

**平成27年度指定スーパーサイエンスハイスクール
研究開発実施報告書・第5年次**



愛媛県立松山南高等学校



Presentation Meeting in 建國高級中學〈台湾〉
(5月14日)



The 2019 Asia-Pacific Forum for
Science Talented (7月6～11日)



社会共創コンテスト2019〈愛媛大学〉
(7月22日)



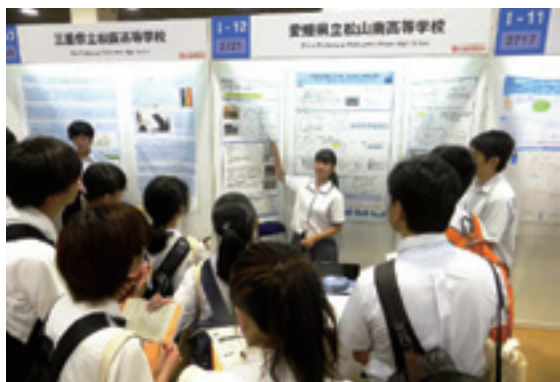
第43回全国高等学校総合文化祭自然科学部門
(7月27～29日)



第1回FESTAT全国統計探究発表会
(7月28日)



つなげ! 生物多様性高校生チャレンジシップ
(8月3～4日)



SSSH生徒研究発表会
(8月7～8日)



高大連携〈理学部〉
(9月26日)



高大連携〈工学部〉
(9月26日)



研究室体験〈農学部〉
(10月23～24日)



研究室体験〈理学部〉
(10月23～24日)



第11回坊っちゃん科学賞研究論文
コンテスト表彰式 (10月27日)



S S Hアメリカ海外研修
(10月28日～11月15日)



第3回和歌山県データ利活用
コンペティション (11月16日)



英語プレゼン事前研修会
(12月5日)



建國高級中學来校
(12月12日)

巻 頭 言

校長 染 田 祥 孝

本校は、スーパーサイエンスハイスクールの指定を受けて、今年度で、4期18年目となります。これまでの間、各期の取組において、様々な成果を上げてきましたが、今期は「持続可能な発展のための科学教育 S E S D (Science Education for Sustainable Development)」を研究課題として取り組んでおり、今年度で最終年度を迎えました。

一昨年度の、中間評価において指摘がありました、

○普通科全生徒による課題研究の実施に際し、これまでの成果と蓄積を生かす工夫や体制整備を行うこと。

○課題研究の取組全体を通じて、生徒の主体性をより生かしたものとすること。

○評価結果やアンケート結果の教師全体による分析など、評価の取組の充実を図ること。

について、昨年度からの2年間で、より一層充実した取組となるように努めました。

具体的には、

- ・普通科のチャレンジリサーチ(CR)Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの指導体制をより充実させ、地域の関係機関との連携やデータの利活用を通して課題研究としての質の向上を図ること。
- ・修学旅行として実施する台湾研修と少人数の米国研修を深化させ、海外との共同研究の下地をつくること。
- ・SSH卒業生の追跡調査を実施し、成果の検証と課題の明確化を図るとともに、SSH卒業生を活用したメンタープログラムを充実させ、課題研究の質の向上を図ること。
- ・科学の面白さに触れる機会を多くして自らの興味関心をかきたてられるように、大学との連携授業や研究室体験の在り方を見直し、充実を図ること。
- ・キャリアデザインファイルを活用し、振り返りにより、自らの成果と課題を確認し主体的に研究に取り組む姿勢を養わせること。
- ・地域のSDGsの中核校としての取組を進め、「持続可能な発展」の内容の明確化を図り、生徒の主体性を涵養すること。
- ・生徒や教員の変容が分かるアンケートやループリックプロセス評価を実施し、成果の「見える化」を図って全教職員で評価分析を行うなど、事業評価の方法を更に研究すること。

などに取り組んできました。その取組の内容や、成果・課題等につきましては、それぞれの項目で詳細に報告をさせていただきますが、

○昨年度、今年度と、普通科の生徒の研究や論文が全国的な賞を受賞するようになったこと。

○海外との交流研修が深まり、共同研究のスタートが切れたこと。

○米国研修をきっかけとして個人でも海外での研修機会を得ようとする生徒が出てきたこと。

○SSH卒業生の追跡調査が進み、24歳以上の卒業生のうち、26名(12%)が研究職で活躍中、20名(9.2%)が博士課程修了者、108名(49.5%)が修士課程修了者であることが判明し、メンターとしての協力者が増えたこと。

○アンケートを教員全員で評価分析し、事業改善に生かすとともに、プロセス評価により、研究の進捗状況を担当教員が把握しやすくなったこと。

などの成果が上がってきております。

本校の取組が、理数教育発展の一助となることを願ひまして、この研究報告書を作成いたしました。是非御一読いただき、御指導を賜りますようお願い申し上げます。最後になりましたが、これまで御指導いただきました愛媛県教育委員会、愛媛大学、国立研究開発法人科学技術振興機構をはじめとする関係機関の皆様、に、改めまして心から感謝申し上げます、巻頭の御挨拶といたします。

目 次

巻頭言

❶ 令和元年度SSH研究開発実施報告（要約）	3
❷ 令和元年度SSH研究開発の成果と課題	7
❸ 実施報告書（本文）	
I 研究開発の課題	9
1 研究開発課題	9
2 研究開発の目的・目標	9
3 研究開発の概要	10
II 研究開発の経緯	10
III 研究開発の内容	12
1 課題研究の実施	12
2 連携プログラム	17
3 キャリアデザイン	23
4 教育課程の編成と高大接続	27
5 国際性育成	33
6 SSHの成果普及	36
7 事業評価	40
IV 研究開発の評価	42
1 令和元年度の評価	42
2 今後の開発の方向	43
3 第4期全体の成果と課題・今後の展望	43
❹ 関係資料	
1 SSH事業評価アンケート結果	46
2 令和元年度各種科学系コンテストの主な結果	52
3 図書館利用	54
4 理数科2年生課題研究論文	55
5 普通科課題研究要旨	80
6 令和元年度教育課程表	84
7 ルーブリック評価表	86

○ S S H研究開発実施報告

愛媛県立松山南高等学校	指定第4期目	27～31
-------------	--------	-------

① 令和元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	1 国際的な科学技術人材を育成するためにこれまで開発してきたプログラムの実践を通して、その有効性を検証し改善及び普及を図る。 2 生徒自らが将来を見通して成長し続け、科学技術で地域創生及び持続的な発展に貢献できる人材を育成するためのプログラムを実践的に開発する。
② 研究開発の概要	1 普通科全員を対象として総合的な学習の時間「チャレンジリサーチ」及び理数科全員を対象とした特例措置による学校設定科目「スーパーサイエンス」を設け、全校体制で、課題研究等を実施する。 2 生徒のキャリアデザイン能力を育成するために、地域の大学、研究機関、企業と連携したプログラムを研究開発する。 3 課題研究やキャリアデザイン能力開発の支援を行うために、本校S S H卒業生によるメンター制度を充実させる。 4 高大連携事業を更に深化させた高大接続に関する研究開発を行う。 5 国際性を養いコミュニケーション能力を高めるために、海外科学交流を継続的なものとなるようにする。 6 県下高校の科学交流ネットワークを構築するとともに、小中学校への科学クラブ支援等を行い、S S Hの成果普及を図る。 7 四国のジオパークを核とした四国サイエンスコンソーシアムの構築に向けた研究開発を行う。 8 生徒の変容を客観的に捉え、S S H事業の在り方を改善する評価法を開発する。
③ 令和元年度実施規模	本校全日制普通科及び理数科の1、2、3年生1,071名を対象とする。
④ 研究開発内容	○研究計画 1 第1年目 ① 校務分掌等の校内体制を整え、5か年のS S H事業の精選を図る。 ② 理数科を対象とした学校設定科目「スーパーサイエンス」及び普通科を対象とした総合的な学習の時間「チャレンジリサーチ」を学年進行で開始する。 ③ 英語力向上のためのプログラムを改善し、台湾での科学交流をより効果的なものとなるよう検討、実施する。 ④ 高大連携を発展させた、高大接続の在り方を愛媛大学とともに検討し、プログラム開発を開始する。 ⑤ 県教育委員会、愛媛県総合科学博物館と連携した、県下の高校生及び理数系教員を対象としたサイエンスミーティングを試行的に実施する。また、小中学校への支援を開始する。 ⑥ 四国のS S H校との交流を継続して実施する。 ⑦ キャリアデザイン能力育成のためのプログラムの開発の準備をする。 ⑧ 南高S S Hメンター制度実施のための制度を試行的に開始する。 ⑨ 生徒の変容を客観的に捉えるための評価法を開発し、新しい事業評価を開始する。 2 第2年目 ① 校内体制を改善し、学校設定科目等を実施するとともに、教育課程を再検討する。 ② 2年生を対象に台湾科学交流を実施するとともに、3年目からの新しい海外科学交流プログラムへの準備をする。 ③ ユネスコスクールへの加盟及び世界のユネスコスクールとの連携に向けての準備をする。 ④ 普通科及び理数科1、2年生全員を対象として課題研究を実施する。 ⑤ 高大連携を発展させた高大接続プログラム開発を引き続き行う。 ⑥ サイエンスミーティングを実施するとともに、小中学校理科クラブ支援の方法を改善する。 ⑦ 四国のS S H校と共同した事業を試行的に実施する。 ⑧ 南高S S Hメンター制度を完成する。 ⑨ 開発した評価法の検討を行うとともに、校長及びS S H運営指導委員会による事業の進捗状況の確認を行う。

3 第3年目

- ① 新しく開発した海外科学交流プログラムの開発を行う。また、ユネスコスクールへの加盟申請を行い、世界のユネスコスクールとの協同研究への準備を開始する。
- ② 高大連携を相互に発展させた高大接続プログラムを実施する。
- ③ 新しい方法での事業評価を実施する。
- ④ 校長及びSSH運営指導委員会による事業の進捗状況の確認を行った上で、第4期で継続発展させたプログラムの実践を基に中間評価を行い、課題の改善を図る。

4 第4年目

- ① 3年間で完成させた各事業について、他校への活用法を検討し、成果の普及を図る。
- ② 高大接続プログラムの県下での実施方法を検討する。
- ③ 本校SSH事業の在り方を再検討するとともに、校長及びSSH運営指導委員会による事業の進捗状況の確認を行う。

5 第5年目

- ① SSH事業の成果をまとめ、その成果を基に、予算措置や特別措置を要しない理数系人材の育成方法について検討する。

○教育課程上の特例等特記すべき事項

1 理数科「スーパーサイエンス（以下、SS）」（1年2単位、2年3単位、3年1単位）

学校設定科目「スーパーサイエンス（SS）」での成果である課題解決能力を一層向上させ、キャリアデザイン能力を向上させるために、単位数をこれまでの計4単位から計6単位に変更する。そのため教育課程における特例措置により以下の単位を減じる。

1年：「総合的な探究の時間」1単位、「情報」2単位のうち1単位

2年：「総合的な学習の時間」1単位、「保健」1単位

3年：「総合的な学習の時間」1単位

なお、教科「情報」については、普通科同様、内容を精選して指導するとともに、「スーパーサイエンス」においても、問題解決のためにコンピュータを活用する方法を学ばせるなどして、教科「情報」の指導内容を補うものとする。「保健」については「スーパーサイエンス」及び「家庭基礎」において指導内容を補う。

2 普通科「チャレンジリサーチ（以下、CR）」1年1単位、2年1単位、3年1単位

理数科「SS」における成果を普通科にも波及させるために、教育課程における特例措置により以下の単位を減じ、総合的な学習の時間を3単位として充実を図る。

1年：教科「情報」2単位のうち1単位

教科「情報」については、理数科における1単位での実施を踏まえ、内容を精選して指導するとともに、「CR」においても、問題解決のためにコンピュータを活用する方法を学ばせるなどして、教科「情報」の指導内容を補うものとする。

○令和元年度の教育課程の内容

1 理数科学校設定科目「SS」

① 1年生「スーパーサイエンスⅠ（SSI）」

自然科学を学ぶ上で必要な学習・実習の実施、課題研究、愛媛大学との高大連携事業、国際性育成事業を実施する。

② 2年生「スーパーサイエンスⅡ（SSⅡ）」

課題研究（研究活動、中間発表会、最終発表会）、高大連携授業、愛媛大学研究室体験を実施する。

③ 3年生「スーパーサイエンスⅢ（SSⅢ）」

論文作成、キャリアデザイン形成のための活動を実施する。

2 普通科総合的な学習（探究）の時間「CR」

① 1年生「チャレンジリサーチⅠ（CRI）」

課題研究に関する基本的な内容の学習、共通テーマでの課題研究活動を実施する。

② 2年生「チャレンジリサーチⅡ（CRⅡ）」

年間を通じて課題研究を実施し、研究の成果をまとめ発表する活動を実施する。

③ 3年生「チャレンジリサーチⅢ（CRⅢ）」

論文作成、キャリアデザイン形成のための活動を実施する。

○具体的な研究事項・活動内容

- 1 理数科「SSⅠ」では、1学期に、物理、化学、生物、地学、数学、情報の領域ごとに自然科学を学ぶ上で必要な指導を行った後、2学期から始まる課題研究の準備・研究を行った。また、愛媛大学との高大連携授業、国際性育成事業の事前指導・事後指導等を実施した。高大連携授業の際には愛媛大学の3つの研究センターの施設見学も同時に行い、世界最先端の研究について知識を深めた。「SSⅡ」では、年間を通じて課題研究に取り組み、中間発表会を経て、最終発表会で研究成果の発表を行った。また、高大連携授業や愛媛大学研究室体験も実施した。「SSⅢ」では、「SSⅠ」、「SSⅡ」の成果を論文にまとめ、各種発表会やコンテストへの応募に係る活動を行うとともに、「SS」での活動内容を踏まえ、自己の進路に対する考えを深め、キャリアデザインを形成するための活動を行った。
普通科「CRⅠ」では、学年前半にテキストを用いて課題研究の方法を学習し、後半に共通テーマによるプレ課題研究を行った。「CRⅡ」では班別にテーマを決め、年間を通して研究活動を行い、プレゼンテーションやポスターによる発表を行った。「CRⅢ」では、1学期に「CRⅡ」で行った課題研究の成果を論文にまとめ、課題解決能力やコミュニケーション能力の向上を図った。2学期以降は2年半の活動を踏まえ、自己の進路に対する考えを深め、キャリアデザインを形成するための活動を行った。
- 2 理数科生徒及び普通科理系生徒希望者を対象とした、愛媛大学研究室体験や関西研修を充実させた。「SS」「CR」での活動に限らず、3年間の学習活動に関する内容をキャリアデザインファイルまとめ、その蓄積を振り返ることでキャリアデザインを形成させ、大学入試や今後の活動に生かすことができるような取組を行った。また、普通科の課題研究では、県内外の大学や地元企業、県の研究センターからの指導を受け、充実した活動を行うとともに連携を深めることができた。
- 3 メンターとして登録した卒業生が来校し、課題研究の支援を行っている。また、県外での研修にメンターを招き、宿舎で座談会を開いて大学での生活や研究などについての話や、後輩へのアドバイスをいただくことで、在校生の意識の向上を図ることができている。
- 4 愛媛大学における高大接続科目では、昨年度までに開設された「ことばの世界」、「数学入門」に加えて、今年度新たに「初修外国語」が開設され、本校生徒は主体的に参加し、単位を修得した。また、愛媛大学や広島大学、東京大学のグローバルサイエンスキャンパスに多くの生徒が積極的に挑戦し、最終ステージに残って大学での研究を進め、その成果を県外の大学での学会等で発表した。
- 5 昨年度から開始した「SSHアメリカ海外研修」を本年度も実施し、SSH1期生が助教授をしているコネチカット大学と近隣の高校を訪問した。コネチカット大学では助教授の企画・立案によるワークショップを2日間にわたって実施し、現地の高校生と協働して実験・観察や結果の考察・協議を行った。助教授はメンターとしても活躍しており、本校がSSHに指定された18年間で蓄積された成果による人的資産を実感することができた。
平成25年度から行っている「台湾科学交流研修」は平成30年度から理数科2年生の修学旅行として実施しており、課題研究を英語で発表したり授業参加をしたりして交流を深めるとともに、国際的な課題について共同研究を実施するための基盤を整えた。また、昨年度に続いて、本校の姉妹校である台北市立建國高級中學主催の課題研究発表会に理数科3年生5名が参加したり、建國高級中學の生徒・教員が本校を来校し交流活動を行ったりと、SSHの海外研修で築いた良好な関係を継続・発展させることができた。
- 6 本校生徒が科学を通して社会貢献するための取組として、一般の親子を対象とした実験教室や科学の甲子園ジュニア愛媛県大会、本校での中学生理数科体験入学で講師役を務め、地域の子どもや保護者に科学の魅力を伝え、地域の理数教育推進に貢献した。
- 7 四国地区SSH指定校の連携として、毎年、生徒の研究発表会と担当者の交流会を開催している。生徒研究発表会では指定校の生徒が課題研究の成果を発表し、担当者交流会では担当者が情報の交換・共有を行った。また、本校が主催して「えひめ高校生SDGsミーティング」を開催し、愛媛県内でSDGsやESDに関する取組事例を発表する場を設け、ワークショップやパネルディスカッションを通して、SDGsに取り組むネットワークを広げている。
- 8 ルーブリックを用いた事業評価を教員、生徒が行っている。全生徒にキャリアデザインファイルを配布し、研究の過程について、客観的基準に基づいた評価に取り組んだ。

⑤ 研究開発の成果と課題

○実施による成果とその評価

- 1 理数科「SS」では、生徒が主体的かつ継続的に課題研究に取り組むことを目的として、1～3学年全体でのSS交流会を開催し、愛媛大学での高大連携授業を選択受講制にした。その結果、上級生からの刺激を受けた下級生が意欲的に課題研究に取り組んでおり、また、継続的な課題研修を実施することができ研究内容も大幅に向上が見られる。
普通科「CR」では、学年主任、クラス担任・副担任及びSSH推進課が連携して運営し、各課題研究の専門的な内容については各教科の教員が指導に当たるという全校体制で指導を行っている。実施に当たって明らかになった、指導体制やテーマ設定、設備面等についての課題に対して改善を加え、指導体制を構築することができた。また、昨年度から力を入れて取り組んでいる統計的手法を用いた研究については、校内での指導の他に、県内外の大学や企業等の指導を受ける体制が確立し、着実に成果を上げている。

- 2 キャリアデザインファイルの有効的な活用や、進路指導課による教養アップ講座の実施等により、大学での学問・研究や職業などについて身近なものとしてとらえ、自分にとって必要な能力を思い描く、キャリアデザイン能力を育成することができた。
- 3 S S H卒業生の追跡調査に努め、多くのS S H卒業生が研究職に就いていることが分かった。卒業生やメンターの協力により、S S Hの推進が図られている。
- 4 愛媛大学高大接続科目では、新たに「初修外国語」が開講され、受講者が増加（30年度25名→元年度31名）した。また、グローバルサイエンスキャンパスに意欲的に参加する生徒も増え、参加生徒の活動での成果を他の生徒に波及することもできており、大学での学びに対する生徒の関心が高まっていることが確認できた。
- 5 多くの生徒が海外での科学コミュニケーションに興味を持ち始め、国際的プログラムに個人で参加する生徒もあり、国際的視野育成の成果が現れている。また、海外研修での訪問校との交流も持続的で広がりや深まりがあるものを構築している。
- 6 多くの生徒が発表会などに参加することでS S Hの成果を発信し、県内の科学交流のネットワークを構築することができた。S S H校での勤務や様々な活動で課題研究に携わった教員のネットワークをさらに広げ、生徒・教員が課題研究に取り組む「理数系教員育成支援プログラム」では、参加者に対して柔軟な活動内容を設定し、高い評価を得ている。「サイエンスミーティング」事業などにおいて、S S Hの成果を普及させ、地域の科学教育の推進に尽力した。
- 7 四国地区のS S H校が主催する発表会や管理機関等が主催する発表会に参加する機会が増え、課題研究の発表や意見交換を通して、生徒の科学的思考力・探究心やコミュニケーション能力が向上し、意欲の向上を図ることができた。また、発表会に参加した学校の生徒どうしの交流を深めることができている。
- 8 生徒、保護者、本校教職員に対するアンケートによって事業評価を行った。愛媛大学の「課題研究」評価ワーキンググループに参加し、評価の観点やループリックの作成について研究開発を行い、多くの学校でそのループリックが活用されるなどの成果を上げている。

○実施上の課題と今後の取組

- 1 理数科においては、課題研究に取り組む生徒の意識や科学的探究能力をこれまで以上に高め、レベルの高い研究を行う必要がある。そのために、愛媛大学の研究室との連携をこれまで以上に深め、継続的に研究室に通って研究に取り組む体制や、S S Hの卒業生が勤務する大学研究室と連携し、S N SやSkype等を用いて遠隔指導を受けることができる体制を構築することで、課題研究の質の向上を図るとともに生徒のキャリアデザイン能力を育成することができる。
普通科においては、全校体制で指導に取り組み、全国で上位入賞するなど成果を上げてきたが、全体的には論理的で質の高い課題研究がまだ少ない。そこで、昨年度から一部で取り組んでいる統計の手法を用いた課題研究について、本校独自の研究手法や指導方法が確立されてきており、また大量のデータを処理する能力は生徒にとって次の時代で必要とされるものであることから、この分野を生かした内容の課題研究を実践していく。
- 2 卒業生の追跡調査の重要性が高まる反面、個人情報取り扱いが課題となっている。卒業前に協力について理解を得るとともに、卒業生とのつながりを持続的にするための努力を継続していく必要がある。
- 3 メンター制度を利用した卒業生による指導は、在校生にとって有用なものであり、継続するとともに、より多くの卒業生に協力していただくよう呼びかけていく必要がある。追跡調査で判明したS S H卒業生の専門性を生かすために、大学や企業の研究室で勤務する卒業生に協力をしていただくような体制を今後構築する必要がある。
- 4 高大接続科目やG S Cについては、今後も多くの生徒が主体的に参加することができる体制を構築する。また、受講者の追跡調査をすることで、修得した単位や高校時に行った活動が大学でどのように生かされるかについて研究する。
- 5 海外の交流校と共同研究を行う基盤を構築することができたので、円滑に研究を進めていくための手法について研究を進めていく。また、研究内容の発表の機会や、生徒が世界を舞台に活躍するために必要な資質能力を見定め、その育成に向けての指導方法を研究する。
- 6 S S H事業の成果を他校へ波及させるとともに、管理機関の協力を得て、課題研究の指導を支援するための全県的なネットワークを構築し、本県の理数教育及び科学技術系人材育成の持続的な発展へ貢献する。
- 7 四国地区のS S H指定校との連携は継続し、さらには他の地域やS S Hに指定されていない学校との連携を広めていく。
- 8 課題解決能力やプレゼンテーション能力の変容について、客観的な評価を行っているが、さらに改善を重ねる。

○ S S H 研究開発の成果と課題

愛媛県立松山南高等学校	指定第4期目	27～31
-------------	--------	-------

② 令和元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	普通科「チャレンジリサーチ（C R）」における課題研究では、これまでの成果と実績を生かす工夫や体制整備を行い、各学年主任、各クラス担任・副担任及びS S H推進課が連携して運営に当たり、各課題研究の専門的な内容については、各教科の教員が指導に当たるという全校体制を整え、全教職員で指導に取り組むことができた。また、課題研究の指導経験が浅い教員が安心して指導できるように、学校独自の課題研究指導マニュアルや情報の共有等の改善を図りながら指導を進めた。特に、平成30年度から取組を開始した、統計学の手法を用いた課題研究については、校内での指導の他、愛媛大学、滋賀大学、伊予銀行地域経済研究センター等からの指導を受けるなどの指導方法が確立し、昨年度に続いて各種コンテスト等で全国の上位入賞を果たすことができた。理数科においては、第4期より学校設定科目「スーパーサイエンス（S S）」の単位数を増加し、課題研究に費やす時間を増加させることにより、より深く研究に取り組ませ、また、それと並行して愛媛大学との連携による高大連携授業や研究室体験により、レベルの高い科学に触れさせることで、科学的探究能力の向上を図り、課題研究活動の深化を図ることができた。また、グローバルサイエンスキャンパス（以下G S C）や高大接続を推進したことで生徒の探究心が高まり、理数科生徒の科学系コンテストや学会への挑戦も積極的になり、全国レベルの入賞が増加した。理数科「S S」と普通科「C R」における成果は、全国規模のコンテストに多数応募し、参加数・受賞数についても昨年度とほぼ同様に、高いレベルでの成果を持続することができた。（資料2の2） （アンケートによると、チャレンジリサーチへの期待度について昨年度との有意な差があり、チャレンジリサーチへの期待が高まっていることが分かる（資料1の(2)のイのイ）。事業改善を重ね、より良い実施方法や内容を検討している成果だと考える。）
2	キャリアデザインファイルを全校生徒に配布し、「C R」や「S S」における活動や課題研究の内容に加えて、普段の学習から部活動、ボランティア活動など、高校3年間の取組を総合的に振り返ることができるような仕組みを作ることができた。また、進路指導課の企画による大学の出張講義を活用した「南高教養アップ講座」（本年度は全8回）に多くの生徒が参加し、知的好奇心や教養を深め、大学での研究や学問に触れるとともに、キャリアデザインの育成に役立てることができた。
3	S S H卒業生の追跡調査に努め、国内外の大学の教員や理化学研究所の所員、民間企業の研究職、本県の高校教員など、多くのS S H卒業生が大学卒業後も各分野で科学技術人材として活躍し、社会に貢献していることが明らかになった。大学に在学中のメンターが、定期的に本校を訪れての在校生の課題研究の指導や、国内研修での研修の講師や座談会への参加と意欲的に支援を行っている。また、海外研修においても卒業生の協力を得ることができている。
4	愛媛大学との高大接続に関する連携を深め、平成28年度から開始された愛媛大学教育再生プログラム（A Pプログラム）における高大接続科目においては本年度新科目が開設され、本校生徒は主体的に参加し、高大接続科目履修生として大学に定期的に通い、本年度は31名が単位を修得した。グローバルサイエンスキャンパス（G S C）にも本校生徒が主体的に挑戦し、選抜された生徒が定期的に大学に通い課題研究を行った。また、本年度は愛媛大学、広島大学に加えて理数科1年生が東京大学のG S Cに挑戦した。G S Cに参加した生徒の中には大学から選拔され、海外での研修に派遣されたり、学会で発表したりすることができた。
5	海外研修の内容を充実させるとともに、訪問校の生徒との交流を深め、持続的な交流を行う基礎を作るとともに、国際的な課題の解決に向けた共同研究を始めることができている。（本文33～35ページ、44～45ページ）。 昨年度から開始した「S S Hアメリカ海外研修」では、コネチカット大学での研修期間を増やし、現地高校生との実験・観察を通したワークショップを実施した。英語での課題研究発表や質疑応答を行うことにより、課題研究と科学英語のレベルアップを図るとともに、大学の研究室や研究内容についての説明を受けることで、世界の最先端の研究に触れ科学に対する関心を高めることができた。また昨年度に続いて現地の水産系高校を訪問し、国際的な課題について共同して課題解決に向けて研究を進める体制を構築した。 「台湾科学交流研修」では、長年交流を続けている台北市立建國高級中學（本校の姉妹校）や桃園市立武陵高級中學との友好な関係を強固なものとしている。特に、建國高級中學とは、国際共同研究に向けてのスタートを切ることができ、修学旅行の他に、本校理数科3年生5名

が建國高級中學の課題研究発表会に参加して自身の研究を英語で発表したり、建國高級中學の生徒と教員が本校を訪問し、交流活動や授業・文化体験交流を行ったりするなど、持続的な交流活動を行うことができています。

海外での研修等に参加する生徒が増加したことにより、昨年度、本年度に研修に参加した生徒がさらに上のレベルでの海外での研究にチャレンジしたり、参加生徒の報告を聞いたことで海外への興味・関心が高まり、新たにチャレンジしようとする生徒が現れたりするなど、海外研修の成果を他の生徒に波及させることができています。

