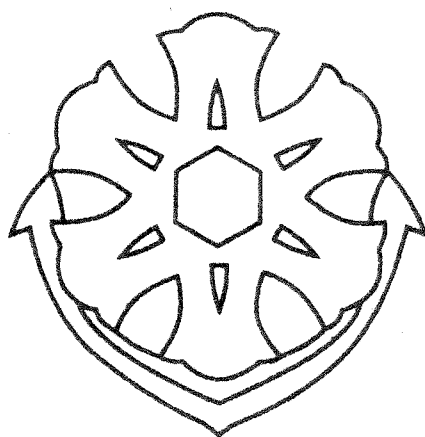


平成15年度指定スーパーサイエンスハイスクール

研究開発実施報告書

継 続 2 年 次



平成 20 年 3 月

新潟県立新潟南高等学校

本研究開発実施報告書について、以下2点の訂正をお願いいたします。

訂正箇所 60頁 2行

(誤) 2節 研究開発実施上の成果と課題

(正) 1節 研究開発実施上の成果と課題

訂正箇所 62頁 1行

(誤) 3節 今後の研究開発の方向

(正) 2節 今後の研究開発の方向

目 次

巻頭言	1
平成19年度SSH研究開発実施報告(要約)	2
平成19年度SSH研究開発の成果と課題	6
1章 研究開発の課題	
1節 学校の概要	7
2節 研究計画	10
2章 研究開発の経緯	12
3章 研究開発の内容	
《理数に重点を置いた教育課程と指導法の開発》	
1節 授業や実験の充実	
物理分野	15
化学分野	16
生物分野	17
理数コースにおける活動	18
2節 学校設定科目「SSⅡ」	22
《大学・研究機関との連携による先進的・継続的理数養育の推進》	
3節 高大連携物理講座	26
4節 アメリカ合衆国研修旅行	32
5節 筑波研修旅行	38
《科学教育の充実》	
6節 講演会および発表会	
SSH講演会	39
SSH生徒研究発表会	41
7節 部活動の活性化	
化学部	42
天文部	43
生物部	44
《その他の取り組み》	
8節 SSH先進校視察等	
SSH視察報告①「大阪府立天王寺高等学校」	45
SSH視察報告②「京都市立堀川高等学校」	46
SSH視察報告③「京都市立堀川高等学校」	47
SSH視察報告④「早稲田大学本庄高等学院」	48
SSH視察報告⑤「石川県立小松高等学校」	49
第6回GRAPES講習会	50
9節 卒業生への効果とその評価	51
4章 実施の効果とその評価	
1節 生徒への効果とその評価	53
2節 教職員への効果とその評価	58
5章 研究開発実施上の課題および今後の研究開発の方向・成果の普及	
1節 実施上の問題点と課題	60
2節 今後の研究開発の方向	62
6章 関係資料	
I 課題研究論文(生徒グループ論文)	
円周率 π にみる数学の統一性	64
気体ロケットの運動解析	70
スターリングエンジンの製作と出力測定	76
立体視による視力回復の検証、原因解明	82
アスピリンと他の薬物との薬理作用の比較	88
ピアノ線滑走型アセチレンロケットを遠くへ飛ばす研究	94
「R/C空飛ぶドラえもん」の飛行原理	100
草からエタノールの生成	107
アリの触覚と嗅覚	113
ダンゴムシの交替制転向反応の検証	119
生ゴミの堆肥化と堆肥の有用性の検証	122
パーティクルガンによる遺伝子導入実験～タマネギ細胞の細胞小器官を探る～	128
花の秘密を探る～アサガオの花成ホルモンについて～	134
II 第1回運営指導委員会	140
III 報道記事	142
IV SSHだより	145

巻頭言

本校は平成15年度より3年間、文部科学省からスーパーサイエンスハイスクール（SSH）の指定を受け、さらに2年間の研究指定継続が承認され、本年は通算5年目の最終年となりました。5年間の研究により、校内にはハード面においてもソフト面においても資産が蓄積され、充実した理数系教育が可能となりました。現在新潟県内においてSSH事業の指定を受けている高校は本校のみとなっています。

ところで、昨年の12月にOECD（経済開発協力機構）が2006年度に実施した「生徒の学習到達度調査（PISA）」の集計結果が公表されました。日本の高校生のPISA型学力が国際的に見て下降していることだけではなく、30歳になった時に、科学関連の職についていることを期待している日本の高校生がわずか8%であることも憂慮されます。科学技術立国日本にとって、文明が衰退するのではないかと危惧しています。

したがって、本SSH事業は国運を左右しかねない重要な事業の一つになってきたように思われます。

これを鑑みて、今年度は新たに次に記す二つの事業に取り組みました。

（1）普通科理数コースのアメリカ合衆国研修旅行

今年度から本校に普通科理数コース（定員40人）1学級が設置されました。

これまでの指定期間中には2、3年次に1学級ずつ「SSHクラス」がありましたので、理数コースはその延長として入学時から理数を強化するクラスとして募集されました。SSH事業で蓄積されたノウハウが、そのまま引き継がれていくことになります。国際的な視点に立ってSSH事業を推進できるように、保護者の皆様や同窓会の絶大なご協力のもとアメリカ合衆国研修旅行を実施いたしました。

○ 8月20日（月）～ 8月28日（火） 9日間 42人全員参加

・ボストン（ハーバード大学、マサチューセッツ工科大学）

・オーランド（ケネディスペースセンター、ディズニーランド）

入学して日も浅く急ぎできる限りの事前準備をしました。現地で活躍する日本人の通訳やガイド、それに大学で学ぶ留学生と交流することによって、生徒は一気に世界を身近に感じることができました。

NASAでは、持参した「SSHⅡ」で行った課題研究「ピアノ線滑走型アセチレンロケットを遠くへ飛ばす研究」（第50回日本学生科学賞県審査最優秀賞）をもとに現役エンジニアから講義を受けることができました。

このことによる1期生の成果は2年後に明らかになりますが、とりあえず本校のオリジナルプログラムを用意できたこともあって、大きな反響を呼ぶことができ、すでに次年度のための下見を終えています。

（2）高校大学連携物理講座

新潟大学理学部物理学科と連携して「高校大学連携物理講座」を実施しました。

○ 第1回 5月26日（土）新潟南高校～ 第15回 12月15日（土）新潟大学

・4校 延べ386人参加

物理や数学は高校と大学で学ぶ内容にかなりのギャップがあります。このため高校と大学が連携して講座を開くことは、必ずしも容易ではありません。大学の先生方は休日を返上して、高校生が興味を持てるように工夫をしたり、大学で学ぶことを体験させながら、大学の先に何があるのかをも示していただきました。改めて深く感謝申し上げます。

このように指定通算5年間の成果は、校内はもとより近隣の高校や県内の理数科を持つ高校へも還元することができました。地球温暖化の影響とエネルギーの問題は急がれます。次世代の科学・技術の発展を担う人材の育成は国際的にも急務となっています。SSH事業は、予算規模の大きさから大胆な実践研究が可能となり、最先端の科学・技術に触れた体験は、いずれ大きく開花することを確信しています。

平成20年3月

新潟県立新潟南高等学校長 大竹 静男

平成19年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告（要約）

① 研究開発課題	「科学的な資質を培い、疑問を探究する姿勢を養い、将来、日本や世界の技術的な発展に貢献できる人材を育成するための効果的な指導方法や育成方法、評価方法及びカリキュラム等の研究開発」
② 研究開発の概要	平成19年度は継続SSH2年目であり、これまでの研究を継続・発展させるとともに、これまでのSSHの成果をさらに発展させるための方策を検討した。 3学年SSHクラスでは、昨年度学校設定科目「SSI」で行った課題研究について、課題研究発表会を実施し表現力・コミュニケーション能力の育成を図った。2学年理系希望者および他校希望者に対して「高大連携物理講座」を7日間（15回）実施した。1学年理数コースでは、大学と連携した実験・実習を実施し、さらにアメリカ合衆国研修旅行では、ハーバード大学、MIT、ケネディ宇宙センター等を訪問、見学・実習を行った。物理分野でパソコン計測による力学の実験等を開発し、授業や実験の充実を図った。また、全校生徒対象にSSH講演会を開催し、生徒研究発表会に参加した。
③ 平成19年度実施規模	継続SSH2年目であり、1学年理数コース42名、3学年SSHクラス38名を主な対象として実施した。
④ 研究開発内容	○研究計画 第1年次 ・学校設定科目「SSI」基礎講座、アドバンス講座 物理・化学・生物・地学のエネルギーに関する実験とそれに関係する発展的な内容の大学の先生方による講義 ・学校設定科目「SSI」エキサイティング講座 サイエンスレンジャーによる「水の波」と「放電」の実験 ・学校設定科目「SSI」臨地研修（筑波研修） 1学年全員による筑波学園都市の18研究機関での1泊2日の研修 ・GEMSによる数学体験学習 2年生理系対象の数学の体験的学習 ・授業や実験の充実 パソコン計測による音の実験、双眼実体顕微鏡による観察 ・部活動の活性化 天体望遠鏡、赤道儀等の購入による天体写真撮影（天文部） ・先進校視察 京都教育大付属高校、立命館高校、富山高校、米沢興譲館高校 第2年次 ・学校設定科目「SSI」基礎講座、アドバンス講座 物理・化学・生物・地学のエネルギーに関する実験等とそれに関係する発展的な内容の大学の先生方による講義、および数学分野での講座 ・学校設定科目「SSI」エキサイティング講座 GEMSによる数学の体験的学習 ・学校設定科目「SSI」臨地研修（東京研修）

日本未来館、国立科学博物館での研修

- ・学校設定科目「SSHⅡ」課題研究

2学年SSHクラス8グループによる大学での実験・実習を主とした通年にわたる課題研究

- ・学校設定科目「SSHⅡ」臨地研修

東北大学金属材料研究所・電気通信研究所、東京理科大学での実験・実習

- ・授業や実験の充実

パソコン計測による運動解析、英語圏テキストによる授業

- ・部活動の活性化

H α 線フィルター付き望遠鏡による太陽表面の観察（天文部）

- ・先進校視察

愛知県立岡崎高校、愛知県立一宮高校、静岡県立磐田南高校など

第3年次

- ・学校設定科目「SSHⅠ」基礎講座、アドバンス講座

物理・化学・生物・地学のエネルギーに関する実験とそれに関する発展的な内容の大学の先生方による講義、および数学分野での講座

- ・学校設定科目「SSHⅠ」エキサイティング講座

GEMSによる地球温暖化と温室効果についての実験

- ・学校設定科目「SSHⅠ」臨地研修

屋久島・種子島での自然観察実習等

- ・学校設定科目「SSHⅡ」課題研究

2学年SSHクラスの13グループによる通年にわたる課題研究

- ・学校設定科目「SSHⅡ」臨地研修

京都大学付属花山天文台での太陽の自転速度の測定および東京理科大学での微積分についてのゼミ

- ・授業や実験の充実

パソコン計測による運動解析の実験、分子生物学分野での実験

- ・科学コンテスト参加

日本学生科学賞県審査参加

- ・SSH講演会

東海大学教授教育開発研究所教授 秋山仁先生による講演

- ・先進校視察

福島県立安積高校、栃木県立宇都宮高校など

第4年次（継続1年目）

- ・学校設定科目「SSHⅡ」課題研究

2学年SSHクラスの13グループによる通年にわたる課題研究

- ・学校設定科目「SSHⅡ」臨地研修

2学年SSHクラスによる新潟大学理・工・農学部での2日間の実験・実習

- ・授業や実験の充実

パソコン計測による運動解析の実験、分子生物学分野での実験

- ・科学コンテスト参加

日本学生科学賞県審査参加

- ・SSH講演会

前国立天文台長 海部宣男先生による講演

- ・大学との連携のありの方検討

- ・SSH資産の授業への還元

- ・生徒交流会参加

第5年次（継続2年目）

- ・学校設定科目「SSHⅡ」課題研究
3学年SSHクラスの13グループによる研究発表会の開催
- ・アメリカ合衆国研修旅行
ハーバード大学・MIT・ケネディ宇宙センター等の見学、実習講義の実施
- ・筑波研修旅行
高エネルギー加速器研究機構、農業生物資源研究所等での実習・見学
- ・授業や実験の充実
パソコン計測による運動解析の実験、分子生物学分野での実験
- ・理数コースの活動
大学教授による実験講義、科学イベントへの参加
- ・SSH講演会
新潟大学脳研究所 西澤正豊先生による講演
- ・高大連携物理講座
新潟大学理学部物理学科の先生方による物理の講義・実習
- ・SSH資産の授業への還元
- ・生徒交流会参加

○教育課程上の特例等特記すべき事項

(1) 学校設定科目「SSHⅠ」の設置

1学年次に教科「情報」（標準2単位）を全クラス0単位に削減する。そして、学校設定科目「SSHⅠ」（2単位）に配当し、平成15年度から1学年で履修させる。

(2) 学校設定科目「SSHⅡ」の設置

2学年次に「家庭科基礎」（2単位）及び「総合的な学習の時間」（1単位）をSSHクラス1クラスのみ0単位に削減する。そして、学校設定科目「SSHⅡ」（3単位）に配当し、平成16年度から2学年のSSHクラスで履修させる。また、3年次に「総合的な学習の時間」（1単位）をSSHクラス1クラスのみ0単位に削減する。そして、学校設定科目「SSHⅡ」（3単位）に配当する。

○平成19年度教育課程の内容

3学年で学校設定科目「SSHⅡ」を1単位で履修。

○具体的な研究事項・活動内容

「理系に重点を置いた教育課程の開発」として、学校設定科目「SSHⅡ」で実施した課題研究の発表会を3学年SSHクラスで実施し、表現力、コミュニケーション能力の育成を図った。

「大学・研究機関と連携した先進的理数教育の推進」では、1学年理数コース42名によるアメリカ合衆国研修旅行を実施した。また高大連携物理講座を大学と連携して行うことにより、科学技術に対する興味関心や知的好奇心を高めるとともに、将来の進路選択に役立てることを目的とした。

「授業や実験の充実」では物理分野でパソコン計測による力学実験等の実験を開発した。

「科学教育の充実」では、生徒交流会に参加した。また、全校生徒対象に新潟大学脳研究所教授の西澤正豊先生によるSSH講演会を開催した。

⑤ 研究開発の成果と課題

○実施による効果とその評価

生徒、教職員、連携機関アンケート調査等をもとに検証、評価した。

- ① 「SSⅡ」課題研究発表会で表現力、コミュニケーション能力を育成することができた。
- ② アメリカ合衆国研修旅行により、科学技術に対する興味・関心を育成し、国際感覚を向上させることができた。
- ③ 高大連携物理講座を実施することで、科学技術に対する興味・関心を育成し、進路意識を高揚させることができた。
- ④ 理数に重点を置いた教育課程の開発により理数教育が充実した。また、カリキュラム開発や実験開発など、今までにない学校独自の主体的な取り組みが行われ、教員の指導力向上に役立った。
- ⑤ 大学・研究所との連携で教員の視野が広がり、自己啓発につながった。さらに、大学と連携して理数教育に取り組む関係を構築することができた。
- ⑥ SSH事業で購入したノートパソコン、各種センサ、デジタル顕微鏡、電気泳動装置などで新しい教材の開発が行われ、授業や部活動で生徒の科学に対する興味関心を高めることができた。

○実施上の課題と今後の取組

- ① 課題研究で生徒の創造性や独創性を伸ばす効果的な指導方法の確立
効果的課題研究に結びつくテーマ設定の工夫と大学院生の指導・助言による研究等、より主体的に研究が進められるように指導する。
- ② 生徒の学習意欲の向上
SSHの取り組みが通常の科目での学習意欲の向上に結びつくように改善する。
- ③ 科学技術を社会へ生かす姿勢の育成
科学技術と日常生活や社会との関わりを考えさせて、将来の職業や進路意識につなげた指導の工夫
- ④ 生徒の実態を踏まえた仮説の設定と効果的な指導・評価方法の確立
研究内容ごとに的確な仮説を設定し、効果的な指導・評価方法を確立する。
- ⑤ 学校全体としての取り組みの強化
運営組織を再検討し、事業の改善に資する体制をつくる。また、英語科や数学科との連携を強化する。
- ⑥ 科学コンテスト等への参加
「SSⅡ」課題研究の研究結果や部活動の研究成果を積極的に科学コンテスト等に応募し、課題研究や部活動での研究活動を質的に高めていく。
- ⑦ SSHの資産を今後を生かす方策の研究
SSHの研究成果を研究会等で発表する等、研究成果の普及に努める。

平成19年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発の成果と課題

① 研究開発の成果	① 「SSⅡ」課題研究発表会で表現力、コミュニケーション能力を育成することができた。 ② アメリカ合衆国研修旅行により、科学技術に対する興味・関心を育成し、国際感覚を向上させることができた。 ③ 高大連携物理講座を実施することで、科学技術に対する興味・関心を育成し、進路意識を高揚させることができた。 ④ 理数に重点を置いた教育課程の開発により理数教育が充実した。また、カリキュラム開発や実験開発など、今までにない学校独自の主体的な取り組みが行われ、教員の指導力向上に役立った。 ⑤ 大学・研究所との連携で教員の視野が広がり、自己啓発につながった。さらに、大学と連携して理数教育に取り組む関係を構築することができた。 ⑥ SSH事業で購入したノートパソコン、各種センサ、デジタル顕微鏡、電気泳動装置などで新しい教材の開発が行われ、授業や部活動で生徒の科学に対する興味関心を高めることができた。
② 研究開発の課題	① 課題研究で生徒の創造性や独創性を伸ばす効果的な指導方法の確立 効果的課題研究に結びつくテーマ設定の工夫と大学院生の指導・助言による研究等、より主体的に研究が進められるように指導する。 ② 生徒の学習意欲の向上 SSHの取り組みが通常の科目での学習意欲の向上に結びつくように改善する。 ③ 科学技術を社会へ生かす姿勢の育成 科学技術と日常生活や社会との関わりを考えさせて、将来の職業や進路意識につなげた指導の工夫 ④ 生徒の実態を踏まえた仮説の設定と効果的な指導・評価方法の確立 研究内容ごとに的確な仮説を設定し、効果的な指導・評価方法を確立する。 ⑤ 学校全体としての取り組みの強化 運営組織を再検討し、事業の改善に資する体制をつくる。また、英語科や数学科との連携を強化する。 ⑥ 科学コンテスト等への参加 「SSⅡ」課題研究の研究結果や部活動の研究結果を積極的に科学コンテスト等に応募し、課題研究や部活動での研究活動を質的に高めていく。 ⑦ SSHの普及 SSHの研究結果を研究会等で発表する等、研究成果の普及に努める。

1章 研究開発の課題

1節 学校の概要

I. 校長名・所在地・連絡先等

新潟県立新潟南高等学校 (校長 大竹 静男)
新潟県新潟市中央区上所1丁目3番1号
電 話 025 (247) 3331
FAX 025 (247) 3489
URL <http://www.niigatami-h.nein.ed.jp>

II. 課程・学科・学年別生徒数・学級数及び職員数

(1) 課程・学科・学年別生徒数・学級数

		第1学年		第2学年		第3学年		計	
課程	学科	生徒数	学級数	生徒数	学級数	生徒数	学級数	生徒数	学級数
全日制	普通科	324	8	365	9	353	9	1084	26
	(理系)			(149)	(4)	(118)	(3)	(267)	(7)
	(SSH)					(39)	(1)	(39)	(1)
	理数コース	42	1					42	1
計		366	9	365	9	353	9	1084	27

(平成19年5月1日現在)

(2) 教職員数

校長	教頭	教諭	養護 教諭	実習 助手	常勤 講師	実助 (常勤)	非常勤 講師	事務 職員	学校 技術員	計
1	2	61	1	2	1	1	10	5	2	86

(平成19年5月1日現在)

III. 教育課程の内容

1. 教育課程表(平成19年度) …9ページ

2. 教育課程の基準によらない例

学校設定科目「SSⅡ」の設置

3学年次に「総合的な学習の時間」(1単位)を履修予定であるが、SSHクラス1クラスのみ0単位に削減する。そして、学校設定科目「SSⅡ」(1単位)に配当し、履修させる。

IV. 研究組織

1. 新潟南高等学校SSH推進委員会

校内からメンバーを選出し委員会を作り、SSHの企画・運営・改善と渉外、報告等の実務を担う。

氏 名	職 名	担当教科	備 考
大竹 静男	校 長		
麩沢 祐一	教 頭	理 科	
島岡 護	教 頭	数 学	
西脇 正和	教 諭	理科（物理）	委員長
梅田 智子	教 諭	〃	
斎藤 正隆	教 諭	理科（化学）	
高橋 義之	教 諭	〃	
根津 浩典	教 諭	〃	
伊藤 大助	教 諭	理科（生物）	
石本 由夏	教 諭	〃	
竹澤 優子	実習助手	理 科	
石井 一也	教 諭	数 学	3 学年主任
小林 等	教 諭	〃	
石塚 正宏	教 諭	〃	
松本 滋	教 諭	国 語	
村木 弘	教 諭	地理歴史	2 学年主任
上杉 一浩	教 諭	保健体育	1 学年主任
橋本 敏郎	教 諭	英 語	教務主任
太田 隆	事 務 長		
内田 康子	庶務係長		

2. SSH運営指導委員会

学校評議員制度を利用、また、校外から協力者等を募り、SSH運営指導委員会を組織する。年2回開催し、研究開発状況の報告を受け、SSHの運営に関する提言を行う。

氏 名	所 属	職 名
徳江 郁雄	新潟大学	教 授
三ツ井敏明	新潟大学	教 授
加藤 景三	新潟大学	教 授
長友 孝文	新潟薬科大学	教 授
藤井 智幸	新潟薬科大学	教 授
加藤 徹男	新潟県教育庁高等学校教育課	副参事
藤原 昌晴	新潟県立教育センター	副参事
長谷川雅一	新潟県立教育センター	指導主事
斎藤 清	新潟県立巻高等学校	校 長
大竹 静男	新潟県立新潟南高等学校	校 長

平成19年度

教 育 課 程 表

新潟県立新潟南高等学校

教科	科目	標準単位	1年		2年		3年		
			普通科	普通科 理数コース	普通科 文系	普通科 理系	普通科 文系	普通科 理系	普通科 SSHクラス
国 語	国語表現Ⅰ	2					A	D	
	国語表現Ⅱ	2					2	2	
	国語総合	4	5	5					
	現代文	4			2	2	3	2	2
	古典	4			3	3	4	2	2
	古典講読	2							
地理歴史	世界史A	2	2	2	2			C	
	世界史B	4					4	2	2
	日本史A	2							
	日本史B	4			4	4	4	2	2
	地理A	2							C
	地理B	4			4	4	4	2	2
公 民	現代社会	2	2	2				B	
	倫理	2					2	2	2
	政治・経済	2					2	2	2
数 学	数学基礎	2							
	数学Ⅰ	3	4	5					
	数学Ⅱ	4			4	4	4	2	
	数学Ⅲ	3						4	4
	数学A	2	2	2					
	数学B	2			2	2	2		
	数学C	2						3	3
理 科	理科総合A	2	2	2				E	
	物理Ⅰ	3				3		2	2
	化学Ⅰ	3			3	3	2	2	2
	生物Ⅰ	3	3	3			2	2	2
	物理Ⅱ	3						4	4
	化学Ⅱ	3					4		4
	生物Ⅱ	3					4		4
保健体育	体育	7-8	3	3	3	3	2	2	2
	保健	2	1	1	1	1			
芸 術	音楽Ⅰ	2	2	2					
	美術Ⅰ	2	2	2					
	書道Ⅰ	2	2	2					
	音楽Ⅱ	2			1		2	2	
	美術Ⅱ	2			1		2	2	
	書道Ⅱ	2			1		2	2	
外国語	オーラルコミュニケーションⅠ	2	2	2			2	2	
	オーラルコミュニケーションⅡ	4							
	英語Ⅰ	3	4	4					
	英語Ⅱ	4			4	4			
	リーディング	4					4	4	4
	ライティング	4			2	2	2	2	2
家 庭	家庭基礎	2			2	2			
	フード・デザイン	2					2	2	
情報	情報C	2	1	1					
SSH	スーパーサイエンスⅠ	2							
	スーパーサイエンスⅡ	2							
教科科目単位数合計			33	34	33	33	33	33	33
総合的な学習の時間			3	1	1	1	1	1	
スーパーサイエンスⅡ			2						1
特別活動	ホームルーム		1	1	1	1	1	1	1
	単位数合計		35	36	35	35	35	35	35

〔備考〕

- (1) 普通科は2年次から、文系・理系でクラス分けする。
- (2) 3年次、A～Dの各群からそれぞれ1科目2単位を選択履修する。
- (3) 3年次文系4単位日本史B・地理Bを選択履修する場合は、2年次において日本史B・地理Bをそれぞれ選択履修する。
- (4) 3年次理系C選択で日本史B・地理Bを選択履修する場合は、2年次において日本史B・地理Bをそれぞれ選択履修する。
- (5) 3年次B選択で倫理または政治経済を選択履修する場合は、3年次の他の2単位選択で、それぞれ倫理または政治経済を選択履修する。
- (6) 3年「数学Ⅲ」は進路によりA、B2つのコースに分かれ履修する。
- (7) 「スーパーサイエンスⅠ」は理科・数学・情報等の講義や演習を履修する。
- (8) 「スーパーサイエンスⅡ」は理科・数学等の講義や演習を履修する。

2節 研究計画

I. 研究課題と概要

1. 研究課題

科学的な資質を培い、疑問を探究する姿勢を養い、将来、日本や世界の技術的な発展に貢献できる人材を育成するための効果的な指導方法や育成方法、評価方法及びカリキュラムの研究開発

2. 研究開発の実施規模

継続2年目であり、3学年の理系SSHのクラスおよび1学年理数コースを中心に研究開発を実施する。また、講演会や研究・研修などの目的・内容によっては希望者を対象に実施することも考慮する。

3. 研究の概要

科学に対する興味・関心や好奇心の涵養や自主的な学習意欲を高めるために、新潟大学等の研究機関との連携を行い、連携機関等で実験・実習を行い、生徒と研究者や大学院生などの学生との触れあいや話し合いの機会をより多く設ける。

また、理系に進学する生徒にとって、学習内容の増大、受験の難化により、探求的な活動が押さえられ、実学より座学が優先している現状を改善するためのカリキュラムの改善を研究する。同時に、科学的な資質や疑問を探究する姿勢を培い養う為に、大学や研究機関との連携・協力のもと、実験を充実させた効果的な指導法を研究する。ここでは、県内の大学や企業の協力を得て、研究者を招いて高校においての実験や指導を仰ぎ、指導法から評価まで大学・企業のノウハウを活用する。

長期休業中には、SSHのクラスの生徒に、連携機関への研修旅行を企画する。成果については、各自でレポートを作成し、さらに研究誌の形にまとめて発表する。

II. 研究のねらいと内容

1. 研究のねらい

本校は平成15年度よりSSHの指定を受け、学校設定科目「SSI」、「SSII」を中心にして理数を重視したカリキュラム開発に取り組んできた。「SSI」においては教科「情報」の内容を取り込みながら、エネルギーについての実験や大学講師の発展的内容の講義により、生徒の自然科学への興味・関心を広く引き出すことができた。また、「SSII」においては通年にわたり、生徒自身が主体的に課題研究に取り組み、論文作成や発表会を体験することにより、科学的思考力・洞察力・探究心や表現力を育成することができた。また、「SSI」臨地研修、「SSII」臨地研修において長期休業中などに大学・研究機関で実験・実習を実施し、最新の科学について理解を深め、生徒の興味関心を高めることができた。さらに、大学での研修を体験することにより、大学が身近に感じられ、生徒の進路意識を高揚させることができた。

今年度は継続SSH2年目の最終年度であるので、これまでの研究開発を継続・充実させるとともに、今後さらに発展させてゆくための方策についての研究にも取り組む。

また、平成19年度より普通科9クラスのうち1クラスが理数コースとして設置された。これまでは、2年次より希望者を募ってSSHクラスを編成していたが、今後は理数コースの1クラスを主たる対象として研究開発に取り組む。(ただし、内容によっては全体および希望者を対象とする。)したがって、1年次の「SSI」、2年次の「SSII」について本年度は実施されていないが、今後は「SSI」は全クラスに、「SSII」は理数コースのみに実施する予定である。

2. 研究の内容

(1) 理数に重点を置いた教育課程と指導法の開発

・授業や実験の充実

数学、物理、化学、生物の通常のカリキュラムの科目において、SSHで購入した備品などを活用し、パソコンを利用した実験や分子生物学の実験など新しい教材・実験および指導法を開発し、授業の充実を図る。

・学校設定科目「SSHⅡ」（3年）

昨年度課題研究を行った3年SSHクラス13グループによる研究発表会を実施し、研究発表やポスターセッション、その後の論文作成を通じ、表現力・コミュニケーション能力を育成する。

(2) 大学や研究機関との連携による先進的・継続的理数教育の推進

・高大連携理科講座

新潟大学理学部物理学科と連携し、全15回にわたる物理に関する講義や夏休みを利用した実験実習を行い、新潟大学との単位互換の可能性を探る。

・アメリカ研修旅行

1年理数コースでアメリカへ行き、ハーバード大学、MIT、ケネディ宇宙センター等で実習・見学し、世界的視野でのものの見方を学び、最先端の科学技術への興味・関心を高める。

・筑波研修旅行

2年理系生徒希望者を対象に、筑波研究学園都市の研究施設で観察・実習を含めた研修を行うことで、科学技術への興味・関心を高め、進路選択に役立てる。

(3) 科学教育の充実

・SSH講演会

著名な科学者による講演を聴き、科学について興味関心を高めるとともに、科学的な感性や科学する心を養う。また、講演者の生き方や人生観を学び、進路選択や今後の人生に生かしていく。

・生徒交流会参加

長岡高校理数科課題研究発表会に参加し、他校の課題研究の状況を知ることにより、課題研究の質的向上を図る。また、ポスターセッションなどで交流を図る。さらにJST主催の生徒研究発表会に参加することにより、課題研究の全国的なレベルを知るとともに、全国の高校生との交流を図る。

・部活動の活性化

H α 線フィルターやCCDカメラなどSSHで購入した備品の活用により、天文部、化学部、生物同好会の活性化を図る。また、文化祭での発表や催しの充実を図るとともに、科学コンテストに積極的に参加する。

(4) その他

・SSH先進校視察

SSH先進校に訪問し新しい取り組みを見学し、新しい教材・指導法の講習会に参加することで本校の課題を明確化し、これからのSSH事業の参考とする。

・卒業生の追跡調査

卒業生を対象としてアンケート調査を実施して、SSHが卒業後に与える影響や効果を詳細に調査する。

2章 研究開発の経緯

I. 平成19年度の研究開発の経緯

1. 概要

以下の研究内容を柱としてSSHを展開した。

- ① 授業や実験の充実
- ② 学校設定科目「SSHⅡ」（課題研究発表会）
- ③ 高大連携理科講座実施
- ④ アメリカ研修旅行実施
- ⑤ 筑波研修旅行
- ⑥ SSH講演会・生徒研究発表会参加
- ⑦ 部活動の活性化
- ⑧ 卒業生の追跡調査

今年度はSSH5年目、継続SSH2年目であり、主な対象生徒は、3年生SSHクラスの生徒、および1年生理数コースの生徒である。これまでの研究を継続・発展させるとともに、これまでのSSHの成果をさらに発展させるための方策を検討した。

2. H19年度事業一覧

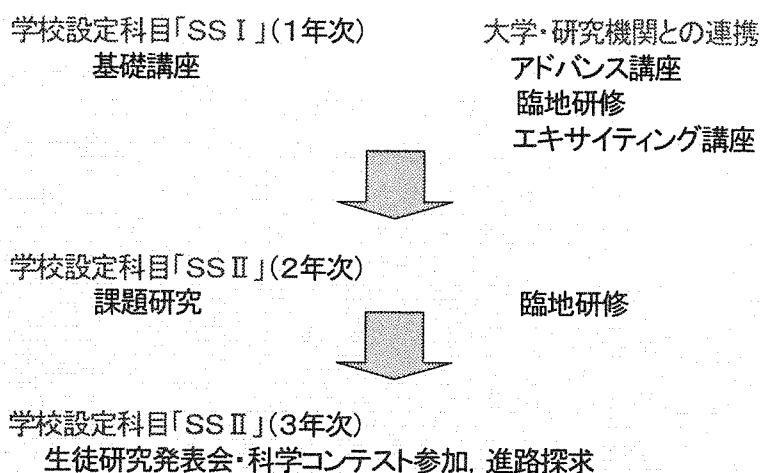
期日	事業名	内 容
4/21	長岡高等学校理数科3年課題研究発表会参加	1年理数コース42名参加
4/22	課題研究発表会	3年SSHクラス38名 (昨年度「SSHⅡ」13グループによる研究発表)
5/26	高大連携物理講座	第1回「物理学とは何だろうか」 第2回「数式と概念」
6/16	高大連携物理講座	第3回「放射線と現代医療」 第4回「クォークとは何か」
7/7	高大連携物理講座	第5回・第6回「微積分によるニュートン力学1・2」
7/17・18	尾瀬研修	生物部・1年希望者参加
8/1～3	筑波研究学園都市研修旅行	2年理系志望者16名参加
8/2～3	平成19年度生徒研究発表会 (パシフィコ横浜)	3年数学グループ3名参加
8/17・18	高大連携物理講座	第7～9回「－200℃の世界」 第10～12回「原子のレントゲン撮影」
8/20～30	アメリカ研修旅行	1年理数コース42名参加（ハーバード大学、MIT、ケネディ宇宙センター等での見学・実習）
9/20	第1回運営指導委員会 (本校図書館1F)	平成18年度事業実施報告 平成19年度事業計画 アメリカ研修旅行
11/5	SSH講演会 (本校第1体育館)	新潟大学 脳研究所教授 西澤正豊 先生 「認知症はどこまでわかったか」
11/8	理数コース実験講義	「電子レンジで蛍光体をつくる実験」
11/11	アメリカ研修旅行報告会	1年理数コース42名参加

期日	事業名	内 容
11/17	高大連携物理講座	第13・14回「湯川の魅力・朝永の魅力」 (新潟県立自然科学館「湯川秀樹・朝永振一郎生誕100年記念展～素粒子の世界を拓く～」参加)
11/24・25	「青少年のための科学の祭典」	1年理数コース12名参加
12/12	理数コース生物化学実験	「生乳中から糖質およびタンパク質の分離」
12/15	高大連携物理講座	第15回「高エネルギーの物理」
2/20	理数コース創造工学実習	「ブラシカーの製作」
3/3	第2回運営指導委員会 (本校図書館1F)	平成19年度事業報告 平成20年度継続新規申請について

Ⅱ. SSH研究開発の経緯

1. カリキュラム開発の流れ

本校は普通科だけからなる高校であるので右図のように特別に学校設定科目「SSI」、学校設定科目「SSII」を設け、理数に重点を置くカリキュラム開発を行った。また、大学・研究機関との連携の面では、「SSI」においてアドバンス講座やエキサイティング講座で大学の先生方や外部講師を招き、講義や体験学習を実施した。さらに「SSI」、「SSII」共通に臨地研修を設け、大学・研究機関等に生徒が赴き、最先端の実験・実習を行った。



2. 「SSI」臨地研修および「SSII」臨地研修

「SSI」臨地研修

- 平成15年度 筑波研修 1学年全員 1泊2日 (研究学園都市18研究機関)
- 平成16年度 東京研修 1学年40名 1泊2日 (日本科学未来館、国立科学博物館)
- 平成17年度 種子島・屋久島研修 1学年24名 4泊5日
(種子島宇宙センター・屋久島環境文化研修センター・ヤクスギランド)
- 平成19年度 アメリカ研修旅行 1学年理数コース全員 7泊9日
(ハーバード大、MIT、ケネディー宇宙センター)

「SSII」臨地研修

- 平成16年度 希望者18名 4泊5日
 - 東北大学金属材料研究所「高温バルクおよび薄膜作製と評価」
 - 東北大学電気通信研究所「ナノヘテロ半導体の創生」
 - 東京理科大学薬学部「医薬品の相互作用」
 - 「ダイオキシン生成と制御」
 - 東京理科大学基礎工学部「遺伝子の発現解析実験」
 - 「アポトーシスによる細胞死誘導の解析」

平成17年度 希望者9名 3泊4日

東京理科大学「微分、積分について」

京都大学附属花山天文台「太陽の自転速度の測定」

平成18年度 新潟大学 理学部・工学部・農学部「超伝導」「相対論」など11講座

平成19年度 希望者16名

筑波研究学園都市研修（高エネルギー加速器研究機構、農業生物資源研究所等）

3. 「SSI」エキサイティング講座内容

平成15年度 「水の波の実験」 宮城県立石巻工業高等学校教頭 堀米智之(サイエンスレンジャー)

「ファラデーのかご」 大阪府立生野高等学校教諭 宝多卓男(サイエンスレンジャー)

平成16年度 「協力して問題解決する数学のプログラム」 ジャパンGEMS

平成17年度 「地球温暖化と温室効果」 ジャパンGEMS

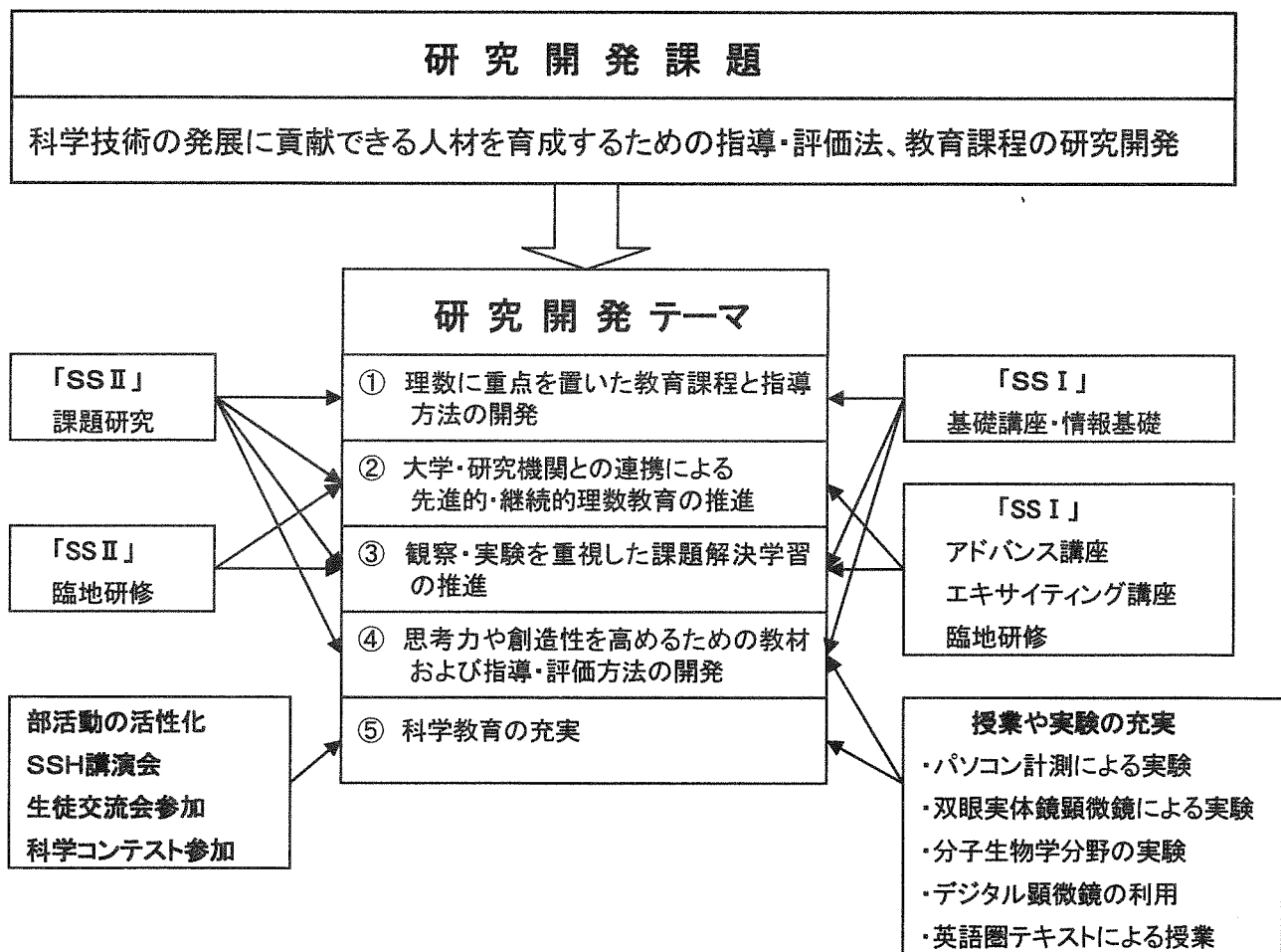
4. SSH講演会

平成17年度 「さすらい数学旅日記より」 東海大学教育開発研究所教授 秋山 仁

平成18年度 「ひろがる宇宙」 前国立天文台長 海部 宣男

平成19年度 「認知症はどこまでわかったか」 新潟大学脳研究所教授 西澤 正豊

5. 本校SSHの概念図



3章 研究開発の内容

理数に重点を置いた教育課程と指導法の開発 仮説

パソコンを利用した実験や分子生物学の実験等、新しい教材・および指導法を開発し充実させることで自然科学に対して興味・関心を醸成することができる。

理数に重点を置いた教育課程を編成し、主体的な探究活動を実施することにより科学的思考力、創造力、問題解決能力などの研究者としての資質が育成されるとともに、中間発表会や論文作成を通し、表現力、プレゼンテーション能力が育成される。

研究内容・方法・検証

以下の取り組みにおいて、生徒の様子、アンケート・感想等により検証する。

「授業や実験の充実」「学校設定科目（SSⅡ）」

1節 授業や実験の充実

物理分野(パソコン計測による生徒実験)

1. 仮説

台車の運動を距離センサーで測定し、パソコンを使った実験により運動量保存法則を検証することで、興味・関心を喚起するとともに生徒の理解がより深まる。

2. 研究内容・方法

対象生徒 2年生理系4クラス 148名

授業形態 1時間継続(55分) 3～4人で班を構成、各班で1台のノートパソコンを使用

事前学習 物理Ⅰの授業で運動量と力積、運動量の保存について学習している。

＜実験＞図のように台車、距離センサーを接続、配置する。

- (1) 吸盤をつけた台車Aを台車Bに衝突・連結させる。このとき距離センサーにより台車Aの位置を一定時間毎に記録する。

(図1がコンピュータ画面)

- (2) 衝突前、衝突後それぞれについて、位置の時間変化から速度を求め、さらに運動量を算出する。
- (3) 台車Bにおもりを1つ(約1kg)載せた場合、2つ載せた場合についても同様に実験する。

3. 検証(生徒の評価)

生徒アンケートの結果を図2に示す。

(感想)

- ・パソコンはあつかいが難しいけど、きれいな数字が出ると気持ちがいい。
- ・センサーを使って表などがパソコンで手軽に利用できるのが楽しかった。こうやって法則など実際に確かめられると楽しい。
- ・実験方法が少し難しく理解に時間がかかった。
- ・数値が細かくてグラフから読み取るのが難しかった。

4. 成果と課題

運動量保存については、記録タイマーによる実験が通常だが、記録タイマーの解析は生徒にとって時間のかかる作業である。①速さが表の数値ですぐに求められること、②グラフがすぐに描け、速度の変化が視覚的に表されること、③データが良くないとき等に実験し直すことが比較的容易であることがパソコン利用の利点であり、アンケート結果からより理解しやすいものとなったことが確かめられた。

図1 コンピュータの画面

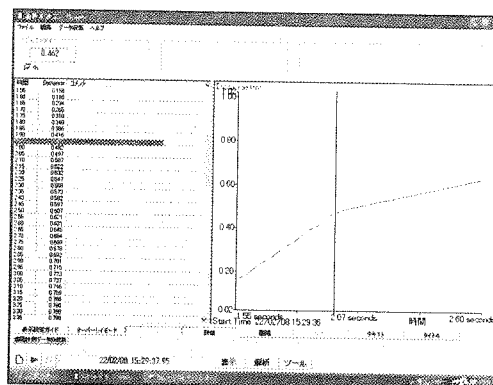
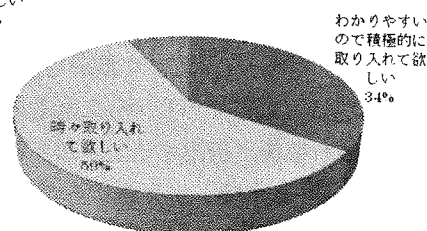


図2 生徒アンケート



化学分野(電気分解と合金)

1. 目的

化学Ⅰの酸化還元反応で、電気分解が取り扱われている。また、化学Ⅱの材料の化学で合金が取り扱われている。新潟南高校では2年生の夏休み前に酸化還元反応を学習する。これまで、電気分解の学習では水素Hより金属のイオン化傾向が大きい金属イオンを含む水溶液の電気分解は丁寧に扱われておらず、陰極で単体の金属は還元されにくく、水素H₂が発生し単体の金属も生成すると扱ってきた。しかし、平成18年度検定の^①化学Ⅰの教科書から、『Cu²⁺、Ag⁺のような、Zn²⁺よりイオン化傾向が小さな金属イオンは還元されやすく、陰極で電子を受け取って単体の金属となって析出する。』と記述が改められ、欄外に注釈がつけられているが金属の単体の生成がより強調された。また、化学Ⅱの合金で黄銅(真ちゅう)の生成を^②図録では、^③亜鉛粉末を水酸化ナトリウム水溶液に溶かしそこに銅片を入れ、亜鉛でメッキした後バーナーで加熱して黄銅を作っている。そこで、2つの実験を短時間で実施し、亜鉛イオンの電気分解による還元を少しでも身近な実験にすることを試みた。

2. 実験内容

対象生徒 3年生理系クラス 5名

実験形態 約20分

事前学習 化学Ⅰ・Ⅱの授業で電気分解と合金について学習している。

教師 硫酸亜鉛水溶液(1.0mol/L)を、陰極を銅板に正極を炭素棒として電気分解すると陰極と陽極ではそれぞれ何が生成しますか。

生徒 陰極では水素H₂、陽極では酸素O₂が発生します。

教師 では、電気分解してみましょう。電極の変化はどうですか。気体の発生にも注意してください。(電気分解時間は1分30秒、電圧は電池2本分の3.0V)

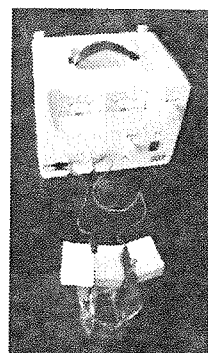
生徒 陰極の銅板が銀色(青白色)に変化しています。気体は、発生していません。陽極の炭素棒からは気体が発生しています。

教師 色から考えて、陰極に析出したのは何ですか。気体の発生はどうですか。

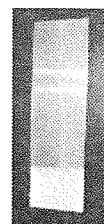
生徒 亜鉛だと思います。水素が発生しないのは意外です。

教師 今回水素は発生していませんが、水素が発生するかどうかは電気分解の条件によると思います。最後に、(水分を乾燥させてから)ガスバーナーで炙ってみましょう。銅板はどう変化するか見ていてください。(金色に変化するが、表面が汚れているので磨いてからみせる。濡れていると加熱したとき白い酸化亜鉛になる。)

生徒 金色に変化しました。感動しました。



電気分解の様子



電気分解後の陰極の銅板

3. 成果と課題

水素Hより金属のイオン化傾向が大きくZn²⁺よりイオン化傾向が小さな金属イオンを含む水溶液の電気分解による還元は、鉛蓄電池やメッキ以外ではほとんど触れず、問題にもほとんど出題されない。生徒(旧版教科書で学習)も、あまり意識しないまま終わっていることが多く、陰極では水素H₂が発生すると考えている生徒がほとんどであり、5人もそのように答えている。今回の実験を通して、亜鉛イオンも容易に電気分解で還元され陰極に析出することが実験によって簡単に確かめられ、銅板を陰極とし電気分解し析出した亜鉛から容易に黄銅(合金)が生成することも示すことができた。生徒も、「金色になったのに感動した。」と言っている。より理解しやすいものとなったことが確かめられた。

参考文献

- 1) 改訂版 高等学校化学Ⅰ 数研出版 (平成18年3月7日検定) p120 7電気分解
- 2) 改訂版 フォトサイエンス化学図録 数研出版 p208 黄銅をつくる
- 3) 実験による化学への招待 日本化学会訳編 丸善株式会社 p148 銅が金になる! 錬金術師の夢

生物分野(生物に対する興味・関心を喚起させる機会を増やす試み)

1. 仮説

近年、理科離れもあり、生徒は継続して生物を飼育し観察する経験は少ないように思われる。そこで授業の取り組みの中で昨年好評であったプラナリア再生実験を継続観察実験という形で行うことにより、科学的考察を深めながら報告書をまとめる力を養うことができると考えプラナリア再生実験を1年生全員に対して行うこととした。

また今年度は、生物に興味・関心はあるが、授業を越えて生物に触れる機会になかなか参加できない生徒に対して、生物に興味・関心を喚起させる機会を気軽に体験できればと思い、希望制の生物体験講座として、尾瀬研修やDNA遺伝子組み換え実験を行った。これにより、教科書の枠を超えた生物現象に興味が増していくと考えられる。

2. 研究内容・方法

プラナリア再生実験、尾瀬研修、DNA遺伝子組み換え実験の3つを行い、生物に興味・関心を喚起させる機会を与えてみた。実験や研修後には報告書や簡単なアンケートを提出させ、どのような効果があったか確認した。

(1) プラナリア再生実験 (対象 1年生全員)

・実施期間 10月～12月のうち継続2週間 3クラス展開で3回行い、1学年全9クラス実施。

実験前に仮説を立て、2週間継続観察し仮説を検証し、報告書形式のレポートを作成する。理数コース以外は、プラナリアを頭部、胴部、尾部の3つに切断し、どのように再生するか実験を行ったが、理数コースでは、3つに切断する以外にもう1匹プラナリアを与え、自由に切断方法を考えて行いどのように再生するか考察を行った。

(2) 尾瀬研修 (対象 生物部生徒 その他希望生徒)

・実施日 平成19年8月17日(金)～18日(土)1泊2日
15名参加(うち生物部12名 部員以外3名)

例年生物部の活動として行ってきた夏の尾瀬研修である。しかし、生徒は野外巡検の機会はないので、学校の主催する行事なら興味のある生徒が気軽に参加できるのではと思い、1年生に希望者を募ってみた。その結果、生物部の生徒以外に、将来生物系の進学を考える生徒2名、野外巡検に興味のある生徒1名合計3名の希望者が同行することになった。

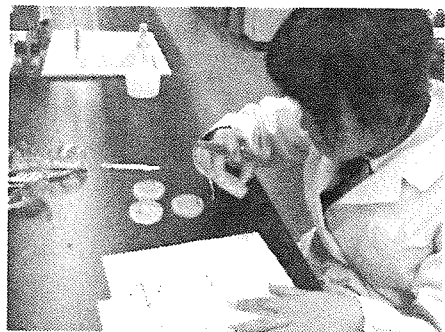


図1 遺伝子組み換え実験 結果観察

(3) DNA遺伝子組み換え実験 (対象 1、2年希望者8名)

・実施日 平成19年11月14日(水)、15日(木) 両日とも14:00から15:30

形質転換キット(BIO RAD社)を用いた遺伝子組み換え実験を行い、現在の遺伝子工学の一端を実体験すると共に、より生物への興味を持たせることを目的として行った。

3. 検証

プラナリア再生実験では、生徒は2週間の継続実験を行なったことで、日々再生していく様子を実感できたと多数レポートにあった。また、報告書形式でレポートをまとめるという作業を通して、1つのことを詳しく調べる面白さを知ったという感想も多かった。尾瀬研修では現地ガイドより尾瀬の自然保護について説明を受けながら散策したことで、尾瀬の自然の美しさについてもっと深く理解することができたという声が多かった。希望参加した生徒は来年も参加したいと話しており、野外巡検を体験させる良い機会を与えたと思われる。DNA遺伝子組み換え実験では、生徒は楽しく実験を行うことができ、実験後アンケートにも、「大変面白かった」「DNAについてさらに興味を持った」という意見がほとんどであり、これも、生物に対する興味・関心を喚起する良い機会であったと思われる。今後も、生物に対する興味・関心を喚起させるために、授業で継続して観察することが容易な実験を取り入れ、応用編としてやや困難な実験は希望制として実施するなどしていきたい。

理数コースにおける活動

1. 研究仮説

本校で今年度より始まった理数コースの第一期生である 1 年生に対し、さまざまな科学分野での講演や実験、体験への参加は、科学への興味全般を高め、今後学習する専門科目へのレディネスになると考えた。また、SSH による経済的支援をできるだけ軽減した中で、生徒に対し科学への興味関心の育成にどのような手段や周囲からの協力支援が仰げるかについて検証した。

2. 今年度までの流れ

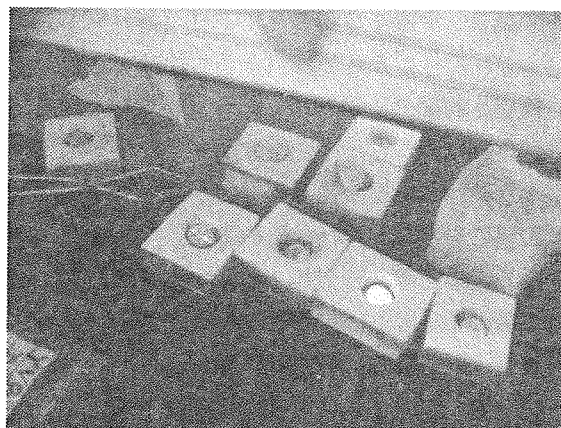
本校ではこれまで、生徒の科学へのモチベーションアップのために課題研究における大学との連携や SSH 特別講演会、ジャパン GEMS センターなどの外部からの講師を招聘しての講演会などを数多く行ってきた。今回は今年度より新しく発足した理数コースの生徒 42 名を対象として、近隣の大学などに協力を仰ぎながら生徒の科学への興味関心のアップのためにどのようなチャンスを活かせるかについて研究を行った。

3. 研究内容

以下の事業について行った。休日などにおける事業については生徒の参加を自由にした。

(1) 電子レンジで蛍光体をつくる実験

- 2007 年 11 月 8 日水曜日 14 時 40 分より 18 時 新潟南高校 化学実験室にて
- 新潟大学 材料生産システム系列 大学院自然科学研究科広域連携開発科 准教授 戸田健司先生
他大学 4 年生、大学院生など 6 名
- 実験講義の概要



電子レンジで使用する周波数 2.45GHz の電磁波を利用し、普通の家庭用電子レンジで Y2O3 と V2O5 の混合物を加熱し、蛍光体 YVO4 を作成した。Y2O3 はマイクロ波を吸収しないが V2O5 は効率よくマイクロ波を吸収する。また生成した YVO4 はマイクロ波をほとんど吸収しないため、合成反応終了と同時に自動的に試料の温度が下がるメリットのある合成反応である。生徒は講義を受け、戸田先生の研究室の大学生とともに合成実験を行った。蛍光体の新たな可能性について多くの生徒が魅力を感じ、“新しいものをつくる” ということの意義深さを感じた実験講座となった。

• 生徒のレポートより

今回の実験は実際に新潟大学先生方がいらっしゃって教えてくださいました。講義では専門用語がたくさん出てきて、実際に大学の講義を受けている気分でした。印象に残ったのは、電波の波の長さアンテナの長さの関係です。アンテナのない携帯電話はどこで電波を受信しているんだろうとかねてから不思議に思っていたんですが、携帯電話本体の長さがその電波の波の長さと一緒にだとのことで、感心してしまいました。また、目の認識できる色が 3 色だったのには驚きました。また、テレビの仕組みなど、

身近なところにいろんな面白いものが転がっていることがよくわかりました。テレビなんて毎日見ているのに、全然考えたことがありませんでした。けれどそういうところに面白くてすごい工学があるということがよくわかりました。

実験では、電子レンジというこれまた身近な道具で蛍光体が作れるというのは面白いと思いました。電子レンジの中に置く場所が、少しずれているだけで実験結果が変わってしまうというのには驚かされました。工学は難しいです。しかし、学生の方も言っておられましたが、それでも実験に成功したり、その結果が認められるというのは、難しいだけに、喜ばしいものだと思います。自分の好きなことが世の中の役に立ち、多くの人がそれを利用するというのは、きっとわたしが想像できないほど嬉しく、幸せなことだと思います。そしてそのための勉強が専門的に、深く追求して学べる大学はすばらしい場所だと思います。私も今回の新潟大学の学生さんのように、自分のやりたいことを思う存分やれるような大学へ進学したいです。そしてその結果が世の中の役に立てばなおいいです。

- この実験講座は新潟県化学研究協議会のご支援により行われた。

(2) 「青少年のための科学の祭典」新潟県大会への参加

- 2007年11月24日、25日（土、日） 新潟薬科大学で開催

• 概要

小学生などの親子連れなどの来場者数 6238 人に対し、理数コースの生徒 12 名と教諭 1 名で 2005 年度課題研究の「アセチレンロケットを遠くに飛ばす実験」について、実験の実演と原理の説明を行った。またロケットの垂直打ち上げも行い、大きな歓声が上がった。

- 生徒のレポートより
- ☆ 知らない人の前で実験をしながら、実験の原理や背景を説明することはとても楽しいことだった。来年もまた是非参加してみたい。
- ☆ 南高校の理数コースを受験したいという中学生も私たちの実験に興味深く思ったようだ。そのような中学生と話ができたことは楽しい経験になった。

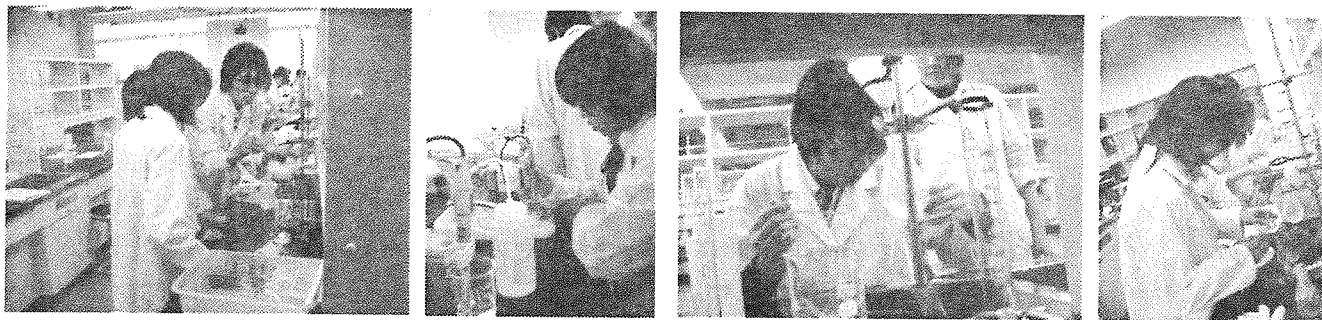


(3) 生物化学実験「生乳中から糖質およびタンパク質の分離」

- 2007年12月12日（水曜日） 午後13時～午後16時40分 新潟薬科大学応用生命科学部にて
- 新潟薬科大学応用生命科学部 食品科学科 食品生物工学・分子科学研究室教授 鯨坂 勝美 先生
准教授 新井 義男 先生、助教 宮崎 達雄 先生
- 実験の概要

鯨坂先生より糖の構造、働きなどについての講義を受講。特に先生の研究室のテーマである「ミルクオリゴ糖を利用した感染防御食品の開発研究」について興味深い講義を受けることができた。母乳中には130種類にも及ぶオリゴ糖が含まれておりそれらのオリゴ糖がウイルスや病原菌に結合し感染予防に役立っているとの話である。牛乳やヤギのミルクからこれらのオリゴ糖を抽出し、新生児用調製粉乳や、高齢者用感染予防食品の開発は魅力的な研究テーマだと感じた。糖を対象にした研究者が少なく、ぜひ、糖に取り組んで欲しいとの話を生徒は頷きつつ聞いていた。その後実際に、2人1組で、牛乳からの、アルブミン、

カゼインなどのたんぱく質とラクトースの抽出実験を行った。2グループ（生徒4名）に大学生のアドバイザーを1人配置していただき、細かい配慮の行き届いた生化学実験を実施することができた。

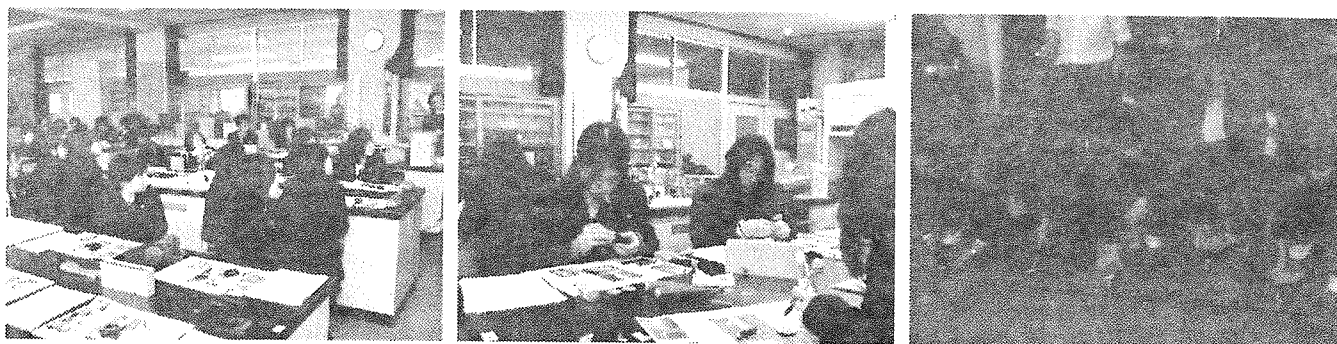


- 引率者所感…牛乳からカゼインというたんぱく質と乳糖を取り出した事実はわかったものの、1年生の段階ではその実験過程はあやふやだったと思われる。しかし、減圧蒸留や等電点を利用したたんぱく沈殿生成は後の授業の中で、あの時のことだと鮮明に振り返ることができ、そのことが生徒の力にもなると考えられる。また多くの生徒には難しかったとは思いますが、糖のもつ、機能や可能性について興味を覚えた生徒もいたようだ。大変良い機会を与えて頂いた新潟薬科大学 鯉坂勝美先生、藤井智幸先生に感謝申し上げます。

(4) 創造工学実習「ブラシカーの制作」

- 2008年2月20日（水曜日） 午後15時～午後16時40分 新潟南高校化学実験室にて
- 新潟大学工学部機械システム工学科 田村武夫准教授、鳴海敬倫准教授、工学部技官3名
- 実習の概要

事前に生徒の机の上に実習で制作するブラシカーの材料を準備していただいた。田村、鳴海両先生よりブラシカーの製作について極めて簡単にご説明いただいた後、生徒は20分くらいの時間をかけ、ブラシカーを制作した。制作直後は、動かない、回転運動をする、直進してもまっすぐに進まないなど、うまくできなかったが、その後40分ほどの時間をかけ、バッテリーボックスの位置やモータの位置、高さ等、ドライバーを片手に調整し、高速のブラシカーを制作していった。どこをどう改良すればいいのか、わからない生徒がほとんどだったが、微妙な調節を繰り返し与えることで、満足のいくものに仕上げていった。このように改良→試走→改良・・・で満足のいくものを作り出すという実習経験をほとんどの生徒が持たない。その意味でも本実習は有効であったと考えられる。その後、廊下にてブラシカーのレースを行い、上位入賞者には用意していただいた賞品を渡した。大学の先生が始めに話した実習の目標「ものづくりの楽しさ、重要性を体感する」は十分に達せられた。なおこの実習は新潟大学工学部出前授業として実施された。大変良い機会を与えて頂いた新潟大学田村武夫先生、鳴海敬倫先生また技官の皆さんに感謝申し上げます。

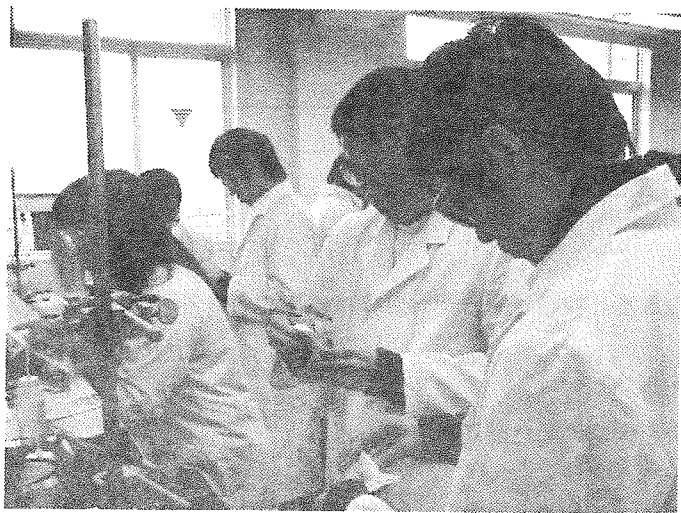


(5) その他

- 千葉大学主催「第10回数理科学コンクール」への参加
2007年7月29日 3名の生徒が参加
- 新潟大学理学部附属臨海実験所 公開臨界実習への参加
2007年8月3～5日 1名の生徒が参加
- 気象研究所サイエンスキャンプへの参加
2007年7月27日～29日 1名の生徒が参加
- 新潟大学脳研究所サイエンスキャンプへの参加
2008年3月26日～28日 1名の生徒が参加を予定
- 新潟県立自然科学館 高校生ボランティア
2008年3月春季休業中並びに休日に数名の生徒が展示企画を手伝うボランティア活動を行う予定
- 新潟薬科大学 シロネズミ解剖実習～体の構造と機能を知ろう～への参加
2008年3月8日 5名の生徒が参加

