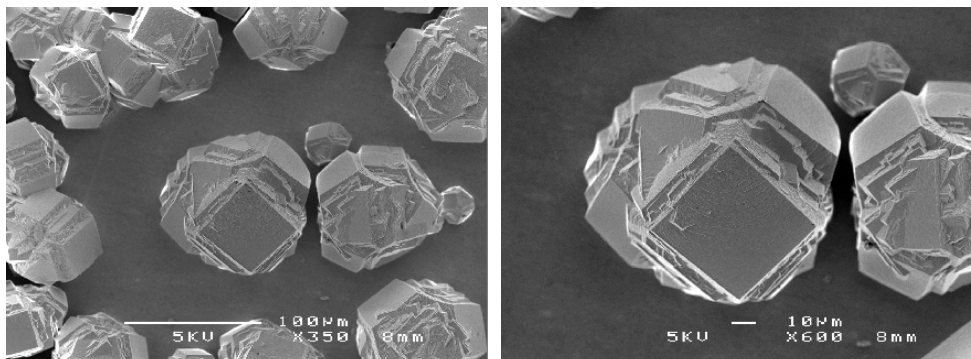
- ① 球状ダイヤモンド・・・よく見ると、面ができつつある様子がうかがえる



- ② 角状多結晶ダイヤモンド・・・針状結晶の集合体のように見えるが、場所によっては平面のところもあり、自形面ができつつあるように見える。



- ③ 自形面からなるダイヤモンド・・・②の角状多結晶ダイヤモンドが好条件で成長して  
いて、(111) 面と (100) (010) (001) 面からなるダイヤモンド (単結晶) が成長す  
るのではないか。



### (3) 結晶育成環境の絞り込み

電力が大きいと球状のダイヤモンドが生成しているケースがある。それは電力が大きいと温度が高くなり、エタノール分子からメチルラジカルが多量に解離することになる。したがって、ガラス管内に、必要以上の炭素原子どうしが乱雑に集合し、成長速度が大きくなって球状になると考えることができる。

結晶育成環境は、ある程度までその条件 (ダイヤモンド結晶の核生成とその育成を左右する因子) を絞り込むことができた。しかし、因子は相互に関連し、データの取り方が難しく、科学的に詰めきれていない。これからさらに検討して実験で詰めていくことが必要である。

【時間】 30 分間の炭化 (5~6V 5~6A) 後、Wフィラメントを 60 分以上白熱する必要がある。

【電圧値】 10V~15V

【電流値】 7A~9A

【電力】 90W~135W

【水素ガスの流量】 20~30ml/min

【Wフィラメントと Mo 板との距離】 0.5~1.0mm

### ◇今後の研究課題と展望

#### 【ダイヤモンド結晶成長過程のリアルタイムでの観察方法の開発】

現在は、前の実験結果と今までの経験から次の実験条件を決定し進めていくという方法をとっている。つまり、ピンポイントで実験結果を求めていくという方法である。結晶成長がこの肉眼で観察することができれば、生成条件や成長条件が詳細に理解できることからそのような方法を模索していきたい。

#### 【生成条件の確定 (電流、電圧、Mo 板上の温度、W フィラメントと Mo 板との距離)】

実験がまだまだ科学的ではなく、データも複数の要因で変化するので正確な判断が難しい場合が多い。実験の際、多くのデータが取れるように工夫していきたい。

#### 【エタノール以外の炭素化合物の検討】

文献によれば、CH<sub>4</sub>をはじめ、分子量の小さい炭化水素やアルコール、ケトンなどいく

つもの物質が示されている。高温の雰囲気の中では解離して物質の種類に拠らないことが示されているが、ここで行っている実験では解離するほどの高温度は得られていないと思われるので、合成可能な物質を探索するのは意味がある。

#### 【Mo 以外の材料の検討】

文献には、シリコンやタンゲステン板などが示されているが、もっと身近な材料で生成することができるかどうかを検討していきたい。

#### 【結晶の成長全般の学習を深めたい】

結晶のでき方についてさらに学習し、結晶の世界についての理解を深めていきたい。

#### ◇参考とした文献

- ① 盛口襄、高田博志共著 いきいき化学アイデア実験 (新生出版)
- ② 吉川昌範・大竹尚登共著 おもしろ理科実験集 工学院大学企画部編気相成長ダイヤモンド (オーム社)
- ③ 砂川一郎著 宝石は語るー地下からの手紙ー (岩波新書)
- ④ 砂川一郎著 新しい鉱物学 結晶学から地球学へ BLUE BACKS (講談社)
- ⑤ ハビコフ・フェドセフ・シュルツェンコ・ボガティルバ共著、藤田英一監訳・細見暁・久下修平共訳 ダイヤモンドの合成 (オーム社)
- ⑥ 高等学校化学 I B 教科書 (数研出版)
- ⑦ 高等学校総合図説化学 (第一学習社)
- ⑧ 吉岡甲子郎著 化学 One Point 6 相律と状態図 共立出版

## VI-4 SSH 講演会

◇日本電池株式会社相談役 寿栄松 憲昭氏 講演「これからのエンジニアに望む」

【日時】2003 年 6 月 14 日 (土)

【場所】立命館高等学校 深草キャンパス 新館 2F プレゼンテーションルーム

【参加対象】SSP 選択の高校 2 年生および SSS 選択の高校 1 年生

#### 【講演内容】

日本電池株式会社相談役 寿栄松憲昭氏をお招きして、講演をいただいた。エンジニアとして、また、国際的な活動の中でのたくさんの経験を例にあげて、若い高校生がこれから進むべき方向を示していただいた。仕事や学習について、与えられたものをこなす (Labor) 時代ではなくて、自らが課題を見つけ自らが考えて取り組む (Work) こと、さらには、失敗にくじけずそのようなチャレンジを楽しみ (Play) ながら行う時代だ、というお話が印象的であった。



恒例の本校放送部による日本電池株式会社の紹介と寿栄松氏のプロフィールについてのビデオをスクリーンで見たあと、講演をいただき、また質疑応答の時間もとっていただいた。末川博先生の言葉やスーパーサイエンスハイスクールとしての本校の取り組みにもふ

れていただき、立命館高校生のこれからの活躍に期待していただいていることを強く感じた。

◇大阪大学大学院工学研究科 教授 八木 厚志先生

講演 「数学の生命科学に果たす役割」

【日時】2004年3月13日（土）

【場所】立命館大学びわこ・くさつキャンパス

コラーニングハウスⅡプレゼンテーションルーム

【参加生徒】次年度高校3年 SSP 選択希望者（24名）

【講演内容】

1. 数理科学の方法、2. 大腸菌のパターン形成、  
3. 数列モデルによる解析、4. マングローブの再生過程を  
モデル化する研究

数理科学による方法は、現実問題を数理モデルに定量化し、数理モデルを数学的解析によって調べるというのが旧来の方法であるが、近年では数理シミュレーションという重要な手法が現れ、現実問題と数理モデルとあわせて3つの間での相互関係が重要となる。先生が研究されている「大腸菌のパターン形成」や「マングローブの再生」のシミュレーションを通して興味深くお話いただいた。講演後に生徒から質問が出され、先生から「本質的なところを良くわかってくれた質問だ」などとお褒めをいただける場面もあった。



## VII スーパーサイエンス・フェア（SSF）

### VII-1 ねらいと研究方法

21 世紀の社会を支えるエネルギーに満ちた人材を輩出するため、高等学校教育の重要性は益々大きくなってきている。スーパーサイエンスハイスクールをはじめとして、様々な新しい教育実践が動きだしている。そんな中で、各校の取り組みがどのような成果をあげているのか、高校生自らが発表し、学校の枠を超えて協調していく姿勢を持つことが非常に大切だと考えられる。

スーパー・サイエンス・フェアは、スーパーサイエンスプログラム 1 期生（2003 年度高校 2 年生）が中心となり、学習の成果を発表する場として、11 月 14 日（金）・15 日（土）の 2 日間にわたって立命館大学びわこ・くさつキャンパス（BKC）カラーニングハウスⅡで行った。スーパーサイエンスハイスクール指定校である早稲田大学本庄高等学院やオーストラリアの Australia Science & Mathematics School、その他いくつかの学校の生徒をむかえ、研究発表・交流を行った。オーストラリアの生徒を迎えるため、いくつかのプログラムでは英語を用いて行われた。

### VII-2 実施スケジュール

| 11 月 14 日（金）    |                                              |
|-----------------|----------------------------------------------|
| 開会式             |                                              |
| 全体企画            | 観世流「能」                                       |
| 講演              | 理工学部教授 八村 広三郎先生<br>「京都アート・エンターテイメント創成研究」     |
| 学校紹介            | 参加校各校の学校紹介                                   |
| 英語<br>プレゼンテーション | 早稲田大学本庄高等学院                                  |
|                 | 相対性理論～不思議な相対論の現象～<br>ニュース報道と視聴者<br>洪沢栄一の地域貢献 |
|                 | 立命館高等学校                                      |
|                 | UV について<br>遺伝子組換え食品について                      |
| 研究発表            | Australia Science & Mathematics School       |
|                 | オーストラリアの生物圏                                  |
|                 | 早稲田大学本庄高等学院                                  |
|                 | Internet を利用した遠隔操作型監視カメラの製作                  |
|                 | 立命館高等学校                                      |

|                     |                                                                                                                                   |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     | <p>マイクロロボット<br/>立命館高等学校のある深草は 90 万年前渚だった<br/>簡易型熱フィラメント CVD 法によるダイヤモンド合成の研究</p>                                                   |
| ポスターセッション           | 立命館高等学校                                                                                                                           |
|                     | <p>マイクロロボット<br/>立命館高等学校のある深草は 90 万年前渚だった<br/>簡易型熱フィラメント CVD 法によるダイヤモンド合成の研究</p>                                                   |
|                     | Australia Science & Mathematics School                                                                                            |
|                     | 生物圏研究（調査）プロジェクト                                                                                                                   |
|                     | 早稲田大学本庄高等学院                                                                                                                       |
|                     | <p>日本人と在日外国人との間の教育意識の違い<br/>飲酒と喫煙の要因<br/>色の見地によるアミノ酸飲料ボトルデザインの分析<br/>二酸化炭素の性質に関する一研究<br/>ーグローバル環境汚染の要因として<br/>ヒューマンエラーと安全システム</p> |
| 夕食交流会               | 立命館高校の実行委員が中心となってクイズ大会等の交流会が行われた。                                                                                                 |
| 数学セミナー              | 通常本校だけで行われている「数学セミナー」（「数学セミナー」の項参照）を、他校生を交えて行った。                                                                                  |
| <b>11 月 15 日（土）</b> |                                                                                                                                   |
| 全体会                 | 昨年行われた、数学セミナーの解説会が行われた。                                                                                                           |
| 他校授業体験              | 立命館高等学校                                                                                                                           |
|                     | 最先端科学研究入門「マイクマシンテクノロジー」<br>立命館大学 理工学部助教授 鳥山 寿之先生                                                                                  |
|                     | 最先端科学研究入門「形状モデリング」<br>立命館大学 理工学部教授 田中 覚 先生                                                                                        |
|                     | 早稲田本庄高等学院                                                                                                                         |
|                     | 「情報と文化」 半田 亨 先生                                                                                                                   |
| ディスカッション<br>タイム     | 立命館高校の実行委員が中心となって事前にテーマをいくつか設定し、グループに分かれてディスカッションやディベートを行った。学校の枠や国の枠を超え、活発な意見交流の場となった。                                            |
| 施設見学                | 立命館大学の最先端の施設の案内                                                                                                                   |
| 閉会式                 |                                                                                                                                   |

### VII-3 各取り組み内容

#### 【全体企画 観世流「能」】

観世流能楽師で立命館大学大学院先端総合学術研究科の非常勤講師である片山清司氏、観世流能楽師で立命館大学能楽部講師である青木道喜氏、工学博士・立命館大学アートリサーチセンターのポストドクトラルフェローである小島一成氏をお招きして、能「敦盛」の絵本語りを鑑賞した。

#### 【「京都アート・エンターテインメント創成研究」についての講演】

立命館大学理工学部教授の八村広三郎先生をお招きして、21世紀COEプロジェクトのひとつに指定されている立命館大学の「京都アート・エンターテインメント創成研究」についての講演を行って頂いた。