- 6 管理機関や大学等の協力により、県内外のさまざまな学校との交流を深めることができた。また、本校生徒が小学生や中学生を対象とした実験教室などで講師役を務めることで地域の理数教育の推進に貢献することができた。
- 7 国連で採択されたSDGs（持続可能な社会に向けた目標）の達成に向けて愛媛の高校生の活動を共有する機会として、「えひめ高校生SDGsミーティング」を、昨年度に引き続いて開催した（本文38～39ページ）。参加校は昨年度に比べて増加し（8校→10校）、事例発表やワークショップを行い、10校によるパネルディスカッションを行った。本校が研究開発課題として掲げている「持続可能な発展のための科学教育」を意識した取組として、また、高校生や高校教員だけでなく、愛媛大学、えひめグローバルネットワークなどの協力を得て、多面的で新たな考えを深めることのできる機会となった。
- 8 愛媛大学と県内SSH校が連携した大学教育再生加速プログラム高大接続推進委員会「課題研究」評価ワーキンググループに参加し、作成したループリックの活用方法を研修した。本校ではそれを改編してループリックプロセス評価を作成し、活用することで課題研究の進捗状況や生徒の変容が把握しやすいように指導法を改善した。

② 研究開発の課題

- 1 普通科「CR」においては、指導体制、指導方法について毎年改善を加えながらよりよいものを模索し続け、5年間をかけて指導体制を確立することができた。しかし、生徒が考える研究分野について専門分野の教員が指導に当たること、分野の偏りが生じた場合には特定の教員の負担が大きくなることが課題となっている。また、全体では高い質の研究も増加してきてはいるものの、調べ学習の領域から抜け出していない内容の課題研究も中にはあり、論理的で説得力のある研究ができるように指導していく必要がある。
- 2 大学や地元企業、研究所等との連携を深めて課題研究を行ったり、本校のキャリアデザインファイル、キャリアパスポートを有効的に活用した活動内容・記録を蓄積したりすることにより、生徒がより高いレベルを目指したキャリアデザインを育成することができる指導体制を構築する。
- 3 卒業生のメンター制度への登録の呼びかけは継続して行い、多くのメンターから継続的に支援を得られるような体制を整備する。卒業生の追跡調査についても継続し、卒業生の動向を把握するとともに、大学や企業の研究室に勤務する卒業生と連携した課題研究の指導の体制を整備する。
- 4 生徒がさらに高大接続科目の受講を積極的に行うことができるようになるための方策・指導体制や、修得した単位の活用についての研究を行う。
- 5 海外の学校と持続的かつ継続的に交流を深め、国際共同研究を進めるために、年間を通じて継続して情報交換、情報共有するための方策を研究する。また、国際的な舞台での発表するための研究手法や研究倫理の習得について研究をする。
- 6 18年間の成果を生かし、高校生の課題研究のスキルアップを図るとともに、指導者の支援を行うことで、県内の科学系人材育成に貢献する。
- 7 高校生が課題研究や課題解決に向けての活動におけるブラッシュアップを図り、お互いの交流を深める機会を設け、県内の高校生のネットワークを構築する。
- 8 課題研究におけるループリックを用いた評価の効果は十分に期待できるため継続し、さらには本校のキャリアデザインファイル、キャリアパスポート、デジタルポートフォリオの併用による評価方法について研究する。事業全体については、事業の項目について客観的な評価のための指数（Index）を開発し、それをもとに事業改善を行うPDCAサイクルを確立させる。また、生徒の論理的思考力を測るための評価問題を作成、実施することで生徒の変容や成長を把握する。

I 研究開発の課題

1 研究開発課題

高いレベルの科学的探究能力の育成、国際的視野の育成、キャリアデザイン能力の育成、地域に対するアイデンティティの醸成を目指し、研究テーマを「持続可能な発展のための科学教育（Science Education for Sustainable Development）」と設定する。

2 研究開発の目的・目標

(1) 目的

これまで本校SSHで開発してきたプログラムやその成果をもとにした、実践的な研究開発を行い、理数系人材育成プログラムをさらに発展させるとともに、その普及を図る。

ア 高いレベルの科学的探究能力、国際的視野、コミュニケーション能力を身に付けるとともに、自らのキャリアデザインを描くことにより成長し続けることができる人材を育成する。

イ 地域の持続的な発展のために、地域に誇りを持ち、地域から世界へ、世界から地域へ科学技術で貢献できる人材を育成する。

ウ 地域のリーダーとして、本校SSHの成果を普及させ、地域の理数系教育が持続的に発展することに貢献する。

(2) 目標

ア 将来、科学技術で社会や地域に貢献するために、生徒一人一人が自らのキャリアデザインを描き、高い志を持って成長し続けていくことができるようにするために、これまで開発してきたプログラムに、高大接続およびキャリアデザインの視点を加えることにより、理数系人材育成プログラムをさらに発展させる。

イ これからの世界や日本を担う人材に求められる、課題発見、探究、解決を主体的、協働的に行う、いわゆるアクティブ・ラーニングに関する能力を高めるために、理数科に加えて、普通科生徒全員を対象として、課題研究を全校で実践する。また、これにより、これまで開発してきた課題研究のプログラムを改善し、SSH校以外の学校でも実施可能なプログラムとする。

ウ 課題研究や生徒のキャリアデザイン能力の開発を充実させるために、本校SSH卒業生をメンターとして活用するシステムをさらに発展させ、松山南SSHメンター制度を完成させる。

エ これまで実施してきた国際的視野を持った人材を育成するためのプログラムに、地域へのアイデンティティ醸成および多様な人と協働する能力育成の視点を加えることにより、さらに国際性とコミュニケーション能力を向上させる。

オ 本校SSHの成果を普及させ、地域の理数系教育の持続的な発展のために、本校を核とした理数系教育ネットワークを構築する。

3 研究開発の概要

- (1) 普通科全員を対象として総合的な学習の時間「チャレンジリサーチ」及び理数科全員を対象とした特例措置による学校設定科目「スーパーサイエンス」を設け、全校体制で、課題研究等を実施する。
- (2) 生徒のキャリアデザイン能力を育成するために、地域の大学、研究機関、企業と連携したプログラムを研究開発する。
- (3) 課題研究やキャリアデザイン能力開発の支援を行うために、本校SSH卒業生によるメンター制度を充実させる。
- (4) 高大連携事業を更に深化させた高大接続に関する研究開発を行う。
- (5) 国際性を養いコミュニケーション能力を高めるために、海外科学交流を継続的なものとなるようにする。
- (6) 県下高校の科学交流ネットワークを構築するとともに、小中学校への科学クラブ支援等を行い、SSHの成果普及を図る。
- (7) 四国のジオパークを核とした四国サイエンスコンソーシアムの構築に向けた研究開発を行う。
- (8) 生徒の変容を客観的に捉え、SSH事業の在り方を改善する評価法を開発する。

Ⅱ 研究開発の経緯

	研究開発の内容	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
課題研究	四国地区SSH生徒研究発表会	●											
	チャレンジリサーチ（CR）	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	スーパーサイエンス（SS）	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	SS交流会				●								
	かはく科学研究プレゼンテーション大会				●								
	全国高等学校総合文化祭（理3）					●							
	全国SSH生徒研究発表会（理3）					●							
	中四国九州理数科課題研究発表（理3）					●							
	SSⅡ中間発表会							●					
	県高等学校総合文化祭（理1・2）								●				
	SSⅡ校内発表会											●	
	SSH研究成果報告会（普／理1・2）												●

	研 究 開 発 の 内 容	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
連携プログラム	高大連携〈理学部 数〉(理2)			●									
	高大連携〈農・工・医学部〉(理2)						●						
	高大連携〈理学部 化・地〉(理1)						●						
	高大連携〈理学部 物・生〉(理1)							●					
	関西研修(理1)									●			
キャリアデザイン	愛媛大学研究室体験(理2／普・理3)							●					
接続科目	高大接続科目「初修外国語」	●	●	●	●	●							
	高大接続科目「ことばの世界」							●	●	●	●	●	
	高大接続科目「数学入門」									●	●	●	
国際性育成	Presentation Meeting(理3)		●										
	台湾修学旅行(理2)		●										
	SSHアメリカ海外研修							●					
	建國高級中學生本校訪問(普／理1・2)									●			
	英語プレゼン事前研修会(理1)									●			
	英語プレゼン研究発表会(理1)										●		
成果の普及	科学の甲子園ジュニア愛媛大会講師					●							
	理数系教員育成支援プログラム							●					
	えひめサイエンスリーダースキルアッププログラム											●	
	えひめ高校生SDGsミーティング											●	
	科学系部活動交流会												●

(普：普通科、理：理数科、数字は学年を表す)

Ⅲ 研究開発の内容

1 課題研究の実施

(1) 学校設定科目「スーパーサイエンス」

ア 仮説（目的）

理数科学学校設定目「スーパーサイエンス（以下ＳＳ）」の単位数を増加させることにより、生徒の科学技術に対するモチベーションの高揚と科学的探究能力の向上が図られるとともに、生徒が主体的かつ協働的に問題を発見し解決する能力を向上することができる。

イ 研究内容・方法

(ア) スーパーサイエンスⅠ（ＳＳⅠ）

- a 対象 理数科１年生
- b 内容

１学期に物理、化学、生物、地学、数学、情報の各領域について自然科学を学ぶ上で必要な指導を行い、課題研究で必要な科学的手法や思考のための準備としての活動を行った。１学期末から夏季休業中にかけて、それぞれが興味・関心を持つ内容について調査・研究を行わせ、２学期に共通する内容に応じて班編制を行ったのちに研究テーマを決定させ、課題研究を開始した。先行研究の調査、仮説の設定、研究計画について多くの時間を費やさせ、議論の機会を多くすることでスムーズに研究が進むように心がけさせた。

愛媛大学との高大連携授業では、環境科学、遺伝子工学、地球科学、プラズマと光に関する授業や、愛媛大学の三つの研究センター（プロテオサイエンスセンター、沿岸環境科学研究センター、地球深部ダイナミクス研究センター）で講義を受講し、研究施設を見学することで、世界最先端の研究についての知識を深めた。

今年度は、年間の課題研究に取り組む時間を増やすとともに、生徒の主体性を重要視し、自身の興味・関心がかきたてられることを期待し、後述（ウ 検証）のとおりに、講座数は維持しつつも選択制とし、事業の充実を図った。

国際性の育成を目的として英語プレゼン研究発表会を実施し、英語による生徒のコミュニケーション能力の向上を図った。愛媛大学の外国人講師の方にもプレゼンテーションの指導助言をしていただいた。



高大連携授業（地学）

(イ) スーパーサイエンスⅡ（ＳＳⅡ）

- a 対象 理数科２年生
- b 内容

課題研究活動を中心に、研究発表会、愛媛大学との高大連携授業や研究室体験、保健体育（スポーツ倫理の指導）等を実施した。課題研究では交流会、中間発表、校内最終発表を経て、２年次終了時にその成果をまとめるようにした。まとめた内容は、３年生に進級した後にさらに見直しをすることにより、研究内容を深化させ、論



課題研究中間発表会

文にまとめるための足がかりとなる活動にした。

高大連携授業は医学部、農学部、工学部、理学部数学科で4回実施をし、1年生と同様に生徒の主体性を生かした選択制とした。

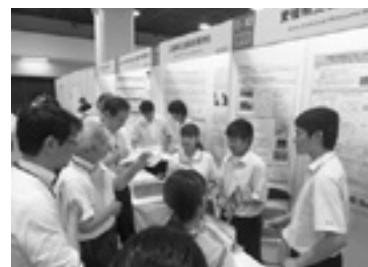
また、研究室体験では6学部16研究室で実施し、大学院生等のTAから指導を受けることができた。

(ウ) スーパーサイエンスⅢ (SSⅢ)

a 対象 理数科3年生

b 内容

1学期にSSⅠ、Ⅱで行った課題研究の成果を論文にまとめ、各種コンテストの応募や発表に係る活動を行わせることで、課題解決能力、コミュニケーション能力のブラッシュアップを図った。2学期以降は2年半の活動を踏まえ、自己の進路に対する考えを深めるとともにキャリアデザインを形成するための活動を行った。



SSⅢ生徒研究発表会での発表

(エ) SS交流会

a 対象 理数科全学年

b 内容

例年6月に実施していた2年生の研究計画発表会を改め、7月に理数科1年生から3年生までが一同に会す「SS交流会」を実施した。2年生の台湾研修報告やポスターセッションを通じて相互交流を深めた。上級生のお手本を下級生が見習うことで、伝統が継承されることを期待した。



SS交流会

ウ 検証

第4期で「SS」の単位数を6単位としたことや、これまでの反省点を踏まえて事業の実施に当たり変更を加えることにより、生徒にとってより有用な活動を行うことができ、また、高大連携授業等で大学との連携をさらに深めることができた。

本年度内容を変更した2点について、その成果は次のとおりである。

①高大連携授業の選択制

愛媛大学との高大連携授業は各学年4回ずつ計8つの講座を実施しているが、学年によって実施日や実施場所が不揃いであり、引率教員が校内に不在となり課題研究の指導ができない場合があるなどの課題が挙げられた。そこで、大学側と日程を調整することにより、次の表のように、1、2年生ともに同一日に複数の講義を実施することとし、生徒は複数の講義から自分の興味・関心の高いものを1つを選択して受講するようにした。

【平成30年度】

実施日	対象	実施内容	場所
6月21日(木)	理数科1年	生物分野	プロテオサイエンスセンター
	理数科2年	数学分野	松山南高等学校
10月4日(木)	理数科2年	農学分野	農学部
10月25日(木)	理数科1年	地学分野	地球深部ダイナミックセンター
	理数科2年	研究室体験 (10月24～25日で実施)	

実施日	対象	実施内容	場所
11月8日(木)	理数科1年	物理分野	松山南高等学校
	理数科2年	医学分野	医学部プロテオサイエンスセンター
1月17日(木)	理数科1年	化学分野	沿岸環境科学研究センター
	理数科2年	工学分野	工学部

【令和元年度】

実施日	対象	実施内容	場所
6月20日(木)	理数科2年	数学分野	松山南高等学校
9月26日(木)	理数科1年	化学分野	沿岸環境科学研究センター
		地学分野	地球深部ダイナミックセンター
	理数科2年	医学分野	医学部プロテオサイエンスセンター
		農学分野	農学部
		工学分野	工学部
10月24日(木)	理数科1年	物理分野	理学部
		生物分野	プロテオサイエンスセンター
	理数科2年	研究室体験（10月23～24日で実施）	

このことにより、2学年の教員、生徒が集中して課題研究に取り組むことができ、例年以上に課題研究の時数を確保することができた。その結果、中間報告会において、参加された運営指導委員の全ての先生方から「課題研究の質が高まっている」との講評をいただいた。

②SS交流会の実施

従来は、1年次の2学期から始まった課題研究について、1年次の内容を振り返るとともに、2年次1年間での活動を見通した研究計画について、「研究計画発表会」を6月に実施していた。しかし、内容の重複や研究の進捗の遅延を招く可能性もあったため、平成30年度から1年次に研究計画を立てさせたうえで研究を行わせるように指導を徹底することにより、この時期での計画立案を不要にした。交流会では、2年生のポスターセッションにおいて3年生が質問の仕方（内容・態度）のお手本を示すと、1年生がそれをまねて質問する姿が見られるなど、理数科120名がお互いに刺激を受けて成長することができた。1年生にとっては将来の自分たちが目指す姿やゴールを見ることができ、これからの活動への意欲が高まり、2学期からの課題研究開始をスムーズに進めることができた。伝統を継承する上でこのような交流会は大変有意義であると言える。

また、国際的な広がりも見られた。海外での研究発表を経験した生徒数が52名おり、海外の学校（台湾、アメリカ合衆国）との共同研究についてもスタートしており、いっそうの発展が期待できる。

(2) 総合的な学習の時間「チャレンジリサーチ」

ア 仮説（目的）

地域（チャレンジリサーチⅠ）やSDGs（チャレンジリサーチⅡ）、学術的内容（チャレンジリサーチⅢ）について、自分の興味・関心に基づいた問いを立て、先行研究やインターネット、地域の人々などから必要な情報を集めることを通して、社会に対する問題意識を持ったり、自己の進路に関わる学問についての理解を深めたりすることができる。また、他者と協働したり、客観的な

根拠を示すなど、説得力のあるプレゼンテーションになるように工夫したりすることによって、社会的な問題を科学的な知識や論理的な思考によって解決しようとする姿勢やコミュニケーション能力を身に付けることができる。

イ 研究内容・方法

(ア) チャレンジリサーチⅠ（1単位35時間）

対 象 普通科1年生8クラス320名

実施形態 各クラス単位、グループ研究

指 導 者 正・副担任

活動内容

1 学期…課題研究の概要を学ぶとともに、地域の課題について情報収集し、研究テーマを決める。

2 学期…リサーチクエストを設定し、調査・実験を実施する。

3 学期…結果をまとめ、考察し、研究結果をポスターにまとめて発表する。また、A4用紙1枚の研究要旨を成果物として提出する。



統計入門講座（1年生）

(イ) チャレンジリサーチⅡ（1単位35時間、ただし理型は後期に隔週2時間で実施可）

対 象 普通科2年生8クラス318名

実施形態 各クラス単位、グループ研究

指 導 者 正・副担任、テーマ別担当教員

活動内容

1 学期…SDGsの概要について学び、興味・関心のある分野に基づいて担当教員を割り当て、研究テーマを決める。

2 学期…リサーチクエストを設定し、調査・研究を行う。また、クラス内での中間発表を通して、研究の修正をする。

3 学期…結果をまとめ、考察し、研究成果をポスターにまとめて発表する。また、A4用紙4枚の論文を成果物として提出する。



研究成果の発表（2年生）

(ウ) チャレンジリサーチⅢ（1単位）

対 象 普通科3年生8クラス318名

実施形態 各クラス単位、個人研究

指 導 者 正・副担任、テーマ別担当教員

活動内容

1 学期…これまでの研究成果を、個人でA4用紙10枚程度の論文にまとめる。

ウ 検証

(ア) コンクール等への出品、結果

第3回和歌山県データ利活用コンペティション

○データ利活用賞（第2位） 2年 CR松山をプロデュースし隊！班

2019年度統計データ分析コンペティション（総務省）

○優秀賞（第2位） 3年 308C R 防災班

第67回統計グラフ全国コンクール

○佳作 3年 308C R 統計班

愛媛県統計グラフコンクール

○統計協会会長賞 3年 308C R 統計班

筑波大学「科学の芽」賞

○努力賞 3年 イチョウ再生班



図3 研究成果の発表（3年生）

(イ) 生徒の活動からうかがえる成果と課題

昨年度から変更された点は、2年生のテーマ設定の前にSDGsの観点を学んだことである。それによって、以下の表のように社会問題の解決を図ろうとする姿勢を身に付けるという目標をより明確に具体的に意識させることができた。

表 SDGsの観点をふまえたテーマを設定した班の数（年度比較）

SDGsの目標	H30	R1	R1年度のテーマ例
1 貧困	—	1	貧困から子どもたちを救うために
2 飢餓	1	5	Zero hunger challenge !
3 健康と福祉	1	—	
4 教育	—	3	発展途上国の教育をめぐる課題
6 水	—	2	安全な水を得るにはどうすればよいか
7 エネルギー	1	3	最も効率のよい発電方法の組み合わせ
8 働きがい	—	3	働き方改革は成功するのか
10 平等	—	1	視覚障がい者も楽しめる書道
11 まちづくり	5	15	空き家の活用方法を考える
12 消費・生産	—	1	日本の美徳を損なわずに過剰包装を解消するには
13 気候変動対策	—	1	ゴミ袋焼却時に排出される二酸化炭素を減らす
14 海の豊かさ	—	3	海洋ゴミを減らす
15 陸の豊かさ	—	1	砂漠で植物を育てることを目指して
16 平和と公正	1	—	
計	9	39	

一方で、教科書の内容に関連する自然科学分野のテーマを設定した班は、昨年度26班から今年度12班に減った。教科の学習内容に疑問を持ち、興味・関心を育むことも重要であると考えられるので、特に理型クラスについては理数科との連携を図っていきたい。

5年間の実践において、研究テーマの設定の困難が常に課題であったが、担当教員の割り当て方の工夫により、改善が見られた。そこで次の課題として、研究手法の習熟が挙げられている。統計分野においては昨年度に引き続いて各コンテストで成果を上げていることを受け、今後は統計の手法を中心にした課題研究を実践していく方針である。

2 連携プログラム

(1) 関西研修（令和元年12月17日(火)～19(木) 参加生徒（1年生）：理数科41名、普通科1名）

ア 仮説（目的）

関西地区の研究機関や企業、大学、博物館などを見学したり卒業生と交流したりすることで、将来科学技術を担う人材としての意識を高めるとともに、課題研究に取り組む望ましい態度を養うことを目的とする。



生命機能科学研究センター

イ 研究内容・方法

(ア) 主題の設定

S S H事業の主題と同じ「持続可能な発展のための科学教育」を研修主題に掲げ、以下の諸機関を訪問して科学技術と自然、生命、都市との関わりについて考察させた。

- a 灘浜サイエンススクエア
- b 理化学研究所神戸キャンパス（生命機能科学研究センター）
- c 京都大学吉田キャンパス（京都大学総合博物館を含む）
- d J T生命誌研究館
- e 兵庫県立人と自然の博物館（特注セミナー「地球史から読み解く温暖化問題」（佐藤先生））
- f S P r i n g - 8、S A C L A



高輝度光科学研究センター

(イ) 事前学習

2週間前に事前学習を実施し、訪問先の情報収集や課題レポート作成に取り組ませた。



卒業生との交流

(ウ) 卒業生との交流会

大学在学中の卒業生に課題研究や高校生活に関する指導助言をしていただき、生徒の向学心の向上を図った。

〈卒業生の所属先：京都大学工学部・大阪大学基礎工学部・京都府立大学生命環境学部〉

(エ) E S D 研修

E S D や S D G s に関する体験学習を行い、研修主題の理解を深めた。

(オ) 事後学習

研修内容を令和2年3月13日に行われた「S S H研究成果報告会」で発表し、校内の生徒と情報や意識を共有させた。

ウ 検証

事後アンケートを実施したところ、「卒業生との交流会」「E S D 研修」「兵庫県立人と自然の博物館・講義」、「S P r i n g - 8、S A C L A」で有意差が見られ、研修効果が大きかった（表1）。研修主題の意味を理解し、進路や科学研究に対する探究心が向上したことを示している。

表 1

	研修前	研修・交流会	研修後	有意差
	5.00-1.00	5.00-1.00	5.00	p<0.05
灘浜サイエンススクエア	3.62	4.05	0.107	
理化学研究所	4.09	4.05	0.083	
卒業生との交流会	4.38	4.74	0.002	*
京都大学工学部	4.41	4.41	1.000	
J T 生命誌研究館	4.21	4.36	0.310	
E S D 研修	4.00	4.67	0.000	*
兵庫県立人と自然の博物館・講義	3.97	4.51	0.001	*
兵庫県立人と自然の博物館・見学	4.38	4.62	0.083	
Spring-8 S A C L A	4.49	4.97	0.001	*

(2) 高大連携

ア 仮説

高大連携事業を通して、大学の研究者に御指導いただくことによって、課題研究の深化やキャリアデザイン能力の向上につながることが期待できる。

イ 研究内容・方法

(ア) 高大連携授業 地学

a 目的

科学に興味・関心を持たせるとともに、創造性や独創性のある研究者・技術者の素養を身に付けさせる。講義や実習を通して、地球科学に関する知識について考察し、今後の学校生活に生かす能力を身に付けさせる。

b 内容

対象 理数科1年生 19名

日時 令和元年9月26日(木)

場所 愛媛大学理学部（講義棟1階S12教室）

活動内容

『物理の目で地球や惑星の中を見る』理学部理学科地学コース 教授 亀山 真典 先生

愛媛大学亀山真典教授による「物理の目で地球や惑星の内部を見る」というテーマで講義が行われた。直接観察できない地球深部や惑星内部のようすを、物理学的アプローチから解明していくという地球物理学について、基礎的な内容から最新の研究成果まで、丁寧に説明をしていただいた。講義後は、施設見学を行い、研究生から様々な実験装置について説明を受けた。生徒は、地球深部ダイナミクス研究センターを支える超高压高温実験装置には特に感銘を受けていた。また、亀山先生から研究者を目指したきっかけを教えていただいたことや、地元の大学に最新の実験装置があることから、研究や研究者という存在を身近に感じることができたようである。



(イ) 高大連携授業 化学

a 目的

科学に興味・関心を持たせるとともに、創造性や独創性のある研究者・技術者の素養を身に付けさせる。大学の先生による講義や実習を通して、化学と環境科学に関する新しい知見を得るとともに、地球環境問題について考察できる基礎力を養成する。

b 内容

対象 理数科1年生 23名

日時 令和元年9月26日(木)

場所 愛媛大学理学部（講義棟S31教室・生物環境試料バンク）

活動内容

『内分泌攪乱物質』理学部理学科化学コース 教授 国末 達也 先生

愛媛大学沿岸環境科学研究センター教授国末達也先生による、『内分泌攪乱物質』についての講

義を受けた。P C Bやダイオキシンをはじめとする内分泌攪乱物質の毒性の強いものについては現在使用が禁止されている。毒性の低いものについては、現在でも使われているものが多く、代替品ができるまで産業界が使用の禁止を拒んでいる状況である。

愛媛大学の生物環境資料バンク（es-BANK）では、海洋生物を主としたさまざまな生物や、土壌を半世紀前から保管しており、内分泌攪乱物質がどのように蓄積されていくかを調べることができる。生徒は、講義を受けた後、es-BANKの施設を見学し、見識を深めた。見学後の質疑応答においては、講義や研究内容、研究者の魅力について質問するなどし、生徒は研究の面白さと難しさを知る良い機会となった。



(ウ) 高大連携授業 物理

a 目的

自然科学に興味・関心を持たせるとともに、創造性や独創性のある研究者・技術者の素養を身に付けさせる。講義や実習を通して、物理学に関する知識について考察し、今後の学校生活に生かす能力を身に付けさせる。

b 内容

対象 理数科1年生20名

日時 令和元年10月24日(木)

場所 愛媛大学理学部（講義棟1階S13教室）

活動内容

『プラズマと光』愛媛大学大学院理工学研究科 教授 前原 常弘 先生

愛媛大学理学部教授前原常弘先生に「プラズマと光」というテーマで授業をしていただいた。講義の前半は、前原先生がプラズマ研究に取り組むことになった背景と「プラズマとは何か」「プラズマと光の関係」「プラズマの応用」について学んだ。プラズマは物質を高温下におくと、陽イオンと電子に電離した気体で、物質の第4状態であると言われる。このプラズマの状態を知る方法としてプラズマが発する光のスペクトルを用いる。講義の後半では、分光器を作成し、プラズマが発する光とLEDが発する光を観察し比較することでその特徴を学んだ。研究室・施設見学では、プラズマを作る装置や光を分析する装置を見ることができた。

生徒にとっては言葉としては聞いたことがある「プラズマ」であったが、プラズマの理論とその応用例を知る事で認識を深めることができた。高校で学習する光の干渉や分光の考え方を用いてプラズマの状態を知ることができることに感銘を受けていた。



(エ) 高大連携授業 生物

a 目的

科学に興味・関心を持たせるとともに、創造性や独創性のある研究者・技術者の素養を身に付けさせる。講義や実習を通して、生物や生命科学に関する知識について考察し、今後の学校生活に生かす能力を身に付けさせる。

b 内容

対象 理数科1年生 22名

日時 令和元年10月24日(木)

場所 愛媛大学城北キャンパス（学術支援センター、プロテオサイエンスセンター）

活動内容

『プロテオサイエンスセンターの紹介とマラリア研究』

愛媛大学プロテオサイエンスセンター長 教授 坪井 敬文 先生

事前学習で「セントラルドグマ」と「ヒトの免疫システム」などについて概観した後、高大連携授業に臨んだ。

プロテオサイエンスセンター坪井敬文センター長による講義を通して、マラリアについてだけでなく、将来「地球」で活躍するのだという科学者が持つべき意識、ゲノム情報が分かるだけでなく実際にタンパク質を合成できる事の重要性と愛媛大学の技術の強み、生活向上のための現地の感染症を無くすことの重要性など、自然科学と社会科学の視野を広げることができた。講義後、マラリア研究部門、プロテオ創薬科学部門、無細胞生命科学部門の研究室施設見学を行った。これらの活動を通して、科学者の在り方や生命科学の社会への貢献などについて考えを深めることができた。