4. 実施の効果とその評価

理数コースの生徒のみを対象に設定した事業がほとんどであるが、他クラス生徒を対象に自由参加とした事業に対しても、理数コースの生徒の積極的な参加への意欲、またその態度は良好であった。いずれの事業も生徒は学習意欲、将来へ向けての研究開発分野へ意欲が高まったと評価している。また上記の事業はSSHでの経済的支援をほとんど受けることなく実施された。数年前より大学を中心に意欲ある高校生を支援する取り組みが活発化していると感じる。高校教諭が両者を上手にコーディネートしていくことの重要性をますます感じている。



2節 学校設定科目「SSⅡ」

1 対象： 3年9組 39名（男子28名、女子11名）

2 今年度の概要

今年度のSSⅡでは、昨年度のSSⅡで1年間をかけて行った課題研究の集大成として発表会に取り組んだ。昨年度のSSⅡの目標は、

- I 自然科学分野への興味・関心を高める。
- II 身の回りの生活に科学的な目を向け「なぜだろう？」という『気づき』を持てるようになる。
- III 自ら課題を設定し解決できる能力を身につける。
- IV 表現力・コミュニケーション能力を身につける。

であったが、発表会の実施は表現力・コミュニケーション能力を身につけることを主な目的とする。発表会では、表現したことがきちんと伝わったその場で反応から確認することができ、質疑応答により、表現力やコミュニケーション能力を飛躍的に伸ばすことが期待される。

3 昨年度の概要

今年度の発表会のもとになる昨年度SSⅡの概要は以下の通りである。

SSⅡは、平成18年4月から平成19年3月の毎週水曜5限 or 5～6限に実施した。

授 業 日 ()内は授業駒数、1駒55分	内容・その他行事
4月 12日(2)	オリエンテーション 全体(1)、グループ別(1)
19日(1) 26日(2)	課題研究 (グループ別)
5月 10日(2) 17日(1) 24日(2) 31日(1)	〃
6月 7日(2) 14日(1) 21日(2)	〃
7月 5日(2) 12日(1) 19日(2)	〃
9月 6日(1) 13日(2) 20日(1)	中間発表用ポスター作成
10月 4日(2) 11日(2) 25日(2)	課題研究 (グループ別)
11月 1日(2) 8日(2) 22日(2) 29日(2)	〃
12月 6日(2) 13日(2) 20日(2)	論文作成
1月 10日(2) 17日(2) 24日(2) 31日(2)	論文作成、発表要旨作成
2月 7日(2)	発表スライド作成
3月 6日(2) 19日(2)	発表スライド作成

4 今年度の実施計画

(1) 発表会の実施目的

昨年度から実施してきた現3年生SSHクラスのSSⅡ課題研究の指導目標は以下のとおりである。

テーマ：『気づき』のある課題研究を行う。」

- I 生徒が自ら考え、工夫し、発見する課題研究を行う。
- II 探究の過程（仮説→実験→検証→発見）を大切にしたい課題研究を行う。
- III 身近な「なぜ？」を解決する課題研究を行う。
- IV 報告書の作成、発表会を通し、表現力、コミュニケーション力を身につける。
- V 科学コンテストの参加を目指す。

これらの目標の中で、発表会の実施は特にIVの「表現力、コミュニケーション能力を身につける」ことを目的としている。また、発表をまとめる過程を通して、自分の行った研究を再確認することもでき、理解を深める効果も期待できる。

(2) 発表会の実施時期について

今年度4月に実施した課題研究発表会は、前年度のSSⅡ課題研究で1年間行った研究成果の発表であり、過去SSⅡ課題研究では課題研究と同じ年度内に発表会を実施していた。

しかし、上記のSSⅡ課題研究の目標を達成するためには、生徒自身が試行錯誤を繰り返すことが必要であり、そのためには多くの時間を必要とする。部活動、家庭学習などに時間をとられる生徒も多いので、課題研究を行うのは授業が中心になる。そこで、なるべく多くの授業時間を課題研究の時間にあてて、年度内に発表会を行わず、次年度に持ち越した。従って、今年度の課題研究発表会は昨年度1年間かけて行ってきた課題研究についての内容である。

(3) グループ論文のまとめ

発表会の準備とともに、今年度の課題研究の報告として課題研究グループ毎にA4サイズ6枚程度の論文にまとめた。

5 課題研究発表会概要(参加者 192名)

(1) 日 時 平成19年4月22日(日) 9時00分～17時00分

(2) 場 所 ユニゾンプラザ4F大研修室

(3) 総合司会 3年9組 齊藤恵里奈、前泊志保

(4) 発表会形式 ① パワーポイントによるスライド発表
② 発表時間10分間、質疑応答3分間

(5) 発表会次第

受付 9:30～

開会 10:00～

あいさつ(新潟南高等学校学校長)

<午 前 の 部 (10:15～12:00) 7グループ>

司 会: 3年9組 久保晴朗、小林義寿

① 10:15～10:30 「草からエタノールの生成」

② 10:30～10:45 「立体視による視力回復の検証、原因解明」

③ 10:45～11:00 「ピアノ線滑走型アセチレンロケットを遠くへ飛ばす研究」

④ 11:00～11:15 「アスピリンと他の薬物との薬理作用の比較」

⑤ 11:15～11:30 「気体ロケットの運動解析」

⑥ 11:30～11:45 「スターリングエンジンの作成と出力測定」

⑦ 11:45～12:00 「アリの触角と嗅覚について」

<午 後 の 部 (13:00～14:30) 6グループ>

司 会: 3年9組 小杉勇貴、高野慎治

⑧ 13:00～13:15 「円周率 π にみる数学の統一性」

⑨ 13:15～13:30 「パーティクルガンによる遺伝子導入実験

～タマネギ細胞の細胞小器官を探る～」

⑩ 13:30～13:45 「『R/C空とぶドラえもん』の飛行原理」

⑪ 13:45～14:00 「生ゴミの堆肥化とそのしくみ」

⑫ 14:00～14:15 「ダンゴムシの交替性転向反応の検証」

⑬ 14:15～14:30 「花の秘密を探る～アサガオの花成ホルモンについて～」

講 評 新潟薬科大学応用生命科学部 教授 高木正道

閉会の挨拶 新潟県教育庁高等学校教育課 副参事 加藤徹男

ポスターセッション (14:45～15:15)

6 研究協議会 4F大会議室 参加者25名 15:30～16:20

(1) 司 会 新潟南高校教諭 西脇正和

(2) 平成18年度SSⅡ概要説明 新潟南高校教諭 伊藤大助

(3) SSHについて 新潟南高校教頭 麩沢祐一

(4) 意見交換

7 事業の評価

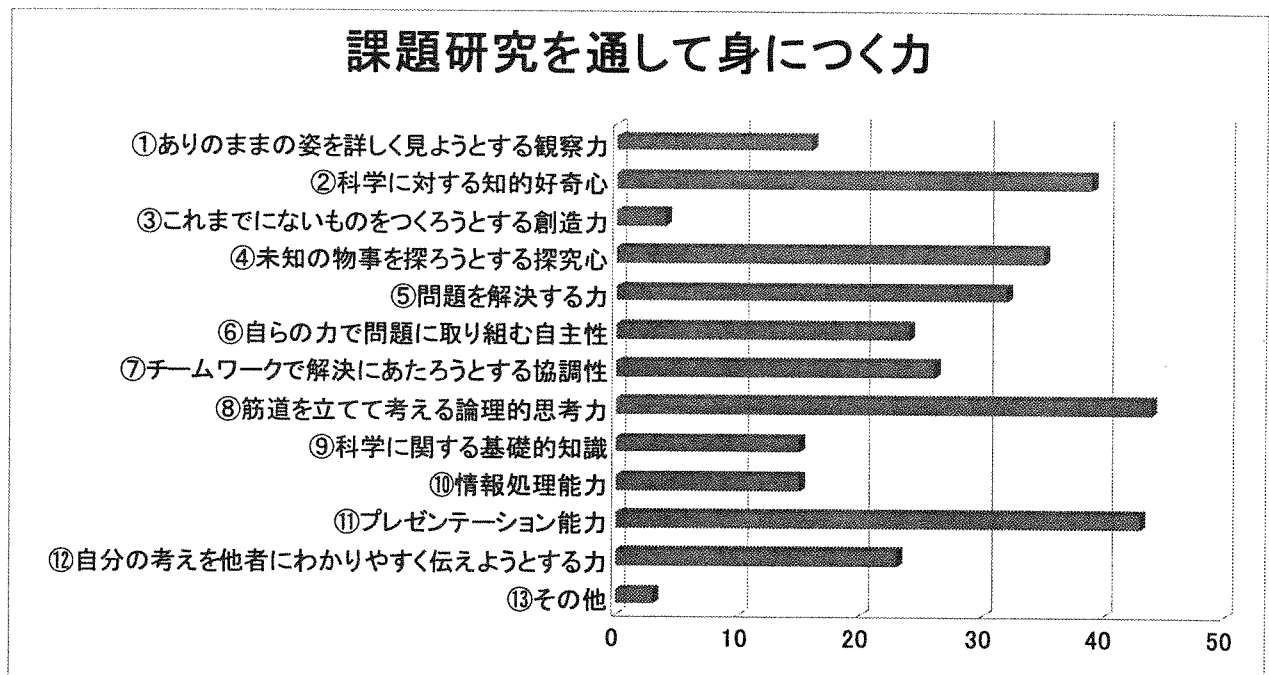
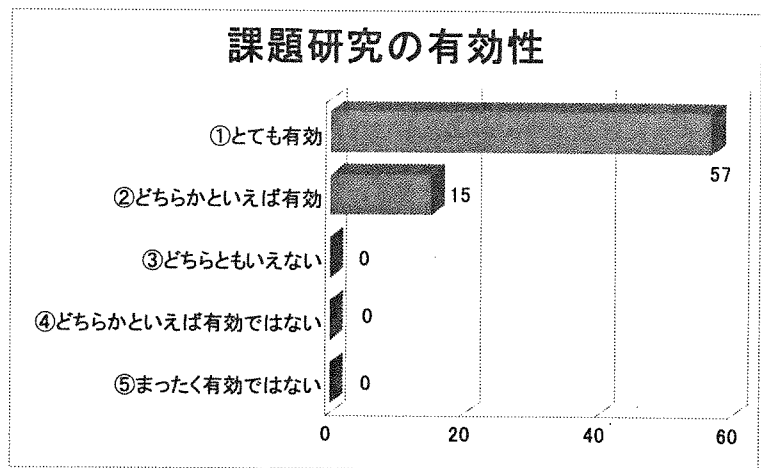
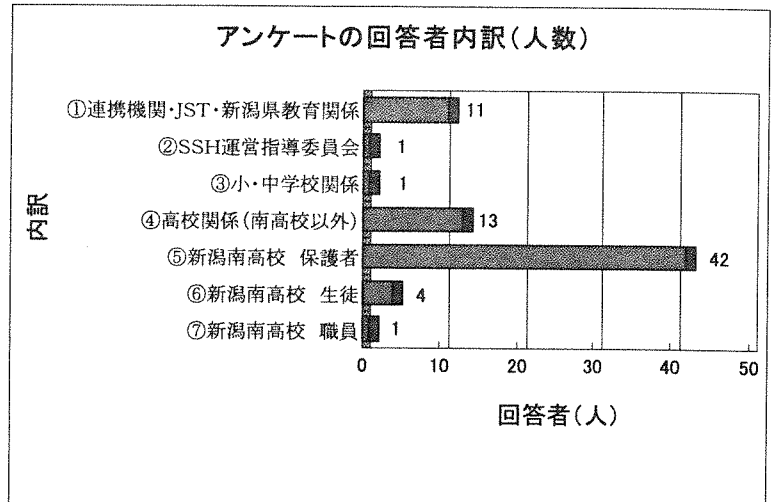
(1) アンケートの配布、回収

発表会参加者192名にアンケートを配布し、そのうち回答があったのは73名。その内訳は右のグラフの通りである。

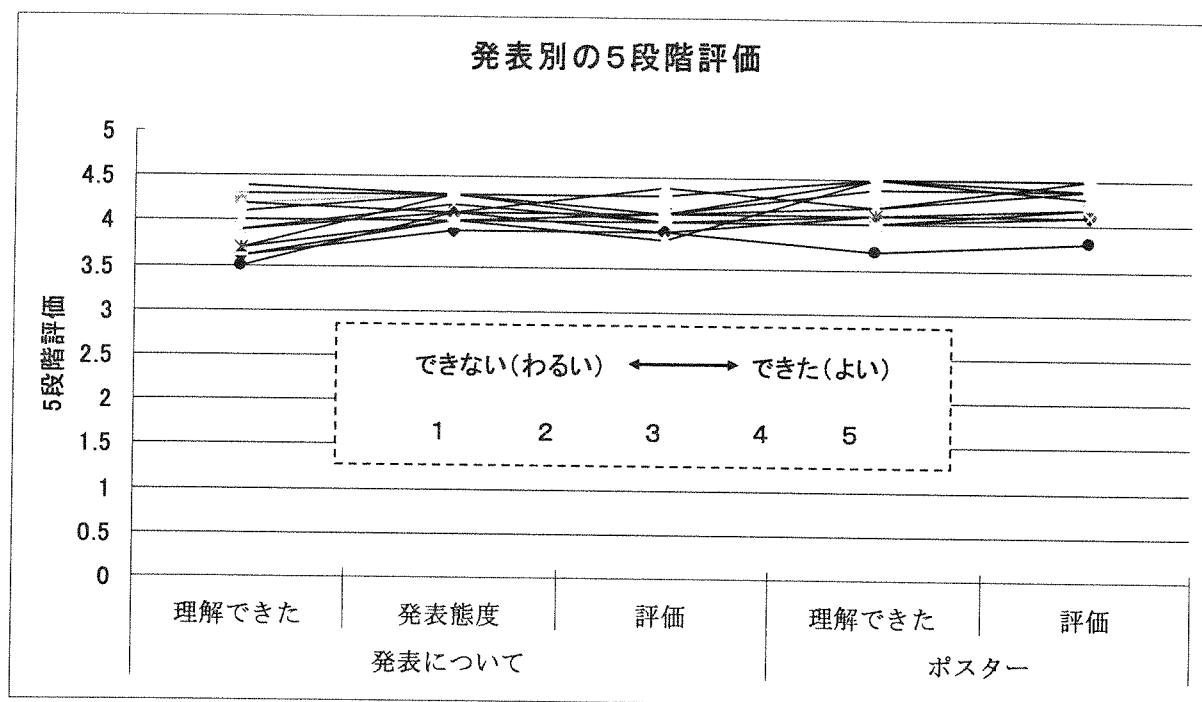
(2) アンケートの結果

- ① 課題研究の有効性について右のグラフのとおり参加者のほぼ全員がその有効性を認めていた。
- ② 課題研究を通してどのような力が身につくか、5つ以内で選んでもらった結果が下のグラフのようになった。

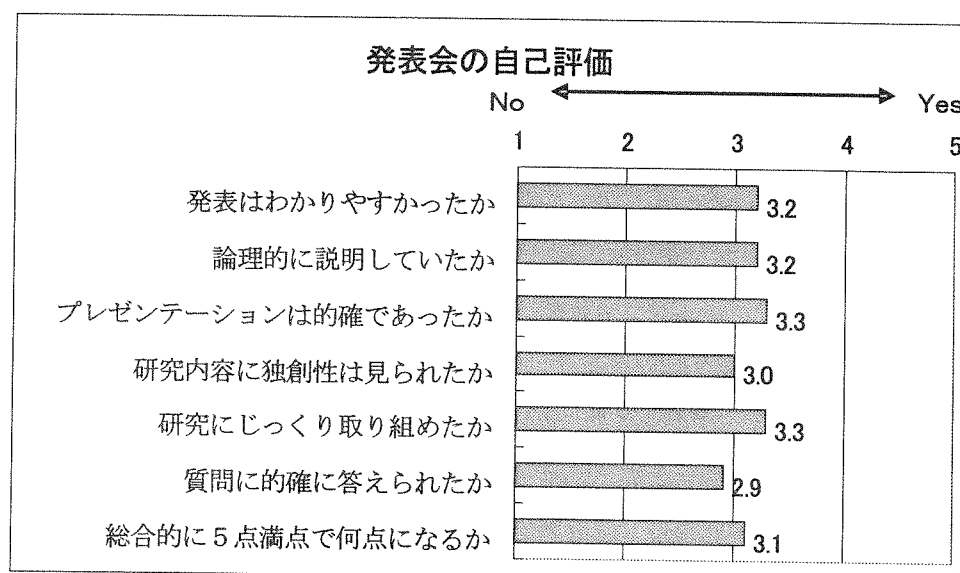
「筋道を立てて考える論理的思考力」、「プレゼンテーション能力」、「科学に対する知的好奇心」の項目を多くの方があげたのに対し、「これまでにないものをつくろうとする創造力」、「科学に対する基礎的知識」、「情報処理能力」の項目をあげる人は少なかった。このアンケートの回答者の大部分が保護者であり、詳細な指導内容を知らないの、発表を見ての評価の部分が大きいのと思われる。実際、指導している我々から見てもこれらの力は不足しており、今後、課題研究を進めていく上での課題といえる。



- ③ 各発表について「理解できたか」、「発表態度」、「総合的な評価」の3つの観点で、ポスターは「理解できたか」、「総合的な評価」の2つの観点で参加者に5段階評価してもらった。結果を各研究グループ別にまとめるとグラフのようになった。どの研究グループも平均3.5～4.5のいい評価を得た。1年間かけて課題研究を行い、また発表の準備にも十分時間をとることができたことから、満足できる発表ができたと思われる。



- ④ 発表の自己評価は下記のようになった。どの項目についても、平均して3弱の評価であった。発表を見た側の評価に比べて自己評価は低かった。見る側からみればよい発表だったものの、生徒たちにとってはまだまだ満足できない、もっとよくなると感じていたことの表れと思われる。特に、発表後の質問に対しての回答については満足していないことがわかる。限られた時間の中で行っている課題研究なので、いろいろな質問に対応できるほどの体系的な知識の習得ができないことによると考えられる。



大学・研究機関との連携による先進的・継続的理数養育の推進

仮説

大学・研究施設と連携し最先端の研究を体験することにより、科学技術に対する興味・関心や知的好奇心が高められるとともに、将来の進路選択の目標となる。

研究内容・方法・検証

以下の取り組みにおいて、生徒の様子、アンケート・感想等により検証する。

「高大連携物理講座」「アメリカ合衆国研修旅行」「筑波研修旅行」

3節 高大連携物理講座

1. 目的(ねらい)

高校・大学での物理のカリキュラムの連携について模索する。高校生が大学の講義に触れることにより、物理学に対する興味関心や理解を深める。講座を通して、高校と大学7年間の物理教育の連携を考え、高校・大学での単位取得の方向性とその内容について、高校・大学の意見交換の場を設ける。また、高校・大学の物理教育のつながりの現状や問題点について大学側と研究協議する。特に今年度は、講義の内容が高校生のレベルに適しているのかを中心として、効果を確認する。また、対象生徒を新潟県の高校生全般に広げ、地域に門戸を開くとともに、より多くの生徒の意見を求め、地域に根ざした講座を目指す。

- (1) 高校の授業では取り扱わない内容を含め、講義を行うことにより、生徒の科学や物理に対する興味関心が高まる
- (2) 大学の内容に触れることにより、参加生徒の進学や研究に対する気持ちが高まる
- (3) 専門的な内容に触れることにより、物理学に関する知識への理解が深まる
- (4) 講座の回数や内容について評価し、単位互換を行う連携活動が可能であるかを検討する

2. 事業の概要

- (1) 実施日 平成19年5月26日(土)～12月15日(土)
- (2) 会場 新潟県立新潟南高等学校 物理地学教室・新潟大学理学部物理科 講義室、物質生産棟
- (3) 対象生徒 新潟南高校 2年生男子6名
新潟高校、新潟西高校、新潟商業高校、新津高校、新津南高校、村上中等教育学校の希望者
7日間15講義 講義参加生徒 延べ 386名
- (4) 内容 ① 講座
5月26日(土) 13:00～15:30
新潟南高校物理地学講義室 参加生徒13名
「物理学とは何だろうか」
新潟大学理学部物理科学科長 松尾 正之 教授
「数式と概念」
新潟大学理学部物理科 家富 洋 教授
6月16日(土) 13:00～15:30
新潟南高校物理地学講義室 参加生徒22名
「放射線と現代医療」
新潟大学理学部物理科 大坪 隆 准教授
「クォークとは何か」
新潟大学理学部物理科 小池 祐司 准教授
7月 7日(土) 13:00～15:30

新潟大学理学部物理科B201講義室 参加生徒15名

「微積によるニュートン物理1・2」

新潟大学理学部物理科 金子 信雄 教授

8月16日(木) 13:00~16:00 (実験講座)

新潟大学理学部物理科実験室 参加生徒14名

「原子のレントゲン撮影1・2・3」

新潟大学理学部物理科 土屋 良海 教授

8月17日(金) 13:00~17:00 (実験講座)

新潟大学理学部物質生産棟 参加生徒10名

「-200°Cの世界1・2・3」

新潟大学理学部物理科 根本 祐一 准教授

11月17日(土) 13:30~16:30 (湯川・朝永展)

新潟県立自然科学館 参加生徒87名

「湯川・朝永と日本の物理学」(湯川・朝永展)

講演者 小沼 通二 慶応大学名誉教授

展示解説 新潟大学理学部物理科 松尾 正之 教授

谷本 盛光 教授

大原 謙一 准教授

中野 博章 准教授

12月15日(土) 13:00~15:00

新潟大学理学部物理科B201講義室 参加生徒20名

「高エネルギー物理学について」

新潟大学理学部物理科

宮田 等 准教授

※ 11月17日の講義は新潟大学SPP事業

3. 成果

(1) 参加生徒の内訳

参加者のほとんどが2年生であった。物理の授業を1年生ではなく、2年生で履修していることが多いためと思われる。(グラフ1)

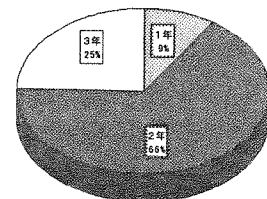
理科が好きな生徒が多く、興味を持ってこの講座に参加している傾向が強い。コメントでは実験が好き、興味があると解答している生徒が多い。

(グラフ2)

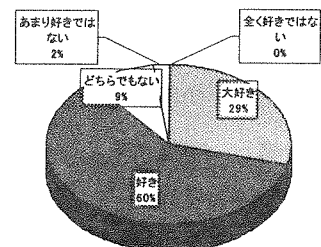
物理については、これから本格的に履修することもあり、どちらでもないという解答が多かった。(グラフ3)

参加理由では、理科や物理に興味のある生徒が多く、講座の内容に興味を持って講座に参加している事がわかる。また、進路に関係しているところとらえている生徒が多い。(グラフ4)

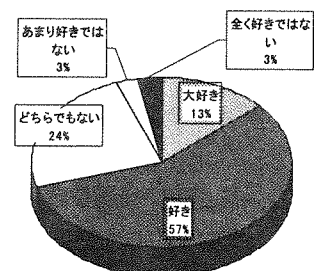
学年別参加者(グラフ1)



理科が好きか(グラフ2)



物理が好きか(グラフ3)



進路希望(表1)

理学部	物理科	数学	工学部	理工
7	1	1	10	3
農学部	医学部	薬学部	看護	医療
2	4	2	1	1
生活科学	理系	教育	経済	4年制大学
1	6	1	1	1

2年生が中心ということもあり、物理Ⅰを履修中で講座に参加している生徒が多い。また、ほとんどの生徒が理系の大学進学を希望しており、特に理学部・工学部の比率が高いようである。(表1)

6月16日の講義では、医療系を希望している生徒も参加があった。

(2) 講義に対するアンケート

講義の各回行ったアンケートを集計した。

① 講義の難易度(グラフ5)

難しい、やや難しいが、6割近くにのぼった。物理Ⅱで学習する内容もあり、物理Ⅰをまだ履修していない、あるいは履修中の生徒には難しい内容であったようだ。しかし、難しいと感じていることは、マイナスに働いていないことが、他のアンケートから分かる。

② 講義に興味を持てたか(グラフ6)

興味を持てたと感じている生徒が65%と大変高かった。物理分野に興味を持っている生徒が参加していることもあり、非常に高い数値になっていると考えられる。

また、講義の内容が難しくても、ビデオや図などを用いて分かりやすく説明していただいたことが、興味を引く結果につながっているようである。

③ 講義を理解できたか(グラフ7)

講義を難しいと感じている生徒が多かったが、理解できたと感じている生徒も多かった。生徒のアンケートでは「話を聞くと意外とわかりやすいところもありました。」という意見のように、難しい内容であっても、様々な例を挙げてもらう事で、現象を感覚的に理解できた生徒が多かったためであると考えられる。

④ 講義に対する満足度(グラフ8)

満足度は非常に高かった。「知らないことばかりでおもしろかった。」という意見に代表されるように、内容が難しくとも、新たな知識の発見により、多くの生徒の満足度が高くなっている。このような講座では、その分野に興味のある生徒が参加することで、効果が高くなることが分かる。

講義について(総括)

講義について、生徒の反応は非常によい。難しい内容であってもこれは、参加生徒が物理に興味がある生徒に限られているために、講座に興味を持って受講し、理解に努めていることが大きな原因と考えられる。また、高校の授業では得られない、専門的な知識を得ることを希望している生徒が多い。

講義に対する要望では、実験を増やして欲しい、実際に問題を解いてみたかったという意見が多く見られた。また、研究に参加してみたいという意見もあった。

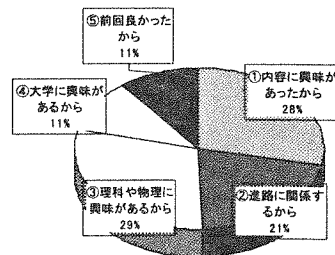
(3) 講座のアンケート

講座最終回(12月15日)に講座を受講してのアンケートを行った。この回は、講座のほとんどを受講した生徒が多く、1年を通しての講座の影響を確認した。

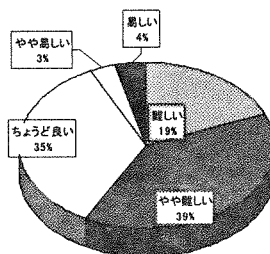
① 講座がよい影響を与えたか

非常に多くの生徒が講座の影響を肯定的に捉えている。「大学へ入って学びたいと思った。」という意見があるなど、生徒の進路意識にも影響していることが伺える結果となった。(グラフ9)

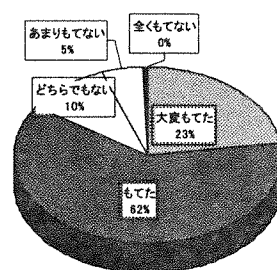
参加理由(グラフ4)



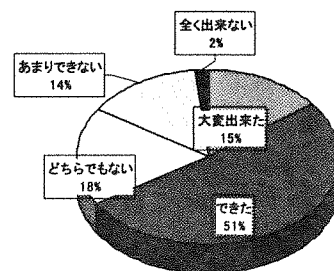
講義の難易度(グラフ5)



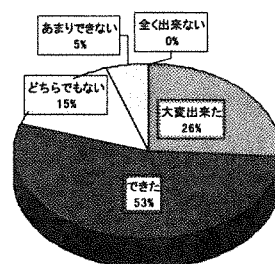
講義に興味を持てたか(グラフ6)



講義を理解できたか(グラフ7)

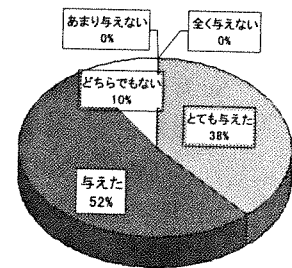


講義に対する満足度(グラフ8)



毎回、参加した生徒だけあり、もともと物理分野への興味関心が高かったことが、効果を高めたと考えられる。このことにより、よい影響を受けたと感じている生徒がとても高くなったと考えられる。

講座がよい影響を与えたか(グラフ9)



② どのような影響を受けたか(グラフ10)

a) 専門的な知識教養

講義の内容が、物理Ⅱの範囲や、数学の微分積分などもともと生徒にとっては、専門的に感じるものが多い。そのため、専門的な知識が身に付き、関心が高まったと考えられる。大学に興味を持っている生徒が多く、最先端の物理学にも強い関心を持っている。このため、非常に多くの生徒が影響を受けたと捉えている。

b) 日常的な知識教養

専門的な知識教養に対し、日常的な知識教養に対しては、あまり影響を受けなかったと感じている。与えたとも与えなかったとも感じられない生徒が多く、講義の内容が専門的なものが中心であったことと、日常的な内容が講座にあまり取り入れられていないことが影響していると考えられる。a) のアンケートと比較して、生徒はこの講座をかなり専門的な講座として捉えていることがわかる。

c) 論理的な考え方

5割以上の生徒が影響を受けたと考えている。講座のほとんどは講義が中心で、各自で問題に取り組む時間などが少なかったため、あまり効果が無かったようである。実験講座でレポート作成を行う、講義の中で演習を取り入れるなど、生徒が実際に考えて手を動かす場面を増やすことが必要である。講義についてのアンケートと併せて考えると、講義の難易度は変えずに、より生徒が主体的に参加できる講座の形式を、来年度は模索する必要がある。

d) 科学への興味関心

科学全般に対する興味や関心が、講座によって良い影響を受けたと解答した生徒が80%以上にのぼった。理科が好きと答えている生徒が非常に高いこと、理・工学系の志望の生徒が多いこともあり、もともと、科学への興味関心は高かったと考えられる。講座で様々な専門的な物理分野の内容を学んだことにより、さらにより良い影響を受けたと考えられる。

e) 物理への興味関心

90%以上の生徒が、講座によって影響を受けたと解答している。じっくりと1年間物理の様々な講義を受けたことが、物理への興味関心を高める結果となっていると考えられる。

この物理講座のような専門的な内容を扱う場合は、興味や関心が高い生徒に限定して行う方が、生徒に対する効果は高いとこのアンケートからも考えられる。

f) 進路への意欲関心

進路への意欲関心も高まっていると答えた生徒が6割近くとなった。講座を通して、進学などの意識が高まったと考えている生徒が多いと考えられる。

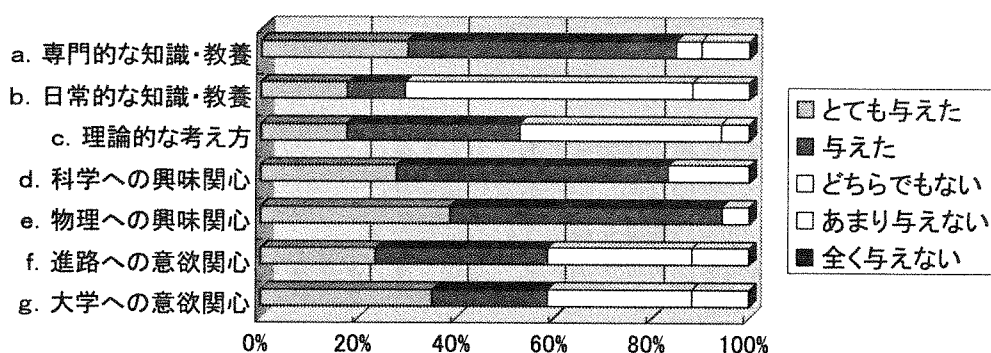
しかし、進路がある程度固まって、この講座に参加している生徒もあり、影響は無かったと感じている生徒も4割程度にのぼっている。

g) 大学への意欲関心

大学への関心や意欲も進路への意識と同様の結果が出た。もともと参加者のほとんどが、大学進学を希望しているため、影響があったという生徒も多いが、無いという生徒もある程度いると考えられる。

生徒アンケートでは、「大学へ行って学びたいと思った」「大学で受講する方が環境はいいし、大学に入りたいことを望む」といった肯定的な意見が上がっている。

講座が与えた影響(グラフ10)



影響について(総括)

一般的に、講座を通して良い影響を受けたと捉えている生徒が多い。物理講座を受講する生徒には、難しい内容であっても、それがいい影響を与え、物理や科学への興味関心は高まる。また、進路・進学に関してもある程度いい影響を及ぼしていると考えられる。

③ 高大連携物理講座の満足度

講座の満足度は大変高かった(グラフ11)。アンケートのコメントでは「日常では絶対出会うことのできない話をたくさん聞くことができた。」「高校だけでは見られないことが見られてよかった」などの意見が寄せられた。

高校の物理では触れない分野に触れることができたことが高い満足度につながっている。

④ 講座の内容

ほとんどの生徒がよかったと考えている(グラフ12)。各回の講義の内容は適切であったと考えられる。

意見として寄せられたものは「実験を増やした方がいいと思った。」「実験を大学でもっとやりたかったです。」「実験と講義のバランスをもう少し整えて欲しい。」と実験に関するものが多かった。今年度は2日(4回分)の実験講座であったが、来年度以降は、回数を増やすことを検討する必要がある。また、生徒が参加する講義の形式を工夫することも大切である。

⑤ 講座の回数

適度が71%と、今年のペース(月1回程度)が適度と捉えている(グラフ13)。少ないという回答では「月2回くらいがいい。」という意見もあった。今年度程度、月1回の開催が適当な様である。

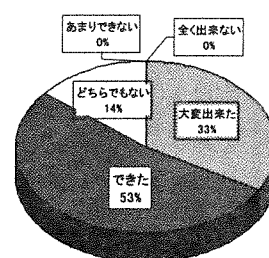
⑥ 単位認定について

ほとんどの生徒が、高校・大学両方とも単位申請をしたいと答えている(グラフ14)。

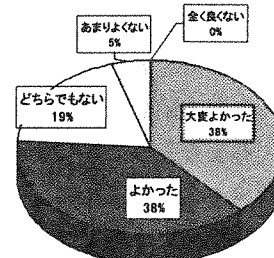
今年度の結果を受けて、大学、高校側双方で単位認定の具体化を検討していく必要がある。

今年度は講座の生徒への効果を確認することが中心となってしまったが、単位認定を行う場合、評価の方法などを検討しておく必要がある。

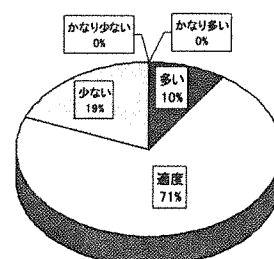
講座の満足度(グラフ11)



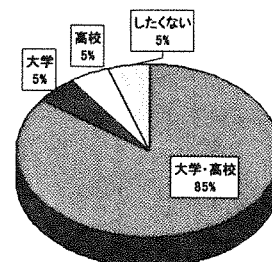
講座の内容(グラフ12)



講座の回数(グラフ13)



単位申請したい単位(グラフ14)



4. 事業の評価

(1) 生徒への効果

① 講座を通して生徒の科学や物理に関する興味関心は非常に高まった

大学教員による専門的な講義は、生徒に対して非常にいい刺激になったようである。ほとんどの生徒が、興味関心が高まったと考えられる。1年を通した講座であり、かなり専門的な内容であったので、逆に興味を失うのではないかと心配があった。だが、生徒は難しくとも自分の興味がある分野については、非常に興味を持って参加している事が分かり、非常に高い効果を得ることができた。

② 進路や大学進学への意欲はある程度高まった

多くの生徒に対して、意欲を高める結果となった。進路に対してある程度、明確な目標を持った生徒が参加しているため、影響の無かった生徒もいた。大学の研究だけでなく、実社会で応用されている物理分野の内容などを、もっと取り入れるなど、工夫をすることができると考えている。また、大学で講義を行う方が、生徒は大学の雰囲気に触れることができ、新鮮に感じられた様である。

講義の多くにTAとして大学生、大学院生に参加していただいた。生徒は年齢が近いこともあり、いろいろ聞いたりしやすかったようである。大学生と話ができたことは、生徒によい刺激となったようである。

③ 物理分野の専門的な知識・教養は高まった

生徒の専門的な知識・教養はとても高まった。反面、日常的な知識・教養については、あまり高まることは無かった。これは、講義の内容が生徒にはかなり専門的であると感じられたためである。放射線の医療への利用など、生活に密着した講義もあったが、他は、物理Ⅰを履修中の生徒にはかなり高度な内容と捉えられたようである。

(2) 講座と単位互換について

① 内容と回数は適切であった

適切な内容、回数であったと考えられる。生徒からの要望の多い実験講座の回数については、大学側と検討が必要である。また、道具を持ち込むなど、生徒が参加できるしかけを様々に用意していただいた。

講義の合間にコーヒープレイクの時間を30分程度設けたが、これが講師やTAへの質問の時間になっており、良い効果があったようである。

② 単位互換を求める生徒が多く、具体的に検討する必要がある

講座参加者は単位互換を肯定的に捉えている。1年を通して講座のスタイルは固まってきた。しかし、単位互換については、大学側・高校側双方に検討の途中である。

5. 課題

(1) 参加者の広がり

今年度は、回によって参加者が大きく変わったが、主となったのは3校、15～20人程度が毎回のように参加した。県内全高等学校に案内を配布したが、さらに多くの学校、生徒が参加しやすい日程などを考える必要がある。

(2) 内容の改善

実験講座を増やして欲しいという要望について、大学側と協議を行う。また、生徒が演習などで参加できる形式を模索していきたい。

(3) 単位互換について

単位互換について、具体的に評価や単位の内容について協議を行う。今年度は、一年を通した講義の内容が生徒に受け入れられるかを中心に検討したが、アンケート結果などから、具体的に単位認定について討議をすべき段階に入ったと考えられる。

高校側が単位認定する場合、補充授業が必要であると考えられる。また、認定に際しての評価の方法についても、今後の検討課題である。



4節 アメリカ合衆国研修旅行

8月20日からの9日間、多くの方のご支援をもとに、理数コース42名を対象とした、アメリカ合衆国研修旅行を実施した。アメリカ合衆国東海岸までの長時間の航空機による移動、それに伴う時差ぼけ、その後の真夏のフロリダ半島での行動と生徒の健康維持に大きな不安があったが、大きく体調を崩す生徒は皆無であり、参加生徒全員が事前に予定プログラム全てに参加し、日本国内では決して経験できない貴重な経験をすることができた。

(1) 研究仮説 本研修旅行は以下の目的達成にきわめて有効な手段として作用するとの仮説に基づき実施した。

～このような研修旅行は、生徒の知的好奇心や探究心を高め、科学技術に対する視野を広げ、国際感覚を育てることができる。～

- 宇宙開発に関する科学技術の成果と今後の課題について考察し、宇宙開発と人間のかかわりについて学ぶことができる。
- NASA や宇宙関連機関で働く科学者、技術者や宇宙飛行士と直に接することで、夢や希望を抱くだけでなく、将来の進路選択の1つととらえるようにするとともに、世界を代表する彼らの生き方を学ぶことができる。
- 学問の場として、世界最高峰であるハーバード大学やマサチューセッツ工科大学に訪問し、学生と交流することで、学びの本質について生徒に考える機会を与えることができる。

(2) 今年度までの流れ

平成15年度のSSH指定以来、新潟南高校では数々の臨地研修を実施してきた。主なものを列挙すると、つくば研究学園都市研修（延べ16か所の見学研修、参加400名）、東北大学研修（物質材料研等、参加8名）、東京理科大学研修（参加10名、薬学部等）、東京研修（日本科学未来館等、参加35名）屋久島種子島研修（ヤクスギランド等、参加24名）等々。臨地研修以外にも、課題研究や近隣大学への訪問など数々の研究事業を実施してきたが、ふだんとは異なる空間での臨地研修での生徒の高揚感、知的好奇心の高まり等は臨地研修でなければ達成できない部分もあると考える。本研修では、今までの臨地研修の成果をもとに、より大きなインパクトを生徒に与え、先に記述した効果を十分に与えることを目標として実施された。

(3) 事業内容

- ① 実施期間 平成19年8月20日から平成19年8月28日まで（8泊9日）
- ② 研修地 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州ボストン、フロリダ州オーランド
- ③ 対象 理数コース1学年生徒42名（男子26名、女子16名）（参加は希望者を対象としたが理数コースのクラスの生徒全員が希望した）
- ④ 引率 大竹静男（学校長・団長）、高橋義之（対象生徒担任）、上野千香子（英語）、旅行社添乗員1名
- ⑤ 研修スケジュール
 - 8月20日 早朝新潟発 バスにて成田空港へ デトロイト経由ボストンへ
 - 8月21日 チャールズリバー河畔散策、トリニティー教会 ハーバード大学構内研修、学生にインタビューツアー、ビーコンヒル、ボストンコモンなどの古い町並みの散策
 - 8月22日 MIT 構内研修 MIT 博物館リサーチプログラム実習 USS コンスティチューション、クインシーマーケットなど ボストン市内の見学研修
 - 8月23日 ボストンからオーランドへ移動
 - 8月24日 「宇宙飛行士の殿堂」にて4G体験 スペースセンターバスツアー「39発射台展望台」、「アポロ・サターン5センター」、「国際宇宙ステーションセンター」
 - 8月25日 NASA 技術者とのアセチレンペットボトルロケットの打ち上げ能力向上のための講演を聴く「シャトルロンチシュミレーター」体験や「アイマックスシアター」の見学研修

8月26日 ディズニーランド

8月27日 デトロイト経由成田へ バスにて日本時間28日深夜帰校

⑥ 個々の研修内容について

・ 早朝のホテル近郊の散策について

早朝6時より自由参加の形でホテルからチャールズリバー河畔へ、散策を行った。早朝より7割の生徒が参加した。現地大学生が盛んにランニングやボートをこいでいる姿と一緒に走って汗を流す生徒もいた。また途中にはフェンウェイの球場があり、その周辺を散策してくれる生徒もいた。到着直後の時差ぼけの中での7割の生徒の積極的な参加は評価したい。2日目はグループ単位での自由散策を許可していたが、1,2グループの散策に留まった。入国からの緊張も取れ、朝、定刻に自分から起きることができない生徒も見られた。



・ ポストトリニティー教会の観光について

わずか20分の滞在であったが、新しいビルのミラーに映る古い教会の姿はボストンらしさを象徴しており、その美しさ、古いものと新しいものの融合のあり方について生徒は十分満足できたものと思う。

・ ハーバード大学学生ツアーについて

生徒を21名ずつのグループに分け、1グループに日本人を含む学生2~3人を配置し、およそ1時間のキャンパスツアーと1時間のランチタイムを取ることができた。日本人留学生で今回参加した北川氏は、『東大よりハーバードに行こう!?!』(著: 森田正康 出版社: アルク)で著名な方である。キャンパスツアーではハーバード大学内の主要な施設や学生のエピソードなどをお話していただきながら進めた。またランチではその留学生と生徒との位置関係によって、およそ半分程度の生徒は十分に学生と話をすることができたが、半分は消極的な態度に終始した。しかし、なぜハーバード大学に留学したかを問う質問には、日本の大学、大学生のあり方を疑問とする積極的な話を伺え、生徒には刺激になったと思う。またハーバードの学生が試験に追いまかれ、試験の結果で奨学金の額(生活費などを含む)が決定されてくるなどのエピソードは生徒の興味を惹いた。そのほかイラク戦争への日本の現在の関与やアメリカのごみを分別しない状況などについて、意見交換をする姿もみられた。また「日本の学生はdisadvantageを無くそうと勉強するが、アメリカの学生はadvantageを伸ばそうとする。1つでも良いから何かに飛びぬければよい」という話に生徒は新鮮な驚きを覚えたようだった。



・ ハーバード大学付近での学生インタビューツアーについて

ハーバードのキャンパスツアー終了後、キャンパス内のCOOPで解散、生徒は予め用意した課題(指導済み、複数の外国人に対し英語でコンタクト)を持参し、4~5人のグループで学内の学生に質問して答えをもらってくるツアーに挑戦した。好きなスポーツや日本のことで知っていることなどの質問をしてきた。英語での問答がうまくいかなかった場合に備え、学校長名による生徒の質問の目的について記載させた紙を持たせたが、うまくコミュニケーションが図られたグループが多かったようである。最高で5人、少なくとも2人の学生に対し、多くの生徒がコミュニケーションを図ることができた。グループによっては一緒に写真を撮影したり、メールアドレスを交換できたりしたようである。このインタビューツアーを一番の思い出に上げる生徒も少なくない。

・ ビーコンヒル、ボストンコモン周辺のグループ別散策

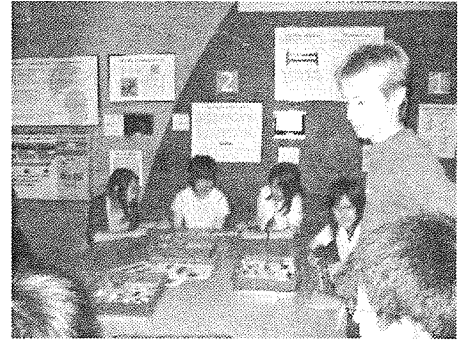
ビーコンヒルの特徴的な美しい街並みは女子生徒を中心に好評で生徒の写真撮影枚数もこのポイントで非常に多くなっている。しかし州議会前で解散し、グループでの自由散策を指示したが、ハーバードでの緊張による疲労と時差ぼけのためか生徒の動きは鈍かった。やむを得ないことかもしれない。

・ MITミュージアムプログラムについて

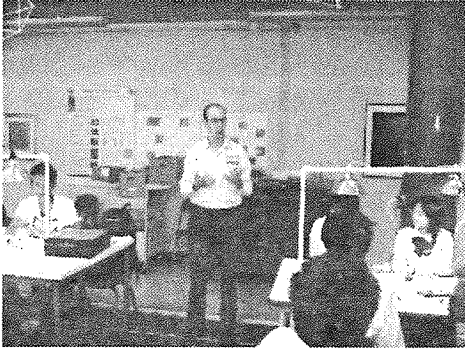
21名の生徒が2つの90分のプログラムにそれぞれ参加した。

The Cell as Factory レゴブロックを用いてDNAからたんぱく質がつくられる仕組みについて講義を受けたあと、コンピュータシミュレーションを行った。レゴブロックの開発担当者による講義であり、またミュージアム

内の講義を受けた部屋も細胞に見立てられた本格的なものであった。高校時代まで日本で過ごしたという MIT の学生がわかりやすく通訳してくれた。彼の言うとおりの教科書で学ぶには困難なく、ブロックを用いて学ぶことで非常にわかりやすく学ぶことができた。講義を聞いて、ブロックでシミュレーションする生徒の積極性もとても高かった。ブロックを用いたことで生徒の評判も非常に高かった。このブロックの購入を検討したい。



Here comes the Sun ソーラーシステムについて学ぶツアー。太陽電



池と光源の関係、太陽電池を直列につなぐことで発電量が倍増するなどについて、実際に太陽電池を用いて学んだ。その講義は英語のみであったが、ゆっくりしたもので、若干のアドバイスを加えることで、生徒の理解の範囲であったと考えられる。電流の向きについての説明はあったが半導体などの太陽電池の具体的な説明については十分な講義はなかった。その後、太陽電池を用いて 2,3 人のグループに分かれて工作を行った。ドラえもんをつくったグループの作品は、その後アメリカの学生の団体のミュージアムツアーに紹介された。更にグループの代表者が製作者として紹介され、拍手を受けた。幾分、工作に偏

ったプログラムであったが、言葉の問題と MIT の“ものづくり”の姿勢を考えると、適切であったと思われる。また、途中で工具について積極的に英語で質問する生徒もみられた。

• MIT 自由見学とランチ

MIT のメインのビル、ロジャースビルを自由見学した。廊下から研究室を覗いたり、戦争でなくなった学生のレリーフを見学したりした。戦争でなくなった学生を大学で永久に追悼することについては、ハーバード大学でもあり、生徒にとって印象深いことであったようだ。ランチの時間は十分にとれなかったが、各自コープで好きなものを注文し食べていた。

• MIT ミュージアムの自由見学

45 分ほどの時間をかけて、ミュージアム内の自由見学を行った。ただ前日同様、ここまでのプログラムが濃厚であったためか、積極的な姿勢に欠く生徒も一部に見られた。しかしその反面、飽きることなく 1 つの展示物について食い入るように見る生徒も見られた。

• US コンスティチューション（アメリカ海軍の木造船殻、3 本マストのフリゲート）見学

学習のあとで、海に浮かぶアメリカ海軍の木造戦艦を 20 分ほど見学した。海軍兵士による行進も見られた。

• クインシーマーケットでの買い物

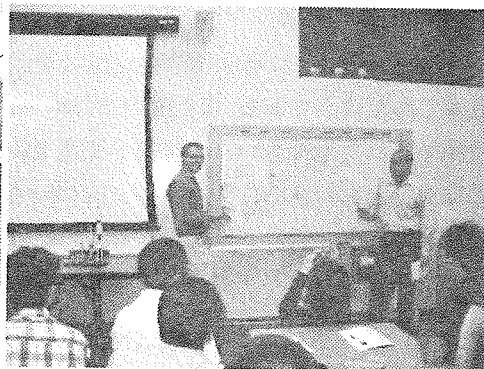
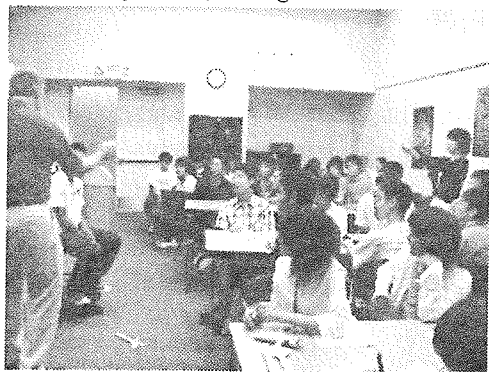
ボストンのみやげ物街である。規模が大きく大変にぎやかな場所で、1 時間半ほどの自由時間に生徒は思い思いにお店を覗いたり、お土産を購入したりして過ごした。Information で英語で道をきいたり、お土産の購入で店の人との簡単な英語のやり取りを楽しむ余裕を見せる生徒もいたようだ。また生徒には事前にはがきを渡し、保護者に感謝の気持ちを伝えるはがきを書くように指示してあり、多くの生徒はここで切手を購入、投函することができた。

• ケネディースペースセンター（KSC）での講演について

3 月下旬事前視察の際、教育プログラム担当責任者である、スティーブ氏にお会いすることができた。そこで実際にアセチレンロケット実験の紹介ビデオテープを示し、打ち上げにおける具体的な改善点について直接生徒に指導いただきたいとのお願いをした。しかしその後のメールのやり取りで乾燥地帯における、実験ロケットの打ち上げについてはセキュリティ部門からのストップがかかったとの連絡を最後にしばらくメールでの問い合わせに返事がない時間が続いた。直前になり、電話、FAX での紹介にも音信不明であったが、旅行社、現地スタッフの問い合わせに、対し 1 時間ほどの講演ができそうだと返答があった。心配しつつ、指定された時間に KSC 内の教育部門の建物を訪問すると、訪問の歓迎を受け、早速教育部門担当者であるジェームズ氏からロケットの推進原理について話が合った。紙を丸めただけの円筒形のロケットを室内で生徒が飛ばし、翼をつけることで安

定性が増すことや、ジャイロ効果の確認など具体的に生徒に実験しながら話をしていただいた。生徒は多分の疲労を見せており、講義中の居眠りなど懸念されたが、全ての生徒が前のめりの姿勢で時には驚きの歓声を上げながら、講義を受けることができた。その後、会議中であったにも関わらず、スティーブ氏が来てくれ、歓迎の挨拶を頂くことができた。ジェームズ氏の講義のあとは、実際にスペースシャトルの設計に関わっている技術者のジョージ氏から、アセチレンペットボトルロケットにおける具体的な翼の取り付けについての講義を頂いた。ホワイトボードとパワーポイントを使いながら、具体的にペットボトルロケットの重心と圧力重心を考慮した位置について具体的なアドバイスを頂くことができた。来年度の課題研究に向け、その具体的なアドバイスは生徒にとって大変貴重なものとなった。以下、講義のあとにジョージ氏から頂いたメールである。

It was an honor to meet with you and your students at the Kennedy Space Center today. I hope your students learned a little more about rockets as a result, and I wish you continued success with you rocket project and your classes as a whole. I am attaching a copy of the rocket fin presentation; I hope it helps you and your students with your experiments. One more thing I thought of after we met: you may want to glue a simple paper cone to the top of your rocket so that the shape is more aerodynamic. Please let me know how your experiments turn out as a result of adding fins at the bottom and mass at the top. Good luck! Sayonara, George W. Hatcher Shuttle Digital, Guidance and Control Systems



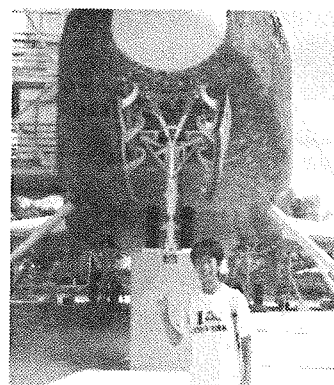
これらの講演は生徒の評価も高いものとなった。また現地ガイド氏によれば、KSCによるこうした待遇は稀なものであるとの事である。講義はその特殊性を配慮し、通訳の方をお願いし、その内容理解をはかった。

• KSC でのバスツアーに関して

KSC では入場の際、厳しいセキュリティチェックを受ける。携帯電話やデジタルカメラなどは電源を投入し動作チェックが行われる。しかし空港でのセキュリティチェックを受けているためか、違和感なくそれぞれがチェックを済ませることができた。一般観光客に混じって、KSC 内の 3 箇所を回るバスツアーに参加した。バスツアーのバスストップは全部で 3 か所、「39 発射台展望台」「アポロ・サターン 5 センター」「国際宇宙ステーションセンター」の順に回った。それぞれで現地ガイド氏によるジョークを含めた説明が行われ、充実した内容となった。またバスの中では英語による案内ビデオが流されており、一部の生徒は何とか聞き取ろうと真剣



な表情でビデオをみていたことも印象的である。バスツアーのメインは、アポロ・サターンロケットの実物展示である。生徒はロケットのその巨大さに驚かされたようである。他にも司令船(最後のアポロ)の本物、宇宙服、「月の石」の展示があり、「さわれる月の石」には多くの生徒がさわり、その感覚を味わっていた。また今まさに建設中の国際宇宙ステーションに関する展示も生徒の強い関心をひいたようである。モジュールの模型の宇宙トイレや宇宙ベッドを見ていたが、一部の生徒にとっては時間が不足していた。



• 宇宙飛行士の殿堂でのアメリカ宇宙開発の歴史資料の見学、4G の体験について

混雑を避けるために、朝の開館と同時に入館、生徒の半分をミュージアムの見学、半分を 4G の体験にまわした。4G 体験は現地ガイドにより結構ハードなものとバスの中での説明があつたがほとんどの生徒が体験を希望

し、3回も体験した生徒もいた。一部生徒はここまでの疲労と4Gの体験により、気分を悪くし吐瀉してしまった。しかし日頃体験することのない4Gの体験は生徒にとって貴重なものであったといえる。その他、火星探査に見立てた乗り物体験や、アメリカの宇宙開発の歴史の資料展示の見学、一部お土産の購入などに3時間弱の時間を費やした。

- KSC 自由見学について

今回の旅行でKSCでは講義を含めて2日間を費やした。2日目の午後はKSCの自由見学にあてた。主な時間の過ごし方として、①昨日のバスツアーに再度臨み、じっくり見てくる。②完成したばかりのシャトルの打ち上げシミュレーター「シャトル・ローンチ・エクスペリエンス (Shuttle Launch Experience)」を経験してくる。③アイマックスシアターという3Dの映画を見てくる。④ギフトショップで買い物などを提案した。ほとんどの生徒が、①以外で時間を費やした。やはり真夏のフロリダで時間の制約と絶対遅刻できない状況での少人数でバスツアーに再度臨むのは困難と判断した生徒がほとんどであったようである。②のアトラクションは音、振動など、スペースシャトルの打ち上げを忠実に再現し、乗客は宇宙飛行士となって、スペースシャトルの打ち上げを体験できるものとなっており、生徒には大好評であった。総じて長い旅行の疲れと刺すような日差しのためか、生徒のテンションはどちらかといえば高いものとはいいがたいものとなった。

- 最終日ディズニーランドについて

当初研修ツアーは8日間の予定であったが、「せっかくディズニーの近くに行くのに・・・」という生徒と保護者の声で最終日に1日ディズニーランドでの自由時間を設定した。ほとんどの生徒が決められた20時帰着ぎりぎりまでアトラクションを楽しんだようである。また園内では単独行動を禁止したが、友人とはぐれたために、その生徒を探し回って帰着時間が遅れた生徒もいた。携帯が使えない状況、しかも日本とは勝手異なる状況でのトラブルに対する良い経験になったともいえる。ディズニーについて生徒の評価は分かれていた。ディズニー最高！という意見は少数派であり、ボストンでの学生インタビューが最も楽しいものとなったとする意見や、KSCでの講演が一番充実したプログラムであったとする意見やMITのタンパク質ができるまでの話がもっとも良かったとする者などに分かれた。

- ⑦ その他

- インターネット上での写真の公開について

マイクロソフトのウインドウズライブスペースを用いて、旅行中の生徒の様子をインターネット上に公開した。ボストンではハーバードやMITの好意でPCを借用し、多くの写真をアップできたが、オーランドでは適当なPCを見つけることができず、携帯電話で撮影したわずかの写真に留まった。しかし旅行中のアクセスは1500件を超えていた。子供の初めての長期旅行、しかも海外ということで、子供の様子を知りたいという保護者の声は大きく、それにうまく応えられたように思う。

- 緊急事態対応に備えた保護者との連絡手段の構築について

緊急連絡の必要があった場合に備え保護者のほとんどから保護者の携帯電話のアドレスを事前に頂いた。またこれは深夜の帰着時間を知らせるための手段としても活用された。

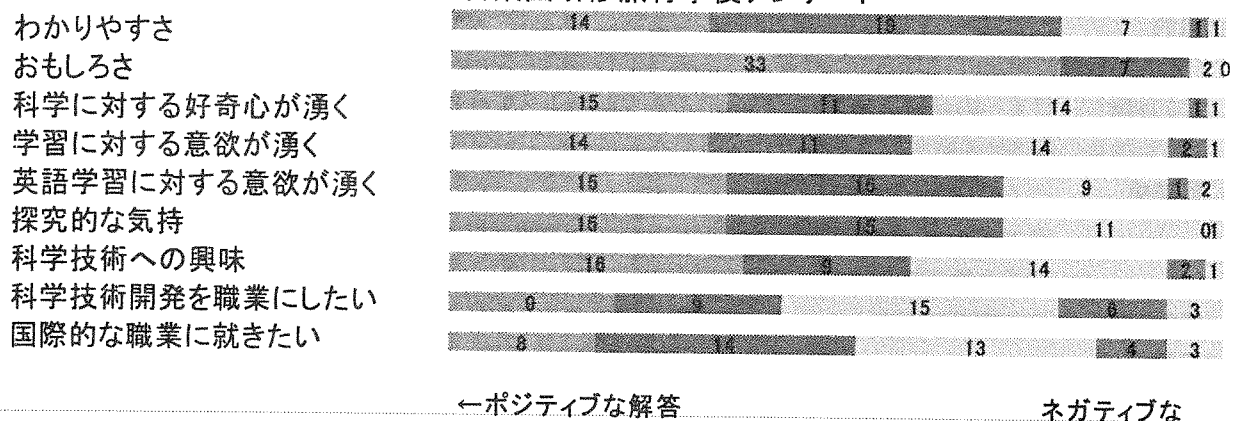
(4) 実施の効果とその評価

以下のグラフに示すように9項目でアンケートを行った。どの項目についてもポジティブな回答の割合が高い。科学技術への興味関心の育成などについて、ほぼ狙い通りの事業展開ができたものと考えている。ただし将来の職業についての項目では、ポジティブな回答が他より少ない。1学年のためか、職業についての意識形成の難しさがうかがえる。ただ、スペースセンターでシャトルのデザイナーの方からお話を頂いたあと、その若さと情熱に憧れの気持ちを語る生徒もいるなど、一部の生徒には強く意識啓発を与えることができたものと考えている。

生徒の感想より

- ハーバード大学に在学する日本の学生さんとお昼を一緒に食べたのがよかった。世界規模の視野を持っている人と話するのは自分の視野を広げるのにとても役に立ったと思う。
- 英語でのコミュニケーションは、今までなぜ英語を勉強するのだろうという私の疑問にはっきり答えてくれた。とにかくこれから英語の勉強をもっとがんばりたいというような気持ちにさせてくれた。

アメリカ合衆国研修旅行事後アンケート



- ハーバードでの英語のインタビューは思っていたよりも格段に面白く、英語力を試すのにとっても良い機会になった。インタビューした学生さんが日本に関心を持っていて話が盛り上がり時間がもう少し欲しくなった。日本からのお土産の扇子をあげたら、とても喜んでもらえた。
- 国際空港を利用したり、チップを払ったり、時差ぼけしたり、色々な体験が出来たことはよかった。
- アメリカは食べ物をたくさん作り、たくさん捨てる。ほぼ全ての食べ物が異常にしょっぱく、甘く、辛く、苦い・・・どうしてこんな濃い味付けをするのだろうと感じた。
- 研修の中で特に NASA でのロケットの仕組みについての講義が一番面白かった。動いているものは外からの要素がなければ止まれない、逆に止まっているものは、外からの要素がなければ動かない。そのためにジャイロスコープをつかったりする。まっすぐ飛ばすためにセンターオブグラビティとセンターオブプレッシャーとを離すように翼をロケットに取り付けるなど、とてもわかりやすく興味深い講義でした。
- MIT で実際にレゴを使って、自分で塩基を 1 つ 1 つつないでみることで、転写や翻訳の仕組みが良くわかった。このレゴブロックを 1 セット持ち帰りたかった。

保護者の感想より

- 年齢の近い大学生と話してみる、そのトップの人たちの講義を聴くなど、見る観光旅行では味わうことができない感覚を刺激され、一回りも大きくなって帰って来てくれました。今ではこのような機会を与えてくださったことに親子共々、本当に感謝の気持ちでいっぱいです。ありがとうございました。
- 予想していた以上に内容の濃いものであったし、今回こういう企画があり、思い切って参加させてよかった。初めて体験できたことが多くあってよかった。
- 高校生のうちに、貴重な体験をさせていただいたと思います。個人ではこれだけの内容をこの費用で実現することはできず感謝しております。
- 最先端の技術、最高の研修場所だと思います。そこへこんなに若い時期に体験できたこと、素晴らしいと思います。この時期だからたくさん吸収できたと思います。
- 帰って来たときの満足そうな顔からも、充実した研修だったことがよく分かりました。早速デジカメで説明してもらいました。感じてきたことはとても大きいと思いました。AIRMAIL で感謝の言葉もあり、心の成長も大きいと思います。
- 「百聞は一見に如かず」とはこのことか・・・を特に理解したようです。英語を話せるようになりたい！もっと世界を見たい！！そのためにはもっと勉強をしなくては・・・という思いが強くなったようです。自分にあう勉強を探そうと、結果はすぐには出ないと思いますが、やる気を持って帰ってくれました。

終わりに

今回の研修旅行では新潟南高校同窓会ならびに職員等の多くの皆様にご支援いただきました。また文部科学省、JST 等の SSH 支援機関にも大変お世話になりました。このような研修旅行を生徒とともに体験できたことは、素晴らしい経験となりました。ありがとうございました。

5節 筑波研修旅行

1. 目的

最先端科学技術施設において、世界レベルの科学技術開発現場の雰囲気を経験し、将来への目標を考える。知的好奇心を刺激すると共に、科学技術開発の重要性を認識し、自らの目標の1つとして捉える。

2. 訪問先

つくば研究学園都市

高エネルギー加速器研究機構 KEK、宇宙開発事業団 JAXA

農業生物資源研究所、筑波大学（学校説明会）

3. 参加生徒

2年理系希望者 16名

4. 日程

8月1日（水）

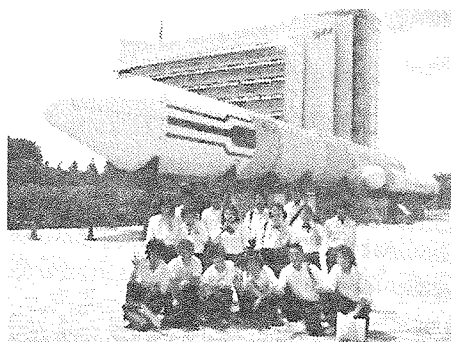
出発 バス移動（9:00～11:30）→昼食（11:30～12:30）→バス移動（12:30～15:00）→農業生物資源研究所見学〔遺伝子抽出実験、遺伝子工学・ゲノム解析について解説、研究施設の見学〕（15:00～17:00）→バス移動（17:00～17:30）→宿舎着（学習・食事・入浴・就寝）

8月2日（木）

起床・朝食・集合（～8:30）→バス移動（8:30～9:00）→大学説明会受付（9:00～10:00）→筑波大学大学説明会（10:00～16:30）〔学類別説明・研究室紹介・施設見学等〕→バス移動（16:30～17:00）→宿舎着（学習・食事・入浴・就寝）

8月3日（金）

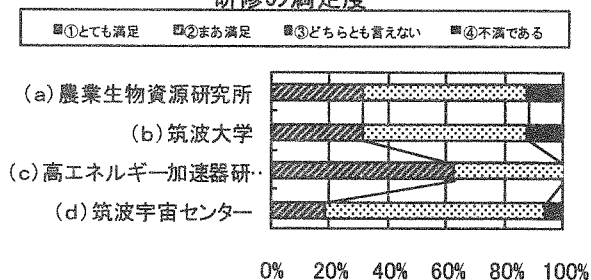
起床・朝食・集合（～8:30）→バス移動（8:30～9:00）→高エネルギー加速器研究機構（9:00～10:30）〔施設見学・解説〕→バス移動（10:30～10:45）→筑波宇宙センター〔施設見学・解説〕（10:45～12:20）→昼食（12:20～13:00）→バス移動・帰着（13:00～18:00）