#### 【英語プレゼンテーション】

立命館高校と早稲田本庄高等学院から数テーマずつ、様々な分野における研究の英語によるプレゼンテーションを行った。



#### 【研究発表】

立命館高校、早稲田本庄高等学院、Australia Science & Mathematics School から数テーマずつ、長期間にわたる様々な調査・研究についての発表を行った。本校における研究「マイクロロボット」「立命館高等学校のある深草は90万年前渚だった」「簡易型熱フィラメント CVD 法によるダイヤモンド合成の研究」については「VII 課外での取り組み」の項で詳しく述べている。



### 【ポスターセッション】

研究内容を紹介するブースが設けられ、意見交流を行った。1 時間程度の時間の中で非常に濃いやり取りが英語を交えて行われた。



### 【数学セミナー】

通常本校だけで行われている「数学セミナー」(「Ⅶ 課外での取り組み」「数学セミナー」の項参照)を他校生を交えて行った。数人のチーム(参加校合同チーム)に分かれて、出題された数学の難題 8 問を提出期限までに何題解答できるかを競った。英語を交えて必死に取り組む姿が見られた。



### 【他校授業体験】

立命館高校からは、最先端科学研究入門の「マイクマシンテクノロジー」と「形状モデリング」、早稲田本庄高等学院からは「情報と文化」の授業を提供し、生徒を交換して、互いの学校の授業を体験した。



### 【ディスカッションタイム】

立命館高校の実行委員が中心となって事前にテーマをいくつか設定し、グループに分かれてディスカッションやディベートを行った。学校の枠や国の枠を超え、活発な意見交流の場となった。



### 【その他の様子】



開会式



夕食交流会



施設見学



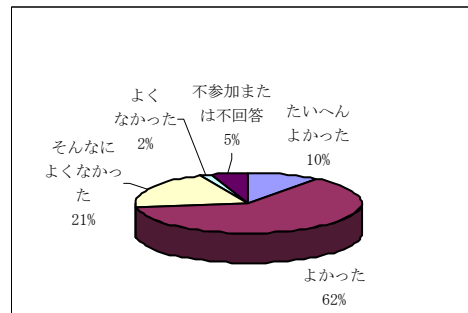
閉会式（数学セミナーの表彰）

## VII-4 アンケート結果

立命館高校生 58 名、早稲田本庄高等学院生 9 名、教員 10 名に対し、アンケート調査を行った。

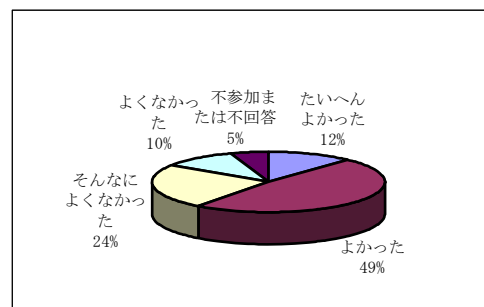
### ◇COE「京都アート・エンターテイメント創成研究」についての講演

- ・ 古典文学と先端技術が融合していてとても興味を持てた。
- ・ 伝統文化（無形文化財）を残すことは大切だと思った。
- ・ CG アートのすごさや現実などがわかりやすかった。
- ・ すごく興味をもてる内容だった。これからはもっと本物っぽくなると思うとワクワクする。



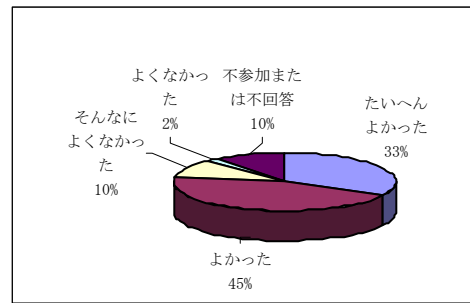
### ◇英語プレゼンテーション

- ・ 同じ高校生なのにあんなに話せるのかと感心した。レベルが高い。
- ・ みんな英語がうまくて、自分はまだまだだなと思った。
- ・ 自分の英語能力が低く理解に苦しんだが、プレゼン自体はよかった。
- ・ 早稲田のプレゼン（メディアについて）は目の付け所がいい。
- ・ 立命館も、テーマの枠を広げて欲しいと思った。
- ・ 素晴らしいプレゼンだったが、英語力についていけなかった。



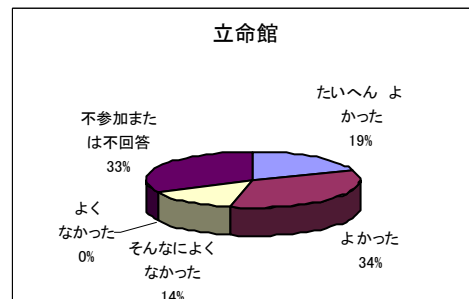
#### ◇研究発表

- ・ さまざまなアイデアや、早稲田のクラブとしての取り組みの内容は刺激になった。
- ・ 自分で半年もかけて動く CCD カメラを作るのがすごい。
- ・ ASMS の発表は今までと違い、彼らの新しい考え方が吸収できてよかった。
- ・ 全く知らない分野の研究が聞けてよかった。勉強になった。
- ・ どれもレベルが高く、同じ高校生がやっていることと思うと焦った。



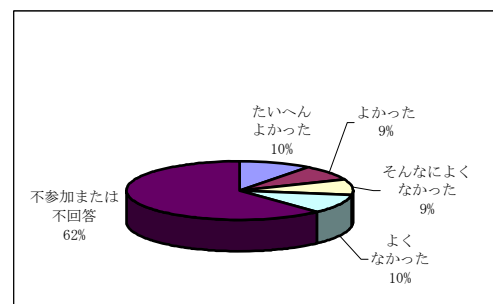
#### ◇ポスターセッション

- ・ 研究を深めていく素晴らしさがわかった。
- ・ 一対一ということで、疑問点があればすぐに聞けたのでよかった。
- ・ 他の学校の人と直接交流し、話が聞けたことがよかった。
- ・ ダイヤモンドはもっと拡大したものが見たかった。
- ・ 研究発表では非常に興味をもてたものでも、時間等の都合で説明や発表にまとまりきらずわかりにくいものもあった。
- ・ 自分の発表の所にしかいられず、他のが見られなくて残念だった。



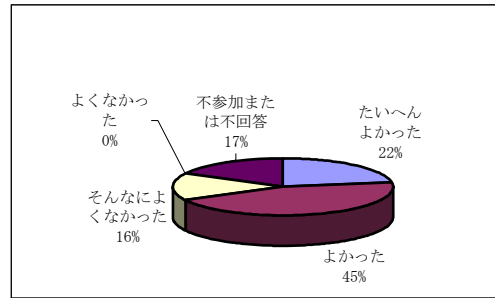
#### ◇数学セミナー

- ・ 初めてで疲れた。最初は先生を恨んだが、難問に取り組むことで集中力が養えてよかった。
- ・ みんなで協力してできてよかった。難しかったけど面白い問題だった。
- ・ まさか 12 時まで数学するとは思わなかった。でも、いつもと違ったメンバーで考えられてよかった。
- ・ あの問題を英語で説明するのは難しかった。



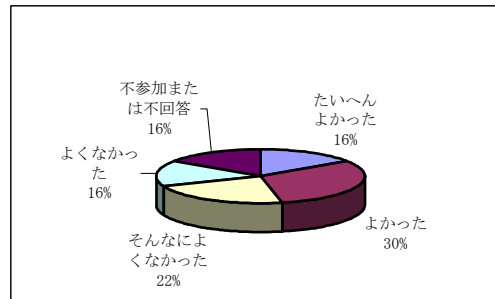
#### ◇他校授業体験

- ・ SSP を知るいい機会だった。パソコンに少し強くなれてよかった。
- ・ 授業を授業と感じないほど自由に楽しめた。内容に興味をもてた。
- ・ とても楽しかった。立命でもこんな授業をしてほしい。
- ・ 「表紙を作ろう」という取り組みの設定がよかった。
- ・ 時間がもっとあればよかった。凝りすぎて時間がなかった。



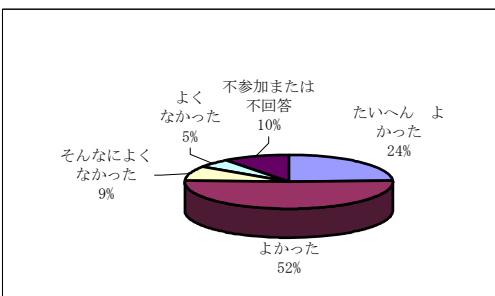
#### ◇ディスカッションタイム

- ・ 深いディスカッションができ、本当に有意義だった。静かだけど白熱した。
- ・ テーマによっては難しすぎたり全員「賛成」でディベートしにくかったりした。他校の生徒もしっかりした意見をもってるなあと思った。
- ・ あまり活発にできなかった。下調べさせてもらえなくて困った。
- ・ 時間が短すぎ。1つにして時間を増やすべきだったと思う。
- ・ 司会をしていたので楽しめなかった。自分の意見を言いたかった。



#### ◇全体を通して

- ・ SSH校として他校と交流し合えたのが大きな経験であった。思っていたよりもレベルが高くてよかった。またやって欲しい。
- ・ 自分自身のモチベーションを高める結果となった。
- ・ 人の話を聞く力や英語力が、少しではあるが向上したと思う。興味のない内容も少しはあったが、全体を振り返ると自分にプラスになったと思う。
- ・ 各校の雰囲気・すごさを知ることができて本当に良かった。みんな学ぼうという意識が高くて見習わねばと思った。
- ・ とてもよい刺激になり、勉強する意欲が湧いた。
- ・ すごくよかったと思う。準備など時間がなくてかなり大変だったけどいいものができたと思う。他校の子と仲良くなれてよかった。
- ・ 普段絶対交流のない人たちの発表を聞いたり意見を言ったりして、外の世界を少し知った気がする。



- ・ 普段とは違う開放的な空間でいろんなことを学べたと思う。一回目にしては大成功。
- ・ 今回の取り組みは、良い点・悪い点がどちらも非常に多かったと思う。このような取り組みはこれからも続けていかなければ意味がない。今後も続けていく中で一つ一つ改善していければもっと良いものになっていくと思う。

#### ◇アンケート結果まとめ

生徒間の研究発表交流に重点を置いた取り組みは、生徒の準備が大変な分、教員としては不安であったが、交流をもてたということ自体に満足感を持っている生徒が多く見られた。全体企画は CG に関する講演ということで生徒たちの興味も高かったように思われる。ポスターセッションは、全体での研究発表とは異なり、1 対 1 に近いレベルで研究について意見交流をすることができ、大きな場では質問しにくかったこともリラックスして質問できたようである。ディスカッションタイムについては、企画アイデア自体は生徒側から出てきたもので、準備不足ということもあった。しかし、生徒間の交流が活発に行われる大変よい企画であることは参加した教員一同感じており、次年度以降は、討議時間やテーマ設定の面でよりよい方法を追求していきたい。

全体を通して、ASMS の生徒の参加があったために、英語の必要性を強く感じたという感想も見られた。

### VII-5 今後に向けて

日頃の取り組みを発表する機会を設けることで、自分たちの活動を見直すことができ、また他校の生徒の取り組みを知ることができて、生徒にとっては非常に刺激になったと思われる。すべての取り組みが英語と日本語両方の言語を用いて行われ、普段学校では経験できない、視野を広げる機会となった。

反省点としては、多くの学校に参加を呼びかけたが、実施日程が平日に亘っていたためにほとんどの学校が全日程参加は難しく、取り組みの中心となったのが 3 校だったこと、また、非常に多くのプログラムを準備したが、特に発表の準備に当たっていた生徒にとっては過密スケジュールであったように思われる。

こうした取り組みは継続して続けていくことが非常に重要であると考え。第 2 回スーパーサイエンスフェアも既に準備を始めている。いくつかの学校からも問い合わせがあり、今後は学校間での共同研究などについても追求していきたいと考えている。

## 〔5〕実施の効果とその評価

研究開発第2年次の取り組みを通して、当初設定した研究テーマに関しては、計画に従いその実践を行ってきた。個々の取り組みに関しては、それぞれの項で詳細をまとめたので、ここでは、全体通して、生徒・教職員・保護者等および学校運営に現れた効果とその評価を概括的に記す。