(オ) 高大連携授業 数学

a 目的

自然科学や数学についての興味・関心を持つとともに、創造性や独創性のある研究者・技術者としての素養を身に付ける。

b 内容

対象 理数科2年生38名

日時 令和元年6月20日(木)

場所 松山南高等学校2年9組HR教室

活動内容

『しゃぼん玉はなぜ丸い？～実験と数学～』

愛媛大学理学部数学コース 准教授 猪奥 倫左 先生

愛媛大学准教授猪奥先生をお迎えして、「シャボン玉はなぜ丸い？」と題して講義をしていただいた。「シャボン玉はなぜ丸い？」という身の回りの事象に疑問をもち、観察を通して定式化し、謎を解明するという科学における探求の方法を、実験を交えながら体験し学ぶことができた。そこでは、自然現象を観察するという物理や化学が突破口を開き、数学が最後の仕上げをするといった複合的な視点の重要性を教えていただいた。

高校数学の範囲内で定理を証明するなど内容も大変わかりやすく、生徒にとっては数学の奥深さを実感するとともに、科学に対する興味関心が一層深まり、大変有意義な講義であった。



(カ) 高大連携授業 医学

a 目的

大学での授業や研究施設の見学を通して医学や生命科学に興味・関心を持たせるとともに、創造性や独創性のある研究者・技術者の素養を身に付けさせる。

b 内容

対象 理数科2年生 8名

日時 令和元年9月26日(木)

場所 愛媛大学医学部 (医学部本館第2ゼミナール室)

活動内容

『愛媛から発信するiPS細胞の世界標準～万能細胞はこうして成立する～』

愛媛大学医学部 准教授 加藤 英政 先生

『小児医療の昔、現在(いま)そして未来』愛媛大学医学部 講師 森谷 友造 先生

加藤英政先生による講義では、iPS細胞の基礎や愛媛大学が開発に成功した世界最高峰の改良型iPS細胞について御指導いただいた。森谷友造先生の講義では、小児医療の現状や愛媛大学が行う医療分野での地域貢献及び国際貢献について御指導いただいた。施設見学では、マラリアの感染機構やワクチン開発に関する講義の後、実際に動物組織にマラリア原虫を感染させたサンプル試料を用いて、顕微鏡観察を行ったりした。基礎医学と臨床医学の両面の現状や先端分野を学ぶとともに、世界的な医療課題に取り組む身近な研究者の姿を知ること、医学や生命科学に対する興味・関心が大変高まった。



(キ) 高大連携授業 農学

a 目的

大学での授業や研究施設の見学を通して農学に興味・関心を持たせるとともに、創造性や独創性のある研究者・技術者の素養を身に付けさせる。

b 内容

対象 理数科2年生12名

日時 令和元年9月26日(木)

場所 愛媛大学農学部

活動内容

『スピーキング・プラント・アプローチ技術が可能にするスマート農業』

愛媛大学農学部 教授 高山 弘太郎 先生

高山弘太郎先生による講義の受講後、植物工場を見学した。まず、光の特徴や光合成について学んだ後、講義と植物工場見学を通して、これまで人間には把握することができなかった農作物の生体情報を光などを用いて客観的に計測して生育状況を把握し、さらにAIを活用した植物工場で栽培・労務の最適化を図るSociety5.0を駆使する新しい農業・食料生産の姿を知ることができた。質疑応答もたいへん活発に行われたことから、生徒の農業・農学・情報・工学に対する興味・関心が高まったことが分かる。



(ク) 高大連携授業 工学

a 目的

科学・技術に興味・関心を持たせるとともに、創造性や独創性のある研究者・技術者の素養を身

に付けさせる。講義や実習を通して、工学に関する知識について考察し、今後の学校生活に生かす能力を身に付けさせる。

ｂ 内容

対象 理数科 2 年生19名

日時 令和元年 9 月26日(木)

場所 愛媛大学工学部（共通講義棟 C E L 15講義室・工学部実験実習棟水力実験室）

活動内容

『飛行機はなぜ飛ぶのか』愛媛大学工学部機械工学コース 准教授 岩本 孝治 先生

事前学習で、力とは何か、作用反作用、圧力などの基本概念を学習した上で、授業に臨んだ。

愛媛大学工学部准教授岩本幸治先生に、「飛行機はなぜ飛ぶのか」というテーマで授業をしていただいた。講義の前半は飛行機の歴史を見ながら飛行機が飛ぶ技術がどのように変遷し技術的なブレークスルーを起こして今日に至ったのかを学んだ。講義の後半では、飛行機が飛ぶ理論や機体を安定させる理論を高校物理で学ぶ「運動量と力積」や「力のモーメント・重心」の考え方をを用いて理解した上で、紙飛行機を作って飛ばすことで学んだ理論を実際に確かめることができた。最後に、施設見学では、微少な泡とAIを用いた流れを可視化する最新の技術を見ることができた。



この授業を通して、「物体が飛ぶ」という現象を考察するために必要な考え方を学ぶとともに、先人達が長い年月をかけて技術を確立していく過程を知ること、研究していく上で必要な姿勢や身に付けておくべき資質・能力を考えるきっかけとなった。

ウ 検証

愛媛大学とはSSH指定初年度から、SSH連携委員会を始めとした全面的な協力を得て、連携を行ってきた。愛媛大学は本校からの距離が近く、移動が容易であるという立地条件を生かして、平日午後からの高大連携授業も円滑に行うことができた。愛媛大学の各学部や研究センターで最先端の研究に触れることができ、生徒の高い目標に挑戦する態度や科学的探究能力の育成を図ることができた。

さらに、昨年度までは、全ての授業に理数科生徒が全員で参加する形での実施していた。全ての生徒が多方面の内容について学習するよい機会ではあったが、高大連携授業を実施することで課題研究を断続的に実施することになり、腰を据えて課題研究に取り組むことが難しい反面もあった。そこで、今年度は、大学側と日程を調整することにより、一部について同一日に複数の講義を実施し、生徒が希望する授業を受講する選択制に変更した。このことにより、特に2学年生徒と担当教員が集中して課題研究に取り組むことができ、例年以上に課題研究の時数を確保するとともに、生徒の主体性を生かしたことで、生徒自身の興味・関心をかきたてることができた。

また、昨年度までは授業担当の本校教員それぞれが大学側の担当の先生と連絡を取り、実施時期や内容について調整を行っていたものを、本校・大学側ともに窓口を一元化するように変更した。このことにより、大学側でも学部を越えて日程等の調整が可能となり、前述の同一日に複数の講義を実施することができた。また、本校教員にとっても、企画・実施運営に係る負担を軽減することができた。

3 キャリアデザイン

(1) キャリアデザインファイル

ア 仮説（目的）

ポートフォリオの機能を持たせたキャリアデザインファイルを活用することで、主体的なキャリアデザイン能力を育成する。

イ 研究内容・方法

全校生徒にポートフォリオ形式で校内外の諸活動の記録を蓄積させるためにキャリアデザインファイルを配布する。蓄積された記録をもとに学期や学年の振り返りを行い、次学期、次年度でのより主体的な活動への意欲を喚起する。さらに今年度作成したキャリアパスポートを今後有効に活用する。キャリアデザインファイルに蓄積された記録をもとに、定期的に振り返る機会を与え、より一層のキャリアデザイン能力の育成を図る。

ウ 検証

キャリアデザインファイルを5月に配布し、活動の履歴や学習の履歴の蓄積を始めた。活動の履歴においては、各種学校行事、進路指導課主催の教養アップ講座の感想からはじまり、県教育委員会主催プログラム、SSH関連行事、大学主催プログラムなど多くの課外活動参加の感想やワークシートが蓄積されている。今年度も多くの生徒が様々な活動に意欲的に参加し、記録をファイリングしている。特に3年生については、受験にあたって志望理由書や推薦書の作成に活用されるなどキャリアデザインの実現に役立てた。近年本校では、高大接続科目、GSCおよびそれにかかわる海外研修など校外での学びの場も増えており、その記録は高校卒業後も本人がキャリアデザインを描き、実行していく際に大いに役立つものとする。高校生活における成果の蓄積であるキャリアデザインファイルを卒業後も身近に置き、進学後、就職後も振り返ることの重要性を指導した。

キャリアパスポートについては、入学から卒業までの主な場면을捉えた振り返りに活用できるようなワークシート形式とした（図1）。本校入学への想いから卒業時に描く将来像までを設定し、それぞれの節目における振り返りをさらに効果的に進めるため、また、卒業後、高校生活での成長過程が確認できるよう新たに作成した（図2）。

図1 キャリアパスポートの様式（抜粋）

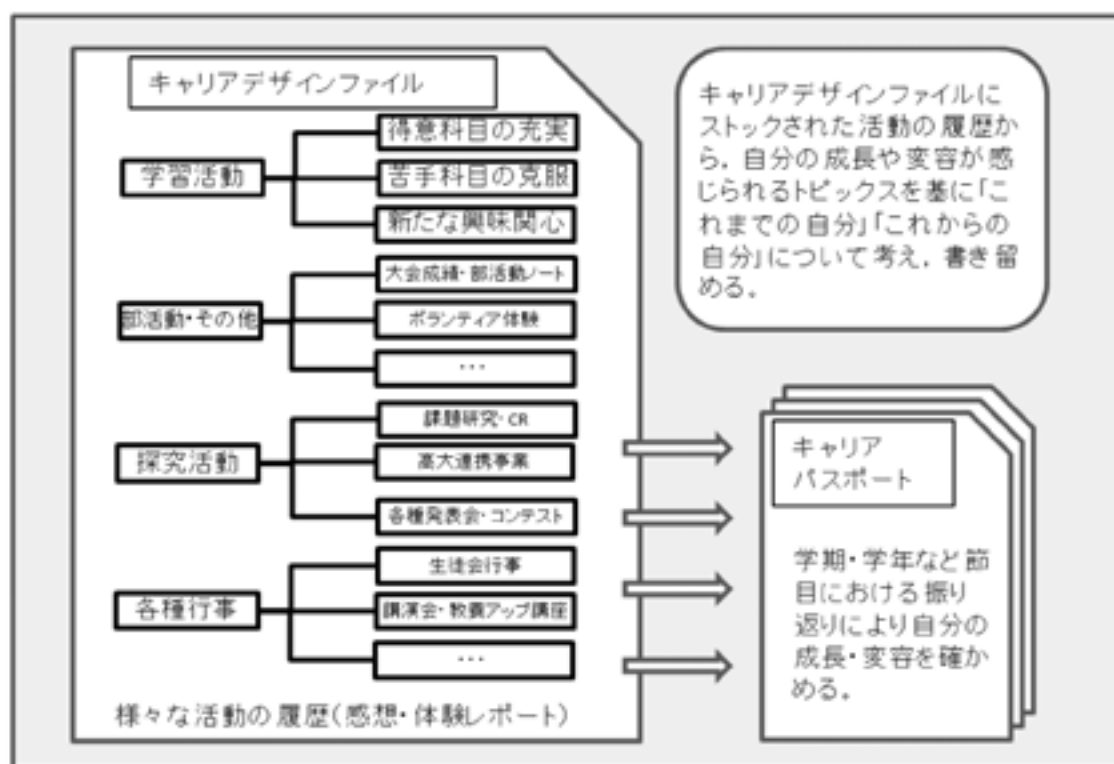


図2 キャリアパスポート活用のイメージ（抜粋）

また、本校では、平成26年度より主に大学の出張講義を活用し、生徒がさまざまな学問分野に知的好奇心を持ち、教養を深めることを目的とした課外講座「南高教養アップ講座」を完全希望制で実施している。毎回多くの生徒が参加し、内容についても年々充実したものとなるように工夫しており、今年度は以下のとおり8回実施した。

回	実施日	講 座 名 講 師 所 属 ・ 氏 名	参加人数
1	7月25日(木)	「購買データに触れてみよう／購買データを使ってみよう」 株式会社True Data 烏谷 正彦 氏	67人
2	7月26日(金)	「All English による英語講義」（2講座実施） 東京国際大学 GTI講師 DE MOURA UMBERGER Tyson	42人
3	8月1日(木)	「社会が求める主体性、協同的な学びができる学生 —なぜ九工大で総合型選抜を実施するのか—」 九州工業大学高大接続・教育連携機構 教授 安永 卓生 氏	35人
4	9月19日(木)	「生物学における可視化技術—百聞は一見に如かず—」 早稲田大学先進理工学部生命医科学科 教授 井上 貴文 氏	63人
5	10月11日(金)	「消費生活から地球環境の問題を考える —みつろうラップをつくってみよう—」 愛媛大学教育学部家政教育 准教授 竹下 浩子 氏	24人
6	10月24日(木)	「音色の不思議な世界」 九州大学芸術工学部音響設計学科 准教授 山内 勝也 氏	90人
7	11月20日(水)	「比較認知科学という分野」 京都大学大学院文学研究科 堀田 崇 氏	58人
8	12月17日(火)	「高知大学希望創発センターについて—当たり前を疑う—」 高知大学希望創発センター副センター長 教授 大嶋俊一郎 氏	60人

講座終了後には、毎回講師へ質問する生徒が列をなし、研究者との触れ合いを楽しむ様子が見られた。生徒は講座受講後の感想をキャリアデザインファイルにストックし、進路意識の向上、進路

選択や志望理由書の作成に役立てている。生徒の感想を見ると、大学での研究に対する期待や新たな学問に触れた喜びが綴られており、本講座がキャリアデザインに大きな影響を与えていることが分かる。

(2) メンター制度

ア 仮説（目的）

理数科卒業生とメンターとして交流を持ち、課題研究に対する助言を受けることで、より深まりのある課題研究を目指す。また、実際に自分が行っている専門領域の研究内容について講義してもらい、生徒自身が進むべき道を探求するなど、キャリアデザイン能力の育成を図る。

イ 研究内容・方法

本校で作成したメンターネットワークを活用し、夏休みを中心に大学生に来校してもらい、課題研究の指導・助言を仰ぐ。関西研修において、近隣の大学に進学した卒業生を宿舎に招き、講演や交流会を開く。

ウ 検証

卒業時に卒業生へメンター制度への登録を呼びかけるとともに、現メンター代表が卒業生に対して意欲的に登録のお願いをしてくださっており、登録人数の大幅な増加は見られないものの、確実にその輪は広がっている。

登録しているメンターの大学生には、9月を中心にSSの授業時間に合わせて来校していただいている。生徒は自分たちの研究について説明し、一緒に実験を行うなどして交流を深めながら、課題研究の指導や助言を仰いでいる。また、その後もメール等を利用して、メンターの先輩に課題研究の相談をしたり、助言をいただいたりしており、生徒の研究内容を深めようとする意欲的な態度の向上につながっている。高校生にとって先輩から直接指導をしていただくという体験は、卒業後も自分たちが後輩への支援をしようという意欲へ変わると考えられ、持続的な交流の場となり得る。また、本活動は支援する側のキャリアデザインとも重なっており、大変意義のある取組であるといえる。

12月に1年生を対象に実施した関西研修の際には、近隣に住む大学生3名を宿舎に招き、講演をしていただき、その後交流会を行った。生徒たちは、先輩方が高校生時代の課題研究での苦労話や楽しかった思い出話などを直接聞き、気を引き締めつつも、今後の自分の研究に向き合おうという意欲を持つよい機会となった。また、わざわざ自分たちのために宿舎を訪ねてくれる先輩の存在に感激し、自分もこうありたいと感じる生徒も多く、自分が目標とする大学生像を描かせるキャリアデザインの一助となった。

昨年度からはSSH1期生の支援を受け、希望者から選抜された生徒が参加するアメリカ海外研修を実施している。今年度は、昨年度SSHアメリカ海外研修に参加した生徒の中から、文部科学省の「トビタテ！留学JAPAN」プログラムを利用し、研修先であるコネチカット大学を再度訪れ、40日におよぶプログラムに挑戦する生徒が現れた。SSH1期生には、準備段階における現地での受け入れ先の相談から現場での指導、さらに現地でのトラブル対応など、公私にわたって多大なご協力をいただいた。その生徒は海外の大学への進学を希望し、現在準備を進めており、メンターの支援が生徒のキャリアデザインに大きな影響を与えるとともに、後輩たちへも大きな希望を持たせることにつながった。

(3) 愛媛大学研究室体験

ア 目的

大学の各研究室で実験・実習を行うことで、学術的価値の高い研究に触れその手法を学ばせると共に、自らの進路選択における重要な経験とさせる。

イ 内容

対象 理数科2年生全員・普通科・理数科3年生希望生徒

日時 令和元年10月23日(水)・24日(木) 13:40～17:00

活動内容

愛媛大学との高大連携事業の一環として以下の6学部3センターの16の研究室に生徒2から4名ずつ2日間訪問し、研究活動の一端を体験させていただいた。生徒はふだんの授業や課題研究とは異なったレベルの高い実験等に大いに興味・関心を持ち取り組むとともに、研究室の先生や学生に積極的に質問をするなど学びを深めようと意欲的であった。

〈協力研究室一覧〉

- ① 教育学部 技術教育研究室 (数学・情報学系)
- ② 社会共創学部 大森研究室 (化学・生物学系)
- ③ 社会共創学部 榊原研究室 (化学・生物学系)
- ④ 理学部 進化形態学研究室 (生物系)
- ⑤ 理学部 無機化学研究室 (化学系)
- ⑥ 理学部 齋藤研究室 (地球科学系)
- ⑦ 医学部 病態生理学講座 (医学・生命科学系)
- ⑧ 工学部 高電圧工学研究室 (電気工学系)
- ⑨ 工学部 構造有機化学研究室 (応用化学系)
- ⑩ 工学部 計算機システム研究室 (数学・情報学系)
- ⑪ 農学部 植物病学研究室 (農学・植物学系)
- ⑫ 農学部 動物細胞工学分室 (農学・動物学系)
- ⑬ 農学部 環境計測学研究室 (農学・微生物学系)
- ⑭ 沿岸環境化学研究センター 環境化学研究室 (化学・環境科学系)
- ⑮ プロテオサイエンスセンター マラリア研究部門 (医学・生命化学系)
- ⑯ 学術支援センター 病態機能解析部門 (医学・生命化学系)



理学部



農学部



プロテオサイエンスセンター



学術支援センター

ウ 検証

愛媛大学の研究室体験を通して、研究内容とその社会的な意義を直接的に理解することができた。また、同じ学問系統の中でも様々な研究領域・分野があるので、学校生活で学んでいる全ての科目が繋がりをもち研究で生かされる事を知るとともに、「大学に進学して学ぶ」ことについての具体的なイメージを持つことができた。

4 教育課程の編成と高大接続

(1) 教育課程の編成

ア 仮説（目的）

S S H第1～3期で進めてきた研究開発の成果を踏まえ、理数科においてはこれまでの成果をさらに深化させた教育課程を、普通科においては理数科で培った指導方法を実践する教育課程を編成することで、生徒の科学的なものの見方や考え方が向上し、質の高い研究方法や発表方法を習得することができる。

イ 研究内容・方法

(ア) スーパーサイエンス

a 対象 理数科生徒

b 内容

学校設定科目「スーパーサイエンスⅠ（S SⅠ）」（1年次）、「スーパーサイエンスⅡ（S SⅡ）」（2年次）、「スーパーサイエンスⅢ（S SⅢ）」（3年次）を実施している。第3期までの、1・2年次に2単位ずつの計4単位から、第4期では1年次2単位、2年次3単位、3年次1単位の合計6単位とし、3年間を通して、専門性と質の高い研究にじっくりと取り組めるようにした。そのため、教育課程における特例措置により以下の単位を減じている。

1年次：「総合的な学習の時間」1単位、「情報」2単位のうち1単位

2年次：「総合的な学習の時間」1単位、「保健」1単位

3年次：「総合的な学習の時間」1単位

なお、教科「情報」については、普通科同様、内容を精選して指導するとともに、「スーパーサイエンス（S S）」においても、問題解決のためにコンピュータを活用する方法を学ばせるなどして、教科「情報」の指導内容を補う。「保健」については「S S」及び「家庭基礎」において指導内容を補う。これらの授業では、基礎実験や高大連携授業、課題研究、愛媛大学研究室体験等を実施している。

「S SⅠ」では、1学期に物理、化学、生物、地学、数学、情報の各領域について自然科学を学ぶ上で必要な指導を行い、課題研究で必要な科学的手法や思考のための準備としての活動を行い、2学期からは物理・化学・生物・地学・数学から興味・関心に応じて研究テーマを決定し、課題研究活動を行った。愛媛大学との高大連携授業では、環境科学、遺伝子工学、地球科学、光とプラズマに関する授業や、愛媛大学の3つの研究センター（プロテオサイエンスセンター、沿岸環境科学研究センター、地球深部ダイナミクス研究センター）で講義を受講し、研究施設を見学することで、世界最先端の研究についての知識を深めた。国際性の育成を目的として英語プレゼン研究発表会を実施し、科学英語への意欲を高め、英語によるコミュニケーション能力の向上を図った。

「S SⅡ」では課題研究、研究発表会（中間発表、最終発表）を中心に活動するとともに、高大連携授業（医学部、農学部、工学部、理学部）や研究室体験、保健体育（スポーツ倫理の指導）等を実施した。

「S SⅢ」では、1学期にS SⅠ、Ⅱで行った課題研究の成果を論文にまとめ、各種コンテストへの応募や発表に係る活動を行わせることで、課題解決能力、コミュニケーション能力のブラッシュアップを図った。2学期以降は2年半の活動を踏まえ、自己の進路に対する考えを深めるとともにキャリアデザインを形成するための活動を行った。

(イ) チャレンジリサーチ

a 対象 普通科生徒

b 内容

総合的な学習（探究）の時間を「チャレンジリサーチ（ＣＲ）」とし、「チャレンジリサーチⅠ（ＣＲⅠ）」（１年次）、「チャレンジリサーチⅡ（ＣＲⅡ）」（２年次）、「チャレンジリサーチⅢ（ＣＲⅢ）」（３年次）を各学年１単位で実施した。理数科の学校設定科目「スーパーサイエンス」で培った科学的なものの見方や考え方、質の高い研究方法、発表方法に関する指導方法を生かして、普通科の生徒が主体的に習得するための科目として実施している。

「ＣＲⅠ」では、学年前半で課題研究の方法や進め方について座学を中心に学習し、後半では学年全体で共通テーマのもと、グループでの課題研究活動を行った。「ＣＲⅡ」では、生徒が興味を持った内容についてグループでの課題研究活動を行い、全教員がその指導に当たった。「ＣＲⅢ」では、１学期にＣＲⅡで行った課題研究の成果を論文にまとめ、課題解決能力やコミュニケーション能力の向上を図った。２学期以降は２年半の活動を踏まえ、自己の進路に対する考えを深めるとともにキャリアデザインを形成するための活動を行った。

教科の学習活動では文型生徒の理科で、１年次に履修した「化学基礎」「地学基礎」を発展させ、２年次に実験や考察に重点をおいた学校設定科目「化学探究Ａ」「地学探究Ａ」（各１単位）を選択履修、３年次には学校設定科目「化学探究Ｂ」「地学探究Ｂ」「生物探究」（各２単位）を２科目選択履修できるようにして理科の時数を充実させることで、より発展的な内容を継続的に履修できるようにした。

ウ 検証

(ア) 理数科「ＳＳ」に関する検証

第４期で「ＳＳ」の単位数を６単位としたことで、課題研究の実施や研究発表に係る時間を多く確保することができ、また、高大連携事業における講義や実習により、これまでの内容を進展させることができた。特に本年度は、「ＳＳ」での事業の実施に当たって、これまでの反省点を踏まえて、前述（Ⅲ－１－(１)－ウ）にある、①７月に理数科全学年を対象とした「ＳＳ交流会」の実施、②複数の高大連携授業の同一日実施、といった改善を加えることにより、生徒にとってより有用な事業を推進することができ、高大連携授業を充実させることで大学との連携をさらに深めることができた。

生徒は、活動内容を実験ノートやキャリアデザインファイルにまとめることにより自己評価や自己分析を行い、自らの進路実現に向けた主体的な活動を進めることができ、理数科においては理系学部への進学希望が92%と高い割合を示している。

(イ) 普通科「ＣＲ」に関する検証

①事業内容の変遷

普通科生徒全員を対象とする課題研究を実施するに当たり、実施内容や方法について成果と課題をもとに改善を重ねてきた。各年度の取組内容を以下に示す。

	1 年生	2 年生	3 年生	評価
H27	前期：プレ課題研究（テーマ「エネルギー」） 後期：課題研究（各自が興味を持ったテーマ）			ルーブリックによる評価の研究を開始
H28	通年で課題研究を実施（テーマは各教員が幅広く例示し、相談の上決定または生徒のオリジナルテーマ）	通年で課題研究を実施（テーマは各教員が幅広く例示し、相談の上決定または生徒のオリジナルテーマ）		ルーブリックの作成 ルーブリック評価開始
H29	1 学期：テキストを用いた基礎学習 2 学期以降：プレ課題研究（テーマは「地域」）	通年で課題研究を実施（テーマは各教員が幅広く例示し、相談の上決定または生徒のオリジナルテーマ）	1 学期：課題研究の成果を論文にまとめる 2 学期以降：キャリアデザインに関する内容	ルーブリックによる評価
H30	1 学期：テキストを用いた基礎学習 2、3 学期：プレ課題研究（テーマは「地域」）	通年で課題研究を実施（テーマは各教員が幅広く例示し、相談の上決定または生徒のオリジナルテーマ）	1 学期：課題研究の成果を論文にまとめる 2 学期以降：キャリアデザインに関する内容	ルーブリックによる評価に加え、プロセス評価を導入
R 1	1 学期：テキストを用いた基礎学習 2、3 学期：プレ課題研究（テーマは「地域」）	通年で課題研究を実施（生徒が希望する研究の方向性から担当教員を割り当て、相談の上テーマを決定する）	1 学期：課題研究の成果を論文にまとめる 2 学期以降：キャリアデザインに関する内容	ルーブリックによる評価とプロセス評価を実施

継続した事業改善を通して、第 4、5 年次に実施した流れを本校普通科での課題研究の実施体制の基本とし、今後も改良を加えながら実施していくこととした。

②実践を通して認識した課題とその対策

「C R」の実施に当たっては、学年主任、クラス担任・副担任及び S S H 推進課が連携して運営し、各課題研究の専門的な内容については各教科の教員が指導に当たるという全校体制で指導を行っている。5 年間実施する中で課題も見付き、それぞれに対して次のような対策をして事業を改善した。

【課題①】 教員が示したテーマから選んで研究させる形式をとると、生徒それぞれの興味・関心を生かすことができない。
【対策①】 教員が興味のあるテーマを幅広く提示し、それを参考にして生徒が担当教員の希望を提出する。担当が決定したのち、教員が提示したテーマと生徒の興味で共通する内容をベースに研究テーマを決定させた。
【課題②】 普通科生徒全員を対象とするため、教員の負担が大きい。
【対策②】 1・3 年生は原則として H R 担任・副担任が指導する。2 年生のみ各班に 1 名の教員が指導に当たるようにした。

【課題③】 各H Rで指導のばらつきが発生する。 【対策③】 共通のテキストを使用するとともに、本校独自の指導マニュアルを作成し、指導計画・内容の共通理解を図る。また、学年会等で実施状況についての情報共有を図る。
【課題④】 情報教室などの設備面に不足がある。 【対策④】 「C R」を各H Rが単独の時間で実施することができるような時間割とした。学校図書館の協力により、蔵書を充実させたり、C Rコーナーを開設したりする指導体制を確立した。タブレット端末を全校で170台導入することにより、生徒の活動を活発化させるとともに、授業改善のためのツールとして端末を積極的に利用する体制を構築した。
【課題⑤】 普通科課題研究の成果を発表する機会が少ない。 【対策⑤】 本校の研究成果報告会で代表班がポスター発表を行う。平成30年度からは大学や地域の専門企業と連携して、統計を中心としたデータサイエンスの研究を行っている。普通科生徒も論文コンテストに応募し、全国入賞する班も出始めている。

③課題と今後の展望

本校は第3期までのSSH事業における理数科生徒に対する課題研究の指導方法や実施内容について蓄積があったが、8倍のクラスに対して、また、文系・理系の双方での課題研究の実施については、5年間常に課題と直面するものであった。しかし、指導計画や研究テーマの設定、担当教員の割り当て方などについて、見つかった課題に対して改善を加え、検証した後にさらに改善を加えるなど、工夫や試行を重ねることにより、一つの指導体制を確立できた。