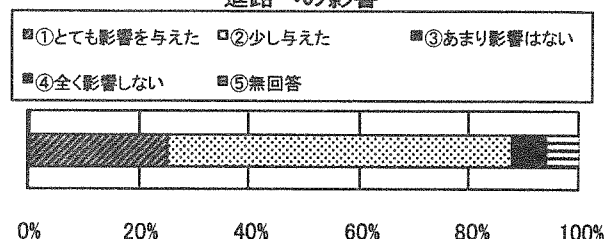
5. 成果

1日目に農業生物資源研究所、2日目は筑波大学（大学説明会）、3日目は高エネルギー加速器研究機構と筑波宇宙センターを訪問、見学した。農業生物資源研究所ではジーンバンクの見学やDNA抽出実験を経験し、筑波大学の大学説明会では、それぞれの進路にあわせて各々学類を選択し、説明や模擬授業等を受けた。高エネルギー加速器研究機構では最新の測定器 Belle 測定器や放射光実験棟を見学・解説していただいた。筑波宇宙センターでは宇宙ステーション実験棟「きぼう」等解説をしていただきながらの見学となった。最新の研究内容の紹介や実験等の体験的な活動をさせていただくことができた。アンケートからも進路への影響が少なからずあり、科学に対する興味を喚起する上でも大変貴重な経験であった。

研修の満足度



進路への影響



科学教育の充実

仮説

著名な科学者による講演を聞くことで科学についての興味・関心を高めるとともに、講演者の生き方や人生観を学び、進路選択や今後の人生に生かす。また、自然科学に関わる課外活動や部活動を充実させることで、より深く学ぶための探究心を育成することができる。

研究内容

以下の取り組みにおいて、生徒の様子、アンケート・感想等により検証する。

「講演会および発表会」「部活動の活性化」

6節 講演会および発表会

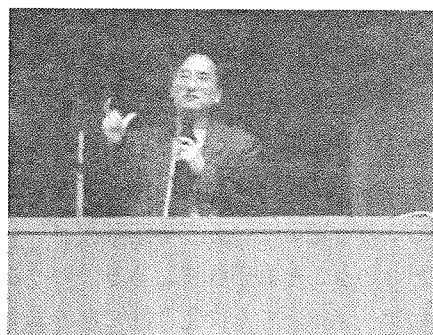
SSH講演会

1. 目的

著名な科学者の講演を聴くことにより、科学について興味・関心を高めるとともに、科学的な感性や科学する心が養われる。また、その人の生き方や人生観を学び、今後の進路選択に役立てる。

2. 実施内容

- (1) 実施日 11月5日(月)
- (2) 実施場所 本校第1体育館
- (3) 対象生徒 全校生徒
- (4) 講師 新潟大学脳研究所神経内科 教授 西澤正豊 先生
- (5) 演題 「認知症はどこまでわかったか」
- (6) 講演要旨



認知症では記憶障害と実行機能障害が診断基準となる。記憶障害は特別の事ではない。普通の人でも忘れることはある。実行機能障害は行動を計画、実行、チェック、修正することができなくなる。さらに、これらの基本症状に加えて、周辺症状がある。

アルツハイマー病は脳の中でタンパク質がたまる病気。一つは老人斑、もう一つが神経原線維変化といわれるもの。早期の診断では磁気共鳴装置が使われ、新潟大学には世界で3台しかない磁気共鳴の装置がある。

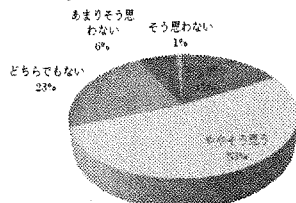
治療法は、ワクチン療法がネズミに対して行われ、アメリカ、ヨーロッパでは、臨床実験も行われている。脳炎になってしまう副作用があるので今のところ足踏み状態になっている。他の治療法との組み合わせでより有効なものが研究されている。

どう患者さんに接すればいいのか。大切なのは知的主体は衰えるけれど、情動はしっかりとしているということ。ものとられ妄想など周辺症状があるが、それは年をとって行く中での喪失感と人の世話になりたくないという二面的な感情によるもの。認知症のケアには相手の心根を汲む事が何より大事。失敗をしたとき、その責任を追及し、再度失敗しないよう教育するのは認知症の患者さんには効果がない。患者さんの身の丈にあった生き方を彼らとその家族らと一緒に見つけ続けることが必要。

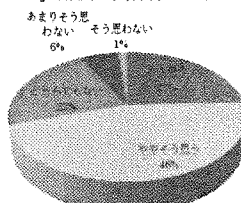
- (7) 交流会 講演会終了後 物理地学講義室(参加者3年3名、2年4名、1年8名)

3. 生徒アンケート

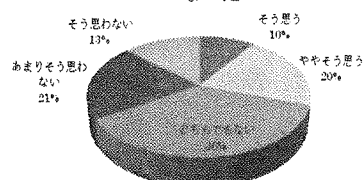
Q1講演内容はよく理解できた



Q2講演は興味深かった



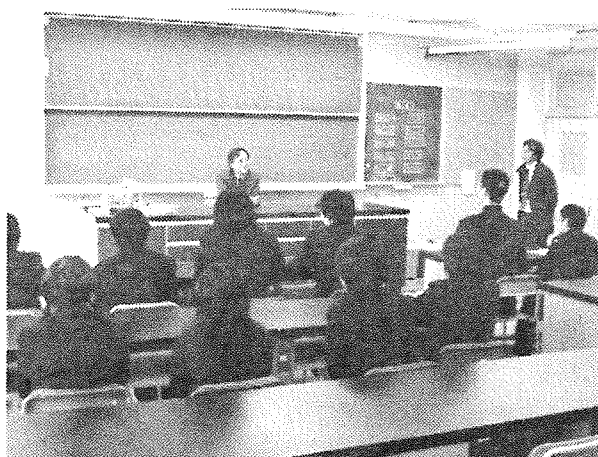
Q3自分の進路を考える上で参考になった



- ・認知症の人にも情動（感情）が残ると聞いて、はっとした。感情があるからこそ今までできたことができなかったり、自分の思ったことが表現できないことは辛いだろうなと思った。（2年男子）
- ・認知症患者への適切な接し方、理解することを詳しく説明していただいたので、とても勉強になった。認知症患者の苦しみを知って助けになりたいと思った。（2年女子）
- ・来年も医療に関することをやってほしいです。（1年女子）
- ・アルツハイマーはとても切ない病気だと思った。悲しみも怒りも焦りも感じるのに自分だけで対応できないこと、解決しないままその感情が大きくなっていくこと、私は考えるだけで胸がつまってしまった。先生の体験談や詩をきいたときなんて涙がとまらなかった。前半お話しされた内容は私には難しかったけれど、後半部分はこれから私たちが多くの人と生きていく上でとても参考になったと思う。（1年女子）
- ・アルツハイマーは脳の細胞が機能しなくなっておこるものなのということは知っていたけれど、何かのタンパク質が細胞にたまって細胞が機能しなくなるというのに驚いた。そんな小さなものの事まで解明してしまう医学はすごいと感じた。（1年女子）
- ・病気の原因・理由だけをつきとめようとするのではなく、実際に患者さんの気持ちになって「どのようなことができなくて困るのか」を考えていくことが大切だという話に感動した。（1年女子）
- ・あまり医学には興味がなかったけれど、今日の講演で少しだけでもてた気がする。（2年女子）
- ・日頃、祖母や母に、もし認知症になったらどうする？ちゃんと面倒みてねと言われるけれど、実際くわしく考えたことがなかったので良い機会だった。（2年女子）
- ・アルツハイマー病になったらメモをとればなんとかなるのかなと思っていたけど実際はそうではなく、メモをとることを覚えているのも困難だということを知って驚きました。さらに自分が忘れたり記憶があまりできない人ということも忘れてしまうということで自分の思っていた以上に深刻な病気であることがわかりました。今回のテーマはとても身近な話であるように感じられて、色々と考えさせられました。（2年男子）
- ・一番思ったことは、アルツハイマーもそうであるように、すべての病気において「心のケア」というものはとても大切だと思った。ただただ薬を大量に服用したり、過剰な医療を施すだけでなく心のケアなど根本的なところからしっかりと見つめ直した医療が実践されればいいと思った。（3年女子）
- ・祖母が認知症なので、いろいろと参考になりました。接し方を変えてみたいと思います。（1年女子）

4. 成果

アンケートの生徒の声から、今回の講演会は理系だけではなく広く文系の生徒にも身近な問題であり、科学という意味だけではない興味深い講演となった。講演後、希望者との交流会が開かれ、約1時間にわたり質疑応答を行った。生徒からの「どういう人に医学部にきて欲しいか」という問いに対して「マインドを持っている人。どういう勉強をしたいと思っているかを明確に持っている人。それから、人間が好きでないとだめ。人間の事を知りたいと思う人。」や「今の生き甲斐は何ですか。」という問いに対して「今の大学は大変でやらなければならない事が多い。病院もやる事が増えた。でもなぜ大学にいるのか」というと、次の世代の人に伝えたい事があるから。ナイチンゲールは統計学者だったが戦時中に病院で死ぬ人が多い事を見て、看護の考え方をつくった。誓いの言葉といい、今でも戴帽式で看護師が唱える。そういった専門家の価値観が大切。」等、先生の人柄に触れられるお話を聞く事もでき、参加した医学部を志望する生徒にとっては、指針となり励みとなる機会となった。



SSH生徒研究発表会

1. 目的

全国から集まったSSH指定校の発表を見ることで、科学的な研究・発表の方法を学ぶとともに、他校の生徒との交流の中で、自己の研究の発展の方向性を探る。また「課題研究」でこれまでに研究・発見・理解してきたことをポスターセッションを通して発表し、その技術を高める。

2. 目標

- (1) 他校の生徒の発表内容を理解するとともに、科学研究の進め方や、相手に「より伝わる」プレゼンテーションの方法を習得する。
- (2) ポスターセッションで研究成果を発表し、全国の高校生との交流を深める。

3. 事業の概要

- (1) 実施日 8月2日(木)～3日(金)
- (2) 実施場所 パシフィコ横浜
- (3) 対象生徒 3学年男子2名、3学年女子1名
- (4) 日程 8月1日(水) 12:00～16:00 ポスターセッション準備
8月2日(木) 9:30～ 開会、オリエンテーション
11:00～15:45 研究発表会(4分科会)発表、講評
16:00～17:30 ポスターセッション
17:40～18:00 代表校選出、1日目閉会
8月3日(金) 9:30～11:15 ポスターセッション
12:00～15:20 代表校発表、講評、閉会

4. 評価・感想

(1) 教員による評価

ポスターセッション発表の準備に、かなり力を入れさせたつもりだったが、いざブースの中に展示してみると、なかなか思うような形にならず苦勞していたようだ。他校のブースでは、その学校ごとに様々な工夫がされており、発表内容もさることながらプレゼンテーションやデコレーションの技術も高める必要があると痛感した。しかしながら発表を始めてみると、予想以上に多くの他校生や先生方が訪れてくれて、生徒たちは生き生きと研究成果を発表することができた。また、想定外の質問に対してもその場で真剣に考え、紙と鉛筆で答えを出そうとする姿勢が見られ、日頃の研究の成果が表れたと感じた。この発表を通して、他校の生徒との会話の中から自分の研究の中に新しい視点を見つけたり、様々な角度からの質問に答えることで知識をより深いものにできたりと非常に収穫の多い事業であったと考える。

研究発表会の聴講でも、科学的な研究の進め方や発表の仕方など、参考になる点が多かったようである。また、身近な題材を使ったレベルの高い研究に触れることで、物事を多角的にとらえ実験考察していく面白さを感じ、研究に対する意欲がさらに高まったと思われる。

(2) 生徒の感想

- ・高いレベルの発表をたくさん見ることができて勉強になった。
- ・思ったより多くの人がポスターセッションに来てくれて嬉しかった。
- ・1日目は説明にも不慣れで戸惑うことも多かったが、2日目は積極的に説明したり質問に答えたりできて良かった。

(3) 課題

研究の内容を深めるのはもちろんであるが、プレゼンテーションの方法も工夫する必要があると感じた。今後は、課題研究の中で、分かりやすくかつ注目を引くような発表の準備にも力を入れて行きたいと思う。

7節 部活動の活性化

化学部

[文化祭への参加]

1. 目的 日頃の活動の成果を発表するとともに、化学の楽しさや不思議さを多くの人に体験してもらう。
2. 目標 文化祭での発表を通して、いろいろな科学現象について理解を深める。

3. 事業の概要

- (1) 期 日 平成 19 年 9 月 15 日 (土)
- (2) 場 所 本校 化学教室
- (3) 参加者 職員 1 人、生徒 8 人
- (4) 内 容 化学教室内に下記の 4 つのコーナーを設け、演示実験や実験原理の説明を行った。

実験

(a) 液体窒素

液体窒素の中にビニールボールや風船を入れ、極低温の現象を観察した。

(b) テルミット反応

酸化鉄(III)とアルミニウム粉末を混ぜて点火すると、多量の熱と光を出して、単体の鉄ができることを確認した。

(c) 化学メッキ

酸化還元反応を利用して木の葉の表面にニッケルメッキを行った。来場者にも実験を行ってもらった。

試薬：塩化スズ(II)、塩化パラジウム、次亜リン酸ナトリウム、硫酸ニッケル他

(d) ガラス細工

来場者にガラス管でマドラーを作ってもらい、好評であった。

4. 事業の成果

在校生の他にも小学生から成人の方まで多くの来場者があり、実験を通して化学の楽しさや不思議さを体験してもらうことができたのではないかと思います。また、生徒にとっても実験の準備や来場者への説明を通して、いろいろな現象について理解が深まったものと思う。

5. 事業の評価

(1) 教員による評価

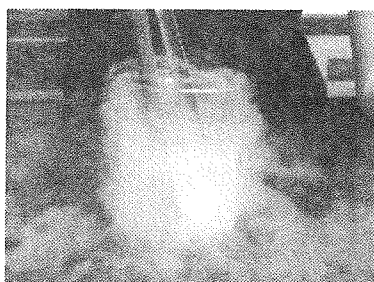
今年度は昨年より部員が増えたため、事前準備や当日の実験、後片付けなどスムーズに行うことができた。来場者が予想以上に多く、生徒は大変だったと思うが、最後までよくやってくれた。

(2) 生徒の感想

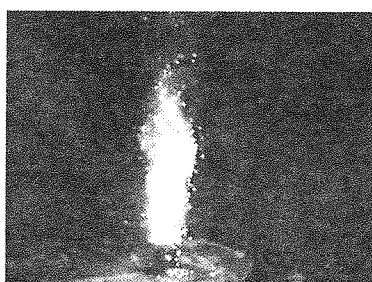
来場者が多く、実験の準備などが大変だったが、多くの人に自分達の発表を見てもらうことができて良かった。

6. 課題

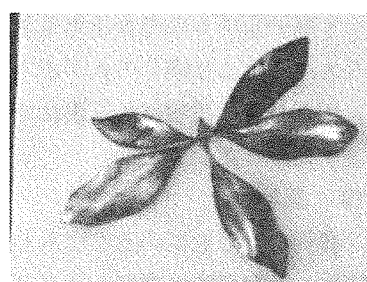
今年度は新入部員も多く入部し、4月から活気ある雰囲気の中で活動することができた。限られた予算の中で多くの実験を行うことは、難しい面もあるが、年間を通して継続して行うようなテーマを設定して活動していくことが今後の課題である。



液体窒素の実験



テルミット反応



化学メッキ

天文部

1. 目的

日頃観測している太陽系内の主な天体について書物やインターネットで調べ、その結果を文化祭で発表することによって、天体への理解を深め、興味・関心を高める。

2. 事業の概要

(1) 期 日 平成 19 年 9 月 15 日(土)…文化祭当日

(2) 場 所 本校 物理地学教室

(3) 参加者 職員 1 名、生徒 5 名、計 6 名

(4) 内 容

(a)太陽系内の天体の調査を 4 月～9 月にかけて行った。

①惑星を望遠鏡で観測

本校で観望会を開いたり、近くの科学博物館の観望会に参加したりして、天体をじかに観測した。

②最新の書籍やインターネットを用いて天体の詳細について調べた。

(b)文化祭での展示

①昨年度に続き、木星について日頃から調べたことについて A 1 用紙数枚にまとめ、これらをボードに貼り展示した。

②また、観望会で撮影した写真も展示した。

③一般の人にも天文に広く興味を持ってもらうために、天文に関する「宇宙クイズ」を実施した。

3. 事業の評価

(1) 教員による評価

今年は 3 年生がすでに引退しており、2 年生の部員がいない中で、新入部員の 1 年生のみで活動を行った。そのため、今年度も木星をテーマに発表を行った。昨年度同様、木星について調べることで、木星の発見の歴史や木星の衛星の数など、生徒にとっては新鮮であったようだ。今回の企画は天体への興味・関心を高めるといふ点でとても効果的であった。

(2) 生徒による評価 (生徒の感想)

- ・木星についていろいろな事がわかり楽しかった。
- ・来年度は、模型展示など新しい企画を行いたい。
- ・質問にはきちんと答えられるようにすべき。など

4. 事業の成果

(1) 昨年度に引き続き、来場者が 50 人を超え、多くの方々が珍しい写真や映像に関心を示していた。

(2) 日頃観測している惑星について、今まで以上に生徒の理解が深まり、興味関心が高まった。

5. 今後の課題

木星については、2 年間にわたり観測をしたので、来年度は、土星と火星をテーマにしていきたい。



生物部（生物同好会から生物部に昇格して）

1. 目的

本校でSSH指定を受けたときから、生物研究会が発足し、その1年後同好会に昇格、今年度4月に生物部に昇格することができた。今後さらなる生物部の発展と、生物部員の科学的興味と思考を高めることを活動の目的とする。

2. 目標

部員数が23名となり、全員そろって同じ実験を行うことが難しくなったため、グループごとに課題研究テーマを設定し、生物学実験の手法や、科学的考察が自主的に出来ることを目標に日々の活動を行っている。また、自然保護や環境問題に意識を向けることを目標に年に2回野外巡検を行っている。また、研究の成果や活動内容は文化祭をはじめ発表する機会があれば積極的に参加し、プレゼンテーション能力を高めることも目標とする。

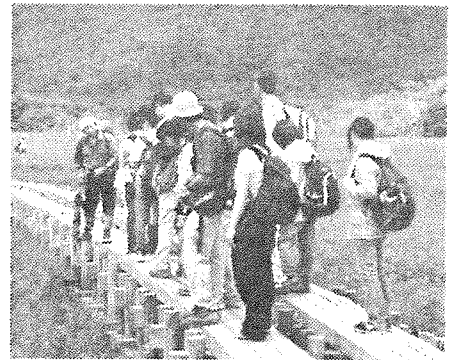


図1 尾瀬巡検の様子

3. 事業の概要

(1) 課題研究の取り組み

- ① 藍藻類ネンジュモをテーマとした研究「温度条件による光合成量測定」
- ② アオウキクサをテーマとした研究「糖の種類と成長曲線」
- ③ カイコをテーマとした研究「マユからマフラー作成」「黄マユの色素は何の色？」
- ④ 細胞性粘菌の培養「自然界からの採集を試みる」
- ⑤ フロリゲンをテーマにした研究「朝顔にサツマイモを接木し、フロリゲンの影響をみる」

(2) 野外巡検

- ①佐渡ドンデン山春の巡検 2007年5月3日（木）日帰り 12名参加
- ②尾瀬巡検 2007年8月17日（金）～18日（土）1泊2日 15名参加（うち生物部12名 部員以外3名）

(3) 研究発表

①文化祭での研究発表

課題研究のポスター発表 尾瀬巡検での植物写真展およびスライド上映

②他校との合同研究発表会及び研修会

2008年3月22日（土）新潟県立巻高校

午前：研究発表会 午後：プラナリア採集

③科学賞への応募 藍藻類ネンジュモをテーマとした研究「温度条件による光合成量測定」

(4)その他

- ①新入生歓迎会②部誌の作成③野菜・果物からDNAの抽出を試みる④新潟大学臨海実験実習参加

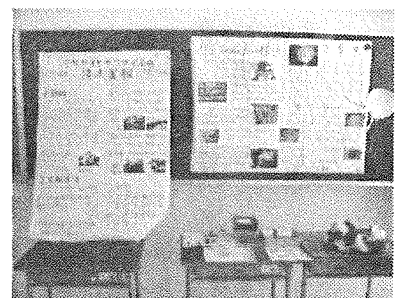


図2 文化祭ポスター発表

4. 事業の評価・今後の課題

今年度は部員数が20名を越えたことで、全員そろって実験する機会はありませんでしたが、各グループでテーマを持ち、継続実験を行うことができた。生徒たちは他のグループの実験の様子をみて、お互いに刺激になったとも話している。また、授業以外で継続して実験を行うことで、実験の準備の大変さや考察の大切さ、成功したときの喜びを感じたようである。また、学校での実験だけでなく、野外巡検や大学の研究室訪問等を行い、実際に生物を研究対象として研究する人の姿を見ることで、生徒には将来に進路選択の参考にもなった。

今後の課題としては、部員数が増えたことで、実験活動は各グループの自主性がより必要となってくるので、実験に対して、自ら疑問を見出し、その疑問を探究できるような基礎的な科学の目を養っていきたい。



図3 放課後活動の様子

その他の取り組み

以下の取り組みについて報告する。

「SSH先進校視察等」「卒業生への効果とその評価」

8節 SSH先進校視察等

SSH視察報告①「大阪府立天王寺高等学校」

1 目的 SSH先進校の取り組みや運営方法を視察し、本校の取り組みの参考とする。

2 期日 平成19年9月14日（金）14:00～16:40

3 会場 阿倍野区民センター大ホール

4 視察者 新潟県立新潟南高等学校 教諭 根津浩典、西脇正和

5 概要

天王寺高校は、創立112年を迎える歴史のある学校。普通科6クラス、理数科2クラスを設置している。平成16年度から平成18年度までSSHの指定を受け、平成19年度に新たに再指定（H19～H23）された。近隣校である、北野、大手前、住吉、泉北高校を招いて課題研究発表会・交流会を設けて実施しており、発表会の共同開催について視察した。

6 報告事項

発表会の構成としては以下の2部構成となっていた。

〔第Ⅰ部〕

- (1) 学校長挨拶
- (2) 教育委員会挨拶
- (3) 天王寺高等学校のSSHについて
- (4) 理数セミナー発表（1グループ7分×5＝35分）
①物理 ②化学 ③生物 ④ロボット ⑤数学
- (5) 招待発表
①北野高校SSコース ②大手前高校 ③泉北高校
- (6) 運営指導委員による講評
- (7) まとめ

〔第Ⅱ部〕

- (8) SSH交流会

各校混合の小グループに分かれて、天王寺高校の理数セミナーの他の研究テーマ（リニアモーターカー、紙飛行機、鉱石ラジオ、電離度、におい、ロボット、消化、蚕、ショウジョウバエ）の簡単な説明と、その後各校から質疑応答を行った。また、SSH全般についてや研究活動について語り合う時間とする。進行は天王寺高校3年理数科生徒。

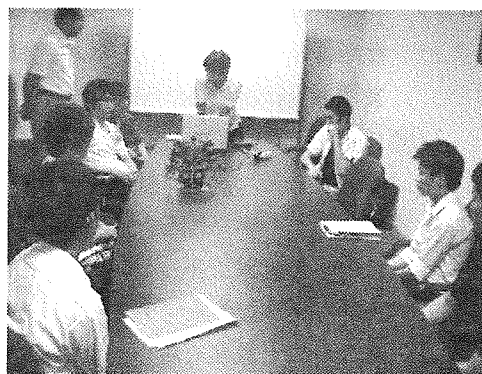
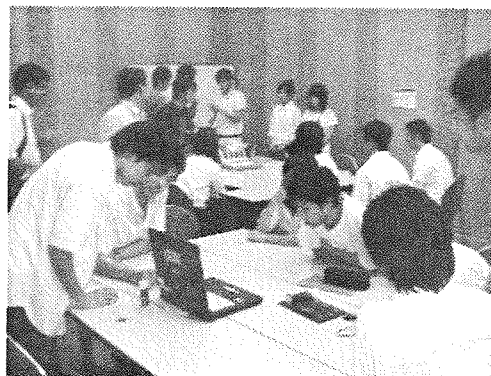
- (9) 挨拶

参加人数は、天王寺高校理数科1，2，3年（240名）※1，2年は第Ⅰ部のみ参加、北野高校（6名）、大手前高校（10名）泉北高校（3名）、住吉高校（120名）であった。

本校が行っているような自校だけの発表会ではどうしても、身内の発表会となってしまうモチベーションを高める必要が生じてしまう。しかし、この発表会のように数校が集まって発表しあうことで緊張感をもった発表会とすることができることがわかった。また、ステージでの発表だけでは、それぞれの発表をするだけになってしまい、交流を深めることは難しいと思われる。しかし、第Ⅱ部を小グループでの交流会とすることで、一人一人が意見交流することができ、はじめの発表内容についても質問したり、意見を出して、互いに理解を深められていたようである。

交流会の進行についても、生徒だけでうまく進行できるものかと思っていたが、ここでの生徒のコミュニケーション能力は高く、他校の生徒からも質問や意見を聞き出し要領よく進行していた。指導者が入らずに生徒に会を進行させることにより、より活発な交流会となっていた。

はじめの挨拶で、大阪府では高一高連携に力を入れているとお話があった。これだけの大きな企画となると、学校単独で企画すると大変な部分もあるかと思う。教育委員会にもお手伝いをお願いすることも必要であろう。



SSH視察報告②「京都市立堀川高等学校」

1. 目的 以前視察に行った際に聞いていた課題研究の発表会の様子を見学し、先生のみならず生徒からも日頃の取り組みについて、直接話を聞く。

2. 期 日 平成 19 年 9 月 15 日(土)

3. 視察者 教諭 西脇正和、根津浩典

4. 報告事項

2 年次の課題研究について生徒や先生から聞いた話をまとめると、以下の様になった。

(1)課題研究テーマの設定について

- ・ 1 年次の前半に、課題研究の一般的な進め方について学習する。
- ・ 1 年次の後半には、研究テーマがある程度決まり、どの様にすすめていくか、具体的に模索していく。1～2 月から研究を進めていく生徒もいた。
- ・ テーマは生徒が探したものや、先生がヒントを与えたりして決めていたようだ。

(2)課題研究

①期間… 2 年次 4 月～ 9 月

②主な流れ ・ 4 月～ 8 月までに実験をする。

・ 8 月～ 9 月、右の様なポスターを作成。また、論文は 9 月中に提出となっていた。

③その他

- ・ 1 人、1 テーマにしているが、中には 3 人で 1 つのテーマを研究しているところもあった。
- ・ 一人の教諭が約 10 人の生徒を指導しているが、そのうちの半数は京都大学の大学院生が TA として、指導にあたっている。
- ・ 週 2 時間、課題研究の時間にあてているが、時間がなく夏休みに実験を行ったりしたそう。

(3)課題研究発表会

①期日… 9 月 15 日(土)9:30～12:30

②会場…堀川高校 体育館

③発表方法

- ・ 体育館にボードを 5 列並べ、1 テーマにつき 15 枚の B 5 用紙を貼る。発表者は A、B、C 3 つのグループに分かれ、A は 9:30～10:30、B は 10:30～11:30、C は 11:30～12:30 となっていたが、中には ABC のように、1 日発表するところもあった。
- ・ 発表者はポスターの前でさし棒を持って待っており、人が来たら、その人に説明し、説明が終わった所で質問を受け付ける。

(4)その他

- ・ 一人一人、質問にはきちんと受け答えできていた。半年でここまでできるということは、たいへん立派であった。
- ・ ユニークなテーマも多く、レベルが高い内容のものも数多くあり、驚いた。
- ・ 様々な面でオリジナル性に富み、堀川独自の創意工夫が見られとても参考になった。



SSH視察報告③「京都市立堀川高等学校」

1. 目的 SSH 先進校の取り組みや運営方法を視察し、本校の来年度以降の取り組みの参考とする。

2. 日時 平成19年11月16日（金）、17日（土）

3. 視察者 新潟県立新潟南高等学校 教諭 伊藤大助

4. 大会名 第9回教育研究大会及び SSH 中間報告

5. 学校概要

所在地 京都市中京区東堀川通錦小路上る四坊堀
河町622-2

生徒数 普通科（Ⅰ類、Ⅱ類）2クラス、探究科
（人間探究科、自然探究科）4クラス

在籍生徒数744名（男子410名、女
子334名）



6. 第9回教育研究大会及び SSH 中間報告の概要

11月16日（金）

1. 10:00～10:30 開会式・全体会
2. 10:40～11:30 研究授業視察：生物研究Ⅰ、2年自然探究科、岸本清香教諭
3. 11:50～12:40 SSH 事業報告、探究科目説明会
4. 13:45～15:30 分科会：理科全体会、科目別会（生物）
5. 18:00～ 実践交流会

11月17日（土）

1. 10:00～12:00 研究成果発表会
2. 13:30～14:30 特別講演「学力と人間力を育てるこれからの高校教育」
東京大学大学院教育学研究科 教育心理コース教授 市川伸一
3. 14:30～15:30 対談「高校教育の課題と今後の方向性」
ゲスト 京都市教育委員会教育長 門川大作、市川伸一
コーディネーター 堀川高校校長 荒瀬 克己

7. 所見

生徒の学習指導について進路実現のための受験対策的な指導をするだけでなく、将来の人材を育成する観点から探究心や課題解決の力を身につけさせることも考慮して教育カリキュラムを組み実践している。また、実践するにあたり全職員はもとより、京都市教育委員会も共通認識で全面協力しており、そのような体制をつくり取り組まれたことが短期間に進学実績を伸ばしている要因だと思われる。また、SSH の取り組みを理系の生徒だけにとどめることなく、文系の生徒にも広げ取り組まれている点も見習うべきところが多い。進学校においては、ともすれば受験対策、進学実績のみに重点が置かれがちのなか、将来の人材を育てる観点からも教育に取り組まれていることがすばらしい。



SSH 中間報告会の様子

SSH 視察報告④「早稲田大学本庄高等学院」

1. 目的

2002年度から延長して行われた SSH 事業の報告会を見学し、その状況を、本校の今後の方向性や研究の在り方の参考とするため視察した。特に「国際化」や「高大連携」に力を入れて取り組んでいることもあり、本校の SSH の方向性と類似する点も多く、参考になると思われた。

2. 期日 平成19年11月21日（水）9：00から15：30まで

3. 視察者 教諭 増井 陽子

4. 「成果報告会」概要

9：00～10：50	授業参観（希望者）
10：50～11：00	学院長挨拶
11：00～11：30	SSH プロジェクトについて
11：30～12：30	基調講演；早稲田大学理工学術院教授 勝田正文
13：30～15：30	生徒研究発表（質疑応答含） 1）シンガポールとの菌類共同研究 2）小笠原プログラムレポート 3）ピン止め効果を利用した車軸のない車の製作と台湾での発表報告 4）原子力利用に関するレポート
15：30～15：40	閉会の言葉

5. 報告事項

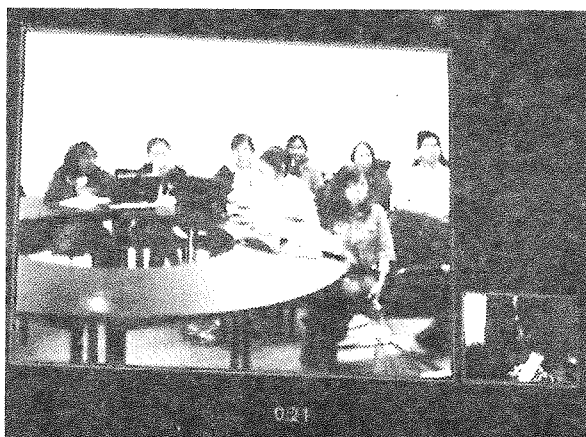
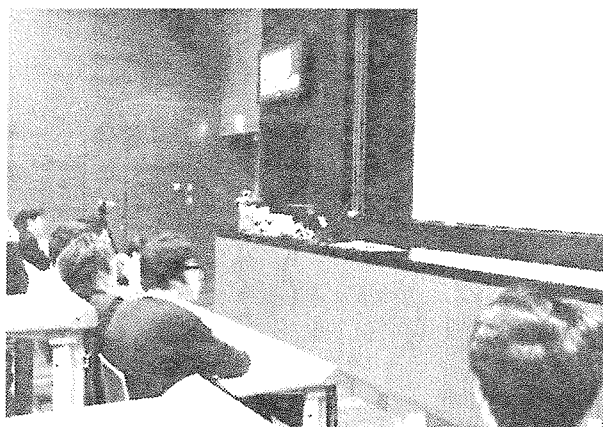
○高大連携について

やはり早稲田大学の付属高校ということもあり、大学との連携はスムーズかつ円滑に行われていると感じた。学院に隣接して早稲田リサーチパークがあり、常に最新の研究を目の当たりにできるところは、垂涎に値する環境であろう。もちろん、それを活かす学校側や生徒の努力も必要であるが、自ら新しい連携先を発掘する必要のない環境は、恵まれているの一言に尽きる。本校は現在、新潟大学や、新潟薬科大学との連携を模索している（一部連携を行っている状況）が、今後この形をいかに発展させ、続けることができるかは、視察校からは学び難いような気がした。

○研究について

現在 SSH の研究は、視察校では希望性となっている。本当に研究をやりたい生徒が集まり行っている。強制参加でない所に、生徒の自発性と発展性が見られる。

シンガポールとの「菌類の共同研究」においては、テレビ電話を使った会議など、最新の技術で、より生徒の興味関心を引き立たせていると強く感じた。またこの研究においては、英語の教員がサポートとして入っており、SSH だから理数の教員だけが行うといった学校体制では、できなかったであろうと考えられる。



テレビ電話（ポリコム）で会話する生徒たち
（左）早稲田本庄学院の生徒 （右）シンガポールの生徒

○研究以外の部分で

国語科の教員による卒業論文の書き方指導など、他教科の応援があつて、より良いものを作り上げているのだと感じた。しかし、はじめから理解・協力があつたわけではないということを知った。同じような問題を抱えている部分もある。学校全体で取り組むとは、どうすべきか、今以上に考えていかなければと思った。

SSH視察報告⑤「石川県立小松高等学校」

1. 目的

平成 18 年度から SSH に指定されている小松高校の SSH 研究発表会に参加し、SSH 事業の概要を知る。特に学校設定科目や課題研究の実施形態、生徒の取り組みの様子を知り、来年度本校で課題研究を実施する上での参考にするために視察した。

2. 意図 次の二点を中心に視察した。

- ・学校設定科目「スーパー数学ゼミⅡ」の授業展開
- ・「課題研究」のテーマ設定

3. 概要

- (1) 期日 平成 19 年 11 月 22 日 午前 10 時 00 分～午後 4 時 00 分
- (2) 場所 石川県立小松高等学校
- (3) 参加者 教諭 小林等
- (4) 日程 研修報告会および公開授業 10:35～11:25

①関東サイエンスツアーのグループ別研修報告会

②公開授業 学校設定科目「スーパー数学ゼミⅡ」

3 次方程式の解(2 年 8 組教室)

「 π 」にせまる(情報室)

色鉛筆のパッキング(小講義室)

研究協議会 11:35～12:25

今年度の SSH 事業説明、研究協議・質疑応答

課題研究発表会 13:10～16:00

こまはなぜ倒れない(物理)

正多角形の作図(数学)

竜巻の強度の研究(物理)

結晶構造の研究(化学)

アリの行動の研究(生物)

地球に優しく(地学)

パスカルの三角形(数学)

EXCEL であそぼう(数学)

『美しさ』を科学する(数学)

効果的トレーニング法(保体)

4. 報告事項

- (1) 学校設定科目「スーパー数学ゼミⅠ」「スーパー数学ゼミⅡ」について

数学に関する学校設定科目として 1 年次に「数学スーパーゼミⅠ」、2 年次に「スーパー数学ゼミⅡ」を開講している。

「スーパー数学ゼミⅠ」は 1 年生理数科 1 クラスを 10 人ずつの 4 班に分け、3 回完結の講座をローテーションする。したがって 9 月より計 12 回の授業を受けることになる。内容としては「オイラーの多面体定理」に関するもの、「トランプに潜む数理」、「暗号」に関するもの、ゲームの必勝法に関するものである。さらに「数学スーパーゼミ特別講義」においては、測量実習やグラフ電卓の活用、大学教授による講演など様々な取り組みが行われている。

「スーパー数学ゼミⅡ」は 2 年生理数科を対象とする。4 回完結の講座をローテーションし、内容としては、3 次方程式に関するもの、円周率 π に関するもの、パッキング問題に関するものである。特に 3 次方程式の授業を参観させてもらったが、難しい内容にもかかわらず、大変よく工夫された指導案であった。関数電卓を用いるなどして、生徒は意欲的に学習活動を行っていた。さらに「数学スーパーゼミ特別講義」においては、金沢工業大学教授による鉄道工学の話の講演などが行われている。

- (2) 課題研究について

課題研究のテーマ設定は 1 年生の「スーパーときめきサイエンス」(2 単位)での理科 4 分野の学習と特別講義、野外実習での体験、企業・研究所・大学への訪問、科学教室への参加を通して、生徒の興味関心を高めることから始まる。それらの活動を経てテーマを決定した後、2 年生 4 月から研究をスタートし、11 月に課題研究発表会を行う。発表会の様子では、研究は夏休み等の時間を有効に活用していることがわかった。

数学に関する課題研究は、幾何に関する研究、方程式に関する研究、数列に関する研究、情報科学に関する研究があった。どの研究も金沢大学の先生などから助言をもらい、短い時間で集中して行っている。

なお 3 年次における「グローバルサイエンス」では、理数科と普通科理系 3 年生が対象であり、ひとり一人の調べ学習が中心である。課題発見能力、課題解決能力、情報発信能力の向上を目指して行われ、実験を行うグループはなく、6 月下旬に発表会を行う。テーマとしては「がんの発生とその原因」「精神分析学の概要と科学的位置付け」「困ったときの極限值」などがあつた。

- (3) その他

小松高校の SSH 事業は上で述べた活動のほかに、英語によるコミュニケーション力養成のための学校設定科目、大学における実験セミナー、韓国の連携校との交流、科学系部活動の各種コンクール参加など、行事が多い。それにもかかわらず、一つ一つの行事をきちんとこなしている生徒、教員集団の連携は大変すばらしいと感じた。

第6回 GRAPES 講習会

1. 目的

グラフ作成ソフト GRAPES の研修会に参加し、基本的な使い方および、発展的な使い方を研修することで、平素の数学の授業、講習でのプリント作成等に役立て、生徒への数学指導の一助とする。

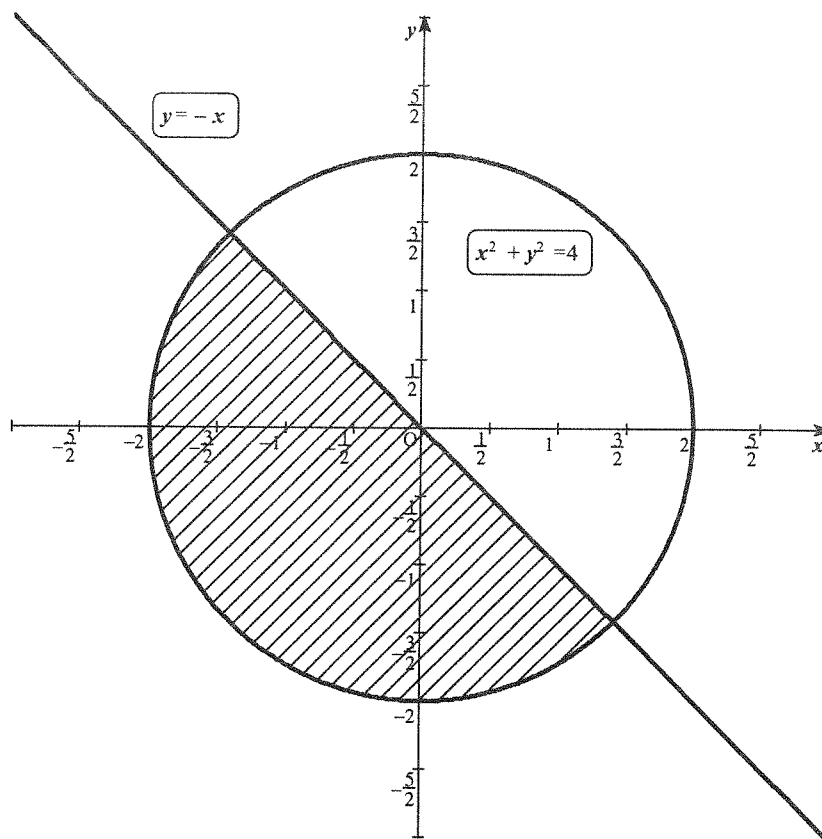
2. 実施内容

- (1) 実施日 平成19年8月9日、10日
- (2) 実施場所 筑波大学附属駒場中・高等学校 図書室
- (3) 参加者 新潟南高等学校教諭 大橋精崇
- (4) 研修内容 グラフ作成ソフト GRAPES の基本的な使い方および、発展的な使い方の研修

3. 評価

数学の授業の補助教材として自前のプリントを作成し、生徒の理解の一助としたり、試験問題を作成する際に題意をわかりやすくするために、問題文中にグラフや図を挿入したりすることは、数学の教員の誰しもが試みることである。その際に文章を書いたり数式を作成したりする以上に、グラフや図形の作成に多大なる時間を要しているのが現状であり、頭を悩ませている教員は多数いるはずである。本研修会で学んだグラフ作成ソフト GRAPES を用いると、右図のようなグラフ、領域を表す図などを簡単に作成し、プリントに貼り付けることができる。

今までプリント作成にかけていた時間を、生徒の数学指導に還元することができるため、非常に使い勝手が良い上に、有効なソフトであると評価する。



4. 成果と課題

数学Ⅱの「図形と方程式」の単元で「 t が実数値をとって動くとき、直線 $y = 2tx + t^2$ のとり得る領域を図示せよ。」などのように、パラメーター変化による通過領域を図示する、教科書レベルを超えた深化発展的な問題がある。この問題を講義形式で数式を用いて説明をしても、生徒はなかなか実感が湧かずに理解に苦勞するのが現状である。グラフ作成ソフト GRAPES の発展的な使い方として、パソコンを用いてパラメーターを変化させたときのグラフ連続的な動きを、残像を画面上に残すことによって、鮮明にかつわかりやすく表すことができる。このタイプの問題の他にも、曲線の媒介変数表示問題のように数式としての処理はたやすいが、実際のイメージが湧きにくい問題に対しては、GRAPES を用いたパソコン実習のような形で生徒に取り組ませることで、生徒の理解がスムーズに進んでいくと考える。

9節 卒業生への効果とその評価

1. はじめに

高校3年間にいったSSH事業を卒業生がどの様に評価しているか、また、卒業生にどのような影響を与えているか、2007年3月の卒業生を対象に調査を行った。

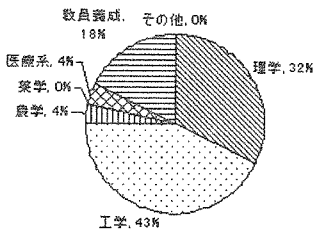
2. 卒業生の進路(2007年4月現在)

SSHクラスの卒業生は37人で、進学した生徒は31名、進学浪人した生徒は6名である。31名の進学先は以下の通りである。()内の数値は人数を表す。

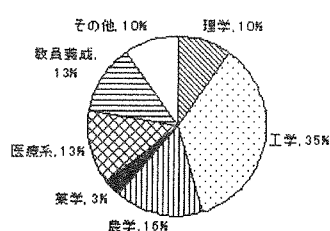
系統	理学	工学	農学	薬学	医療	教育	その他
大学	数学(1) 生物(1) 数理情報(1)	電気(3) 情報(3) 機械(2) 建築(1) その他(2)	生産環境(2) 農業生産(2) 醸造(1)	薬(1)	看護(3) 検査技術(1)	数学(1) 技術(1) 生活(1) 理(1)	経済(1)
短大							生活(1)
専門学校					医療秘書(1)		

昨年度の卒業生と比較すると、理学系が減り、医療系および農学系の卒業生が増えている。これはSSH事業の影響というより、2年次にSSHクラスを選択した段階での進路希望の影響が大きいものと思われる。

2006年3月卒業生



2007年3月卒業生



3. 卒業生への効果と評価

(1)卒業生の評価

卒業生自身がSSH事業についてどの様に考えているか、電子メールを用いてアンケート調査を実施した。この結果を、卒業生の評価とする。

①実施日 2007年11月～2008年1月

②アンケートの内容およびその結果

質問1. 各学年で行ったSSH事業が有効であったかどうか回答してください。

5有効 4やや有効 3ふつう 2あまり有効でない 1全くそうでない

		←有効					有効でない→					平均
学年	SSH事業	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	
1年	SSⅠ(物化生地数)	22	33	33		11						3.6
	SSⅠ後の講演会(物化生地数)	6	39	33	17	6						3.2
	東京研修	22	56	11	11							3.9
2年	SSⅡ課題研究	78	22									4.8
	SSⅡ課題研究発表会	65	29	6								4.6
	秋山仁先生の講演会	21	29	21	21	7						3.4
	白川先生の講演会(新潟薬科大)	8	33	42	17							3.3
	小柴先生が来賓の講演会(新潟高校)	25	17	25	25	8						3.3
3年	海部先生の宇宙に関する講演	29	24	29	18							3.6

※1～5に該当する数値は%

質問2. SSH事業で一番印象に残っているものは何でしたか。また、その理由も書いてください。

[回答]

○課題研究

[理由]・自分たちが考えたテーマで仮説と実験を行ったり、互いに意見を出し合ったりすることがとても楽しかった。(2人)・

- 一足先に大学の数学を学ぶことができ、東京へ研修に行ったことが印象に残っている。(2人)
- ・自らが課題を選び、研究したことにより、科学への探究心や興味がより深まったと思うから。
- ・自分が実験や研究などを行っているという実感があってよかった。
- ・少人数のグループでやるというのが、よかった。・大学で授業を受けることができたのがよかった。
- ・大学で普段使うことができない装置を使い、大学の先生方に直接指導して頂いたことがよかった。
- ・実験の方針から結論を導く過程について、すべて自分たちで決めたり考えたりしたのはとてもためになった。など

○課題研究発表会

[理由]・発表会までに多くの時間を費やし苦勞して研究した事柄を発表するのは感慨深かった。(2人)・大きな会場での発表は、今まで経験したことがなかったから。プレゼンテーションということがとても勉強になったから。

- ・ポスターセッションで、専門の先生方から質問を受けたり、アドバイスされてよかった。・極度に緊張したから。など

○その他 東京研修などの回答があった。

質問3. 他の理系クラスを比較して、SSHクラスに所属したことのメリットは何だと思いますか？

[回答]・普通の高校生ではできない研究ができたこと。(4人)

- ・家庭科の時間が課題研究になり、他のクラスよりより深く理数の勉強をすることができたこと。(2人)
- ・お互いが研究していることについて興味を持ち、いろいろな事を聞きあうことができた。(2人)
- ・受験勉強以外で、自然科学について学ぶことができた。(2人)
- ・大学に入る前に、実験・論文・発表のやり方を学ぶことができた。(2人)・科学的な経験を他のクラスより多くできた。
- ・物事に対して熱意のある人達が多く、その人達と一緒になれたことがよかった。
- ・科学への興味がより深まった。・プレゼンテーションを高校生の時に経験できたこと。
- ・大学で他のSSH校出身の学生と、情報交換することができた。・実験することの大変さを知った。など

質問4. SSHを経験して、今の自分、または、将来に自分にとって役に立った、またはよかった、ためになったと思う事を書いて下さい。

[回答]・プレゼンテーションの力がついたことがよかった。(2)

- ・いろいろな考えを持ったクラスメートに、いろいろな面で刺激された。(2人)
- ・人前で意見を言うことにためらいが無くなり根気がついた。・研究や発表をしたことは、大学に入っても役に立っている。
- ・科学への興味が深まったことがよかった。・時間をかけて1つの事柄を研究する能力。
- ・他の人と共同で一つのことに取り組んだ経験がよかった。・高校のうちから大学の内容に触れることができてよかった。
- ・課題研究では実験で失敗したり、様々な発見をしたりするなど、様々な経験をしたことにより、自分自身についてポジティブな考え方に変わった。・大勢の前で、自分の研究結果を発表する経験ができたこと。
- ・何に役立ったかはわからないがよい経験であった。・論文の書き方について学んだことが、大学でとても役に立っている。
- ・前より数学への興味が高まった。受験には必要なかった数学が、大学生の今役に立っている。
- ・研究や実験の楽しさだけでなく、大変な事もわかってよかった。など

質問5. その他、SSHについて気づいたことがあれば、書いて下さい。

[回答]・SSHクラスと、他の理系クラスとの関わりがもっとあってもよかったと思いました。

- ・SSHの講演では、高校1年生や2年生では理解できないことが多かった。事前に、講演の基礎的な知識が身に付いていれば、より深く内容を理解できたと思う。
- ・1年生のうちにSSHに興味を持たせ、2年生で研究できるカリキュラムはとてもいいと感じた。
- ・課題研究をして発表をしたという経験が少なからず自分の自信になっていると思う。など

(2)教員の評価

アンケート全般にわたり3年間のSSH事業について、ほとんどがプラスの評価であり、このことからSSH事業全般について高い評価が得られたと言える。中でもSSHⅡに対する評価はずば抜けて高く、次いで東京研修の評価が比較的高かった。SSHⅡの課題研究では日頃の授業とは異なり、1つの物事について試行錯誤を繰り返しながら深く掘り下げて調べ、少人数のグループ内でお互い相談したり悩んだりしながら研究をすすめてきたことや、高校を離れ大学等で実習を行ったりしたことが高く評価された理由である。また、課題研究発表会では、大勢の人たちの前で発表したり、プレゼンテーションを使ったりするなど、一般の高校生ではやらないような経験ができたことに満足感があつたようだ。今後、課題研究をいかににより充実したものになるように進めていくことが大きな課題である。さらに、アンケートからは科学的なことのみならず、精神的な面においても自分が成長することができたとする回答もいくつか見られ、本当に幅広い面でプラスの効果があつたことがわかった。

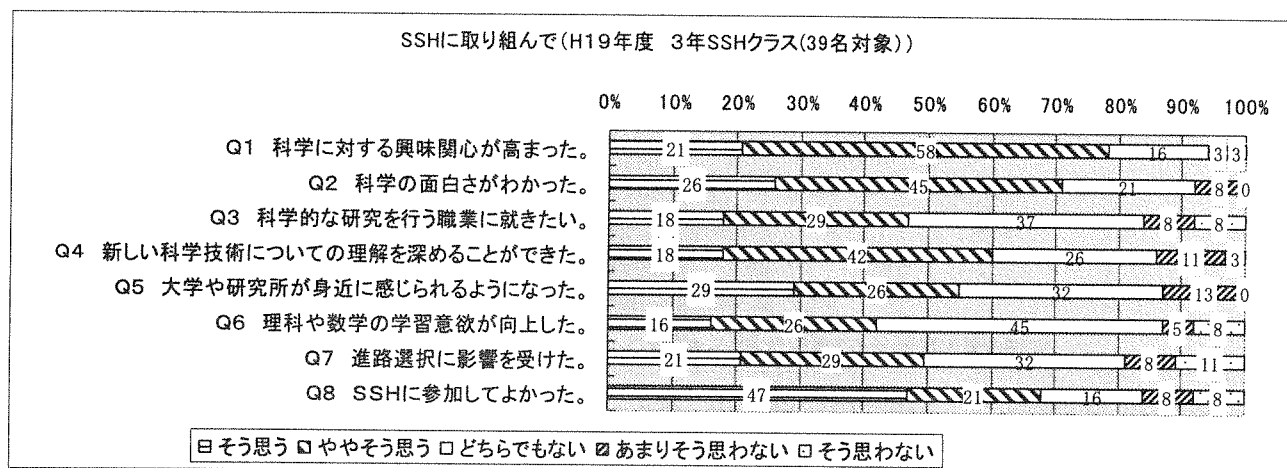
一方で、講演会に関してはやや評価が分かれ、高く評価する卒業生とさほど評価していない卒業生に分かれた。評価しない理由については、「内容がわからない」「難しい」ということであり、講演を何とか「理解したい」「わかりたい」という気持ちがあるが専門的な言葉が壁となり、内容が理解できず評価が下がってしまったようである。このことから、今後、講演会を行う場合は可能な限り講演者と綿密に打合せをしていくことが必要であると感じた。

また、アンケートとは関係ないが、自主的に全国高校生化学グランプリに新潟県の高校生として初めて出場した生徒がいた。成績は上位であつた。この様な生徒が現れたことも、プラスの効果であつたと思う。

4章 実施の効果とその評価

1節 生徒への効果とその評価

1. SSHに取り組んでの生徒の変容



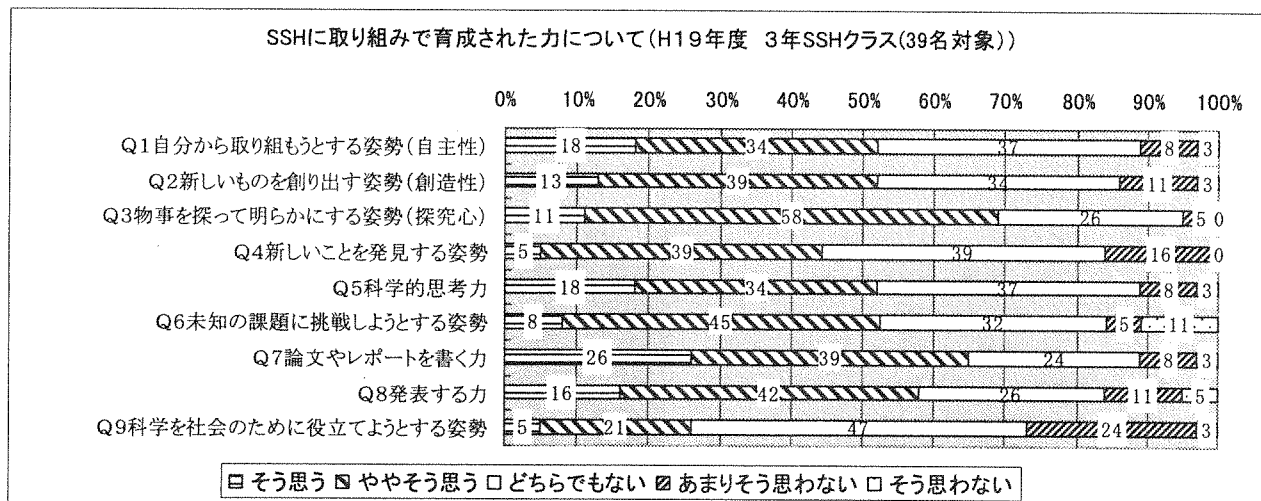
平成 18 年度に行った同じ内容のアンケートを同じ生徒を対象に行った。今年度、課題研究発表会を終え、3 学年の学習をほぼ終えた頃に改めて SSH を振り返ってもらった。時間をおいて改めて振り返ると、直後より客観的に全体を見て評価することができ、回答にも変化があるのではないかと期待される。

- Q1 「科学研究に対する興味関心が高まった」を肯定的に答えている生徒が多く、課題研究や臨地研修などの取り組みにより科学研究に対する意識が高揚されたといえる。
- Q3 「科学的な研究を行う職業に就きたい」を肯定的に答えているのは 49% である。H16 年度の 2 年生の 74% と比較して低い数値になっている。H16 年度 2 年生の数値が高いのは、筑波の研究所や東北大学の金属材料研究所、電気通信研究所など実際の研究所で実習した体験が一因であると思われる。
- Q4 「新しい科学技術について理解を深めることができた」を肯定的な回答は 60% で、過去 2 カ年の 2 年生と比較して低い率となった。SSI 臨地研修が種子島・屋久島での主に自然を対象とした研修であり、最先端の研究施設での実験・実習でなかったことが原因であると考えられる。
- Q6 「理科や数学の学習意欲が向上した」で 18 年度に否定的な生徒が 31% いたが、19 年度に調査すると 13% で過去の生徒とほぼ同じ割合になった。否定的だった生徒が減った分、中立の割合が増えた。3 学年における学習を通して変わったと思われる。
- Q7 「進路選択に影響を受けた」と感じている生徒は 2 年次には 34% と過去の生徒と比較して低かったが、3 年次の回答では 50% ととなり例年並の割合になった。2 年次で感じなかった生徒の中で、実際に進路を決定する段階を経験して影響を感じるようになった生徒がいたと考えられる。
- Q8 「SSHに参加して良かった」を肯定的に答えている生徒が 69% で昨年より減ったが、強くそう感じている生徒は 38% から 47% に増えた。

質問	評価	3年生				2年生			
		同じ生徒							
		H19	H18	H17	H16	H17	H16	H17	H16
Q1	否定	6	8	9	5				
	中立	16	8	11	21				
	肯定	79	85	81	74				
Q2	否定	8	5	9	5				
	中立	21	15	11	10				
	肯定	71	79	80	84				
Q3	否定	16	23	28	15				
	中立	37	28	25	12				
	肯定	47	49	48	72				
Q4	否定	14	18	3	2				
	中立	26	26	17	12				
	肯定	60	57	81	87				
Q5	否定	13	25	25	19				
	中立	32	23	14	7				
	肯定	55	52	61	74				
Q6	否定	13	31	11	12				
	中立	45	28	17	33				
	肯定	42	41	72	55				
Q7	否定	19	36	25	12				
	中立	32	31	22	26				
	肯定	50	34	53	62				
Q8	否定	16	13	12	3				
	中立	16	10	6	16				
	肯定	68	76	83	81				

4 カ年の経年変化（数値は%）

2. SSHの取り組みで育成された力について



- 技能的な力で身についた割合が高いのは、Q7「論文やレポートを書く力」65%である。これは、課題研究での個人論文やグループ論文の作成によって育成されたものといえる。これは例年と同じ傾向である。
- 科学的な能力としてはQ3「物事を探って明らかにする姿勢(探究心)」69%が高く、次に、Q5「科学的思考力」52%、Q1「自分から取り組みようとする姿勢(主体性)」52%、Q4「新しいことを発見する姿勢」44%の順である。これらは課題研究や臨地研修に取り組むことによって伸びた力であると考えられる。
- Q2「新しいものを創る姿勢(創造性)」52%は、昨年の調査では過去の生徒と同様低かったのが、1年経って改めて評価しなおすと肯定的な生徒の割合が増えた。昨年度の課題研究で生徒自身が創意工夫をして研究を進め、自ら新しい発見をすることを目標にして、過去2年間より時間をかけて行った結果、終了直後にその成果が十分認識できなかったものが、時間がたって客観的に自己を振り返ることができるようになったと考えられる。しかし、創造性に関しては十分ではないといえる。時間的な問題もあり難しい課題であるが、SSHは創造性豊かな人材の育成を目指すものであり、この力を育成することを目指して指導方法を改善して行かなければならない。
- Q8「発表する力」について、課題研究発表会前では36%と低かったが、発表後の回答では58%と肯定的な生徒の割合が増えた。
- Q9「科学を社会のために役立てようとする姿勢」が26%で例年に比べかなり低い数値となっている。H18年度2年生は研究所などで科学が実際に社会にどう役立っているのかを体験する機会がほとんどなかったことが原因であると思われる。

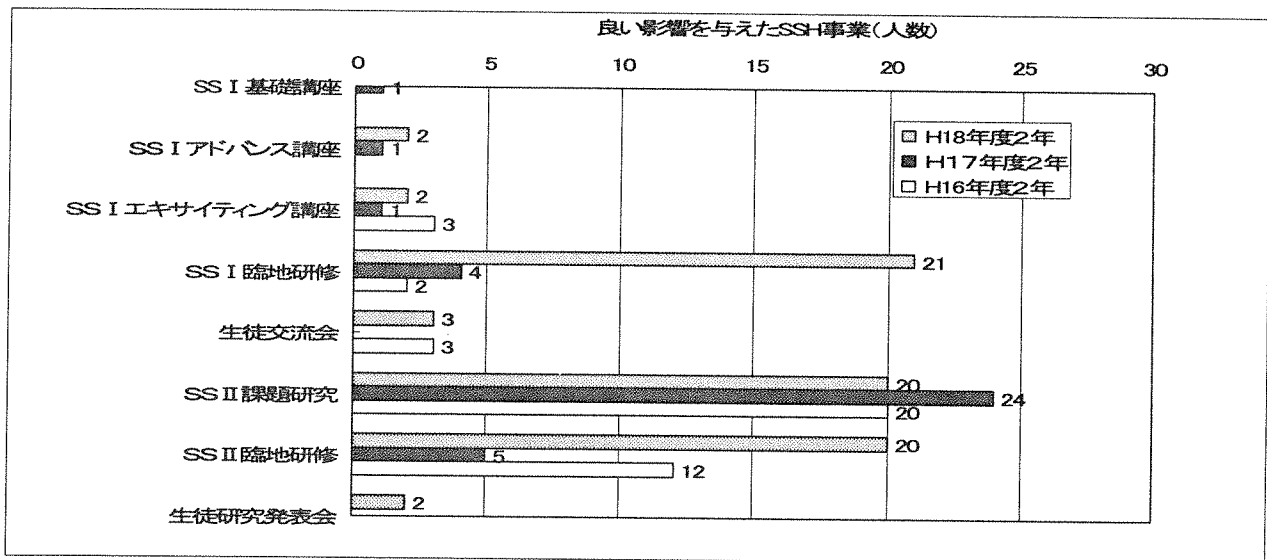
質問	評価	3年生		2年生	
		同じ生徒		H17	H16
		H19	H18		
Q1	否定	11	15	11	3
	中立	37	28	31	26
	肯定	52	56	58	70
Q2	否定	14	18	20	16
	中立	34	44	47	40
	肯定	52	39	33	45
Q3	否定	5	11	3	10
	中立	26	26	25	26
	肯定	69	64	72	64
Q4	否定	16	18	14	12
	中立	39	26	28	34
	肯定	44	56	58	53
Q5	否定	11	11	14	3
	中立	37	33	22	45
	肯定	52	57	64	51
Q6	否定	16	13	14	13
	中立	32	36	33	22
	肯定	53	51	53	63
Q7	否定	11	8	8	3
	中立	24	23	22	34
	肯定	65	69	69	63
Q8	否定	16	13	8	7
	中立	26	51	22	34
	肯定	58	36	70	59
Q9	否定	27	29	9	20
	中立	47	51	44	41
	肯定	26	21	48	38

4カ年の経年変化(数値は%)

3. 生徒から見たSSH事業の評価

SSHの取り組みの中で良い影響や刺激を受け、充実した事業を2つ選択し、その理由を書いてもらった。

- 平成18年度2年生では例年と異なり、SSI臨地研修を上げる生徒が多かった。希望者24名の参加の屋久島・種子島研修であったが、世界遺産に選ばれた大自然の中での実習・観察を体験でき、生徒の視野を広げるとともに、主体的にSSHに取り組むきっかけになったためである。



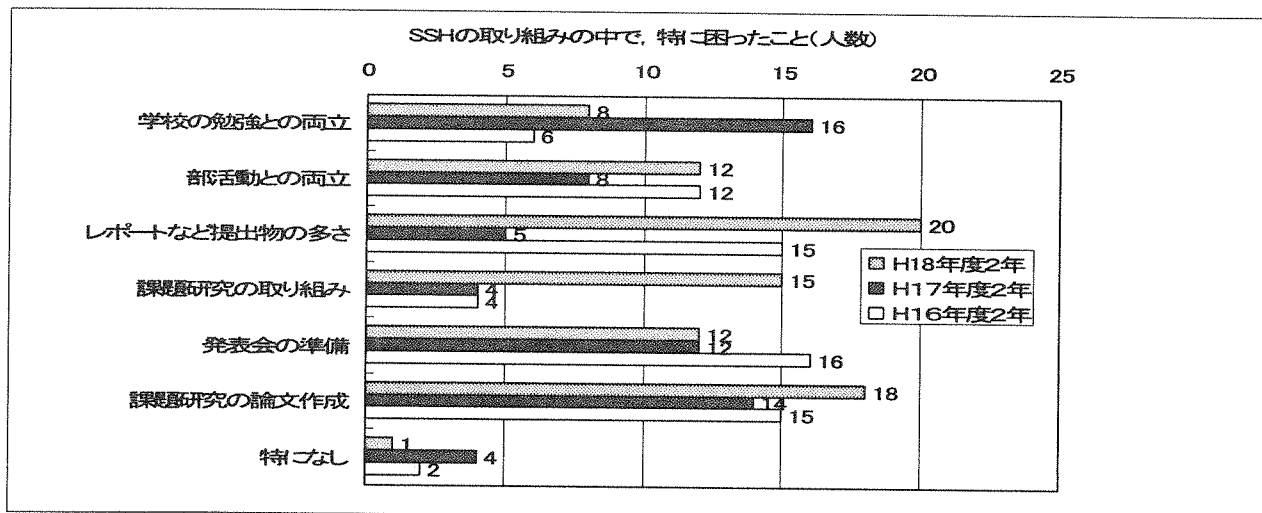
- 例年のようにSSII課題研究の評価が高い。1年間を通して1つのテーマをじっくりと主体的に探究することにより科学的な研究の面白さを知るとともに、論文を完成させる過程を通して充実感が得られたためであると思われる。また、自分で研究を行う大変さや達成感を知ったと回答した生徒が多かった。
- SSIIの臨地研修を回答している生徒がH18、H19年度で多くなっている。例年は希望者のみの参加であったが、今年度はSSHクラス全員39名を対象にして新潟大学理学部・工学部・農学部で臨地研修を実施したからであると思われる。また、大学院生や大学の先生方の熱心な指導により、いろいろな分野について興味深く、また、大学ならではの専門的な実験・実習を受けることができたことと、実際に大学のような生活を知り、進路選択の参考になったからであると考えられる。
- H19年度の生徒の回答では、課題研究発表会を4月に行ったことから評価が高かった。

よい影響を与えたSSH事業

事業名	人数
SSI基礎講座	1
SSIアドバンス講座	2
SSIエキサイティング講座	2
SSI臨地研修	16
SSII課題研究	16
SSII臨地研修	15
課題研究発表会	19
SSH全国大会	5

H19年度3年SSHクラス38名対象
(H18年度2年SSHクラスと同じ生徒)

4. SSHで困難を感じたこと



- H19年度の回答では「発表会の準備」「課題研究の論文作成」をあげる生徒がもっとも多かった。H18年度の回答は課題研究発表会前の回答であったのでH19年度の回答に比べ「発表会の準備」をあげる生徒は少なかった。
- 論文作成をあげる生徒が多いのは、長い文章を書く機会も少なく、苦手とする生徒が多い現状を反映している。

SSHの取り組みの中で困ったこと

項目	人数
学校の勉強との両立	7
部活動との両立	9
レポートなど提出物の多さ	18
課題研究の取り組み	10
発表会の準備	25
課題研究の論文作成	26
受験勉強との両立	1
その他	1

H19年度3年SSHクラス38名対象
(H18年度2年SSHクラスと同じ生徒)

SSHが進路選択に与える影響

1. はじめに

SSHの事業が、生徒の進路に対する意識にどのような影響を与えているか、3年生を対象に評価を行った。

2. 3年生について

(1)生徒への効果

3年間のSSH事業が、生徒の進路に対する意識にどのような影響を与えているか調べるために、アンケートを実施した。

①対象 3年9組SSHクラス(男28名、女10名 計38名)

②アンケートの結果

質問1. 進路希望の決定に、1学年で実施したSSI(基礎講座、アドバンス講座、種子島・屋久島研修など)の影響を受けていますか?