### （1）取り組みの概括的评价

#### ◇ スーパーサイエンスプログラム

高校キャンパスと大学キャンパスにまたがる2拠点での学習、大学との本格的な連携による「最先端科学研究入門」の受講、数学・物理における独自教育内容の開発と実施、科学的トピックを英語でプレゼンテーションさせる授業などの正課の取り組みと、いくつかの現代的テーマによるスポット的講演会やワークショップの取り組みなどの特徴を持った「スーパーサイエンスプログラム」がスタートした。

第一年次の高2選択者は63名、そのうち高3でも引き続き2キャンパスでの学習を続けることを選択した生徒は24名となった。また第二年次の高2選択者は現段階では39名の予定である。当初は高2で40名を組織し、実績を積み上げて80名まで増やしたいと考えてきたが、数値的には逆の傾向が現れている。この点では2キャンパスにまたがる学校生活の展開が、本校教育の従来の特長を制限するととらえる傾向の生徒が多いことが主たる要因として考えられる。またコース制などクラス分けに影響する教育システムを持ってこなかった本校で、はじめて高3では「スーパーサイエンスクラス」を設定して選択登録に臨ませたことなど、生徒も教員も、頭の切り替えが必要であり、思いのほかそのハードルが高かったことが影響していると考えられる。（2キャンパス学習体制に関しての評価と考察は別項に譲る。）

しかし、高3での選択者24名はいずれも、きわめて高い意欲と個性を伸ばそうとする意気込みや行動力にあふれ、高度な学習内容や過密な取り組みにもたじろぐことなく選択してきた生徒達である。また次年度高2選択予定者も、後述するスーパーサイエンスサタディなど、課外の取り組みに参加しつつ意欲を高め、初年度選択者より深く実状を理解して選択してきていることから、むしろ中途半端な選択を許さない条件が、本当に意欲のある生徒をふるいにかけて残した、とも考えられる。

スーパーサイエンスプログラムの取り組み内容として、二年前に理工学部全教員にアンケートを実施することからスタートし足かけ三年かけて作りあげてきた最先端科学研究入門は、実施を通してその高い教育効果と、その効果をさらに発揮させるための課題を浮き彫りにした。4つのテーマを各5回の授業で学んでいくという仕組みについては、今年度の取り組みの経験と教訓を踏まえて改善する方向である。また事前・事後学習や日常の数学・物理学習とのリンクの強化、レポートやプレゼンテーションなどを含む評価のあり方などについても研究を発展させる必要があろう。

数学・物理についても、一般の理系選択者とは異なる内容にとりくませ、高度な応用力を獲得させることを目指した。残念ながらその到達水準を検証する有効な数値的指標を見いだし実施するに至らなかったことが今後の課題である。カリキュラム内容

や授業形態（演習や実験の適切な配置と内容の高度化等）の基本的枠組みは今後も継続していく必要がある。

なお、オーストラリアから生徒を招いて実施したスーパーサイエンス・フェアにおいて、本年度の本校生徒達は一部を除き大変もどかしい思いを体験した。ともに興味関心を抱いているテーマについてお互いの考えを交流しあうには、まだまだ英語力の到達状況が不十分であったためである。スーパーサイエンスプログラム選択者には、英語で科学的なトピックを発表する授業にも取り組ませているが、それを日常の学習とどうつないで英語力そのものを求められる水準に接近させるかが重要な課題である。

本年度の到達状況は、カリキュラムの進捗状況ともあわせて、スーパーサイエンスプログラムを選択した生徒達が足並みをそろえて与えられたテーマに取り組むという受動的側面を十分に越えていくことができなかった。授業外での取り組みでプロジェクト的な研究活動の有効性や重要性が明らかになっている。次年度「卒業研究」を軸として、今年度触発した問題意識を、個々の研究を通してさらに深めていくための企画を十分に準備していく必要がある。

#### ◇ スーパーサイエンスワークショップ

最先端の科学研究を目の当たりにして生徒の意識を高めることを目指して、テーマ別に3班に編成して実施したスーパーサイエンスワークショップは、課外の取り組みとして大きな成果をあげた。夏休みの取り組みであり、事前講義や事前学習を組み込んで準備し、現地での学習を終えた後各班がプレゼンテーションをまとめ、発表会も実施した。

この取り組みを通して、改めて自分の進路を考えたり、興味関心分野を深めふくまますことになった生徒が多数生まれたことは最大の効果である。

しかし一方で、どちらかというイベント的な取り組みの性格を突破できなかったため、生徒には「もう少し時間をかけて自分のテーマを深めたかった」という思いを残させるものとなった。

いずれの研究機関からも望みうる最大限の協力を得ることができ、研修内容としてはきわめて充実したものを提供していただいた。このようなことを考えると、与えられた機会をさらに活かして、日常の学習につなげていく仕組みや仕掛けに今後の課題を残したと言えよう。

#### ◇ スーパーサイエンスサタディ

高校入学段階から理数系分野に関心の高い生徒達の意欲や意識を高め、持続的に向上させていくことを目指し、土曜日の取り組みとして実施した。生徒は希望制で登録し、登録した生徒総数は約80名、クラブ活動等の日程を調整しながら、総計20回の取り組みに常時30～60名の参加者を組織し、課外土曜活用の取り組みとしては一定の成果をおさめた。

内容は、通常の授業では取り組めないような数学・理科のトピック的学習を中心に構成したが、それぞれ生徒に興味を抱かせる内容を準備できたと概括できる。

課題は、生徒が個々のスケジュールやクラブ活動の日程とあわせて検討しながら参

加の可否を決めなければならず、継続的な内容を準備することは適切でなかったために、毎回毎回連続性のないテーマに取り組みせることになり、全体としてこの取り組みを通して、個々の生徒の興味・関心は触発できても、それが自分の力になっていると実感させるには不十分な到達状況に留まっていることである。

本校は、スーパーサイエンスプログラムの項でも述べたが、高1は選択制でない必須科目による編成で、一律的な学ばせ方をさせている。しかしすでに高校入学段階から、スーパーサイエンスプログラムを有する本校でよそでは学べない内容や、高い到達への期待を高めている生徒層があることから、高1の生徒の思いを、高2まで待たせることなく取り組みを開始していけるシステムの整備が必要な段階にあると言えよう。

#### ◇ スーパーサイエンスフェア

スーパーサイエンスハイスクールの取り組みを交流し、共同研究・コラボレーションとリーダーシップの重要性などを生徒達が実感できることを目指して、本校は当初から、スーパーサイエンス学会（高校生による模擬学会）の実施を計画してきた。本年度は、早稲田大学本庄高等学院と **Australia Science & Mathematics School** から生徒・教員の参加を得て、生徒達の学習の取り組みを交流することができた。

フェアでは、立命館大学が **COE** に選ばれた「京都アートエンタテイメント創生研究」について、能の実演から、芸術と情報技術の融合による新たな可能性の提示など、生徒達にとってきわめて興味深い内容を提示することができた。一見両極にあるかのように見えるコンピュータや科学技術と芸術のコラボレーションによる人類の新たな可能性の発見につながる内容であった。

また、オーストラリアの生徒達とともに限界はあっても英語を媒介として研究交流を深めることは双方の生徒にとって大いに刺激を与えた。深夜まで数学の問題に協力して取り組む三校の生徒達の姿に、教員も確信を深めることになった。

参加した生徒達は、お互いの進んだ点を認めあい、今後も交流していくことの重要性を確信した。また、学校の中や自国だけでは見えてこない課題にも気付くことになった。

このように大きな成果の認められた取り組みではあったが、課題も多かった。第一に課外での取り組みでは準備が間に合わず、一定期間は授業時間も使って準備にかからざるを得なかったこと、平日の取り組みで他校生徒にとっては参加しにくい設定となり、広がりには欠けたことなどである。また本校でも金曜日には平常授業、土曜日には高校2年生対象のオープンキャンパスが実施される中での取り組みであり、本校生徒・教員に広くこの取り組みの意義を実感させるには至らなかった。

地道な調査・研究活動の成果を他者に伝えていく上では、プレゼンテーションの力量や適切に質問したり意見を言える力量や訓練が格段に重要であることが実感され、今後につながる課題を多く浮き彫りにした取り組みであったと言えよう。

#### ◇ 数学セミナー

高校レベルを凌駕した問題に時間を忘れて取り組み、数学の面白さに目覚めさせたいと考え、希望者を集めて泊まり込みの数学セミナーを4回実施してきた。本校希望者の取り組みとしてスタートし、系列の立命館宇治高校や立命館慶祥高校から参加を得て実施することもできた。またこの経験をいかし、スーパーサイエンスフェアでも日本とオーストラリアの高校生が共同して数学の難問に取り組むことも実施できた。

実際に参加して面白さに目覚めた生徒達は継続して参加しさらに力量を高めていくが、一方でより幅広い生徒を組織するという点ではさらに工夫の余地があり、これは今後の課題である。

このセミナーを通して、グループで難問に取り組む共同作業や学んだことをプレゼンテーションして意見交換などを行うことの効果はよりいっそう浮き彫りになった。

#### ◇ スポット講演会等

研究開発第1年次の昨年度の取り組みでは、学校全体企画としての講演会（企業責任者による連続講演会等）が中心であったが、本年度は各研究テーマにそくして、それぞれの分野が必要なスポット的講演会を企画していくという広がりがあった。また各講演を単発的なものや受動的なものにしないための工夫（事前・事後学習の組み込み、授業とのリンクの明確化、実験などの諸活動の組み込み）に留意した。この結果、それぞれの講演会等の意義は相対的に鮮明となり、生徒の側でも、いたずらに多くの講演会が行われている、という意識はなくなった。また大学の取り組みにも積極的に参加させてきたが、特にノーベル賞フォーラムでは高校生を代表して全体場で質問する機会を与えられるなど、質問した当事者の生徒にとってもまたそれをともに体験した生徒にとっても、非常にインパクトのある体験を組織できたと言える。

一方で、それぞれの分野における取り組みとしたことでその成果の校内的な普及が不十分であった。スーパーサイエンスに関わる広報など校内的ニュースやホームページを用いた迅速な情報発信などを行うには体制的な裏付けが不十分であった。これらについて意識的な体制づくりが今後の課題と言えよう。

#### ◇ 「生命」

第一年次の試行・前倒しの取り組みを経てカリキュラムとテキストを完成させ、本年度は、高2全生徒を対象に、3単位の必修科目として取り組んだ。

遺伝子組換え実験に全員が取り組むこと、プレゼンテーションコンテストを授業内で実施することなど特徴的な内容を含むが、最大の特徴は正課授業を独自テキストによって改革し、高度な学力の到達を目指す点である。

本年度は、文系・理系別に講座設定して学習させたため、この内容が、それぞれの生徒に対してどのように受けとめられているかという実証的データを得ることもできた。

生徒はこの科目を通して様々な問題意識を喚起された。またプレゼンテーションコンテストの水準も試行段階から年々向上してきている。必修科目における展開の可能性を示す本校のモデルケースとして評価できる。

課題は、対外的なコンテスト等に参加する機会を得ることができなかった点である。プレゼンテーションコンテストも年度の後半期に実施するという时期的な制約が影響している。スーパーサイエンスフェアなどに参加させる条件設定も難しい。今年度は講座ごとのコンテスト優秀者が学年のコンテストで発表する校内的な「プレゼンテーションコンテスト・ファイナル」を3月に実施した。

#### ◇ プロジェクト研究

サイエンス部および関心ある生徒達を核として、マイクロロボットコンテスト出場、ダイヤモンド合成研究、深草地層研究などに取り組んできた。いずれも課外の取り組みであり、意欲の高い生徒を組織して実施しているものである。その水準や費やす時間は一般の授業に比べれば格段に高い。

本校では、どちらかというと運動系の課外活動が盛んであり、地道な研究を積み上げてその成果を発表するような取り組みはまだまだ生徒の課外活動の主流とはなっていない。教員が意識的に生徒を組織し、かつ日常的にも丁寧にサポートして実施しているのが実状である。そのような中でダイヤモンド合成研究が **Japan Science & Engineering Challenge** で最終審査まで進んだことは特筆すべき実績と言える。

マイクロロボットコンテストに出場したスーパーサイエンスプログラム選択者の希望者の中には、この取り組みを契機に様々な取り組みに前向きになれた生徒もあり、多様なプロジェクト研究を組織しながら生徒達の中の基盤を広げていくことが今後の大きな課題である。

#### (2) 生徒の状況

スーパーサイエンスプログラム選択者 63 名を対象に、2003 年 4 月、7 月、2004 年 2 月の 3 回、以下の項目によるアンケートを実施した。また対象データとして、同じ高校 2 年生全体に 7 月にアンケートを実施し、文系・理系別のデータをまとめた。その結果に基づき、生徒の進路意識と日常の学習に対して現れた効果を考察する。