一方で、最終年度である本年度は、教科書の内容に関連する自然科学分野のテーマを設定した班は、昨年度26班から今年度12班に減るといった新しい課題も見つかっている。教科の学習内容に疑問を持ち、興味・関心を育むことも重要であると考えられるので、特に理型クラスについては理数科との連携を図っていく必要がある。

また、生徒が考える研究分野について、専門分野の教員が指導に当たっているが、生徒が興味を持つ分野に偏りがあり、そのことで特定の教員の負担が増加している。また、調べ学習的な内容の課題研究も中にはあり、論理的で説得力のある研究ができるように指導していく必要がある。

そこで、昨年度から行っている統計分野における研究では、研究手法や指導方法が確立されてきており、昨年度に引き続いて各コンテストで成果を上げていることや、大量のデータを利活用能力は生徒にとって次の時代が必要とされるものであることから、今後は統計の手法を中心にした課題研究を実践していくことを計画している。

(2) 高大接続

ア 仮説（目的）

生徒が高大接続科目を履修することによって、高校生のうちに身に付けておかなければならない知識が、大学教育での専門に特化した学びの基盤となることを実感する。また愛媛大学の講義を受けることより、大学における学問の深まりや広がりを意識しながら、高校での主体的な学習者としての姿勢が育成される。

イ 研究内容・方法

愛媛大学は平成27年度に文部科学省大学教育再生加速（AP）プログラムの一環として、高大接続科目を設置した。本校生徒は、令和元年度前学期（第1・第2クォーター）に、新たに開講された「初修外国語」を、令和元年度後学期（第3・第4クォーター）に、「ことばの世界」と「数学入門」を受講している。

2、3年生の希望者が、放課後週1回または2回通う。修得した単位は、愛媛大学に進学する場合は、教養科目として1単位が認められる。愛媛大学に進学した場合以外にも、単位が認定されるかどうかは、現在検討中である。「ことばの世界」と「数学入門」の両方の受講も可能である。

(ア)「初修外国語」

第1クォーター及び第2クォーターに開講される同一言語の科目をともに履修することが条件になっている。ドイツ語、フランス語、中国語、朝鮮語、フィリピン語の中から選択することができる。講義では、各言語の技能検定に合格するための実力を養成したり、言語の文化的背景について学んだり、学習内容も多岐にわたっている。

(イ)「ことばの世界」

履修資格として、英検2級程度以上または同等以上の英語能力が条件とされている。多様な人々と協働するための、英語による表現力やコミュニケーション能力を身に付けることが目標である。講義では、実際に英語で自分の意見を述べたり、日常生活で使用頻度が高い表現でスキットを行ったりする。



「ことばの世界」講義風景

(ウ)「数学入門」

論理記号を用いたり、数学・科学的な「真とは何か」を理解したりすることを目標としている。講義では、論理記号による命題の記述、命題の真・偽値、及び集合算との関係、無限濃度、パラドクスが解消されてきた経緯を学ぶ。

ウ 検証

令和元年度前期愛媛大学高大接続科目受講状況

科 目 名	受講者数	単位取得者数
初級ドイツ語Ⅰ・Ⅱ	4	4 (2)
初級フランス語Ⅰ・Ⅱ	2	2
初級中国語Ⅰ・Ⅱ	1	0
初級朝鮮語Ⅰ・Ⅱ	4	4

() は2単位のうち1単位のみ取得した生徒数

令和元年度後期愛媛大学高大接続科目受講状況

科 目 名	受講者数	単位取得者数
ことばの世界	9	未定
数学入門	11	未定

《受講についての所感》

「初修外国語」

- ・英語以外の外国語を短期間で学習しやすい環境が整っている。
- ・大学では、第二外国語としてフランス語を学びたいと思っている。あいさつ程度の会話ができるようになった。
- ・朝鮮語や韓国の歴史・文化を学べる大学や学部に進学したいと思うようになった。

「ことばの世界」

- ・スラングや省略など、日常会話にかなり近い英語を学ぶことができる。
- ・様々な問題について、日本と外国との考え方の違いを知ることができた。
- ・同じ英語でも、話される地域による違い（なまり）も聞き分けられるようになった。
- ・日常でよく使う表現を使って、寸劇をしたことが楽しかった。

「数学入門」

- ・（数学については詳しいつもりでいたが）自分の知らない世界がまだまだあると気づいた。
- ・高校では記号しか習わないが、それが持つ意味や使い方も学び、さらに数学に興味を持った。
- ・新しい概念や、考え方、表現の仕方を知ることができた。
- ・高校での基本の大切さがよくわかった。

受講前は、未知の内容に少し不安があったようであるが、高大接続の講義を通じて進学や大学卒業後の進路を具体的に考えたり、高校と大学での学びの連続性に気付いたりしたようである。どの感想からも、受講の充実感を窺うことができた。また、外国語科目受講の動機として、医学部への進学を考えているためにドイツ語を、韓国の文化に興味があるので朝鮮語を、台湾の生徒と交流するために中国語をとるように、高校での主体的な学びや、自身の進路に大きく関係している場合が多い。数学選択についても同様に、数学オリンピックを目指している生徒のさらなる数学への知識欲求や、大学で数学を専攻したいが、高校と大学では学び方や内容にどのような違いがあるのかを知りたいなど、はっきりとした目的意識が見られた。

高大接続科目を履修し、生徒は、高校で学んだ幅広い知識を使って演習をしたり、さらに深く学んだりすることができたようである。特に英語や数学については、高校で学んだことを実際に活用するということを実感している。また、今自分たちが学んでいることが、大学教育においてどのように深まっていくのかも感じることもできたようである。

大学における学びの経験により、高校での学習においても、今なぜそれを学んでいるのか、今の自分たちの学習がどう広がっていくのかというビジョンを描くことができ、主体的に学習に取り組む意欲がさらに向上したといえる。

また、高大接続科目の受講者数は、平成28年度20名（英語のみ）、平成29年度27名（英語と数学）、平成30年度25名（英語と数学）、令和元年度31名（外国語と数学）となっており、少しずつ生徒の関心も高まっている。

5 国際性育成

(1) 国際性育成

ア 仮説（目的）

本校の第2期SSHより進めてきた生徒の国際性を育成する事業を継続・深化させ、海外の高校や生徒との持続的な交流活動を進めることにより、本校生徒が国際的な視野を広げ、外国語を用いたコミュニケーション能力を向上させるとともに、世界に目を向けて自らの進路実現に向けて意欲的に取り組む姿勢を身に付けさせる。

イ 研究内容・方法

(ア) 英語プレゼン研究発表会

日時 令和元年12月5日(木)、令和2年1月30日(木)

対象 理数科1年生42名

場所 本校・愛媛大学

内容

第1回の発表会では、愛媛大学の外国人研究者2名による、それぞれの専攻分野に関する研究についての発表を聞くことにより、科学英語への理解を深めるとともに、最先端の科学研究への興味関心を高めた。また、同研究者から、英語での研究発表における表現方法や説得力のある効果的なプレゼンテーションの作り方などを学んだ。

第2回の発表会では、クラスの代表3班が課題研究を英語で発表し、お互いに英語で質疑応答を行った。また、外国人研究者から、研究内容及び質疑応答の様子や内容について、指導や助言をいただいた。今後は、この発表会での学習、経験を踏まえて、2年次に実施する台湾修学旅行（台湾科学交流研修）や、その他の海外研修での英語による研究発表やコミュニケーション活動がスムーズに行うことができるよう、スキルの向上などの準備を進めていく。



第2回発表会での発表

(イ) 海外の高校との交流活動

a 台湾修学旅行

日時 令和元年5月15日(火)～18日(土)

対象 理数科2年生38名

場所 台北市立建國高級中學、桃園市立武陵高級中學、台北市周辺

内容

本校の姉妹校である建國高級中學との交流は、本年度で7年目を迎えた。課題研究の相互発表では、本校から3班、建國高級中學から2班が発表を行った後、質疑応答・研究協議を行った。また、8つのクラスに分かれて授業に参加し、学習活動・交流活動を行った。武陵高級中學との交流は、本年度で6年目となり、研究発表、校内見学・交流活動を行った。両校とも長年にわたって交流活動を継続することで、持続的な友好関係を築いていることを感じることができる研修となった。



課題研究について意見交換

b 台北市立建國高級中學Presentation Meeting参加

日時 令和元年5月12日(日)～14日(水)

対象 理数科3年生5名

場所 台北市立建國高級中學、桃園市立武陵高級中學

内容

建國高級中學主催の課題研究発表会に、海外からはシンガポール、韓国、日本の生徒が参加し、本校からは理数科3年生5名が参加した。発表会では課題研究3班に分かれて研究成果を英語で発表し、発表・質疑応答により内容のブラッシュアップを図った。また、本年度は2泊のうち1泊を建國高級中學生宅にホームステイをし、台湾の生活様式や文化を肌で触れ、ご家族と交流を深めることができた。また、ご家族の温かい対応を受け、異なる国のおもてなしの精神を感じるよい経験となった。



英語でのポスター発表

c 建國高級中學生による本校訪問・交流活動

日時 令和元年12月12日(木)～13日(金)

対象 普通科・理数科1、2年生

場所 本校

内容

昨年に引き続き、建國高級中學の生徒20名と教員3名が来校した。歓迎セレモニーでは両校生徒による学校及び地域紹介があり、その後、授業体験、文化体験(剣道、茶道)、調理実習(日本の伝統的料理)、交流活動を行った。授業体験では建國中學生が10クラスに分かれて、本校教員による古典、日本史、地理、数学などの授業に参加した。また、生徒20名が本校生徒宅にホームステイすることで、交流を深めることができた。



歓迎セレモニーの様子

(ウ) 海外での諸活動への参加

a 環太平洋科学才能フォーラム

日時 令和元年7月6日(土)～11日(木)

対象 理数科2年生1名

場所 台湾師範大学、台北市周辺

内容

16の国と地域から参加した環太平洋科学才能フォーラムに、本校生徒1名が日本代表6名のメンバーとして参加した。フォーラムでは、多国籍のチームを作り、フィールドワークやプロジェクトの企画と発表、文化訪問などを行った。現地ではチームでの活動が中心であり、当初は言葉がなかなか通じずに困る場面もあったが、周囲に助けられたり、積極的に話しかけようとしたりすることで、すぐに打ち解けるようになり、仲間のお互いの意見や考え方について積極的に討論や議論をすることでプロジェクトをスムーズに進めることができた。1週間の研修を通して、国際的な舞台では語学力のほかに積極性や異文化の理解が必要であることを大いに感じ取ることができた。



グループでのプロジェクト活動

b トビタテ!留学JAPAN「日本代表プログラム」参加

日時 令和元年8月

対象 理数科3年生1名

場所 アメリカ合衆国 州立コネチカット大学

内容

昨年度SSHアメリカ海外研修に参加した生徒が、州立コネチカット大学（本校SSH1期生の萬井知康氏がアシスタント・プロフェッサーとして勤務）で研修を行った経験から、再度、コネチカット大学を訪問し、さらに深く研究したいという気持ちが強くなり、上記のプログラムに応募し、採択された。

留学期間は41日間であり、最初の4週間はコネチカット大学の「Pre-College Summer」に参加し、週ごとに「Data Science」、「Food Science and Technology」、「Digital Animation & Motion Graphics」、「Pharmacy: Explore the Field」の授業を受講した。残りの3週間は萬井氏の研究室で光化学の研究を行った。

参加生徒は、長期間の生活を経験することにより、海外の大学で学ぶ楽しみを感じ、海外で生活する自信が付き、高校卒業後はアメリカの大学へ進学したいという希望を持っている。



卒業生（萬井氏）による実験指導

(エ) SSHアメリカ海外研修

日時 令和元年10月28日(月)～令和元年11月2日(土)

対象 理数科2年生4名・普通科2年生1名

場所 州立コネチカット大学、Bridgeport AquaCulture Science and Technology

内容

a 州立コネチカット大学

昨年に引き続き、州立コネチカット大学化学科を2日間の日程で訪問した。萬井氏の専門分野である物理化学分野の講義を受講したり、研究室を見学や研究員の研究について質疑応答を行ったりした。今年度は、萬井氏の企画・指導により、近隣のWoodstock Academyから参加した現地高校生と一緒に光化学に関する実験を通じたワークショップを体験した。また、本校生徒の課題研究について発表し、質疑応答やアドバイスをいただいた。



萬井研究室の研究員と一緒に

b Bridgeport AquaCulture Science and Technology

日本で言う高等専門学校のような形態の水産系・科学系の高校であり、昨年度に引き続いて訪問し、英語での課題研究のプレゼンテーション発表や質疑応答、施設見学を通じて英語による交流活動を行った。また、国際的な問題の解決に向けて共同で研究を進めることについての話し合いを行い、今後は生徒による共同研究を進めていく予定である。



英語での研究発表・質疑応答

6 SSHの成果普及

(1) 仮説（目的）

本校や管理機関（愛媛県教育委員会）、大学等が主催する各種事業に本校生徒が参加し、研究発表をすることにより、本校SSHで開発・実践してきたプログラムの成果を広く公表し、県内の課題研究のレベルアップに尽力するとともに、科学系活動の牽引に努める。また、さまざまな活動に本校生徒・教員が積極的に参加することにより、本校SSHで開発・実践したプログラムの成果を普及させ、県内における理数系人材育成のために尽力する。

(2) 研究内容・方法

ア 理数系教員育成支援プログラム

(ア) 目的

理数系教員を目指す大学生を対象に、高校生と一緒に実験・実習を体験することにより、次世代の指導者を育成する一助とする。

(イ) 内容

日時 令和元年10月2日(水)～令和2年1月15日(水)

場所 松山南高等学校

参加者 理数科1年生

活動内容

毎週水曜日の放課後に実施する「サイエンスクラブ」の時間を利用して、愛媛大学の教員希望者を本校に招き、生徒とともに実験や実習を行った。実施内容は次のとおりである。

10月2日(水) 血球（魚類・両生類）の観察（生物）

10月16日(水) 酢酸の反応を通して触媒の働きに注目する（化学）

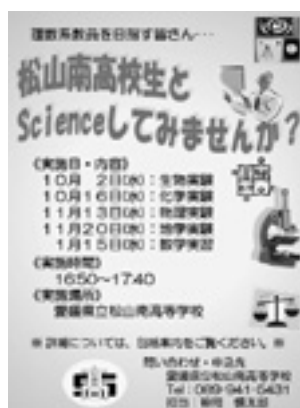
11月13日(水) 物体のはね返り（物理）

11月20日(水) 結晶成長の観察（地学）

1月15日(水) 角の三等分問題（数学）



10月16日 化学実習



案内ポスター

イ 親子実験教室（愛媛大学主催）

(ア) 目的

毎年夏休み期間中に愛媛大学理学部が開催している科学イベント「親子で楽しむ科学実験」に、本校生物部の生徒が企画段階から参加し、小学生や保護者の方に実験・観察を通して科学の楽しさを伝える。

(イ) 内容

対象 生物部 5 名

日時 令和元年 8 月 24 日(土)、25 日(日)

場所 愛媛大学理学部

活動内容

「DNA を抽出してみよう～自分のだ液から DNA を取り出してみよう!～」のテーマで、本校生が参加した小学生と保護者に実験指導を行った。本校生は小学生に優しく教えながら、楽しく活動するとともに、実験の合間に、小学生の頃に理科が好きになったきっかけや、南高に進学して良かったことなどを語るサイエンスコミュニケーターとして、小学生やその家族と交流することができた。



本校に進学してよかったことを語る 1 年生

ウ 「集まれ!理系女子」女子生徒による科学研究発表会 四国大会

(ノートルダム清心学園 清心中学校清心女子高等学校主催)

(ア) 目的

日頃の科学研究活動の成果の発表を通して、理系女子生徒間の友好・仲間意識を深め、理系女子の裾野の拡大およびネットワークの構築を図る。女性研究者の講演を通じて、ロールモデルを提供し、キャリア形成につなげる。

(イ) 内容

日時 令和元年 8 月 24 日(土)

場所 愛媛大学理学部

発表班 理数科 2 年水滴班「固体物を水面に落としたときには
ね返る水滴の高さに関する研究」

参加生徒 理数科 2 年 3 名、1 年 3 名



水滴班の発表

エ 愛媛県高等学校教育研究大会理科部会 (愛媛県高等学校教育研究会主催)

(ア) 目的

県内の高校教員対象の研修会で、生徒が課題研究の成果を発表することで、SSH での活動の成果を公表し県内に波及させるとともに、専門的な知見からの助言や指導を受けることによって研究内容のブラッシュアップを図る。

(イ) 内容

日時 令和元年 12 月 23 日(月)

場所 愛媛県立松山東高等学校

発表班 理数科 1 年ビタミン班「異なる光条件下におけるシア
ノバクテリアに含まれるアスコルビン酸量についての研
究Ⅱ」



ビタミン班の発表

オ えひめスーパーハイスクールコンソーシアム in 中予（愛媛県教育委員会主催）

（ア） 目的

県内「スーパーサイエンスハイスクール」「スーパーグローバルハイスクール」「スーパープロフェッショナルハイスクール」の指定校などにおける先進的な教育活動の報告と意見交換を通して、研究成果の普及と深化を図るとともに、主体的に学び地域課題の解決に取り組もうとする気運を醸成する。

（イ） 内容

対象 県内中予地区の高等学校・中等教育学校・中学校の生徒及び保護者

日時 令和2年1月24日(金)

場所 松山市総合コミュニティセンター キャメリアホール

発表班 普通科2年森林班「100円グッズを活用した簡易的な人工林の健康診断 ―生物多様性の保全と減災の両立を目指して―」



森林班の発表

カ 「えひめサイエンスリーダースキルアッププログラム」サイエンスチャレンジ2019

（愛媛県教育委員会、愛媛大学、愛媛県高等学校教育研究会主催）

（ア） 目的

生徒が主体的に取り組んだ科学研究の成果の発表を通して、分かりやすく聞き手に伝える技術や、科学的な視点で物事を考え議論する能力の育成を図る。また、生徒の思考力・判断力・表現力等を育て、科学に対する興味・関心を高める。

（イ） 内容

日時 令和2年2月2日(日)

場所 愛媛大学

発表班

「レーザー光の干渉による布の物理的性質の比較 ―天然繊維に着目して―」（物理）

「固体物を水面に落とした時の水のはね返りに関する研究」（物理）

「ゼーゲル式を用いた赤色糊薬の研究」（化学）

「ヒドロキシ基の配置の違いが浸透現象に及ぼす影響」(化学)

「アサギマダラの効率的な飛翔メカニズムの探究」（生物）

「クモの牽引糸における破断強度とその増強」（生物）

「素数の累乗と約数の総和の関係について

～倍積完全数に迫る～」（数学）



生物クモ糸班の発表

キ えひめ高校生SDGsミーティング（本校主催）

（ア） 目的

国連で採択されたSDGs（持続可能な社会に向けた目標）の達成に向けて、愛媛の高校生に何ができるかを考え、お互いの取組をつなぎ合わせて共有し、新しい活動につなげていく。

(イ) 内容

対象 愛媛県内でSDGsやESDに関する取組をしている、または関心のある高校生

日時 令和2年2月9日(日)

場所 松山南高等学校 会議室（本校主催）

参加校

土居、西条、今治西伯方分校、北条、上浮穴、八幡浜、宇和島東、小松、今治北、松山南

事例発表

宇和島東高等学校「What we can do against Water problem」

上浮穴高等学校「ヨーロッパの森や街から考える久万高原町」

西条高等学校「西条の歴史・文化に学ぶ」

松山南高校「目指せ、エシカルコンシューマー」

活動内容

小林修博士（愛媛大学国際連携推進機構・准教授）、常川真由美さん（えひめグローバルネットワーク・理事）を講師にお迎えし、各高校の事例発表、ワークショップやパネルディスカッションを行った。



ワークショップの様子

ク 研究成果報告会（本校主催）

(ア) 目的

1年間のSSHの研究成果を、全校生徒や保護者、地域の方々に対して発表し、広く伝えることによって、活動の意義を再認識し、今後の課題を発見する機会とする。また、県内のSSH校がお互いの報告会に参加し、研究発表をすることにより、交流を深める。

(イ) 内容

対象 本校普通科・理数科1・2年生

日時 令和2年3月13日(金)

場所 松山市総合コミュニティセンター カメラホール

活動内容

海外研修報告、理数科1年英語プレゼン、理数科2年課題研究、普通科2年課題研究、西条高校、宇和島東高校の口頭発表、理数科・普通科1・2年生のポスター発表（普通科、理数科代表班）

ケ 科学系部活動交流（本校主催）

(ア) 目的

自然科学系部活動が盛んな県内の高校を訪問し、部活動の生徒交流を行うとともに、相互に研究発表を実施し、科学研究に対するモチベーションの高揚を図る。また、希望する一般生徒も参加することによって、科学系部活動の紹介や普及に努め、科学の裾野を広げることに繋げる。

(イ) 内容

対象 自然科学系部活動所属生徒、希望生徒

日時 令和2年3月21日(土)

場所 愛媛県立長浜高等学校

活動内容



ポスター発表の様子（H30年度）

他校との交流を通して、研究発表の技術を深め、自主的かつ探究的な態度が習得できるように、相互のポスター発表や質疑応答を行う。また、長浜水族館の見学も行う。

(3) 検証

県内外の高校生が互いの課題研究を発表したり、質疑応答したりすることによって、交流を深めるとともに研究内容を深化することができた。また、普通科の生徒も、校外で発表する機会について高い関心を持っている（資料1の(2)のイ）。それぞれの行事には、SSH校に限らずいろいろな学校からの参加も増えており、地区や校種が異なる生徒や教員どうしが交流することでお互いに刺激を受けるよい機会となっており、県内の科学系人材の育成に尽力することができている。また、一般からの参加者の年齢層も幅広く、発表の参観や実験等に参加することで高校生の活動の魅力に触れていくことができおり、地域の科学教育の推進に貢献することができている。

7 事業評価

(1) 評価方法

ア 仮説（目的）

ループリックを用いた評価を行うことによって、生徒の活動を多角的な視野から評価することができる。また、評価基準を明確にすることで、すべての教員が課題研究について共通認識を持ち、指導に取り組むことができる。評価基準を公表することで、生徒それぞれが日頃の研究活動や成果の発表について到達目標を設定して、目標達成のために努力できる。

イ 研究内容・方法

(ア) 事業評価のための客観的評価項目の検討

第4期5年次の本校SSH事業の実態を客観的に評価するために、四つの観点（科学的探究能力の育成、国際的視野の育成、キャリアデザイン能力の育成、地域に対するアイデンティティの醸成）に注目して、評価方法を検討した。

(イ) 課題研究におけるループリック評価の推進

昨年度に引き続き、愛媛大学教育再生加速プログラム高大接続推進委員会「課題研究」評価ワーキンググループに参加して作成したループリックを基に、ループリックを活用した課題研究指導法のあり方や評価基準の検討を進めた。SS・CRにおいては、昨年度同様、発表会ごとにループリックを用いた評価を行った。また、簡易版ループリックを用いて生徒による相互評価や自己評価の機会を増やした。さらに、3年生SS・CRにおける論文執筆において、ループリックを用いたプロセス評価を年2回行い論文の完成度を高めることを目指すとともに、2年生SS・CRにおいて活動状況を生徒自ら振り返り改善していくために、プロセス評価を年2回実施した。

ウ 検証

表1に示すように、第4期開始当初と比較して、事業実施の成果が上がってきているといえる。科学系コンテストにおける好成績は、校内発表会におけるループリック評価や、3年生SSの論文執筆時における生徒自身によるプロセス評価など、客観的基準に基づいた反省・改善・挑戦の繰り返し

返しが効果的であったと考える。また、昨年度に引き続き今年度も普通科C Rの課題研究からもすぐれた作品が発表された。うち2件は全国上位入賞を果たした。指導のノウハウや生徒自身の課題研究への取組姿勢などに理数科から普通科への波及が見られている。

表1 4つの観点における客観的評価例

観 点	評 価 項 目	第4期1、2年次 平均（延べ数）	第4期3～5年次 平均（延べ数）
科学的探究能力の 育成	全国規模の科学系コンテスト入賞数	3.5 （内、C Rから0）	16.5 （内、C Rから4）
国際的視野の育成	英語によるプレゼンテーションまたは海外研修参加人数	40	95.5
キャリアデザイン 能力の育成	A O・推薦入試を活用した国公立大学合格者数	理数科 8 普通科理系 14	理数科 8.7 普通科理系 20.0
アイデンティティ の醸成	愛媛大学開講の高大接続科目または愛媛大学G S C参加人数	15 （高大接続科目（英）のみ実施）	44 （高大接続科目（英・数）・愛大G S C

(2) 生徒の変容

毎年SSH事業に対するアンケートも行っている。SSH事業に対する理数科生徒の満足度については、例年高い評価を得ているが、今年度は特に研究室体験、台湾科学交流研修、関西研修の満足度が向上した。また、普通科生徒のSSH事業に対する関心も高く、昨年度にくらべて今年度は特にサイエンスミーティング、親子実験教室、英語プレゼン・台湾研修への関心が高くなっており、社会への理解・関心と主体的に関わる態度の育成につながっていることがうかがわれる。C R代表班が愛媛県や西条高校主催の発表会でステージ発表するなど、普通科生徒の課題探究力やプレゼンテーション能力の向上も実感できた。

また、表2に示す科学系コンテストを始め、各種コンテストに積極的に参加している。

表2 各種コンテスト参加人数

	平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度
物理チャレンジ	6名		1名	2名
全国高校化学グランプリ	3名	4名	12名	12名
日本生物学オリンピック	9名	11名	12名 優良賞 （理数科1年生）	9名
数学甲子園			20名	12名

平成28年度から愛媛県高等学校文化連盟に自然科学部門が新たに設立され、愛媛県高等学校総合文化祭では、生物部門で本校が優秀賞を受賞し、4年連続の全国大会出場となった。また、全国高等学校総合文化祭自然科学部門研究発表化学部門で本校が奨励賞を受賞した。

論文応募も積極に行った。「第63回日本学生科学賞愛媛県審査」で愛媛県市町教育委員会連合会長賞1点、優秀賞2点を受賞した。「第11回坊っちゃん科学賞研究論文コンテスト」では優秀賞1点、優良入賞1点、入賞3点を受賞した。「第18回神奈川大学全国高校生理科・科学論文大賞」では努力賞1点を受賞した。「生活をテーマとする研究・作品コンクール」では優秀賞を受賞した。「朝永振一郎記念第14回筑波大学『科学の芽』賞」では奨励賞1点、努力賞3点を受賞した。

普通科C Rの進展に伴い、地域活性化をテーマとしたものや統計学を駆使した課題研究の全国入

賞が目立ち始めている。「統計データ分析コンペティション」では優秀賞、「愛媛大学社会共創コンテスト2019研究・探究部門」では準グランプリ、「第3回和歌山県データ利活用コンペティション」ではデータ利活用賞、「第67回統計グラフ全国コンクールパソコン統計グラフの部」では佳作を受賞した。

進路については、SSH事業開始後、キャリア教育や課題研究を通して自己の興味・関心を深めることによって進路志望をより明確にできるようになった。その結果、昨年度に引き続きAO入試や推薦入試を利用し、多くの生徒が合格している。

IV 研究開発の評価

1 令和元年度の評価

普通科課題研究に関しては、昨年度「CR」（普通科課題研究）1期生が卒業したことにより確立することができた指導方法を継続して実践し、全校体制の指導を行うことができた。また、課題研究での経験や成果、キャリアデザインを生かして進路決定をしたり、大学受験に活用したりする生徒も増加した。普通科課題研究がより深化したことにより、昨年度に続いて全国で上位の賞を受賞した研究も複数生まれ、特に、統計的手法を取り入れた研究について、研究内容、指導方法ともに確立させることができた。また、県内外の大学や企業等から指導を受ける体制を強化することができた。研究テーマの設定については、生徒が主体的に研究に取り組み、同時に教員の意識も高まってきた。外部との連携が強化され、有益なアドバイスや指導をいただいたことも成果につながっている。理数科課題研究については、校内においては、異学年間の交流機会を増やし、積み重ねられた経験を継承することができた。また、高大連携事業や高大接続に関する事業を通じて培った能力や探究心を生かして、主体的かつ継続的に研究に取り組むことができた。研究の成果についても積極的に科学系コンテスト等に応募し、多くの入賞を果たすことができた。