- ①かなり受けている……………3人(8%)
- ②少し受けている……………3人(8%)
- ③受けていない……………18人(47%)
- ④どちらともいえない…………11人(29%)
- 無回答……………3人(8%)

①、②を回答した人は、具体的な影響を書いてください。

[回答例]・種子島・屋久島に行き、やっぱり自分は自然が好きだと改めて実感し、環境のことを学びたいと思った。

・5日間もの研修で、その日数以上に学ぶことがあった。自然を学ぶには、自然に行くべきだと強く思った。

質問2. 進路希望の決定に、2学年で実施したSSII(課題研究、臨地研修)の影響を受けていますか?

- ①かなり受けている……………6人(16%)
- ②少し受けている……………5人(13%)
- ③受けていない……………12人(32%)
- ④どちらともいえない…………12人(32%)
- 無回答……………3人(8%)

①、②を回答した人は、具体的な影響を書いてください。

[回答例]・臨地研修のおかげで新潟大学にとっても興味がわいた。

- ・課題研究をもっと自分自身の力でやってみたくなった。
- ・新潟大学の研究室の雰囲気が分かってよかった。
- ・課題研究で薬学に触れて、薬学を学びたいと思うようになった。
- ・1年生のころから進学したい学部は大体決めていたが、SSHの課題研究に参加したことではっきり決められたと思う。
- ・臨地研修で、光の速さをはかったり、相対性理論について学んだこと。また、大学の実験等に興味がわいた。

質問3. 進路希望の決定に、SSI、SSII以外の事業(SSH講演会など)の影響を受けていますか?

- ①かなり受けている……………1人(3%)
- ②少し受けている……………1人(3%)
- ③受けていない……………19人(50%)
- ④どちらともいえない…………14人(37%)
- 無回答……………3人(8%)

①、②を回答した人は、具体的な影響を書いてください。

[回答例]・指導の先生との出会い

質問4. SSH事業全般が、進路を考える上で役立ったことがあったら書いてください。

[主な回答]・大学の研究や施設についてよく分かった。

- ・研究を行った大学が自分の第一志望の大学になった。
- ・理系の情報が大量に入ってくるので良かった。
- ・大学に行って研修をしたことが、大学に進んでどんなことをしたいか考える材料になった。
- ・理学にどのような分野があるのか詳しく分かったこと。
- ・大学に行けたことが良い経験になった。
- ・研究職の苦勞や楽しさがわかった。
- ・理系大学に進学するか悩んでいたが、理系の方向でいこうと決心する1つの材料になったかもしれない。
- ・大学に進学することを考えるきっかけとなった。
- ・広い視野で物事を考えることができ、学んだ知識を生かすことができた。

質問5. 進路以外のことでSSH事業全般が今の自分に与えている影響があれば書いてください。(回答数8)

[主な回答]・種子島・屋久島研修がためになった。

- ・いろんな分野への興味。
- ・レポートを書くことが大して苦にならなくなった。
- ・人間的に大人になれたと思う。
- ・パソコンでグラフが作れるようになった。

(2)進路の希望状況(2月10日現在)…数字は進路決定者。ただし、()内は希望者の人数。

系統	理学	工学	農学	医療	教育
大学	生物1 物理3 数学3	電気2(3) 情報4 材料2 機械1 化学系1(1) 航空システム1	応用生物化学2(1) 生産環境1 農業生産1 環境システム1	検査技術1 看護2 医(1) 薬3	英語(1) 美術(1)

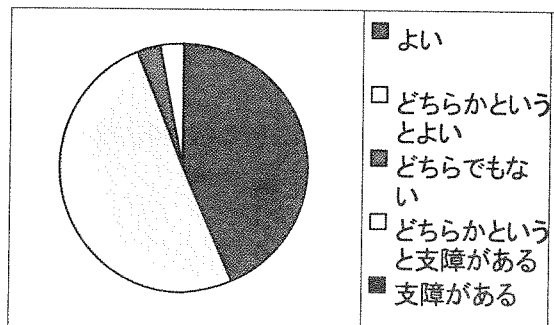
(3)評価

アンケート全体としては、SSH事業が生徒の進路希望の決定に「影響を受けていない」と回答した生徒が「受けている」と回答した生徒より多かった。進学先は、さまざまな学部、学科に多様化しており、このSSH事業でそのすべての分野を網羅することは不可能である。受けていないとした生徒の中には直接的な影響、たとえば課題研究を行った分野と同じ分野の進学先は選ばなかったというような意味での否定的な回答が多く含まれているのではないかと考えられる。記述の回答例を見ても明らかのように、これらの事業を通して科学について憧憬を深めたことは確かであり、間接的には進路に十分影響を与えたと考えられる。

2節 教職員への効果とその評価

継続2年目のアンケートを実施した結果をもとに教職員のSSH事業に対する意識を分析する。なお、アンケートは教職員全員を対象に実施した。回答率は約50%であった。アンケートは各項目とも5段階で評価し、必要ならコメントを記入するという形式で実施した。有効回答数のパーセンテージでグラフを作成し、コメントについては主なものをいくつか載せた。

(1) SSH事業の実施全般について



5年目となって、全体では、「よい」・「どちらかというといよい」が、1年目37%、2年目40%、3年目は70%、4年目は75%、今年は93%となった。また、「支障がある」・「どちらかというとい支障がある」は、1年目51%、2年目40%、3年目11%、4年目5%、今年は4%となった。大部分肯定的な評価である。これは、昨年度から4年目、5年目ということで、事業に慣れてきたことと、発表会や講演会などに肯定的な評価が増え、SSHクラスの卒業生の進学等の難関大学及び国公立への進学実績のためではないかと思われる。

○コメント

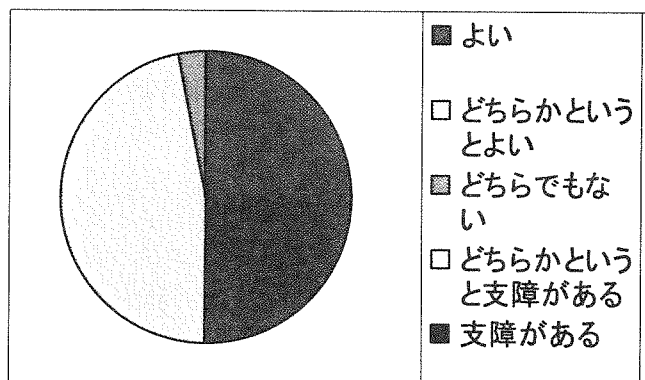
- ・ SSHの事業はよいと思うが、運営の仕方には多くの課題がある。
- ・ 特別な体験ができ、生徒にとってはとても貴重なものとなっている。
- ・ 理数コースの教育活動には、SSH事業が是非とも必要である。

(2) 2学年SSHクラス課題研究Ⅱについて

2年目からスタートした事業であるが、例年非常に高い評価で半数以上が「よい」と回答した。生徒にとって大変なようであるが、大変評価が高い事業であるので、SSHが終了したあとも、継続していくつもりである。

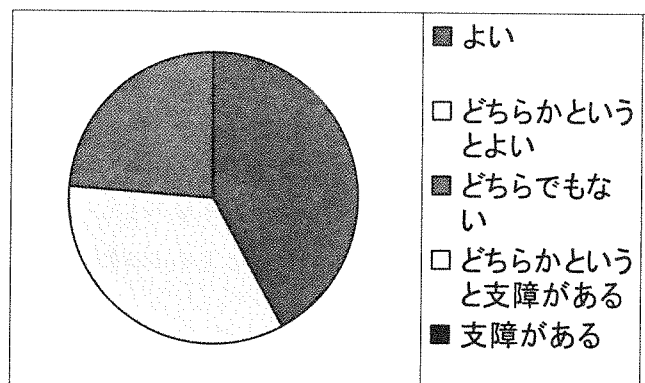
○コメント

- ・ もっと生徒同士のコミュニケーションがうまくなるような工夫がほしい。
- ・ 自ら疑問を探究していくことは研究者として能力を育成することによいと思われる。



(3) 長岡高等学校課題研究発表会の参加について

大変よい評価であり、他校の発表がよい刺激になった。また、この活動を今後本県他校に広げていきたいと考えている。

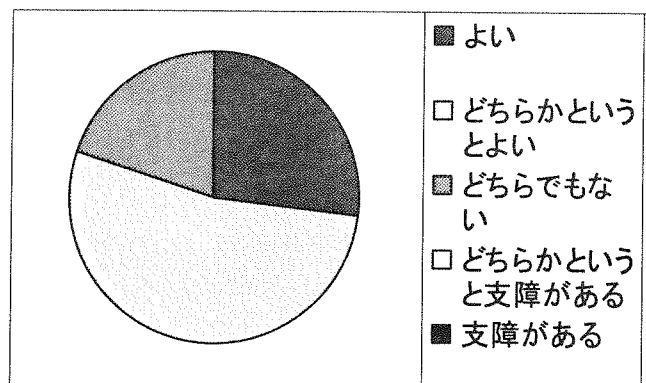


○コメント

- ・ 他校との交流は望ましいが、まず校内での交流としてSSHを全体に広げる方が大切である。
- ・ もっと交流がもてるとよい。

(4) 西沢正豊先生講演会「認知症はどこまでわかったか」について

昨今話題となる認知症について、全国でも屈指の研究者からその現状について分かりやすく話してもらった。大変好評であり、今後ともこのような講演が実施できるようにしていくことが必要であると考えている。



○コメント

- ・ 医療分野は文理に関わらず、興味を持てる分野でもあるので、よかったと思う。
- ・ 講演会後生化学教室で行われた交流会に参加したところ予想以上に生徒からの質問や意見が大変多く出た。先生は、その質問や意見の一つ一つに丁寧に、しかも医学に関する大きなテーマやご自身の経験で、答えていただいた。大変感謝している。

この貴重な意見を取り入れ、評価の高かった事業については更に充実させ、また、支障があったと指摘された点については、今後の教育活動の中でできる限りの改善を図りたい。

5章 研究開発実施上の課題及び今後の研究開発の方向・成果の普及

2節 研究開発実施上の成果と課題

今年度のSSHの主な対象となるSSHクラスは3年生のみであった。昨年度に学校設定科目「SSHⅡ（課題研究）」で実施した研究内容を4月の研究発表会で発表し、好評を得た。また、SSHをはじめた頃より計画されていたもので、今年度新規に実施した大きな事業が2つある。ひとつは海外への臨地研修で、今年度はアメリカ合衆国へ1年生理数コース全員が行って行くことができた。さらに本校2年生理系希望者と他校生とで、高大連携講座も試行的に実施することができた。今年度は、SSH継続2年目の大きな締め括りの年でもあるが初めての取り組みも多く、非常に実りのある1年間となった。これらの成果を次年度へつなげるための課題と改善点について考察する。

1. 理数に重点を置いた教育課程と指導法の開発について

<結果と成果>

学校設定科目「SSHⅡ（課題研究）」の効果については、生徒のアンケートからも「観察する力」「探究心」「論理的思考力」「情報処理能力」「論文やレポートを作成する力」「表現力」が育成されていることがわかり、科学的な力を育成するために非常に有効な指導方法であることがわかっている。本年度実施された課題研究発表会の参加者からいただいたアンケートでも、有効な取り組みと肯定的意見をもらっている。

また、本年度設置された、理数コースでは、科学への興味・関心を向上させるため、近隣大学からの協力を得て、実験講座を実施した。これからも生徒の学習・研究への意欲を向上させることができた。

<課題と改善点>

課題研究で育成された力のアンケートでは、「独創性」「創造力が他に比べ低い評価であった。また今回実施した参加者からのアンケートで、テーマについては、研究のための研究ではなく、もっと生徒の身近な疑問に沿ったものであるとよいのでは、という意見を多くいただいた。社会や日常生活と関わる有効な研究テーマについても検討しなければならない。

2. 大学・研究機関との連携による先進的・継続的理数教育の推進について

<結果と成果>

表1 これまで行った主な臨地研修

年度	内 容	日 数	対 象
15	筑波研究学園都市18研究機関	1泊2日	1年全員 (400人)
16	東京（日本科学未来館、国立科学博物館）	1泊2日	1年希望者 (35人)
	新潟大学（課題研究に関わる臨地研修）	3日間	2年（11人）
	新潟薬科大学（課題研究に関わる臨地研修）	3日間	2年（7人）
	東北大学（課題研究に関わる臨地研修）	4泊5日	2年（8人）
	東京理科大学（課題研究に関わる臨地研修）	4泊5日	2年（5人）
17	種子島・屋久島（宇宙科学技術館等）	4泊5日	1年希望者 (24人)
	東京理科大学（課題研究に関わる臨地研修）	3泊4日	2年（6人）
	京都大学（課題研究に関わる臨地研修）	2泊3日	2年（4人）
18	新潟大学（課題研究に関わる臨地研修）	2日間	2年（39人）
19	アメリカ研修旅行（ハーバード大、MIT、ケネディー宇宙センター）	7泊9日	理数コース 1年全員 (42人)
	筑波研究学園都市研修旅行	2泊3日	2年希望者 (16人)

これまで本校のSSH事業の中では、学校設定科目「SSI」での講座、「SSII」での課題研究を中心に、表1のような臨地研修を実施してきた。また、この間に表2のように大学等との連携も多く実施してきた。

表2 これまでの大学等との連携事業

年度	大学等との連携事業	参加者
15～17	アドバンス講座（SSI） 数学・物理・化学・生物・地学の講座を実施	1年希望者 約40人
	エキサイティング講座 サイエンスレンジャーまたはジャパンGEMSによる演 示的講座（他校からの参加もあり）	1・2年希望者 40～90人
15～19	アゴラカレッジ 新潟大学人文学部と連携、平成19年度は全県の高校生 に案内して実施	県内高校生 約200人
18	新潟大学での臨地研修（SSII）2日間	2年 39人
18～19	大学講義体験・四学部の先生方による講義 新潟大学、新潟医療福祉大学と連携	県内高校生 約100人
19	高大連携物理講座（新潟大学理学部物理学科との連携） 新潟南高校の他、新潟高校、新潟西高校、新潟商業高校、 新津南高校からの参加者による全15回の講座	県内高校生 のべ約400人

これまでのアンケート等からも明らかなように、生徒たちは、「臨地研修」において先進科学技術の見学・実習を通して、科学に対して興味・関心を持つことができ、「大学との連携事業」に参加することで大学の学習へ期待を持たせることに成果を上げることができた。今年度はこれらをさらに発展させた取り組みであった。

今年度、1年理数コースの生徒がインターナショナル・サイエンスツアーとして、アメリカ合衆国研修旅行も実施することができたのは、非常に大きな収穫であった。ケネディスペースセンターでのプログラムには本校独自の実験講義も含まれており非常に多岐にわたる活動を実施できた。

科学的な興味・関心を高めるためだけであれば、国内の研究施設でもよいのだろうが、①国外に出ることにより、自分の視野の狭さに気付き、より広い世界を見ることができる、②英語への興味も湧き総合的な学習意欲を高めることができる、③体験学習の要素を持ち人間的にも成長する等のさらに多くの効果が期待できることが、今回の実施により明らかになった。

また、連携事業においても、2年理系希望者を対象に高大連携講座を物理において実施することができた。単位互換や、他の学部・学科での実施は決まっていないが今後大学との連携を深める基礎を作ることができた。生徒にとっては、難しい内容も含まれていたようだが、講義への評価は高く、知識が増えることの楽しさを味わわせることができたことがアンケートよりわかった。

<課題と改善点>

アメリカ合衆国研修旅行については、今年度が初めての実施であり担当者は非常に苦労した。次年度は今年度の行程をさらに良い形へ改善する作業になる。さらに有効なプログラム、指導方法等を研究していきたい。

高大連携講座については、今年度の実施内容をベースに次年度にも実施する。今後、単位互換についても継続的に検討し、利用方法についても考えていくことになる。

3. 科学教育の充実について

<結果と成果>

「授業や実験の充実」では物理、生物を中心に過去にSSHで購入した備品を利用した新しい実験開発を行った。物理においてはイーザーセンスを用いた力学実験を行った。パソコンを利用した実験は生徒にとって、データやグラフは明瞭にわかるため理解しやすいものとなっているようである。

また、SSH講演会は、新潟大学脳研究所教授の西澤正豊先生による「認知症はどこまでわかったか」というテーマで実施した。医療分野であり、さらに「認知症」というテーマのため、理系・文系を問わず興味を持ち聞いていたことが、アンケートによりわかる。

3節 今後の研究開発の方向

これまでの本校SSH事業の中で、課題研究や臨地研修を通して、理科についての興味・関心を喚起し、身の回りの事象を出発点として観察・実験することで探究する楽しさを感じさせ、それを時間をかけて論理的に解明して行くことで論理的思考力や新しいことを発見する喜びを味わわせることに成功してきた。また、それらをまとめ発表する中で表現力やコミュニケーション能力を育成することができた。これまでの取り組みでアンケートなどから浮かび上がる問題点のポイントは以下の3点である。今後はこれらを改善すべく、これまでの成果を継続・発展させる。

(1) 学習意欲の向上

これまでのアンケートにおいて、「学習意欲が向上したか」の問いに対して他の問いに対するものに比して肯定的な回答をしているのは、少ない傾向がある。今後は、先端科学と学習内容との関連を踏まえ、興味・関心から学習意欲へ向かうよう心がけなければいけない。

(2) 科学技術と社会との結びつきを意識させる。

アンケートで「進路選択に影響を受けた」と答える生徒は比較的少なく、「科学を社会のために役立てようとする姿勢」についての自己評価も低い傾向がある。これはSSHと職業を考える場面が別々のものととらえられ、進路を検討するときにSSHでの活動が意識されていないからと考えられる。これまでの活動で、臨地研修で体験したことを身近な職業と結びつける場はなく、研修した内容が具体的に職業に結びついてはいなかった。そこで職場体験、インターンシップ等、地場産業など地域に根ざした産業とも連携して伝統技術や先端技術に触れ、科学と職業とのつながりを認識したい。また大学等での研究を体験し、それらを実際の生活との関わりの中で考えたりする活動をさらに充実させ、将来の職業との関連をより意識させることにより、科学技術に関わる進路選択をさらに増やすことができる。また環境やエネルギー等の社会生活につながるテーマを多く扱うことによって社会と科学技術のつながりを意識できる。

(3) 創造性の育成

アンケートからも論理的思考力、探究心、表現力については育成することができたが、独創性、創造性については、他に比較して少ない。今後は創造性についての評価方法も検討しながら、効果的な指導法を開発する。

具体的な事業について

(1) 課題研究について

これまで実施してきた課題研究の効果は非常に大きいものである。そこで、本校理数コースにおいては、課題研究を大学と連携し継続して実施してゆく。今後の課題は、テーマ等をより生徒の日常生活に関わるものにし、大学院生の協力を得ることで主体的に研究を進める。これにより、創造性の育成への効果を期待する。また、発表会をより有効にするため他校との合同開催（交流会）の実施や英語でのプレゼンテーションを検討する。

(2) 臨地研修について

実際に大学・研究施設を訪問し、本物を見学・実習することは、生徒の知的好奇心を刺激し学習への意欲を向上させ、将来への目標となる等、有効な取り組みである。特に本年度実施したアメリカ合衆国研修旅行は生徒達の体験的学習としても優れたものであり、視野を広げ世界レベルでの科学技術への興味・関心につながるものとして、次年度も継続して実施する。研修報告会の開催方法も工夫して、成果の普及に努める。

(3) 高大連携理科講座について

本年度より実施した、高大連携物理講座は、生徒の興味・関心の育成、学習意欲の向上に効果があった。次年度は、これを継続発展させ、他の学部学科での実施も検討する。

終わりに

この5年間のSSH事業は普通科での取り組みとして構成されてきた。これからは理数コースを主な対象としての、焦点をはっきりさせた取り組みとなる。これを新規SSH事業計画に結集させ取り組んでいきたい。

最後に、ご指導いただいた文部科学省、科学技術振興機構、新潟県教育委員会、本校SSH運営指導委員会、協力いただいた大学・研究機関各位に深く感謝申し上げます。また、今後とも何卒よろしくお願い申し上げます。

6章 関係資料

I 課題研究論文(生徒グループ論文)

円周率 π にみる 数学の統一性

鶴田暁也 本間彰子 三浦喬

1. 要約

“ π ”つまり円周率は、「円周の直径に対する比」と定義される。長さによって定義された数であるから、 π は幾何学の住人のように思える。しかし π は不思議なことに代数学、解析学にも顔を見せる。これら3つの分野それぞれの視点から π の値に迫った。

2. 方法・考察

(1)幾何学的アプローチ

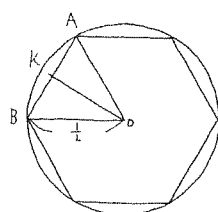
ここでは、幾何学的な2つの方法で、 π について研究していく。

(ア)アルキメデスによる π の求め方。

【方法】① 中心 O 、半径 $\frac{1}{2}$ の円に内接および外接する正 n 角形を作図する。

② ①で作図した正 n 角形の周の長さをそれぞれ求めて、その平均値を計算する。

(i)円(半径 $\frac{1}{2}$ 、中心 O)に内接するとき



図は $n=6$ のとき

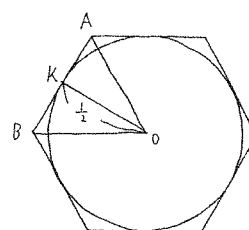
正多角形の隣り合う2つの頂点を A 、 B とし
線分 AB の中点を K 、 $AK=a$ とすると、

$$a = OA \sin \frac{360^\circ}{2n} = \frac{1}{2} \sin \frac{180^\circ}{n} \quad \text{である.}$$

よって、正 n 角形の周の長さは、

$$n \times 2a = n \times 2 \times \frac{1}{2} \sin \frac{180^\circ}{n} = n \sin \frac{180^\circ}{n} \quad \text{である.}$$

(ii)円(半径 $\frac{1}{2}$ 、中心 O)に外接するとき



図は $n=6$ のとき

(i)と同様に A 、 B 、 K を設定し、 $AK=a$ とすると

$$a = OK \tan \frac{360^\circ}{2n} = \frac{1}{2} \tan \frac{180^\circ}{n} \quad \text{である.}$$

よって、正 n 角形の周の長さは、

$$n \times 2a = n \times 2 \times \frac{1}{2} \tan \frac{180^\circ}{n} = n \tan \frac{180^\circ}{n} \quad \text{である.}$$

【結果】	$n = 10$ のとき	3.16968345...
	$n = 100$ のとき	3.14187327...
	$n = 1,000$ のとき	3.14159523...
	$n = 10,000$ のとき	3.14159267...

この計算結果から、正多角形の辺を増やしていくほど、求められる値はより π (3.1415926535...)に近づいていくと予想できる。

(イ)クザーヌスによる π の求め方。

【方法】① 周の長さが2である正 n 角形に内接および外接する円を作図する。

② ①で作図した円の半径をそれぞれ求めて、その逆数の平均値を計算する

まず、正 n 角形の周の長さを2に固定し、内接円の半径を h 、外接円の半径を r とする。

内接円の周の長さは $2\pi h$ 、外接円の周の長さは $2\pi r$ となるので、

$$2\pi h < 2 < 2\pi r$$

となる。全体を2で割ると、

$$\pi h < 1 < \pi r$$

さらに、全体を π で割ると、

$$h < \frac{1}{\pi} < r$$

3辺ともに正であるから、各辺の逆数を取ると、

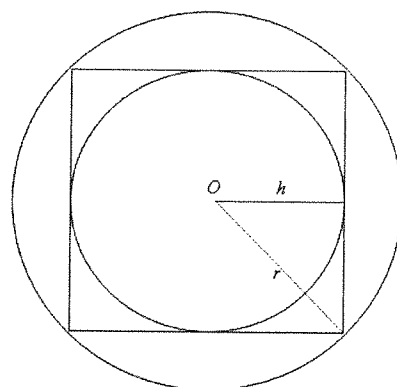
$$\frac{1}{r} < \pi < \frac{1}{h}$$

が求まる。

→→→正 n 角形の辺の数を増やしていくと、その半径の逆数の平均値は、円周率に近づいていくと予想できる。

【結果】	$n = 8$ のとき	3.18758797...
	$n = 128$ のとき	3.14175043...
	$n = 1,024$ のとき	3.14159511...
	$n = 8,192$ のとき	3.14159268...

実際の計算では、正 n 角形と正 $2n$ 角形の関係から作られた漸化式を使う。初期値を正方形とすることで、左の表の結果が得られた。



図は $n = 4$ のとき

(2)解析学的アプローチ

π の値をより正確に求めるために、無限級数による方法を用いてみた。

無限級数とは、無限数列の項を限りなく足しあわせたものである。

(ア) ドイツのライプニッツによる級数について

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \dots + \frac{(-1)^{n-1}}{2n-1} + \dots \quad \text{--- ①について調べた。}$$

導き方は次の通りである。

$-1 < x < 1$ のとき、

$$1 - x^2 + x^4 - x^6 + \dots + (-1)^{n-1} x^{2n} + \dots$$

は、初項1、公比 $-x^2$ の無限等比級数なので、

$$1 - x^2 + x^4 - x^6 + \dots + (-1)^{n-1} x^{2n} + \dots = \frac{1}{1+x^2}$$

が成り立つ。両辺を0から1まで x で積分すると、

$$\left[x - \frac{1}{3}x^3 + \frac{1}{5}x^5 - \frac{1}{7}x^7 + \dots \right]_0^1 = \int_0^1 \frac{dx}{1+x^2}$$

$$1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \dots = \int_0^1 \frac{dx}{1+x^2}$$

また、 $x = \tan \theta$ での置換積分で $\int_0^1 \frac{dx}{1+x^2} = \frac{\pi}{4}$ と計算できるので、

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \dots + \frac{(-1)^{n-1}}{2n-1} + \dots$$

が求まる。

①式をつかって $n = 100,000$ の項まで計算すると、小数点以下第4位まで正確に求めることができる。

(イ) スイスのレオンハルト・オイラーによる級数について

$$\text{級数 } \frac{\pi^2}{6} = 1 + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \cdots + \frac{1}{n^2} + \cdots \quad \text{--- ②}$$

と、これと同様にして生み出される級数

$$\frac{\pi^4}{90} = 1 + \frac{1}{2^4} + \frac{1}{3^4} + \cdots + \frac{1}{n^4} + \cdots \quad \text{--- ③について研究した.}$$

導き方は次の通りである。

$\sin x$ をテーラー展開すると、

$$\begin{aligned} f(x) = \sin x &= f(0) + f'(0)x + \frac{1}{2!}f''(0)x^2 + \frac{1}{3!}f'''(0)x^3 + \cdots + \frac{1}{n!}f^{(n)}(0)x^n + \cdots \\ &= x - \frac{1}{3!}x^3 + \frac{1}{5!}x^5 - \cdots + (-1)^{(n-1)} \frac{1}{(2n-1)!}x^{(2n-1)} + \cdots \end{aligned}$$

とできる。この式で x を πx とおくと、

$$f(\pi x) = \sin \pi x = \pi x - \frac{\pi^3}{3!}x^3 + \frac{\pi^5}{5!}x^5 - \cdots + (-1)^{(n-1)} \frac{\pi^{(2n-1)}}{(2n-1)!}x^{(2n-1)} + \cdots \quad \text{--- ③}$$

となる。

また、 x が整数値 ($x = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) をとるとき、 $f(\pi x) = \sin \pi x = 0$ なので、

$x, (x \pm 1), (x \pm 2), \dots$ は $\sin \pi x$ の因数である。よって、

$$\sin \pi x = ax(x+1)(x-1)(x+2)(x-2)\cdots(x+n)(x-n)\cdots$$

$$= ax(x^2-1)(x^2-4)\cdots(x^2-n^2)\cdots$$

$$= bx(1-x^2)(1-\frac{x^2}{2^2})\cdots(1-\frac{x^2}{n^2})\cdots \quad \text{--- ④} \text{とも表せる.}$$

$$\text{よって, ③④より } \frac{\sin \pi x}{x} = b(1-x^2)(1-\frac{x^2}{2^2})\cdots(1-\frac{x^2}{n^2})\cdots \quad \text{であるが,}$$

$$\frac{\sin \pi x}{x} = \frac{\sin \pi x}{\pi x} \times \pi \quad \text{であるので,}$$

両辺において $x \rightarrow 0$ とすると $\pi = b$ つまり $b = \pi$ を得る。

$$\text{よって④式は } \sin \pi x = \pi x(1-x^2)(1-\frac{x^2}{2^2})\cdots(1-\frac{x^2}{n^2})\cdots \quad \text{--- ⑤}$$

とできる。③式と⑤式は左辺が $\sin \pi x$ と等しいので、

$$\begin{aligned} \pi x - \frac{\pi^3}{3!}x^3 + \frac{\pi^5}{5!}x^5 - \frac{\pi^7}{7!}x^7 + \cdots + (-1)^{n-1} \frac{\pi^{2n-1}}{(2n-1)!}x^{2n-1} + \cdots \\ = \pi x(1-x^2)(1-\frac{x^2}{2^2})(1-\frac{x^2}{3^2})\cdots(1-\frac{x^2}{n^2})\cdots \end{aligned}$$

両辺の x^3 の係数を比較すると、

$\pi(-1 - \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} - \dots - \frac{1}{n^2} - \dots) = -\frac{\pi^3}{3!}$ となり、これを整理すると、

$$1 + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \dots + \frac{1}{n^2} + \dots = \frac{\pi^2}{6} \quad \text{が導かれる.}$$

②はライプニッツ級数①とほとんど同じ速さの収束を見せる. ③は $n=1,000$ の項まで計算するだけで小数点以下第7位の近似値が得られる. ②に比べて③の方が格段に収束が速い. これは各項の0への収束が速いためだと思われる.

(ウ) マーチンの公式について

調べた中で最も収束が速かったものはマーチンの公式である.

$$4 \arctan \frac{1}{5} - \arctan \frac{1}{239} = \frac{\pi}{4}$$

$$(\arctan x = x - \frac{1}{3}x^3 + \frac{1}{5}x^5 - \frac{1}{7}x^7 + \dots \quad \text{———グレゴリー級数})$$

$\arctan x$ とは, $\tan \alpha = x$ のとき, α を $\arctan$ と x で表した数, つまり $y = \tan x$ ($-\frac{\pi}{2} < x < \frac{\pi}{2}$)

の逆関数である. ($y = \tan x$ (x はすべての実数) の逆関数は多価関数なので, 定義域を制限した) マーチンの公式を用いて π の近似値を求めてみると、

グレゴリー級数の10項までで、 $\pi = 3.1415926535897917\dots$

100項までで、 $\pi = 3.14159265358979324\dots$

を得ることができた。

これ以上に正確な数値は、コンピュータの表示桁数が足りず計算できなかった. この方法をつかうとグレゴリー級数の10項目まで計算するだけで、小数点以下16桁までの近似ができ、今までの級数に比べると、信じられないほど収束が速いことがわかった.

(3)代数学的アプローチ

ここでは数学の分野の中で代数学と確率にスポットを当てて分析した.

(ア) 既約分数を使う方法

【方法】

十分大きな自然数 n に対して, $1 \leq l \leq n, 1 \leq m \leq n$ を満たす自然数 l, m を用いてできる n^2 個の分数 $\frac{l}{m}$ のうち, 既約分数 (それ以上約分することの出来ない分数) であるものの個数を $a(n)$ と

すると, $\sqrt{\frac{6n^2}{a(n)}}$ で π の近似値が得られる.

(導き方)

・ p を素数とすると、十分大きい自然数 n について、1 から n の数の中から1つ選んだときそれが p の

倍数になる確率は $\frac{1}{p}$ と考えてよいから、2つの整数が共に p の倍数となる確率は $\frac{1}{p^2}$ であり、その

余事象の確率は $1 - \frac{1}{p^2}$ である。

・ $p \neq q$ である素数 q についても同様に、2つの整数がともに q の倍数となる確率の余事象の確率は

$1 - \frac{1}{q^2}$ である。

・ よって、上記の2つの整数 l, m が、 p, q どちらの約数にもならない確率は

$$\left(1 - \frac{1}{p^2}\right) \left(1 - \frac{1}{q^2}\right) \text{ である。}$$

・ これを繰り返すと、2つの整数が互いに素となる確率は

$$\left(1 - \frac{1}{2^2}\right) \left(1 - \frac{1}{3^2}\right) \left(1 - \frac{1}{5^2}\right) \cdots \left(1 - \frac{1}{p^2}\right) \cdots = A$$

であるから、これが $\frac{6}{\pi^2}$ となることを示せばよい。

・ いま、 $\frac{\pi^2}{6} = 1 + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \cdots + \frac{1}{n^2} + \cdots = B$ (オイラーの級数) とおくと

$AB = 1$ が示せば、 $A = \frac{6}{\pi^2}$ となり証明が完成する。

$$\left(1 - \frac{1}{2^2}\right) B = 1 + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \cdots + \frac{1}{n^2} + \cdots$$

$$\cdots - \left(\frac{1}{2^2} + \frac{1}{(2 \times 2)^2} + \cdots + \frac{1}{(2n)^2} + \cdots\right)$$

$$= 1 + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{5^2} + \frac{1}{7^2} + \cdots = B_1,$$

$$\left(1 - \frac{1}{3^2}\right) B_1 = 1 + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{5^2} + \frac{1}{7^2} + \cdots - \left(\frac{1}{3^2} + \frac{1}{(3 \times 3)^2} + \frac{1}{(3 \times 5)^2} + \cdots\right)$$

$$= 1 + \frac{1}{5^2} + \frac{1}{7^2} + \frac{1}{11^2} + \cdots = B_2,$$

$$\left(1 - \frac{1}{5^2}\right) B_2 = 1 + \frac{1}{5^2} + \frac{1}{7^2} + \frac{1}{11^2} + \cdots - \left(\frac{1}{5^2} + \frac{1}{(5 \times 5)^2} + \frac{1}{(5 \times 7)^2} + \cdots\right)$$

$$= 1 + \frac{1}{7^2} + \frac{1}{11^2} + \cdots = B_3 \text{ とおき、以下同様に式を作っていく。}$$

・ これらの式を掛けあわせた式で $n \rightarrow \infty$ とすると、

$$B \times \left(1 - \frac{1}{2^2}\right) \left(1 - \frac{1}{3^2}\right) \left(1 - \frac{1}{5^2}\right) \cdots \left(1 - \frac{1}{p^2}\right) \cdots = 1$$

となるから、

$$\frac{6}{\pi^2} = \left(1 - \frac{1}{2^2}\right) \left(1 - \frac{1}{3^2}\right) \left(1 - \frac{1}{5^2}\right) \cdots \left(1 - \frac{1}{p^2}\right) \cdots = A \text{ である。} \blacksquare$$

【結果】	$n = 500$ で	3.139019975...
	$n = 1,000$ で	3.14041534...
	$n = 2,000$ で	3.140645471...
	$n = 4,000$ で	3.1415330052...

この方法で π の近似値が確かに得られることが分かった。計算結果からも n の値が大きくなっていくほど正確な π の値に近づいていくことが予想できる。

(イ) 確率による方法

【方法】

平面上に真っ直ぐに引いた平行線（間隔 d ）に
落とした長さ l の針が平行線にかかる確率は $\frac{2l}{\pi d}$ である。

(導き方)

図の太い線は平行な直線、少し細めの線は針を表している

x : 落とした針の中心から近いほうの直線までの距離、

θ : 平行線の垂線方向と針のなす角 とすると、

$$0 \leq x \leq \frac{d}{2} \quad 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \text{ であり}$$

針が直線に触れる場合の条件は $x \leq \frac{l}{2} \cos \theta$ である。

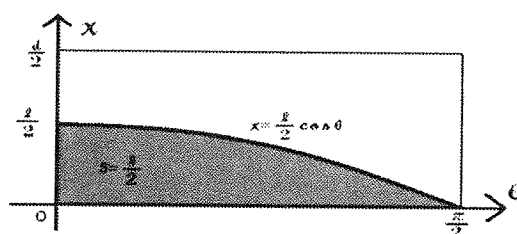
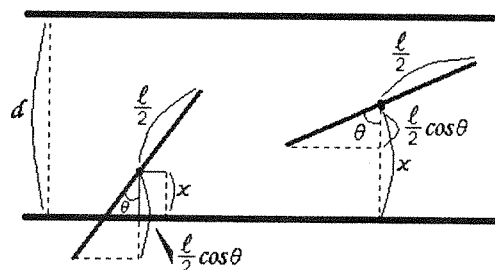
よって求める確率は、針全体を長方形の面積 $\frac{d}{2} \times \frac{\pi}{2}$ 、直

$$\text{線にかかった針を網掛けの面積 } S = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{l}{2} \cos \theta d\theta = \frac{l}{2}$$

で考えると、次のように求めることができる。

$$\text{確率 } p = \frac{\text{線にかかった針 (本)}}{\text{落とした針 (本)}} = \frac{\frac{l}{2}}{\frac{d}{2} \times \frac{\pi}{2}} = \frac{2l}{\pi d} \quad \blacksquare$$

この方法はフランスの博物学者ビュホンによるものだが、後にイタリアのラッザリーニが針を 3,408 回投げて、3.1415929 という小数第 6 位まで正しい推定値を得たといわれている。



3. まとめ・感想

数学の理論体系は、おもに 3 つの分野（代数学、幾何学、解析学）に分けることができる。代数学は整数や方程式、幾何学は図形の性質、解析学は微分積分や確率論などについての分野である。

わたしたちはいま高等学校の数学で、これらの分野からそれぞれピックアップされた内容（たとえば高次方程式、平面幾何、微分積分というように）を教科書の單元ごとに学んでいる。それぞれの單元では、実数の累乗根をとったり、長さを求めたり、級数の和を求めたりと一見繋がりが無い。そのため、授業で習う数学では、代数学、幾何学、解析学がそれぞれ独立しているように感じられるのだ。

しかし、この 3 つの分野の根底を古代ギリシャ時代から脈々と流れているものがある。その代表的なものが、わたしたちの調べてきた π なのだと思う。 π は数学のどの分野にもかかわっている。幾何に限らず思わぬところで現れる π —— 大昔から人類が求め続けてきたこの値が、数学全体の発展に大きく貢献してきたのだ。人々が π に魅入られた理由は、シンプルに定義された数 π がもつ性質の奥深さにあるのだと思う。

気体ロケットの運動解析

石橋匠 内山駿 川瀬大樹 佐藤友哉

要旨

ペットボトルロケットを製作し、デジタルビデオカメラで気体ロケットの運動の様子を撮影した。撮影した映像を運動解析ソフト「MOA-2D」と表計算ソフト「Excel」を用いて運動解析を行い、運動の特徴を調べた。次に気体ロケットの運動のシミュレーションを行った。実験により推進力と空気抵抗力を求め、運動方程式を数値解析し、速度、高さの理論値を求めた。その後、理論値と測定値の相対誤差を調べ、その原因を考察した。

研究内容

ペットボトルロケットを鉛直に打ち上げたとき、その最高到達点や時間と速度の関係、時間と加速度との関係などを物理計算ソフト MOA-2D を用いて測定し、ペットボトルロケットがどのような運動をしているのかを解析する。また、気体ロケットの推進力と抵抗力について調べ、より詳細な運動を解析する。

[1] 水ロケットと気体ロケットの運動

実験準備

(1) 使用した実験道具

- ・ペットボトルロケットと発射台
- ・理科実験用スタンド
- ・メスシリンダー（水ロケットの水量を測るために用いた）
- ・空気入れ
- ・ビデオカメラ
- ・物理計算ソフト MOA-2D
- ・カーテンレール（ペットボトルロケットを鉛直に打ち上げるために用いた）

(2) 測定内容

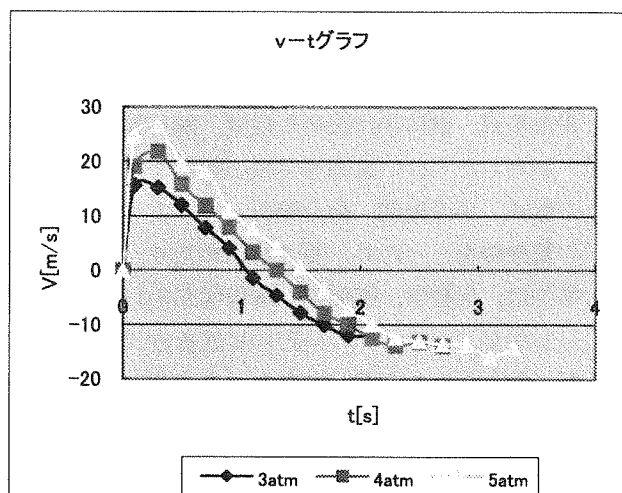
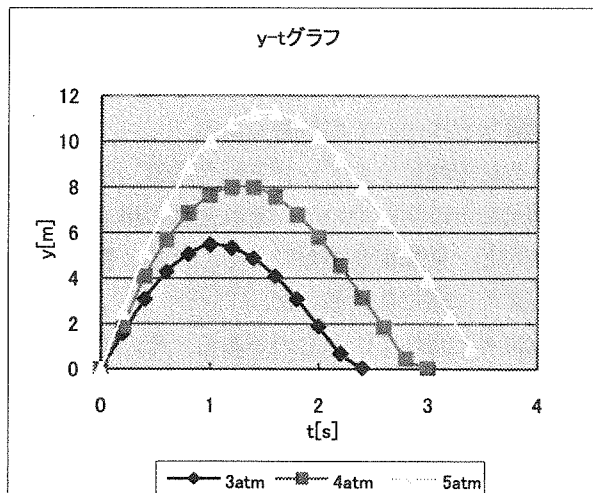
- ①気体ロケットの時間による高さ、速度、加速度の変化（圧力を変えて測定する）
- ②水ロケットの時間による高さ、速度、加速度の変化（水量と圧力を変えて測定する）

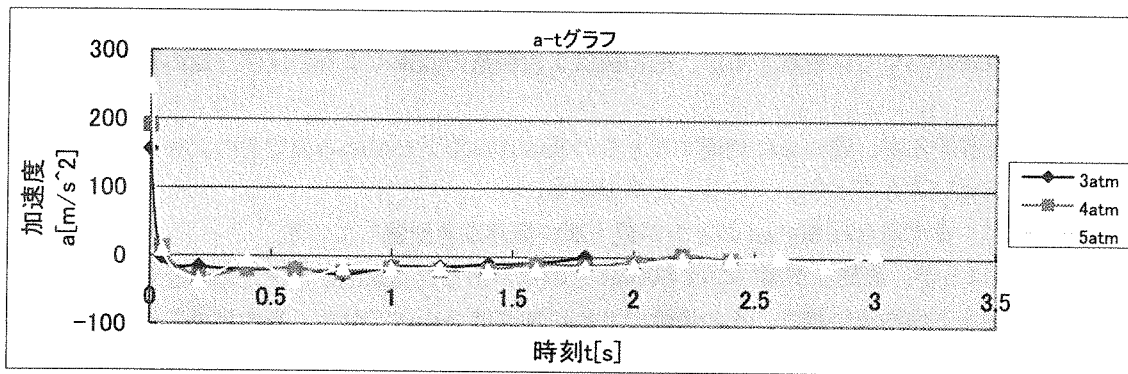
実験方法

- 1.発射台を平らな地に設置し、理科実験用スタンドでカーテンレールを支持して鉛直に立て、ロケットを発射台に設置する。
- 2.空気ロケットの場合:ロケット内の圧力を計測しながらロケットに空気を入れる。
水ロケットの場合:水をメスシリンダーを用いて計測しロケットに入れる。
- 3.ロケットの発射から着地までの運動の様子をビデオカメラで撮影し、その映像を物理解析ソフト[MOA-2D]を用いて解析する。
- 4.それぞれのロケットの時間と高さ、速度、加速度の関係を調べグラフを作成する。

実験結果

① 気体ロケット(圧力を 3atm.4atm.5atm と変えて測定した)



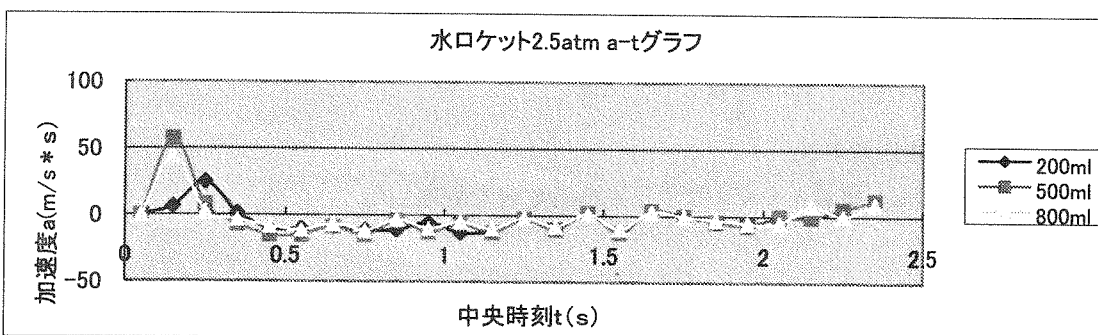
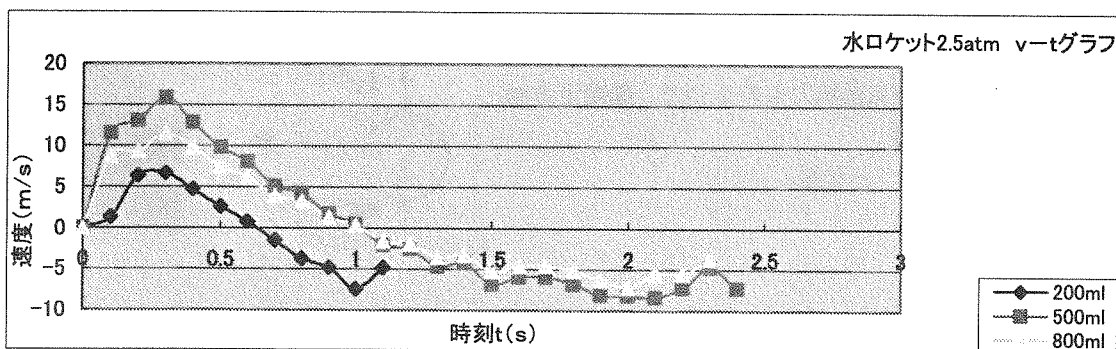
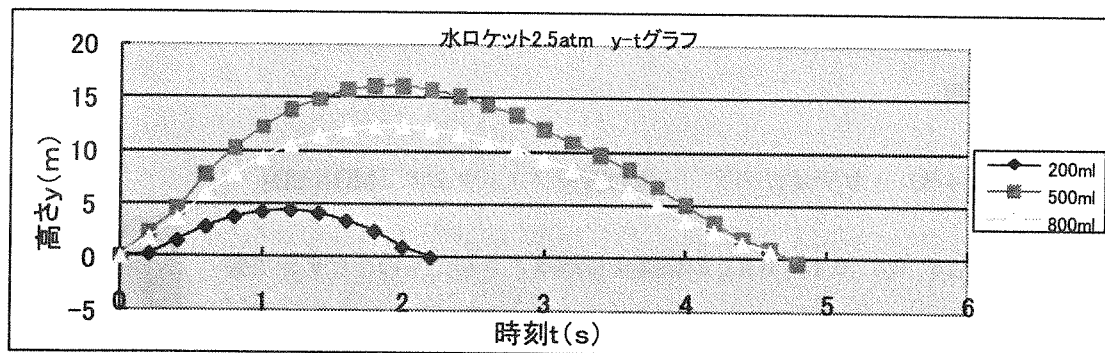


<①についての考察>

高さはほぼ放物線的に徐々に上昇していき、最高点に到達するとその後はゆっくりと下降していく。この最高到達点は圧力が高いほどより高くなる。

速度ははじめに一気に大きくなり、その後は一定の傾きのまま減少していき、最終的には一定の速度となる。最高点に達した時点で 0 になる。加速度は打ち上げの瞬間で最大になり、その後は重力加速度 $-9.8[m/s^2]$ に近い値をとり、最後には 0 に近づく。

②水ロケット(圧力を 2.5atm とし、水量を 200ml, 500ml, 800ml と変えて測定した)



<②についての考察>

グラフから、どの水量であってもまず高さはほぼ放物線的に最高点まで上昇し、再び放物線的に下降して来るこ

とが分かる。

また速度は打ち上げの直後からすぐに増加するが、その後は1次関数の直線のようにほぼ一定の傾きのまま減少していく。

加速度は発射後急激に上昇するが、最高点に到達するとその後は自由落下を始めるのでその大きさは重力加速度の大きさ $-9.8[m/s^2]$ に近い大きさとなっていることが分かる。

次に水量による違いだが、まず高さは500mlのときに最も高い最高点を記録している。

800mlよりも500mlのほうが、最高点が高いのは800mlの水があると2.5atmの圧力では全ての水を放出しきれず水がある程度ロケットの内部に残り、その慣性のために加速度が小さくなり、高さが得られなかったからだと思われる。このことから最も高い最高点に到達するためには圧力と水量をバランスよく組み合わせなければならないことが分かった。

【II】気体ロケットに働く力とシミュレーション

1. 気体ロケットの受ける空気抵抗の測定

空気抵抗力を

$$f = kv^n \quad \text{とおく。}$$

すなわち空気抵抗力は速度の n 乗に比例すると仮定する。

この n を求めるために、紙の皿を地面自然落下させそのときの終端速度を測定し、質量と終端速度の関係から n を求める。

空気抵抗力 f を求める実験

実験に使用した器具

- ・ 1枚 0.15g の紙皿を4枚
- ・ ビデオカメラ
- ・ 運動解析ソフトウェア「MOA-2D」

実験方法

- ・ 紙皿を重ねて質量 0.15, 0.3, 0.45, 0.6 g の紙皿を自然落下させたものをビデオで撮影する
- ・ 運動解析ソフト「MOA-2D」からそれぞれの質量のときの終端速度 v_T を求め、計算から n と C_D 値を求める。

計算は次のようになる

紙皿に働く力は、重力 mg と空気抵抗力 f の2つで、鉛直下方向を正の値とすると運動方程式は

$$F = ma \quad \text{より} \quad mg - f = ma \quad \text{となる。}$$

このとき、 $f = kv^n$ より、

紙皿の運動方程式は、

$$mg - kv^n = ma$$

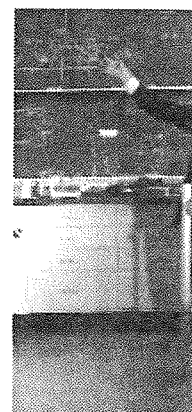
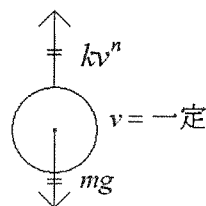
終端速度のとき、重力と空気抵抗はつりあい、 a は0になるので、終端速度を v_T とすると、

$$mg = kv_T^n \quad \text{これを整理すると、} \quad v_T^n = \frac{g}{k} m \quad \cdots \textcircled{1}$$

この式により、 v_T^n は m に正比例する。

紙の枚数を1枚ずつ増やし、質量 m を変えながら終端速度 v_T を測定した。

実験より v_T^n と m の関係は次のようになった。



グラフより、 V_T^n が原点を通る直線（正比例関係）になっているのは、 $n=2$ のとき。
また、この直線 $y=2539.5x$ の x の係数は①より

$$2539.5 = \frac{g}{k}$$

$$\text{よって、} k = 0.003859$$

一般に、 k について

$$f = kv^2 = \frac{1}{2} C_D \rho S v^2$$

であることが知られている。

ここで、 ρ : 空気の密度 S : 物体の断面積 C_D : 物体の形状による数値 である。

紙皿の場合の C_D 値は

$$k = \frac{1}{2} C_D \rho S \quad \text{より} \quad C_D = \frac{2k}{\rho S}$$

今の実験では

$$\rho = 1.2[\text{kg/m}^3] \quad S = 0.006939772[\text{m}^2] \quad \text{なので}$$

$$C_D = 0.926790101 \quad \text{となる。}$$

気体ロケットの場合の C_D 値は、紙皿の C_D 値とほぼ等しいと仮定すると、
空気抵抗力 f は、

$$f = \frac{1}{2} \times 0.9 \times (\text{空気の密度}) \times (\text{ロケットの断面積}) \times (\text{速度})^2 \quad \text{で求められる。}$$

この f は速度が変動するためその瞬間ごとに異なる。

2. 気体ロケットの推進力の測定

推進力 F を求める実験

実験に使用した器具

・ペットボトルロケット ・注射器 ・圧力計 ・スタンド ・空気ポンプ

実験方法

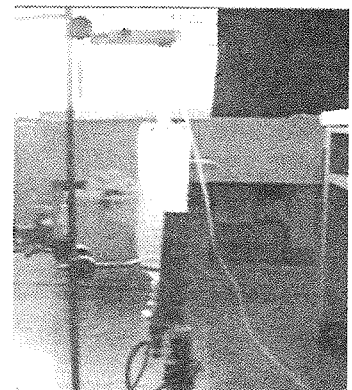
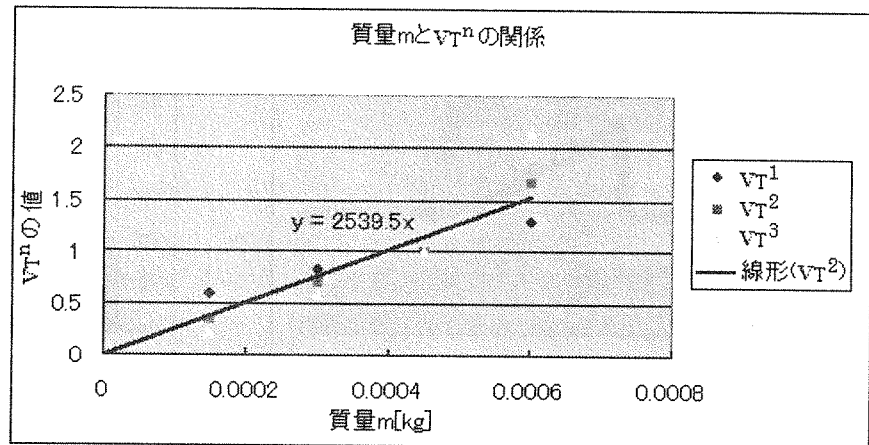
- ・ペットボトルを圧力計につなげた注射器に向けて、鉛直上向きに設置する。
(右図参照)
- ・圧力計を作動させ、ロケットを発射する。
- ・圧力計で計測した注射器内の圧力 p に注射器の断面積をかけて、注射器にかかった力を求める。
- ・求めたい推進力は、無重力状態における推進力なので、推進力と反対の鉛直下向きにかかっている重力分を注射器にかかった力に加える。

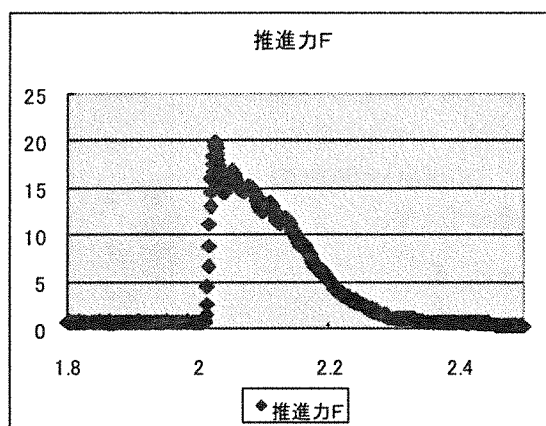
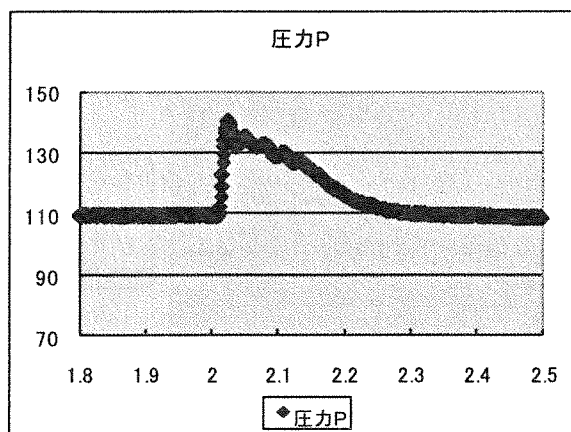
計算式は次のようになる。

圧力計で測定した圧力 p の 0.001 秒ごとの通常気圧からの変位 Δp を求め、注射器の力のかかった面積 S をかけ、重力による力 mg をたすと推進力 F が求まる。

$$F = \Delta p \times (\text{注射器の面積}) + (\text{ペットボトルの質量}) \times 9.8$$

この F は Δp が変動するためその瞬間ごとに異なる。





3. シミュレーション値と実測値の比較

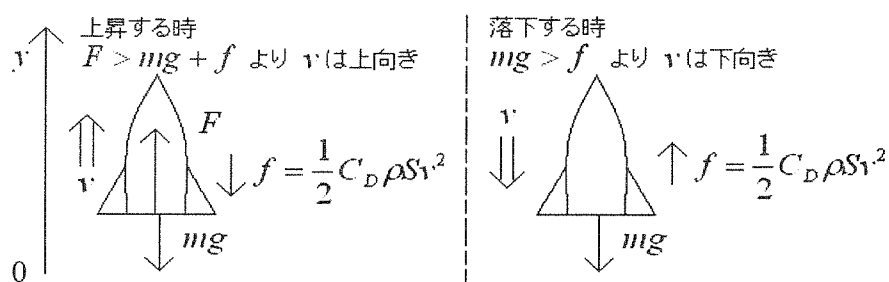
I, II で求めた空気抵抗 f と推進力 F 、ペットボトルロケットにかかる重力 mg を合わせて、ペットボトルロケットにかかる合力を計算する。

この合力を用いて、

$$F - mg \pm f = ma$$

$$\text{より } a = \frac{F - mg \pm f}{m}$$

(- : 上昇時 + : 下降時)



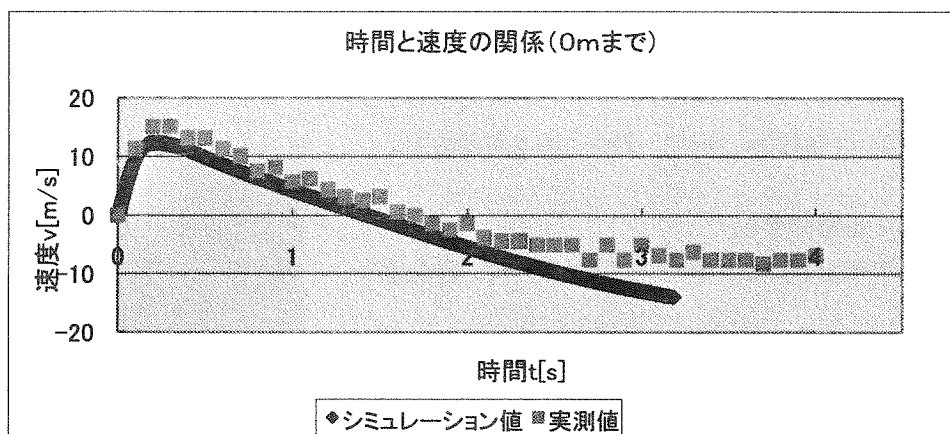
この式からそれぞれの瞬間における加速度を求める

また、 Δt (0.001 秒) 毎の速度 v [m/s]、高さ y [m] の値は次の式から求められる。

$$\begin{cases} v(t + \Delta t) = v(t) + a(t)\Delta t \\ y(t + \Delta t) = y(t) + v(t + \Delta t)\Delta t \end{cases}$$

シミュレーション結果

① シミュレーションで求めた速度と打ち上げ実験により求めた速度の比較

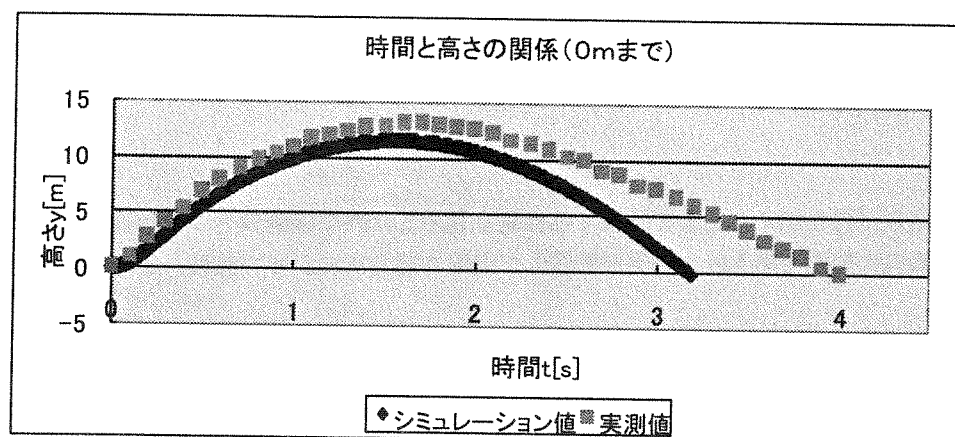


このときのシミュレーション結果と実測値の速度の相対誤差は 4.8%

発射から 2 秒(速度が -5 [m/s]) 前後のときからシミュレーション結果と実測値の誤差が大きくなっていて、また地面に落下するまでの時間が長くなっている。これは最高点に達し落下し始めたときに、ペットボトルロケットの機体が横になった状態で落ちてきたことで空気抵抗の C_D 値が大きくなった。これにより、鉛直上方向への空気抵抗力が大きくなり、速度がシミュレーションの値よりも小さくなったからと考えられる。

実測値の速度が最後の方で、ほぼ一定の値を示しているのは、空気抵抗の変化により、重力とつりあい、等速運動をしているからと考えられる。

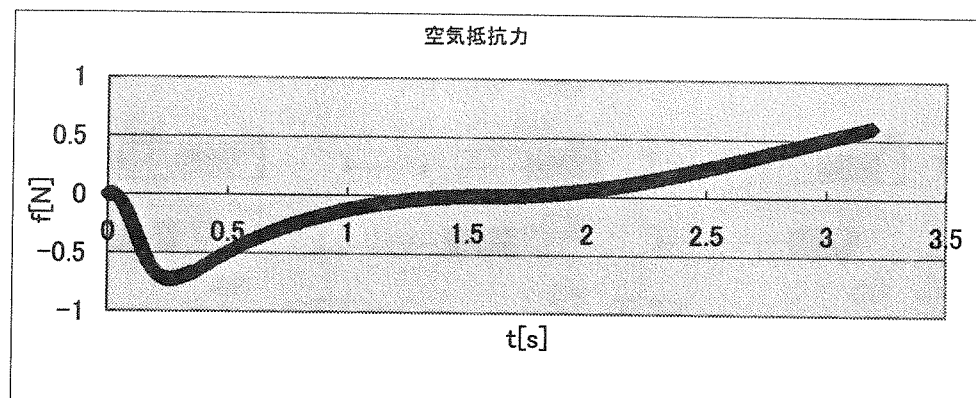
②シミュレーションで求めた高さと打ち上げ実験によって求めた高さの比較



このときのシミュレーション結果と実測値の高さの相対誤差は 12.2%

最高点に達した後の運動の仕方がシミュレーション値では放物線を描いているが、実測値では放物線というよりも直線に近い運動の仕方をしている。これは①で述べたように、空気抵抗の C_D 値が大きくなり空気抵抗が重力とつりあい、等速運動をしているからと考えられる。

③シミュレーションで用いた空気抵抗力 f と時間の関係



①の速度や②の高さと見比べると空気抵抗 f は、推進力をつかって速度が最大になった時にマイナスの値で最大値をとっている。また、高さが最高点に達し速度が0になった時に f も0の値をとって、その点がプラスとマイナスの値の境目になっている。