#### ◇ アンケート項目

1. 将来就きたい職業
2. 高校卒業後の進路
3. 学部・専攻希望の状況
4. 将来性を感じる職業分野
5. 進路決定に対する参考情報
6. 進路決定に関しての学校への希望
7. 現代科学技術で関心ある分野
8. 設問 7 で関心を持つようになったきっかけ
9. 数学学習の意義に関する意識
10. 数学授業の難易度
11. 数学授業への希望（説明、演習、質問、宿題、発表・討論）

12. 理科学習の意義に関する意識
13. 理科授業の難易度
14. 理科授業への希望（説明、演示実験、生徒実験、発表・討論、レポート評価比率）
15. 英語学習の意義に関する意識
16. 英語授業の難易度
17. 英語授業への希望（文法、リーディング、リスニング、スピーキング、発表・討論、ネイティブスピーカー）
18. 平日の家庭学習時間（試験前を除く）
19. 土日の家庭学習時間（試験前を除く）
20. 試験前の家庭学習時間
21. 授業外での学習時間
22. 1日あたりの平均的読書時間
23. 月当たり平均読書冊数
24. 科学雑誌の購読状況
25. 家庭におけるコンピュータの普及状況
26. 家庭におけるネットワーク接続形態
27. 学校でのコンピュータ利用頻度
28. 学習への意欲
29. 期待を持つ教科・分野
30. 力を入れたい教科・分野

#### ◇ アンケート結果の分析と考察

- ① スーパーサイエンスプログラム選択者の進路意識はどのように変化したか。またそれは、一般の理系選択者や文系選択者と比較してどうか。

##### ● 概況

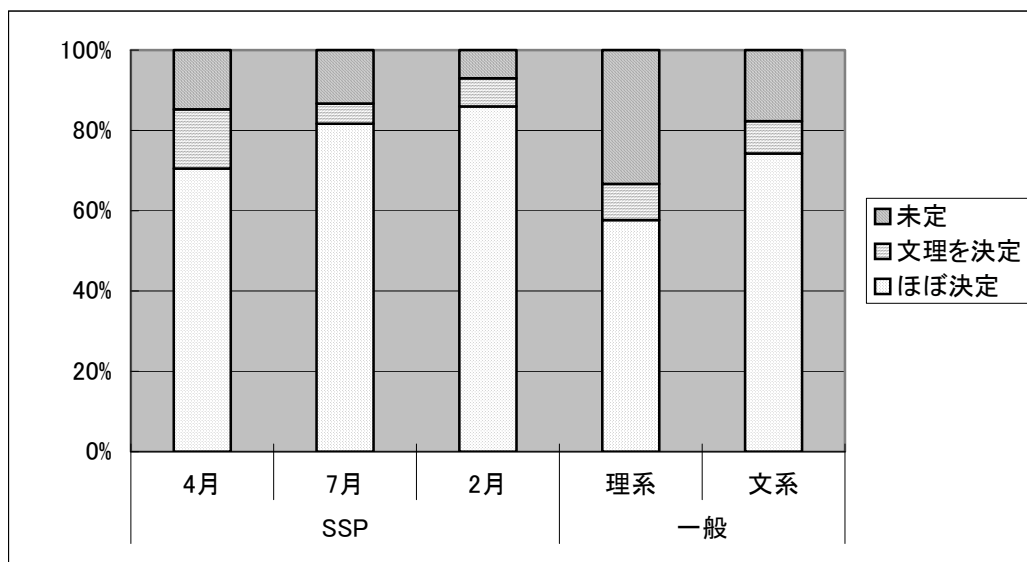
スーパーサイエンスプログラムでは、正課授業として開講した「最先端科学研究入門」での学習や、授業外での多様な取り組みを通して、進路に対し真剣に向き合う機会が増えた。またもともと理系への興味・関心が高い生徒達が、様々な切り口から学びの可能性を見せられることによって、広い視野にたつて自分の進路や生き方を考え、興味・関心を広げていったことがデータに現れている。

特に興味深いのは、授業や講演会などを通して身体を動かして感じることでできた興味関心を、より主体的に追求しようとする姿勢につなげている生徒達が生まれている点である。

これらの生徒の中心に居るのは、多様な取り組みに主体的に関わって来た生徒達である。すべての取り組みに前向きであった生徒、自分の関心に応じて主体的に参加し得た生徒など個人差はあるが、何かきっかけとなる体験を有し、それによって人の前にたつて発表したり、あるいはグループワークなどでパートナーシップを体験した生徒達が、全体として前を向いてきていると言える。

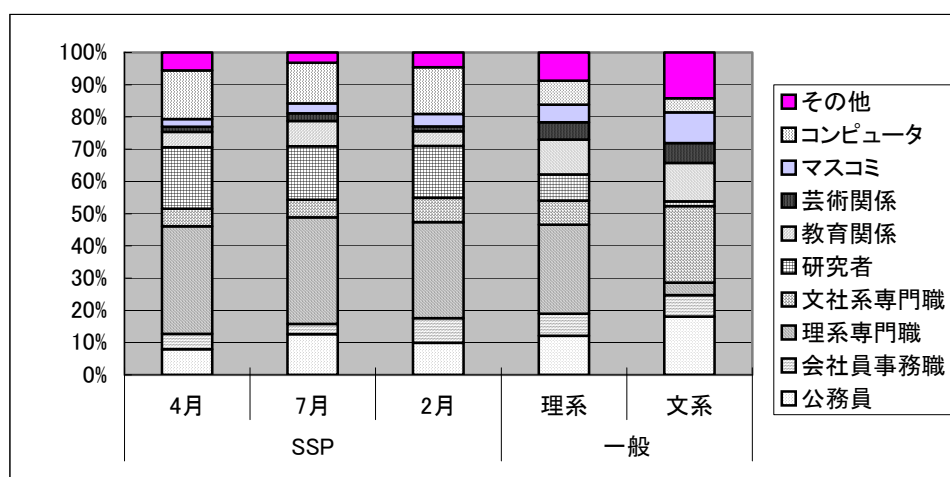
以下に、個々のデータから推察できる事項をまとめる。

### ●将来就きたい職業



- ・ 将来就きたい職業のイメージを持っている生徒（上記グラフの「ほぼ決定」）の比率は、他の区分に比してスーパーサイエンスプログラム選択者が高く、またあとになるほど上がっていることから、進路意識を向上させることができたと言えよう。

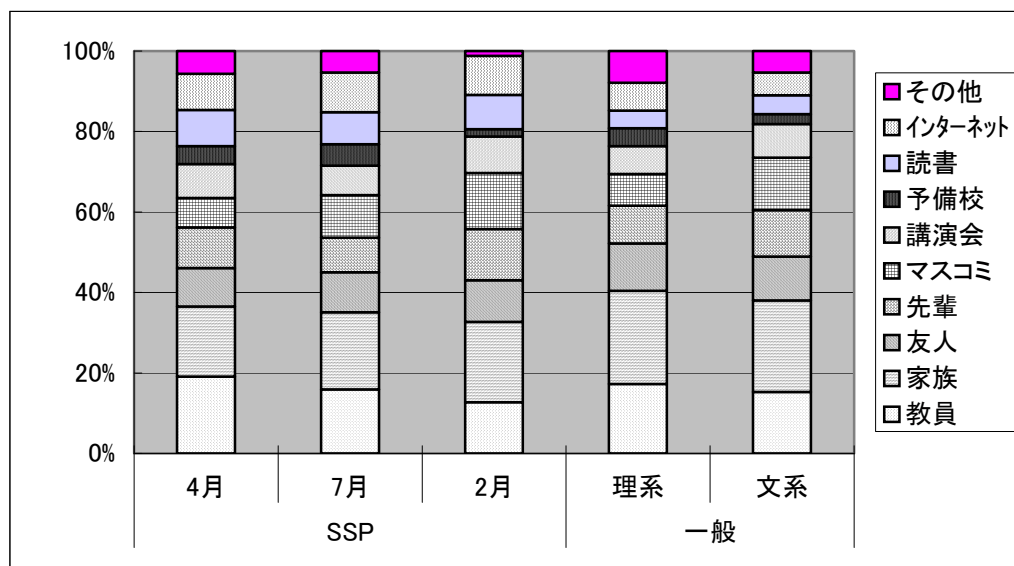
### ●将来性と魅力を感じる職業分野



- ・ スーパーサイエンスプログラム選択生徒が選んだ項目は、理系分野の専門職・研究者の順に高い。後半になると高3ですでに文系を選ぶなど選択変更している生徒も出てきてやや分散化した数値となっている。

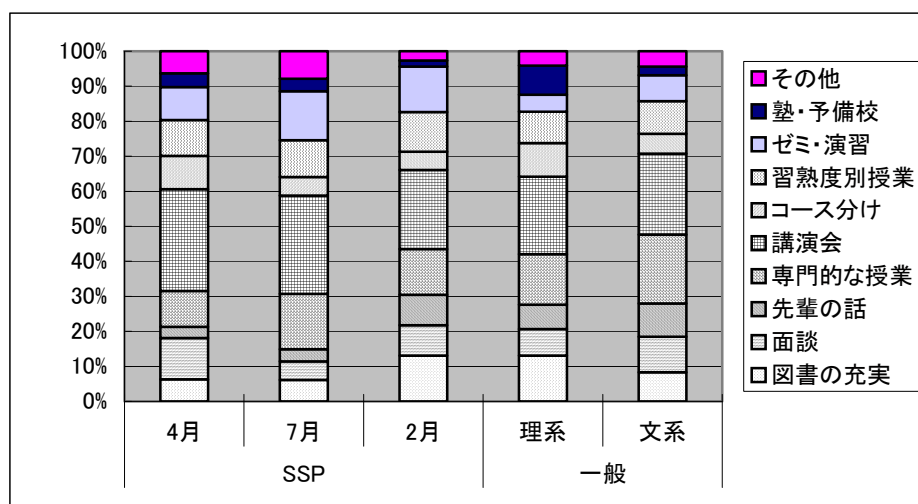
- ・ どの時期と比較しても、一般理系・文系に比べてスーパーサイエンスプログラム選択者の「研究者」比率が圧倒的に高い。
- ・ 同様に、「コンピュータ」を選ぶ生徒比率も高い。

●進路決定にあたり、参考情報を求めるもの（人）は何（誰）か？



- ・ 2月のスーパーサイエンスプログラム選択者データでは、インターネットや読書、マスコミなど外部情報を参照する傾向が高まっている。一般理系・文系と比べてもそれらの比率が高い。講演会の比率もあとの方が若干高まっている。ノーベル賞フォーラムやスーパーサイエンスフェアなど有意義な講演会が後期に集中したことの影響と見られる。