愛媛大学との連携については、従来の高大連携から高大接続に深化する事業について生徒の積極的な取組が見られた。本年度、新たな高大接続科目が追加開設され、受講者も平成30年度の25名から本年度は31名に増加し、参加した生徒は主体的に学習に取り組み、単位を修得した。グローバルサイエンスキャンパス（GSC）については、昨年度までの愛媛大学、広島大学に加えて東京大学のGSCに挑戦する生徒が現れた。継続的に大学に通って講義を受講したり実習に参加したり、海外での研修や学会での発表に参加したりと、多くの貴重な経験をしている。

国際性育成については、昨年度に続いてSSHアメリカ海外研修を実施し、本校SSH1期生である卒業生が勤務するコネチカット大学での研修期間を延ばし、充実した内容の研修を行うことができた。台湾の高校との交流についても、本校の姉妹校である台北市立建國高級中學とは相互に訪問する交流をさらに深めることができた。また、アメリカ、台湾の高校とは、今後国際的な課題についての国際共同研究を進める基盤を構築することができた。昨年度から急激に増加した海外研究の参加者の経験や成果を校内の他の生徒に報告する機会を設けているが、その内容に触発されるように、多くの生徒が海外での研究に興味を示し、挑戦しようとする気運が生まれている。

事業評価については、具体的な数値化などを用いて事業の見える化に取り組み、事業の評価に取り組んだ。

2 今後の開発の方向

普通科課題研究については、より生徒が主体的に取り組み、かつ今後の社会で必要とされる資質や能力を育成していく必要があると考える。特にこの2年間で確立した統計的手法を用いた研究やその指導について研究開発を進めていく予定である。理数科課題研究については、これまで培った指導方法等を継続するとともに、GSCとの相乗効果をさらに高めるような課題研究のあり方について研究・実践をしていく予定である。また、追跡調査によりSSH卒業生の多くが研究者として活躍しており、卒業生が勤務する大学の研究室との連携を深めるなど、SSHでの人的資源を生かした活動を実施する予定である。

国際性育成については、海外の学校との交流を深めることができたので、今後は国際共同研究の推進や、海外での成果発表や海外で活躍する資質の育成に向けた取組をしていきたいと考えている。

事業評価については、長期にわたり取り組んでいるSSH事業の検証のための評価方法やPDCAサイクルの確立に向けて、さらに研究を進めていきたい。

3 第4期全体の成果と課題・今後の展望

(1) 普通科課題研究について

【成果】

普通科課題研究の実施に際しては、第3期までの13年間における理数科生徒を対象とした指導の成果と実績の蓄積を生かす工夫や指導体制の整備を行った。特に、情報処理室やパソコンの台数に制限があるため、実施当初から学校図書館の絶大なる支援をいただいた。課題研究においては根拠のある書籍や文献を重要視する指導を推進し、書籍を通して主体的に考えるために各クラスの課題研究の拠点を図書館にするよう工夫した。また、生徒のニーズに対応するため、課題研究に関する図書を大幅に増冊したり、図書館内にテーマごとの資料コーナーを開設したりしたことが、生徒の興味関心や科学的探究能力の向上に大いに役立った。このように学校図書館の支援・協力を受けながら課題研究を実施する体制を構築できたことは、第4期の大きな成果の一つであると考えている。

また、指導に当たっては、前年度の反省を元に、毎年改善を加えながら校内の指導体制を構築するとともに、大学や地域の専門機関等の指導助言を受けることができる体制を構築した。特に、第4・5年次には統計学的手法を用いた課題研究を推進することで、普通科生徒が行った課題研究がコンテスト等で全国上位入賞を果たすようになってきた（H30年度：5件、R01年度：4件）。

表1 普通科生徒の課題研究の受賞

年 度	コ ン テ ス ト 名	結 果
平成30年度	地方創生☆政策アイデアコンテスト（内閣府）	全国ベスト4
	統計データ分析コンペティション（総務省）	全国第3位
	第9回データビジネス創造コンテスト（慶應義塾大学）	全国第2位 全国第3位
	生活をテーマとする研究・作品コンテスト（東京家政大学）	所長賞
令和元年度	統計データ分析コンペティション（総務省）	全国第2位
	第67回統計グラフ全国コンクール（公益財団法人統計情報研究開発センター）	パソコン統計グラフの部 佳作
	第3回和歌山県データ利活用コンペティション（和歌山県）	全国第2位
	第14回筑波大学「科学の芽」大賞（筑波大学）	努力賞

【課題と今後の展開】

指導の実施に当たって、改良・改善を加えながら実施することで、本校にとって有効な指導体制を構築することができ、各種コンテストで入賞する成果を上げることができるようになった。しかし、全体的には、調べ学習の域を脱することができていなかったり、論理的で質の高い研究が少なかったりしていることが課題として挙げられる。そこで、昨年度、本年度と成果を上げ、指導の内容や方法が確立しつつある統計的な手法を用いた課題研究を行わせることで、論理的な見方や考え方を身に付けさせるとともに、これからの新しい時代に必要とされるデータを利活用することができる資質の育成を進めていく必要があると考えている。

(2) 理数科課題研究について

【成果】

理数科生徒は、愛媛大学との高大連携事業において科学的探究能力を高めており、高いレベルを目指して課題研究に取り組んでいる。また、高大接続を推進し、愛媛大学を中心としたグローバルサイエンスキャンパスでの学習や活動との相乗効果により探究心がさらに高まり、意欲的に科学系コンテストに挑戦するようになり、年次を重ねるごとに全国レベルでの入賞も増加した。理数科生徒はSSHでの活動での経験や培った能力、キャリアデザインを生かし、志望する大学のAO、推薦入試に意欲的に挑戦しており、第4期の4年間を総合して、全体の24.3%が合格している。(普通科理系は18.4%)

【課題と今後の展開】

長年実施してきた愛媛大学との連携事業や課題研究への取組の成果として、科学的探究能力や問題解決能力の向上が図られた。理数科入学生がもつ研究意欲や能力をさらに伸長させるために、より専門的な内容について大学の研究室から直接的に、また継続的に指導を受ける体制を構築していきたい。

(3) 国際性育成、海外交流について

【成果】

第2期SSHから継続実施している国際性育成に関する事業について、平成25年度からの研修先である台湾での高校との交流をさらに深めることができた。台湾のトップレベル校であり国際オリンピック等での多くの入賞経験がある台北市立建國高級中學との交流は本年度で7年目となり、これまでで9回訪問し、互いの課題研究を英語で発表し質疑応答や協議をしたり、授業参加をしたりすることにより科学交流を深め、平成29年度には姉妹校の提携を結ぶことができた。平成30年度からは建國高級中學からも生徒が来校し交流活動を行うなど、持続的な関係を構築することができた。

また、桃園市立武陵高級中学（本年度で6年目の交流）やBridgeport Aquaculture Science and Technology（本年度で2回目）との科学交流も深まり、来年度から複数国の高校と国際的な問題に関する共同研究を行う基盤を構築することができた。台湾の学校との科学交流の他に、平成30年度から開始したSSHアメリカ海外研修や、その他のプログラム等で海外での研修や研究発表に多くの生徒が参加するようになり、参加した生徒の影響を受けてさらに多くの生徒が世界の舞台に挑戦しようとする気運が生まれてきた。

【課題と今後の展開】

海外研修での訪問校との長年にわたる交流により両校の良好な関係を築くことができたが、交流活動にとどまらない、さらに持続的かつ継続的な活動として、国際的な問題であるSDGsに関す

る共同研究を実施するために、SNSやSkype等を利用して、1年間を通じて継続して情報交換、情報共有していく必要がある。台湾、アメリカ合衆国における交流校はどちらも国際オリンピックやISEF等での上位入賞経験が豊富であり、お互いが訪問したときや海外の科学系大会での発表を通じて、国際大会で評価される研究手法や研究倫理を習得する必要がある。

(4) 高大接続に関する事業について

【成果】

SSH開始当初から推進している愛媛大学との高大連携については、最先端・世界規模の研究に対する生徒の興味・関心を高めさせ、科学的探究能力を育成するために充実した内容の高大連携授業や研究室体験等を実施してきた。高大連携事業での学習や活動、経験は参加した生徒にとって様々な能力の向上のために役立っており、課題研究やキャリアデザイン、そして卒業後の諸活動に大いに役立っている。平成28年度からは愛媛大学の大学教育再生プログラムの中で高大接続科目が設置され、本校生徒は主体的に参加し科目履修生として大学に定期的に通い、多くの学生が学び、単位を修得した。また、平成30年度からは愛媛大学、広島大学、東京大学のグローバルサイエンスキャンパスにも主体的に挑戦し、選抜された生徒が定期的に大学に通い課題研究を行う体制を構築することができた。そのうち、6名の生徒は大学から選拔され、海外での研修に派遣されたり、学会で発表したりすることができた。

【課題と今後の展望】

愛媛大学との連携をさらに深め、本校生徒のグループが定期的に大学の研究室に通い継続した研究を行うことができる体制や、SSHの卒業生が所属する大学研究室と連携して、大学で直接指導を受けたり、SNSやSkype等を利用して遠隔指導を受けたりする体制を構築する。そうすることで、課題研究のレベルアップを図るとともに、校内で行う課題研究とGSCでの活動の相乗効果をさらに発展深化させることができると考えている。

(5) 事業評価及び改善について

【成果】

課題研究における評価のために、愛媛大学と県内のSSH指定校が連携して課題研究評価ワーキンググループを編成し、ループリックスケールの作成やその活用方法について研究を重ね、ループリックによる評価を実施することができた。また、本校では独自に改編してループリックプロセス評価を作成し、活用することで、研究の進捗状況や生徒の変容を把握し評価や指導に役立てる体制を構築することができた。事業全体の評価については、生徒、保護者、本校職員を対象としたアンケートを実施し集計結果の経年比較やSSH運営指導委員会の意見を基に事業評価を行った。また、客観的な指標として、生徒の進学実績やコンテストの入賞など目に見えるわかりやすい数値目標を設定しその達成度から事業の評価を行ってきた。

【課題と今後の展望】

課題研究におけるループリックを用いた評価の効果は十分に期待できるため継続し、さらには本校のキャリアデザインファイル、キャリアパスポート、デジタルポートフォリオの併用による評価方法について研究する必要がある。事業全体については、事業の項目を客観的に評価するための指数（Index）を開発し、それをもとに事業改善を行うPDCAサイクルを確立させる必要がある。また、生徒の論理的思考力を測るための評価問題を作成、実施することで生徒の変容や成長を把握することができると考えている。

④ 関係資料

1 SSH事業評価アンケート結果

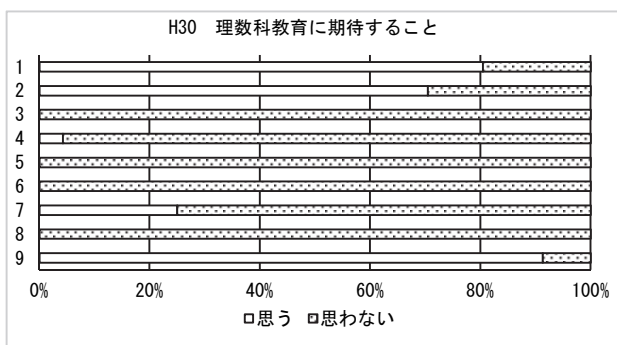
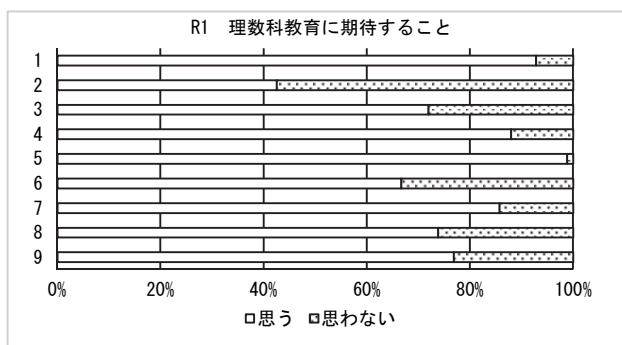
(1) 保護者アンケート

令和2年2月に1～3年全クラスの保護者に対してアンケート調査を行った。有効回答者数 n は 637 名である。全アンケート結果について t 検定を前年との比較で行い、その値を掲載している。

ア 理数科のみの設問（有効回答者数 $n=83$ ）

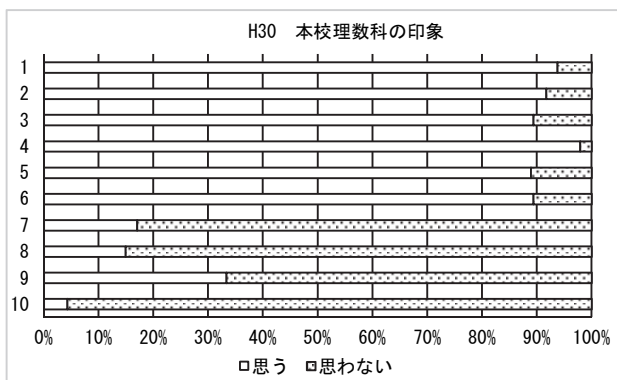
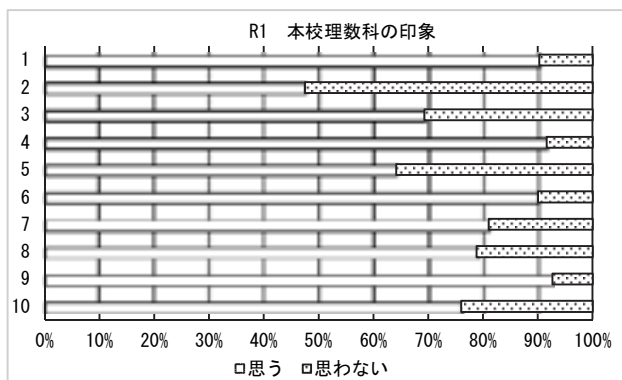
（ア）理数科教育に期待すること（思うを2点、思わないを1点で集計。◎印は有意な差があるもの。）

質問事項	H30平均	R01平均	差	t値	p値	結果
1 理数系への進学指導を充実してほしい。	1.85	1.93	0.080	0.256	19%	
2 文型への進学にも配慮してほしい。	1.57	1.43	-0.140	0.017	13%	
3 難関大学への進学指導を充実してほしい。	1.74	1.72	-0.020	-0.030	81%	
4 施設見学などの体験的学習を多く取り入れてほしい。	1.98	1.88	-0.098	-0.332	2%	◎
5 不得意なところを丁寧に補ってほしい。	1.98	1.99	0.009	0.036	71%	
6 少人数授業を取り入れてほしい。	1.76	1.71	-0.050	-0.092	54%	
7 コンピュータに関する教育を充実してほしい。	1.91	1.89	-0.023	-0.073	66%	
8 習熟度別学習を取り入れてほしい。	1.89	1.80	-0.098	-0.274	12%	
9 科学を学ぶものとしての心の教育を取り入れてほしい。	1.96	1.77	-0.188	-0.548	0%	◎



（イ）本校理数科の印象（思うを2点、思わないを1点で集計。◎印は有意な差があるもの。）

質問事項	H30平均	R01平均	差	t値	p値	結果
1 理数系への進学指導が充実している。	1.93	1.90	-0.031	-0.100	54%	
2 文系進学にも道が開けている。	1.36	1.47	0.117	-0.077	22%	
3 難関大学への進学指導体制ができています。	1.74	1.69	-0.046	-0.071	60%	
4 体験的な学習の機会が多い。	2.00	1.92	-0.084	-0.299	1%	◎
5 不得意なところを補充してもらえる	1.57	1.64	0.073	0.076	44%	
6 クラス替えがなく、クラスのまとまりがある。	1.82	1.90	0.078	0.232	25%	
7 理数科はいろいろな行事で活躍している。	1.86	1.81	-0.054	-0.139	44%	
8 保護者と学校との連携ができています。	1.68	1.79	0.106	0.215	22%	
9 生徒と担当教師とのコミュニケーションがとれている。	1.80	1.93	0.122	0.367	7%	
10 科学を学ぶものとしての心の教育ができています。	1.70	1.76	0.055	0.114	52%	



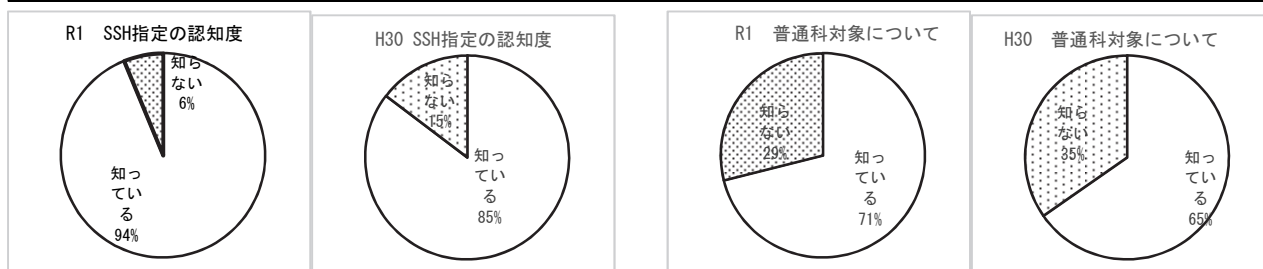
理数科に期待することで「4 体験的学習の機会を多く取り入れてほしい」「9 科学を学ぶものとしての心の教育を取り入れてほしい」が前年より減少しているが、割合としては高い数値を一昨年度から維持できている。理数科の印象で「1 理数系進学指導が充実」、「4 体験的な学習の機会が多い」「6 クラスのまとまりがある」「生徒と教師のコミュニケーションが取れている」は高い割合を維持できている。理数科の取組に対して良好な理解と評価をいただいております、期待も大きいことが分かる。

イ 普通科・理数科共通の設問（有効回答者数 $n=632$ 内：普 549、理：83）

（ア）スーパーサイエンスハイスクール（以下 SSH）の指定について

第IV期からスタートした普通科における課題研究は3学年全てで実施している。その活動の様子は本校ホームページや、年度末の研究成果報告会で発表する形でお知らせしている。その中で、SSH 指定に関するアンケート結果は次の通りである。知っているを1点、知らないを2点で集計している。

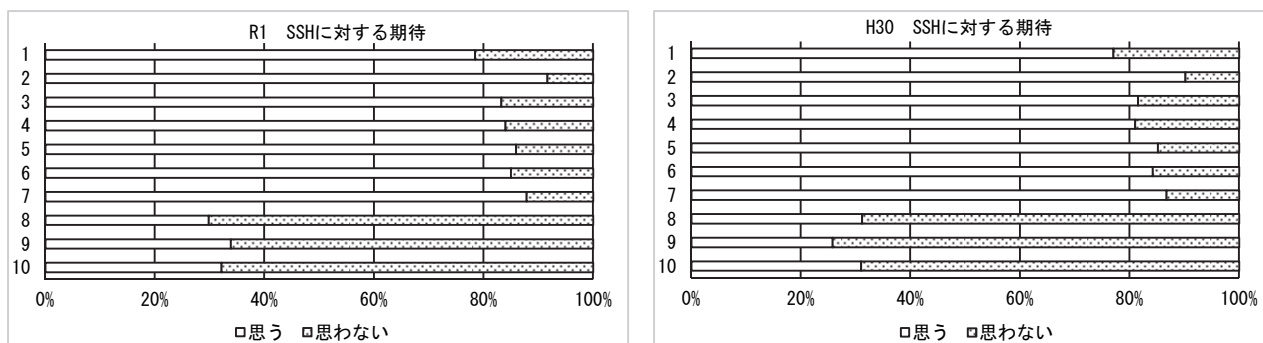
質問事項	H30平均	R01平均	差	t値	p値	結果
1 SSH 指定を知っている。	1.85	1.94	0.094	1.254	0%	◎
3 普通科も対象であることを知っている。	1.65	1.71	0.063	0.400	2%	◎



「SSH 指定を受けていることを知っている」「普通科も対象であること」を知っている保護者が多く、前年より有意な差が現れている。SSH 専用ホームページの効果も大きいと考えられる。

（イ）SSH 指定に対する「期待」について（思うを2点、思わないを1点で集計。◎は有意な差があるもの。）

質問事項	H30平均	R01平均	差	t値	p値	結果
1 国の科学技術立国の政策に協力することに意義を感じる。	1.79	1.80	0.019	0.782	45%	
2 将来、理数系に進むのにとっても役に立っている。	1.91	1.92	0.006	0.897	76%	
3 研究職を目指す生徒が育つと思う。	1.88	1.90	0.024	1.369	26%	
4 日頃の学習意欲に良い影響を与えらると思う。	1.82	1.88	0.058	0.519	0%	◎
5 SSH の活動で校外に出ることが多く、社会性が身に付くと思う。	1.85	1.87	0.013	0.122	51%	
6 課題研究や研究施設見学などの経験が、大学の推薦入試などに有利になると思う。	1.86	1.89	0.029	0.312	14%	
7 SSH の指定を受けていることで、理数科の魅力が増えていると思う。	1.86	1.89	0.028	0.392	15%	
8 行事が増えて生徒全体が落ち着かなくなるのではないかと心配している。	1.24	1.22	-0.024	0.510	33%	
9 SSH の指定を受けてもあまり変わらない。	1.18	1.23	0.051	0.044	4%	◎
10 理数以外の教科の学力が落ちるのではないかと心配している。	1.24	1.23	-0.012	0.861	64%	



「5 校外に出ることが多く社会性が身に付くと思う。」「6 課題研究や研究施設見学などの経験が大学の推薦入試などに有利になると思う。」「7 理数科の魅力が増えると思う。」の割合が高い状態を維持している。「4 日頃の学習意欲に良い影響を与えらると思う」は昨年よりも割合が高く有意差も見られる。SSH 指定は好意的に受け取られており、理数系への進学を考える生徒の保護者にとっては期待されている。理数科の生徒にとってだけでなく、普通科の生徒にとっても校外に出たり、課題研究をしたりする機会があり、その点も保護者に評価されている。

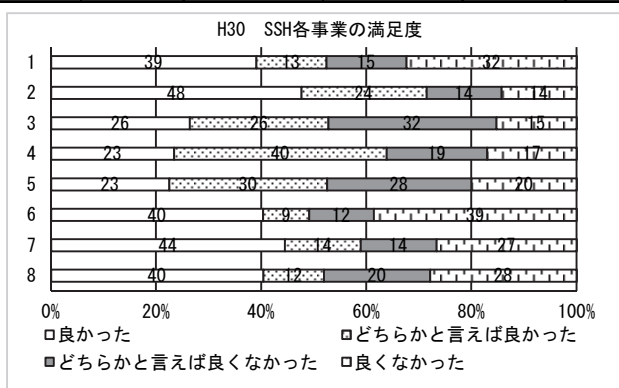
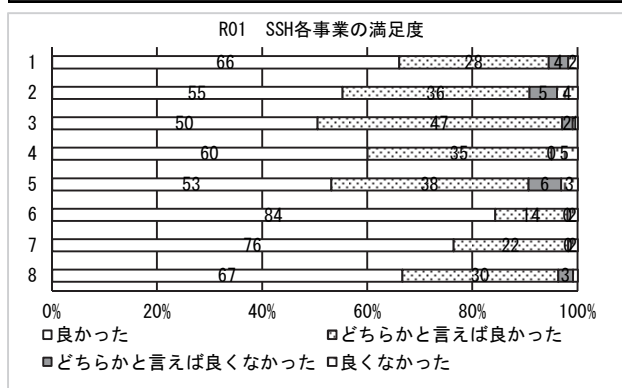
(2)生徒アンケート

令和2年2月に、1～3年全クラスにアンケートを実施した。その結果について主なものを取り上げ、分析した。なお、有効回答数 n は普通科 785 人、理数科 109 人である。

ア 理数科のみの回答 ($n=109$) について

○SSH 事業の満足度について（良かった 4 点、どちらかと言えば良かった 3 点、どちらかと言えば良くなかった 2 点、良くなかった 1 点で集計。）

質問事項	H30 平均	R01 平均	差	t 値	p 値	結果
1 SS（スーパーサイエンス）	2.41	3.59	1.178	5.317	0.00%	◎
2 台湾科学交流（2 年のみ）	1.95	3.42	1.469	2.061	0.00%	◎
3 サイエンスミーティング	2.36	3.47	1.104	2.809	0.00%	◎
4 親子実験教室	2.30	3.50	1.202	0.974	0.00%	◎
5 英語プレゼン研究発表会（1 年のみ）	2.45	3.41	0.956	1.353	0.00%	◎
6 関西研修（1 年のみ）	2.49	3.80	1.313	4.596	0.00%	◎
7 研究室体験	2.23	3.73	1.494	4.292	0.00%	◎
8.1 高大連携授業	2.36	3.62	1.265	5.317	0.00%	◎

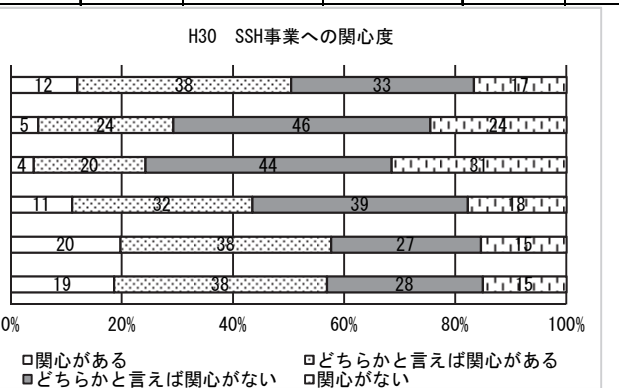
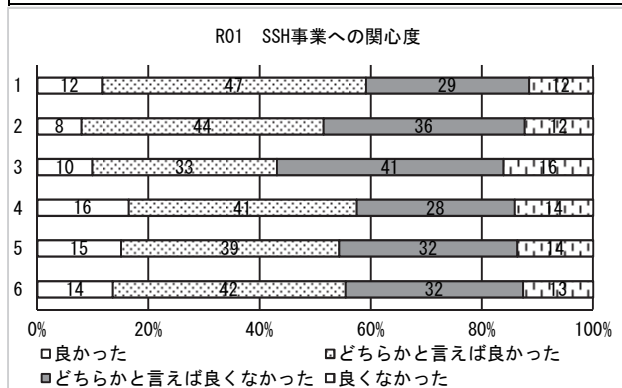


今年度は昨年度以上に平均点で 3 点を超える高い評価が得られている。「2 台湾研修（2 年）」「6 関西研修（1 年）」「7 研究室体験」は特に評価が高かった。生徒にとってはどの事業も意義は高かったものと思われる。

イ 普通科生徒のみの回答 ($n=785$)

(ア) SSH 事業への関心度（関心がある 4 点、どちらかと言えば関心がある 3 点、どちらかと言えば関心がない 2 点、関心がない 1 点で集計。◎は有意な差があるもの。）

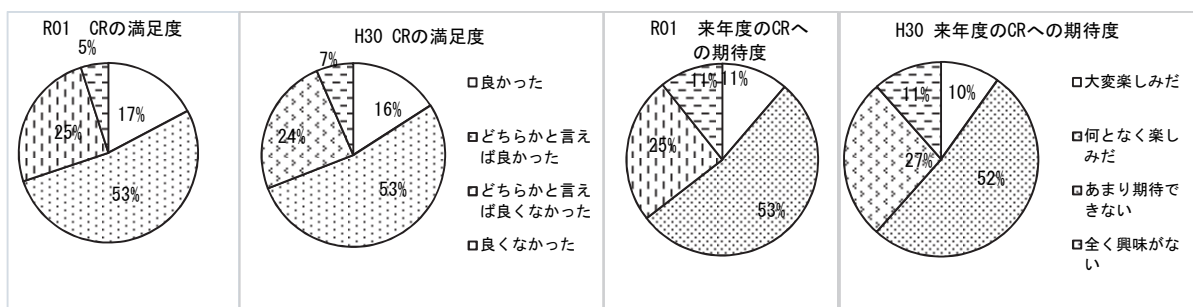
質問事項	H30 平均	R01 平均	差	t 値	p 値	結果
1 SS（スーパーサイエンス）	2.47	2.57	0.104	17.534	11.82%	
2 サイエンスミーティング	2.09	2.46	0.372	0.848	0.00%	◎
3 親子実験教室	1.96	2.35	0.392	-0.646	0.00%	◎
4 英語プレゼン・台湾研修など	2.35	2.59	0.241	-0.198	0.00%	◎
5 研究室体験	2.61	2.53	-0.081	1.991	9.40%	
6 高大連携授業	2.58	2.54	-0.042	2.210	55.87%	