初めは、推進力により速度が急激に上昇するため空気抵抗 f も急激に変化している。

推進力が0になってから最高点に達するまでと、最高点に達してから地面に落ちるまでは等加速度運動をするため、速度に比例する空気抵抗 f もほぼ同じ割合で上昇している。

考察

気体ロケットは、発射後すぐに最高速度まで加速してから空気抵抗によりだんだん速度が小さくなっていく。水ロケットよりも質量が軽いので、空気抵抗の影響を強く受けてしまう。また、最終的には水ロケットの場合と同じく、重力とほぼつりあい、等速運動に近くなることが分かった。

今回のシミュレーションでは、ペットボトルロケットが横になって落下してくるときの空気抵抗の C_D 値を、地面と垂直に立っているときの C_D 値を同じとして計算していたため、最高到達点以降のシミュレーションにおいて大きな誤差が出てしまった。この横になったときの C_D 値も求め、より実際の状況に近いシミュレーションができればよかったと思う。

参考 web サイト

MOA-2D公式サイト <http://rika.ed.niigata-u.ac.jp/~moa-2d/>

スターリングエンジンの製作と出力測定

伊藤隼 高野慎治

1. 目的

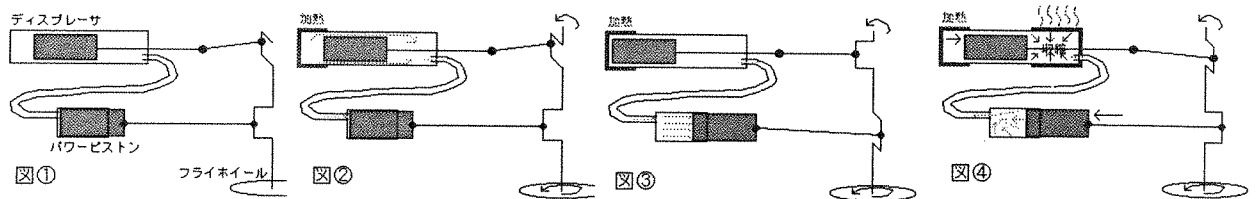
模型エンジンであるスターリングエンジンを製作し、性能を測定することを通じて、外燃エンジンの原理を理解し、エネルギー機械の製作や性能測定に関する基礎的工学を学ぶ。

2. スターリングエンジンとは

スターリングエンジンは空気に熱を加えることで膨張する性質を利用した外燃機関の一つである。加熱による空気の体積変化により、高温の熱源で熱された空気が膨張して低温の部分に向かって流れ、ピストンを動かすことで動作する。

3. スターリングエンジンが動作する仕組み

- ① 加熱する前の状態では、パワーピストンは一番奥の状態（空気が入っていない状態）にあり、ディスプレイサピストンはパワーピストンの位置によってディスプレイサの真ん中付近にある。
- ② ディスプレーサの先端を加熱すると、ディスプレイサ内にある空気が膨張し、ゴム管で繋いであるパワーピストンに向かって流れ込む。
- ③ 膨張した空気によってパワーピストンが押し上げられる。すると、フライホイールの働きによってディスプレイサピストンは押し込まれる。
- ④ それまで加熱されていた空気は加熱されていない部分に押しやられて冷却される。冷却されて圧力が下がった空気はパワーピストンを押し下げて最初の状態に戻る。これを繰り返すことによってスターリングエンジンは回転を続ける。



4. スターリングエンジンの製作

Web 化学工作館にて紹介されているスターリングエンジン、noBB の製作を行った。ディスプレイサのシリンダーに使用する試験管はそのままの長さで使用し、パワーピストン部に使用する注射器は気体の流動抵抗を減少させるため先端部をルーターで切断し、シリコン製のゴム栓に 4mm 径の真鍮パイプを刺し込み道通管とした。

5. スターリングエンジンの出力測定

スターリングエンジンの出力を測定するために次の 2 つの実験を行った。

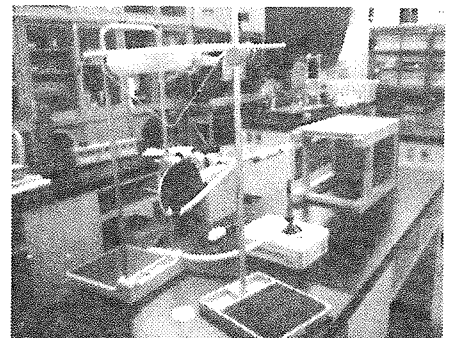
(1) 実験 1 摩擦実験による出力測定

① 目的

摩擦力によってエンジンの軸に負荷をかけながら回転数を測定し、トルクと軸出力を算出して回転数の変化による軸出力の関係を表しどの回転数で最も軸出力が大きくなるかを調べた。(写真 1)

② 実験方法

エンジンの軸に糸を巻きつけて重りをつるし、エンジンを回して秤にかかる力と回転数を測定し(図⑤)、トルクと軸出力を算出した。重りの質量を 11g~27g まで変えることで負荷を変化させた。



(写真 1)

③ トルクと軸出力の算出方法

フライホイールは軸にかかる摩擦力和逆向きの等しい力で回転しているので、トルク T は

$$T = f \times r' \quad (f: \text{摩擦力、} r': \text{軸の半径})$$

と表せる。

秤にかかる力 mg は

$$mg = f + m_1 g$$

(f : 摩擦力、 m_1 : 重りの質量、 g : 重力加速度)

で表され、この式を摩擦力 f について変形すると

$$f = g(m - m_1)$$

となる。トルク T は摩擦力 f と距離の積で得られるので

$$T = g(m - m_1) \times r'$$

(m_1 : 重りの質量、 m : 秤が示した重さ、 n 回転数

r' : 軸の半径、 g : 重力加速度、 T : トルク)

また、回転数 n は一分間あたりのものであり、角速度 ω との間には

$$\omega = 2 \times \pi \times n \div 60$$

という関係がある。

このトルクと角速度から軸出力を求める。回転体の仕事 ΔL は

$$\Delta L = f \times \Delta s$$

$$= f \times r \times \Delta \theta$$

$$= T \times \Delta \theta$$

軸出力は仕事率なので

$$Ne = \Delta L \div \Delta t$$

$$= T \times \Delta \theta \div \Delta t$$

$$= T \times \omega$$

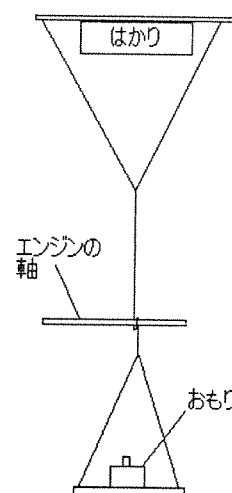
$$= T \times 2 \pi n \div 60$$

よって、軸出力はトルクと角速度の積によって求められる。

④ 結果

上記の実験を行い、トルクと軸出力を算出した。その結果をまとめると表 1 のようになった。

重りの質量(kg)	秤が示した重さ(kg)	回転数(rpm)	トルク $\times 10^{-5}(\text{N}\cdot\text{m})$	軸出力 $10^{-4}(\text{W})$
0.011	0.014	275	2.94	8.46
0.012	0.015	265	2.94	8.15
0.013	0.016	255	2.94	7.85
0.014	0.016	230	1.96	4.72
0.015	0.017	230	1.96	4.72
0.016	0.014	240	1.96	4.92
0.017	0.014	235	2.94	7.23
0.018	0.015	250	2.94	7.69
0.019	0.016	235	3.43	8.44
0.020	0.016	220	3.92	9.03
0.021	0.016	230	4.90	11.79
0.022	0.016	225	5.88	13.84
0.023	0.017	220	5.88	13.54
0.024	0.019	220	4.90	11.28
0.025	0.017	215	7.84	17.64

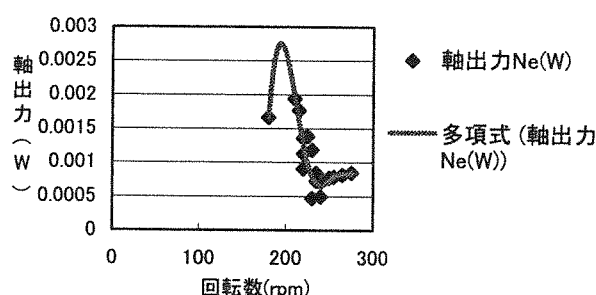


図⑤

0.026	0.017	210	8.82	19.38
0.027	0.018	180	8.82	16.61

(表 1)

グラフ1



⑤ 考察

実験では 200 回転以上の結果しか出せなかったが、近似曲線によると 200 回転前後に出力のピークがあるものと思われ、ピーク時には 0.0025W～0.0030W 程度の出力があると推測される。

また、200 回転を過ぎると軸出力が極端に低下することがわかった。

よって、200 回転付近での出力と最も軸出力が大きくなる回転数を重点的に調べるために実験 2 を行った。

(2) 実験 2 封入気体の圧力と体積の変化による軸出力の測定

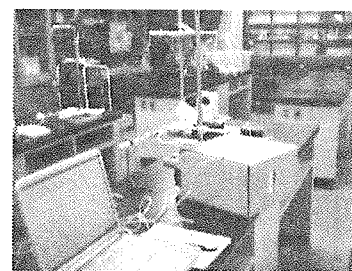
① 目的

封入されている気体の圧力と体積の変化を測定し、回転数から軸出力を算出した。さらに、摩擦力で負荷をかけ 200 回転前後の出力を調べた。(写真 2)

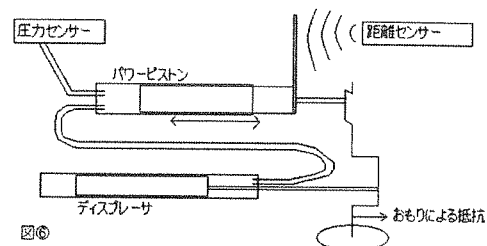
② 実験方法

注射器の先端のゴム栓に 3mm 径の真鍮パイプをもう一本差し込み、それに圧力センサーを装着してパワーピストン内の気圧を計測するとともに、パワーピストンの位置の変化から体積の変化を算出した。(図⑥) それを 5g～40g までの重りを用いて糸による摩擦力の負荷を変化させる作業を繰り返し、関係を PV グラフで表した。

さらに、データから回転数を求め、回転数と軸出力と回転数の関係をグラフで表した。



(写真 2)



③ 封入気体の気圧と体積からの軸出力算出方法

1 : パワーピストンと距離センサーの距離

l_1 : パワーピストンが最も押し出された時の距離

S : パワーピストンの底面積

r_1 : パワーピストンの半径

π : 円周率

r_2 : 試験管の半径

l_2 : 試験管の長さ

V : 封入気体の体積

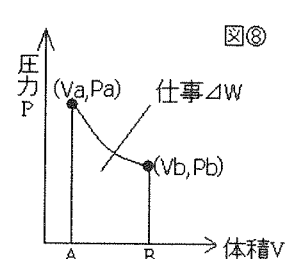
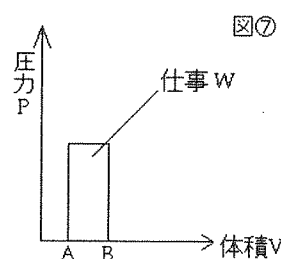
P : 封入気体の圧力

W : 封入気体が外部に対して行う仕事

n : 回転数

Ne : 軸出力

封入気体の体積 V はパワーピストンの変位と試験管の体積の和だから



で表される。

$$W = \text{PS} \times \mathbb{A}^1$$

$$= P \times (S \times 1)$$

= $P\Delta V$ (力が一定の場合。 ΔV : パワーピストン内の変化した体積)

また、図⑧のようなグラフにおいても、区間 AB を極めて小さく取るとき、その区間での面積は台形と捉えてよいから、ある区間 AB において気体が行う仕事は $\triangle W$ は、A での体積を V_A 、B での体積を V_B 、A での圧力を P_A 、B での圧力を P_B とすると次の式で表される。

$$\Delta W = (P_A + P_B) \times (V_B - V_A) \div 2$$

- ・ $V_A < V_B$ であれば気体が膨張しているため、気体は正の仕事 ($\Delta W > 0$) を行っている。

- ・ $V_A > V_B$ であれば気体が圧縮しているため、気体は負の仕事 ($\Delta W < 0$) を行っている。

よって、最終的に封入気体が外部に対して行った仕事 W は 1 周期における ΔW の総和である。

以上より軸出力 N_e は

$$Ne = W \times (n \div 60)$$

と表される。

グラフ 2,3 はそれぞれ重り 20 g のときの PV グラフと重り 35 g のときの PV グラフである。

グラフ3

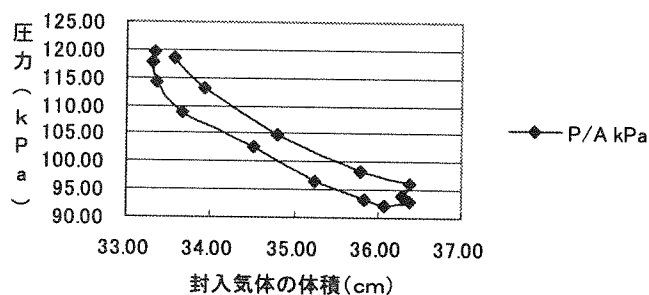
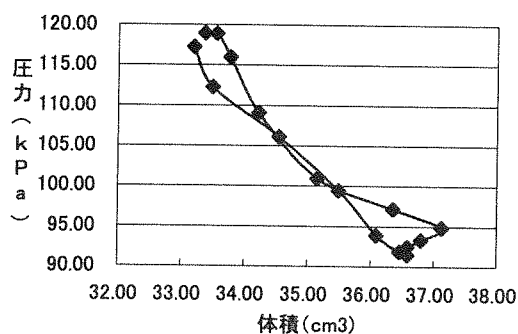


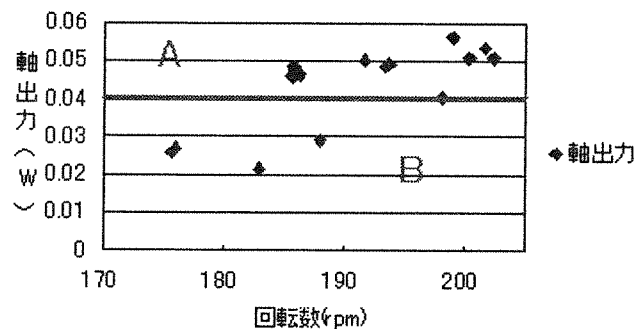
表 2 は回転数 T の昇順に並べ替えたものである。

重りの重さ(g)	回転数 T(rpm)	仕事 $W \times 10^{-3}(\text{J})$	軸出力 $Ne \times 10^{-2}(\text{W})$
20	175.58	8.83	2.58
30	175.92	9.12	2.67
40	182.85	7.04	2.14
14	185.56	14.88	4.60
32	185.78	15.68	4.85
12	185.97	15.12	4.68
31	185.97	15.37	4.76
28	186.16	15.04	4.66
10	187.87	9.28	2.90

15	191.68	15.77	5.04
25	193.25	15.12	4.87
16	193.64	15.22	4.91
5	198.37	15.27	5.05
35	198.97	17.02	5.64
26	200.20	15.28	5.10
22	201.62	15.94	5.35
18	202.21	15.15	5.10
24	205.43	15.27	5.22

(表 2)

グラフ4

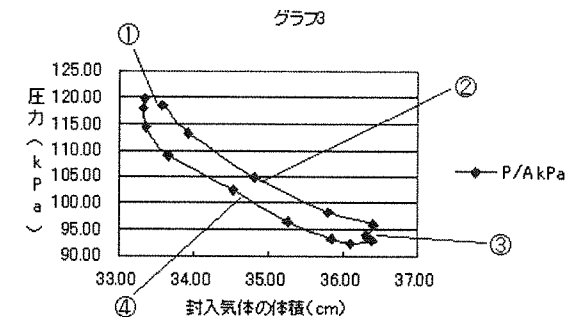


⑤ 考察

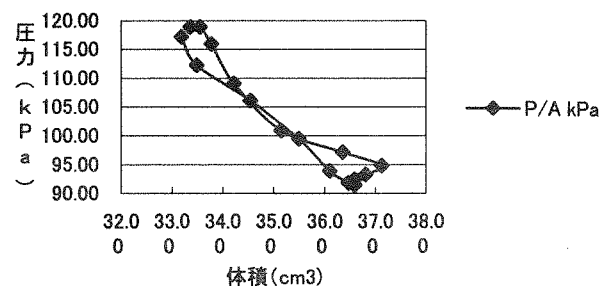
(ア) P-V グラフ

グラフ 3 についてより詳しく見てみると、PV グラフ上でもっとも体積が少ないときに加熱前の状態であり (①)、ここからエンジンを加熱すると気体が膨張して体積が大きくなり、パワーピストンを押し上げる (②) という正の仕事を行っている。このとき圧力が下がり、最も体積が増えたときにパワーピストンの変位は最大になる。(③)

一方、パワーピストンが押し上げられるとディスプレイサピストンは押し込まれて、内部の気体は冷却される。すると今度は気体が収縮を始め、パワーピストンを押し込む(④)負の仕事を行う。このとき圧力が上がり、パワーピストンが最大まで押し込まれると最初の状態に戻る。



グラフ2



(イ) P-V グラフの形と面積の差

グラフ 4 の軸出力が 0.03W 未満の点 (おもりに 10g, 20g, 30g, 40g) の場合においては P-V グラフがそれぞれグラフ 2 のような、体積が変化する過程でグラフが交わっている形になっており、面積が極端に小さくなることから、気体が行った仕事が小さいことがわかる。一方、軸出力が 0.04W 以上の点では、P-V グラフはグラフ 3 のようにグラフが交わることも無く全体的に面積が大きくなっているため、気体が行った仕事が大きくなっていることが分かる。

(ウ) 軸出力

軸出力はほぼ 200 回転で最大となることが推測できる。また、グラフ 4 で回転数のわりに軸出力が低い点を P-V グラフにして見てみると、グラフ 2 のように面積が小さくなっているのが分かった。よって、

回転数が大きいほど軸出力が大きくなるわけではなく、圧力と体積もが大きくなる最適な回転数が存在すると推測できる。最適な回転数は、表2とグラフ1とグラフ4から199rpmと推測する。しかし、この最適な回転数はこのエンジンでの最適であり、ディスプレイサやパワーピストンの長さなどによって変動すると思われる。二つの実験で、最大時の出力は大きな差ができてしまったが、この要因には、実験ごとでエンジンの調子が良い時と悪い時があったことが挙げられる。また、軸出力が大きかった(2)の実験の時には、エンジンの調子が最も上がるようにディスプレイサピストンの試験管の位置を調節したことも挙げられるだろう。また、出力には摩擦力も大きく関係している。特に、ディスプレイサピストンは調整次第で摩擦力が大きくなってしまい回転数が大きく変わってしまう。このことから、出力はエンジンの調整がとても重要なことも分かる。

(3).追加実験

① 目的

スターリングエンジンの熱効率をLPガスを用いて求めた。1分20秒間エンジンを稼働させ、実験2の方法と同様に圧力と体積の変化から仕事量を求め、1分20秒間燃焼させたLPガスの質量から発熱量を求めて熱効率を計算した。この実験を2回繰り返した。

② 結果

実験1回目にエンジンがした仕事 (J)	2.58
実験2回目にエンジンがした仕事 (J)	2.54
1回目と2回目の平均 (J)・・・A	2.56
1分20秒間で消費されたLPガスの質量 (g)・・・B	1.26
1gあたりのLPガスの発熱量 (J)・・・C	4.64×10^4

1分20秒間でのLPガスの発熱量はBとCから

$$1.26 \times 4.64 \times 10^4 = 5.86 \times 10^4 \text{ J} \cdots D$$

エンジンの熱効率は(エンジンがした仕事)÷(消費された熱量)で表されるから、AとDより

$$2.56 \div 5.86 \times 10^4 = 4.36 \times 10^{-5}$$

③ 考察

摩擦力などの影響のせいか非常に仕事量が小さくなっているとともに、結果ではLPガスの発熱量としているが、LPガスの成分が不明なため、ボタンで算出した。しかし、明らかにエンジンの仕事とLPガスの発熱量に差があるため、熱効率は極めて小さいことがわかる。

ただし、エンジンを効率的に加熱することでガスの消費量を抑えて同等の仕事量を行わせることが出来ると考えられ、その場合は熱効率が大きくなると考えられる。

6.まとめ

- ・エンジン製作時は空気漏れと摩擦力に特に気を使わなければならなかった。空気漏れがあるとエンジンは全く動かず、摩擦が大きいとホイールが動き出してくれなかった。
- ・出力測定時はエンジンに調子が悪い時と良い時があり、回転数が大きく変わり、正確なデータが取りにくかった。逆に、調子よくエンジンが動いて結果がとれた時はとても嬉しかった。
- ・ディスプレイサの試験管の位置を押し込みすぎて試験管の底が割れてしまうことがあったのが大変だった。
- ・実験の数値を整理してグラフにするのはとても大変だと感じた。製作や実験はもちろん大変だが、それを整理するのも同じくらい大変だと思った。むしろ、計算のほうが大変だと感じた。
- ・今回の研究を通して、ものづくりの難しさ、楽しさ、完成したときの達成感を実感できたと思う。

7.参考文献

Web 科学工作館 (<http://members.jcom.home.ne.jp/kobysh/>)

立体視による視力回復の検証、原因解明

宮井克弥 須藤法子

1. 目的

立体視は目にいいと言われているが、本当なのだろうか。もし本当だとしたら、目にどのような影響を与えているのだろうか。このことを疑問に思い、目の仕組みを知り、立体視を行うことで、何が視力回復につながっているのかを調べてみることにした。

目の構造を＜光学的な目の仕組み＞＜目の解剖＞から学んで、＜被験者実験＞を行い、立体視の効果を考察した。

2. 立体視の仕組み

(1) 光学的な目の仕組み

焦点をF、凸レンズによって写った実像の距離を図1の様において、

$$\triangle ABO \sim \triangle A'B'O$$

$$\triangle FOP \sim \triangle FA'B'$$

である。

そして、

$$OP = AB$$

であるから、

$$OA' / OA = FA' / OF$$

である。

この式に

$$OF = f \quad (\text{焦点距離})$$

$$OA = a$$

$$OA' = b$$

$$FA' = b - f$$

をそれぞれ代入して整理すると、

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

となる。

目も凸レンズの実像を写す仕組みと同じで、図2のように網膜に逆さに実像を結んでいる。

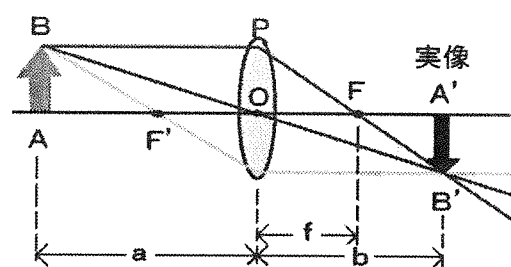


図1

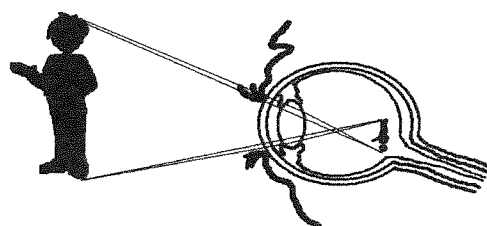


図2

(2) 目の解剖

まず、目の仕組みを知るために、人間と同じ哺乳類である、豚で目の解剖をした。

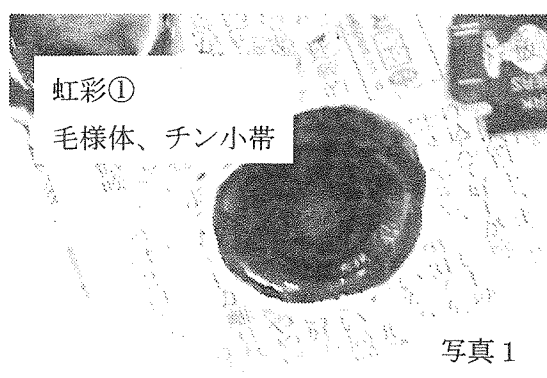


写真1

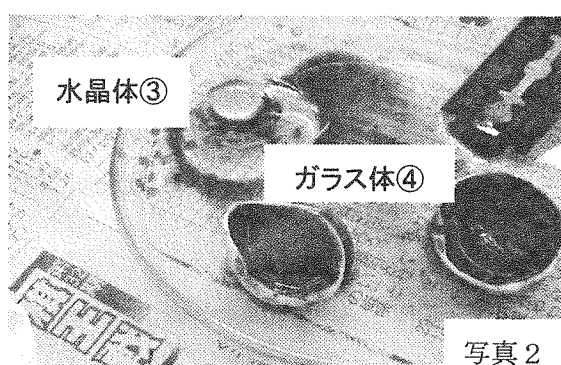
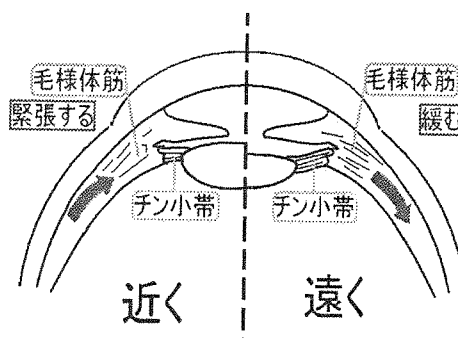


写真2

- ① 虹彩・・・カメラでの絞りの働きをするもの。
- ② 毛様体、チン小帯・・・眼球の水晶体を周辺から囲む筋肉性の器官。この解剖のときには、毛様体とチン小帯の区別がつかなかった。
- ③ 水晶体・・・クリスタリンと呼ばれるタンパク質を含んだ細胞の集まり。毛様体にチン小帯でつながっており、毛様体の収縮・弛緩によって厚みが変わる。
- ④ ガラス体・・・目の中を満たしている透明なドロツとしたゼリー状のもの。
頑丈な強膜に包まれた眼の内側は、①虹彩や②毛様体、チン小帯があり、これらの動きがレンズの厚さや光をし、目が見えるように調節してくれている。

解剖の結果

解剖を行ってみて、水晶体の位置は簡単に動かせるものではない、つまり、水晶体を近づけたり離したり出来ないことがわかった。
では、なぜ私たちの目は近くも遠くもピントを合わせることができるのか。



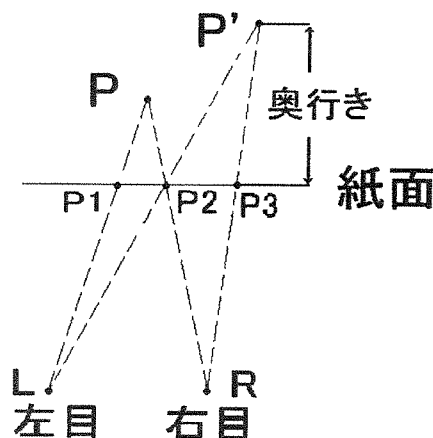
その答えは、水晶体と眼球とをつないでいる筋肉が水晶体の周りを囲っている部分にあった。この筋肉は毛様体、チン小帯という。毛様体は筋肉であり、チン小帯とともに水晶体の厚みを収縮・弛緩によって調節をして、水晶体の厚さを変え、対象の遠近に応じて焦点距離を変化させるので、網膜に像を結ぶことを可能にする。

<立体視の仕組み>

両眼の中心間の距離が約6～7cm 離れていることで、左右の眼で見る風景に僅かな差が生じる。この差を視差といい、人間の脳は、両目に映った物体（画像）の視差を利用して、物体の遠近感や奥行きを読み取っている。

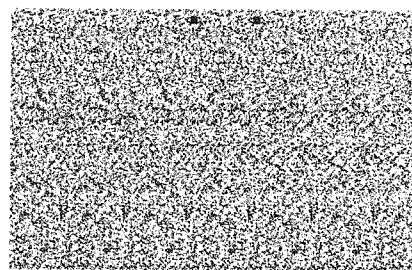
立体視とは、この仕組みを利用して、視差の分だけ撮影位置をずらした一対の写真（画像）から、景色や物体を立体的に見る手法である。

(例) 左目でP1を、右目でP2を見ると、Pに点があるように見える。
同じように、P2とP3の点でP'に点があるように見える。



(3) R・D・S

ランダムドットステレオグラム (R・D・S) は、一見不規則な点の集合のように見えるが、先ほど説明した点の集まりであり、平面から立体を見ることが出来る画像である。

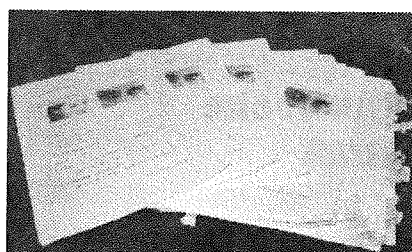


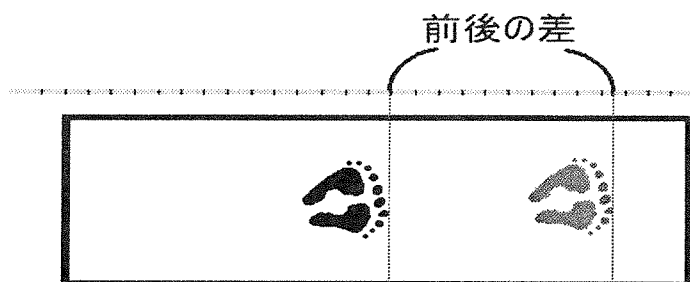
3. 実験

(1) 立体視で視力回復するのか

実験方法

文化祭の朝からお昼の時間帯にかけて、様々な年代の方の協力を得て、立体視で目が良くなるかを確認するための被験者実験を行った。検査方法は、R・D・Sを見る前後の視力を壁に貼ったポスターの文字がくつきりと見える位置、つまり焦点が合う最も遠い距離を、立体視（3分間）の前後ではかり、その差により視力の変化をみた。〈図①〉また、その後アンケートをお願いした。





R・D・S前の立ち位置



R・D・S後の立ち位置

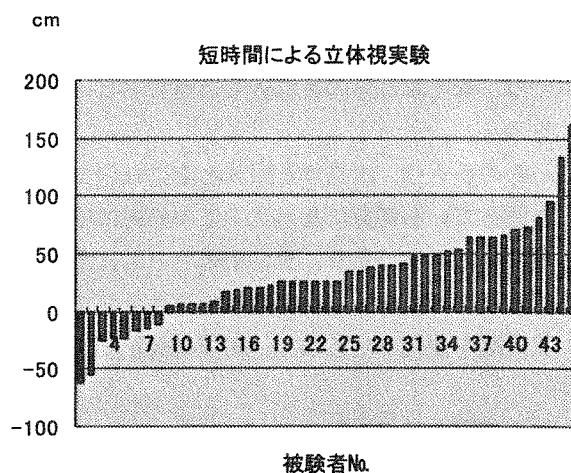
結果

ランダムドットを見た前後の差の平均は+34.5 cm。
83%の人の距離が伸びたことから、視力が上がったことがいえる。

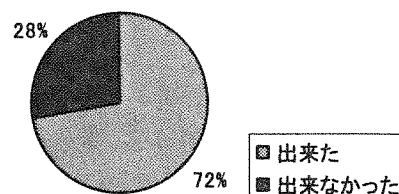
具体的にどこが疲れたかという質問には、眉間周辺という答が多くみられた。

10代～50代の男女45人から得たデータからは、年齢や性別での結果の違いがみられないことが分かった（実験直前まで、受験勉強をしていた人に著しく変化が見られたことを除く）。このことから、立体視で視力が良くなることに、あまり年代や性別差がないことが確認できる。

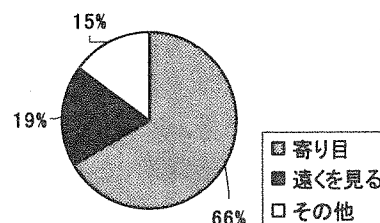
もともと視力が高かった人や、立体視が出来なかった人にも効果がみられたことに驚いた。



立体視の成功率



目の使い方



考察

今回は、立体視を行う直後の結果のみを得たが、

① この回復した状態はどれくらい保てるのだろうか。

もしその結果から視力回復の状態が少しでも残るのであれば、長期にわたって行うことで、一時的ではない回復がみられるのではないだろうか。

② アンケートから、眼が疲れたという感想が多かったことより、「目の何らかの筋肉が視力回復の鍵を握っているのではないか」、という疑問が出てきたので、(2)の実験を行った。

また、アンケートの以下の回答に着目した。

- ・立体視をする時の目の使い方は寄り目に似ている。・・・A
- ・立体視が成功、不成功に関係なく眉間、まぶたの裏に疲労が感じられた。・・・B

A・Bより、「寄り目のときの筋肉の動きが視力回復に関与しているのではないか」という仮説を立て、(3)の実験を行なった。

(2) 立体視の前後の視力の変化

立体視による視力回復は、目の筋肉のトレーニングなのか、時間による視力の変化を詳しく調べた。

① 短時間での変化

実験方法

視力回復の状態がどれだけ続くかを調べるために、はじめの視力と立体視をしてからの視力、そこから5分たってからの視力をはかった。

結果

3D後は大半の人の視力が上がるものの、その状態を5分後まで保てたのはごくわずか。そこで、どのような経過で視力が上がるのかを細かく調べることにした。

実験方法

立体視前後の視力測定を一分ごとに(1)と同じ方法で測っていき、その経過を一番初めに測った位置と比較して追った。

結果

視力回復効果は直後に急激に現れることがわかった。(グラフ2) 途中に変動が見られるものの、実験前後のみ比較すると、視力が上がっていることがいえる。今回の実験では、ランダムドットを見た直後の結果のみを得たが、この回復した状態は、いつまで持つだろうか。もし、短時間の結果で、視力回復の状態が少しでも残るのであれば、長期にわたって行えば、一時的ではない回復が見られるのではないだろうか。

② 長期間での変化

一時的ではない回復が見られるのではないだろうかと考え、2週間実験を行うことにした。

実験方法

フリーソフト3DSTGWを用いて製作したランダムドットを、毎朝3分間見る作業を3週間続けてもらった。計測は午後の同じ時間帯に、3D直前・3D直後・一週目・二週目の計4回行った。

結果

長期の立体視は視力回復にいいことがわかった。

日々立体視を行うことで視力は維持されていることから、立体視は目の筋肉の使い方が作用しているのではないかと考えた。なので、立体視で目のどこの筋肉を使っているのかを調べてみることにした。

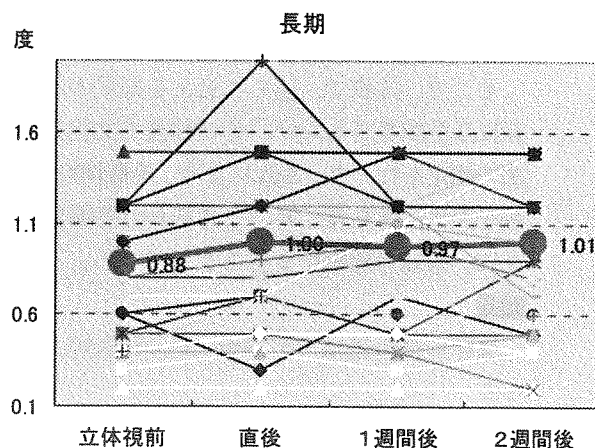
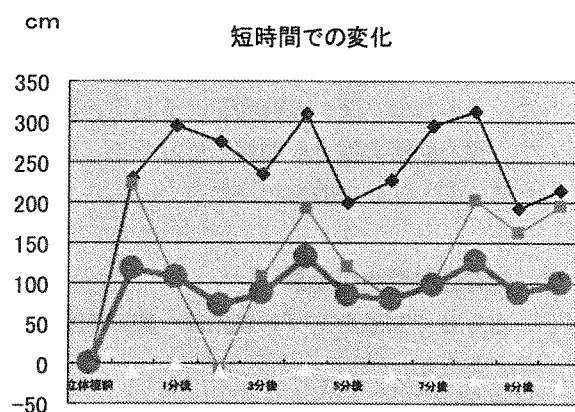
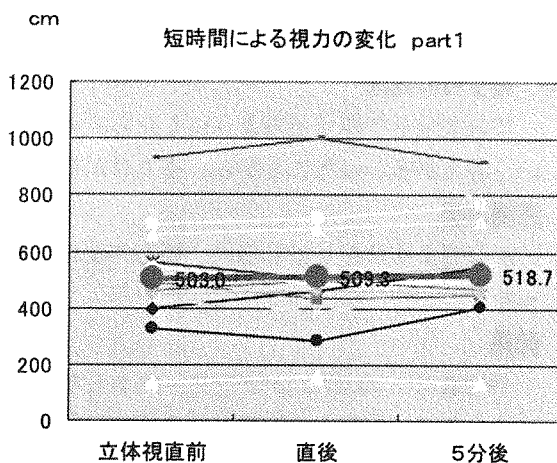
(3) 立体視の筋肉の使い方

寄り目により働く筋肉の動きには二つの筋肉が関係していると考えられる。

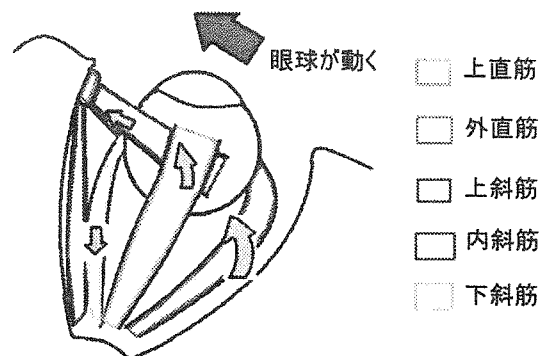
a) 眼球を動かす外眼筋

右の図のように外眼筋は位置しており、寄り目を行うには上斜筋、下斜筋、上直筋が縮み、外直筋が緩むことにより右眼が内側に向くことができる。

b) ピントを調節する毛様体筋



右眼を上方から見たところ



レンズの働きをする水晶体は、毛様体筋の収縮で厚みを変化させる。近いところを見るときは、毛様体筋が縮んでチン小帯が緩むことによって弾性力によって厚くなる。

① 寄り目の効果

アンケートでの《どのようにしたら立体視ができたのか》という質問に対し、寄り目をするとう良かったという答えが多かったことから、寄り目が視力回復に関与しているのではないかと考えられる。

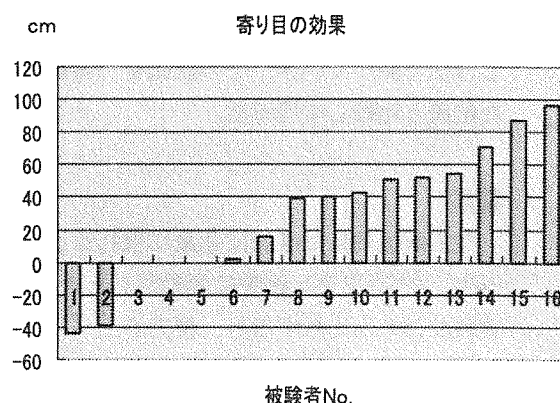
実験方法

3 分間より目をしてもらい、視力の変化を距離で測った。

結果

平均値は+19.07 cmなので、向上した。寄り目をするときの、何らかの作用が視力回復に役立っていると考えられる。

このことから、寄り目に関わる2つの筋肉のいずれかが、視力回復に役立っているのではないかと推測した。そのため、2つの筋肉を、それぞれ別々に動かして、視力回復の様子を確認してみることにした。そのため、②、③の実験を行った。



② 眼球運動筋肉の効果

寄り目で効果を上げる筋肉は、眼球運動に関わる外眼筋なのだろうか。

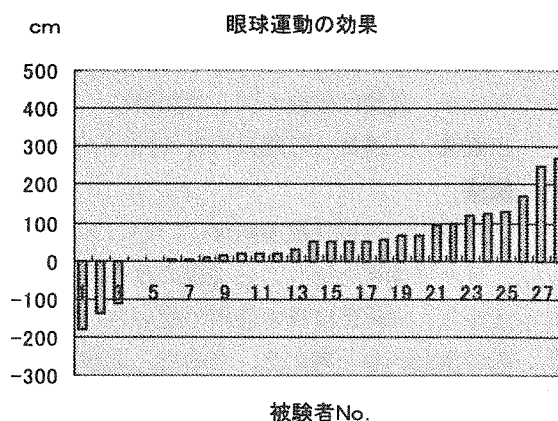
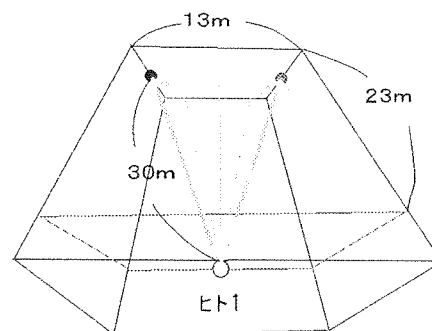
実験方法

外眼筋を動かすために、眼球を左右に動かす眼球運動を片目3分ずつ行った後、距離で計測を行った。

そこで、片目で、遠くに見える部屋の右角と左角を交互に3分間見てもらい、その前後で文化祭と同じ方法で測定を行った。これにより、毛様体筋の動きは、最小限に抑えられ、ピントを合わせる必要がないままに、眼球の運動をすることができる。

結果

実験前後の差は+47.3cm で、75%の人が良くなった。



③ 毛様体効果

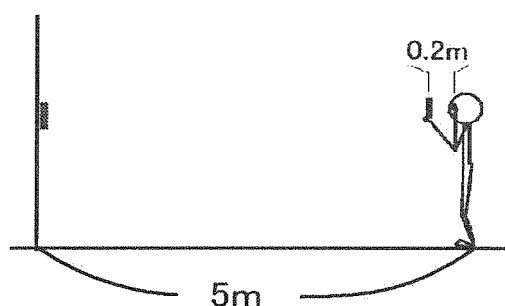
眼球運動では、ある程度の効果が見られた。もう一つ、寄り目に関わる筋肉である、毛様体筋の効果を確認した。

実験方法

片目ずつ3分間、一定のパターン近くのものとして遠くのものを見交互に見る運動を3分間行い、その前後で文化祭と同じ方法で測定する。眼球を動かさず、ピントを調節している筋肉を動かすために、近くと遠くの物の高さをあまり変わらないようにした。

結果

実験前後の差は、94.7 cmで、79%の人が良くなったこ



とをグラフから読み取ることができる。これは、③の毛様体筋運動の結果が①の寄り目、②の外眼筋の実験よりも効果が高かったことを表している。

このことから、立体視で目が良くなる原因は、水晶体の厚みを変化させる毛様体筋の働きである可能性が高い事を示している。

実験結果の比較

i) 眼を支える筋肉・・・眼球運動筋肉

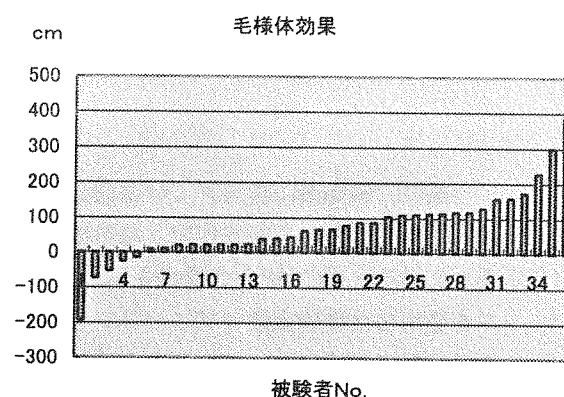
+47.37cm で、75%の人が良くなった。

ii) 水晶体の厚みを変化・・・毛様体筋

+94.80cm で、79%の人が良くなった。

i・iiの通り、眼球運動筋肉より毛様体筋の距離が約2倍となっている。このことから、毛様体筋の方が効果的であったと考えられる。

また、被験者が練習中の少林寺拳法部であったため、眼球運動筋肉での実験中に、視界に入った練習している人によって無意識に動いてしまう不随筋である毛様体筋が動き、ピントが変わってしまい、毛様体筋を全く使わなかったとは言い切れないとも言える。



4. まとめ

立体視の目の使い方に似た寄り目は立体視同様に視力回復に効果がある。

ある程度、効果を上げるためには期間の必要な、筋力トレーニングと異なり、立体視直後にグンと効果があることから、単にトレーニングで鍛えられるのではないことがわかった。

視力回復に関わる筋肉（毛様体筋）は鍛えられない筋肉（平滑筋）である。よって、通常、同じ水晶体の厚みで固定されがちな筋肉の動きをスムーズにすることで、ピントが合わせやすくなり視力回復につながっていると考えられる。

立体視の視力回復効果では、毎日連続して行うことを考慮すると、ただ遠くと近くを見るより、R・D・Sを用いることで、楽しく継続して行える点が良いといえる。

立体視における、寄り目とは違った効果というものは、R・D・Sが見えるまでに行う、位置を探す（遠くに視線をおくようにしてみたり、物理的に紙を前後にうごかしてみたり、寄り目にしてみる）といったことによる、試行錯誤そのものにあると考えられる。なぜなら、寄り目よりも複雑な目の動きをしているというところから、毛様体筋の動きもそれに伴って、収縮、弛緩を何度も繰り返していると考えられるからである。またこれによって、R・D・Sが見えなかった人が視力回復できたという事実の説明ができる。

5. 感想

今回、研究を行ったことで、ひとつのことを多面的に調べることが、大事だということが分かった。立体視は、長期間行うことで、効果が維持された。

6. 謝辞

この研究の実験に快く参加して下さった方々や、梅田先生はじめ物理課の先生方に深く御礼申し上げます。

7. 参考文献

目の辞典 上・下（奥沢康正 著）

3D STGW の製作者HP <http://hp.vector.co.jp/authors/VA004161/>

<http://www.stereoeye.jp/howto/anaglyph.html>

<http://www.geocities.jp/sakanoul/disparity.html>

アスピリンと他の薬物との薬理作用の比較

～鎮痛・抗血小板凝集作用～

鎌倉愛 小林友紀 相馬享之 前泊志保 村山由佳 山内奈那美

要約

一般に、鎮痛剤に含まれている成分の一つとして知られているアスピリン (ASA、Acetylsalicylic acid) は、他にも抗血小板凝集作用、発熱に対する中枢性及び末梢性解熱作用等、多くの薬理作用があることが知られている。その ASA の合成を行い、再結晶することで純度の高い ASA を得ることができた。また、マウスを使用した動物実験でアスピリンと他の薬物との鎮痛作用の違いを確認した。またヒトの血液を用いた抗血小板凝集作用についても他の薬物との比較を行った。

【キーワード】 アスピリン (ASA) 鎮痛作用 抗血小板凝集作用

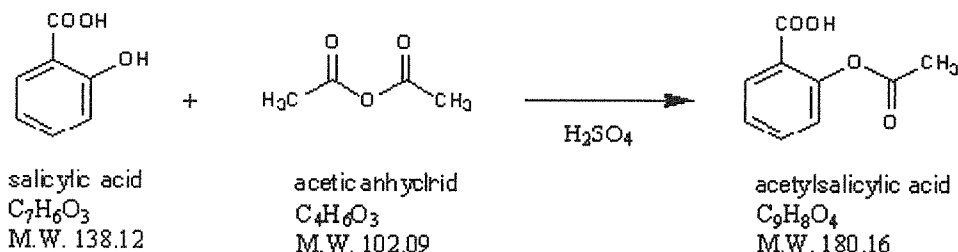
序論

私たちの身のまわりには様々な医薬品が存在し、頭痛薬などを服用すると痛みが和らいでいく。このような薬の作用に興味を持ったので、鎮痛薬として身近で高校化学の教科書にも掲載されている ASA を合成し、その薬理作用を他の薬物と比較することにした。

手法・理論

1. アスピリンの合成

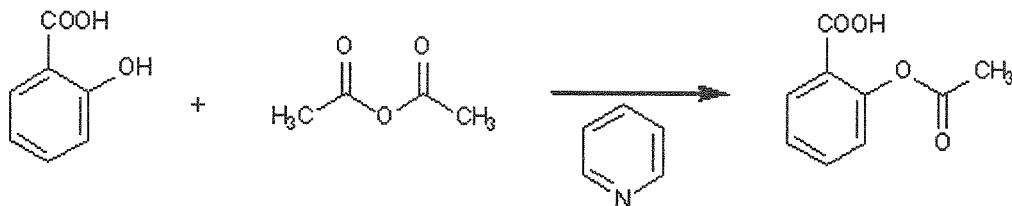
A法



50ml のナス型フラスコに、サリチル酸 4.14g(30mmol)を量り取り、回転子を入れた後、注射器を使用して無水酢酸 8.5ml($d=1.080, 9.18g=90mmol$)を加えた。ここに濃硫酸 21 滴をゆっくりと加えた後、室温にて 15 分間攪拌した。

反応液を 40ml の水の入った 100ml のビーカーへ注ぎ込み、フラスコを 10ml の水で洗浄し、洗浄液をビーカーに加えた後、ビーカーを氷水浴で冷却し十分に結晶を析出させる。析出結晶を、ガラスフィルターを用いて吸引濾過し、冷精製水で 3 回洗浄した後、ガラスフィルター上でできるだけ乾燥する。得られた結晶をサンプルビンに移し、真空ポンプで十分に乾燥した後、秤量した。

B法



50ml のナス型フラスコに、サリチル酸 4.14g(30mmol)を量り取り、回転子を入れた後、注射器を使用して無水酢酸 8.5ml($d=1.080, 9.18g=90mmol$)を加えた。ここにピリジン 21 滴をゆっくりと加えた後、室温にて

1 時間攪拌した。

(以下の操作は A 法と同じ)

再結晶

ジエチルエーテルを沸騰させて粗結晶を溶かし、ひだ濾紙で濾過した。濾液に沸騰石を入れて、濃縮した後静かに放置した。析出結晶を、ガラスフィルターを用いて吸引濾過し、少量の冷 95%エーテルで一回洗浄した後、ガラスフィルター上でできるだけ乾燥させた。得られた結晶をサンプル瓶に移し、真空ポンプで十分に乾燥させた後、秤量した。



吸引濾過



ASA の粗結晶

純度測定

新潟薬科大学に依頼し、A 法、B 法それぞれで合成した ASA の純度を測定していただいたところ、両方とも純度の高い ASA が得られた。以下が結果である。

	性状	におい
濃硫酸	白色結晶 6 人中 5 人	酢酸臭 6 人中 6 人
	白色粉末 6 人中 1 人	
ピリジン	白色結晶 6 人中 5 人 (1 人湿潤)	エーテル臭 6 人中 3 人
	白色粉末 6 人中 1 人	

考察

○酢酸臭が残った原因について

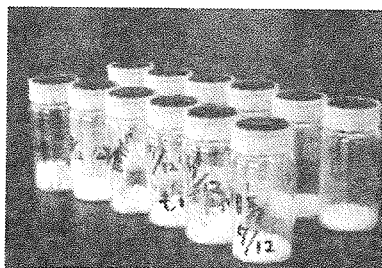
- ・攪拌時間が短かったことでサリチル酸と無水酢酸とが完全に合成されなかったのではないかと考えられる。
- ・反応後の結晶洗浄の際に痕跡量の H_2SO_4 が残留し、これが触媒となって、ASA が保存中にサリチル酸と酢酸に分解したためと考えられる。

○エーテル臭が残った原因について

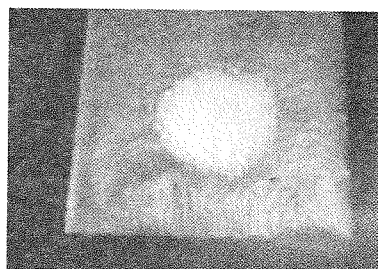
- ・吸引濾過が足りなかったため、乾燥時に粗結晶に再結晶溶媒のエーテルが残留していて、そのまま乾燥されたためと考えられる。
- ・結晶の中に閉じ込められたエーテルが保存中に徐々に揮発していることが考えられる。

○粉末結晶が残った理由について

- ・本質的に違いは無いが、どちらの方法も未反応の物質があったのではないかと考えられる。



ASA 結晶①



ASA 結晶②

2. 鎮痛作用

頭痛薬などに使われるアスピリンや手術後などの鎮痛・消炎に使用される塩酸チアラミドなどは非ステロイド性消炎鎮痛薬 (NSAID: non-steroidal anti-inflammatory drugs) に、塩酸モルヒネなどは麻薬性鎮痛薬に分類される。NSAID は痛みのもととなるブラジキニンの活性やブラジキニンの効果を増強させるプロスタグランジンや、痛覚刺激によるインパルスの発生を抑制し、歯痛、頭痛、生理痛、筋肉痛など軽度から中等度の体部痛に効果がある。しかし内臓痛などの重度な痛みには効果はない。麻薬性鎮痛薬は内臓痛などの痛みにも効果がある。

マウスの酢酸ライシング

動物における痛みの感覚を直接知することは不可能だが痛覚を起こすと思われる刺激を加えると鳴き声、防御、苦悶様行動などおこす(仮性疼痛反応)。鎮痛作用の効力検定はこの仮性疼痛反応を指標として行われる。マウスの腹腔内に化学刺激物質を投与すると体を捻り腹部をへこませて後肢を伸展させる苦悶症状が発現する。この苦悶症状をライシングといい、ライシングの発現回数を測定し対象値と比較して鎮痛効果を判定する。

実験方法

アスピリン (非ステロイド性消炎鎮痛薬。分子式 $C_9H_8O_4$ 。分子量 180.16 g/mol)、塩酸チアラミド (非ステロイド性消炎鎮痛薬。分子式 $C_{15}H_{18}ClN_3O_3S \cdot HCl$ 。分子量 392.30 g/mol)、塩酸モルヒネ (麻薬性鎮痛薬 分子式 $C_{17}H_{19}NO_3 \cdot HCl \cdot 3H_2O$ 分子量 285.4 g/mol) の3種を使用した。

・アスピリン

マウスを3群に分け、それぞれに以下の溶液を注射器で皮下投与した。アスピリンは0.1M トリス - 塩酸緩衝液に溶解した。

- 1 群 (無印) : 0.1M トリス - 塩酸緩衝液 (コントロール) を体重 10 g につき 0.2ml 投与
 - 2 群 (青色) : アスピリン 150 mg/kg 15 mg/2ml の溶液を体重 10 g につき 0.2ml 投与
 - 3 群 (赤色) : アスピリン 300 mg/kg 15 mg/2ml の溶液を体重 10 g につき 0.4ml 投与
- 30 分後、0.7% 酢酸 (生理食塩水 0.9%NaCl で希釈) を体重 10 g につき 0.1ml 腹腔内投与し、はじめの薬物を投与してから、40~55 分の間 (15 分間) のライシング発現回数を数えた。

・塩酸チアラミド

マウスを4群に分け、それぞれに以下の溶液を注射器で皮下投与した。塩酸チアラミドは生理食塩水 0.9%NaCl に溶解した。

- 1 群 (黒色) : 生理食塩水 0.9% (コントロール) を体重 10 g につき 0.1ml 投与
 - 2 群 (赤色) : 塩酸チアラミド 30 mg/kg 3 mg/ml の溶液を体重 10 g につき 0.1ml 投与
 - 3 群 (青色) : 塩酸チアラミド 75 mg/kg 7.5 mg/ml の溶液を体重 10 g につき 0.1ml 投与
 - 4 群 (橙色) : 塩酸チアラミド 100 mg/kg 10 mg/ml の溶液を体重 10 g につき 0.1ml 投与
- 30 分後、0.7% 酢酸 (生理食塩水 0.9%NaCl で希釈) を体重 10 g につき 0.1ml 腹腔内投与し、はじめの薬物を投与してから、40~55 分の間 (15 分間) のライシング発現回数を数えた。

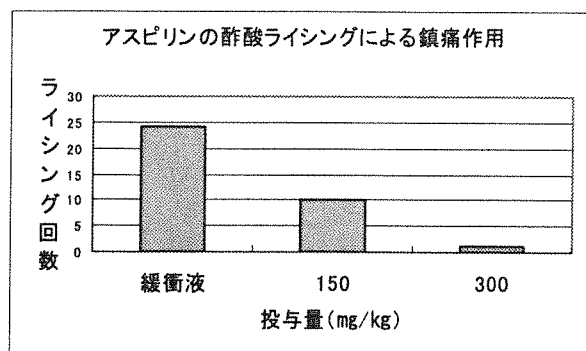
・塩酸モルヒネ

マウスを4群に分け、それぞれに以下の溶液を注射器で皮下投与した。塩酸モルヒネは生理食塩水 0.9%NaCl に溶解した。

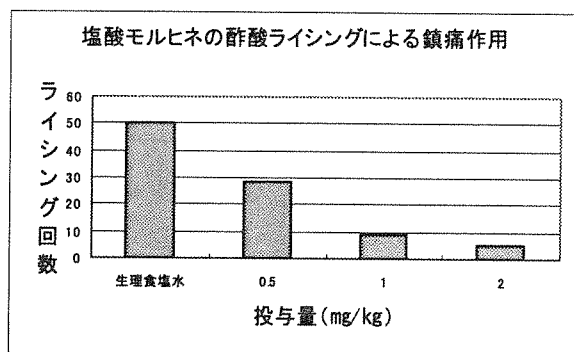
- 1 群 (黒色) : 生理食塩水 0.9% (コントロール)
 - 2 群 (赤色) : 塩酸モルヒネ 0.5 mg/kg 2 mg/ml の溶液を体重 10 g につき 0.1ml 投与
 - 3 群 (青色) : 塩酸モルヒネ 1 mg/kg
 - 4 群 (無印) : 塩酸モルヒネ 2 mg/kg
- 30 分後、0.7% 酢酸 (生理食塩水 0.9%NaCl で希釈) を体重 10 g につき 0.1ml 腹腔内投与し、はじめの薬物を投与してから、40~55 分の間 (15 分間) のライシング発現回数を数えた。

結果

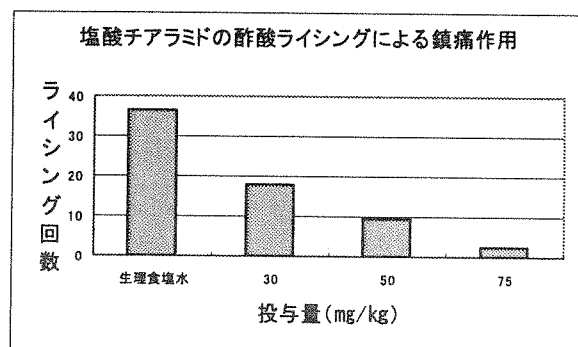
薬物を投与したマウスのライシング回数が減少していることから、アスピリン、塩酸チアラミド、塩酸モルヒネは明らかに鎮痛作用を持っていることが分かる。また、薬物の量の増加に伴い、ライシング回数が減少していることから、これらの薬物は、投与量に依存してライシングを抑制し、鎮痛作用が発言していると考えられる。



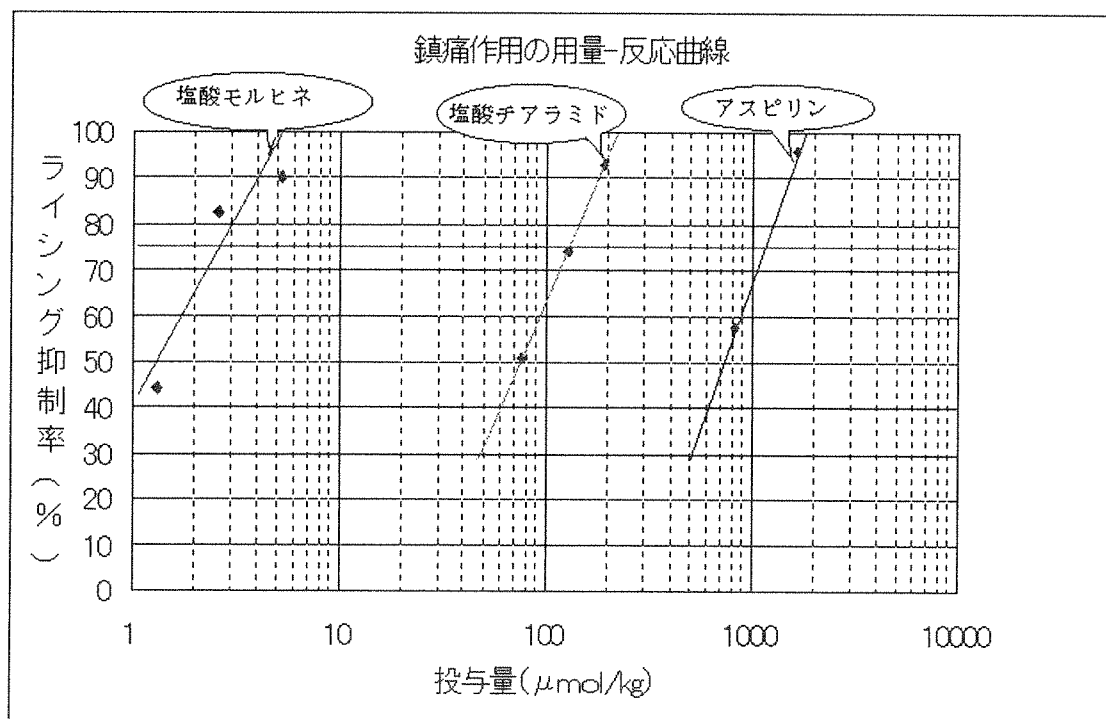
グラフは緩衝液、アスピリン 150、300mg/kg を各群 4 匹とし、40 分前に投与した。そして、15 分間のライシング回数の平均値を示した。



グラフは生理食塩水、塩酸チアラミド 30、50、75mg/kg を各群 4 匹とし、40 分前に投与した。そして、15 分間のライシング回数の平均値を示した。



グラフは生理食塩水、塩酸モルヒネ 0.5、1.0、2.0mg/kg を各群 4 匹とし、40 分前に投与した。そして、15 分間のライシング回数の平均値を示した。



考察

用量 - 反応曲線よりどの薬物においても投与量に比例して鎮痛作用が現れている。このことからライシンが動物の自発的活動などによる薬物以外の反応ではなく、各薬物による薬物作用であることが分かる。

3つの鎮痛薬の中で、最も少ない用量で75%抑制が現れている塩酸モルヒネが最も強い鎮痛作用を持つことが分かる。逆にアスピリンのライシン抑制作用は3つの中で最も高い用量で起こっている。アスピリンと塩酸モルヒネのライシン抑制率の値を75%抑制で比較すると、塩酸モルヒネはアスピリンの約460倍(=アスピリン1150 μmol/kg / 塩酸モルヒネ2.5 μmol/kg)強いことが分かる。

これはアスピリンや塩酸チアラミドのような非ステロイド性消炎鎮痛薬は抹消でプロスタグランジンなどの発痛物質の作用を抑制する作用が強く、また視床の痛みの通過路を遮断するために鎮痛作用が発現する。塩酸モルヒネのような麻薬性鎮痛薬は脳の痛みの感覚や痛みを伝える経路のうち、脊髄より上の部位で抑制作用が総合的に現れるため、麻薬性鎮痛薬の方が非ステロイド性消炎鎮痛薬より作用が強かったと考えられる。

3. 抗血小板凝集作用

切り傷や擦り傷などは、いつの間にか血が止まり、かさぶたができて塞がっているが、このようなはたらきは、血小板の凝集作用による。

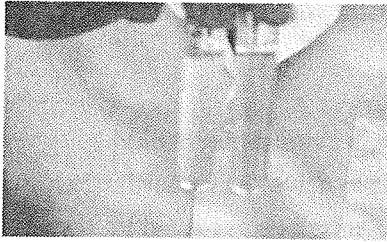
血液に血小板凝集因子であるADP(アデノシン二リン酸)を加えると、血小板が凝集し、凝集塊となり試験管の底に沈降するので凝集前に比べて光の透過率が高くなる。この光の透過率の違いを利用して、血小板凝集の程度を測定し、薬による血小板凝集の阻害作用(抗血小板凝集作用)の違いを調べた。

実験方法

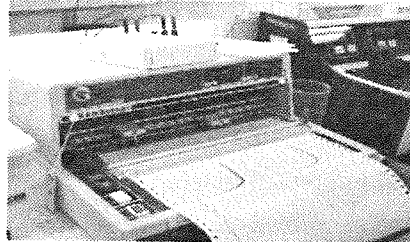
採血した血液に血液凝固を防ぐため3.2%クエン酸を9:1の割合で加えたもの約10mlを遠心機で800~1000r/min回転させ、上清(Platelet rich Plasma…多血小板血漿)と沈殿(血球)に分離し、PRPだけをスポイトで別の試験管に移した。沈殿を遠心機にもう一度かけ、3000~3500r/min回転させ、上清(Platelet Poor Plasma…乏血小板血漿)と沈殿(血球・血小板)に分離し、PPPだけをスポイトで別の試験管に移した(写真1)。光線透過率は血小板凝集能測定装置を用いて調べた(写真2)。まず、血小板凝集能測定装置にPPPをセットして光線透過率を100とし、次にPRPをセットして同じく0とした。記録用紙は1分間に1cm進むようにセットしておいた。検定チューブ2本にそれぞれPRP200 μLとスターラーを入れ、血小板凝集能測定装置にセットして測定装置

の針が安定するまで1分間程待ち、その後1本には濃度 $200\mu\text{M}$ のASAを加え〈溶液①〉、もう1本はASAを加えない対照溶液（溶液②）とした。PRPとASAが十分混じり合うように5分間待ったあと、両方に血小板凝集因子である $100\mu\text{M}$ のADP（アデノシン二リン酸）を加え、4分間計測した。結果は、ADPを加えてから4分後の光線透過率の比較（①÷②）を行い、血小板凝集抑制率を計算した。

同様に、①を 2mM 、 100mM のASA、 $100\mu\text{M}$ 、 1mM のサルボグレラート（SG 慢性動脈閉塞症に伴う潰瘍、疼痛及び冷感等の虚血性諸症状の改善薬）に変えて実験を行なった。

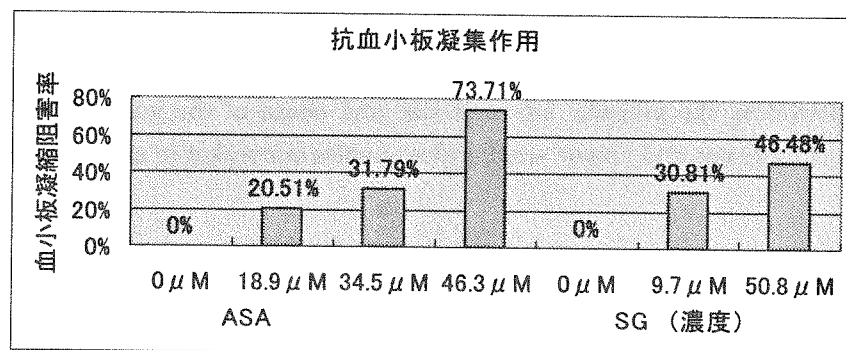


PRP（左）とPPP（右）



血小板凝集能測定装置

結果



考察

ASAもSGもその濃度が高くなる程強く作用が現れていた。薬物の濃度が低い領域で比較すると、SGの方がASAより凝集を阻害していたことから、SGの方がASAより抗血凝集作用が強いと考えられる。濃度が高い領域でSGの凝集阻害率が低いのは調整した血小板が時間経過とともに劣化し、薬物に対する感受性が変化したためではないかと考えられる。

参考文献、参考 Web サイト

<http://plaza.umin.ac.jp/~ikeda/antiplatelet.htm>

謝辞

この研究をするにあたって、ご指導してくださった新潟薬科大学の長友孝文教授、小宮山忠純教授、尾崎昌宣教授、高津徳行助教授、新潟医療技術専門学校の笠原聡講師、そして新潟南高等学校の斎藤正隆先生に謝意を表します。

The research on how to launch throws the piano line gliding type

Acetylene PET bottle rocket into the distance

Acetylene PET rocket team at Niigata Minami High School
Kitetsu Kou, Asahi Suzuki, Taiga Nakano, Masayoshi Watanabe

Summary

BANG! Bolts forth an acetylene PET bottle rocket with a terrible explosion, leaving us far behind. We were astounded and interested in what kind of devices should be made to drive the rocket farther away. We did experiments and examined these points : the proper amount of the acetylene gas filled in, the size of the jet orifice, the suitable ballistic..