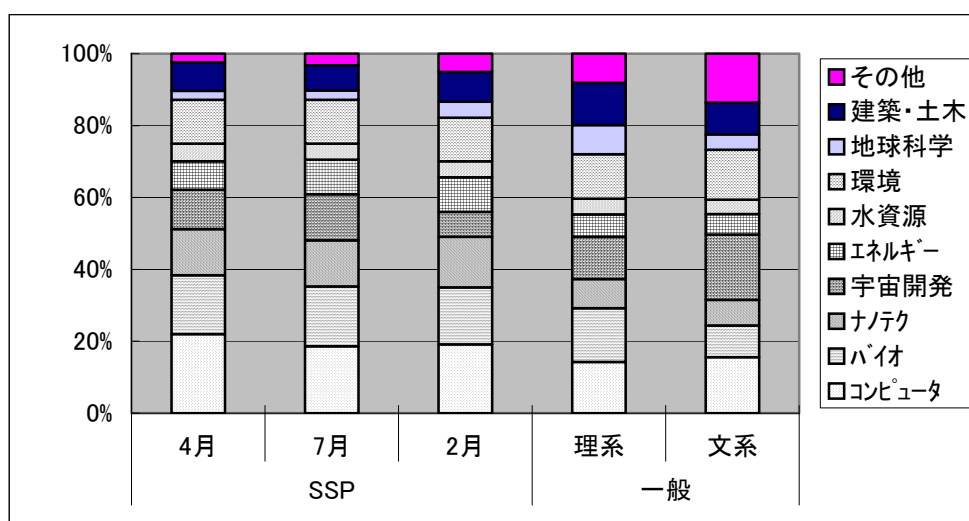
●進路指導に関して学校に望むこと



- ・ スーパーサイエンスプログラム選択者は、後期になると図書の充実を選ぶ生徒が増えている。

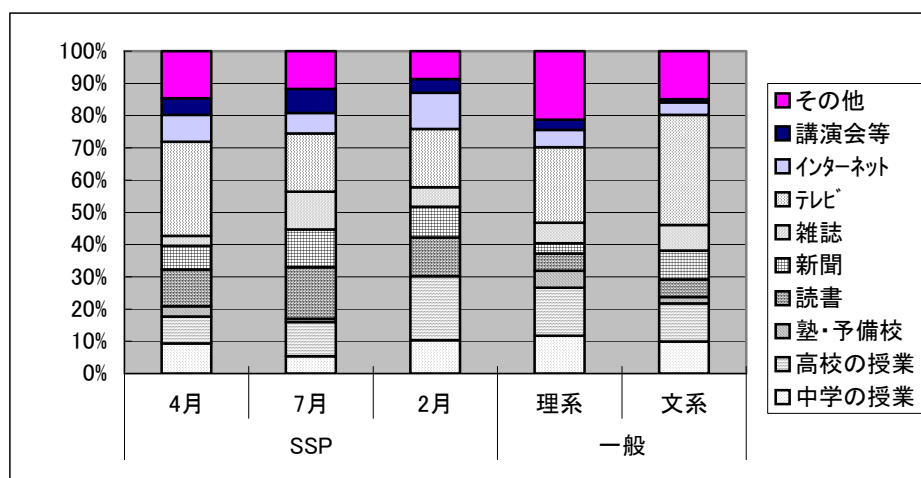
- ・ 専門授業や講演会等の比率は他の区分でも高い。これらが生徒にとって有効な進路学習機会となっていると言える。
- ・ 進路指導に関わって、スーパーサイエンスの生徒であとになるほど選択する生徒が増えているのは、「ゼミや演習など、テーマを持って自分が調査・研究する授業を増やしてほしい」（上記グラフの「ゼミ・演習」）である。体験的に自らの意識を高める学習機会に対する肯定的評価は他区分より高く、生徒達が進路を考える上で、より能動的な姿勢を持ちたいと思っている気持ちが反映している。スーパーサイエンスの取り組みではこのような授業形態を基調に展開しているので、この結果は、生徒が1年間の取り組みに対し肯定的な評価を持っていることの反映と言えよう。

●現代の科学技術に関する分野で関心を持つ分野



- ・ スーパーサイエンスプログラム選択者は、どの項目についても1年間を通して一定数、関心を持つ生徒が維持されている。
- ・ 前期「宇宙開発」が高かったのは、そもそも関心のある分野である上に、講演会（ルナメカニクス）や夏休みのスーパーサイエンスワークショップの事前学習などが影響している。後期にはそれよりも建築・土木、地球科学の比率が相対的に向上している。また関心が個別化するに従い、「その他の分野」も増えている。
- ・ 一般理系に比べて、コンピュータ、ナノテクノロジー等の比率が高いのは、最先端科学研究入門の分野設定が影響している。

●何がきっかけとなって、その分野に興味を持つようになったか。



- ・ スーパーサイエンスプログラム選択者は、時間が進むにつれ、「高校の授業」の比率が上昇している。この傾向はきわめて顕著である。
- ・ 同様に一般理系・文系に比べて、「読書、新聞、インターネット」などの情報に関しても積極的に活用している。

② スーパーサイエンスプログラム選択者の学習状況はどのように変化したか。またそれは、一般理系選択者や文系選択者と比較してどうか？

### ●概況

本校では、受験を課さない中高大一貫教育体制のもと、個人差はあっても全体として家庭学習を全くしない生徒など、学んだことを定着させ応用可能な学力に転化していくための取り組みは全体としてまだまだ不十分と言わざるを得ない状況が続いてきた。

しかし、見方を変えれば、受験に追い込まれない環境は、本当に好きなことを見つけて、目の色を変えて勉強することを妨げないメリットがあり、かつ大学入試水準に指標を設定した知識の定着に逡巡する必要がないなど、一人ひとりの生徒にとってきわめて有利な学習環境であることは間違いない。

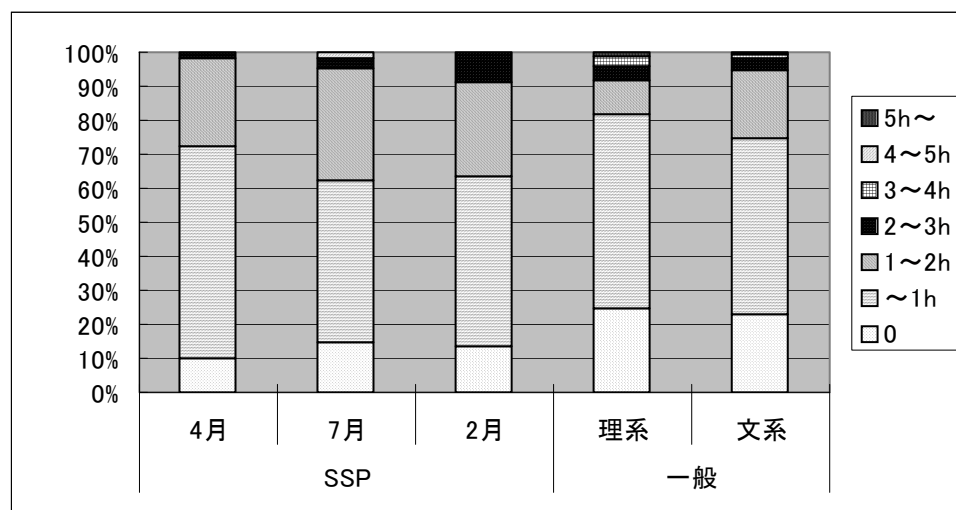
スーパーサイエンスプログラムの本格実施にあたって、授業と授業外での取り組みでは、特にそのような本校教育の特徴を発揮すること、換言すれば現状では「弱み」になっている要因を、「強み」に転化するしかけを重視してきた。例えば、毎火曜日午後には数学の演習・個別学習を実施し、ティーチングアシスタントも配置したこと、コンピュータを活用して自主学習できる環境を整えたこと、数学セミナーやスーパーサイエンスワークショップ、スーパーサイエンスフェアなど宿泊を伴う学習行事を新たに実施してきたことなどである。

そのような取り組みを通して、スーパーサイエンスプログラム選択者は全体として興味・関心のエリアを広げたが、一方で学習という点から見れば、自主的かつ集中的に取り組みに参加できる者とそうでない者との二極化傾向を顕著にした。しかし、一方の極を形成する意欲的な生徒達の出現は、今まで本校が直面してきて乗り越えられなかった壁を

突破していく上で、貴重なヒントを提示しているとも言える。

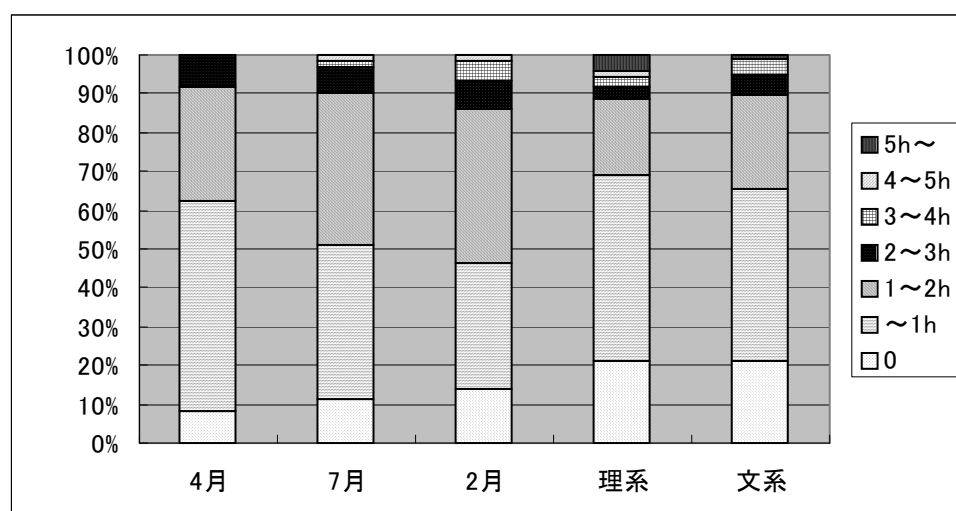
詳細は、取り組みごとの報告部分に委ねるが、ここでは、全体的な傾向としてどのようなことが明らかになっているかを、アンケート結果に基づき考察する。

# ●試験前を除く平日の平均的な家庭学習時間



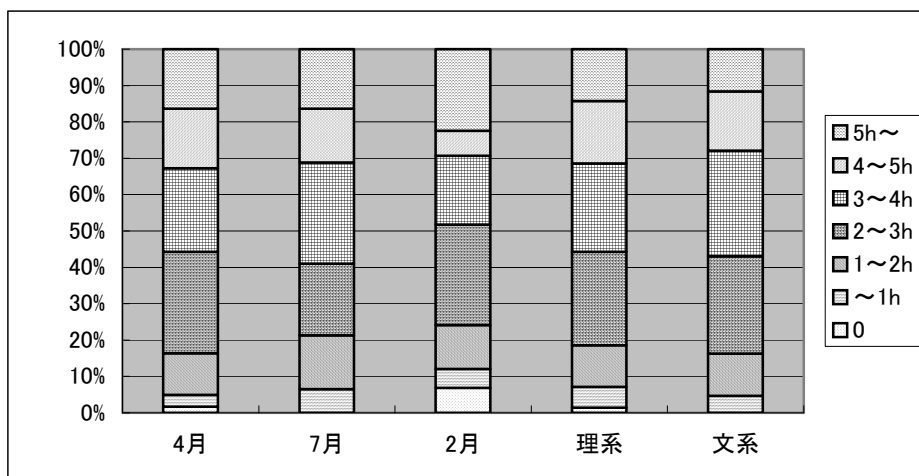
- ・ スーパーサイエンスプログラム選択者は、他の生徒に比べると1時間～2時間の家庭学習をしている生徒層比率が高く、まだまだ不十分とは言え、一般よりも学習に対する姿勢を高めていると見ることができる。
- ・ 後半期になると2時間から3時間家庭学習する生徒が増加傾向にある一方で、諦めてしまったのか、家庭学習ゼロの生徒が10%を越えるなど、二極分化の傾向が見られるようになっている。

# ●試験前を除く、土日の家庭学習時間



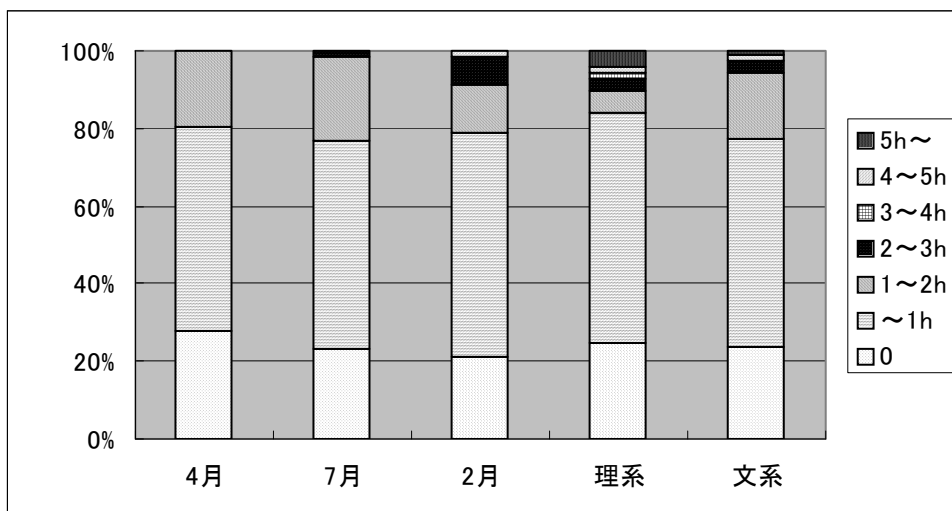
- ・ このデータにおいても、スーパーサイエンスプログラム選択者が相対的に学習時間を多く取っている傾向や、学習時間に現れる二極分化傾向が読みとれる。