「1SS」「2サイエンスミーティング」「5、6 高大連携に関わる事業」は昨年に続き高い割合を維持できている。普通科の生徒にとって非常に魅力的な事業であると見られ、今後も継続していきたい。

(イ) チャレンジリサーチ (CR) について

質問事項	H30平均	R01平均	差	t値	p値	結果
7 CRの満足度	2.76	2.83	0.063	0.861	15.73%	



CRの満足度については、良かったを4点、どちらかと言えば良かったを3点、どちらかと言えば良くなかったを2点、良くなかったを1点とした場合、有意な差はなく、満足度が高い状態が続いている。

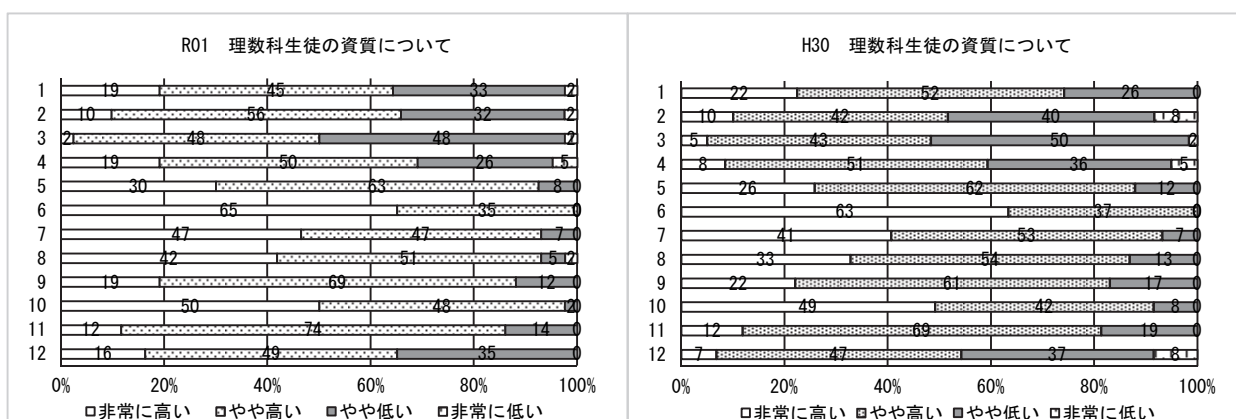
来年度のCRへの期待度については、昨年度に続き、約8割の生徒が期待していると答えており、多くの生徒が意欲的に取り組んでいる状況が現れている。CRも試行錯誤を繰り返しながらより良い実施方法、内容を検討している。その効果が現れている。

(3) 本校教職員アンケート

令和元年年2月に、本校教職員に対してアンケート調査を実施した。なお、有効回答数 n は43名である。

ア 理数科生徒の資質について (非常に高い4点、やや高い3点、やや低い2点、非常に低い1点で集計。)

質問事項	H30平均	R01平均	差	t値	p値	結果
1 生活体験	2.97	2.81	-0.156	1.036	30.31%	
2 人間性	2.53	2.73	0.198	-1.355	17.87%	
3 教科基礎力	2.52	2.50	-0.017	0.136	89.17%	
4 リーダーシップ	2.63	2.83	0.206	-1.339	18.42%	
5 進路決定力	3.14	3.23	0.087	-0.720	47.37%	
6 特定の学問分野への興味・関心	3.63	3.65	0.018	-0.184	85.41%	
7 課題探究能力	3.34	3.40	0.056	-0.457	64.88%	
8 独創性、発想力	3.20	3.33	0.129	-0.967	33.64%	
9 情報の収集・整理・処理能力	3.05	3.07	0.021	-0.173	86.28%	
10 プレゼンテーション能力	3.41	3.48	0.069	-0.580	56.34%	
11 論理的思考力	2.93	2.98	0.045	-0.420	67.56%	
12 社会への理解・関心と主体的に関わる態度	2.53	2.81	0.289	-1.995	4.89%	◎

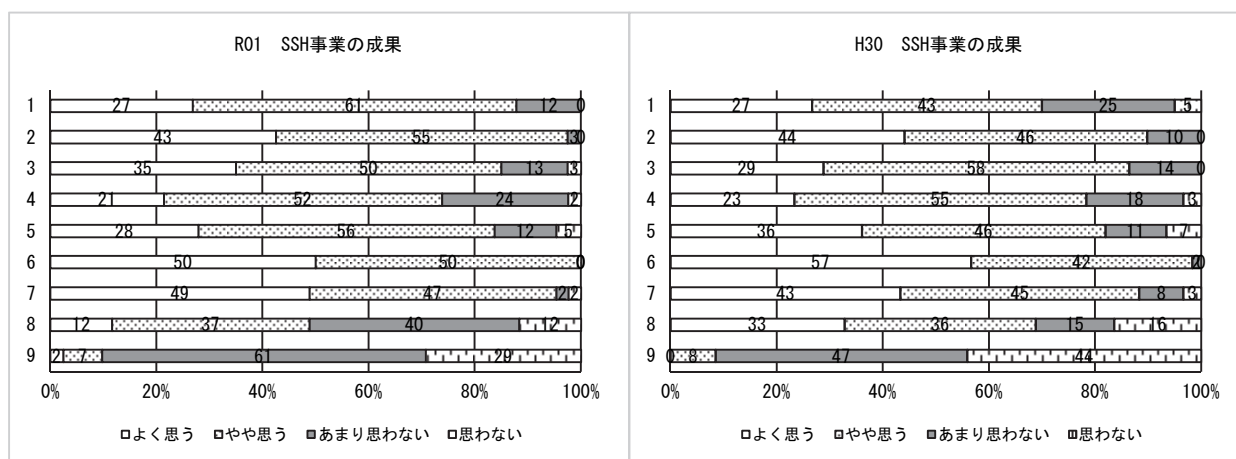


昨年度と比較して有意差のある増減は少ないが「特定の学問分野や研究テーマに対する興味・感心」や「課題探求能力」「プレゼンテーション能力」は高いと評価となっている。課題研究を通してそれら資質が伸張していると考えられる。「社会への理解・関心と主体的に関わる態度」は高い評価であり、昨年度と比べて有意差のある増加となっている。生徒がSDGsの視点を持って自分自身の課題研究に取り組んでいる状況を示している。

イ SSH 指定の成果と課題

(ア) SSH 事業の成果 (よく思う 4 点、やや思う 3 点、あまり思わない 2 点、思わない 1 点で集計。)

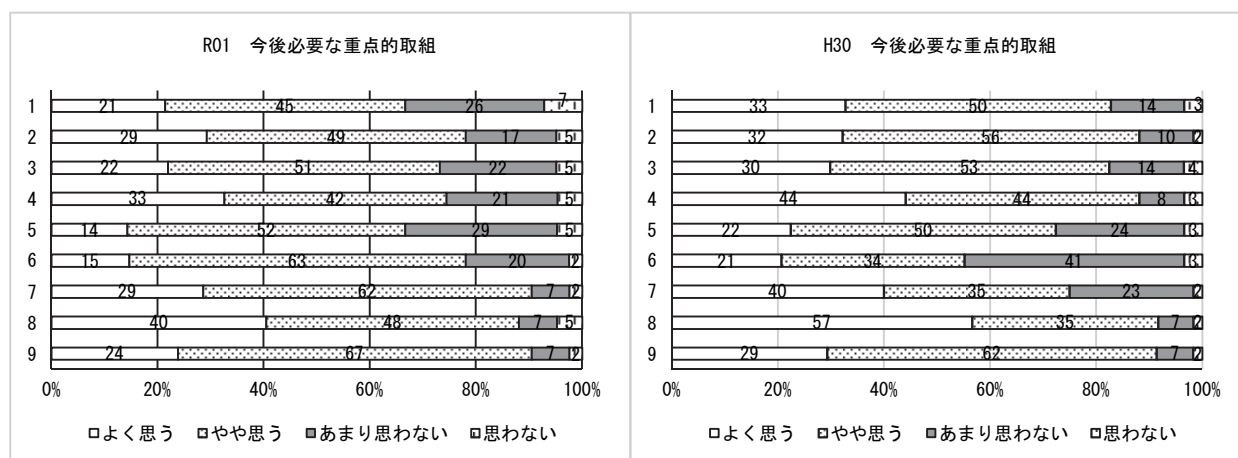
質問事項	H30平均	R01平均	差	t値	p値	結果
1 国の科学技術立国の政策に協力することができた。	2.92	3.15	0.230	-1.576	11.83%	
2 将来理数系に進むのにとっても役に立った。	3.34	3.40	0.061	-0.501	61.72%	
3 研究職を目指す生徒が育った。	3.15	3.18	0.022	-0.155	87.69%	
4 日頃の学習意欲により影響を与えた。	2.98	2.93	-0.055	0.365	71.62%	
5 校外に出ることが多く社会性が身についた	3.11	3.07	-0.045	0.280	78.00%	
6 課題研究や研究施設見学の経験が大学入試に有利になった。	3.55	3.50	-0.050	0.486	62.79%	
7 理数科の魅力が増した。	3.28	3.42	0.135	-0.959	33.97%	
8 行事が増えて生徒全体が落ち着かなくなるのが心配である。	2.85	2.49	-0.364	1.932	5.62%	
9 対象生徒の理数以外の教科の学力が落ちることが心配である。	2.15	2.07	-0.079	0.476	63.52%	



前年との有意な差はみられなかったが、全体的に高評価が得られている。「2 将来理数系に進むのにとっても役立った」や「6 課題研究や研究施設見学などの経験が大学の推薦入試などに有利になった」が昨年に続いて高評価である。また、「7 理数科の魅力が高まった」においても高評価が得られている。SSHでの取組が生徒の進路保障をし、キャリアデザインをする上で大きく役立っていることを表している。

(イ) 今後必要な重点的取組 (よく思う 4 点、やや思う 3 点、あまり思わない 2 点、思わない 1 点で集計。)

質問事項	H30平均	R01平均	差	t値	p値	結果
1 理数科目の指導内容・方法の工夫・改善	3.12	2.81	-0.311	1.859	6.66%	
2 理数以外の科目の指導内容・方法の工夫・改善	3.19	3.02	-0.162	1.039	30.21%	
3 実験・実習の強化	3.09	2.90	-0.185	1.153	25.21%	
4 大学・企業との連携	3.29	3.02	-0.265	1.609	11.15%	
5 理数科目に重点を置いた教育課程の開発	2.91	2.76	-0.152	0.977	33.12%	
6 小中学校との連携	2.72	2.90	0.178	-1.183	23.97%	
7 校内・他校への効果の波及	3.13	3.17	0.033	-0.225	82.23%	
8 学力の向上	3.47	3.24	-0.229	1.505	13.61%	
9 国際性育成事業の取組	3.19	3.12	-0.071	0.550	58.34%	



昨年との比較で有意の差は見られなかった。「7 校内・他校への効果の波及」「8 学力の向上」「9 国際性育成事業の取組」に重点的に取り組むべきという意見が多い。これからの時代に必要とされる資質・能力をSSHを通して身に付けて欲しいとの意識の表れだろうと思われる。

2 令和元年度各種科学系コンテストの主な結果

【入賞結果】(全国上位のみ)

○愛媛大学社会共創コンテスト科学文化キャンプ

◎研究・探究部門準グランプリ 理数科3年『野球王国愛媛』持続可能な野球文化の醸成に向けて

～タイブレーク制度導入に寄せる期待～

○第43回全国高等学校総合文化祭 自然科学部門

◎研究発表(化学部門)奨励賞 理数科3年「イチョウの灰を用いた釉薬の開発」

○第21回中国・四国・九州地区理数科高等学校課題研究発表会

◎数学分野最優秀賞 理数科3年「タイブレーク制度の有効性 ～ノーアウト1、2塁は最適か～」

○第11回坊っちゃん科学賞研究論文コンテスト〈東京理科大学〉

◎優秀賞 理数科3年「異なる光条件下におけるシアノバクテリアに含まれるアスコルビン酸量に関する研究」

◎優良入賞 理数科3年「水滴が水面から大きくなり、何が影響するのか
ー水滴の大きさと水面の形状に関する考察ー」

◎入賞 理数科3年「イチョウの灰を用いた釉薬の開発」

◎入賞 理数科3年「花粉化石を用いた古環境の推定」

◎入賞 理数科3年「野球におけるタイブレークの有効性」

○生活をテーマとする研究・作品コンクール〈東京家政大学〉

◎優秀賞 理数科3年「高校生が考える新しい発想の砥部焼
ーイチョウの灰を使った釉薬によるアクセサリーの商品開発ー」

○2019年度 統計データ分析コンペティション〈内閣府〉

◎優秀賞 普通科3年「南海トラフ地震に備えて ～指定避難所に3人に1人が避難できず、災害時の医療体制は本当に十分か？～」

○第3回和歌山県データ利活用コンペティション〈和歌山県企画部企画政策局〉

◎データ利活用賞 普通科2年「高校生と高齢者の利用で商店街を活性化しよう！！」

○朝永振一郎記念第14回筑波大学「科学の芽」賞

◎奨励賞 理数科3年「イチョウの灰を使った釉薬の研究」

◎努力賞 理数科3年「電極の表面状態と金属箔の生成条件」

◎努力賞 理数科3年「淡水魚の飼育には好適環境水が適しているのか」

◎努力賞 普通科3年「イチョウの葉再生プロジェクト ～永遠に残る脱臭ペーパーへ～」

○第18回神奈川大学全国高校生理科・科学論文大賞

◎努力賞 理数科3年「地域の活性化をめざした砥部焼釉薬の研究
～イチョウを用いた紫色の釉薬の開発～」

2-2 国内科学系コンテスト・発表会等参加一覧

		全国																	四国																	県																
		日本学生科学賞	SSH（神戸） 生徒研究発表会	中国・四国・九州 課題研究大会	全国高文祭 自然科学部門	中国・四国大会 マリンチャレンジ	マス・フェスタ	論文（東京理科大学） （東京理科大学）	「科学の芽賞」 筑波大学	理・科学論文大賞 神奈川大学	地域創生政策アイ デアコンテスト	コンペティション 統計データ分析	算額を作ろうコン クール	研究作品コンクール 東京家政大学	物理チャレンジ	化学グランプリ	生物オリンピック	数学オリンピック	数学甲子園	数学コンクール	和歌山県データ活用 コンペティション	社会共創コンテスト 愛媛大学	集まれ理系女子 （清心学園）	課題研究発表会 四国地区	自然科学部門 高文祭	ティークアップレゼン ション大会	えひめサイエンス チャレンジ	愛媛県児童生徒 理科研究作品	高校生おもしろ科学 コンテスト	愛媛県統計グルー プ	つなぐ生物多様性																					
R01	受賞			1(3)	1(4)		5(15)	4(14)	1(4)		1(2)			1(4)						1(8)	1(3)			3(9)	1(2)	1(3)	8(25)	1(8)	2(6)	1(2)																						
	参加	3(9)	1(3)	3(8)	2(6)		5(15)	6(21)	6(18)		1(2)			2(7)	(2)	(12)	(9)		(12)	1(8)	1(3)	1(3)	12(35)	2(5)	7(20)	13(36)	17(156)	2(6)	1(2)																							
H30	受賞						4(16)	4(16)	3(8)	1(3)	1(3)	1(1)	1(4)				1(1)							1(3)	2(8)	1(3)	6(22)	2(16)	1(3)	1(4)																						
	参加	1(4)	1(4)	2(8)	1(2)		5(21)	4(16)	3(8)	1(3)	1(3)	1(1)	2(8)	(1)	(12)	1(12)	(3)	5(20)	(8)			1(3)	10(35)	中止	6(16)	10(36)	15(120)	1(3)	1(4)																							
H29	受賞					1(3)	2(7)																	1(4)	2(8)		2(8)	2(16)																								
	参加	1(4)	1(4)	2(8)	1(4)	1(3)	3(10)								(8)	(7)	(7)	1(5)					10(35)	9(32)	2(8)	6(20)	8(32)	15(117)																								
H28	受賞	2(8)	1(4)	1(4)			2(8)																	1(4)	1(4)			1(8)																								
	参加	2(8)	1(4)	2(8)		2(8)	4(16)		1(4)					(6)	(3)	(9)	1(3)						10(35)	9(31)	2(8)			10(38)	11(88)																							
H27	受賞						1(4)																		1(4)		1(4)	1(8)																								
	参加	1(4)	1(4)	2(8)			3(12)		1(4)					(18)	(3)	(3)	(3)						10(39)		8(12)			10(39)	10(80)																							

※()前の数字は班の数、()の数字は空欄は0です。

R01			H30			H29			H28			H27			R01			H30			H29			H28			H27		
全国	受賞班	15	16	3	6	1	県	受賞班	16	14	7	3	3	合計	受賞班	31	30	10	9	4									
	受賞人数	53	52	10	24	4		受賞人数	44	59	36	16	16		受賞人数	97	111	46	40	20									
全国	参加班	32	29	11	13	10	県	参加班	51	43	34	32	28	合計	参加班	83	72	45	45	38									
	参加人数	138	138	64	69	64		参加人数	259	211	189	165	131		参加人数	397	349	253	234	195									

(1) 貸出状況 (平成28年度～令和元年度)

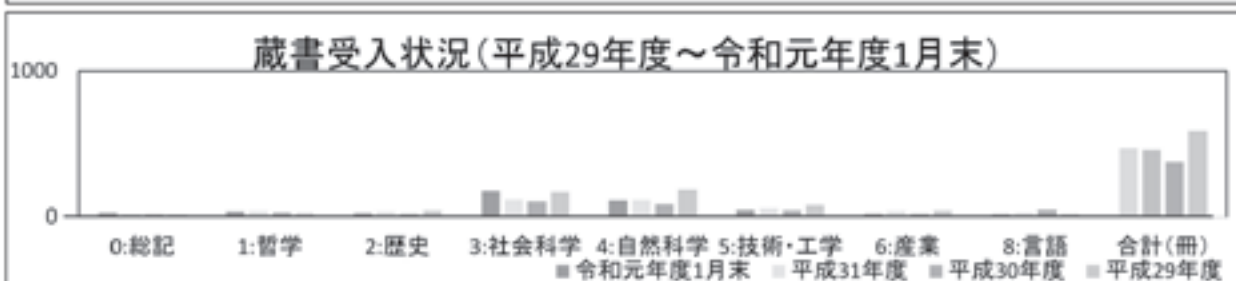
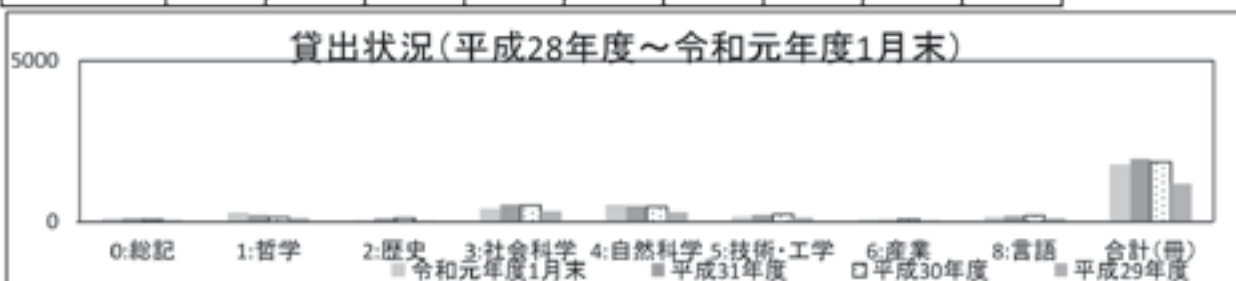
	0:総記	1:哲学	2:歴史	3:社会科学	4:自然科学	5:技術・工学	6:産業	7:芸術・美術	8:言語	9:文学	合計(冊)
令和元年度1月末	104	287	46	418	529	168	67	231	155	2575	4580
平成31年度	111	216	115	538	504	220	62	208	185	2319	4478
平成30年度	75	144	117	521	482	242	88	319	195	2293	4476
平成29年度	62	126	42	331	300	138	53	272	116	1799	3239
平成28年度	46	180	74	295	346	95	62	203	117	1537	2955

(2) CR関連資料の貸出状況 (平成29年度～令和元年度)

	0:総記	1:哲学	2:歴史	3:社会科学	4:自然科学	5:技術・工学	6:産業	8:言語	合計(冊)
令和元年度1月末	104	287	46	418	529	168	67	155	1774
平成31年度	111	216	115	538	504	220	62	185	1951
平成30年度	75	144	117	521	482	242	88	195	1864
平成29年度	62	126	42	331	300	138	53	116	1168

(3) CR関連資料の蔵書受入状況 (平成29年度～令和元年度)

	0:総記	1:哲学	2:歴史	3:社会科学	4:自然科学	5:技術・工学	6:産業	8:言語	合計(冊)
令和元年度1月末	30	36	26	176	113	46	23	21	471
平成31年度	25	39	37	117	115	57	38	31	459
平成30年度	20	32	22	105	87	42	23	47	378
平成29年度	20	27	40	169	185	81	41	23	586



4 理数科2年課題研究 論文

素数の累乗と約数の総和の関係について ～倍積完全数に迫る～	56
愛媛農業を救いたい!! ～法人化と小規模農業の可能性～	58
摩擦の特性	60
固体物を水面に落とした時の水のはね返りに関する研究	62
ガウス加速器の射出球発射のメカニズムを探る	64
ゼーゲル式を用いた赤色釉薬の研究	66
ヒドロキシ基の配置の違いがもたらす影響について	68
廃棄物による重金属の吸着	70
クモの牽引糸における破断強度とその増強	72
アサギマダラの効率的な飛翔メカニズムの探究	74
グリーンヒドラの行動と光の関係	76
安全なブロック塀の製作	78

素数の累乗と約数の総和の総和の関係について ～倍積完全数に迫る～

愛媛県立松山南高等学校 数学班
村上和馬 指導教諭 福澤純治 笹岡慎太郎

1. 背景・目的

整数は日常にあふれ、特別な意味を持つようには見えない。だが数学的な考察を試みればその整数には、4 は平方数、5 は素数等と、個々に違った特徴があることが分かる。私はこのような整数の不思議な性質に興味を持ったため、数論の研究を始めた。数論の中でも私は完全数に着目した。完全数とは、その正の約数の総和が元の数の 2 倍になる数のことである。完全数について調べるうちに倍積完全数というものをみつけた。これは完全数が元の数の 2 倍であるのに対し、それを自然数倍まで拡張したものである。倍積完全数の中でも 2 倍完全数は完全数のことである。そこで、倍積完全数で一般的な理論が完成すればそれが完全数にも適応でき、間接的に完全数を研究できると考え、倍積完全数を研究することにした。

2. 方法

「素数の累乗」とその「約数の総和の素因数分解」の対応表を独自に作成し、倍積完全数の性質を探る。特に、「素数の累乗」とその「約数の総和の素因数分解」の関連性を探る。

3. 倍積完全数の性質

「素数の累乗」とその「約数の総和の素因数分解」の対応表(表 1)の A 列から数を選択し、選んだ A 列に対応する B 列の数をすべて掛け合わせることで倍積完全数を作ることができる。

表 1 「素数の累乗 (A)」とその「約数の総和の素因数分解 (B)」

A ₁	B ₁	A ₂	B ₂	A ₃	B ₃	A ₄	B ₄
2	3	2 ²		5	2×3	7	2 ³
2 ²	7	3 ²	13	5 ²	31	7 ²	3×19
2 ³	3×5	3 ³	2 ³ ×5	5 ³	2 ² ×3×13	7 ³	2 ⁴ ×5 ²
2 ⁴	31	3 ⁴	11 ²	5 ⁴	11×17	7 ⁴	2801
2 ⁵	3 ² ×7	3 ⁵	2 ² ×3×7	5 ⁵	2×3 ² ×7×31	7 ⁵	2 ³ ×3×19×43
2 ⁶	127	3 ⁶	1093	5 ⁶	19531	7 ⁶	29×4733
2 ⁷	3×5×17	3 ⁷	2 ⁴ ×5×41	5 ⁷	2 ³ ×3×13×313	7 ⁷	2 ⁵ ×5 ² ×1201
2 ⁸	7×73	3 ⁸	13×757	5 ⁸	19×31×829	7 ⁸	3 ² ×19×37×1063

(n を自然数、σ (n) を n の約数の総和、 $k = \frac{\sigma(n)}{n}$ として、k 倍完全数とする。)

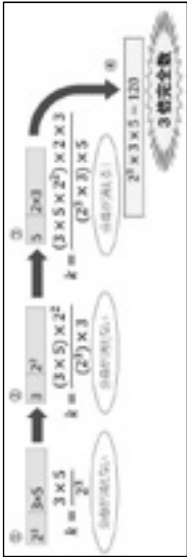


図 1 表を用いた倍積完全数の作り方

例として、3 倍完全数 120 を作る過程を示す。

- ① A₁ 列から 2³ を選ぶ。対応するのは 3×5 である。
 $k = \frac{3 \times 5}{2^3}$ となる。k は自然数でなければならないがこのままでは自然数にならない。
- ② A₂ 列から 3 を選ぶ。対応するのは 2³。 $k = \frac{(3 \times 5) \times 2^3}{(2^3) \times 3}$ となる。まだ k が自然数にならない。
- ③ A₃ 列から 5 を選ぶ。対応するのは 2×3。 $k = \frac{(3 \times 5) \times (2^3) \times 2 \times 3}{(2^3) \times (3) \times 5} = 3$ で k が自然数となるため A 列から数を選ぶ作業を終了する。
- ④ 選んだ A 列の数 2³, 3, 5 を全てかけると 120 になる。これで 3 倍完全数 120 の完成である。

このように表から選んだ数に關して隣接する B 列の数の積選んだ A 列の数の積が自然数とならなければならないが、そうなるためにはどのように A 列から数を選ぶべきかについては明らかにしていない。一方で、表 1 からいくつかの法則性が見つかった。その中でも特に『A 列で素数の奇数乗になっていあるものの約数の総和が、その素数の 1 乗の約数の総和の倍数になっている』ということに注目した。例えば 3⁵ の約数の総和は、3 の約数の総和の倍数 (つまり 2²=4 の倍数) になる (表 2)。

底 2 の場合を例にして表 3 を作成した。左列に指数を 1 から順に並べる。そしてそれらの実際の値とその約数の総和、そしてその左側にはそれぞれの素因数分解の指数を表している。例えば 2⁵ の約数の総和は 63 で素因数分解すると 3²×7 となり、3 の指数が 2、7 の指数が 1 であるから、3 の列に 2、7 の列に 1 を入力している。この表の列を見ると素因数分解の指数が一定の間隔で現れていることが分かる。例えば 3 の列には、元の数の指数が 1, 3, 5 のように奇数の時のみ数が現れている。3 以外の列でもある一定の規則性が見られた。底を 2 以外にして同様の表を作っても素因数分解の指数に規則性が見られた。そこで、素数の累乗の約数の総和にはある一定の規則性があるのではないかと考えた。今作成している表のすべての列に關して言えることが次の 2 つである。

- 約数の総和の任意の素因数はある一定の間隔で現れる。
- その一定の間隔を s とした時、最初に数が現れるのは元の数の指数が s-1 のとき。

表 2 表 1 の抜粋

指数	値	約数の総和	2	3	5	7	11	13	17	19	23	29	31	...
1	2	(1+2=)	3											...
2	4	(1+2+4=)	7											...
3	8	(1+2+4+8=)	15											...
4	16	(1+2+4+8+16=)	31										1	...
5	32	(...=)	63											...
6	64	(...=)	127											...
7	128	(...=)	255										1	...
8	256	(...=)	511											...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

4. 主張と整理

以上のことを踏まえて、以下に主張としてまとめ。

表 3 の素因数 5 の列について、指数が規則的に現れるということは「素数の累乗の約数の総和が 5 の倍数であるものが規則的に現れている」と言い換えられる。ここで逆に、素数 2 の累乗の約数の総和が 5 の倍数であるための必要十分条件を考えてみる。

$$\begin{aligned}\sigma(2^n) &= 1 + 2^2 + 2^3 + \cdots + 2^n + 2^{n+1} \\ &= \frac{1(2^{n+1}-1)}{2-1} = 2^{n+1} - 1\end{aligned}$$