Result of Experiment

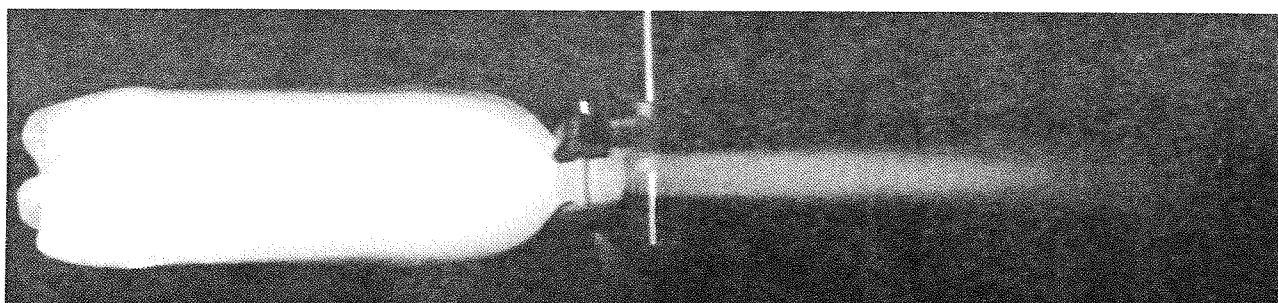
It has been understood that the rocket travels a greater distance by filling more gas than the reaction equivalent, and by providing the properly adjusted size and shape of the jet orifice. We found that the suitable combination of more gas and proper-sized orifice enables our rocket to attain the maximum speed of 80km/h.

Conclusion of Research

We found that a larger amount of acetylene gas than the reaction equivalent gives a greater propulsive force. It is that this is because energy generated through the process of resolution reaction joins in that of the combustion reaction of acetylene. We also grasped that energy from the explosion of acetylene can be more efficiently shifted into force for propelling by adjusting the size of the jet orifice.

Prospect

At our current stage of study this rocket of ours attains the maximum speed of 80km/h, traveling more than 50m in three seconds. And we think this type of ours has many good points : it is safe from serious accidents ; it is simple in structure and mechanism ; and it costs low. We hope its wider range of future utility.



Explosion in an instant

ピアノ線滑走型アセチレンロケットを遠くへ飛ばす研究

高 希哲 鈴木 朝日 中野 太賀 渡辺 将義

1. はじめに

適量のアセチレンをつめた 1.5ℓ のペットボトルを、水平に張ったピアノ線上のガラス管に固定する。

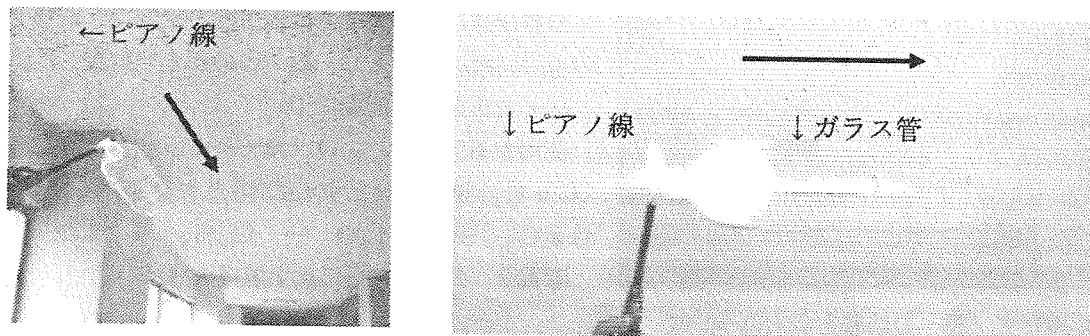


写真1 点火直前（左）と直後（右）のアセチレンロケット

ボトルの開口部からライターで点火すると、ボトル内のガスに引火爆発し、大音響とともにペットボトルロケットはピアノ線を滑走する。私たちはペットボトルを最も遠くへ滑走させるためには、どのような条件や工夫が必要なのかについて実験を行った。その結果、遠くに滑走させるためには、反応当量以上のアセチレンをペットボトルにつめ、噴射口の面積を適切な大きさに調節することが効果的であることがわかった。この条件が、化学、物理的にどのような効果を与えているのかについて考察を行った。

2. 研究の背景と目的

私たちは SSH の課題研究で担当教諭が示した、アセチレン空気混合ガスの大爆発に興味を惹かれ、この研究を行った。アセチレンは空気といろいろな混合割合で爆発を起こす気体であることが知られている。その爆発の威力はすさまじく、ロケットの推進力として十分と考え、上方に空中発射するロケットの実験も当初考えた。しかし、風や天候などの影響を受けやすく、安定性や再現性が低く、科学的考察の困難さが予想された。そこで、室内でピアノ線に沿って滑走するピアノ線滑走型アセチレンロケットについて、その滑走距離を伸ばすためにはどのような条件や工夫が行えるのかについて実験を行ったのである。この「ピアノ線滑走型」は指導教諭により 14 年前に考案され、1999 年には裳華房より出版紹介されている。⁽¹⁾

私たちはまず、最も遠くに滑走させるためには、ボトルにアセチレンをどれだけの体積（常温常圧における状態）つめればよいのかを調べ、当量反応以上のアセチレンの量が遠くに滑走させることをつきとめた。またその結果について納得のできる考察を行うことができた。さらに、遠くに滑走させるために、特に既燃ガスの噴射口を絞ったり、ペットボトル本体に工夫を凝らす実験を行った。その結果、噴射口面積を適切な大きさにすることで大幅に滑走距離を伸長できることがわかった。さらにこれらの工夫がどのような影響をボトルの滑走運動に与えたのかについて、物理的観点から考察を行った。

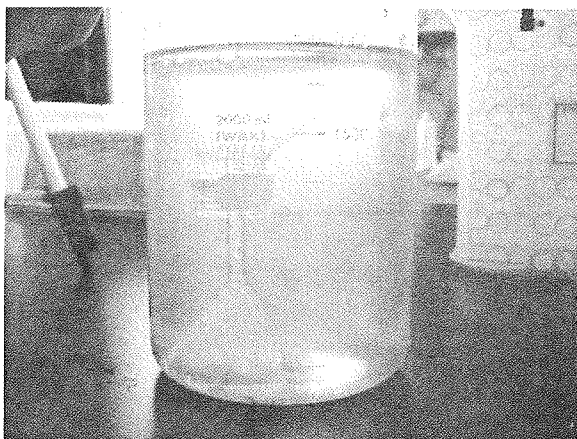
3. 研究内容

本研究で私達が行った研究は以下の通りである。

- (1) ペットボトルの選定、ピアノ線の設置、アセチレンの捕集、ピアノ線への装着と点火
- (2) このロケットの推進原理について
- (3) 捕集したアセチレンの体積と滑走距離の関係について
- (4) 噴射口の大きさと滑走距離の関係について
- (5) 噴射口の大きさと滑走開始直後の速度の関係について

4. 研究の詳細について、その方法、結果ならびに考察

(1) ペットボトルの選定、ピアノ線の設置、アセチレンの捕集、ピアノ線への装着と点火



①ペットボトルの選定について

ボトルの耐圧性能を考慮して⁽²⁾炭酸飲料用（内容積1540ml）を用いて実験を行った。

②ピアノ線の設置について

設置場所は校内で最も直線距離を確保できる特別教室棟の天井に近い部分とし、約70mの長さで設置した。

③アセチレンの捕集について

使用するアセチレンは、カーバイド（炭化カルシウム（ CaC_2 ）を主成分とする固体）と水を用いて発生させた。

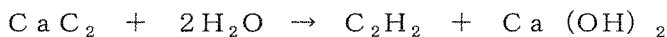


写真3 アセチレンの水上置換の様子

④ボトルのピアノ線への装着と点火について

図1で説明されるように、ボトルを遠くに滑走させるにはボトルをピアノ線と平行に取り付けた。

(2) このロケットの推進原理と滑走距離を伸ばす原理について

①このロケットの推進原理について⁽³⁾⁽⁴⁾

今回実験を行ったアセチレンガスロケットはアセチレンの爆発燃焼により生じる熱エネルギーによってペットボトル内の気体の急激な温度上昇を引き起こし、ボトル内の気体を膨張させ、噴射させることにより、推進力を得て、滑走させるものである。

②滑走距離を伸ばす原理について

①における噴射力はニュートンの運動の第2法則「力は、質量と加速度に等しい」により規定される。すなわち先ほどの椅子に座って何かを投げる際、投げるものの質量を少しでも重くして、少しでも速く投げる（大きな加速度を与える）ことにより、大きな反作用として椅子の運動に大きな力を与えることができる。すなわちこの実験では、推進力の大きさは、噴射するガスの質量とガスの噴射速度が大きければ大きいと考えられる。そこでペットボトルに置換するアセチレンガスの量によって滑走距離がどのように変化するか検討した。また、噴射口のサイズを変えることで噴射速度をコントロールできないか考えた。

(3) 捕集したアセチレン（ペットボトルにつめたアセチレン）の体積と滑走距離の関係について

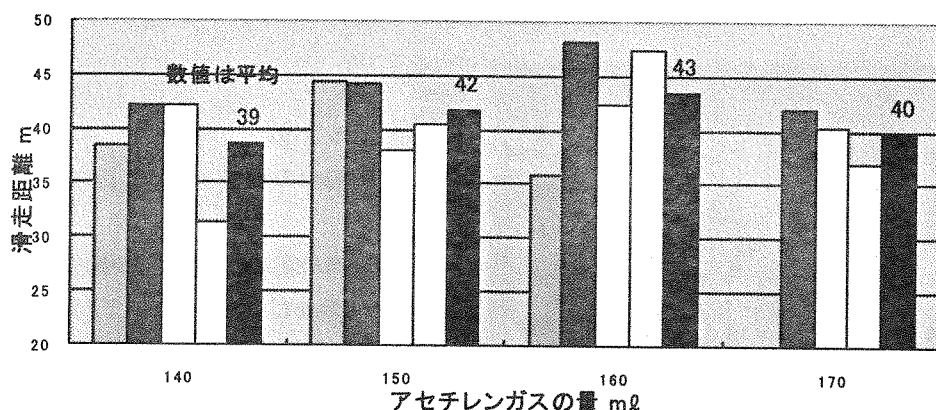
①目的

燃焼するボトル内のアセチレンの量が多ければ多いほど、多くの燃焼熱が生じ、既燃ガスのより大きな体積膨張を引き起こし、滑走距離を伸ばせるものと考えた。そのために必要なアセチレンガスの体積はボトル内でのアセチレンの完全燃焼の当量であると予想して実験を行った。しかし、結果は予想通りにならずその理由を考察した。

②結果

以下のグラフで示されるように160ml つめたときに約43メートルの最大滑走距離を示した。80ml 以上つめたときには爆発を起こすが、その滑走距離は数メートル程度であった。また120, 130ml においては30メートルを越える滑走距離を示すことが多かった。しかし140ml つめたときよりも遠くへ滑走することはなかった。また180ml から200ml つめても30メートル滑走することもあったが、170ml つめたときよりも滑走距離は短かった。そこで140 から170ml つめたときのものについて実験を重ねて以下のグラフ1のデータを得た。

また燃焼の様子は、300ml ではゆっくりとした燃焼が起こり、僅かではあるがすすが発生し、1メートル以内の滑走にとどまった。400ml ではさらに真っ赤な炎でのゆっくりとした燃焼が起こり、熱発生時間が長かったためか、ペットボトルが変形した。またこのときに大量のすすも噴出した。



グラフ1 ボトル内に
入れたアセチレンガス
の体積 (27℃, 大気圧)
とボトルの滑走距離

③考察

アセチレンの燃焼は以下の熱化学反応式で示される。



つまり、より多くのアセチレンをボトルにつめることは、アセチレンの不完全燃焼をひき起こすことが予想でき、実際に不完全燃焼で“すす”が発生する様子も観察できた。

しかし最大滑走距離は最も多くのアセチレンが完全燃焼する反応当量体積である 114ml と考えていたが、結果は異なるものとなった。空気中での燃焼を考えた場合、空気中の酸素の体積を 20% とすると、ペットボトル内に 2:25 の体積比でアセチレンと空気をつめたときに最も多くのアセチレンの燃焼がひき起こされると考えられる。その結果としてアセチレンを 114ml ($1540 \times 2/27 = 114\text{ml}$) 相当つめたときに最も多くのアセチレンの燃焼がひき起こされ、最も大きい噴射力が生じると予想して実験を行った。しかし実際には 160ml を中心とした広いアセチレンの体積範囲でほぼ同様の滑走距離を得る結果となった。このように、当量以上の体積で最も大きな推進力が得られること、広い体積範囲で似た推進力が出力されることについては、水素の場合についても報告されている。⁽⁵⁾ この理由について考察した結果、以下の 2 つの要因 (i) と (ii) が考えられた。

- (i) つめるアセチレンの体積が多少変わっても、完全燃焼するアセチレンの物質質量、噴射排出される既燃ガスのトータルの質量はほとんど変わらず、その結果、ほぼ同様の推進力を得られること
- (ii) 反応当量以上のアセチレンをつめたときに、完全燃焼を伴わないアセチレンの分解による反応熱が生じることで、既燃ガスがより高い温度となり、より大きな圧力推進力を生み出すこと

(4) 噴射口の大きさと滑走距離の関係について

①目的

ホースを用いて散水する際、ホースの先端を絞ってやると、水がより遠くまで飛ぶようになる。同じ原理で既燃ガスの噴射口を絞ってやることでより大きな噴射力、推進力を得られるようになるのではと考えた。

②結果

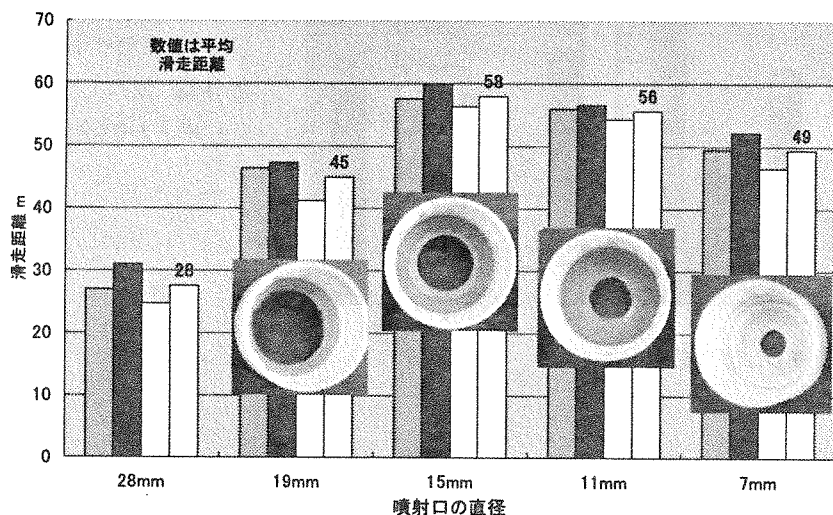
異なる大きさの穴をあけたキャップをつけ、実験を行った。その結果、グラフ 2 に示したように噴射口を絞ったことで大きな滑走距離の増加が見られた。大きさによっては、2 倍以上の滑走距離を示した。また爆発音も甲高く、その音を聞いただけでも滑走距離のアップが予想できるものであった。また興味深いことは必ずしも噴射口を絞れば絞るほど、滑走距離がのびることにならないという点である。

(5) 噴射口の大きさと最大速度について

①目的

噴射口の大きさによって明らかに滑走距離が異なることがわかり、滑走距離を伸ばすためには、適切な噴射口のサイズがあることが実験により確認された。その理由をより正確に解析する方法の 1 つに、噴射口サイズの違いによって、点火直後のボトルの滑走速度を測定することがよいと考えた。そのために記録タイマー (50 分の 1 秒毎に打点を記録) を用いて、噴射口の大きさによってボトルの最大速度がどのように変わるかについて実験を

行った。つめたアセチレンの量は最も遠くへ滑走することが確認できた 160ml とした。



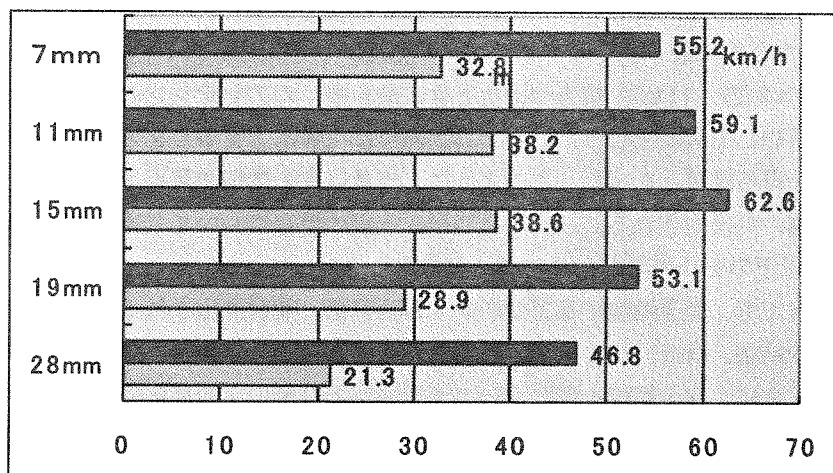
グラフ 2

噴射口の大きさと滑走距離

写真は実際に使用した噴射口
(28mm はキャップなしで実験)

②結果

3 回の実験を行った平均滑走距離と点火後、その速度を記録テープの打点より求めることのできた点火後 0.16 秒までのボトル平均滑走速度は以下のグラフのように整理できた。滑走距離と滑走速度は同じ順番となった。



グラフ 3

噴射口の大きさと滑走距離、点火直後の平均速度
(3 回の実験の平均値)

③考察

噴射口の大きさによるボトルの滑走距離の違いは、次のように考察される。

- ・ 理論的には、噴射口の大きさに関係なく爆発によるエネルギーは一定と考えたが、噴射口が大きいと、ボトル内部の圧力が高まる前に、既燃ガスが噴射口より流出してしまうことで、エネルギーの損失がある。
- ・ 噴射口が大きいと、点火直後の噴射力は大きいものの、既燃ガスの噴射が極めて短時間に終了し、十分な加速を得ることができないため、短距離の滑走となる。
- ・ 一方、噴射口を小さくすると、点火直後の瞬間の噴射力は弱いですが、徐々に既燃ガスの噴射がおこり、十分な加速により、ボトルの滑走速度を十分高めることが可能となる。点火直後の大きな滑走速度は、滑走距離を大きく伸ばすことができる。
- ・ ただし、噴射口を小さくしすぎると、既燃ガスの噴射に時間がかかり、噴射が完了する前にボトル内部の気体の温度低下が起こり、膨張していた既燃ガスが収縮を始め、トータルとしての噴射力を弱める。(結果としてボトルのエネルギーを十分に活用できない。)
- ・ 以上の考察より、この実験では長い滑走距離を得るためには適切な噴射口の大きさが存在する。

簡潔にいうならば、爆発により発生するエネルギーは一定の値であり、滑走距離も一定であるはずである。しかし実際には噴射口がある程度大きいと、ボトル内部の圧力が高まる前に、既燃ガスが噴射口より流出してしまうことで、エネルギーの損失があると考えられる。また噴射口が小さすぎると、既燃ガスの噴射により多くの時

間がかかり、その結果、ボトル内部の熱の損失が大きくなり、爆発によるエネルギーの損失があると考えられる。
(滑走距離の比較より前者は後者に比べ大きい損失といえる)。これらの結果、爆発のエネルギーを最も高い効率で取り出すことが出来る噴射口面積が存在するものと考えてよいと思われる (図1 参考)。

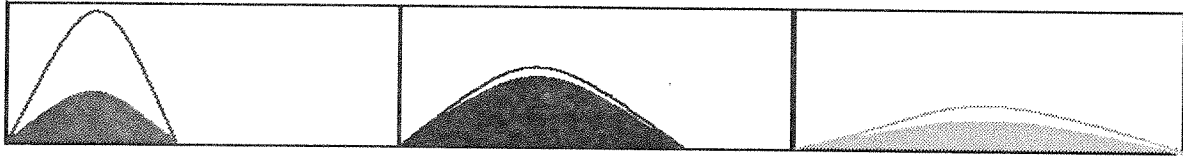


図1 爆発による噴射力(縦軸)と時間経過モデル 左より噴射口大、最適、小
実線によって囲まれる噴射力(爆発による力積)は噴射力によらないが、その利用(着色部分)
効率(噴射口の面積)によって異なる。

5. 結論

今回の研究で、ピアノ線滑走型アセチレンロケットを遠くへ飛ばすには、当量反応以上のアセチレンガスを燃料とすること、適切な大きさの噴射口を設定することなどがきわめて効果的であることがわかった。

6. 今後の課題

ロケットの参考にするために、情報を検索していたところ、アセチレンや水素の爆発を利用したエンジンが研究されていることを知った。例えば埼玉大学の熱工学研究室では水素と酸素の混合気体の燃焼過程をパルス状(間欠的)に超音速燃焼(デトネーション)で行うエンジン(パルスデトネーションエンジン、PDE)が研究されている。とても興味深く思っ、実際に見せていただくことが出来た。実際にPDEを4秒間ほど作動させたが、その爆音、迫力に驚くと同時に将来の宇宙探査のエンジンとしての可能性を感じた。

私たちのこのロケットは現在の研究段階で、最大速度80km/h、3秒あまりで50メートル以上の滑走が可能となっている。その安全性、簡単なしくみ、低いコストなどを考えると、その実用性についても今後考えてみたい。

今後は、さらに高速で遠くに滑走させる工夫や条件について研究を継続していく予定である。

7. 参考文献・参考 URL

- (1) やってみよう・見てみよう楽しい化学5分間実験 新潟県化学を楽しむ会編 1999年 裳華房
- (2) PETボトルの諸性質 <http://www2.hamajima.co.jp/~tenjin/labo/pet.htm>
- (3) ロケットの推進原理について
http://www.bekkoame.ne.jp/~yoichqge/roc/2000_3_4/Edu/NASA_BOOK/htmls/Rocket_Principle.htm
- (4) ロケットの推進原理について 化学マジック2 アマチュア実験室 ケニス・M. スエジー1969年
- (5) 最高爆圧と当量比についての金沢高校の研究 可燃性気体の爆発強度評価用ロケットの開発
第12回工学院大学全国高等学校理科・科学クラブ 研究論文報告書 2005年工学院大学
- (6) アセチレンの性質 化学IB・IIの新研究 ト部吉庸 1998年 三省堂
- (7) 空気抵抗の大きさと物体の速さとの関係 高等学校 物理I 改訂版 啓林館
- (8) 新幹線車両の抵抗 空気力学における解析技術 <http://www.rtri.or.jp/infoce/kouen/2004/pdf/koen6.pdf>

8. 謝辞

有益なアドバイスを下さいました、新潟大学工学部の鳴海敬倫先生、清水忠明先生、大川秀雄先生に感謝申し上げます。またパルスデトネーションエンジン(PDE)の実際を見せて下さり、アドバイスを下さった埼玉大学工学部の大八木重治先生、小原哲郎先生にも感謝申し上げます。またごく短時間の噴射の瞬間(下の写真)を美しく撮影していただいた西脇写真館さんにも感謝申し上げます。新潟南高校の理科の先生方にもたいへんお世話になりました。みなさん、ありがとうございました。

「R/C空とぶドラえもん」の飛行原理

久保晴郎 渡辺敏弘 渡辺政史

要約

エポック社(株)から発売された「R/C空とぶドラえもん」(太陽工業株式会社)という玩具は、アニメ中のドラえもんと同様、頭の部分には「タケコプター」があり、これが回ることによって空を飛ぶ。しかしその外観はアニメのものと異なり、アニメのタケコプターは1枚のプロペラからできているが、「R/C空とぶドラえもん」では2枚のプロペラ、スタビライザー、そしてスタビライザーと上のプロペラをつなぐ連結用部から成る。そこで、「R/C空とぶドラえもん」はどのような仕組みで空を飛ぶのか調べるために、本体の構造を調べたり様々な飛行実験を行ったりしが、解明できなかった。しかし、スタビライザーの不思議な動きを見つけ、その動きについて研究したら、飛行原理について理解することができた。

序論

私たちは物体が空を飛ぶ仕組みについて以前から詳しく調べたいと思っていた。そんなときに、図1にある「R/C空とぶドラえもん」という玩具の存在を聞いた。この玩具は、アニメ中のドラえもんと同じ様に空を飛ぶラジコンだった。それを見た時、アニメのタケコプター(図3)とは異なる構造をしていることに気付いた。アニメのタケコプターは、1枚のプロペラでできている。しかし、この玩具のタケコプターは2枚のプロペラとその上にある両端におもりがついたスタビライザーという黒い棒(図2)、そしてスタビライザーと上のプロペラをつなぐ連結用部からできている。そこで私たちは、2枚のプロペラ、スタビライザー、連結用部品が飛行の際にどのような動きをしているのか調べることにした。そのために、まず、本体の構造や部品の動きを調べたり、様々な実験を行うことにした。

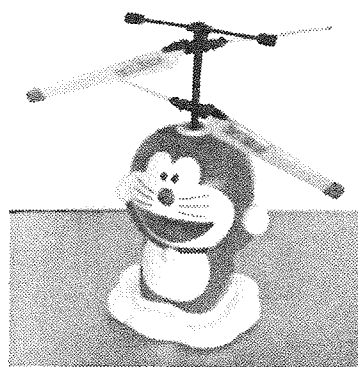


図1. R/C空とぶドラえもん(左)と アニメのドラえもん(右)

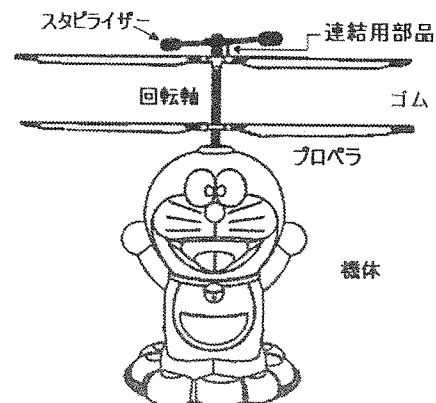


図2. 各部名称

構造や部品の動きについて

(1)外部の構造・パーツの動き

「R/C空とぶドラえもん」の本体は発泡スチロールで出来ており、重量は155g、プロペラ回転径は35.0cm、高さは31.0cmである(図3)。本体上部には2枚のプロペラと、さらにその上にはスタビライザーと呼ばれる棒状の物体があり、どちらもプラスチックからできている。また、上のプロペラと下のプロペラは互いに逆向きにしか

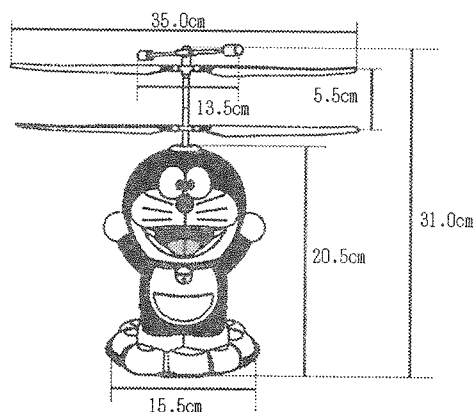


図3. 各部の大きさ

回らないようになっている。本体を上から見ると、図4の様にスタビライザーは上のプロペラに対して 45° の角度で固定してある。また、正面から見ると図5の様に上下 30° 、計 60° 左右に傾く。図6のように上のプロペラはスタビライザーと連結用部品でつながっているため、スタビライザーが図5のように 60° 動くと、その動きに連動して上のプロペラの角度が図7の様に 30° 傾く。なお、下のプロペラはこの様な動きをしない。

次に、各プロペラは根本から図8のように角度が変わる。これは、衝突時に衝撃を緩和するためのものと思われる。なお、プロペラは回転時には、図4の様に一直線状になる。また、プロペラの先端部分は赤いゴムで覆われている。

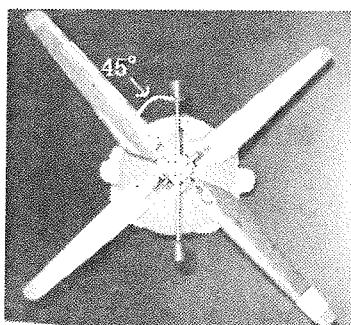


図4. 上のプロペラ(赤)とスタビライザーの角度

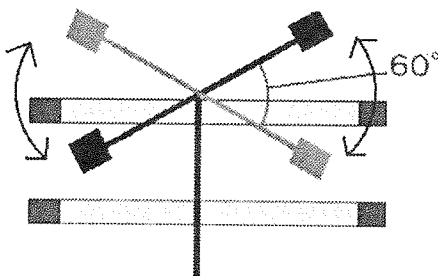


図5. スタビライザーの傾く角度

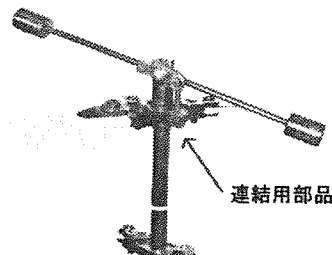


図6. 連結用部品の拡大図

正面から見たときの スタビライザーの傾き	右側から見たとき	左側から見たとき
右側に傾いたとき	水平	30° 傾く
左側に傾いたとき	30° 傾く	水平

図7. スタビライザーの傾きと上のプロペラの傾き

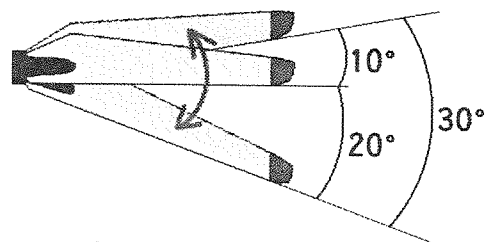


図8. プロペラの微動する角度

(2)内部の構造

次に「R/C空とぶドラえもん」の内部を調べるために、カッターナイフで本体を半分に切断した。図9はその切断面の写真である。内部には電池・モーター・複数のギア・電子回路・アンテナがあった。図10はギアの拡大写真である。中央に2つの大きなギアがあり上のギアは下のプロペラと、下のギアは上のプロペラとつながって

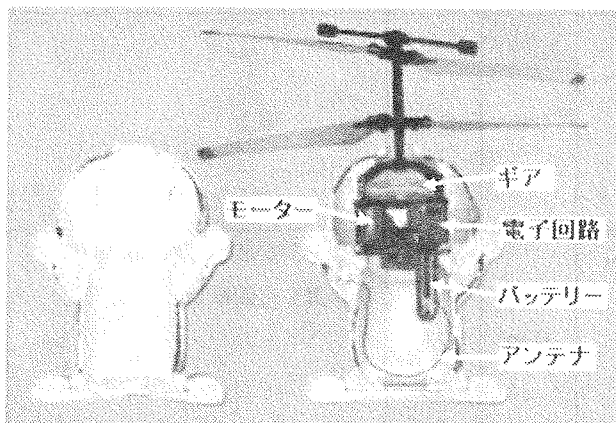


図9. 切断面図

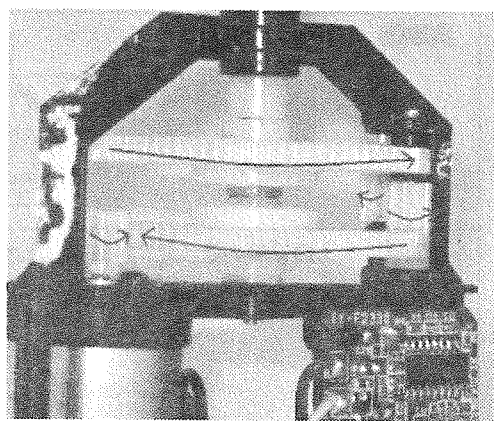


図10. ギアの拡大図 (赤い矢印はギアの回転する向き)

いる。モーターに電気が流れると、本体の上から見てモーターは反時計回りに回転する。すると、モーターに接しているギアが時計回りに回転し、更にそれに接しているギアが反時計回りとなんに回転し（図 10 の赤い矢印）、2つの大きなギアが互いに逆向きに回るため、上下のプロペラが反時計回りに回転する。

(3)操作方法

本体は充電後、リモコンで操作する。リモコンには図 11 の様にスタートボタンと上昇ボタンの2つがあり、スタートボタンを押すとプロペラが70%の出力で回転し、次にスタートボタンを押したまま上昇ボタンを押すとプロペラが100%の出力で回転すると、下向きの強い風が生じ本体が上方向に飛んでいく。学校の体育館で操作したところ、わずか数秒で天井まで達した。なお、横方向には飛行できない。

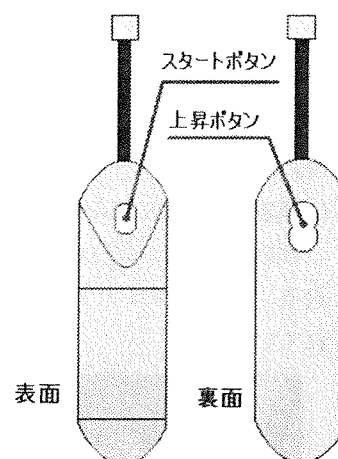


図11. リモコン

飛行実験および考察

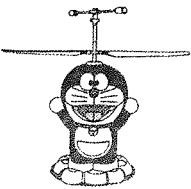
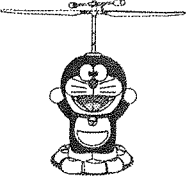
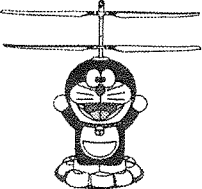
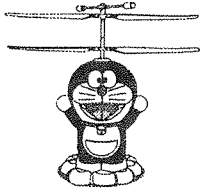
2枚のプロペラ・スタビライザー・連結用部品が、ドラえものの飛行でどのような役割をしているか調べるためには、これらの部品を取り外して、その時の飛行の様子を観察すれば何か手がかりがつかめるのではないかと考えた。そこで、まず正常な状態、すなわち購入した状態での飛行実験を行い、次に表1に示した様に部品を減らした何パターンかの飛行実験を行った。その結果が表2(次ページ)である。

- ・プロペラ1枚の場合
- ・プロペラ2枚の場合
- ・スタビライザーがある時の無い時の場合
- ・連結用部品がある時と無い時の場合

表1. 実験のパターン

表2. 様々な飛行実験

実験		飛行 高度	飛行 時間	観察結果
実験① 正常な状態		10m 以上	3分 (☆)	本体は少し回転した。 ☆飛行時間はバッテリーが切れるまでなので、およそ3分である。
プロ ペ ラ 1 枚 の 場 合	実験② 上のプロペラのみ	0m	0秒	プロペラが回転し始めると、本体も激しく回転しバランスを失い0.5秒後に頭から床に叩きつけられるように転倒。
	実験③ 下のプロペラのみ	0m	0秒	同上
	実験④ 上のプロペラ +スタビライザー	0m	0秒	プロペラが回転し始めた直後、本体が激しく回転しながら転倒。

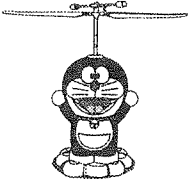
プロペラ2枚の場合	実験⑤ 上のプロペラ +スタビライザー		0 m	0 秒	同上
	実験⑥ 上のプロペラ +スタビライザー +連結用部品		0 m	0 秒	プロペラが回転し始めると、本体がスピンしながら2秒後に転倒。
	実験⑦ プロペラ2枚のみ		1 m	3 秒	上昇ボタンを押すと斜めに円を描くように回転しながら上昇し、1 m上昇したが3秒後に落下。本体そのものは少し回転した。
	実験⑧ プロペラ2枚 +スタビライザー		0.5m	3 秒	上昇ボタンを押すと、本体は回転しながら0.5mほど上昇したが、3秒後に落下。 (ただしプロペラとスタビライザーの連結なし)

[プロペラの枚数についての考察]

実験②～⑥のようにプロペラ1枚の場合は、全く上昇せず、また、本体そのものは激しく回転しながら転倒した。それに対して実験⑦、⑧のようにプロペラを2枚にした場合は、本体はかろうじて上昇し、プロペラ1枚の場合に比べると本体は激しくは回転しなかった。このことから、プロペラが2枚あることにより、本体そのものが回転しないようにしているということがわかった。

プロペラ1枚では全く上昇できなかった原因として、出力不足によることや、飛ぶ前にバランスを崩したことが考えられる。どちらが原因か確かめるために、飛行させる前に本体を手で持ち、出力を100%にした後、手を離したら飛ぶかどうか確かめる実験を行った(表3)。その結果、すぐに落下し、プロペラ1枚では飛行するのに十分な風を発生させることができないことがわかった。

表3

実験	飛行高度	飛行時間	観察結果
実験⑨ 上のプロペラ + スタビライザー +連結用部品  最初本体を手でおさえて、出力を100%にしてから手を離す	0 m	0 秒	手を離したらすぐに横転

[スタビライザーについての考察]

実験④⑤のようにプロペラとスタビライザーを連結用部品でつながない場合には本体がすぐ転倒してしまうが、実験⑥のようにスタビライザーと上のプロペラを連結用部品でつないだ場合には、本体が比較的きれいにスピン

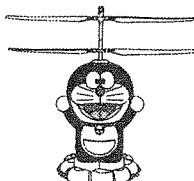
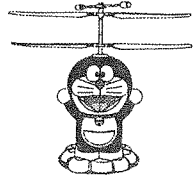
しながら回転した後に転倒した。同様に、実験①と実験⑧を比較しても、連結用部品が無いとバランスを崩しやすいことがわかった。以上のことから、連結用部品でスタビライザーと上のプロペラをつなぐことにより、プロペラ回転時にバランスが保たれることがわかった。しかし、どのような仕組みでバランスを保っているのかわからなかった。

【その他の飛行実験と考察】

連結用部品を用いないプロペラ2枚の飛行実験で、プロペラの回転に伴ってスタビライザーやプロペラが、がたがた動くのが気になったので、このがたつきがうまく飛ぶことと、関係があるのではないかと思い、接着剤やセロテープでがたつきを固定し、飛行実験⑩、⑪を行った。その結果が表4(次ページ)である。

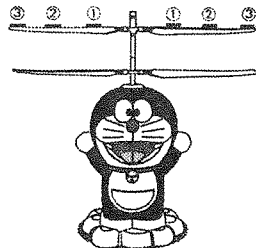
この結果から、がたつきを固定した方が、安定した飛行をすることがわかった。とりわけ、スタビライザーがついている方が安定した飛行をすることがわかった。しかし、このことから、スタビライザーと連結用部品がどのような仕組みで機体を安定させているのかについては、わからなかった。

表4. スタビライザーとプロペラを固定したときの飛行

実験	飛行 高度	飛行 時間	観察結果
実験⑩ プロペラ2枚のみ  (プロペラ傾かないようセロテープで固定)	1 m	3 秒	プロペラが上下左右の角度を変え る動きをしないようにセロテープ で固定して実験を行った。1 m程 上昇し、3 秒後落下。なお、本体 は回転しなかった。
実験⑪ プロペラ2枚 + スタビライザー (プロペラとスタビライザーの連結なし)  (プロペラ傾かないようセロテープで固定)	2 m	6 秒	プロペラのみをセロテープで固定 すると、空中で円を描くように回 転し、2 m上昇、6 秒後に落下。

次に、スタビライザーの先端部分に注目したら膨らんで重くなっていたので、この重さが何かしらプロペラの回転を安定させる働きがあるのではないかと考え、スタビライザーをはずし、表5のように上のプロペラの左右①～③の位置に、それぞれスタビライザーと同じ質量のおもり(3.0 g × 2 個)を固定し、飛行実験⑫を行った。その結果、表5にあるように、全く飛行しなかった。この実験から、スタビライザーは、単におもりの役割を果たしているのではないということしかわからなかった。

表5

実験	飛行 高度	飛行 時間	実験結果
実験⑫ プロペラ2枚 + おもり2個 	0 m	0 秒	おもりを①に固定した場合 プロペラが回り始めると、飛行せ ずに激しく転倒。 おもりを②、③に固定した場合 プロペラが回り始めると、飛行せ ずに転倒

スタビライザーの不思議な動きの発見

スタビライザーの役割がわからず、途方に暮れていたところ、班員の一人が次のような動きを発見した。図 12 のようにスタビライザーのみ付けたドラえもんを、①地面に対して平行に回転させた後、②本体を素早く傾けると、スタビライザーは最初地面と平行な状態を保つが、③しだいに本体と垂直に回転するようになることがわかった。これは、ドラえもんの本体を傾けた瞬間は②、スタビライザーは①と同じ回転面を保とうとする慣性により、スタビライザーは地面と平行な状態を保つが、その後しだいに安定な③の状態になったと考えられる。なおこの動きは、完品の場合（2枚のプロペラ、連結用部品もつけた場合）でも見られた。私たちは、②に興味を持った。②ではスタビライザーは回転軸に対して斜めになった状態で回転しているからだ。そこで、②ではスタビライザーやプロペラがどのような動きをしているのか詳しく調べてみることにした。

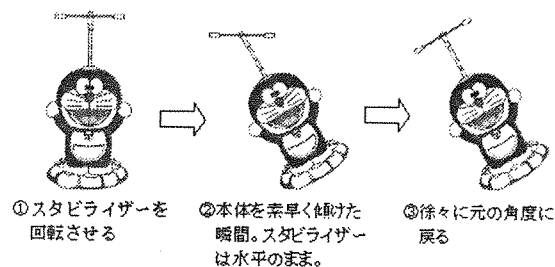


図12. スタビライザーを回転させたまま、本体を傾けた場合

[本体を傾けたときのスタビライザーおよびプロペラの動きの観察]

図 13 の様に本体を α° に傾けると、上のプロペラとスタビライザーの角度も α° になる。図6よりスタビライザーは上のプロペラに対して $0\sim 30^\circ$ 傾くことができるので、この範囲で傾きが最大なのは 30° である。したがって、スタビライザー等の動きが一番わかりやすい最大角度の 30° に本体を傾けた状態で、観察を行うことにした。具体的には、スタビライザーが常に地面と水平になるようにしながら、上のプロペラを時計回りに 45° ずつ手で回し、正面から見た写真、上から見た写真を撮影した。その結果が、表6(次ページ)の上段と中段である。この結果で、 0° と 180° のようにプロペラが左右に位置している写真に注目すると、下のプロペラは左右ほぼ同じ面積に写っているが、上のプロペラは左側(下に傾いている側)のプロペラの面積は大きく、右側(上に傾いている側)の面積は小さくなっていることがわかった。すなわち、上のプロペラの左側は回転面に対して 30° 傾いて垂直方向の面積が大きいため回転に伴って下向きに強い風を生じるが、下のプロペラは回転面とほぼ水平であり垂直方向の面積が小さいため下向きに生じる風が弱くなるので(図 14)、飛行中に本体が傾いた場合、左右の下向きの風の強さが変わることによって傾きを修正する働きがあることがわかった。

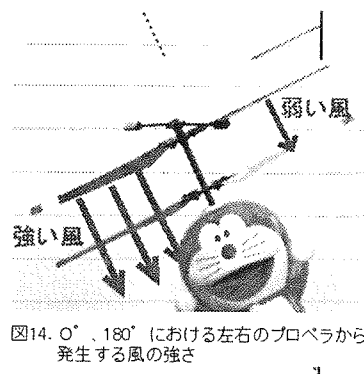


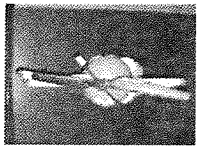
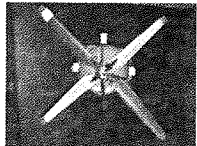
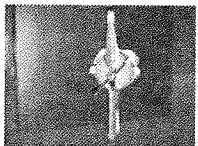
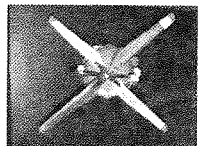
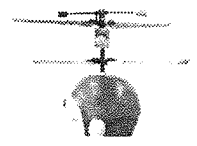
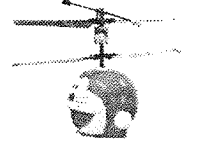
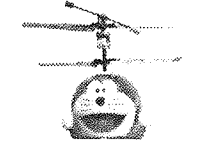
図14. 0° 、 180° における左右のプロペラから発生する風の強さ

図13. 本体の傾きとスタビライザーの傾きの関係
(本体は垂直面からの傾き、スタビライザーはプロペラの回転面からの傾き)

なお、スタビライザーの先端が重くなっているのは、一定以上の質量が無いと、プロペラの角度を変えることができないことにも気付いた。

表 6

	0°	45°	90°	135°
上				
正面				
側面				

	180°	225°	270°	315°
上				
正面				
側面				

【スタビライザーの先端部分の動きについて】

上記の観察をしているとき、スタビライザーは図5で説明した上下運動をしながら回っていることに気付いた。そこで、その様子を観察するために、先程と同様、本体を30°傾けた状態でプロペラを手で45°ずつ回転しながらその回転に合わせて、図15の様に本体を360°囲む位置からスタビライザーの1つの側面を撮影した。スタビライザーの側面と同一面の回転軸にのび太君の写真を貼り、常にのび太君が写るように撮影した。その結果が表6の下段である。この結果よりスタビライザーは360°回転すると、1回、上下運動し、スタビライザーの先端部分は図16のようにサインカーブを描きながら回転していることがわかった。軌道面を平面で表したときのサインカーブの式は、スタビライザーの直径が13.5cmなので、次の様に表される。

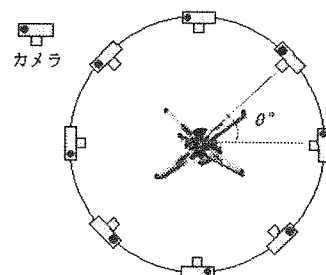


図15. プロペラの回転に伴うスタビライザーの側面の撮影

$$y[\text{cm}] = \frac{13.5}{2} \sin \alpha \times \sin \theta \cdots (1) \text{式}$$

$\alpha [^\circ]$: 本体の傾き(図13参照) ただし $0 \leq \alpha \leq 30$

$\theta [^\circ]$: プロペラが回転する角度(図15参照)

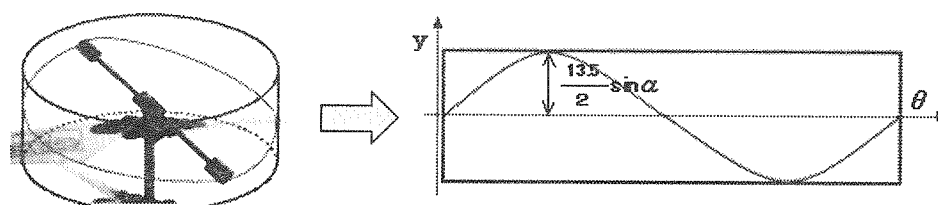


図16. スタビライザーの先端部分の軌道(赤線) 右図は平面的に表したもの

結論

以上の実験から「R/C空とぶドラえもん」の飛行原理について次のことがわかった。

(1) 2枚のプロペラがそれぞれ逆向きに回転することにより、本体が回転するのを防いでいる。

また、この玩具ではプロペラ1枚では、飛行するための十分な出力を得ることができない。

(2) 飛行中に本体が傾くと、スタビライザーの先端部分はサインカーブを描きながら回転する。この動きに連動して上のプロペラはプロペラの回転面に対しての傾きが変わり、下向きに生じる風が、傾いている側は強くなり、傾いていない側は弱くなり、本体の傾きを修正する。スタビライザーの先端部分が重くなっているのは、スタビライザーに一定以上の質量が無いと、プロペラの傾きを変えられないからである。

草からエタノールの生成

金田優 小杉勇貴 土屋駿太 平松祐哉 丸山達也

要約

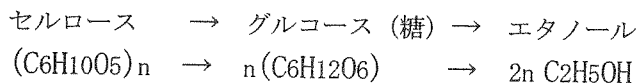
「アルコールのもとには糖であり、その糖（グルコース）はセルロースを酵素で分解したものである。また、セルロースは植物の細胞壁の主成分である」。このことから、「植物をアルコールに変化させることができないか」と考えた。そこで、植物からセルロースを取り出し、セルロースを酵素で分解してグルコースを精製し、グルコースからアルコールを生成する実験を行った。

I 序論

現在地球上では砂漠化、森林破壊、ごみ問題など実に様々な問題があります。そのなかでも地球温暖化は環境をさらに悪化させてしまう問題です。それを防止するために植物から作られるバイオマスエタノールは再生可能で「カーボン・ニュートラル」な燃料として、自動車燃料やボイラー燃料に混合して利用を進める検討が進められています。実際に、現在でもサトウキビなどの糖蜜を主要原料としたエタノールは利用されています。しかし、これは食べ物をエタノールに換えることなので供給可能量には限りがあります。そういうわけで、世界各地では食用に供さない植物の茎や葉などからエタノールを生成する研究が行われています。そこで僕たちも、そこら辺にある雑草でエタノールができないかと思い、この実験をやってみようと考えました。

II 手法・理論

エタノールになるまでの過程を、反応式で示すと、



のように表される。

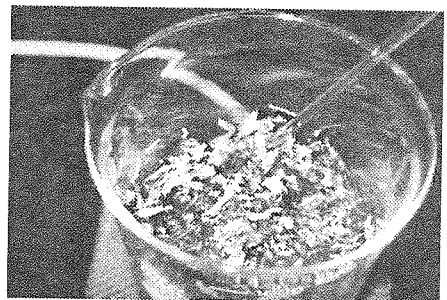
1. 草からセルロースを取り出す

概要

植物にはセルロースが全体の1/3~1/2を占めているが、リグニンやヘミセルロースなどが含まれているので、セルロースだけを取り出す。

手順

- ① 学校周辺で採集してきた雑草を半乾きにさせ、細かくちぎる。
 - ② ①の草 50g をビーカーに入れ、10%水酸化ナトリウム水溶液 500 mL 加え、2時間程度加熱する。(右図上は、加熱の様子)
 - ③ 様子は、数秒後には草の色(緑色)に染まり、数分後には液体が黒くなり、さらに数分後草が溶けてふやけた。また、途中で液量が少なくなったら、水を追加する。
 - ④ 煮沸後、アスピレーターを使用して濾過し、漂白する。さらに、もう1度ろ過し新聞紙に広げて乾燥させる。(右図下は、ろ過の様子)
- *現時点では、草から取り出したセルロースを用いてエタノール発酵を行っていない。理由は、取り出したセルロースは量も限られ、取り出すのに非常に手間がかかるので、取りあえず牛乳パックから取り出したパルプを使うこととした。



2. セルロースをグルコースにする

概要

牛乳パックは、純粋なパルプ（セルロース）でできているので、これを利用してグルコースを作る。

手順

- ① 牛乳パックを水洗いし、これを沸騰したお湯の中に 20 分間入れて表面の外装フィルムを剥がす。
- ② 外装フィルムを剥がした牛乳パック（以下パルプと呼ぶ）を乾燥させハサミで細かく切り、水を加えてミキサーなどを使い十分に細かく砕く。

ここからは、次の 2 つの方法を試してみることにした。

- (1) 濃塩酸でセルロースを分解
- (2) セルラーゼ(酵素)でセルロースを分解

- (1) ③ 水：濃塩酸＝1：4にしたもの 100 mL とパルプ 20g をビーカーに入れる。

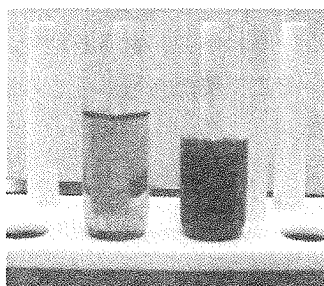
- ④ ガスバーナーで加熱する。また、途中で液量が少なくなったら水を加える。

パルプの様子は、次第に柔らかくなって色が黒くなっていく。

(右図)



- ⑤ 糖の有無を調べるためにフェーリング反応を調べる。液体は強酸性だったので、炭酸ナトリウムで中和し使用する。



結果は反応が見られた。(左の図は、フェーリング反応の様子)

やや色が薄いものの、濃青色から黄緑色に変化した。右は、比較のためにグルコースで行ったフェーリング反応である。

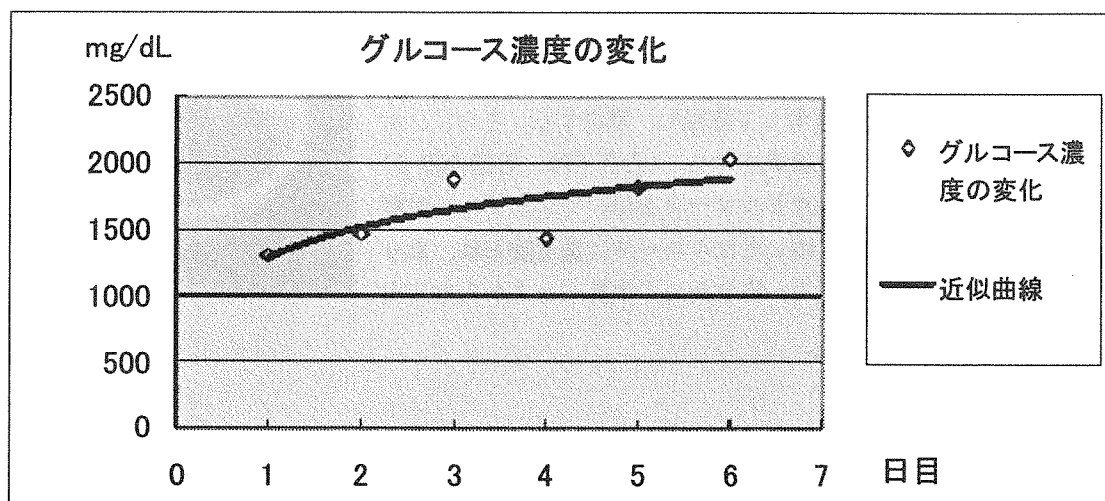
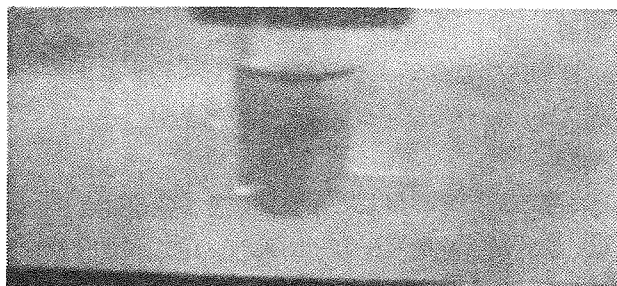
結果 ⑤より、塩酸で加水分解した溶液では、セルロースが分解され糖（グルコース）になったことが判明した。

- (2) ③ 細かくちぎったパルプ 4 g と蒸留水 120 g とセルラーゼ 1g を三角フラスコに入れる。

- ④ 恒温振とう機にセットする。(水温 45℃)

- ④ 2 週間程度、恒温振とう機にセットし、血糖値などを測定する方法（グルコース C II テストワコー 和光純薬工業製）で分光光度計を用いて糖がどれほどできたかを調べる。

結果 薄いピンク色に変化した。(右図) これはグルコースが存在することを示している。



3. グルコースからエタノールを作る

概要

グルコースから酵母菌（イースト菌）を用いてエタノールを作る。

手順

（1）固定化酵母によるアルコール発酵

酵母菌をイクラ状のビーズに固めてからそれを用いてアルコール発酵を行う。バイオリアクターを用いることにより、容易に酵母菌と分離できると考えたからです。

- ① アルギン酸ナトリウム 1g を 50mL の蒸留水に加える。ガラス棒でよく水をなじませる。
- ② 加熱し煮沸させ溶解し、さらに 10 分間加熱殺菌する。その後冷却する。
- ③ 酵母菌 50g を蒸留水 50mL 加えて均一に懸濁させる。
- ④ この懸濁液をかくはんしながら②のアルギン酸ナトリウム水溶液を加え、十分かくはんする。
- ⑤ 塩化カルシウム水溶液にマグネットスタラーで緩やかにかくはんしながら④懸濁液を駒込ピペットで 1 滴ずつ滴下する。これで球形の酵母固定化ゲルができる。この酵母固定化ゲルを用いてアルコール発酵を行う。



- ⑥ パルプをセルラーゼ（酵素）で分解した糖化液を一度煮沸し、冷めた後これに酵母固定化ゲルを入れて 1 週間程度恒温振とう機にセットする。また、水温は 40℃ に設定する。
- ⑦ 液体をろ過する。ろ液をエタノールの沸点付近で蒸留してエタノールができたかどうかを調べる。

結果 ほとんど、エタノールらしきものは得られなかった。

さらに、蒸留して得られた少量の液体を数滴たらして火をつけてみたが燃えなかった。

←駒込ピペットで滴下してできた酵母固定化ゲル

考察 あまりにもエタノール濃度が小さい、またはエタノールができなかった。糖化液に、どのくらいグルコースがあるかを分光光度計で調べてみると、約 1 % あったのでグルコースが何らかのものに变化したと推測される。また、エタノールの濃度を測定する方法を工夫する必要がある。

ちなみに、現在の研究によると、セルロースをセルラーゼで分解するとエタノール発酵阻害物質ができることが知られているので、今回の実験ではこの阻害物質によってエタノールが微量しかできなかったとも考えられる。

（2）酵母菌をそのまま使う方法

- ① 牛乳パックのパルプ 20 g を細かくちぎり、蒸留水 400mL をミキサーに入れ、さらに細かくする。
- ② ビーカーに移し変えてセルラーゼ 1g を入れて、よくかき混ぜ、三角フラスコに入れる。
- ③ 恒温振とう機に 1 週間セット（水温 40℃ くらい）し、振とうする。その後、ろ過し 2 分する。
ここで 2 つに分けたものをそれぞれ A、B とする。
- ④ プリズム糖度計で測定したところ、両方とも糖度は 3.1% だった。

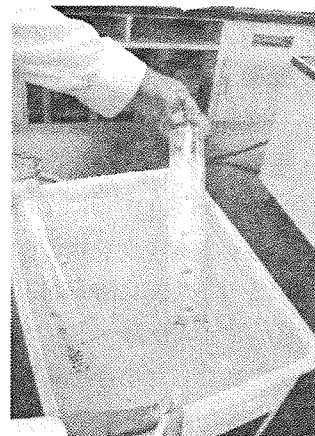
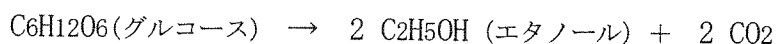
【Aについて】

- ① 分光光度計でグルコース濃度を測定した結果、2.420g/dL だった。
- ⑤ 加熱滅菌する。
- ⑥ 酵母菌を 10g 入れる。結果泡が直ぐに発生しなかった。バイオリアクターのときと同様失敗したと思い、そのままにして下校した。翌日見るとフラスコの周りが汚れていた。フラスコから何かが溢れ出たような様子であった。そこでもう一度注意深く実験することにした。

[Bについて]

- ① 酵母菌 25g を加える。注意深く見てみると約 25 分後位から急に泡が発生し出した。そしてこの気体を水上置換法により捕集した。メスシリンダーを用いて体積を測定した結果、770mL の気体が集まる。この後、放置したら気体がなくなったので、気体が水に溶けたとも考えられるから、二酸化炭素であると推測できる。さらに、後日同様の方法で発生した気体を捕集し、その気体に石灰水を反応させると白く濁った。

これらより、二酸化炭素が発生したということは、エタノールが生成した可能性があるとと言える。(右図は、気体の捕集の様子)



4. 塩酸で加水分解した糖化液を中性にし、イオン濃度を下げてから発酵させる実験

塩酸でパルプを加水分解した糖化液を、発酵ができないか試してみることとした。酸性が強く、塩化物イオンの濃度も高いのでそれを除去する方法として、陰イオン交換を考え実験した。

- ① 陰イオン交換樹脂を数日間水に浸ける。
② 蒸留水 500mL に水酸化ナトリウム 40g を入れたものに、①の陰イオン交換樹脂を浸ける。
③ ②の陰イオン交換樹脂についた余分な水酸化ナトリウムを蒸留水で洗い流す。陰イオン交換樹脂の再生を終える。
④ 牛乳パックを濃塩酸で加水分解した糖化液をろ過する。そしてこの溶液 20mL に蒸流水 180 mL を加える。
⑤ ④の溶液に③の陰イオン交換樹脂を浸ける。

分光光度計で、イオン交換した後の溶液中の糖の濃度と pH を測定する。

結果 糖 84.3 mg/dL (糖の濃度は、蒸留水で薄める前の換算値)

pH=0.9 になった。

液体の様子 黒いおりがあった。

- ⑥ ⑤では全然中性にならなかったのもう一度イオン交換を行う。

結果 pH=1.5 になった。

さらに中性に近づけるためにリン酸ナトリウム緩衝液を使う。

リン酸ナトリウム緩衝液のつくるのにリン酸二水素ナトリウム二水和物 0.2g と、リン酸水素ナトリウム二水和物 0.18g を⑥の水溶液に入れる。

結果 pH=5.0 になった。

- ⑦ ⑥の水溶液にイースト菌を入れ、恒温振とう機(水温 40℃くらい)にセットする。

結果 エタノール発酵は行われなかった。発酵しなかったのは、気体が発生しなかったことから判断した。

これは、フラスコの先にガラス管をつけ、その中の水滴の移動で判断した。温度変化の要因以外の移動はなかったことから判断した。

考察 水溶液が弱酸性だったのでイースト菌が正常に働かずエタノール発酵が行われなかった。または、グルコース濃度が低すぎて発酵しなかったと考えられる。

5. 3. (2) の B の場合のエタノールがどれほどあるかを調べる実験

- ① エタノールがどれほど含まれているかを、精密に調べることができる精度の高い分光光度計がある教育センターに行って、調べさせてもらう。このとき調べた糖化液は、3. (2) の B である。

結果 エタノール濃度は 0.481 g/L (a) だった。

3. (2) の B で発生した二酸化炭素 770 mL (気温 19℃) として計算すると、その二酸化炭素質量は 1.415g であり、反応式から B にはエタノールが 1.479g (b) 含まれていることになる。

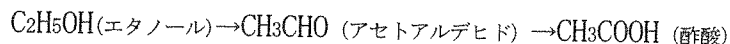
液体の体積はおよそ 185 mL なので、(a)に 0.185L を掛けると 0.089g のエタノールが生成したことになり (b) の数値と比較すると、明らかに気体の発生量に比べてエタノールの生成量のほうが少ない。

考察 教育センターに持っていった溶液は、気体を採取してから約 1 ヶ月のタイムラグがあったため、イースト菌が何らかの作用を及ぼした。またはエタノールが酸化され酢酸などになったとも考えられる。

(右図は教育センターでの様子)

酸化

酸化

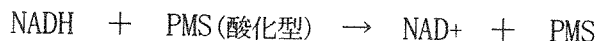
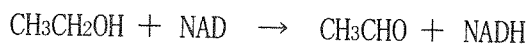


酵素法によるアルコール濃度の精密測定法(F-キットエタノール説明書より)

【測定原理】試料中に含まれる示すように清酒・ワイン中のアルコール濃度を、alcohol dehydrogenase (ADH) およびaldehyde dehydrogenase (A1DH)を用いて酵素的に定量する。

ethanolをADH およびA1DH による酸化反応により下式にacetic acidに完全に変換する。このとき、ethanol の 2 倍量のNADH が生成するので、NADH の濃度を分光学的に測定してethanol の濃度を計算する。NADH は340 nm において吸収があるのに対してNAD⁺は吸収がないことから、この波長における吸光度を測定することで測定が可能となる。(F-キットエタノールは Roche (独) 製 (株)J.K. インターナショナルが輸入販売元である。)