●試験前の平均的家庭学習時間



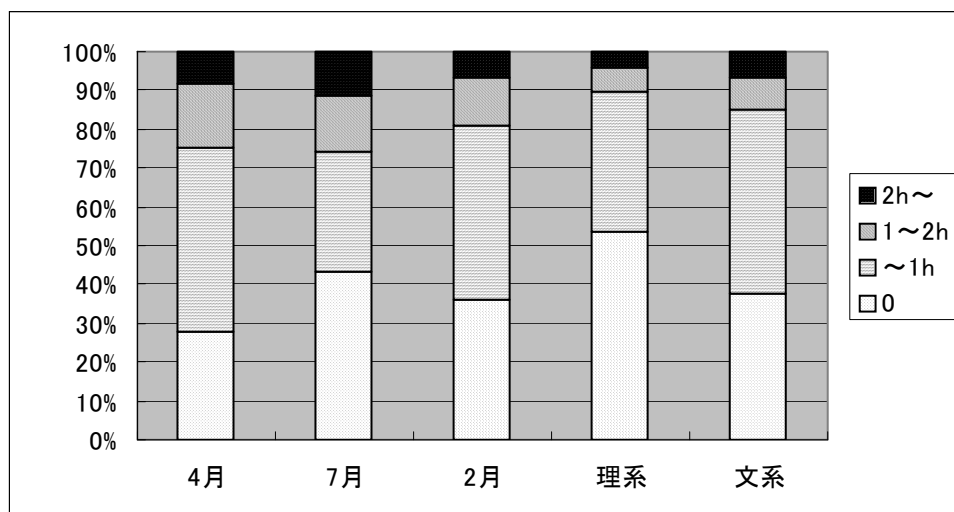
- ・ 定期考査成績など日常的な評価が大学推薦に直結する本校の教育構造の弱点を顕著に示すデータである。すなわち、「試験前ぐらいしっかり勉強しないと」と考えてがむしゃらに取り組む生徒は多いが、彼らには学力の定着や一層の向上という点で課題がある。一方で試験前でも学習に向き合えない生徒もあり、これは非常に重い課題である。
- ・ スーパーサイエンスプログラム選択者については、この点でも二極分化傾向が顕著に出ている。

●授業外での学習時間（休み時間・放課後など）



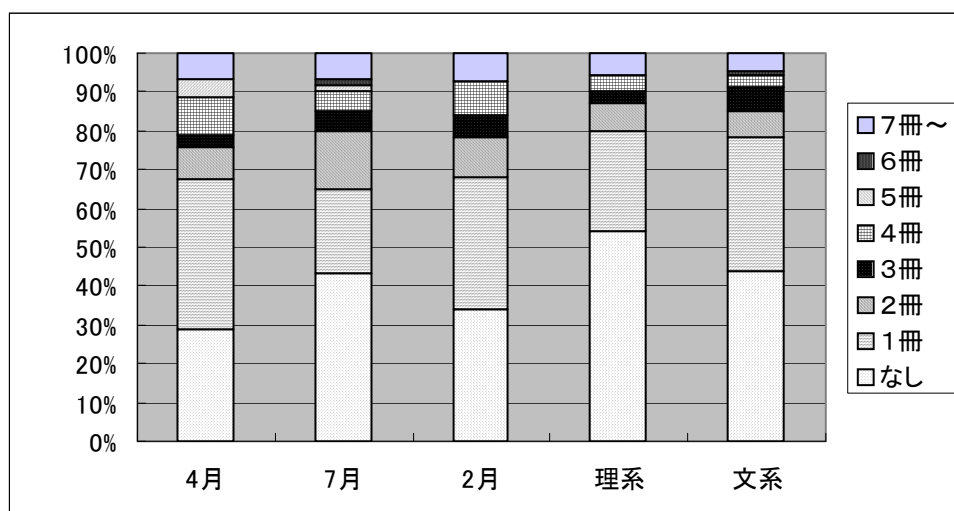
- ・ スーパーサイエンスプログラム選択者で2月には2～3時間の授業外学習時間を選んでいる生徒が増えているが、このプログラムの趣旨からすれば、このような層を半数以上には増やしたいものである。

●平均的な読書時間



- ・ スーパーサイエンスプログラム選択者は、もともと読書時間を他の生徒よりは多くとっていた傾向があるが、7月にはその比率が低下している。2月に若干回復しているが、もっと意識的な取り組みが必要であったと言えよう。

●1カ月あたりの平均的読書冊数



- ・ 読書時間と同様の傾向が現れている。

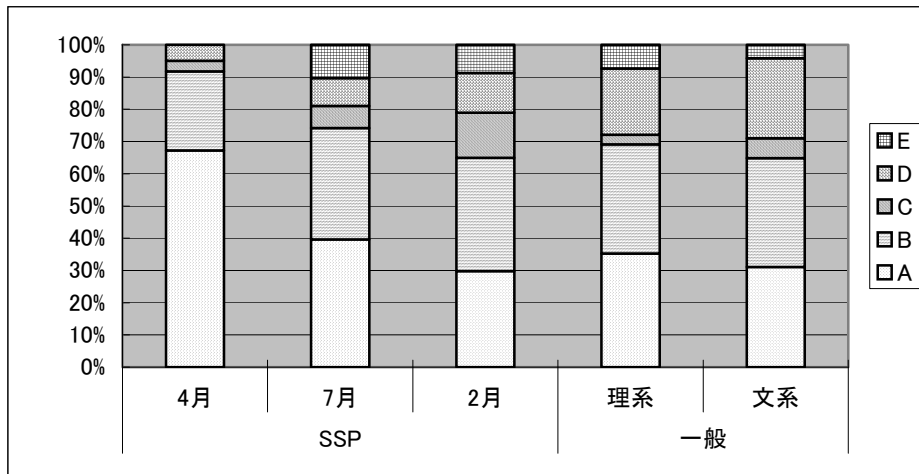
●学習に対する自覚

選択肢

- A：今までよりも意欲的に授業に取り組み、家庭学習時間も増やしたいと思う。
- B：今までよりも意欲的に学習したいと思っている。
- C：今までも精一杯やっていたので同じように頑張りたいと思う。

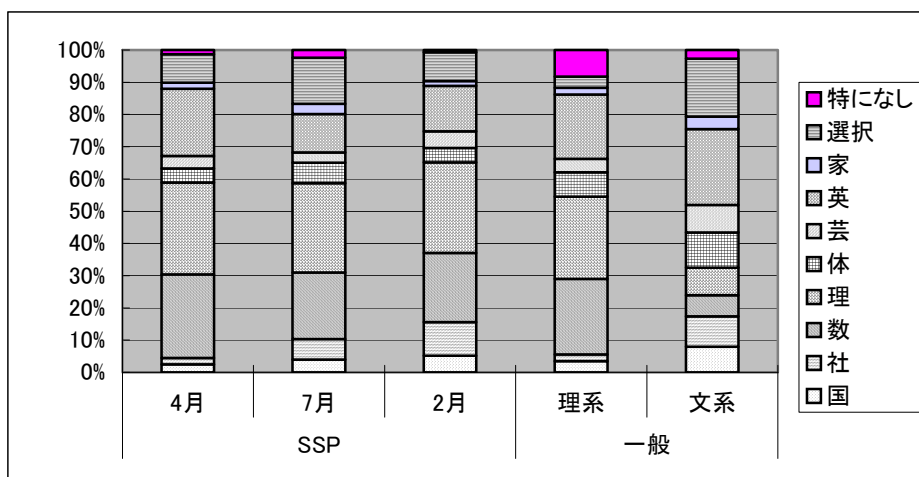
D：今までは手を抜いていたので、少しは改善したいと思う。

E：何も気持ちの変化はない。



- ・ スーパーサイエンスプログラム選択者は4月当初、大変高い意欲を持って新たなプログラムに取り組もうとしていることが、Aの比率が約70%近いところに顕著にあらわれている。
- ・ 2月のデータで「今までも精一杯やっていたので同じように頑張りたい」を選んでいる生徒の比率が上がり、1年間の取り組みを前向きに評価できていることがわかる。同様に、自分の取り組みを反省してさらに頑張りたいと思う生徒が7月・2月とも高く、全体として学習意欲は高水準で維持できたと言える。

#### ●期待を持っている教科



- ・ 数学・理科に対する期待は年間通して高水準で維持できている。
- ・ 英語に対する期待が7月で若干低下し、2月には少し持ち直している。
- ・ 選択科目に対する期待（最先端科学研究入門。2月には高3で履修する大学科目なども含むが、詳細な内容はまだ伝えられていない段階）も相対的に高く維持できている。

### (3) 2キャンパスにわたる学校生活の課題

スーパーサイエンスプログラムは、繰り返し触れてきたように、2キャンパスにわたる学校生活を伴ってスタートした。そもそも本校は、現在のカリキュラムを、高校2年生からの個性伸長を目指しつつも、高校段階では自由度を持たせて進路を狭めず、体験を通しての進路選択や「選び直し」も可能なように設定してきた。そのために、高2では2キャンパスで履修する生徒を高2全クラス（8学級）に7～8名ずつ所属させ、火曜日と木曜日にはその生徒達が抜けていくという形をとっている。このことにより火曜日と木曜日には文理別開講の授業が集中し、クラス単位で受講する必修科目は設定できないなど、プログラム選択者以外にも影響をおよぼす構造になっている。（2004年度はスーパーサイエンスプログラム生徒の所属クラスを6クラスに減らして、若干の緩和を目指す。また高3ではスーパーサイエンスクラスを設定する。）

当初このような設定をしてきた背景には、上記に加えて、自主活動が大変さかんな学校であり、ホームルーム単位の自主的活動を平等に保障したいという教員や生徒の思いも強くあった。またスーパーサイエンスプログラムを選択していても、深草キャンパスで実施されるクラブ活動や放課後の生徒会活動などに参加できるように、時間割を工夫して木曜日は午後2時半には授業を修了し、シャトルバスで学校に戻るようになっている（火曜日は放課後もスーパーサイエンスの取り組みや演習などの学習に取り組ませるため、クラブ活動には参加できない）。

バスでの送迎は所要時間 50 分だが、私学で遠隔地から通学してくる生徒にとっては、始業時間より 40 分早い午前8時に学校の最寄り駅に到着していなければならず、朝夕とも厳しいスケジュールを強いられることは避けられない。

このような条件については選択段階で十分に生徒・保護者に説明し、納得をもとにプログラムをスタートしてきたが、実際にスタートしてみるとその条件に対する生徒の受けとめは次のような状況になった。

#### ● アンケート結果（2004年2月実施）

スーパーサイエンスプログラムの参加にあたって、最も負担になったことは何ですか？

| 項目          | 人数 |
|-------------|----|
| クラブ活動との両立   | 15 |
| 学校を2日間離れること | 11 |
| バスでの移動      | 3  |
| 90分授業       | 3  |
| 授業レベルの高さ    | 3  |
| コンピュータの操作   | 1  |
| 成績が心配       | 7  |
| レポートの多さ     | 9  |
| 特に負担はない     | 1  |

- ・ 授業のレベル、成績、レポートの量など学習に関わることを合計して19名に対し、クラブ活動との両立や学校を離れることをあげている生徒が圧倒的多数になっていることは、2キャンパス拠点学習の困難さを示している。
- ・ 特に本校の場合は、大学附属でクラブ活動や自主活動を自由にできることに期待を持って入学してくる生徒が多いことから、これらにプライオリティを置く傾向が強い。
- ・ 本校はこれからも「何でもそこそこできる学校」としてのメリットを重視するのか、それとも「やりたいことが見つかったら、他のことは多少諦めても、とことん追求していく学校」として教育プログラムの強化をはかっていくのか、という点で大きな課題があることを示している。
- ・ スーパーサイエンスプログラムの教育効果に対する生徒・保護者の理解が広がり深まるにつれて、より明確なプログラム設定や高校1年次から覚悟して学校生活を送らせることの重要性などが浮かび上がってくることになる。

#### (4)「本年度の重点課題」〔2〕－(2))に基づく評価

取り組みごとの評価、生徒の状況とその評価を前提に、本報告書で、すべての研究テーマを横断する本年度の重点課題と位置づけた視点〔2〕－(2))である「本年度の重点課題」に基づく本年度事業の実施の効果とその評価をまとめる。