つまり、 $2^{n+1} - 1 \equiv 0 \pmod{5}$ であればよい。

$$2^{n+1} \equiv 1 \pmod{5}$$

ここで 2 の累乗が 5 で割って 1 余るとき、その指数を 1 ずつ増やすとその余りは

$$1, 2, 4, 3, 1, 2, 4, \dots$$

というように 4 ずつ循環することがわかる (図 2)。

つまり、 $\sigma(2^n)$ (n は自然数) が 5 の倍数であるような自然数 n は 4 個の連続する自然数の中に 1 個ずつ定期的に表れることがわかる。実際に表 3 で確認すると 4 個に 1 個ずつ素因数 5 が現れることが確認された。

これを合同式で表現すると、約数の総和が 5 の倍数になるような最小の

$$2 \text{ の累乗は } 2^d \text{ で、ここから指数が } 4 \text{ ずつ増えるから、} \sigma(2^{4m-1}) \equiv$$

$$0 \pmod{5} \text{ となる。}$$

この例から、素数の累乗をそれと異なる素数で割った余りの周期は、表 3 にみられる周期に密接に関係しているのではないかと考えた。

ここで、先ほどの式を一般化した主張を次のようにまとめた。

p, a を相異なる素数、n を自然数とする。s を、p で a の累乗を割った余りの循環の周期であるとする。

$$\text{このとき、} \sigma(a^{sn-1}) \equiv 0 \pmod{p}$$

別の表現をすると

$$\sigma(a^{sn-1}) = a^{sn} - 1 \equiv 0 \pmod{p}$$

$$a^{sn} \equiv 1 \pmod{p}$$

ここで、 p, a は相異なる素数であるから互いに素、フェルマーの小定理より

$$a^{p-1} \equiv 1 \pmod{p}$$

つまり

$$a^{p-1} \equiv a^{sn} \pmod{p}$$

底 a が両辺で共通で、素数 p で割った余りが等しいから、指数について、 $p-1$ と sn は s を法として

合同となる。(∵ s は a の累乗を素数 p で割った余りの周期) つまり

$$p-1 \equiv sn \pmod{s}$$

$$p-1 \equiv 0 \pmod{s}$$

つまり、 s は $p-1$ の約数となる。

これによって、周期 s が $p-1$ の約数であることを示せば、 s と表 3 にみられる周期が密接に関係しているといえる。実際に表で確認したところ確認できる範囲内のすべての場所では $p-1$ の約数

となった。また、 $\frac{p-1}{s}$ を実際に求めてみたが(表 4)そこに法則性のようなものは今のところ見出すこと

ができなかった。

表 4 $a = 2$ の場合の $\frac{p-1}{s}$

p	3	5	7	11	13	17	19	23	29	31
s	2	4	3	10	12	8	18	11	28	5
$\frac{p-1}{s}$	1	1	2	1	1	2	1	2	1	6

5. 今後の課題

表 1 で A 列から選んだ数がどのような条件をみたすべきかについては明らかにしている。ここで B 列に該当する素数の累乗の約数の総和に規則性や法則性が見つかれば、素数の累乗の約数の総和をある程度予測することができるようになるため、A 列から数を選ぶ手順を推察することができる。また、今まではそれぞれの表を作るときに、

[素数の累乗を計算→その約数の総和を求める→それを素因数分解する]

という時間のかかる手順を踏んでいた。素数の累乗を順に計算するということは等比数列を 1 ずつ順に求めているようなもので数が非常に大きなものになりやすく、計算に時間が掛かる上、コンピュータでは処理できないほど大きな数になってしまうことがよくあり、パソコンがフリーズするという事態もしばしば見られたため、作業の効率化を図りたい。

主張をある程度まとめることはできたが、証明しようと思うと難解であった。だが、これを証明することができれば、表 3 の規則性と 4. 主張と整理で用いた s が完全に結びつくことになり、問題になっていることを別の角度から見つめることができるようになるので、この主張の証明を進めるとともに、素数の累乗をそれと異なる素数で割った時のあまりの周期についても調べていきたいと思う。

6. 参考文献

- The Multiply Perfect Numbers Page「<http://wwwhomes.uni-bielefeld.de/achim/mpn.html>」
- オンライン整数列大辞典「<https://oeis.org/>」

愛媛農業を救いたい!!～法人化と小規模農業の可能性～

愛媛県立松山南高等学校 農業班
谷ノ内鈴花 藤家亜衣 指導教諭 福澤 純治

1. はじめに

愛媛県農林水産部が発表した令和元年度の「愛媛農業の動向」⁽¹⁾では販売農家における戸数、人口の減少が示されるところにも、農家の高齢化も全国平均を上回り、愛媛県の農業は大きな課題を抱えていることが分かる。また、平成26年に国が発表した「農林水産業・地域の活力創造プラン（改訂）」⁽²⁾には、生産性の向上を狙った大規模経営、農地の大区画化、農業経営の法人化、農業への企業参入など「攻めの農業」を掲げた日本農業再生の方策が示されている。私たちは、国の方針と私たちが持つ愛媛農業の印象とのギャップに驚き、愛媛県の農業の未来について危機感をもった。さらに、2017年に国連総会で定められた「家族農業の10年」が2019年から始まっていることを知り、日本の方針とは反対といえるこの採択に關心をもち、本研究を始めることにした。本研究では愛媛県農業の実態、特に農家の高齢化について明らかにし、法人化の現状を把握しながら、愛媛県農業の課題を考察し、国の方針と国連採択を踏まえ改善のための方策を提案する。

2. 研究の方法

農林水産省が5年毎に行う調査「農林業センサス」の数表をe-Statから取得し、主に2010年と2015年のデータ比較による考察を行う。

3. 結果

(1) 高齢化

表1に販売農家の年齢別経営者数の2010年-2015年比較(増加数)を挙げた。65歳以上の減少が64歳以下を圧倒しており、高齢化の進行状況が危機的状態であることが分かる。しかし、54歳以下の層は増加が見られ、増加分の合計人数は674人と決して少ない数字ではない(ここには、新規者だけでなく経営者の代替わりによる増加分が含まれている)。表2には、農地面積の規模別販売農家数の比較(増加数)を挙げた。3.0ha未満の減少が他を圧倒している。表2の増減に代替わりは反映されないため、全体の構成から考えて65歳以上の減少分のほとんどは3.0ha未満に分布していると考えられる。

表1 販売農家の耕地面積規模別経営者増加数⁽³⁾

年齢別農業経営者増加数（販売農家）		増加数															単位：人
2010～2015		計	15～19歳	20～24	25～29	30～34	35～39	40～49	45～49	50～54	55～59	60～64	65～69	70～74	75～79	80～84	85歳以上
愛媛県	-6,044	1	19	36	72	154	140	139	113	-17	-6	-529	-623	-1,221	-1,641	-2,481	

(出典：農林業センサス)

表2 販売農家の年齢別経営者数増加数⁽⁴⁾

経営耕地面積規模別経営体数（販売農家）		増加数													単位：経営体	
2010～2015		経営 計	0.3ha 未満	0.3 ～	1.0 ～	1.5 ～	2.0 ～	3.0 ～	5.0 ～	10.0 ～	20.0 ～	30.0 ～	50.0 ～	100.0 ～	100.0 ha以上	
愛媛県	-6,044	36	45	-1,621	-2,811	-976	-465	-431	-66	24	17	0	2	2	0	

(2) 法人化

図1に県内市町村の法人数2010年-2015年比較(増加数)を挙げる。法人化の増加は見られるがその数は多くはない。増加率が全国平均を超えている地域は半数に満たない。図2には全国と愛媛県の法人数の比較を挙げる。増加率はあまり変わらないものの増加数は40以上の差がある。実数の少なさが読み取れる。しかし、表3に挙げた販売金額1000万円以上の経営体増加数を見ると、販売農家での増加数は芳しくないものの組織経営体(愛媛県ではほぼ法人)では概ね増加しており、法人が力をつけていることが分かる。また、八幡浜の販売農家の増加数が突出しているが、ブランド化された八幡浜みかんの力のみならず、みかん農家が全国でも先進的な取組で力をつけたことを付け加えておく。

(3) 販売農家と組織経営体

最後に図3に販売農家と組織経営体の経営耕地面積に占める割合を挙げる。20ha以上の面積を有している組織経営体が多くなっている。販売農家＝家族経営体では大規模化は進んでおらず、法人による大規模化の様子が分かる。つまり愛媛県で大規模農地において販売額を伸ばしているのは法人化している農家である。

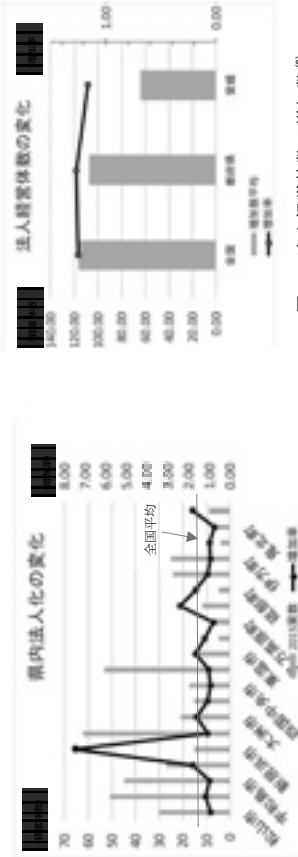


図1 愛媛県内の法人化実数⁽⁵⁾ (出典：農林業センサス)

図2 法人経営体数の増加数⁽⁶⁾

(出典：農林業センサス)

表3 販売金額が1000万円以上の経営体数の増加数⁽⁷⁾ (出典：農林業センサス)

販売金額1,000万円以上の経営体増加数(2010-2015)		増加数										単位：経営体	
愛媛県		農家経営体	販売農家	組織経営体	農家経営体	販売農家	組織経営体	農家経営体	販売農家	組織経営体	農家経営体	販売農家	組織経営体
愛媛県	86	-19	32	54	86	-19	32	54	86	-19	32	54	54
松山市	-1	-1	-4	3	-1	-1	-4	3	-1	-1	-4	3	3
今治市	47	32	15	15	47	32	15	15	47	32	15	15	15
宇和島市	102	101	1	1	102	101	1	1	102	101	1	1	1
新居浜市	3	0	3	3	3	0	3	3	3	0	3	3	3
西条市	-20	-22	2	2	-20	-22	2	2	-20	-22	2	2	2
大洲市	7	4	3	3	7	4	3	3	7	4	3	3	3
伊予市	-10	-11	1	1	-10	-11	1	1	-10	-11	1	1	1
四国中央市	-12	-16	4	4	-12	-16	4	4	-12	-16	4	4	4
西予市	-19	-26	7	7	-19	-26	7	7	-19	-26	7	7	7
東温市	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1
上島町	0	-1	1	1	0	-1	1	1	0	-1	1	1	1
久万高原町	-2	-1	1	1	-2	-1	1	1	-2	-1	1	1	1
松前町	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
砥部町	-4	-4	0	0	-4	-4	0	0	-4	-4	0	0	0
内子町	8	4	4	4	8	4	4	4	8	4	4	4	4
伊方町	6	5	1	1	6	5	1	1	6	5	1	1	1
松野町	2	0	2	2	2	0	2	2	2	0	2	2	2
鬼北町	-9	-7	2	2	-9	-7	2	2	-9	-7	2	2	2
愛南町	4	-1	5	5	4	-1	5	5	4	-1	5	5	5

図3 販売農家と組織経営耕地面積規模別割合⁽⁸⁾ (出典：農林業センサス)

4. 考察

(1) 高齢化による課題

表1から、65歳以上での減少が全体の9割を占めていることが分かったが、少子高齢化社会の中、高齢による労働力の減少はどの業界においてもみられる傾向であり、農業の特異な年齢構成においてそれを食い止めることは不可能だ。また、表2から65歳以上の経営者の減少分は経営耕地面積が小さい層、特に1.5ha未満の減少率に深く関わっていることが分かったが、これは高齢化により利用放棄される土地は面積の小さな農地が多くなることを示す。減少率の多さに目を取られがちだが、65歳以下では経営者数は平均1.2倍以上増加しており、若い世代の就農を増やす取組が続けつつ、リタイアしていく高齢者のもつ土地を活用することを考えるべきである。高齢化そのものよりも利用放棄地の有効活用こそが愛媛県の農業の課題だと考える。

(2) 法人化の方向性における課題

利用放棄地を農地として再利用する方法としては農作業の委託が主になる。しかし、個人的委託では受け手も高齢化で預け先がなく新規者の増加が追いつかない、という現実から全ての土地が再利用されることは難しい。一方、国や県は法人化、企業参入による農地集積＝大規模化を推進しており、さまざまな支援や利点もある。農地集積を行うことで利用放棄地が減るとともに大規模化によって生産量を増やし、比較的安定した収入を得ることができる。さらに組織経営体数と農業従事者の常雇用には正の相関(相関係数0.77)があるため、組織経営体＝法人が増えることで雇用創出に繋がる。意欲ある法人、力ある法人に土地を預けることには多くの利点があるが、松岡 (2018) ⁹⁾によると愛媛県における農地集積の実態は以下のとおりである。

- ・平成 30 年 3 月現在で愛媛県の農地集積率は 29.8%であり、全国平均を 25.4 ポイント下回っている。
- ・県内の 10 市町は農地集積率が 20%未満。農地集積を進める上での問題点として、「農業従事者の減少・高齢化」や「農地の分散」が多くの市町から指摘されている。
- ・平成 26 年、川上地区 (八幡浜市) の抱い手農家 19 戸を対象として調査したところ、量的にはかなりの樹園地が集積されたが、組織的な樹園地の利用調整を行っても、面的な樹園地集積の実現が非常に難しい。

愛媛県は様々な理由から農地集積に向いていない、農地集積が進まないという実態があり、土地の再利用の方法として集積＝大規模化だけでは解決しないことは明らかである。松前町の有限会社「あぐり」が地域の農地集積、耕作放棄地の減少に大きな貢献をしているように、企業参入や法人化による農地集積は大切な方向性ではあるが、その一方でその他の農地の維持が非常に大きな課題である。

(3) 行政支援の在り方

全国新規就農相談センターが平成 28 年に行った調査 ¹⁰⁾において、若い新規参入の就農者に年代別に就農理由を尋ねたところ「農業が好きだから」といった農業そのものへの愛着と併せて「自ら経営の采配を振れるから」「農業はやり方次第でもうかるから」と農業経営者としての裁量や経済面での可能性に着目する回答が多い。これは 40 代以下で特に多いが、50 代以上でも他の理由よりも多い回答がある。注目すべきは、それが3年前、6年前と比べ大きく増加している点であり、農業経営に対する関心が高まっていることが伺える。就農者の増加を目指したとき、法人、企業への就職としての就農よりも法人化する・しないにかかわらず個人経営者としての就農を積極的に推進していく必要があることを示している。そして他の産業での起業家と同じように、夢を持って新規就農する人たちの夢を叶えられるような行政支援が必要である。

5. 提案

(1) 小規模農業のススメ

国連の「家族農業の 10 年」によって、家族農業・小規模農業が見直されている。2 ha 未満の農地で営まれる農業を見直すという動きである。私たちが指摘する愛媛農業の課題解決のための方策としてこの小規模農業を提案する。高齢化の課題に挙げたように、愛媛県において特に 1.5ha 未満の農地を持つ経営体の減少が大きな課題であり、行政はそれらの土地を新規就農者へ提供する。急激な経営体の減少から、優良な農地は少なからずあると考えられ、元所有者などが相談役となり生産のアドバタイズを与えるなど安定収入の支援を同時に与える。また、全国の優良事例を収集、分類しファシリテーターとしての役割を担う(事例1)。また、「農地を残す」という観点から事例2のような農家の在り方も考えられる。

事例 1 兵庫県淡路市の若手農家を中心とした農園グループの形成

個々の農園を持ち独立就農の形をとりつつ、生産した野菜をグループで販売している。「分らないことがあっても、すぐにメンバーに相談できる」「農業の機械や農具をみんなで共有できる」などの利点があり、連帯は農業に強いと強みをもたらしことになると考える。

事例 2 「半農半X」：塩見直樹さんが提唱する小規模農家の在り方

生産としては自給することをベースにし(半農)、できた時間で自分の長所や天性を生かして世の中に貢献する(半X)という農業と自分のやりたいことを組み合わせた就農形態。近年、繁忙期の産地で収

穫などのアルパイトをしながら全国を渡り歩き若者が非公式であるが5万人いると言われており、農家への多様な関り方を可能にしていけることも重要な方策であると考ええる。

(2) 農業生産関連事業の見直し

全国の農業生産関連事業への取組を表4にまとめた。全国平均と標準偏差を計算し、47都道府県の取組を偏差値で評価した。それによると、農業生産関連事業を行っている実経営体数の「直接販売」を除く全ての項目で偏差値が47未満なのは愛媛県を含む、5県だけである。愛媛県は農業生産関連事業に関して非常に遅れていることが分かる。加えて、貸農園・体験農園の偏差値は42.0ととても低い。愛媛県が平成28年に示した「えひめ農業振興基本方針2016」には、県政モニターへのアンケート調査で「家庭菜園・週末菜園を行いたいか」という問いに対して80%の人が行いたいと答えた、とあり、小さい農地を貸農園・体験農園として再利用することは一定の需要が期待できる。また、肥田野ら(2012年) ¹¹⁾は、短時間で断片的な農業体験ではなく、学童期における農業者の関与による、一貫性をもち体験時間を十分確保した内容の充実した農業体験こそが、就農に好ましい影響を与える、と報告している。この場合、広い土地は必要なく、小規模農地を整備し、行政またはNPO法人等が関わることで、県内の多くの場所を取り組むことが可能である。新規就農者を持続的に確保するためには、時間がかかるが有効かつ不可欠な取組と考える。他にも他県に比べ愛媛県は農業生産関連事業への取組が鈍く、行政のファシリテーターとしての役割がここでも必要であると考ええる。

経営形態別		事業							県内経営体総数
		農業生産関連事業を行っている実経営体数	農産物の加工・直接販売	貸農園・観光農園等	農家民宿	レストラン	海外への輸出	その他	
全国平均	5342.0	533.4	5035.2	79.2	140.4	38.0	27.7	12.5	39.1
全国標準偏差	2397.7	426.2	2258.4	64.3	137.2	49.9	21.7	12.5	27.2
愛媛値	565.4	390	547.3	28	77	22	16	4	22
愛媛偏差値	51.3	46.6	51.9	42.0	45.4	46.8	44.6	43.2	43.7
「直接販売」を除く項目全てが偏差値47未満の県									
愛媛	51.3	46.6	51.9	42.0	45.4	46.8	44.6	43.2	43.7
奈良	42.4	42.4	42.8	43.2	43.6	43.2	43.2	44.1	13.291
徳島	39.2	43.2	39.2	41.6	42.2	46.0	42.7	43.2	44.5
鳥取	38.4	43.6	38.5	40.2	45.0	43.8	43.7	46.4	44.1
富山	37.9	45.7	37.5	40.9	41.4	45.0	46.0	41.6	37.1

(3) その他

愛媛県には課題解決に取り組んだ優良事例は多い。また全国を見渡せば新たな取組が多く報告されている。農地の減少は避けられないが、これから先、就農希望者の数だけ優良農地を提供できるよう「農地を残す取組」も重要であり、多様な視点で多くの人が知恵を出し合うことが重要である。

6. 展望

今回のような提案だけでは土地の減少に簡単には追いつかず課題解決には程遠いが、県内だけでなくさまざまな取組が次々となされ農業には夢があると感じた。今後は、各取組を分類し深く分析するとともに農福連携といった新たな取組がもたらす影響についても調べていきたい。

7. 引用文献・参考資料

- (1) 愛媛県農林水産部 (2019)『令和元年度版 愛媛農業の動向』
- (2) 農林水産省ウェブページ https://www.maff.go.jp/j/kanbo/katsuryoku_plan/index.html
- (3)-(8)(11) 農業センサス 2010 年、2015 年 (9) 松岡洋(2018)、愛媛県における農地集積の現状と課題
- (10) 全国新規就農相談センター(2016)『新規就農者の就業実態に関する研究一学童期の農業体験が就農に及ぼす影響一、農業普及研究、第 17 巻第 1 号
- (12) 肥田野 修・平泉 光一(2012)、農業後継者の確保に関する研究一学童期の農業体験が就農に及ぼす影響一、農業

摩擦の特性

愛媛県立松山南高等学校 摩擦班

田川智乃進 友石椋南子 福岡利々香 松岡直哉 指導教諭 参河厚史

1. はじめに

摩擦の法則であるクーロン・アモントン則には弾性体において法則を満たさない場合があることが知られている。クーロン・アモントン則とは、「(1) 摩擦力は、接触面に垂直に加えられる力に比例し、物体間の見かけの接触面積とは無関係である」「(2) 動摩擦力はすべり速度には無関係である」「(3) 動摩擦力は最大静止摩擦より小さい」というものである。

私たちは前回までの法則が正しいかどうかについて自作の斜面を使った装置で実験してきた。その結果、アルミニウムはこの法則に従っていたが、弾性体のときにはこの法則との関係性を見いだすことができなかった。よって、私たちは弾性体における、1 つ目のクーロン・アモントン則である最大摩擦（または、静止摩擦係数）と接触面積との関係を具体的に調べることで摩擦力の性質を明らかにしたいと考え研究を進めた。これまでの実験では、最大摩擦と面積との関係において傾向を見いだすことができた。さらに、詳細に調べることができるよう装置の改良を行い、再実験を行った。

2. 研究の方法と結果・考察

2-1 【実験 1】 最大摩擦と面積との関係

(1) 実験装置の改善

最大摩擦力の測定において、ゴムの面に均一に力が加わることで、正確に面に加わる荷重を調整することを目的として、次の①②の改善を行った。

① ゴムの貼り方 (図 1)

変更前：同じ厚さの正方形のゴムシートを同じ面積 (2cm×2cm) で切り出して容器の下に両面テープで固定する。正方形のゴムシートの枚数を増やすことで面積を増やす。

変更後：面積から計算された辺の長さを持つ 1 枚のゴムシートを容器の底に貼り付ける。面積を変えるごとに張り替える。

② 容器に乗せるおもりの変更

変更前：実験室にあるおもりに用いた。

変更後：粒の細かい砂を用いた。

(2) 方法と準備物 (図 2)

準備物：台車、力センサ、距離センサ、容器、砂、糸、滑車、クリップ、ゴムシート

- ① 台車に糸をつなぎ、滑車に吊る。
- ② 1.0cm ごとに長さを変えた一辺が 5.0～10.0cm の正方形のゴムシートを容器底の中央に貼り

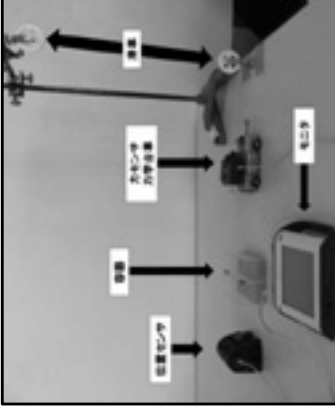


図 2 最大摩擦力の測定実験

- ③ 糸の両端にクリップをつけ、容器に挟む。
- ④ 力センサを台車に固定し、測定部に③の糸を引っ掛ける。
- ⑤ 容器を判別できるように距離を置いて距離センサを固定し、容器に砂を重りとして入れる。
- ⑥ 糸を引っ張り、容器を動かして最大静止摩擦力を測定する。距離センサの測定値と合わせて、容器がすべる直前の力センサの計測値を最大静止摩擦力にする。
- ⑦ 底のゴム板を変えて、①～⑥を繰り返す

(3) 結果と考察

(3)-1 垂直抗力と最大摩擦力との関係

垂直抗力（荷重）と最大摩擦力との関係が比例関係であることがグラフ (図 3) で示すことができる。ゴムシートが図 2 で取り上げた以外の枚数においても、同様のグラフが得られた。グラフの傾きから静止摩擦係数を十分に知ることができる。

(3)-2 弾性体の面積と最大摩擦力との関係 (図 4)

図 4 に弾性体の面積と最大摩擦力との関係を示す。面にはたらく荷重ごとに面積と最大摩擦力との関係を示している。クーロン・アモントン則に従えば、同一荷重においては、面積が変わっても最大摩擦力は変わらないはずではあるが、どの荷重においても、1 辺の長さが 0.06m (面積 $3.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2$) を境に、最大摩擦力が一度減少した後元に戻る傾向が見られた。荷重が大きくなるとこの傾向が強くなり、これは改良前にも行った測定結果と似た結果となった。

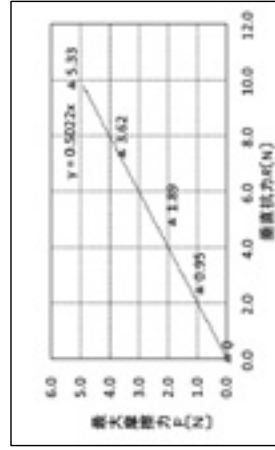
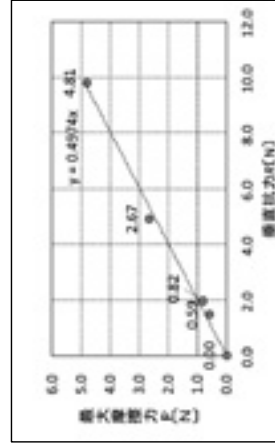


図 3 最大摩擦力と垂直抗力（面にかかる荷重）との関係
(左：ゴムシート 4 枚、右ゴムシート 5 枚)

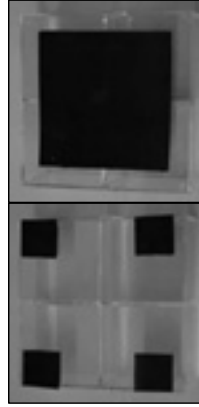


図 1 ゴムシートの貼り方

(左：変更前、右：変更後)

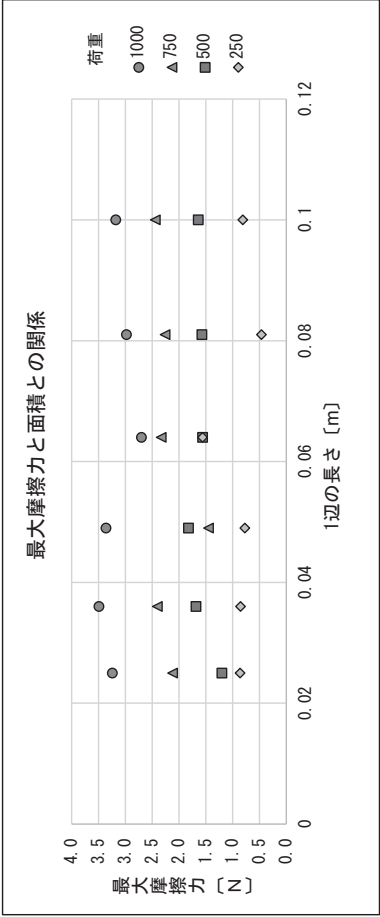


図 4 最大摩擦力と面積との関係 (凡例の数値はおもりの質量 [g] である)

2-2 【実験 2】 周囲の環境が摩擦力に与える影響について

2-1 の実験の結果から、同じ垂直抗力 (荷重) で最大摩擦力が変わるとするのはなぜかと考えた。私たちは垂直抗力と最大摩擦力を結びつける静止摩擦係数 μ が、最大摩擦力を測定する周囲の環境によって変わるのではないかと考えた。教科書には「静止摩擦係数は面の種類や状態で定まる」と記載されている。面の種類を変えずに状態を変えるものとして、物体と面との間に存在する空気の状態の違いが静止摩擦係数を変えることになるかと考えた。まず、空気の状態を表す要素として温度、圧力、湿度が考えられる。まず、私たちは湿度が静止摩擦係数に及ぼす影響を調べてみることにした。湿度を変えることができた。

温室 (図 5) を作り、実験 2-1 と同じ方法で最大摩擦力の測定を行った。

(1) 準備物

台車、力センサ、距離センサ、容器、砂、糸、滑車、クリップ、ゴムシート、温室 (図 5)

(2) 方法

実験 1 と同じ装置を用いて湿度が一定となるように温室を利用し温室内で実験を行う。
そして、最大静止摩擦力と湿度の関係について調べるために、5%刻みで湿度を変化させた。