ADH



【実験方法】

1. 試料を蒸留水で希釈し、エタノール濃度が0.005～0.06 g/L の範囲になるように調整する(清酒・ワインの場合10,000～30,000 倍が適当)。
2. 希釈試料0.1 mLを吸光度測定用のセルに直接採取する。
3. F-キットエタノールの溶液II (別途配布) を3 mL加え、混和する。
4. 室温にて約3分後、340 nmにおける吸光度 (E1) を測定する。
5. 同じセルにF-キットエタノールの溶液III (別途配布) を0.05 mLを加え、混和する。
6. 反応終了後(約5～10 分、吸光度の増加がなくなったとき)、340 nmにおける吸光度 (E2) を測定する。
7. ブランクとして、2.～6. の操作を蒸留水0.1 mLに対しても行い、E1およびE2を測定する。

【計算方法】

$$\text{ethanol (g/L)} = \frac{V \times \text{MW}}{\epsilon \times d \times v \times 2 \times 10,000} \times \Delta E \times \text{希釈率}$$

ethanol濃度は、次式により求める。

$$\Delta E = (E2 - E1) \text{ 試料} - (E2 - E1) \text{ ブランク}$$

$$V (\text{反応液量}) : 3.15 \text{ mL}$$

$$\text{MW (分子量)} : 46.07$$

$$d (\text{光路長}) : 1 \text{ cm}$$

$$\epsilon (\text{吸光係数}) : 6.3 (1 \times \text{mmol}^{-1} \times \text{cm}^{-1})$$

$$v (\text{検体量}) : 0.10 \text{ mL}$$

従って、

$$\text{ethanol (g/L)} = \frac{3.15 \times 46.07}{6.3 \times 1 \times 0.1 \times 2 \times 10,000} \times \Delta E \times \text{希釈率} = 0.1152 \times \Delta E \times \text{希釈率}$$

5. 結論・考察・反省

イースト菌によりグルコースをエタノールに発酵させる過程において、糖化に酸を利用した場合にはその中和によって生じる塩の濃度が大きく、それを除去する必要があることが分かった。これは、硫酸を用い水酸化カルシウムで中和し、生成した硫酸カルシウムの沈殿をろ過する方法で、工業化されているのでそれにより減少させることが可能である。また、セルラーゼによる方法から得たグルコースは、酸を用いた場合と異なり塩の濃度が小さいことが推測でき、pH も中性付近なので発酵に適していることが分かった。実際、イースト菌で発酵させると多量の二酸化炭素を発生して発酵しているのが確認できた。

さて、一応エタノール生成をすることは出来たが、パルプからでさえごく少量しか検出されなかったのも、草からエタノールを生成することになるとほんのわずかしかなら出来ないと容易に想像できる。それにしても、収率が予測に比べて非常に低かった。これは、糖化液の作成から発酵実験にとりかかるまでに1ヶ月の期間が開いてしまい、グルコースがフラスコ内で酸化などしてしまって別の物質になってしまったのではないかと考えられた。

また、セルラーゼを使って糖化する際に発酵阻害物質が発生してしまうのでこの影響であることも考えられる。そして、その回避や除去の効率的な方法の開発などが、現在日本の研究の主要なテーマになっていることもわかった。

以上より、雑草からの糖化は中途半端な状況で終わってしまったが、パルプからの糖化実験はうまくいったと思われる。しかし、糖化の後の発酵ではよい結果が出なかった。エタノールの収率をより上げられるように工夫する必要がある。

最後に、およそ8ヶ月を通して実験を行ってきたが、上手いかなかったことがたくさんあった。あまりスムーズに実験が行えず、自分たちの本題である草からエタノールを生成することが出来ませんでした。しかし、長いスパンでもって実験を行ってきたことは、とても有意義なものでした。時間があれば続きを行いたいが、日程上厳しいのがとても残念です。

参考資料

・青少年のための化学の祭典 第1回神戸大会 出展資料

参考Webサイト

- ・長岡科学技術大学21世紀COEプログラムホームページ <http://pelican.nagaokaut.ac.jp/GER/study/>
- ・京都大学21世紀COEプログラムホームページ <http://energy.coe21.kyoto-u.ac.jp/task-bio/>
- ・本田技研工業ホームページ広報発表 <http://www.honda.co.jp/news/2006/c060914.html>

6. 謝辞

この度の研究を行うにあたって、分光光度計を貸して下さった新潟県立教育センターの山田 悟志先生、化学教室を使うにあたって自分たちがお世話になった先生方、そして何よりわからないことだらけの自分たちことを指導して下さった小日向先生にこの場を借りて心から感謝いたします。

『アリの触角と嗅覚』

齊藤恵里奈 佐々木愛 高橋りほ

要約

アリの触角に嗅覚が備わっていることを確かめるためにエサとなる果物（ここではナシを使用した）を使い触角の有無、匂いの有無という観点から実験を行った。

すると、触角があるアリは最低でも一回は果物にたどり着き、それに対し、触角のないアリはたどり着かなかった。また、匂いのあるものにはたどり着き、匂いのないものにはまったく反応しないという結果が得られた。

これらのことから触角には嗅覚が備わっていると判断した。

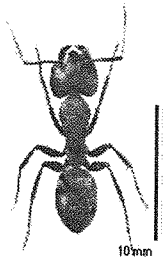
〔キーワード〕 アリ、触角、嗅覚

序論

アントクアリウムにアリを飼って観察を行うと、触角をお互いにくっつけている場面が多く見られた。このことから触角はアリの生活の中で何に使われているのかと疑問に思い、調べていくと、触角には嗅覚、味覚、温度や湿度の感知、敵味方の識別などの役割が備わっていることが分かった。

この中でも特にアリの生命活動を支える「餌を探す」ということに関係が最も深いと思われる嗅覚に着目して触角に嗅覚があることを確かめるための実験を行った。

手法



実験で使用したアリ（図1）

オオアリ亜属 クロオオアリ

学名 *Camponotus japonicus*

体長 7～12mm。 体色は黒色で、頭部は光沢を欠く。

体が大きく扱いやすいため、このアリを実験に使用した。

図1

実験①

目的：アリは餌と餌ではないものの識別をどのようにしているのか観察する

用具・材料：ペットボトル（350ml）、ナシ、消しゴム、オオクロアリ

方法：アリを数日間放置したペットボトルの中に、同じ位の大きさのナシと消しゴムの欠片を入れる。そのときのアリの行動を観察する。

予想：触角で物体に触れることで、ナシと消しゴムを識別している。

観察：

（i）ナシを入れたとき

すぐに寄っていき触角をつけた後、食べ始めた。

（ii）消しゴムを入れたとき

すぐに寄っていき触角をつけた後、離れていった。

結果：ナシにも消しゴムにも反応したが、ナシにしか口をつけなかった

考察：ナシと消しゴムそれぞれに触角をつけた後の反応の違い（観察部分参照）から、触角は餌と物体を識別す

ることができると考えられる。

また、その識別方法としては、ナシや消しゴムに触覚で触ることにより、それらの匂いや味や質感を感知したからではないかという仮説を立て次の実験を行った。

さらに、アリは触角でナシに触れてから口をつけ、摂食行動をとったことから、アリの触角には味覚や嗅覚があるのではないかと考えられる。

実験②

目的：触角の有無は餌の識別に関係しているのか調べる。

用具・材料：水槽、仕切り、ナシ、アリ、ピンセット、ストップウォッチ

方法：水槽の端2cmの所に仕切りを置き、狭い方にアリを広い方にナシを置く。仕切りを外すと同時に時間の計測を始め、アリがナシに口をつけると同時に時間の計測をやめる。そのとき時間が2分以上かった場合は計測不能とみなし、回数から除外する。また、道しるべフェロモンを消すために計測ごとに水槽を拭く。

これを2匹のアリを触角の有る場合と無い場合に分けて行った。触角は、アリを5℃の冷蔵庫に入れ動きを鈍らせた後、手で押さえピンセットで抜いた。(図2)

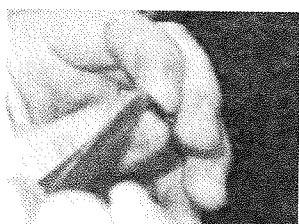


図2 アリの触角を抜く様子

仮説：触角が有る場合はナシに触れることでナシをエサと判断し、ナシに口をつける。

また、触角が無い場合は、触角とともに味覚や嗅覚も失うため、ナシに反応しない。

結果：×＝記録無し

	時間 (秒)			
	触角のあるアリ		触角の無いアリ	
回数	A	B	a	B
1	81,24	×	×	×
2	15,01	×	×	×
3	8,53	56,33	×	×
4	21,18	×	×	×
5	×	×	×	×
6	27,16	×	×	×
7	14,36	×	×	×
8	14,20	×	×	×
9	11,74	×	×	×
10	10,17	×	×	×
平均 (秒)	22,62	56,33	×	×
行動の割合	50%		0%	

触角のあるアリのAとBのデータに大きな違いが見られた。

考察：触角のあるアリで、2匹とも 10 回の試行の中で最低 1 回はナシに対する摂食行動が見られた。また、触角の無いアリは、2 匹とも 1 回もナシに対して摂食行動をとらなかった。
このことから、触角のあるアリはナシを餌として認識していると思われる。

このときのデータで A、B に大きな差がみられたのは実験の方法、環境の違いがデータに反映したと考え、以下の 2 点があげられた。

第一に気温の違いである。A は室温 10℃以上、B は室温 10℃以下での実験であった。第二に巣の環境の違いである。A は少量の餌が入ったペットボトルに飼っていたもので、B はアントクアリウム（図 5）という餌でできたジェルの中に飼っていたものであった。

これらが要因だと考え、再度条件を変えて 4 匹のアリで実験をなおした。

条件：アリは餌が少量入っているペットボトルに数日放置したものを使用し、実験は温度を 21.5℃に設定した低温恒温器のなかで行うこととする。（図 3、4）

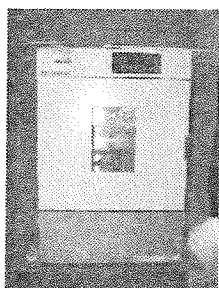


図 3 低温恒温器

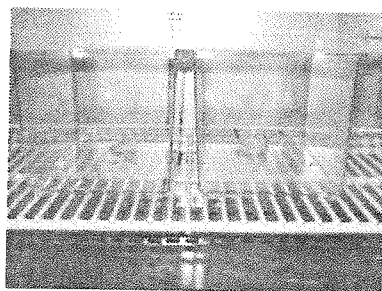


図 4 低温恒温器内での実験の様子

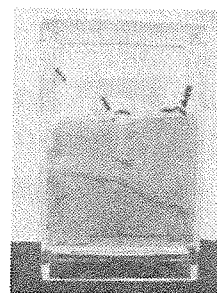


図 5 アントクアリウム

結果：×＝記録無し

回数	時間（秒）							
	触角のあるアリ				触角の無いアリ			
	C	D	E	F	c	d	e	f
1	65,50	×	22,77	83,42	×	×	×	×
2	×	77,66	94,04	×	×	×	×	×
3	×	41,48	×	×	×	×	×	×
4	×	76,25	89,12	×	×	×	×	×
5	×	61,71	31,89	×	×	×	×	×
6	×	85,63	88,32	×	×	×	71,57	×
7	×	×	68,33	×	×	×	51,99	×
8	×	34,47	×	×	×	×	112,29	×
9	×	×	9,77	×	×	×	×	×
10	×	70,09	×	×	×	×	×	×
平均（秒）	65,05	63,90	45,01	83,42	×	×	78,62	×
行動の割合	40%				7,5%			

触角があるアリの方が多くナシまでたどり着いた。

考察：条件を変える前の実験結果と同様に、触角のあるアリは全て最低 1 回はナシにたどり着き、摂食行動をと

っている。

また、触角の無いアリにおいても4匹中3匹は1回もナシに対して摂食行動をとらなかった。

これらのことから、エサの識別には触角が必要だと考えられる。

また、触角がある場合にエサにたどり着けたアリが、視覚を使ってエサまでたどりついていたら、どのアリもたどり着けるはずだが、たどり着けなかったことから、「アリは視覚によって何がエサであるかを把握し、どうすればエサにありつけるかということを学習していない」といえるのでエサの識別に視覚は関係していないと考えられる。

このとき「ナシの匂いに反応してエサと識別したのではないか」という仮説をたてて次の実験を行った。

実験②

目的：触角を使わず視覚だけでエサと認識できるのか否かを確認する。

用具・材料：クロオオアリ、ナシ、シャーレ（直径250mm）、水槽、仕切り

方法：

- ① 水槽に触角のあるアリを1匹入れる。
- ② 水槽に仕切りをし、まず手前側にアリを入れ、反対側にナシの切片を入れる。
- ③ ナシの切片にシャーレをかぶせる。
- ④ 仕切りを取ると同時に時間の計測を開始し、シャーレに口がついたら計測を止める。なお、この際二分以上経過した場合は計測不能とする。
- ⑤ アリをいったん隔離する。
- ⑥ 道するベフェロモンを分泌したことを考慮し、水槽全体をティッシュで拭き取る。
- ⑦ ①～⑥の作業を一匹につき10回行い、シャーレに口をつけた回数を記録し、計測した時間の平均を出す。

仮説

物体の見た目だけではエサと認識できないので、シャーレに口をつけない。

結果

10回中10回計測不能。記録無し。

考察

視覚だけでは物体の味、匂いが感じられないために物体をエサと認識できないと思われる。

ここで、見た目が同じで、一方は無臭、もう一方はエサの匂いがする物体があった場合、アリはどのような反応を示すのかという疑問が発生した。

そこで、以下のような実験を行った。

実験③

目的：触角には嗅覚があるのかどうか調べる。

用具・材料：水槽、仕切り、ナシ、アリ、ピンセット、ストップウォッチ、キムワイプ

方法：水槽の端2cmの所に仕切りを置き、狭い方にアリを広い方に小さく折ったキムワイプを置く。仕切りを外すと同時に時間の計測を始め、アリがキムワイプに口をつけると同時に時間の計測をやめる。そのとき時間が2分以上かかった場合は計測不能とみなし、回数から除外する。また、道するベフェロモンを消すために計測ごとに水槽を拭く。

これを触角の有る4匹のアリで、ただのキムワイプと、ナシの果汁をつけたキムワイプでそれぞれ10回計測する。

このとき、見た目では判断がつかないようにキムワイプは同じ大きさ、形とし、実験②で仮説と異なったデータが出たアリも原因を追究するために実験を行った。

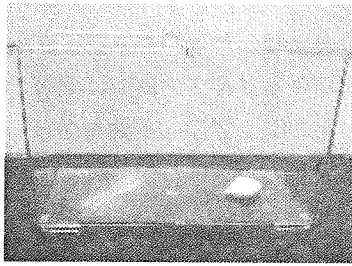


図6 実験3の実験装置

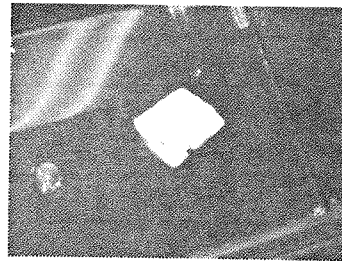


図7 キムワイブに口をつけるアリ

仮説：ただのキムワイブには匂いがないので接近しないが、ナシの果汁がついたキムワイブには触角で匂いを感じ取るため接近する。

結果：×＝記録無し

●触角の有るアリ

実験3								
	時間(秒)							
	キムワイブ(何もつけていない)				キムワイブ(ナシの果汁つき)			
回数	G	H	I	J	G	H	I	J
1	×	×	×	×	43,81	×	26,82	63,28
2	×	×	×	×	47,85	×	×	54,42
3	×	×	×	×	109,16	×	×	67,62
4	×	×	×	×	59,34	×	77,77	119,66
5	×	×	×	×	×	×	×	65,05
6	×	×	×	×	×	×	63,50	45,59
7	×	×	×	×	97,74	×	25,80	×
8	×	×	×	×	×	×	118,45	×
9	×	×	×	×	×	×	15,32	×
10	×	×	×	×	×	×	×	×
平均 (秒)	×	×	×	×	71,58	×	54,61	69,27
行動の 割合	0%				42,5%			

ナシの果汁がついているキムワイブに多く接近した。

考察：アリは同じ形のものであっても匂いのあるほうに反応することから、エサを得るために視覚をたよりにしていないことが明らかであり、実験においてエサにたどりついた理由として視覚は考えなくても良い。つまり、アリは匂いに反応してエサを認識しているといえるので、触角には嗅覚が存在するといえることができるだろう。

●実験2のアリエ

実験3	アリエ	
	キムワイプ (何もつけていない)	キムワイプ (ナシの果汁つき)
回数	時間(秒)	
1	109,51	×
2	×	×
3	73,83	×
4	×	117,88
5	33,52	×
6	×	64,77
7	×	56,70
8	×	×
9	×	×
10	×	×
平均(秒)	72,29	79,78
行動の割合	30%	30%

考察：左の表より、ただのキムワイプとナシの果汁をつけたキムワイプの両方に同等の割合で寄っていったので、アリエが触角がないにもかかわらず実験②でナシに口をつけたのは偶然である。

ここで、実験①の B、実験②の C・F、実験③の H のアリエがナシに近寄らなかった原因としては、エサの好みが関係していると思われる。

結論

実験②のアリエ触角の有無の比較実験では、触角のあるアリエの摂食行動の割合は50%を示すのに対し、触角のないアリエは6%という著しい差をみせたことから、触角がエサにたどりつくために必要な器官であることが分かった。実験③の匂いの有無の比較実験では、見た目は同じで匂いの異なる二つの物体のうち匂いのあるものに反応したことから、嗅覚を使ってエサを認識していることが分かった。

以上のことから、「触覚の有無」「匂いの有無」が結果を大きく左右しており、「触角が有り、エサに匂いが有る」とき、アリエはエサにより高い確率でたどりついたことから、アリエの触角には嗅覚があるといえる。

謝辞

新潟南高校 石田先生

時に厳しく、時に優しく、いつもあたたかく、ご指導いただいたことに心から感謝の念を表して謝辞とさせていただきます。

後記

この課題研究を通して、生物を対象とする研究の大変さを痛感した。

アリエは思っていたよりもはるかに飼育の難しい昆虫で、捕まえるたびに容器から逃亡し、巣を作ったと思えば土にカビがはえてアリエが全滅してしまうなど実験にいたるまでが一苦労だった。

また、実験を同じアリエで行うために冬の間も生かしておかなければならず、気温には特に注意を払う必要があった。総じて、生き物を対象とした実験を行う場合、まず飼育方法を学び、飼育することが出来るようになる必要があることをここで述べておく。

参考 Web サイト

日本産アリエ類画像データベース

<http://ant.edb.miyakyo-u.ac.jp/J.index.html>

ダンゴムシの交替性転向反応の検証

竹之内 翼 本間大智

要約

ダンゴムシには障害物にぶつかり前に進めなくなるたびに右、左と交互に曲がって進む「交代性転向反応」という習性があるという。私たちはダンゴムシに本当にこのような習性があるかダンゴムシを使って検証した。この行動が偶然によるものと仮定して求めた確率と、実際のデータには明らかな違いがあり、偶然には起こりえない行動であることがわかった。私たちはダンゴムシには「交代性転向反応」という習性があると結論づけた。

I はじめに

ダンゴムシは触ると腹を内側に体を丸くすることで知られた生物で、家の庭などでも普通に見られる。分類上は昆虫よりはエビやカニの仲間に近い節足動物門甲殻綱に属する生物である。生物の教科書（三省堂）では光走性の例として取り上げられており、オカダンゴムシは正の光走性を示し、光の方向を二つの眼に入る光の強さの違いで感じている。ダンゴムシは梅雨の頃交尾を行う。やがてメスは、自分のおなかの中にある袋にたまごを生む。たまごは1ヶ月ぐらいでかえり白色のダンゴムシが生まれる。孵化したばかりのダンゴムシは初めての脱皮で、色と模様がつく。そしてなんども脱皮をくりかえし、大きくなり1センチぐらいいで大人になる。

このダンゴムシには障害物にぶつかり前に進めなくなるたびに右、左と交互に曲がって進む「交代性転向反応」という習性があるという。ジグザグに進めば、元の場所に戻ってしまうことなく、より遠くに移動でき、危険から逃げるための回避行動をとるためと考えられている。私たちはその習性に注目し、本当にそのような行動が見られるのか、学校のまわりにいるダンゴムシを使って「交代性転向反応」を検証した。

II 実験方法

1. 迷路の作製：

- (1) 土台はダンゴムシが歩きやすいように発泡スチロール板を使用した。仕切りは、ダンゴムシが登らないようにプラスチックを使用した。（写真1参照）
- (2) 写真1の↑にダンゴムシを置く。左右交互に曲がれば4回で迷路の外に出ることができる。

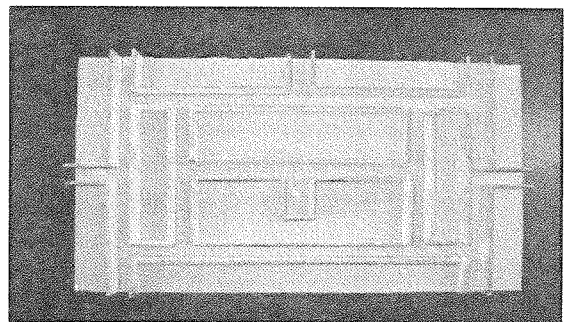


写真1.自作の迷路

2. 実験材料

オカダンゴムシ(*Almadillidium vulgare*)を新潟南高校校地内で20匹捕獲した。（写真2）

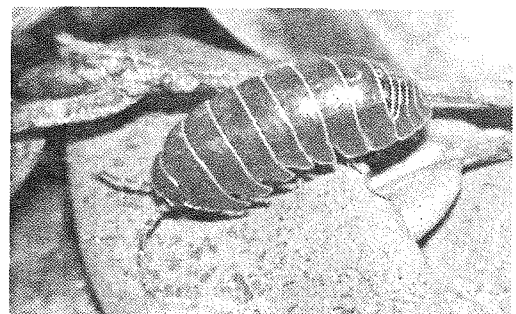


写真2.オカダンゴムシ

3. 測定方法：

- (1) 写真1の↑にダンゴムシを置き、プラスチックの壁にぶつかり曲がった方向を記録した。1個体につき連続10回行った。
- (2) 1個体につき連続10回の試技をおこなった。

Ⅲ 実験結果

R：右に曲がる、L：左に曲がる、T：それ以外の反応

回数	個体 1	個体 2	個体 3	個体 4	個体 5	個体 6	個体 7	個体 8	個体 9	個体 10
1	LRLR	RLLRL	LTLTL	LTLLR	RLRL	RTRRTR	LLLLR	RTLRL	RLRL	RLRL
2	LRLR	RLRL	LRLTL	LRLLLR	RLRL	RLTLR	RLRL	RLRL	LRRRL	RLRL
3	LRRRL	RRLRL	RRLTRRL	LRLR	LLRL	LTLLR	LLLLL	LRRRL	RLRL	LRLR
4	RLRL	RLL	RLRL	RLLR	LRRRL	RLRL	LLLL	RLRL	RLRL	RLRL
5	RLRL	RLRL	RLRL	LRLR	LRLR	RLTLR	LRLR	LTTLR	RLRL	LRLR
6	LRLR	LRRRL	RLRL	LTLLR	RLRL	LRLRTR	LRLR	LRRRL	LTLLR	RLRL
7	RLRL	RRTLR	RLRL	LLLLT	RLLR	RLRL	RLLLR	RTRRTR	LRLR	LRLR
8	RLRL	RLRL	LRLTTRL	RLRL	LRLR	LLLLRRRL	LRLR	LLRTLLR	LRLR	LRLR
9	LRRRL	RRTLR	RLRL	LRLR	LRLR	LRLR	LRLR	LRRRL	RLRL	LRLR
10	RLRL	RLRL	LTLLR	RLLR	RLLR	LRRRL	LRTLLR	RRTLR	RLRL	RRRL

回数	個体 11	個体 12	個体 13	個体 14	個体 15	個体 16	個体 17	個体 18	個体 19	個体 20
1	LRRRL	LRLR	LLRL	LRLR	RLTLR	RLRL	RTRRTR	RRRL	LRLR	LTLLR
2	RRRL	RLRL	LRLR	LRLR	LRRRL	RLRR	LTTLR	RLRL	LRLR	RLRL
3	LRLRL	RLRL	LRLR	LRLR	LRRRL	RRRL	LTTLR	LRLR	RLRL	LRLR
4	LLRL	LRRRL	RLLR	LRLR	RLRL	RTRRTR	RTRLR	LRLR	LRRRL	LLRL
5	RRLR	RLRRRL	RLRL	RLRL	RRLR	RRRRRL	LRLR	LRLR	LLRL	RLRL
6	RRLR	LRLRL	RLRL	RRRRRL	LRLR	RRRR	RLRL	LRLR	RRLR	LRLR
7	RRLR	RTRRTR	LTLLR	LRRRRRL	LTLLR	LRLR	LRLR	RLLLR	RLRL	LRLR
8	LLRL	LRRRL	LRLR	RLRL	RLLR	RLRL	LRLR	LRLR	LTLLR	RLRL
9	RRRL	RRRR	LTLLR	LRRRL	LRRR	LTLLR	LRLR	RLRR	RLRL	LRLR
10	RRRL	LRRTR	LRLR	RTRRRR	RRLR	LRLR	RLRL	LTLLR	LTRLRL	RLRL

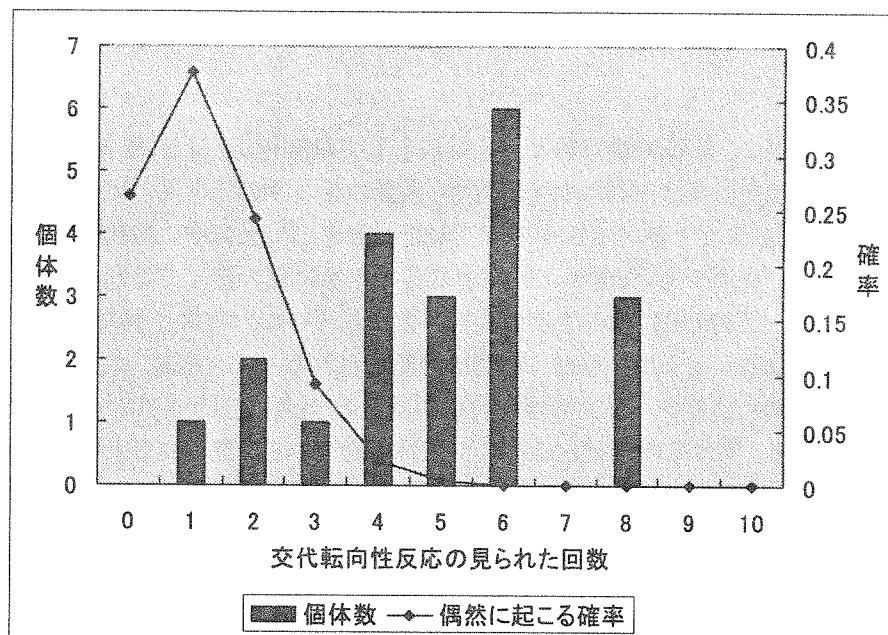
Ⅳ 考察

1 検証方法

- (1) 各個体で 10 回の試技中に交代性転向反応のみられた回数を求め、まとめると下表のようになった。
- (2) ダンゴムシが壁にぶつかり右に曲がるか、左に曲がるか偶然に起こると仮定したとき、壁にぶつかるたびに偶然に左右交互に曲がる確率を求める。10 回の試技中に偶然左右交互に曲がる回数とその確率を求める。
 - ① ダンゴムシが壁にぶつかった時に右に曲がるか、左に曲がるかは偶然によると仮定すると右に曲がる確率も左に曲がる確率も 0.5 となる。
 - ② 迷路は右・左・右・左または、左・右・左・右と 4 回左右交互に曲がると外に出る。1 回の試技で偶然左右交互に曲がる確率は、右・左・右・左と左・右・左・右の 2 通りあるから、 $(0.5)^4 \times 2 = 1/8$ となる。従って、左右交互に曲がらない確率は $7/8$ となる。
 - ③ 10 回の試技中に偶然 n 回左右交互に曲がる確率は、 ${}_{10}C_n (1/8)^n (7/8)^{10-n}$ となる。
 - ④ ③の式に $n=0\sim 10$ を代入してその確率を求める。

」⑤ 偶然と仮定したときの確率と実際に起きた確率を比較検討する。

左右交互に曲がった 回数 (回/10 回)	偶然と仮定したときの 起こる確率	個体数
0	0.26	0
1	0.38	1
2	0.24	2
3	9.2×10^{-2}	1
4	2.3×10^{-2}	4
5	3.9×10^{-3}	3
6	1.0×10^{-4}	6
7	3.8×10^{-5}	0
8	2.1×10^{-6}	3
9	6.5×10^{-8}	0
10	9.3×10^{-10}	0



2 ダンゴムシの行動の検証

右に曲がるか、左に曲がるかは偶然によると仮定すると、たまたま左右交互に4回曲がるのが10回中に起こる回数と確率はグラフのようになる。たまたま偶然に起こった行動と考えると10回の試技で偶然に左右交互に曲がった試技の回数は確率からいうと0回～3回見られる確率で全体の9割を示す。この行動が偶然であれば20個体の大半が左右交互に見られる行動が10回中0回～3回見られるということになる。しかし、実際は0回～3回見られた個体数は20個体中4個体に過ぎなかった。逆に、10回中5回以上偶然に見られる確率はどの回数も0に近いので、そのようにことは偶然では起こりにくい。しかし5回以上見られた個体は12個体で全体の6割を占める。このことからダンゴムシが偶然、左右交互に曲がったとは考えにくい。つまり、ダンゴムシには障害物にぶつかり前に進めなくなるたびに右、左と交互に曲がって進む「交代性転向反応」という習性があるといえる。

生ゴミの堆肥化と堆肥の有用性の検証

小野澤景介 小林義寿 白井福寿

要約

堆肥化のしくみを調べるため、実際に生ゴミからの堆肥を嫌気発酵、好気発酵のそれぞれで試みた。嫌気発酵は異臭がしてうまくいかなかった。好気発酵では発酵が進んだが、発酵初期の高温期に十分に温度が上がらなかった。そこで堆肥中に堆肥化に関する微生物が存在するか、堆肥から微生物を抽出して一部を同定した。同定した3種はいずれも堆肥化には直接関係のない微生物であることがわかった。次に、できた堆肥の有用性を調べるため堆肥の抽出液を用いて種子の発芽実験と幼鞘と幼根の伸長速度を測定した。水を対照として、また大学でつくられた良質な堆肥も比較のため同時に測定した。実験の結果、私たちがつくった堆肥のなかにも良質堆肥と同様に水よりも高い発芽率や伸長速度を示すものがあることがわかった。このことは、本来、好気発酵の初期の高温期が十分温度が上がらなくても堆肥化が進む可能性を示唆している。ただ、それを確かめるためには、堆肥化初期に存在する微生物の同定や堆肥の植物に対する有用性のさらなる検証が必要である。

I はじめに

農家では昔から生ゴミ、家畜の排泄物などを材料として堆肥化が行われてきた。しかし、各家庭や飲食店から出る生ゴミの堆肥化はあまり行われていない。大量の生ごみのほとんどは焼却処分されているのが現状である。焼却処分してしまうと熱エネルギーや二酸化炭素として大気中に放出されてしまうことになるが、堆肥化すると植物が再び利用でき、資源の再利用となるとともに使い捨てではない、循環社会を確立できる。また、農業においても、化学肥料には微生物の食料が含まれていないため、土の中の微生物を衰弱させ、土壌を痩せさせる原因になる。さらに土壌は、植物に必要とされるリン・窒素・炭素だけではなく、さまざまなアミノ酸などの微生物により作られた有機化合物があると、土壌も良いものになることが分かってきている。このようなことから、生ゴミの堆肥化は社会で注目されている。農家で昔から行われている堆肥化であるが、経験によるところが大きく、堆肥化のしくみについては微生物の働きによることはわかっているもののその詳細についてはわかっていないところも多い。大量の生ごみを効率よく堆肥化するためには堆肥化のしくみを明らかにする必要がある。

そこで、私たちは生ごみのしくみを知るためにまず実際に堆肥化に取り組んでみることにした。堆肥化するには嫌気生物による嫌気発酵と好気性微生物による好気発酵があることがわかった。そこで、両方の方法で行うことにした。そして、できた堆肥中にどのような微生物がいるか微生物を堆肥中から抽出して、その微生物の特定遺伝子の塩基配列から種を同定することを試みた。またできた堆肥の有用性も種子の発芽による実験で調べた。

II 実験方法

1 嫌気発酵

(1) 専用の密閉容器^{*1} 4個を利用して以下のものを入れた。

容器Ⅰ： 生ゴミ+EMぼかし

容器Ⅱ： 生ゴミ+EMぼかし+腐葉土

容器Ⅲ： 生ゴミ+EMぼかし+ピートモス

容器Ⅳ： 粉碎した生ゴミ+EMぼかし

(2) 上から押して中の空気を抜く。容器は直射日光の当たらない場所に置く。

(3) 発酵が進むと容器の底に発酵液が溜まってくるのでこまめに取り出す。

※1 ボカシ肥料専用容器 AT#18 (アロン化成株式会社)

※2 EM 菌 (Effective Microorganisms、有用微生物群)： 自然界にある 5 群＝乳酸菌群、酵母群、光合成細菌群、発酵系の糸状菌群、グラム陽性の放線菌群から嫌気、微好気の複数の有用な微生物を集め培養し、液中に複合共生させた資材) を薄めた液を、米ぬか、もみ殻、糖蜜などと混ぜ、発酵乾燥させたもの

※3 ピートモス： シダや水苔が発酵した土。もともと酸性が強い。乾燥していると水分を吸収しにくい、一度水を持つと通気性および保水性に優れる。

2 好気発酵

(1) 段ボール箱 (42cm×31cm×27cm) を利用して以下のものを入れた。

堆肥Ⅰ (6/14 開始)： 粉碎した生ごみ+米ぬか+ピートモス+良質な堆肥

堆肥Ⅱ (7/25 開始)： 粉碎した生ごみ+米ぬか+ピートモス

堆肥Ⅲ (5/31 開始)： 粉碎した生ごみ+米ぬか

(2) 生ごみは開始時から順次加えていった。水分が多すぎるときはもみがらを混ぜて、少なすぎるときは霧吹で水をかける。

3 堆肥中の微生物の分離・同定

(1) 用いたサンプル

堆肥Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ。

(2) 微生物の培養

① 堆肥の抽出液を $10^2 \sim 10^9$ に希釈する

② NB 培地にプレーティングし、 30°C と 55°C で培養する。

(3) 微生物の分離と培養

① プレートの中から十分増殖したコロニーを適当に選ぶ。(結果、写真①参照)

② 菌を採取し、試験管中の培養液に入れる。

③ プレートと同じ温度の液槽に入れ、一晩振る。

(4) 微細物からのゲノム DNA 抽出 (詳細は省略)

(5) 電気泳動による DNA 量の確認 (詳細は省略、写真②参照)

(6) 16SrDNA 断片の増幅 (PCR 法)、ゲルからの DNA 切り出し (詳細は省略)

(7) 16SrDNA のゲルからの回収 (詳細は省略)

(8) DNA の結合 (詳細は省略)

(9) 形質転換 (詳細は省略)

(10) 植菌 (詳細は省略) 写真④参照

(11) プラスミド抽出

(12) 回収後 DNA 確認電気泳動 写真⑤参照

(13) DNA シークエンス反応 (詳細は省略)

(14) DNA シークエンサーによる塩基配列決定 (詳細は省略)

(15) データベースを用いた相同性検索、菌の同定

4 堆肥の植物に及ぼす影響の調査

(1) サンプル

堆肥Ⅰ (6/14 開始)： 粉碎した生ごみ+米ぬか+ピートモス+良質な堆肥

堆肥Ⅱ (7/25 開始)： 粉碎した生ごみ+米ぬか+ピートモス

堆肥Ⅲ (5/31 開始)： 粉碎した生ごみ+米ぬか

対 照： 大学でつくった良質な堆肥

(2) 種子の発芽率の測定

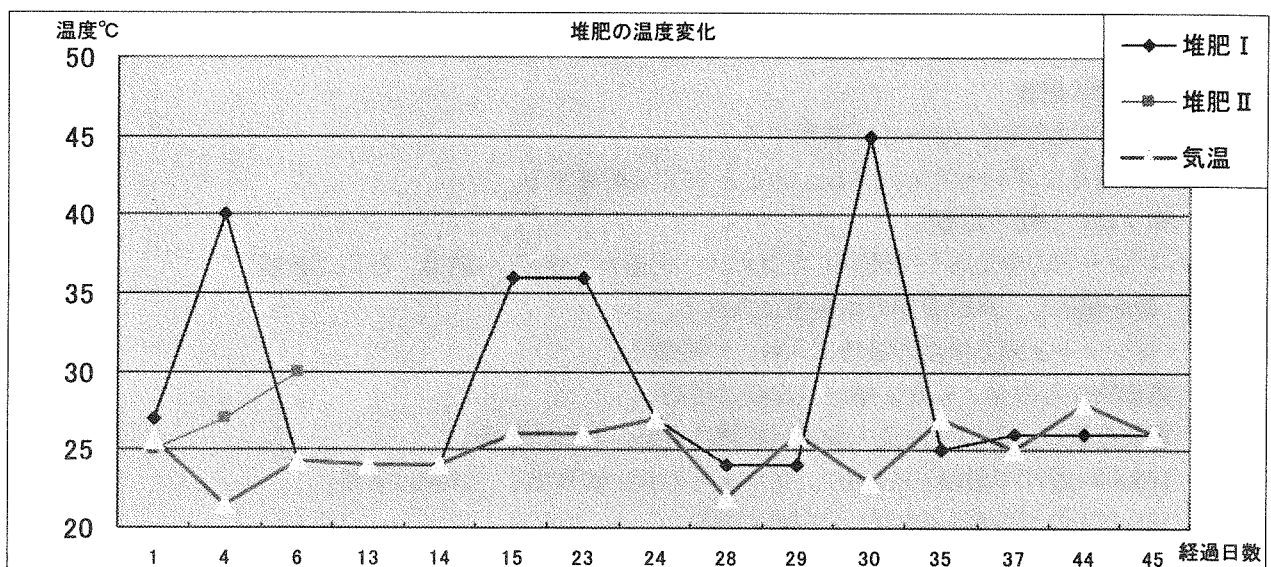
- ① 生試料 10 g を三角フラスコにとり、沸騰水 100ml を加え、アルミホイルで蓋をして、一時間放置する。
- ② 一時間後、ガーゼを使ってろ過する。
- ③ 各ろ液の塩分濃度を 0.5～0.6% に調節した。
- ④ ③ で用意した液を 10ml ずつ、あらかじめろ紙 2 枚を敷いてあるシャーレに分注し、その上からコマツナの種 40 粒を撒く。この時、対照として水 10ml を入れたものを用意する。
- ⑤ シャーレに蓋をして、20℃ の中においた。
- ⑥ 発芽した種子の数を 1 日 1 回数えた。

(3) 幼鞘と幼根の長さの測定

根が出始めたら、幼鞘と幼根の長さを測る。全ての長さを測るわけではなく、そのシャーレの中から無作為に 5 つのコマツナを選び、その幼鞘長および幼根長の平均を求めた。

III 実験結果

1 好気発酵における温度変化



2 微生物の同定結果

(1) 堆肥 I : *Serratia marcescens* (NB 培地 30℃)

- ・嫌気性生物
- ・人間病原菌 (主に院内感染)
- ・摂氏 5～40℃ で成長、存在する。
- ・高湿度の環境を好む。

(2) 堆肥 II : *Pantoea agglomerans* (NB 培地 30℃)

- ・嫌気性生物
- ・人間病原性 (主に院内感染)
- ・12℃～43℃ で成長、増殖する。
- ・人の腸管内や自然界に存在。

(3) 堆肥 III : *Klebsiella pneumoniae* (NB 培地 30℃)

- ・嫌気性生物

- ・人間に日和見感染する。(主に院内感染)
- ・30℃で成長する。
- ・果樹の害虫予防に使われている。

3 発芽率の比較

	1日目	2日目	3日目	4日目
堆肥Ⅰ	0	97.5	97.5	97.5
堆肥Ⅱ	0	92.5	92.5	92.5
堆肥Ⅲ	0	80	90	90
良質堆肥	0	90	100	100
水	0	90	92.5	92.5

4 地上部、地下部の長さの測定

	地 上 部				地 下 部			
日数	1日目	2日目	3日目	4日目	1日目	2日目	3日目	4日目
堆肥Ⅰ			14.8	31.6		6.8	18.8	37.2
堆肥Ⅱ			17.4	33.8		8.4	26.8	61.2
堆肥Ⅲ			11.8	22		4.6	16.4	31.6
良質堆肥			15.4	32.6		5.8	15	33.8
水			10	24.4		5.4	23.6	33.4

IV 考察

1 嫌気発酵

中々生ゴミの分解は進まず、腐敗臭もしてきたので、実験は失敗と判断し、堆肥を土に埋めた。うまく堆肥化できなかった理由として次のようなことが考えられる。

- (1) 入れた生ゴミが大きすぎたために、生ゴミの中の方まで発酵が進まなかったため。
- (2) 最初、水切りを行わなかったため、含水量が多すぎて堆肥化に関係する微生物が増殖しなかった。
- (3) 生ゴミの量自体が少なく、温度を保てなかったため堆肥化の初期に増殖する高温菌が増殖できなかった。

2 好気発酵

異臭を放つことなく、色も変色し分解が進んだように見えた。堆肥化の初期は堆肥温度が60～70°の高温を2週間程度保ち、高温菌が活動することがわかっている。しかし、今回の堆肥化の試みでは堆肥ⅠもⅡも一時的な温度の上昇は見られるが、高温の状態を保つことはなかった。従って、高温菌が十分に増殖して活動していない可能性がある。そこで、これらの堆肥中から菌を分離、増殖させ同定した。

3 微生物の同定

今回、55℃で培養した微生物はうまく増殖しなかったもので、30℃で培養、増殖したものの中から3種選んで同定を行った。それぞれ *Serratia marcescens*、*Pantoea agglomerans*、*Klebsiella pneumoniae* に近い種であることがわかったが、いずれの種も堆肥化には直接関係のない嫌気性の微生物である。今回、同定したのは一部の微生物に過ぎないので、堆肥化に関係する微生物が存在したかどうかはわからない。特に、55℃で培養した微生物の同定ができなかったもので、高温菌の存在についてもわからなかった。

そこで、堆肥Ⅰ、Ⅱ、Ⅲを用いて種子の発芽への影響や幼鞘や幼根の成長への影響を調べた。

4 堆肥の植物の影響について

(1) 種子の発芽率

今回、各堆肥とも抽出液に浸したろ紙にコマツナ種子 40 粒をまいて発芽数を測定したが、大学でもらった良質な堆肥は 3 日目にはすべての種子が発芽し、水と比較高い発芽率を示した。それらと比較して堆肥Ⅰは中間の発芽率を、堆肥Ⅱは水と同じ発芽率、堆肥Ⅲは水より低い発芽率を示した。

(2) 地上部、地下部の伸長速度について

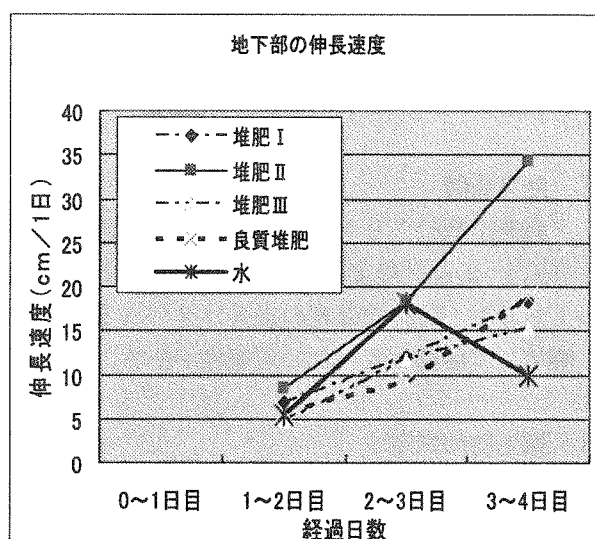
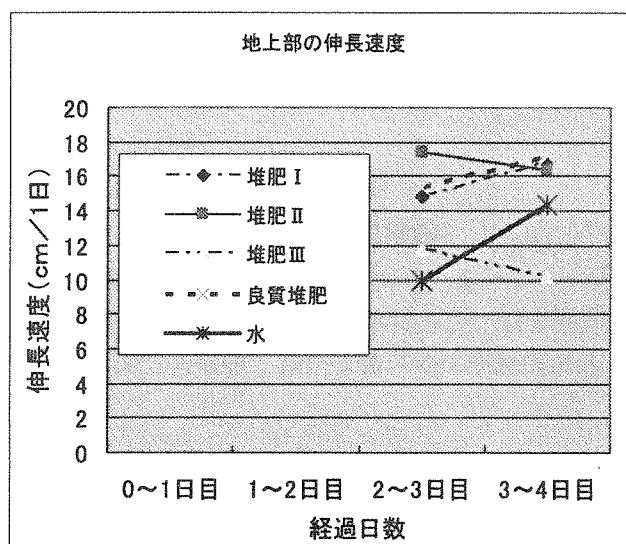
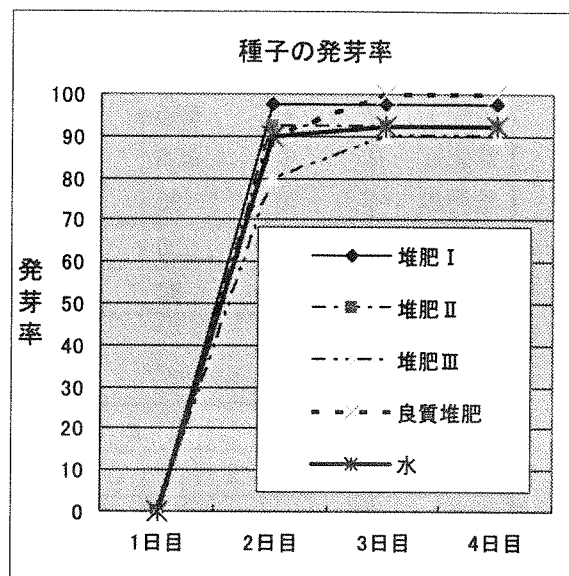
地上部や地下部の長さの測定した値を 1 日当たりの伸長速度にまとめると右のグラフのような。地上部の伸長速度の結果は、発芽率の結果同様、堆肥Ⅲは水より低い値を示した。他の堆肥については水より高い値を示した。

地下部の伸長速度については、堆肥Ⅲは他の堆肥との差は見られず、堆肥Ⅱが他の堆肥と比較して突出して高い値を示した。

(3) 堆肥の植物の影響について

水に対して良質な堆肥は発芽率は高いことから、発芽促進の効果が考えられる。従って堆肥Ⅰも水より高い値を示したことから、堆肥としてうまく発酵が進んだことが考えられる。逆に堆肥Ⅲは水より低い値を示したことから堆肥化がうまくいかなかったことが考えられる。つまり、発酵段階で発芽に影響するような分解産物が生じた可能性がある。

地上部の伸長速度についてもほぼ発芽率と同様の結果をえることができた。堆肥Ⅰ、Ⅱは堆肥としてまずまずのできでなかったかと考えられるが、堆肥Ⅲは堆肥としては発酵がうまく進まなかったと考えられる。但し、地下部の伸長速度について見ると、良質な堆肥や堆肥Ⅰとの差は見られなかった。堆肥Ⅱが地下部では突出した伸長速度を示したが原因はよくわからなかった。



V おわりに

嫌気・好気発酵の両方で、微生物が活動する最適な環境を作ることが出来なかった。その結果、好気発酵の堆肥の微生物同定で高温域の微生物の少なさが明らかになり、低温域から同定された微生物から、本来堆肥生成の過程で行われる高温状態での毒性微生物殺菌がなかった事がわかった。私たちの堆肥作りは失敗したかと思いましたが、種子の発芽率や地上部、地下部の伸長速度を測定してみると、大学が発酵させた良質な堆肥と同様に、比較対照のためにおこなった水よりも良い値を示した。好気発酵では高温状態を一定期間保つことができなかったのも、高温菌の働きは十分に得られなかったと考えられる。しかし、発芽率や伸長速度の結果から堆肥化がうまくいったと結論づけるとすると、堆肥化ではたらく高温菌と同様のはたらきをする高温菌でない微生物が働いていたことも考えられる。ただ、これだけの実験で有用な堆肥であったと結論づけることはできないかもしれない。

最初の嫌気発酵を試みたとき、その異臭に苦情がきたときは「このテーマを選んで失敗だった」などとも思っていたが、好気発酵がそれなりに上手くいったり、大学で実験をしたりしているうちに、「このテーマでよかった」と思うようになっていった。

全校に腐敗臭を漂わせたり、堆肥化に使った米ぬかから蛾が大量発生したりと周囲に沢山の迷惑をかけてしまったが、暖かく見守ってくださった先生方、生徒のみなさん、そして何より私たちの研究をご指導くださいました新潟薬科大学の高木正道教授、高久洋暁助手、新潟南高校の伊藤大助先生に感謝申し上げます。

VI 参考文献

微生物学キーノート Springer J. Nicklin・K. Graeme-Cook・T. Paget・R. Killington (高木正道、杉山純多、小野寺 節 訳)

堆肥の微生物学 日本獣医畜産大学 客員教授 扇元 敬司

好機発酵と嫌気発酵 <http://www.city.sapporo.jp/seiso/gomi/namagomi/iroha/hakkou.html>

西尾市環境課のページ・ぼかしの無料配布をおこなっています。

(<http://www.city.nishio.aichi.jp/kaforuda/16kankyou/gomigen/bokasi.html>)

パーティクルガンによる遺伝子導入実験 ～タマネギ細胞の細胞小器官を探る～

石本卓也

1. 実験目的

近年、遺伝子等の研究が進んでいる中、私は遺伝子導入実験に興味を持ち、パーティクルガン法を用いて細胞を生きたままで細胞小器官を可視化することが出来る遺伝子導入実験を行い研究することにした。また、今回の研究では、身近で入手しやすい植物であり、遺伝子導入が行いやすく顕微鏡観察も容易であるなどの長所を持つタマネギを主な実験材料として使用することにした。

まず、パーティクルガン法により、タマネギの表皮細胞に葉緑体（色素体（プラスチド））移行シグナル（WxTP）と蛍光タンパク質の融合遺伝子を撃ち込み色素体を可視化し、色素体が生きた細胞の中でどのように分布しているかを調べた。色素体には、葉緑体や白色体、有色体、アミロプロストなどがあり、様々な条件により互いに可逆的に分化するといわれている。また、同様にパーティクルガン法によりゴルジ体移行シグナル（SYP31、またST）と蛍光タンパク質の融合遺伝子を撃ち込み、ゴルジ体を可視化し、ゴルジ体が生きた細胞の中でどのように分布しているか調べた。さらに、色素体とゴルジ体を共に可視化し、2つの細胞小器官が互いに影響しあうかどうか実験を行った。

また、二年前の先輩方が行った光により鱗片葉の表側細胞中の白色体（色素体的一种）が葉緑体へ分化するという実験に興味を持ち、二年前の実験ではタマネギの鱗片葉を明所と暗所に分けて表側からしか光を当てなかった点に着目した。

（図1）今回はその実験の発展として、鱗片葉の裏側の細胞中の白色体（色素体の一部）も葉緑体に分化すると考え、鱗片葉の裏側からも光を当ててみた。（図4）

以上より、今回の課題研究の目的をまとめると、

実験1：遺伝子導入実験による細胞小器官の可視化

目的1：色素体とゴルジ体をそれぞれ可視化し、それぞれの細胞小器官の分布の様子を確認する。

目的2：色素体とゴルジ体を共に可視化し、色素体とゴルジ体が互いに影響しあうかどうか調べる。

実験2：光により鱗片葉裏側の細胞の色素体が葉緑体へ分化することを確認する実験

目的：タマネギの鱗片葉表側の細胞だけでなく、裏側の細胞も光により色素体が葉緑体に分化的ことを確認する。

また今回の実験では、タマネギの鱗片葉の表側と裏側、鱗片葉の外部・中部・内部は（図2、図3）のように定義する。

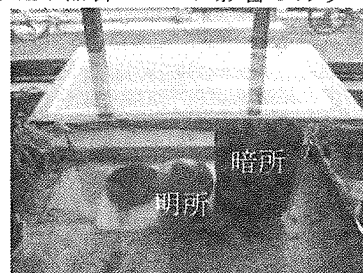


図1 明所と暗所（箱の中）

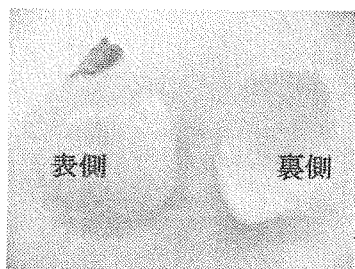


図2 鱗片葉の表裏について

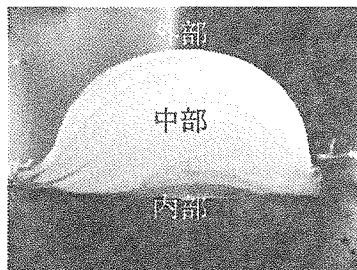


図3 鱗片葉の部位について



図4 鱗片葉裏側から光を当てる

2. 実験方法

(1) パーティクルガン法による色素体とゴルジ体の可視化実験

①材料・器具

- ・タマネギの鱗片葉裏側の表皮細胞
- ・カミソリ、ピンセット

・MS-2, 4D培地

Sucrose・・・3g MSマクロ (20×)・・・5ml MSマクロ (1000×)・・・0.1ml
 FeSO₄・EDTA (100×)・・・1ml MSビタミン (1000×)・・・0.1ml
 イノシトール・・・10mg

以上の試薬を混合し、pH6.0～6.1に調整 (KOH) し、100mlにする。

・金粒子溶液 (パーティクルガン 2 発分)

金粒子 (1.0μm)・・・20μl (0.18mg) プラスミドDNA ・・・4μg
 2.5M CaCl₂ ・・・20μg 0.1M スペルジミン・・・8μl

・パーティクルガン

②手順

タマネギ鱗片葉裏側の表皮細胞を、エタノールで殺菌したカミソリを使用して、約1.5～2.0cm四方大に切り分けて、ピンセットでうまく剥がして鱗片葉裏側から見て表側を上にして培地 (MS-2, 4D) に、乾燥を防ぐためや空気中の雑菌が入らないように並べた。(図5参照)そして、シャーレのふたを閉めた。その後、パーティクルガンに金粒子溶液をセットし終えたら、ふたを開けて固定して撃ち込んだ。そして、再びふたを閉めて保管した。その後、蛍光顕微鏡を用いて観察して、緑色に光っている色素体を探した。

③遺伝子導入による可視化について

葉緑体移行シグナル (WxTP) (またはゴルジ体移行シグナル (SYP31)) とオワンクラゲ由来の緑色蛍光タンパク質 (GFP) 遺伝子を融合したもの (プラスミド DNA) を金粒子にコーティングし、細胞の核に撃ち込むことで、葉緑体移行シグナル (またはゴルジ体移行シグナル) のはたらきにより、合成したタンパク質を葉緑体 (色素体) (またはゴルジ体) まで移行して、蛍光タンパク質により葉緑体 (色素体) (またはゴルジ体) が可視化できる。

④パーティクルガン (図6参照)

パーティクルガンは、金微粒子に遺伝子をコーティングして、ヘリウムガスをを用いてそれを組織細胞に直接撃ち込む装置である。発射された微粒子がランダムに細胞内に撃ち込まれ、その際に、運よく核に撃ち込まれたものが遺伝子導入されれば成功する。ただし、うまく打ち込まれる確率は、かなり低く約10000個中10個くらいである。

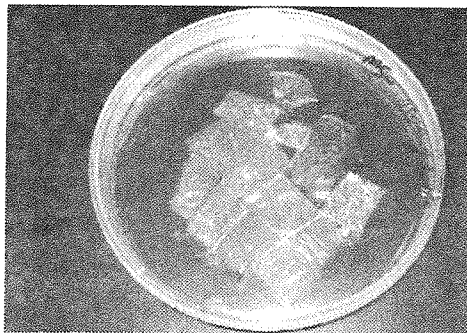


図5 培地 (MS-2、D) 上に並べた表皮細胞

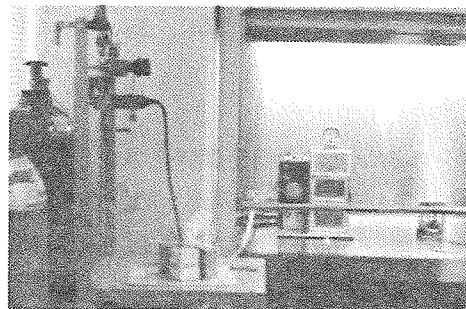


図6 パーティクルガン

(2) パーティクルガン法により色素体とゴルジ体を共に可視化させる実験

プラスチドマーカ (緑色蛍光) とゴルジ体マーカ (赤色蛍光) を用いて、アミラーゼ過剰発現細胞において色素体とゴルジ体を共に可視化した。

①材料・器具

2の(1)のパーティクルガン法による色素体とゴルジ体の可視化実験と同様に行った。ただし、プラスチドマーカとしては同様に緑色蛍光タンパク質を用いたが、ゴルジ体マーカとしては赤色蛍光タンパク質を用いた。

②手順

2の(1)のパーティクルガン法による色素体とゴルジ体の可視化実験と同様に行った。

(3) 鱗片葉の表側から光を当てて白色体から葉緑体への分化を調べる実験

①材料・器具

- ・タマネギ 2個（明所1個 暗所1個）
- ・箱（黒い紙で覆い、光を遮った）
- ・シリカゲル（湿気によるカビ対策）
- ・透明ケース（ふたをして外部からの空気の出入りがないようにした。）

②手順

タマネギを2個用意して、1個を黒い紙を貼った箱に入れて、閉めた（これを暗所とする）。また、シリカゲルと光を通す透明ケースの中に入れてタマネギの入った黒い紙を貼った箱と何もしていないタマネギを一緒にケースに入れてから、ケースにふたをして密閉する（図7）。その後、約1週間日光が当たり過ぎない場所に置いた。その後、(1)と同様に遺伝子導入をしてから蛍光顕微鏡を用いて色素体の分布を確認するとともに、肉眼や光学顕微鏡による観察や葉緑体の自家蛍光を観察することによって、鱗片葉に葉緑体が分化したかを調べた。

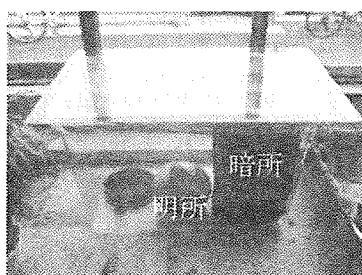


図7 明所と暗所（箱の中）



図8 鱗片葉裏側から光を当てる

(4) 鱗片葉の裏側から光を当てて白色体から葉緑体への分化を調べる実験

①材料・器具

(3)の①と同様。

②手順

タマネギを2個をそれぞれ縦に2等分して鱗片葉裏側から光が当たるようにし、3の②と同様に黒い紙を貼った箱に入れたものと、そのまま2等分したタマネギと一緒にシリカゲルが入った光を通す透明のケースの中にいれ、ふたをして密閉する（図8参照）。あとは、3の②と同様である。

3. 結果

(1) パーティクルガン法による色素体とゴルジ体の可視化実験の結果

遺伝子導入により色素体を可視化した細胞では、緑色の蛍光タンパク質により可視化した色素体が、細胞内部の外側にあまり動かず分布している様子が確認できた。（図9参照）また、遺伝子導入によりゴルジ体を可視化した細胞では、緑色の蛍光タンパク質により可視化したゴルジ体が、細胞内をよく動き細胞内部まで確認できた。（図10参照）

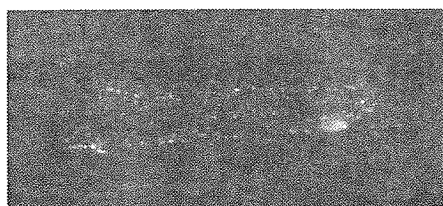


図9 可視化した色素体

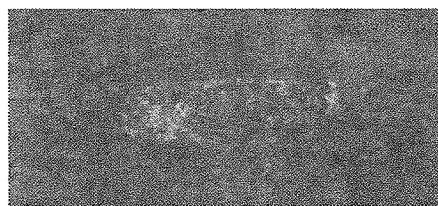


図10 可視化したゴルジ体

(2) パーティクルガン法により色素体とゴルジ体を共に可視化させる実験

プラスチドマーカ（緑色蛍光）とゴルジ体マーカ（赤色蛍光）をそれぞれ使用して細胞小器官を可視化する実

験の結果、遺伝子導入が成功して緑色に光る色素体と赤色に光るゴルジ体が確認できた。

プラスチドマーカ―（緑色蛍光）とゴルジ体マーカ―（赤色蛍光）を、アミラーゼ過剰発現細胞において共に発現させた結果、遺伝子導入が成功して緑色に光る色素体（図 11 左参照）と赤色に光るゴルジ体（図 11 中参照）が確認できた。また、同じ場所で撮影した写真、動画により、遺伝子導入が成功した色素体とゴルジ体間で接触が確認された。緑色と赤が極めて近接していて黄色くなっている部分が、アミラーゼが何らかの形で作用し、2つの細胞小器官間で接触が行われていることが確認できた。（図 11 右参照）。

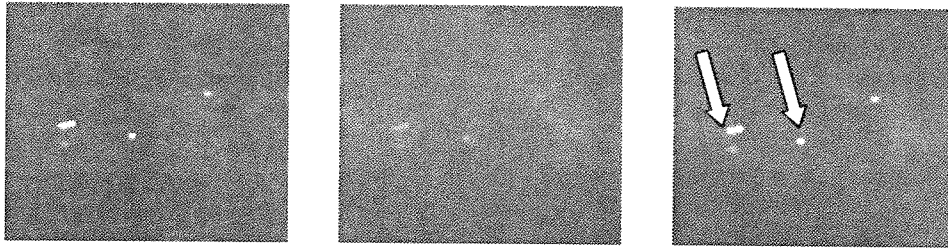


図 11 可視化した細胞小器官（左：色素体 中：ゴルジ体 右：色素体とゴルジ体を共に可視化）
（アミラーゼ過剰細胞で観察）

（3）鱗片葉の表側から光を当てて白色体から葉緑体への分化を調べる実験の結果

肉眼でも、明所と暗所共に外部の鱗片葉表側の部分が、全体的に緑化していることがわかった（図 12）が、鱗片葉裏側の細胞には緑化は見られなかった。また、明所においたタマネギの方が暗所のタマネギに比べ、鱗片葉の表側の細胞がより内部に進んでも緑化していることが観察できた（図 13）。

明所と暗所共に鱗片葉表側の細胞、明所の外部鱗片葉裏側（図 14）には、細胞が乾燥していたために遺伝子導入が出来なかったが、明所の中（図 16 左）と内部（図 16 右）の鱗片葉裏側細胞（図 12）と、暗所の外部（図 17 右）と中部（図 17 中）と内部（図 17 左）の鱗片葉裏側細胞（図 15）には遺伝子導入実験が可能であったので、色素体を可視化し、色素体の分布を確認することができた。これにより、タマネギの鱗片葉裏側の細胞の白色部には葉緑体はないが、白色体が存在していることがわかった。