#### ◇ 「どのような学習の動機付けが、全体として意欲を高めることにつながるのか？」

##### ● 肯定的効果を得られた取り組み

- ① 現代的課題に直結しており社会的にも関心が高いテーマを与えること。  
遺伝子工学と生命倫理に関わる課題、環境問題、医療とナノテクノロジー
- ② 一流の研究者や専門家を講師に、より身近な形での導入学習を実施すること。  
ノーベル賞フォーラム、「その道の達人」派遣事業
- ③ 生徒の意表をつくような科学技術の可能性の提示  
スーパーサイエンスフェアにおける京都アートエンタテインメント創生研究による芸術と科学技術のコラボレーション

##### ● 不十分点および課題

- ① 非常に高度な内容の短時間での導入的学習  
最先端科学研究入門の「マイクロプロセッサの設計」は、時間的に工夫の必要な取り組みであった。
- ② 日常の学習と諸取り組みの企画  
スーパーサイエンスフェア前の過密スケジュールは、意欲があってもついてこれず、結果的に受動的な学習姿勢に戻る生徒を若干生み出した。またスーパーサイエンスワークショップについても、生徒の感想は肯定的であり、内容的にもすぐれた側面を持っていたが、日常の学習と結んでさらに発展させていく周回的な仕掛けが必要であった。

◇ どのような学習形態が、生徒の意欲と力量を向上させるのに有効か？

● 肯定的効果を得られた取り組み

① グループワーク

数学セミナー、スーパーサイエンスフェア参加生徒による共同作業、生命のプレゼンテーションコンテスト、プロジェクト研究等、生徒達の共同作業を校内外、国内外で組織することは、個々の生徒が自らの問題意識を高め、グループの中での役割を自覚し、結果として力量を向上させていくことにつながる。

② プレゼンテーション

数学セミナー、スーパーサイエンスフェア、生命、英語によるサイエンスプレゼンテーション、物理の課題研究など、長期・短期に関わらず自らの学習結果を他者に対してプレゼンテーションさせることが、学習内容を深め、整理し、自らの課題を発見させる上で効果的である。

③ 演習

数学Ⅱにおける演習時間の設定。学習の定着だけでなく、より高いレベルへ挑戦しようとする思いを高める上でも効果があった。特に大学院生によるティーチングアシスタントの存在は有効であった。

④ 課題設定・解決型プロジェクト

授業内外で、生徒が自ら関心あるテーマを設定し、問題解決型の学習を行うこと。物理課題実験、生命、授業外でのマイクロロボットコンテスト・ダイヤモンド合成実験・深草地層研究など。

● 不十分点、および課題

① 講義・講演

いかに内容の充実した講義・講演であっても、その意味や意義を事前に理解させ、問題意識を持って臨ませることが必要である。また講義・講演中も、ノートテイキングなど、能動的に聞き取るスキルを教え、高めていく工夫が必要である。

② 時間確保

プロジェクト型の研究やグループワーク、プレゼンテーション作成とその準備、演習などには、膨大な時間が必要であり、それをすべて授業時間の中におくことは不可能。生徒の学校生活のあり方として、根本的な発想の転換に迫られる。数学セミナーやスーパーサイエンスフェアなど合宿形式での取り組みを通して、時間をかけた取り組みが生徒の意欲と力量の向上に大きな役割を果たすことも明らかになっており、次年度以降の重要課題と位置づける。

◇ 最先端の科学技術水準に触れることにより、理系に進むことを決めている生徒の意識や学習意欲はどのように変化・向上するのか？

アンケート結果の考察で触れたように、授業でのインパクトある学習が生徒の興味関心を広げ、学習意欲を向上させる効果があるという結果が得られたが、意欲と、実際の努力とには、トータルで見てまだまだ開きがあると言える。

◇ 日常的な学習やその到達水準はどのように変化するのか？

アンケート結果の考察で触れたように、スーパーサイエンスハイスクール事業の展開によって、意識的な生徒の学習に取り組む姿勢には一定の変化が見られた。一方で到達水準を検証する数値的指標について本校では、英語の TOEFL-ITP 以外の数値指標はまだ模索段階にあると言える。今後の課題である。

◇ 本校の研究開発は、生徒のどのような側面を伸ばし、どのような側面に対しては不十分であり、どのような改善が必要なのか。

アンケート結果や日常的な生徒との面談等を通して把握していることの概略をまとめる。

●生徒のどのような側面を伸ばしたか？

- ・ 興味・関心を持つエリア・分野など学習への視野の広がり
- ・ 共同作業におけるコラボレーション能力とリーダーシップ
- ・ プレゼンテーション能力
- ・ 難しいことに対するチャレンジング・スピリット
- ・ 集中力と自主性
- ・ 進路意識や目的意識

●どのような側面に対し不十分であったか？

- ・ 学習に向かう姿勢に関して、全体の底上げ
- ・ 個別的に多様化する興味関心を持つ生徒に対する丁寧なフォローアップ（学校の設定した枠組みからはみ出す生徒へのサポート）
- ・ 読書
- ・ より深く一つひとつの課題を深めたいという生徒の思いに十分に答えられていない。（取り組みの関連性や一貫性、時間配分など総合的なプログラミングの不足）

●改善の方向

- ・ 個人がテーマを設定して取り組む探求活動や研究レポートなど（卒業研究で具体化）
- ・ 客観的評価基準（ナショナルスタンダード、グローバルスタンダード）の積極的設定（英語の TOEFL-ITP などに類似する数学・理科教育での学力到達評価客観指標）
- ・ 多様な取り組みを並行して実施できる体制をとり、生徒も興味ある課題を中心に分担して取り組ませることで、全てのことに對し一律的に受動的に「駆り出される」という意識を持たさない仕組みを作る。

- ◇ 個々の生徒に着目し、それぞれがどのように変化したのかを追いかけることによって、肯定的側面と否定的側面（不十分点）を明らかにすること。さらには、生徒は実際どこまで伸びる可能性があるのかを明らかにすること。

個々の生徒状況を個別に追っていくことが重要と意識してきたが、そのための効果的手法を開発するには至っていない。ここでは、学習アンケートや教員との日常的なふれあいから把握した個別生徒状況の概要を考察する。

アンケート結果や生徒の状況から、スーパーサイエンスプログラム選択者 63 名は、大まかに分けて次のような 4 つの層に分化していったととらえている。(数字は比率概数)

「積極層」: もともと学力の到達状況が高く、また学習に向かう姿勢も確立している。スーパーサイエンスプログラムへの参加によっても高水準の学力を維持し、意欲も高めることができた層 (25%)

「急伸層」: 1 年生までの学習状況から見ると急激に積極性を増し、様々な課題は個別に抱えつつも、興味・関心の高まりや自分の登場する舞台を得たことにより学習状況も集団の中でのポジションも劇的に変化してきた層 (25%)

「曖昧層」: スーパーサイエンスプログラムの趣旨に関する理解不足や、高 2 になってからの進路意識の変化などにより、プログラムでの学習内容を面白いと思えないことから位置づけが曖昧になっていった層 (30%)

「消極層」: 学習態度が受動的である、学力的についていけない、困難な課題や難しそうなことは忌避する、他者とのコラボレーションや人間関係形成に問題があるなどの理由で消極的になっていた層 (20%)

- ・ 高 3 でもスーパーサイエンスプログラムを選択したのは「積極層」・「急伸層」がほとんどである。2 拠点にわたる学校生活など、相対的にハードな条件を課していることから、これは予想範囲の結果である。なお、積極層や急伸層では、進路意識が明確になることで立命館大学以外の進路を目指して受験準備を開始する、自分のやりたいことを追求するために選択系列を変更する、等の理由から数名ずつの生徒が抜けていった。
- ・ 着目したいのは「急伸層」である。ノーベル賞フォーラムなど一流の研究者と接する機会、マイクロロボットなど対外的なコンテストに積極的に参加して結果がふるわずその時は屈辱的な思いを味わっても、リベンジを目指してすぐに立ち上がった生徒などがここに含まれる。それぞれに苦手な教科があったり、従来は集団の中での自分のポジションに甘んじて前に出ることがなかった生徒達が、このような経験を通して積極的に学ぶことの面白さをつかんでいる。きっかけを得ると地道な学習にもねばり強く取り組めるようになり、高 3 での学力伸長が大いに期待できる。
- ・ 従来から受験で追い込まれることがなくても自主的に学習し、大学・大学院を通

してきわめて高い到達状況に至る生徒は本校で 20%程度いることが大学入学後の追跡データの蓄積で明らかになっている。知識を正確に吸収して再現できる能力にもひいて、社会に出るまでいわゆる「優等生的」なスタイルを続ける生徒も一部含むが、むしろ中学までは確実に学力を積み上げ、高校時代に何らかのきっかけがあって「受動的」知識を能動的に活用していく機会を得、学力の「構造的転換」とも言うべきことを成し遂げている層が本校卒業生では伸びている。スーパーサイエンスプログラムの「積極層」はそのような過程を経た生徒達で、プログラムへの定着率も高い。

◇ 生徒の全体状況や個別状況を追う上で有効な数値的指標や評価のあり方について研究を深めること。

● 前進的側面

- ・スーパーサイエンスプログラム生徒への年間3回の学習アンケート実施
- ・参照データとして全高2生徒への同一アンケート実施
- ・個々の取り組みにおける「感想文」レベルの生徒評価から「数値的」評価収集の蓄積
- ・外部評価導入の努力（運営指導委員を公立学校指導主事、京都大学助教授に依頼）

● 不十分点

- ・データ処理への習熟
- ・学力到達指標の設定（受験のないシステムで例えばセンター入試に変わるようなナショナルスタンダードや英語の TOEFL-ITP に匹敵するようなグローバルスタンダードを設定できるかどうか）
- ・生徒による授業評価制度
- ・教員による自己評価、相互評価制度

◇ 大学附属校の可能性

すでに個々の取り組み報告や概括的評価の中で触れてきた。萌芽的には本校の取り組みが「一石を投じるもの」としての役割は担い得ても、それを客観的に立証するにはまだまだデータ不足である。また、実際にこのような新たな教育システムによって優れた研究者や若手技術者を一貫教育で育てることが本校の大きな目的の一つであるが、それを実証するには高校入学から社会に出るまでの10年間ないし12年間の時間を経る必要がある。そこまで待っての立証は間尺に合わないので、高3までのカリキュラム完成年度の実践を行いつつ、現実的な方向性を探りたい。今後の課題である。

◇ 高大連携の成果の普及

- ・最先端科学研究入門など、本校向けに企画した内容は、十分他校にも普及しうる内容である。スーパーサイエンスフェアの「他校授業体験」は生徒にも好評であ

った。集中講座や土曜日の取り組みなど工夫して、より幅広い高大連携の可能性とその効果の広範な普及の可能性を、我々が働きかけて大学とともに探りたい。

- ・ 次年度から、スーパーサイエンスプログラム受講者は、大学科目を一部受講して単位認定する制度を開始する。科目等履修生として高校生が大学の授業を受講し、それを通してより高い意識で進路を選んでいくことは、一般高校でも可能な取り組みであるとの視点を持って、次年度の取り組みの評価・検証を進めたい。
- ・ 本校で開発してきた独自テキスト（開発中のものを含む。数学独自テキスト、高大連携数学テキスト、「生命」テキスト等）について、多くの学校の意見を聞き、内容を点検していく必要がある。特に普通教科における多様な取り組みの可能性を追求する視点から、独自テキストの充実を重視したい。

#### （５）教員集団の状況と学校運営への効果、評価と課題

2003 年度は、スーパーサイエンス推進機構を新たに設置し、6 名の教員を配置した。担任業務を兼務している教員も 2 名おり、2 キャンパスにまたがる取り組みの実施には多大な努力を要した。キャンパスが独立して離れていることもあり、責任体制を明確にする必要があることから、次年度は BKC 担当教頭を配置することとした。

大学キャンパスで主な取り組みを進めたスーパーサイエンスプログラムに関して、全教員の理解を深め、日常的にも積極的に生徒の支援を行うことができるように、ニュースや学校ホームページでの情報発信や、取り組みへの協力要請などでできるだけ多くの教員を巻き込むよう意識した。もともと本校の取り組みは数学・理科のみならず多くの教科の取り組みをトータルに包摂する側面を持っているために、基本的な認知度や意識は相対的に高いと言えよう。

毎年実施している校内教員研修会（総合教育研究会、以下「総合研」と称す）では、スーパーサイエンス構想の進捗状況報告と今後の展開をテーマに 9 月に実施した。当日は本校キャンパスでの午後授業をカットし、すべての教員が大学キャンパスで実施されているスーパーサイエンスプログラムの授業も見学した。