図 12 緑化したタマネギ 明所（右） 暗所（左）

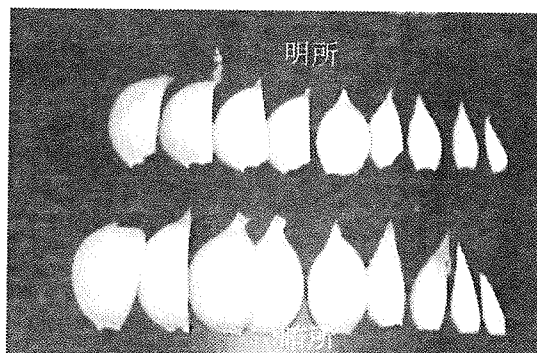


図 13 鱗片葉表側 上：明所 下：暗所

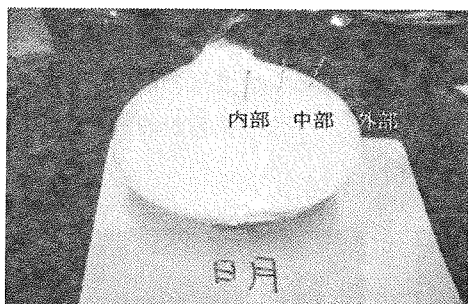


図 14 明所においたタマネギ 実験後断面図



図 15 暗所においたタマネギ 実験後断面図

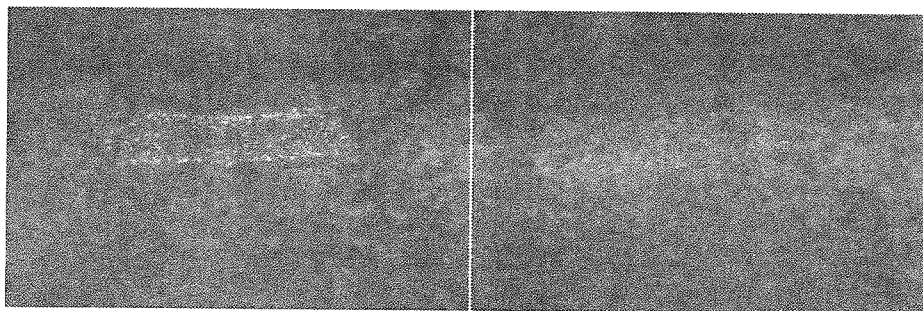


図 16 明所に置いたタマネギの鱗片葉裏側細胞 左：明所—中部 右：明所—内部

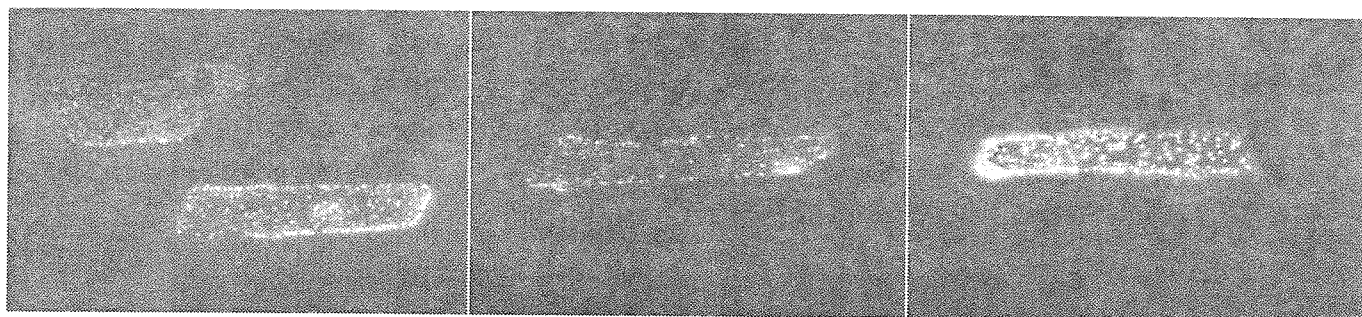


図 17 暗所に置いたタマネギの鱗片葉裏側細胞 左：内部 中：中部 右：外部

(4) 鱗片葉の裏側から光を当てて白色体から葉緑体への分化を調べる実験の結果

肉眼でも、明所と暗所共に白色体の部分が、全体的に緑化していることがわかった。しかし、タマネギを輪切りにすることで、タマネギの外部は鱗片葉の表側と裏側の両方の白色体・葉緑体が死滅し、カビが発生した。また、中部の表側にも死滅している細胞があり、あまり多くの葉緑体は確認できなかった。そこで、図18のように鱗片葉1枚をはがして、裏側から光を当ててみた。数日おくと、図19のように鱗片葉裏側の細胞に葉緑体が分化していることが、肉眼でも確認できた。またこの鱗片葉裏側細胞では、蛍光顕微鏡で葉緑体の自家蛍光も見られた(図20)ので葉緑体の存在が確認できた。

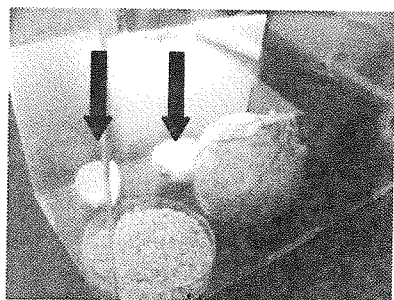


図 18 裏側から光を当てる

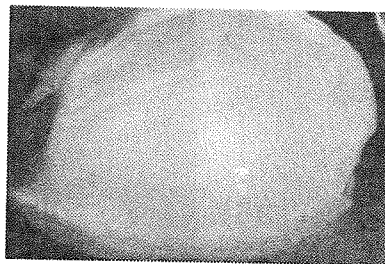


図 19 裏側から光を当てた鱗片葉の裏側

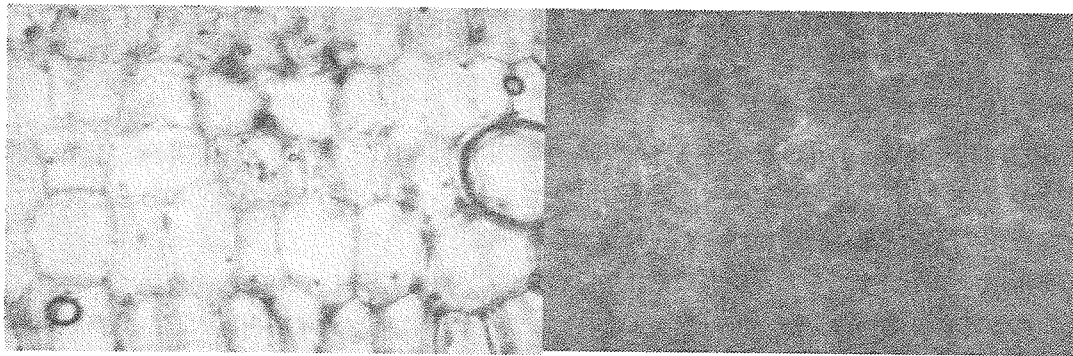


図 20A 光学顕微鏡観察

図 20B 蛍光顕微鏡観察

4. 考察

(1) パーティクルガン法による色素体とゴルジ体の可視化実験についての考察

リン片葉裏側の細胞では、色素体は細胞内であまり動かず細胞内の外側に多く分布し、ゴルジ体は細胞内をよく動き細胞内部まで分布していた。鱗片葉では、葉緑体のない部分においても、色素体は確認できる。つまり、色素体は可逆的に分化するが、実験で観察した細胞ではまだ葉緑体には分化していない色素体が存在していた。

(2) パーティクルガン法により色素体とゴルジ体を共に可視化させる実験

静止がでも動画でも色素体とゴルジ体が重なる部分があった。つまり、葉緑体とゴルジ体は細胞内で接触し、相互に関係して何らかの作用している。静止画では表現できないが、動画による観察から、アミラーゼが何らかのかたちで作用し、ゴルジ体の成分が色素体に移動しているのではないかと考えられる。

(3) 鱗片葉の表側から光を当てて白色体から葉緑体への分化を調べる実験についての考察

鱗片葉の表側から光を当てると、鱗片葉の表側の表皮細胞の色素体は葉緑体になることがわかった。しかしながら、明所、暗所に置いた両方の鱗片葉裏側からも色素体は確認できても、葉緑体は確認できないことから、裏側を緑化させるために鱗片葉の表側から明所に置いた以上の強さの光を当て続けるか、もしくはタマネギの鱗片葉裏側には最初から鱗片葉の表側からの光に対して反応性が劣るのではないかと考察する。

(4) 鱗片葉の裏側から光を当てて白色体から葉緑体への分化を調べる実験についての考察

タマネギを輪切りにした状態で数日置くと、鱗片葉の状態はあまり良好ではなかったが、鱗片葉裏側の細胞は裏側から光を継続して当てると、葉緑体に分化することが分かった。

5. 結論

葉緑体は細胞内であまり動かず細胞内の外側に多く分布し、ゴルジ体は細胞内をよく動き細胞内部まで分布する。また、葉緑体とゴルジ体は細胞内で接触し、相互に関係して作用している。

鱗片葉の表側の細胞は、光により色素体が葉緑体に分化しやすい。鱗片葉の裏側の細胞にも色素体が分布しており、鱗片葉裏側の細胞も裏側から光を継続して当てると、鱗片葉表側の細胞と同様に色素体が葉緑体に分化する。

6. 今後の課題

今後の課題としては、ゴルジ体と色素体の細胞小器官間の接触の有無を調べる実験において、アミラーゼまたは他の何らかの物質が媒体としてどのような作用をするのか、画像・写真などの視覚的なものではなく、実際に作用、変化している物質の正確な量を数値で表せるようにすることが最大の課題である。

7. 謝辞

今回の実験では、新潟大学農学部三ツ井教授、大学院生の北嶋さん、SSH担当の石本先生に指導協力していただきました。厚く御礼申し上げます。

8. 参考文献

- ・第一学習社出版、高等学校生物 I
- ・第一学習社出版、スクエア最新図説生物

花の秘密を探る～アサガオの花成ホルモンについて～

野村円香

1. 実験目的

私は以前から植物に興味があり、特に決まった季節や時間に花をつけるアサガオの花芽詳しく調べてみたいと思い、このテーマを選んだ。まず、アサガオは短日植物であるといわれているので、そのことを実験により確認し、なぜ夏に花芽が形成するか明暗周期により考察することにした。

次に、花芽形成には葉でつくられた花形成ホルモン(フロリゲン)が関係しているといわれているが、その存在を確認するため、さらに2つの実験を行った。1つ目は、アサガオにサツマイモを接木し、アサガオを短日処理することでサツマイモの花が咲かない明暗周期でも花芽を形成させる実験を行った。2つ目は、アサガオで短日処理した葉を一定時間後切り取り、花形成ホルモンの移動と花芽形成の関連をみる実験を行った。なお、本研究での主な実験と目的はまとめると次の通りである。

- (1) アサガオが短日植物であることの確認実験
- (2) アサガオにサツマイモを接木した個体での花芽形成実験
- (3) アサガオの短日処理した葉で合成されたフロリゲンの移動と芽の影響を調べる実験

2. 実験材料

- (1) アサガオ 学名 (*Pharbitis nil*) ヒルガオ科サツマイモ属

短日植物であり、暗期が限界暗期以上になると花芽の形成が促進される性質がある。限界暗期は1回の短日処理の場合約14時間、連続的に短日条件下で育てる場合8～9時間といわれている(図1)。

- (2) サツマイモ 学名 (*Ipomoea batatas*) ヒルガオ科サツマイモ属

花はピンク色でアサガオそっくりだが、本州ではあまり開花しない(九州や沖縄では開花する)(図2)。

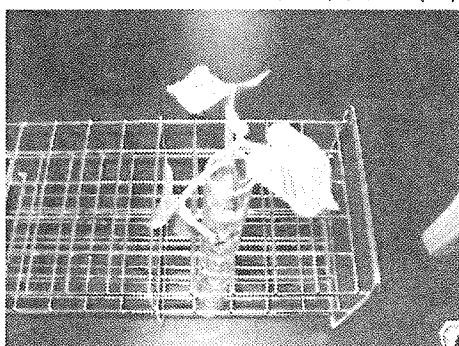


図1 アサガオ

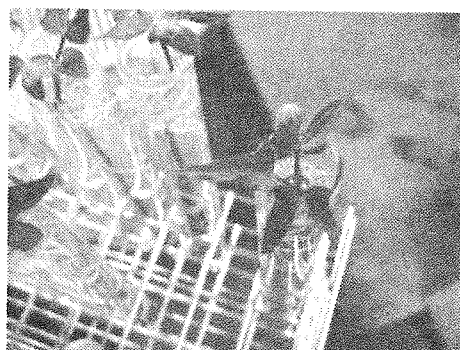


図2 サツマイモ

- (3) 実験器具

試験管 人工気象器 ペトリ皿 ろ紙 粉寒天 プラスチック容器 ガラス棒 段ボール箱
ピンセット かみそりの刃 ペーパータオル 接木チューブ ビーカー ビニール袋

- (4) 薬品

寒天 濃硫酸 ナカムラ培養液(組成は表1参照)

表1 ナカムラ培養液の組成

主要要素			
NH_4O_3	250mg/L	KNO_3	250mg/L
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	250mg/L		
リン酸1			
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	250mg/L		
リン酸2			
KH_2PO_4	250mg/L		
微量元素			
$\text{Fe}(\text{III})\text{-EDTA}$	6mg/L	H_3BO_3	2mg/L
$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1mg/L	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.2mg/L

3. アサガオが短日植物であることの確認実験の手順

(1) アサガオとサツマイモの育て方

- ① 種子を 40～50 分間濃硫酸に漬け、流水で 1 時間洗った後一晚吸水する。
- ② ペトリ皿に蒸留水で湿らせた濾紙を敷き種子を並べて発芽させる。
- ③ 発芽した種子を寒天培地に植える (図 3 左上・右上)。
- ④ 発芽した種子をナカムラ培養液が入った試験管に一本ずつ移し、25℃長日条件下の人工気象器内で育てる。
(図 3 左下参照)

(2) 短日処理

長日条件下で育てたアサガオを 20 時間ダンボール箱に入れ、その後再び長日条件下 (明期 16 時間・暗期 8 時間) で生育させた (図 3 右下参照)。

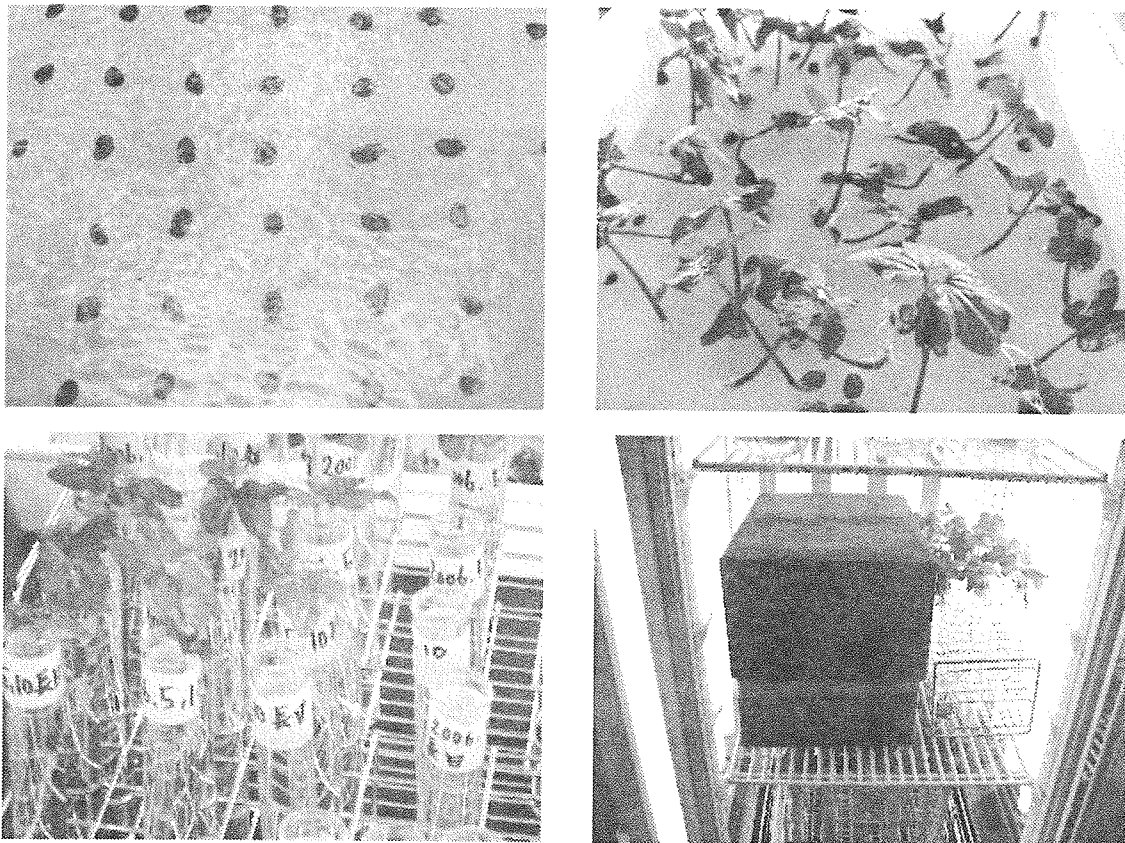


図 3 アサガオの培養の様子

左上：寒天に播種 右上：発芽したアサガオ 左下：培養液中のアサガオ
右下：短日条件 (左：ダンボール箱中) と長日条件 (右) のアサガオ

(3) 花芽形成実験

長日条件下で育てたアサガオと短日処理をしたアサガオを用意し一番下の本葉から茎頂までに順に番号をつけ、すべての本葉の付け根を観察し、花芽が形成されたか葉芽が形成されたかを記録した。葉芽は毛が長く、対称でない構造がたくさん重なっており (図 4 右参照)、花芽は全体的に丸くて毛が短く、外側に一對の構造、内側に丸くて大きな構造をもっているのが特徴である (図 4 左参照)。



図 4 アサガオの花芽 (左) と葉芽 (右)

4. アサガオにサツマイモを接木した個体での花芽形成実験の手順

3の(1)と同様にアサガオとサツマイモを育て、アサガオを台木にサツマイモの接木を行なった。その後、接木個体に短日処理を行い、花芽がどのように形成されるか確認を行った。

(1) 接木の方法

台木となるアサガオ芽生えの下胚軸に接木チューブをはめ、子葉から上の部分(幼芽部分)を切り取り、下胚軸を縦に、子葉葉柄基部から約1cm切り込みを入れ(図5右)、接着面を楔形に切った接ぎ穂となるサツマイモを差し込んでチューブを移動し固定した(図5左)。サツマイモの蒸散を抑えるため、サツマイモの葉はすべて切り取り、接木した個体は接木部分が接着するまでビニール袋にいった(図6)。25℃長日条件下で育てた。

接木4日目に、ビニール袋の上部を少し開いて外気を入れて馴化する。1日後、ビニール袋上部を全開する。さらに1日後、ビニール袋から植物を取り出す。台木子葉からシュートが発生しているときは、ピンセットを使って取り除く。



図5 接木作業の様子

右：アサガオの子葉の下にチューブをセット

左：サツマイモの接合部を楔形にカット

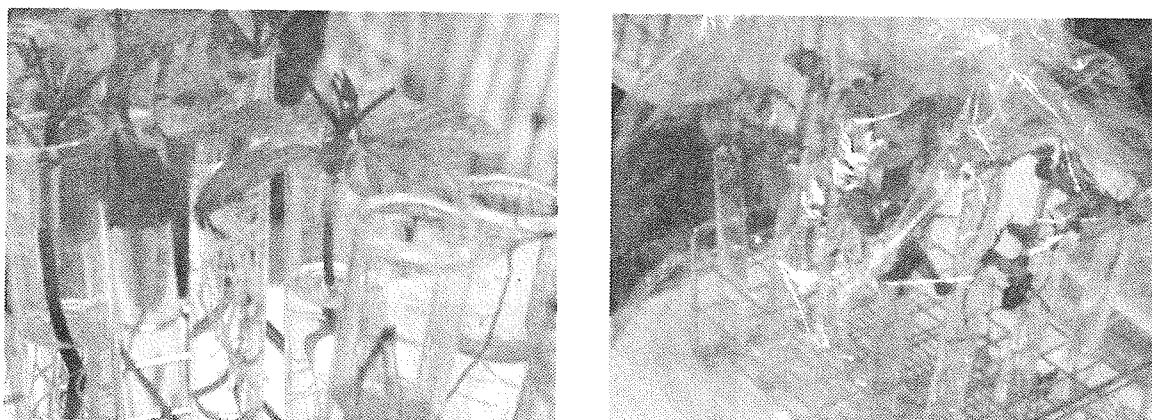


図6 接木作業直後の様子

右：接木直後 左：接木個体にビニール袋をかけた様子

(2) 接木個体の花芽形成実験

接木後18日間長日条件下で育て、接木の成功が確認できた個体について8日間短日処理し、短日処理から34日後に花芽検定を行った。接木から短日処理の条件は参考文献を参考にして行った。詳しい短日処理条件は次の通りである。10/25 接木を行なった。短日処理は次に示した。

1回目	11/13	16:10 ~ 11/14	8:10	2回目	11/14	16:10 ~ 11/15	8:10
3回目	11/15	16:10 ~ 11/16	8:10	4回目	11/16	16:20 ~ 11/17	8:10
5回目	11/17	16:10 ~ 11/20	8:10	6回目	11/20	16:10 ~ 11/21	8:25
7回目	11/21	16:10 ~ 11/22	8:10	8回目	11/22	16:10 ~ 11/24	12:00

(3) アサガオの短日処理した葉で合成されたフロリゲンの移動と芽の影響を調べる実験

アサガオを長日条件下で育て、第二葉（二番目の本葉）が十分展開した頃に第二葉とそのわき芽（腋芽または側芽）だけを残してほかの葉および芽を全部取り除く（図7左）。残した葉をアルミホイルで包み、16時間後に取り外して短日処理をする。これらのアサガオを①そのまま長日条件下で育てるもの、②アルミホイルを外した後すぐに葉を切り落とすもの、③アルミホイルを外してから2時間後に切り落とすもの、④アルミホイルを外してから4時間後に葉を切り落とすものに分け、花芽の形成率を調べた。



図7 フロリゲンの移動速度と芽の影響を見る実験 左：第二葉とそのわき芽
右：①葉を切り落とさずそのまま長日条件下で育てたもの

暗処理後葉を切り落とした個体（②：暗処理直後 ③：暗処理後2時間後 ④：暗処理4時間後）

5. 実験結果

(1) アサガオが短日植物であることの確認実験結果

長日条件下で育てたアサガオは全て花芽を形成しなかった（表1参照）。短日処理をしたアサガオは10本中9本が花芽を形成した（表2参照）。花成率は90%だった。このことからアサガオは暗期が限界暗期以上の長さになると花芽を形成する短日植物であることが確認できる。

表1 長日条件下においたアサガオ 花芽検定結果

アサガオ の個体 NO.	子葉から茎頂までの長さ(mm)	花芽検定した芽											葉芽 の数	花芽 の数
		(一番下の本葉から茎頂まで順に、本葉の付け根に番号をつけた)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	95	V	V	V	V	?	V	V					6	0
2	64	V	V	V	V	V	V	?	?	V			7	0
3	77	V	V	V	V	V	V	?					6	0
4	78	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	11	0
5	111	V	V	V	V	V	V	V	V				8	0
6	35	V	V	V	V	V							5	0
7	67	V	V	V	V	V	V	V	V				8	0
8	68	V	V	V	V	V	?	V					6	0
9	94	V	V	V	V	V	V	V	?	V			8	0

花成率 0% (V: 葉芽 F: 花芽 ? : 判定不能)

表2 1回短日処理したアサガオ 花芽検定結果

アサガオ の個体 NO.	子葉から茎頂 までの長さ (mm)	花芽検定した芽						葉芽 の数	花芽 の数
		(一番下の本葉から茎頂まで順に、本葉の付け根に番号をつけた)							
		1	2	3	4	5	6		
1	72	V	V	F	F	F	F	2	4
2	90	V	V	F	F	F	F	2	4
3	43	V	V	F	F	F	F	2	4
4	35	V	V	F	F	F	F	2	4
5	60	V	V	F	F	F	F	2	4
6	88	V	F	F	F	F		1	4
7	38	V	V	F	F	F		2	3
8	7	V						1	0
9	68	V	V	F	F	F	F	2	4
10	35	V	F	F	F	F	F	1	5

花成率 90% (V:葉芽 F:花芽 ?:判定不能)

(2) アサガオにサツマイモを接木した個体での花芽形成実験

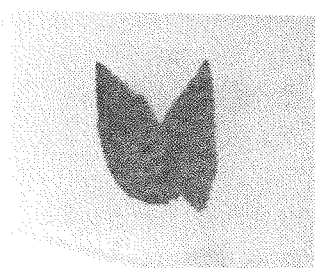
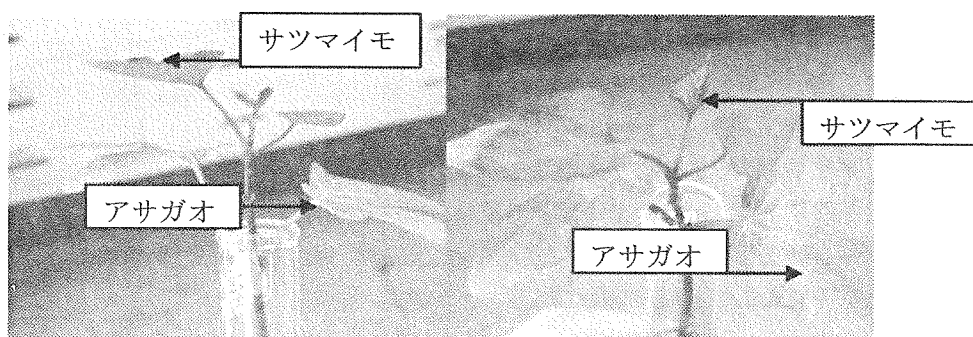
図8 接木個体に短日処理し
34日後のサツマイモの芽

図9 接木成功個体 (アサガオを台木にサツマイモを接木)

サツマイモの接木では1回目で14本中6本成功し、2回目で11本中3本成功したが、その内1回目では2本、2回目では2本、葉が小さく、成長が止まってしまったものがあった。3回目の接木実験では、接木に成功した個体は29本中1本であったが(図9)、その1本について短日処理を行い、花芽検定を行い接木したサツマイモに花芽がつくか確認を行った。接木個体は短日処理から34日後、サツマイモの芽について実体顕微鏡で観察したところ図8のように観察できたが、花芽か葉芽どうかは判断できなかった。

(3) アサガオの短日処理した葉で合成されたフロリゲンの移動と芽の影響を調べる実験

実験結果は以下に示す表の通りである。①～④は①そのまま育てたもの②ダンボール箱から出した後、すぐに葉を切り落としたもの、③2時間後に葉を切り落としたもの、④4時間後に切り落としたものである。(図7参照)

	花成率(%)	花芽数/個体
①	67	2.3
②	75	1.3
③	100	1.0
④	100	2.3

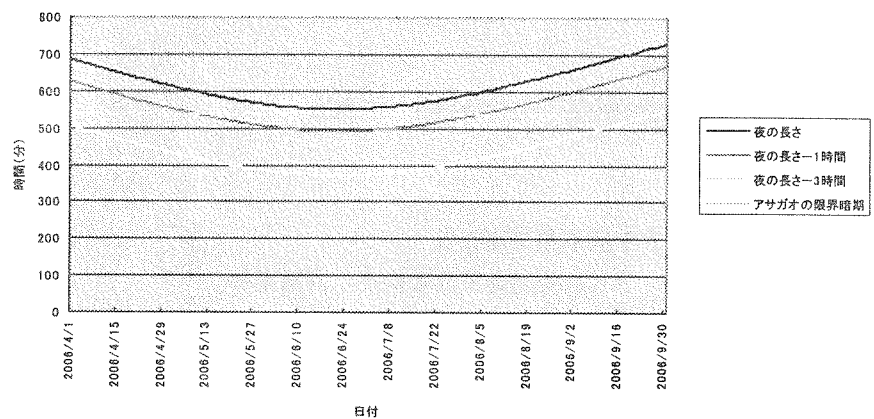
6. 考察

(1) アサガオが短日植物であることの確認実験

アサガオが夏に花をつけるのは夏至を過ぎてから日照時間がだんだん短くなり暗期が限界暗期以上になることで花芽の形成が誘導されたからだと考えられる。しかし、アサガオが生育する4月から9月の夜の長さを調べてみると、夏至を含むすべての日の夜の長さは9時間以上であり、十分に成長していればいつでも花芽をつけることになってしまう。これは、日の出・日の入りの時刻を「太陽の上辺が地平線（または水平線）に一致する時刻」と定義しており、日の出で言えば、太陽が地平線から顔を出し始めた瞬間、日の入りで言えば、太陽が地平線に沈みきって見えなくなった瞬間であるため、そのときの空は、少々薄暗くはあっても、屋外で明かりが必要なほど暗い状態ではなく、夜の長さよりも短く暗期を感じ取っているのではないかと考えられる。日の出前、日の入り後の30分程度は、「灯火なしで屋外の活動ができる」位の明るさであり、日の出・日の入り後1時間30分程度は、「空の明るさが星明かりより

明るい」目安であるとされている。アサガオの限界暗期を9時間とすると、もし日の出・日の入り後の30分を明期とみなしているなら、夜の長さが約10時間である8月上旬、日の出・日の入り後の1時間30分を明期とみなしているなら、夜の長さが約12時間である9月下旬に花芽誘導が行われると考えられるが、アサガオは7月や8月に花をつけるので日の出前・日の入り後の約30分を明期とみなしていると考えられる。

アサガオの限界暗期と夜の長さ



(2) アサガオにサツマイモを接木した個体での花芽形成実験

まず、この実験に入る前に、接木の技術習得のため、何度か接木実験を行ったが、接木が成功した個体はあまり多くなかった(図9)。接木の失敗の原因は茎の断面の接触が悪かったことや固定するときに植物が傷んでしまったこと、接木実験をしたときの温度が低かったことが考えられる。アサガオの葉で作られた花成ホルモンがサツマイモの花芽形成を誘導するかどうかはわからなかった。

(3) アサガオの短日処理した葉で合成されたフロリゲンの移動と芽の影響を調べる実験

葉で作られたフロリゲンが茎を通して腋芽に移動するので、図7の①④③②の順に高い花成率が得られるはずであるが、①の花成率が上がらなかったのは花成ホルモンが届く前に植物が枯れてしまったからだと考えられる。①と④の1個体当たりの花芽数は②、③に比べ高い値が得られ、花成ホルモンの影響と考えられる。②の花成率が低いのは花成ホルモンが腋芽に届く前に葉が切り取られたからだと考えられる。

7. 結論

アサガオが短日植物であることが確認できたが花成ホルモンの存在を確認することはできなかった。

8. 今後の課題

接木の成功率をあげ、接木個体での花芽形成実験データを増やしたい。また、実験材料の個体数を増やしてデータの正確さを高めたい。

9. 謝辞

新潟大学理学部生物学科の和田清俊教授、院生の和田さんおよび指導教諭の石本由夏先生ありがとうございました。

Ⅱ 第1回SSH運営指導委員会

日時 平成19年9月20日

場所 新潟県立新潟南高等学校

出席者 SSH運営指導委員：新潟大学農学部教授 三ツ井敏明氏、新潟大学工学部教授 加藤景三氏、新潟薬科大学薬学部教授 長友孝文氏、新潟薬科大学応用生命科学部教授 藤井智幸氏、県教育庁高等学校教育課副参事 加藤徹男氏、県立教育センター副参事 藤原昌晴氏、県立教育センター指導主事 長谷川雅一氏、学校長、教頭、事務長、SSH推進委員

1 学校長挨拶 新潟県立新潟南高等学校長 大竹静男

2 出席者紹介

3 委員長選出

新潟南高等学校長 大竹静男氏 を選出。

4 議事

(1) 平成18年度事業実施報告

報告 SSH推進委員会委員長 西脇正和

(2) 平成19年度事業計画及び実施状況

・全体計画、経過報告

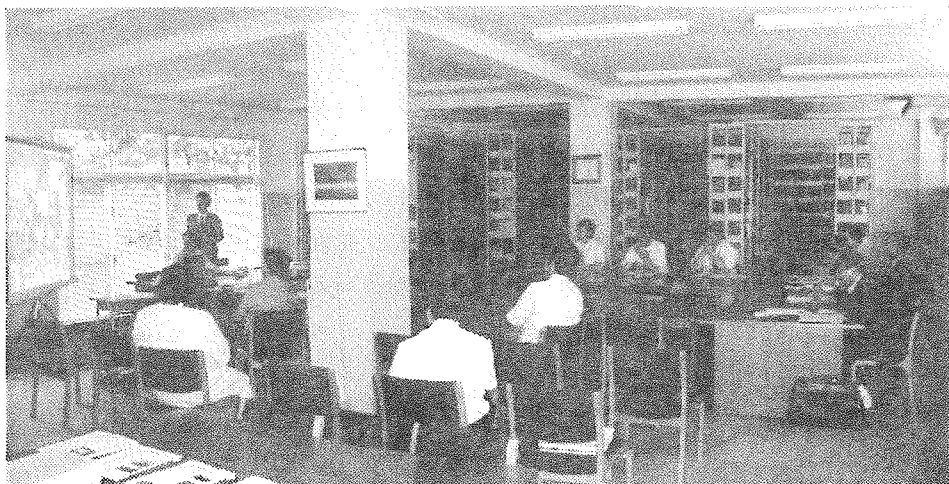
報告 SSH推進委員 西脇正和

・理数コースの現状および海外研修旅行

報告 SSH推進委員 高橋義之

・高大連携物理講座

報告 SSH推進委員 梅田智子



(3) 質疑応答

- ・課題研究は前の2年間と変えているか。→SSHが15年に始まり、次の年の2年生から始まる。2年目、3年目、昨年と3年間続いた。今年の2年生は実施していない。
- ・高大連携理科講座は、どういう位置づけで実施していくのか。他の高校生も入っているが意義はあるか。また他の科でもできるのか。→物理で話が進んだので試行的に実施した。他の科目でも話があれば実施を検討する。他校は現在3校入ってきているが、SSHの事業として本校だけでとどまらず、県内の高校にもメリットがあればその方がいい。高高連携の一つの取り組みと捉えていただければよい。
- ・高校と大学の内容では生物に一番差がある。摺り合わせを慎重にしなければならない。単なる動機付けならばいいが、大学での単位となると内容的にストレスが生じる。→学校設定科目となれば高校での単位は取れるが、これもまだできていない。大学との交流を続けたい。単位互換があれば高大連携が続けやすい。単位互換は難しいといわれる。
- ・農学部ではダブルブッキングが問題。→卒業までは高校の単位。卒業したら大学の単位と考えているが、単位となると、むずかしい。
- ・理数コースの取り組みはユニーク。理数コースを増やす（理系を含めて）こともいいのでは。→理数コースに特化して行きたい。
- ・SSHクラス以外にいい影響があったか。→1年でのSSIは全員に行った。そのときの研修が進路研究などの場面などでいい影響になっていると考えている。
- ・SSHをやっていて大学の評価委員からも褒められた。是非今後も続けていって欲しい。

(4) 海外研修旅行報告

説明 新潟南高等学校長 大竹静男

(5) 御指導・御助言

- ・アメリカ研修のインパクトは強いが続けるのが大変。何かこれだという成果が出せるといい。
- ・アメリカ研修に1年生で行くのはいい。修学旅行などやめてしまつて、国内も含めてこういった旅行にしていまえばいい。
- ・次年度も新規で是非申請して欲しい。
- ・海外旅行は高校生にとってとてもインパクトのある経験。行く前と行った後との変化を知りたい。世界の一部分が身近にあることに気づいて欲しい。課題研究の各テーマが世界的な視点につながるという。海外の研修と課題研究のバランスが大切。ただ珍しいところに行っただけで終わって欲しくない。
- ・全国指導主事会議で他県の様子を聞いてきた。発表の場をどうするか。工夫が必要。発表したことの意義付けがある。何かあるたびに発表の機会があるといい。
- ・科学技術の発展に貢献できる人材育成、カリキュラム開発が目標。理数コースということで機動性もある。今後、先生方に負担がかからないよう体系化していくといいのでは。理科教育のスタンダードになるといい。
- ・長岡高校は3年の間で大学との関係ができあがった。やめる中でも長岡技大のバックアップが見えたからだ。1年の見学、2年の課題研究、3年の発表会で支援してもらっている。
- ・アメリカ研修はいい。現地の高校生同士でつながりができるといい。卒業生に聞くと課題研究が印象に残っているという。課題研究ができるといい。英語で発表したりするといいのではないかな。

5 閉会の挨拶

県教育庁高等学校教育課副参事 加藤徹男 様

**新大教授が出張
高校生「面白い」**
新潟南で物理の授業
文部科学省指定の「スーパーサイエンスハイスクール」(SSH)の一つ、新潟南高校(新潟市中央区)に26日、新潟大学の教授2人が出張し、物理の授業をした。写真。



SSHは、理科や数学教育に重点を置いて取り組む事業。この日の「出張授業」もその一環で、同校や新潟西高、新潟商高の生徒13人のほか、他校の理科教師も含む計30人以上が参加した。冬まで15回、同大での実験も交えながら、教授陣による物理の授業を続ける予定だ。
星の明るさや音の大きさの数式などを教わった新潟西高2年の朝妻涼さん(16)は「クイズ形式などで面白く学べた。高校での勉強が大学で役立つことが分かった」と話した。

平成19年5月27日 朝日新聞



新大教授が高校生に講義した物理講座Ⅱ26日、新潟市中央区の新潟南高

**物理の楽しさ
新大教授指南**
高校生向け
講座始まる
新潟大学の教授が高校生に物理学の講義をする連続講座が、16日、新潟市中央区の新潟南高校で始まった。講座は理科離れを防ぐ目的で物理を分かりやすく解説する内容。生徒たちは実験を行いながら解説する大学教授の話に真剣に耳を傾ける物体の重さと落ちる速

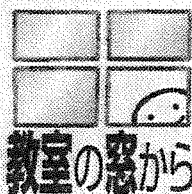
王紋

た。
文部科学省のスーパーサイエンスハイスクールの指定を受けている同校が、同事業の一環として新大に協力を依頼。十一月まで毎月一回、同校や新大を会場に開催する。同校の生徒以外にも参加を呼び掛け、同日は、同校のほか市内の二つの高校から計十三人の生徒が参加した。
一回目は同人理学部物理学科の松尾正之教授が「物理学とは何なつか」と題して、全体の導入に当たって、全体の導入に当たり、松尾教授は、多くの物理法則を導出したガリレイ・ガリレイが、落下する物体の重さと落ちる速

平成19年5月29日 新潟日報

頭を刺激×優秀生徒確保

新潟南高で大学教授の授業



教室の窓から

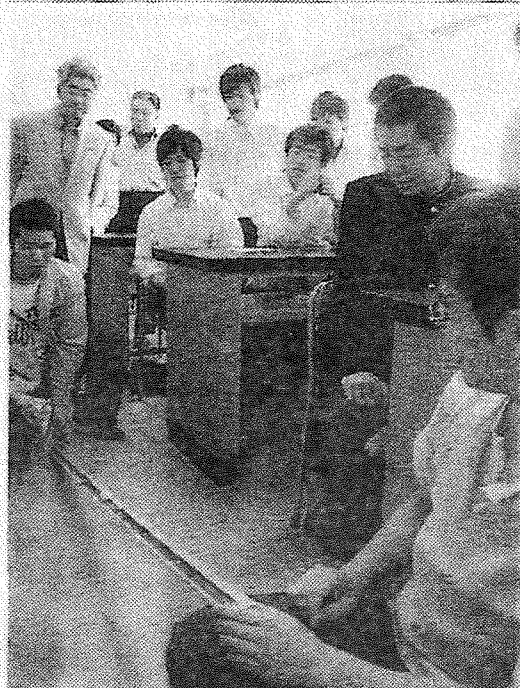
「ニュートンとアインシュタイン。この2人が物理学の世界では一番偉いんです」
新潟南高の物理地学教室に26日、新潟大理学部(新潟県長岡市)の松尾正之教授(47)が物理学科長としての声で響いた。13人の生徒がスクリーンに映し出された偉人の顔を横目に聴き入った。「この中にいる人が10年、20年後に、もっと偉くなれるかもしれないが」。教室が笑いに包まれた。

新大進学で単位も検討

県立高校で大学教授の授業が受けられる――。文部科学省の「スーパーサイエンスハイスクール」(SSH)に指定されている新潟南高(大竹静男校長、生徒1084人)が、新潟大と連携して物理講座を始めた。卒業後に同大に進学すれば単位認定することを検討中という。個性派の教授陣による講義を刺激にしたい高校側と、少子化による「大学全入時代」を前に選ばれた学校を目指すという大学の思惑が一致した試みだ。

(豊岡亮)

「理科や数学に重点を置いた特色のある教育をするSSH。この日からスタートした講座では、ノーベル賞受賞者ら著名人を紹介したり、星の明るさや音の大きさが数式で表せると示したり。面白い物理の値引きによる気持ちは変化をグラフ化するなど、興味を持ちやすい題材について2時間の授業をした。」



ボールを使った実験には、生徒たちも興味津々だった＝新潟市中央区で

今後、大学での実験も交えて計16回の授業を行う予定だ。同校の理科教師らのネットワークを使って、他校の生徒にも門戸を開いている。初日は新潟西高、新潟商高の生徒たちが加わった。新潟西高2年の朝妻涼さん(16)は「物理の数式で『金銭感覚』が出てくるなんて、勉強していいね、いすれこまて応用できるんだなって」。新潟南高2年の榎浦純矢さん(16)も「話が横道にそ

れて、高校の授業のような受験勉強とは違うなと思った」と、普段と違う授業に興味を持った様子だった。協力する新潟大としては、高校生の「理科離れ」が進む中で実用的な学問の世界を教えることで、物理学に興味をもってもらいたい狙いがある。松尾教授は「予想外に感動がよかった。今回の講座は、単位認定が現実的に可能かどうかの試行という意味合いもあります」。優秀な学生を確保することにつながれたら、と話す。大学教授による授業について、新潟西高の長瀧陽子教諭(40)は「単位が認められるのであれば、将来にわたり物理への興味を継続させられるメリットがある」とみる。新潟南高の大竹校長は「高校の窓から物理学の世界をのぞけるなんて、大学には感謝したい」と、今後の効果を期待していた。

平成19年5月31日 朝日新聞

SSHだより

第1号
H19.5.15.
SSH委員会発行

継続SSH2年目 (SSH5年目) スタート

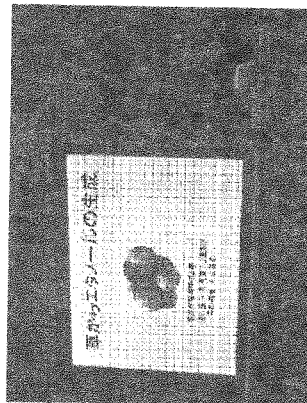
継続2年目、5年間の最終年度の SSH がスタートしました。今年度の SSH は、①学校設定科目「SSⅡ 課題研究発表会の実施」、②1年生理数コース希望者対象の海外研修、③理数コース教育内容の充実、④新潟大学理学部との大学連携研究講座、⑤授業や実験の充実、⑥SSH活動の活性化、⑦SSH講演会、⑧生徒交流会(長岡高校課題研究発表会参加)、⑨新規 SSH 企画、⑩先進校視察、⑪卒業生進路調査が予定されています。新規 SSH へ向けての計画立案も視野に入っており、これまでの SSH 事業の今後への活かし方や大学との連携のあり方を検討します。また、これまで同様「SSHだより」を発行し、関心した SSH を目指したいと思います。第1号の発行が滞りしてしまいましたが、4月に実施された課題研究発表会の内容と1年生理数コースが参加した長岡高校理数科課題研究発表会の様子をお伝えします。

平成18年度 SSⅡ課題研究の発表会を開催

平成18年度に1年間かけて行いましたSSⅡ課題研究の発表会を4月22日(日)に新潟ユニオンプラザで開催しました。当日は、保護者の方をはじめ多くの方々に参加していただき、生徒たちは緊張の面持ちの中でも堂々とした態度で発表することができました。また、今年度より新設された理数コースの生徒たちも参加し、先輩の発表を聞き自分たちのこれからの理数や研究に大いに思いを馳せたことと思います。今回、3番目に発表されたアセチレンロケットの研究は、昨年度、読売科学賞において最優秀賞を受賞しました。そして、今年の夏に理数コースの1年生がこの研究を引き継いで、アメリカのNASAで実験に取り組む予定です。

＜発表演題と発表者＞

- ①「草からエタノールの生成」
金田 廣、小杉 勇貴、十時 駿太、平松 祐哉、丸山 凌也
- ②「立体視による視力回復の検証、原因解明」
須藤 法子、宮井 克弥
- ③「ヒアノ線消非型アセチレンロケットを深く飛ばす研究」
高 希哲、鈴木 朝日、中野 太賀、渡辺 将義
- ④「アスピリンと他の薬物との薬理作用の比較」
鎌倉 愛、小林 友紀、相馬 草之、前治 志保、村山 由佳、山内希那美
- ⑤「気体ロケットの運動解析」
石橋 匠、内山 駿、川瀬 大樹、佐藤 友哉
- ⑥「スターリングエンジンの作成と出力測定」
伊藤 隼、高野 慎治



⑦「アリの触角と嗅覚について」

斎藤恵里奈、佐々木 愛、高橋 りほ

⑧「円周率πに見る数学の統一性」

鶴田 曉也、本間 彰子、三浦 喬

⑨「ハーデガールによる遺伝子導入実験
～タマネギ細胞の細胞小器官を探る～」

石本 卓也

⑩「RC空とぶトラえもん」の飛行原理」

久保 晴樹、渡邊 楓弘、渡邊 政史

⑪「生ゴミの堆肥化とそのしくみ」

小野澤航介、小林 義寿、白井福寿

⑫「ダンゴマンの交響性転回反応の検証」

竹之内 翼、本間 大智

⑬「花の秘密を探る」

～アサガオの花成ホルモンについて～

野村 円香

理数コース1年生 長岡高校 課題研究発表会に参加する！

4月21日土曜日、理数コースの40名の生徒がバスで、会場の長岡技術科学大学へ向かいました。会場は長岡高校の1年生の理数科2クラスを含む、少し緊張した様子で、会場のホールに案内されました。係者で360人収容のホールにはほぼ満員でした。その中でおよそ、4時間の間、16の研究テーマについて



理数コースの1年生は今年までの SSH クラスとはだいぶ雰囲気が違うような気がします。そのワイルドさに期待したいと考えています。



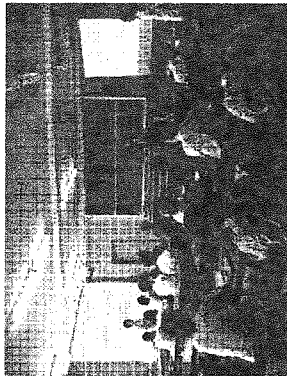
第2号
H19.5.31.
SSH委員会発行

昨年まで新潟大学と検討を重ねてきた、高校大学連携物理講座第1-2回講座が5月26日(上)に本校を会場にして開催されました。参加者は本校2年生(希望者)4名、新潟西高校2年生4名、新潟商業高校3年生5名の計13名。その他、本校教員、中学校理科担当の先生方18名と多数の参加をいただいて、盛大な開催となりました。ご協力いただいた先生方、ありがとうございます。

当日は、新潟大学松尾物理学科長、および本校学校校長の挨拶による開講式の後、次の内容で第1回、第2回の講座が開かれました。

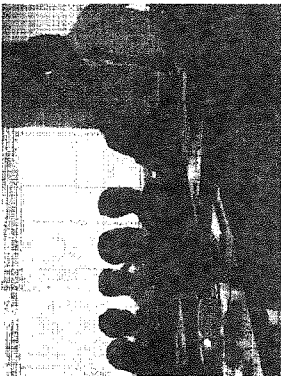
アリストテレス、ガリレオ・ガリレイ、ニュートンからアイゼンシュタイン、キューリー夫人、レントゲン、湯川博士、朝永博士まで、様々なエピソードを織り交ぜながら、写真等を使ってクイズ形式で話を進めました。斜面を転がる車の運動がガリレイがどのようなように調べていったかを復習する等、人々がいつかに物理学を作り上げてきたかを人物に焦点を当ててわかりやすく解説いただきました。

また、大学生が各グループにつきクイズのアドバイスをする等、大半年と交流する大変貴重な機会にもなりました。

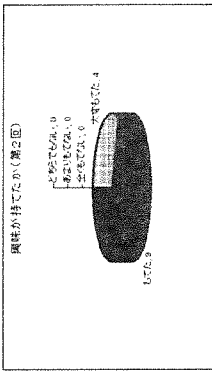
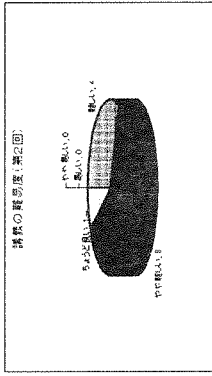
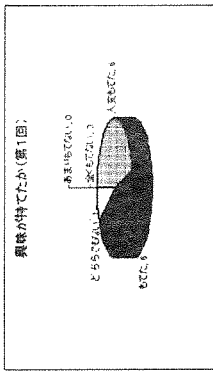
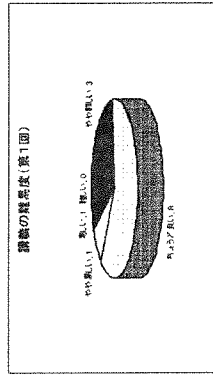


事象は数学的に表現することで的確に伝えられるということから、数学を学ぶことが物理にとっても大切であるということからお話を始めました。ゼノンのパラドックスを例に言葉で考えることの危険性を示し、実例を出して標算することの有効性等についても紹介いただきました。

また、我々の感覚強度は刺激強度の対数に比例するといいうウェーバー・フェヒナー則を、金銭感覚を例として丁寧に解説いただきました。



終了後の高校教員と講師との意見交換会では、「生徒達は意外と楽しそうにしていた。参加して良かった。」「講座の休憩時間に、何を勉強すればいいんですか等と人学生に質問する場面があつた。学習以外でも効果があったと思われる。」「語はおもしろかったが生徒には少し難しかったのではないかな。」「毎回修了証のようなのを出せないうか。やつたことが形として残っているのでは。」等の意見が出ていました。今後になかえより検討していきます。



上の結果から、講義の内容はやや難しい面もあったようですが、しかし、講義を受けて、その内容について興味がある生徒がほとんどでした。また、今後の講義に参加したいという意向が、残り3名の3名が「内容によっては参加したい」という結果で好評でした。今後の講座の充実に努力したいと思います。

当日は朝日新聞社、新潟日報社からの取材があり、5月28日付朝刊(朝日新聞)、5月29日付朝刊(新潟日報)に掲載されました。

- 6/16 (土) 高校会場 (3) 「放射線と現代医療」 (大坪)
- (4) 「クオークとは何か」 (小池)
- 7/ 7 (土) 大学会場 (5) 「断続によるニュートン物理 1」 (益子)
- (6) 「断続によるニュートン物理 2」 (益子)
- (日程未定) 2 日間 5 回、大学会場

- 「-200°Cの世界」(根本), 「原子のレントゲン撮影」(土屋)
- 11/17 (土) 高校会場 (ただし「湯川・朝永展」が自然科学館で開催されているので、可能であるならば自然科学館で行う可能性もある)
- (1 3) (1 4) 「湯川・朝永と日本の物理学」(中野、大原)
- 12/15 (土) 大学会場 (1 5) 「高エネルギー物理学について」(宮田)
- (1 6) 「パイオニアの青色の振動数分解」(中野)



SSHだより

第3号
H19.9.4.
SSH委員会発行

夏期休校中のイベント (パート1)

夏休み中に各担当者にいろいろなSSH関連の事業が実施されました。今号はその前半をご報告します。

生物部 & 1年希望者 台阿賀の尾瀬研修

SSH指定を受けてから、科学系部活動の活性化とし、尾瀬成された生物同好会は今年度4月より生物部に昇格し、尾瀬研修も3年目を迎えました。初めての尾瀬研修では、たった3人の参加者でしたが、今年は参加者が15名に増え、8月11日と2日で沼山峠から尾瀬沼、尾瀬が原を通り鳩待峠まで、約25kmを歩きました。そのうち約20kmは2日目の移動となり、かなりバツア味の参加者もいたようですが、約25kmを歩きました充実感を感じ、尾瀬の自然に魅惑された研修でした。

行程

1日目 (8月17日 (金))
南高校出発 (8:00) → (貸切バス・会津坂下経由) → 御池着 (12:15) 昼食 宿 (13:00) → (路線バスで移動) → 沼山峠着 (13:20) 沼山峠着 (13:30) → (徒歩) → 尾瀬沼着 (14:30) → (ピジターセンター見学・周辺散策) → 宿着 (15:20)

19:00 ピジターセンターにてスライド上映

20:00 就寝

21:00 就寝

*夕方から雨のため、満天の星が望まれましたが、特別に宿の方のご好意でお手製プラネタリウムを見せていただきました。宿の離れにてひっそりとした真っ暗闇の中で、星の物語を楽しみました。

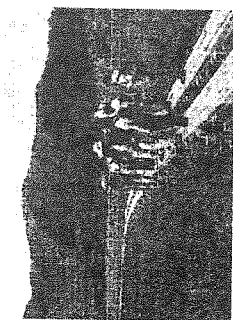
2日目 (8月18日 (土))

宿発 (7:15) → (尾瀬沼南岸経由) → 沼山峠着 (8:40) 宿 (9

発 (12:30) → (尾瀬ヶ原・竜宮・牛首) → 山鼻着 (14:30) 宿 (15:15)

発 (15:35) → (貸切バス・沼山峠経由) → 南高校着 (19:00)

*2日目は現地ガイド金子さんにより道案内、植物観察、尾瀬の自然 (高層湿原) について講義してもらいながら散策しました。2日目の午前中は残念ながら雨続きで、木道が滑ったり、雨で濡れるので気がめいったりもしましたが、尾瀬が原にて広い湿原が見渡せる頃、ようやく雨もあがり、晴れた空の下で至仏山を臨みながら尾瀬の自然を楽しむことができました。



3年代表 生徒研究発表会「SSH」参加報告

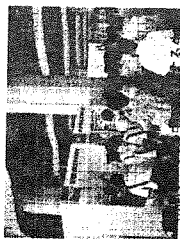
日程：8月2日(木)～8月3日(金)

参加者：数学グループ 鶴田隆也、本間彰子、三浦直

全体会での講演は、国立科学博物館の窪寺恒己先生の「深海に潜む巨大イカ類を巡って」でした。ダイオウイカがクジラの餌となっていて、その生態については未知の部分が多く、姿を写真に収めるのさえ困難なのだそうです。そのイカを生きた状態で捕獲することに成功するまでの調査・研究について、困難を克服していく様子など、具体的に興味深い話を伺うことができました。

各分科会では、平成17年度指定各校の代表グループが、説明15分・質疑応答10分の持ち時間で発表を行いました。どの高校の発表に対して会場の高校生から多くの質問が出て、活気に満ちていました。

本校の3人は、課題研究で扱った「円周率π」についてのポスターセッションを行いました。参加した84校の各ブースでは該当校の生徒が説明を行い、それに対してかなりレベルの高い質問が飛び交っていました。我が校のブース前にも説明を待つ人の列ができ、3人の生徒は質問者1人1人に対して丁寧な説明をしていました。質問者の中には、テイラー展開やarctanなどに関する知識をアツクにもっている高校生もいたように、他校生のレベルの高さに刺激を受けていました。また、ポスターに掲載した事例に対する詳細な証明の質問する人が多く、3人は説明を通して円周率についての知識をさらに深めていたようです。



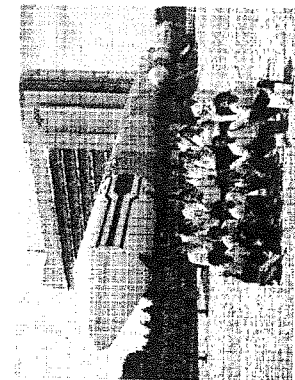
パソコンで説明する生徒

2年希望者 つくば研究学園都市研修旅行



8月1日(水)～3日(金)の3日間におたり、2年生希望者を対象としたつくば研究学園都市研修旅行が実施されました。参加者は16名。1日目に農業生物資源研究所、2日目は筑波大学 (大学説明会)、3日目は高エネルギー加速器研究機構と筑波大学センターを訪問・見学してきました。

農業生物資源研究所ではジーンバンクの見学やDNA抽出実験を体験し、筑波大学の大学説明会では、それぞれの進路にあわせて学類を選択し、説明や模擬授業を受けました。高エネルギー加速器研究機構では最新の測定器 Belle 測定器や放射光実験棟「きぼう」を見学し、筑波大学センターでは宇宙ステーション実験棟「きぼう」等を見ました。最新の研究内容の紹介や実験等の体験的な活動を通して学ぶことができ、アンケートからも進路への影響が少なからずあり、科学に対する興味を喚起する上でも大変貴重な経験であったようです。





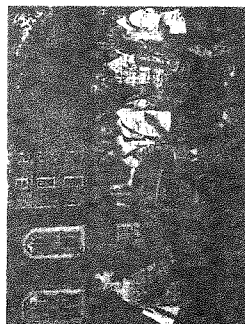
南高SSHだより

第4号
H199.12
SSH委員会発行

理数コースアメリカ合衆国研修旅行

夏休みの後半 8月20日から理数コースの生徒 42名がアメリカ研修旅行に行ってきました。ハードスケジュールのなか、英語での講演や演習に緊張の連続でしたが、日頃の生活では経験できないスーパーな経験を出来たことと思います。ここでそのいくつかを報告します。

- ハーバード大学で学生にインタビュ

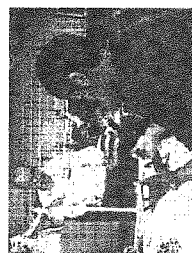
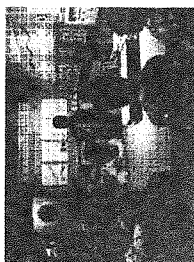


ハーバード大学では日本人留学生の方を中心に大学の主要な施設や学生生活の分野のエピソードなどを紹介して頂きました。ハーバードの学生が試験に追いまくられ、試験の結果で奨学金の額（生活費などを含む）が決定されるというエピソード等はととても興味深かったです。その他イラク戦争への日本の現在の関与やアメリカのごみを分別しない状況などについて、意見交換をする場面も見られました。また「日本の学生はdisadvantageを無くそうと勉強するが、アメリカの学生はadvantageを伸ばそうとする。1つでも良いから何かに飛びぬければよい」という話に生徒は新鮮な驚きを覚えたようでした。このあと3-4人のグループに別れ、学内にいる知らない学生へのインタビュアーズを行いました。国籍もいろいろな全く初対面の学生に何とか英語で質問が、そのうち、コミュニケーションをとることができ、とてもわかりやすくて学ができました。最初は緊張の連続でしたが、そのうち、コミュニケーションをとることが楽しくてしこうがないという気持ちになってきたことに生徒自身気づきました。

- MITでレゴブロックを用いたDNAからタンパク質がつけられる過程の復習授業
- 新潟南高校でも、生物の授業の一部で学ぶ、“転写”と“翻訳”について、細胞に見立てた教室の中で、専用のレゴブロックを用いて学びました。教科書で学ぶには困難なしくみも、ブロックを用いて学ぶことで、とてもわかりやすくて学ができました。新潟南高校でもこのレゴブロックを購入したいなあと思っていました。

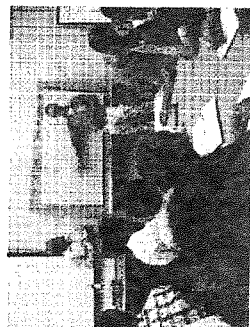
- MITで太陽電池について学ぶ工作教室

太陽電池と光源の関係、太陽電池を直列につなぐことで発電量が倍増するなどについて、実際に太陽電池を用いた実験をすることができました。英語のみの講義と説明でしたが、ゆっくりお話をいただき何とか理解することが出来ました。その後、太陽電池を用いた23人のグループに分かれて工作を行いました。ドラえもん“たけこプター”をつくったグループの作品は、その後のアメリカの学生の団体にも紹介され、製作した生徒が拍手を受ける場面もありました。



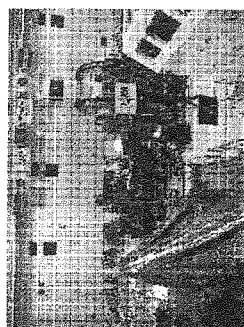
- ケネディスペースセンター(KSC)での講演

今の3年9組の生徒が取り組んだアセチレンペットボトルロケットの研究をスペースセンターの方に事前にご紹介頂きました。その上で、翼を取り付け、安定性を増すためにはどうすればよいのかについて、2名のスペースセンターの方から講義を頂きました。このうち1名の方は実際にスペースシャトルの構造設計に携わっている、研究者の方です。簡単な実験をもとに、とてもわかりやすい説明をして下さいました。講義の後に頂いたメールを紹介したいと思います。



It was an honor to meet with you and your students at the Kennedy Space Center today. I hope your students learned a little more about rockets as a result, and I wish you continued success with your rocket project and your classes as a whole. I am attaching a copy of the rocket fin presentation; I hope it helps you and your students with your experiments. One more thing I thought of after we met: you may want to glue a simple paper cone to the top of your rocket so that the shape is more aerodynamic. Please let me know how your experiments turn out as a result of adding fins at the bottom and mass at the top. Good luck! Sayonara,

- ケネディスペースセンター(KSC)でのバズアーズに関して



「89発射台展望台」、「アポロ・サターン5センター」、「国際宇宙ステーションセンター」の3箇所の施設をバスで巡りました。バスの中は英語による解説で少し難しかったけれど、何とか聞き取った生徒もいたようです。またロケットの巨大さ、これから打ち上げられる国際宇宙ステーションの日本のユニットの“きぼう”の姿に生徒は強い印象を受けました。

生徒の感想などから

- ハーバード大学に在学する日本の学生さんとお昼を一緒に食べたのがよかった。世界規模の視野を持っている人と話をするのは自分の視野を広げるのにとっても役に立ったと思う。
- 英語でのコミュニケーションは、今までなぜ英語を勉強するのだろうという私の疑問にはっきり答えてくれたという感じがした。とにかくこれから英語の勉強をもっとがんばりたいというようないきなり気持ちにさせてくれた。
- ハーバードでの英語のインタビュは思っていたよりも格段に面白く、英語力を試すのにとっても良い機会になった。インタビュした学生さんが日本に関心を持っていて話が盛り上がり、時間がかう少し欲しくなった。日本からのお土産の菓子を食べたら、とても喜んでくれた。

SSHだより

第5号
H19.11.15
SSH委員会発行

SSH講演会 西澤正豊先生「認知症はどこまでわかったか」開催!

11月5日(月)午後1時30分より新潟大学脳研究所神経内科教授の西澤正豊先生をお招きして、「認知症はどこまでわかったか」と題して平成19年度SSH講演会が開催されました。

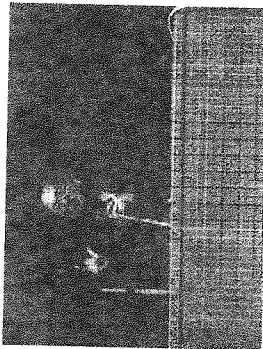
(講演概要)

認知症では記憶障害と実行機能障害が診断基準となる。記憶障害は特別の事ではない。普通の人も忘れることはある。実行機能障害は行動を計画、実行、チェック、修正することができなくなること。

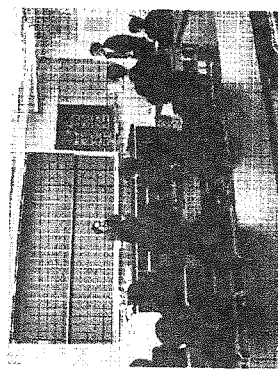
さらに、これらの基本症状に加えて、周辺症状がある。アルツハイマー病は脳のことでタンパク質がたまる病気。一つは老人斑、もう一つが神経原線維変化。いわゆるもの。早期の診断では磁気共鳴装置が使われ、新潟大学には世界で3台しかない磁気共鳴の装置がある。

治療法は、ワクチン療法がネズミに対して行われ、アメリカ、ヨーロッパでは、臨床実験も行われている。陽萎になってしまふ副作用があるので今のところ見込み状態になっている。他の治療法との組み合わせでより有効なものが研究されている。

どう患者さんに接すればいいのか。大切なのは知的主体は衰えるけれど、情動はしっかりとしているということ。ものごと忘れやうなど周辺症状があるが、それは年をとって行く中での喪失感と人の世話になりたくないという二面的な感情によるもの。認知症のケアには相手の心根を汲み取りが何より大事。失敗をして、その責任を追及し、再度失敗しないよう教育するのは認知症の患者さんには効果がない。患者さんの身の丈にあった生き方を彼らその家族らと一緒に見つけていくことが必要。



講演後、希望者との交流会が開かれました。約1時間におたり質疑応答がありました。生徒からの「どういう人に医学部に来て欲しいか」という問いに対して「マインドを得ている人。どういう勉強をしたいと思っているかを明確に持っている人。それから、人間が好きでないとダメ。人間の事を知りたい人。」や「今の生き甲斐は何ですか。」という問いに対して「今の大学は大変でやらなければならない事が多い。病院もやる事が増えた。でもなぜ大学にいるのかという、次の世代の人に伝えたい事があるから。サイチングールに就学者がずっとが戦時中に病院で死な人が多い事を見て、看護の考え方をつくった。賢い言葉といい、今でも戴帽式で看護婦が唱える。そういう専門家の価値観が大切。」等、先生の人間に触れられるお話を聞く事ができました。



アメリカ研修旅行報告会開催される!

11月11日(日)ユニゾンプラザ4階大研修室において、理数コース1年生を対象に、8月に行われたアメリカ研修旅行についての報告会が開催されました。参加者は理数コース1年生と保護者、中学生、他校教職員等の一帯参加者であわせて100名程度でした。

アメリカ研修旅行で見たこと、体験したことを理数コース生徒全員で分組して発表しました。以下のテーマ毎に写真の紹介と感想したこと、思ったことを交えてグループで工夫して発表し、生徒の素直な感想が聞けるよい報告会でした。

(発表テーマ)

Boston UNO Pizza

Harvard University

The Harvard Student-Led Walking Tour

Massachusetts Institute of Technology

MIT Museum

Boston DOWARD JOHNSON FENWAY

MIT The Cell as Factory (1)

MIT The Cell as Factory (2)

MIT Here Comes Sun

Boston Walking in the morning

Boston's Quincy Market

Boston East Ocean City

Around the Boston common

American's dinner

Kennedy Space Center (1)

Kennedy Space Center (2)

Apollo Saturn V Center

International Space Station

Lecture at Center for Space Education

Magic Kingdoms Park

Orland Rangesu

以下に参加された方の感想です。(アンケートより抜粋)

(保護者)

・生徒が肌で感じた生の声が盛り込まれており楽しくさせていただきました。

・発表ごとに質疑応答をもうけることは難しいですか。

(中学生)

・研修旅行という名前なので勉強のみのかなどと考えていたのですが、発表を聞いてご飯を食べるとさやディズニールランド、ショッピングなど楽しいこともたくさんあるんだなと知りました。南校生の雰囲気を知ることができて、来て良かったなと思いました。

(他校教員)

・研修の目的が何か、それを生徒たちがどうとらえてきたのかの点について報告されていたらもっと良かったと思います。

・生徒一人一人が大きく成長した様子を感じられて良かった。