参加した教員の感想からいくつか代表的な意見を以下に掲載する。

\* 「高い目標と自主性」を大切にしているプログラムの趣旨はその通りだと思う。生徒の可能性は無限なので、どうやってそれを引き出していくのかという仕掛けを効果的に打っていくことが大切である。また、どうせこんなことはできないだろう、と生徒の現状ばかりを見て教材や目標を設定すると結局高い目標に到達できないことになる。現実離れしていて多くの生徒が興味関心をなくすようではどうにもならないので、すべての取り組みでその兼ね合いが課題だと思う。プレゼンテーション能力の重要性も再認識した。

\* 最先端科学に触れる授業は、高大連携の一つの形態として大変興味深く感じ、この後の展開を期待したい。その際は、科学的な見方の基礎を具体的な事例から養うことも必要と思う。勉強や研究の面白さを感じさせる授業になっている。

\* 次年度も継続してプログラムに残るかどうかで、高度な授業に取り組んでいることに伴

う「評価」の問題（本校では日常の評価が大学推薦順位に影響する）や、学校にいる友人との人間関係が疎遠になる等の問題を訴えている生徒が多いように思う。後者は大学キャンパスに来る以上やむをえないが、前者についてはもう少し検討してもいいのではないか。

＊昨层高1で担当していた生徒で、高1の時にはあまり授業に集中できていなかった何名かが、集中して楽しそうに授業を受けているのを見て、とても嬉しく思った。現在の高1にも、実際の授業を見せることなど検討してみる価値がある。また担当者だけでなく多くの教員が関われるシステムを完備する必要があると感じた。

＊この授業で一部の生徒の表情が、学校で見かける表情と全然違うことに驚いた。文系だけでなく、理系志向の生徒の受け皿が広く深くなっていることを実感できた。これは生徒と授業を進める上で生徒を多角的にとらえながら接する上で一助となる。

＊SSHを進めることで課題もはっきりし次の段階に行けたのは間違いないが、「何もかもはできない」、「SSHかクラブかで迷う」などの意見から、生徒に自ら選ばせることも大切と思った。生徒も教員も、すべてを引き受けるのは無理だが、自分はここ、と言えるものを全員が持つ必要がある。それができれば本校の二極化現象をよりよい方向に向け、一貫教育のメリットを発揮できるのではないかと思った。

全体として授業の様子を目の当たりにすることで教員の理解が深まったことが総合研の成果と言える。特に中心的に担っている教員が見落としている生徒状況を指摘したり、あるいはより本質的な課題を提起する意見などが多数出されたことが教訓的であった。

日常的にも取り組みを共有すること、自己評価や相互評価をオープンに行うことの重要性、特にそのことが生徒一人ひとりを見ていく視点を肥やし、生徒にとっても有益であることが再確認できた。

#### （6）運営指導委員会

運営指導委員会は、本年度、2003年10月17日、2004年3月15日の2回実施した。昨年度の運営指導委員会は立命館学園内の委員のみの構成であったが、SSH連絡協議会における指摘・指導を受けて、公立学校関係者および学外に運営指導委員を依頼した。公立学校関係から京都府教育委員会学校教育課指導主事である山岡弘高氏、および、京都大学工学部助教授である建山和由氏にお願いすることができた。

指導委員会では、特に大学との連携や評価方法をめぐって意見・指摘が出たため、それぞれの取り組みの担当者会議等を開催した。

#### （7）研究開発実施上の課題及び今後の研究開発の方向

課題ごとにはすでに触れているので、ここでは全体を通しての課題及び今後の研究開発の方向として重要なものを列記する。

#### ◇ 研究開発に取り組んだ過程で生じてきた問題点や課題

- ・ 教育内容の難易度調整と教育プログラムの改善（最先端科学研究入門の当初設定と内容の高度さや生徒の取り組み状況から来る時間不足、結果としての内容の深まりの課題）
- ・ スーパーサイエンスプログラムの実施が、一般生徒に及ぼす影響（全クラスにプログラム選択者を配置したことに伴う、一般の時間割編成等の困難さ。自主活動、課外活動での影響など）
- ・ 評価のあり方（客観的評価指標はなお不十分。外部評価については運営指導委員会の構成等で改善をはかったが、日常的に外部評価を導入していく上ではまだ課題を残す。個々の生徒を丁寧に評価していくためにはさらに工夫が必要。）
- ・ 教員体制（2キャンパスでの学習という特殊な条件や多様な取り組みを同時並行的に実施していくための責任体制と分担体制）
- ・ 保護者の評価の把握（7月に実施する全校教育懇談会、2月に実施する学費と教育を考えるつどい、同じく2月に全保護者に配布する「教育の現状と課題」、PTAだよりなどで情報提供に努めた。また関係する生徒の保護者を集めた保護者会等も実施してきたが、アンケートなど保護者の意見を広く聴取していくことは未実施）

#### ◇ 今後の研究開発の方向

- ・ 週3日間の大学キャンパス学習を含む高3スーパーサイエンスプログラムの実施を通して、今後の課題を鮮明にし、より合理的なシステムの構築を検討すること。
- ・ 独自テキストの内容の充実を目指し、広く意見を求め内容を強化するとともに普及の方法を検討すること。
- ・ 高大連携特別プログラムなど本校生向けに大学とともに企画する内容の適切な実施形態を確定し進めること。
- ・ 大学科目受講を開始させることに伴い、高校生が大学の科目を受講することのメリットと課題、また入学前履修科目を大学入学後に単位認定するシステムの利点と課題を明確にすること。また適切な内容を生徒が意欲的に選び受講できるシステムを検討すること。
- ・ 学力到達状況の底上げを目指し、その検証となる客観的評価基準についての校内合意形成に努めること。その際はナショナルスタンダード・グローバルスタンダード両方の視点から検討すること。
- ・ 個々の生徒の成長を個別に追いかけて、課題を明確にして系統的・継続的に支援できるシステムを構築するため、個々の生徒の変化と成長を記録し評価していく方法を検討すること。
- ・ 大学と協力して、高校での履修から効果的に大学教育に接続していく方法や、さらに大学院教育への接続のルートを検討すること。

## 〔6〕資料編

### 運営指導委員会

|                              |            |       |
|------------------------------|------------|-------|
| 【委員構成】（委員長）学校法人 立命館 中等担当常務理事 |            | 西脇 終  |
| 立命館大学                        | 副学長（BKC担当） | 川村 貞夫 |
| 〃                            | BKC 教学部長   | 高倉 秀行 |
| 〃                            | 理工学部長      | 児島 孝之 |
| 〃                            | 理工学部副学部長   | 吉原 福全 |
| 〃                            | 理工学部副学部長   | 森本 朗裕 |
| 〃                            | 理工学部教授     | 小川 均  |
| 京都大学                         | 工学部助教授     | 建山 和由 |
| 京都府教育委員会                     | 学校教育課指導主事  | 山岡 弘高 |
| 立命館高等学校                      | 校長         | 後藤 文男 |
| 〃                            | 副校長        | 浮田 恭子 |

#### <第1回運営指導委員会>

日時：2003年10月17日（金）午後5時～午後6時30分

場所：立命館大学びわこ・くさつキャンパス コラーニングハウスⅡ

4F プレゼンテーションルーム

会議次第：挨拶 川村 貞夫 立命館副総長

報告1 2003年度前期の取り組みと評価

報告2 2002年度実地調査、経理監査報告

討議

報告3 ASMS訪問と来校について

報告の内容（報告1）： 本校のSSH 構想確認

本年度の中心課題

スーパーサイエンスプログラム（SSP）の授業について

「生命」の授業について

その他の取り組み

SSSaturday

スーパーサイエンスワークショップ

数学セミナー

深草理系での理科の取り組み

生徒実態・意識の調査

数学授業の意識調査

## 物理授業の意識調査

### 「最先端科学研究入門」の意識調査 課題と問題点

討議で出された意見：

- ・ すごい施設で、すごい内容を学習できる高校生はたいへん幸せだと思う。
- ・ たくさんの取り組みが行われていて驚いた。
- ・ 様々な取り組みが実施されていてすごいと思うが、生徒は消化不良になっていないだろうか。
- ・ 最先端科学研究入門の満足度が低いことに関しては問題。今後の展開および次年度に向けての対策が必要。
- ・ 最先端科学研究入門について、あまりにも難しすぎることを課していないだろうか。
- ・ 学習内容について来れていない生徒に対してのサポートが必要なのではないか。
- ・ 生徒に時間の余裕を持たせることが大切と考える。
- ・ 高校生の時期にはたくさんの読書をさせる必要があるが、読書時間が減っているのは問題。
- ・ お金をかけて、特別なシステムでこのプログラムを実施して満足度を得られるのは、当然である。今後の取り組みでは、このプログラムが、いかに教育上有益なことなのかかわかる評価の方法を考えていかなければならない。
- ・ 他校との交流がある企画は大切。いい企画にしてほしい。

- 確認事項：
- ・ 「最先端科学研究入門」については、担当者会議を早急に開き、後半期の実施内容について再吟味をする。
  - ・ 学力的に不十分な生徒への対応を検討する。
  - ・ 生徒が興味関心を持った課題について、さらに伸ばすための指導体制と時間の確保について検討する。
  - ・ 11月に実施する **SSFair** について、生徒の意欲向上、成果の普及の観点を重視して成功させる。

＜第2回運営指導委員会＞

日時：2004年3月15日（月）午後1時～午後2時30分

場所：立命館大学びわこ・くさつキャンパス コラーニングハウスⅡ  
2F ミーティングルーム

会議次第：挨拶 川村貞夫 立命館副総長

報告1 2003年度後期の取り組み

報告2 2003年度SSPの成果と評価

討議

報告3 2004年度に向けて

報告の内容：（報告1） SSP 授業（数学・物理・最先端科学研究入門）

SSFair

SSSaturday

「生命」

その他の取り組み

国際マイクロロボットメイイズコンテスト

JSEC

環境と化学

講演会

（報告2） 生徒実態・意識の調査

数学授業分析

物理授業分析

「最先端科学研究入門」分析（担当者会議報告）

その他の取り組み分析

特徴的な生徒の状況分析

（報告3） 次年度「最先端科学研究入門」の実施詳細について

大学講義聴講と単位認定

学内進学推薦制度に関わって

討議で出された意見：

- ・「自主性」や「創造性」等様々なことを育ててほしいが、何か一つと言われれば「自主性」と言いたい。
- ・文章表現力やプレゼンの力を大切にすることは重要である。
- ・いろいろなことをやった。その中でどのような生徒を作り出して評価をするのか？何をもって成功とするのか。ずばぬけた1人がでてきたことを成功とするのか。
- ・大学の単位聴講に関して選択肢がないことは問題であるが、選択肢が幅広くあることは、そこに責任も生じることを理解させておく必要がある。

- ・SSPについて、1年からのプログラムにする方が生徒も覚悟して選択する。節目で選択させる機会を持つことは重要。
- ・SSP生徒の進学について現行の学内推薦制度以外の方法を検討した方がいいのではないか。
- ・評価に関して、講演して下さった先生方の印象も含める担当して頂いた方のコメントなども含めていく。

- 確認事項
- ・ 昨年の準備期間を経て、各取り組みにおいては一定の評価ができる。
  - ・ 最終年度に向けて成果をはっきりとさせる指標を明確にする。
  - ・ 次年度の大学講義聴講と学内進学推薦制度について早急に検討をつめる。

## 研究会等報告

- |                     |           |
|---------------------|-----------|
| ・立命館 PTA 全校総合懇談会    | 7 月 12 日  |
| ・京都府私学中学校高等学校教育研究大会 | 10 月 19 日 |
| ・立命館 常任理事会          | 11 月 16 日 |
| ・立命館附属 3 校合同研究集会    | 1 月 17 日  |

## 掲載雑誌等

- ・化学と教育 6月号
- ・月刊 高校教育 9月号
- ・週刊 教育資料 No.818
- ・全私学新聞

ノーベル賞フォーラム掲載記事（２００３年１１月２７日付 読売新聞 朝刊）

スーパーサイエンスフェア掲載記事（２００３年１１月１５日付 京都新聞 朝刊）

平成 14 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）

2004（平成 16）年 3 月 30 日発行

発行者 立命館高等学校

〒612-0884 京都市伏見区深草西出山町 23

TEL 075-645-1051 FAX 075-645-1070