(3) 結果と考察

図 5 のグラフのように、最大静止摩擦力と湿度には関係があることが分かった。湿度が高くなると、最大摩擦力は大きくなる傾向が見られた。湿度 40~45% は冬場の平均湿度程度、65% は夏場の平均湿度程度である。データのばらつきを示す分散値も湿度が大きくなると大きくなる傾向にある。これらのことから、最大摩擦力または静止摩擦係数の測定値は、湿度の影響を受けやすく、湿度の高いときは最大摩擦力の測定には不向きであることが分かった。夏場に実験を行うのであれば、エアコン等で湿度を一定に保つという管理が必要であることが分かった。



図 5 温室

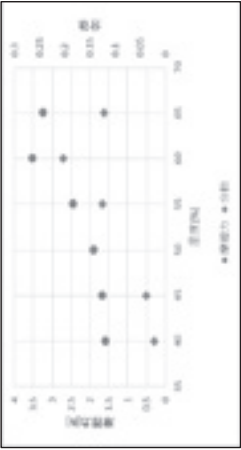


図 6 最大摩擦力と湿度との関係

4. 結論

- (1) 【実験 1】 1 つ目のクーロン・アモントン則「最大摩擦力とみかけの接触面積」との関係
最大摩擦力は垂直抗力 (荷重) に比例することが明らかとなり、この関係においては法則に従うことが分かった。最大摩擦力と面積との関係においては、1 辺の長さ 0.06m (面積で $3.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2$) を境に最大摩擦力が一度低下して再び元に戻る傾向が見られた。垂直抗力 (面に加わる加重) が大きくなるとその傾向は強くなる。この点に関しては法則に従わないことが分かった。
- (2) 【実験 2】 最大摩擦力と湿度との関係
最大摩擦力と湿度には湿度が高くなると大きくなる傾向がある。

5. まとめ

今回の実験から、弾性体においては、最大摩擦力 (または静止摩擦係数) は、みかけの接触面積に無関係であるというクーロン・アモントン則に従わない場面があることがうかがえる。また、弾性体が湿度の影響を受けやすいことが分かった。今後は、測定データのばらつきが小さい 45% の湿度に保って最大摩擦力の測定を行いたい。気圧が摩擦に与える影響は、気圧の変化と面にかかる荷重との関係を計算によって推察できると考えられるので、その点についても同時に進めていきたい。

6. 参考文献

- 青山学院大学 大槻道夫、松川宏 (2013) 「摩擦の新法則を発見」
- 岡山県立倉敷天城高等学校 (2015) 「3 つの異なるアプローチによる動摩擦係数・静止摩擦係数測定」
- 岡山県立総社高等学校 (2016) 「静止摩擦係数が生じる要因」

固体物を水面に落とした時の水のはね返りに関する研究

愛媛県立松山南高等学校 水滴班2019
高城和佳 竹田夏菜 西尾怜愛 指導教諭 本藤雅彦

1. はじめに

雨の日や台所、トイレなどの日常における身近な場面では、水がはね返る光景がよくみられる。私たちの暮らしと水は密接に関わりがあり、この水がはね返る現象にはどのような性質があり、また、この現象はどのような原理によって起こるのかを解明したいと考え、この研究を行うことにした。

本校の物理水滴班では、水滴を水面に落とした際のはね返りについて研究が進められており、本研究はその継続研究である。しかし、水がはね返る場面を想定してみると、落下物は必ずしも水滴だけではなく、固体物であることも多いことから、本研究では固体物を落とした時の水のはね返りを研究し、その特性やメカニズムを明らかにすることで、水滴のはね返りに対する見地の幅を広めようと考えた。

2. 仮説

先行研究(2017)¹⁾では、水滴を滴下する高さを高くするにつれて、水面からはね上がる水滴の高さは一度大きくなった後、ほぼ一定の高さに収束する事が分かった(図1)。また、はね返る高さが収束するのは、滴下された水滴の速さが終端速度に達したためではないことも示されている。

また、先行研究(2019)²⁾では、水滴の大きさ(質量)を変えても水滴がはね上がる高さにピークが見られることと、水滴が最も大きくはね返るための滴下の高さは水滴の質量に関係すること が明らかになった。

私たちは、このような水がはね返る現象では、落下物がつまみエネルギーや運動量といった物理量が、水滴のはね返る高さに関係すると考えた。そこで固体物を落とす場合には、水滴の場合に比べて大きな物理量をもつ物体が液体と衝突するため、次のような仮説を立てた。

固体物を落とした場合は、はね上がりの高さは水滴よりも急激な変化を見せる。

また、はね上がりの高さはある程度の高さで一定となる。

3. 研究方法

(1) 研究に用いる器具

本研究で用いた器具・道具は次のとおりである。

電磁石を用いた落下装置、水槽、実験台、実験用金属球(鉄:直径11mm)、ものさし、照明器具、反射板、磁石、暗幕
ハイスピード撮影対応デジタルカメラ(CASTO HIGH SPEED EXILIM EZ-ZR850)、同(Panasonic DC-TZ90)

本研究では水滴を落とす場合との比較を行うため、落下する物体の形状は球とした。また、実験装置を図2に示す。



図2 実験装置

(2) 実験の手順

① 鉄球(直径11mm)を水面(水深35mm)に落下させ、水滴がはね返る様子を動画で撮影する。落下させる位置の水面からの高さは16cmから4cm刻みで変え、それぞれの高さで20回測定(撮影)を行う。

② PCの動画再生ソフトでコマ送り再生する。

③ はね返った水滴が最高点に達した瞬間の静止面で画像上の画素数からのはね返りの高さを求める。はね返った水滴が複数ある場合は、最も高くはね返ったものを測定の対象とする(図3)。

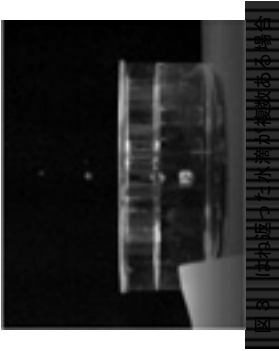


図3 はね返った水滴が最高点に達した瞬間

4. 結果

物体を落とす高さとはね上がった水滴の高さの関係は

図4のようになった。グラフを見ると、物体を落とす高さが高くなるにつれてはね上がりの最高点の高さが高くなる事が分かる。そして、落とす高さが72cmを越えると、はね上がった高さが急減に減少しており、水滴の場合と似た傾向が見られた。なお、どの落とす高さにおいても、はね上がりの高さには大きなばらつきが見られることが分かった。

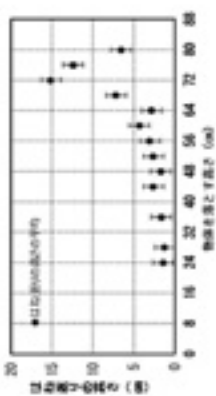


図4 はね上がった水滴の高さと落下物の高さの関係

5. 考察

私たちは図4の結果より、物体を落とす高さが72cmではね上がる水滴の高さが急減を減少する原因について考察を行った。

(1) 速さに関する考察

まず、はね上がりの高さの減少を引き起こした原因として、水滴がはね上がるときの速さが関係すると考えた。先行研究(2019)²⁾では、水滴が水面に当たった時には水面が大きく凹み、その反動で大きくはね上がることが明らかになっている。つまり、「水面が大きく凹む→はね上がりの速さが速くなる→はね上がりの高さが高くなる」の関係がある。しかし、固体物は水面に衝突した後、水中に入り込むために水面を凹ませることはできないことから、私たちは物体が水面に衝突した後、水中に入ると、逆に水面が元に戻りにくくなり、水面がはね上がる加速がなくなると考えた。

そこで、72cm以降で実際にはね上がりの速さが遅くなるかどうかを確かめる為に、水滴のはね上がりの速さを計測した。その結果を図5に示す。

はね上がりの速さは物体を落とす高さが高くなるにつれて増加した。しかし、72cm以降においては減少するどころか、急に増加するという予想とは逆の結果となった。つまり、はね返る高さが減少する原因は、水滴がはね上がる速さが減少するためではない事が分かった。

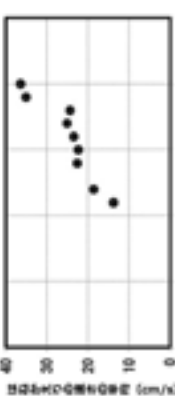


図5 はね上がった水滴の速さと落下物の高さの関係

(2) 水滴がはね上がる角度に関する考察

はね上がりの高さが減少する別の原因を探るために、動画の再生を繰り返して確認したところ、はね上がる水滴は必ずしも鉛直上向きではなく、斜め除法に飛び出し、水滴が放物線を描くことに気が付いた(図6)。そこで、私たちは水滴がはね上がる角度が関係するのではないかと考え、動画から水滴がはね上がる角度を調べることにした。

私たちは当初、カメラ1台で正面から撮影をしていたが、水滴の放物運動は三次元的な動きをするため、2台のカメラを用いて二方向から同時に撮影することで、角度を割り出せるように改善した。計測の結果を図7に示す。

物体を72cmより低い位置から落とした場合は、はね上がりの角度はどれも約80度となり、高さ72cm以降においては角度の減少が見られた。このことから、はね上がりの高さが減少する原因は、水滴がはね上がる角度が小さくなるためであったことが分かった。

(3) はね上がり方に関する考察

考察(2)では、物体を落とす高さがある値に達すると、はね上がりの角度の減少が起きることが明らかになった。このとき、水面ではどういった変化が起きているのだろうかという新たな疑問が出てきたため、引き続き調べることにした。これまでに得たデータを見返していたところ、はね上がりの角度の分布(図8)から、はね上がりの角度は80°付近と45°付近に集中していることが分かった。

このことから、私たちは、水滴のはね上がり方が2種類存在し、72cm以下では垂直に押し出されていた水滴が、高さ72cmを超えることで落下速度が上がり、衝撃の増加によって横へ押しのけられるようになるかと推測した(図9)。

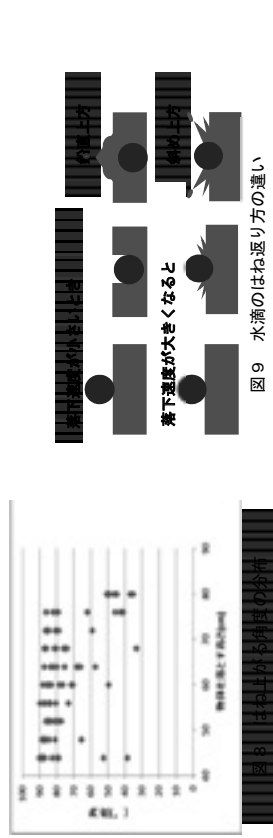
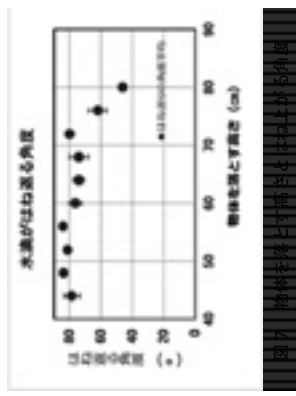
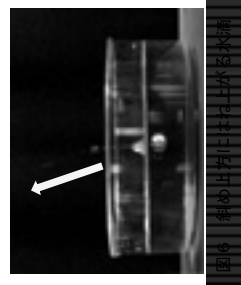


図9 水滴のはね返り方の違い

この予想を確かめるために、フレームレート1000fpsのハイスピードで、各高さから物体を落とした時の水滴のはね上がる様子を60回動画で撮影した。その際、水面の様子を観察しやすくするために、水を着色した。しかしはね返り方には違いは見られず、ほとんど同じになった(図10)。連続写真では鉄球が水面に接触した後、周囲の水が鉄球の表面を伝うように上がっていき、鉄球が完全に水中に入



るとき、表面を伝った水が上部でまとまっている。後に、まとまった水は水柱を形成しはね上がる様子が見られる。この様子は私たちが推測した図9上と類似していると考えた

一方、愛媛大学工学部からお借りしたハイスピードカメラで、2000fpsでの撮影をしたところ、図10とは異なるはね返り方をするところがあることが分かった(図11)。なお、図11は、物体を落とす高さが80cmのときものであり、水滴が水面に衝突した時に周囲の水が横へはねのけられるようにはね上がっていることが確認できる。そして、私たちはこのはね上がり方が、図9下に類似していると考えた。

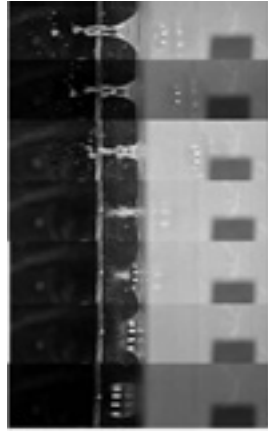


図10 水滴がはね上がる連続写真

(4) 落下する物体の運動に関する考察

これまでの研究発表で、数人の先生方から「物体が落下中に回転し、それが水滴のはね上がり角に影響しているのではないか」という意見を何度か受けたため、落下する物体が回転しているかどうかについても確認した。落とす物体の半面を油性ペンで着色し、落下する様子をハイスピードカメラで撮影したが、落下する球体に回転は見られなかった。

6. 今後の展望

現時点では、はね返る水滴の高さが減少する原因として、水滴がはね上がる角度が減少するためであることが明らかになった。また、水滴のはね上がり方が2種類存在することも確認できた。しかし、図11(図9下)のようなはね返り方はごく少数しか確認できていないため、今後はこの2つのはね上がり方についてデータの数を増やし、さらに詳しく調べていきたいと考えている。また、図10で見られた、物体の表面に形成される水の膜に関しては、2つのはね上がり方の違いを分ける要因ではないかと考えており、膜の上がる速さや特性についても調べたいと考えている。さらには、落とす物体の大きさや材質(密度)を変えた実験も行っていきたい。

7. 参考文献

- 千葉県立船橋高等学校(2014)「ミルクロウソウの発生条件」
- 学校法人奈良学園 奈良学園高等学校(2013)「水中を落下する球状物体に働く抵抗力」
- 滋賀県立膳所高等学校(2017)「球体の落下運動」
- 愛媛県立松山南高等学校 S S物理水滴班(2017)「水面からはね返る水滴に関する研究」¹⁾
- 愛媛県立松山南高等学校三代目水滴班(2019)「水滴が水面から大きくはね返る条件を探る」

ガウス加速器の射出球発射のメカニズムを探る

愛媛県立松山南高等学校 ガウス加速器班
 嶋田颯太 竹井美織 中嶋晃 御崎勇太 指導教諭 露口猛

1. はじめに

ガウス加速器とは、磁石に球を衝突させる際に、反対側に2個以上の球がついていれば磁場の影響を受けて射出される球が加速される現象である。先行研究^[1]は衝突でのエネルギー保存について研究されており、その際衝突直前に球が射出されている現象らしきものが確認された。先行研究では得られたデータが少なかつたために、この現象については解明されていない。私たちはこの現象に興味を持ち、どのようなしくみで起こっているのかを調べることで、ガウス加速器での射出メカニズムを明らかにできると考え、研究した。

にわかには理解し難いこの現象を、私たちは衝突直前に射出球の磁極が切り替わっているのではないかと仮説を立てて実験を行った。ハイスピードカメラ(1000fps)を用いて衝突の瞬間を撮影すると、衝突する直前に飛び出しているもの(衝突前射出)らしきものと衝突の瞬間に射出されるもの(同時射出)が確認された。そこで、よりフレームレートが高いカメラを用いて視覚的に衝突前射出を確認する実験と、磁力計を用いて磁場の変化を測定する実験を行った。

2. 方法

(1) 衝突前射出の検証 (実験①)

まず衝突前射出の有無と衝突直前と直後の速度を求めるため、ハイスピードカメラを用いて衝突の瞬間を撮影し、1 フレームごとに確認した。(図 1) 使用道具は、ネオジム磁石(球型) / 鉄球 ($r=0.47\text{cm}$) / ハイスピードカメラ (4000・8000 枚/s) / レール (幅 0.75cm) である。



図 1 ハイスピードカメラでの撮影

図 2 磁場の変動の撮影

(2) 衝突時の磁場の変動の測定 (実験②)

加速器の上に鉄粉をまいた透明容器を置き、射出時の磁場の様子を撮影した。(図 2) また、射出球側の磁場の変化を(A)～(D)の条件のもと、センサーを用いて測定した。(図 3) 使用道具は、ネオジム磁石(球型) / 鉄球 ($r=0.47\text{cm}$) / 磁力計 (20Hz) である。

- (A) 衝突球の速度を 1.24m/s として測定。
- (B) 衝突球の速度を 0.11m/s として測定。
- (C) 指で衝突球を抑え、ゆっくりと磁石へ近づけ測定。
- (D) 磁石の近くで衝突球を保持し、ゆっくりと近づけ測定。



図 3 磁場の変動の測定

3. 結果

(1) 衝突前射出の検証 (実験①)

本校にある 1000fps のカメラで撮影した結果を図 4～6 に示す。衝突する球が磁石に衝突する直前に、射出される球が動きだす様子が捉えられた。しかし、それは非常に稀な現象であった。そこで、より高速撮影可能なカメラ(4000fps)で撮影した。その様子を図 7～9 に示す。

衝突前後のフレームを見比べると、衝突の瞬間をとらえて衝突球と射出球ともに接触している様子が伺える。限られた条件でしか撮影できなかったが、得られた全ての映像について衝突の瞬間を検証したところ、いずれの条件下でも衝突前射出を確認することはできなかった。しかし同時射出は多数確認することができた。

一方、動画から計算した衝突前後の速度を表 1 に示す。表 1 から、次のことが分かった。

- ・スタートの高さと衝突直前の速さには関係がない。
- ・射出球側の球数と速度比にも関係がなく、速度比はほぼ一定である。
- ・ガウス加速器で、必ず加速されるわけではない。



図 4 衝突 1 フレーム前



図 5 衝突瞬間



図 6 衝突 1 フレーム後



図 8 衝突瞬間



図 9 衝突 1 フレーム後

図 7 衝突 1 フレーム前

表 1 衝突球と射出球の速度

射出側 球数	fps	スタート 高	衝突球側		射出球側		速度比 (直後/直前)
			加速前	衝突直前	衝突直後	加速後	
2 個	4000	20cm	0.67	1.14	1.11	1.00	0.97
3 個			0.67	1.00	1.25	1.33	1.25
2 個	8000	30cm	0.77	0.95	1.29	1.29	1.35
			0.78	1.03	1.38	1.29	1.34
4 個		20cm	0.87	1.00	1.29	1.33	1.29
			0.68	0.89	1.25	1.14	1.41

(2) 衝突時の磁場の変動の測定 (実験②)

図 10～12 は衝突前後の磁場の変化を示す。図中に囲まれた部分の模様が変わっており、その点に特に注目した。そこで、図 3 にあるように磁場センサーを用いて、射出球周辺の磁場の変動を測定した。衝突前後で射出球側において、S 極の磁場が弱まることが確認できた。また、磁極の反転、つま

り S 極から N 極への変化は確認できなかった (図 13)。

磁場の変動値は表 2 の通りである。衝突前後での磁場の変動幅は衝突の速度には関係ないことが分かった。さらに実験 (D) の結果を図 14 に示す。磁石に衝突球を近づけるにつれ、S 極側の磁場が強まることが確認できた。また、衝突球が磁石に当たっても射出球が飛び出ず、(A)～(C) のような磁場の弱まりはなかった。

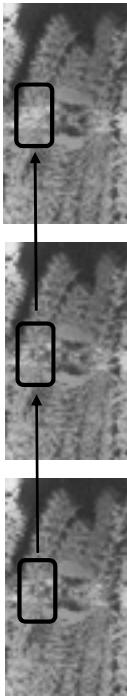


図 10 衝突前の磁場 図 11 衝突瞬間 図 12 衝突後

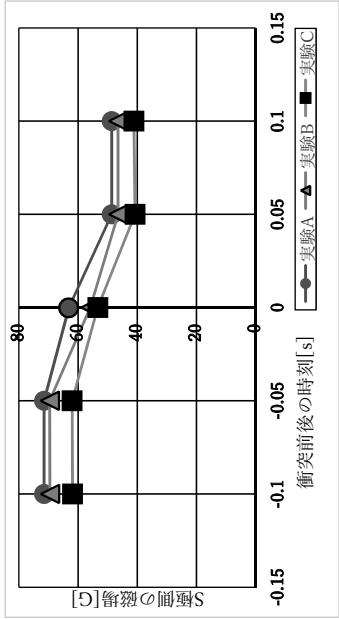


図 13 衝突前後の磁場の変化 (射出球側)

表 2 衝突前後の磁場の変動幅

実験	衝突球速度 [m/s]	衝突前磁場 [G]	衝突後磁場 [G]	磁場の变化 [G]
A	1.24	71.5	48.6	22.8
B	0.11	69.6	46.4	23.1
C	ほぼ 0	62.0	40.7	21.2

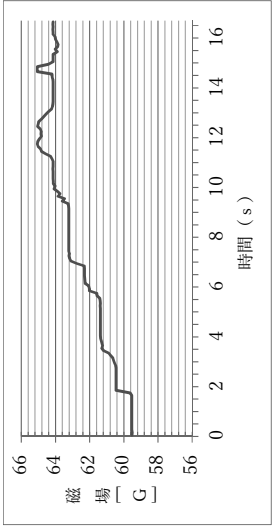


図 14 実験 (D) の結果

4. 考察

実験①及び実験②の(A)～(C)より、同時射出は多数確認することが出来たが、衝突前射出は起こっていないと判明した。また、スタートの高さと衝突直前の速さには関係がなく、射出球側の球数と速度比にも関係がなく、速度比はほぼ一定であることが分かった。さらに、衝突時に磁場が弱まるが磁極の反転は起こらないことも分かった。以上から、磁石を固定している場合の衝突時の様子を推定した。

- 衝突球は磁石に近づくと、それまでの速度に関わらず磁極の強さと透磁率の関係で決まる磁気力によって加速される。

- 衝突時には周辺の磁場が変動するが、あくまで衝突球や射出球の有無によって磁力線の様子が変わるだけであり、磁極の変化等は起こらない。それは、速度比が一定であることから推定され、磁場の変化も一定であることも分かる。

一方、磁石が二つ並べた鉄球に当たった際にガウス加速器のように鉄球が加速されて飛び出すという現象が確認された。この現象を 1000fps のカメラで撮影したところ、磁石に近い鉄球が振動し、衝突前射出のように球が接触する前に飛び出す様子が見られた。動画から磁石が回転していることが確認され、磁極が反転し続けるように回転している場合には衝突前射出に類似の現象が確認できるのではないかと考えている。現在はまだデータが足りないため、今後の実験で解明する予定である。

実験 (D) のように磁力が強くなったのは、磁気力に関するクーロンの法則で説明されると予測されるが、今後も実験を重ねることで解決されるのではないかと期待している。

5. まとめ

(1) 衝突前射出は確認できず、同時射出は確認することができた。

(2) 衝突の前後に磁極の反転は起こらず、先行研究で明らかにになったエネルギー保存則に従った加速が行われていると考えられる。

(3) 磁石を固定せず、その磁極が反転し続けるように回転すれば、衝突前射出も確認できるのではないかと考える。

(4) 使用する鉄球の数と位置で磁場の様子が変わるが、あくまで鉄球の存在によってその場の透磁率が変化することによる。

6. 謝辞

愛媛大学工学部機械工学科の向笠忍准教授にハイスピードカメラをお借りし、ハイスピードでの動画撮影が可能になり、精密な測定ができました。この場を借りてお礼申し上げます。

7. 参考文献

[1] 井上空時、渡部聖、長田真奈、柚ノ木舞乃(2018)「ガウス加速器におけるエネルギー保存のメカニズムを探る」『2018 信州総文祭自然科学部門論文集』pp. 78-79、第 42 回全国高等学校総合文化祭長野県実行委員会事務局

ゼーゲル式を用いた赤色釉薬の研究

愛媛県立松山南高等学校 梅ちゃんズ

熊谷響輝 吉田匡希 渡部華夏 指導教諭 石丸靖夫 目見田拓

1. はじめに

本校では、一昨年より愛媛県の特産品である砥部焼の発展に関わる研究を行っている。当初は本校のシンボルツリーであるイチヨウを用いてスクールカラーの紫色の釉薬を開発する研究であった。そこで、私たちは砥部焼の里である砥部町の特産の「七折梅」を用いて、私たちが七折梅からイメージした透明感のある赤色に発色する釉薬を目指して研究を行うようにした。

釉薬とは、陶器や磁器の表面をコーティングするガラス層のことであり、「うわぐすり」ともいわれている。焼き物を装飾するだけでなく、強度を上げたり、汚れにくくしたりする働きがある。

2. 仮説

先行研究^{2, 4)}より釉薬にCuOを加えると赤系統の発色が見られた。そこで、梅の灰にCuOを加えると透明度の高い赤色に発色する。

3. 梅の灰を用いた実験の方法

梅の枝を乾燥させたのち燃やして灰にした。その灰の水籤を行い、乾燥させてふるいにかける。そして、福島長石との混合比を変えたものにLi₂O 10%、CuO 1%を加え、テストピースをつくる。そのテストピースを1250℃で還元焼成を行う。

4. 梅の灰を用いた実験の結果

赤色の発色が見られなかった(図1)。梅の枝の灰には多くの発色に関わる化学物質が含まれており、発色の原因が分かりにくかった。また、発色剤・媒熔剤・補助剤の相互の働きや、釉薬の状態が明確でなかった。そこで、加える化学物質限定するためにゼーゲル式を用いて、次の実験を行った。

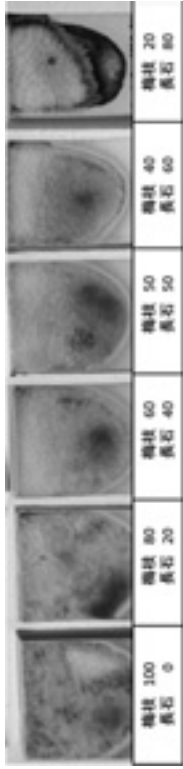


図1 梅の灰を用いた実験の結果

5. ゼーゲル式について

(1) ゼーゲル式について

ゼーゲル式では、釉薬の性質を事前に考察することや、化学的に釉薬を操作することができる。釉薬の調合をモル量は表記されている。一酸化物(アルカリ要素：媒熔剤)、二酸化物(酸性要素：釉薬の本体SiO₂)、三酸化物(中性要素：両方の働きをする物質Al₂O₃)これらの3つのグルーブの量で表記されており、ドイツの化学者ゼーゲルの名をとってゼーゲル式と呼ばれている。

(2) グラフについて

横軸はSiO₂ (mol) / 媒熔剤 (mol)、縦軸はAl₂O₃ (mol) / 媒熔剤 (mol) である。グラフ④は砥部焼釉薬の平均値であるSiO₂:Al₂O₃が4.0mol : 0.45mol¹⁾である。I ~ Vは横軸の値が1 ~ 5のときの釉薬を表す。

グラフ中のI ~ Vで実験を行ったところI・II・III・IVは軸が焼け、Vでは軸が焼けなかった。

また、I・IIの釉は流れやすかった。この結果からゼーゲル式のIIIのところでも実験を行うことに決めた。

図2 ゼーゲル式を用いたグラフ

6. ゼーゲル式を用いた実験の方法

SiO₂とAl₂O₃を砥部焼釉薬の平均値である4.0mol : 0.45molとし、ゼーゲル式の値を考慮して媒熔剤を加え釉薬(以下基礎釉とする)とした。そこに発色剤としてCuOを加え、1250℃での還元焼成を行った。

7. ゼーゲル式を用いた実験の結果・考察

(1) まず基礎釉にCuO 1%を加え、発色を確かめた。その結果、厚く塗った部分で青色の発色が見られた(図3)。これは、表面のCuOが酸化されたことで青色の発色となったと考えられる。

(2) 次に基礎釉にCuO 1%を加えたものを還元焼成の時間を長くし、実験を行った。その結果、880℃まで還元焼成を行うと、赤色の発色が見られた(図4)。釉薬が固まるまで還元を行うと、表面の酸化を防ぐことができた。しかし、砥部焼は1250℃で還元を止めるため、これは釉薬として使うことができない。そのため、媒熔剤を組み合わせることで青色の発色を抑えることにした。

(3) まず青色の発色を抑えるためにSnO₂を用いた³⁾。基礎釉3にCuO 1%、SnO₂の加える割合を変えて実験を行った。その結果、青色の発色を抑えられ、全体的に赤色の発色が見られた。また、SnO₂の割合が増えると青色の発色が見られなくなった(図5)。これは、SnO₂が還元剤として働いたため、青色の発色を抑えられたと考えられる。

(4) 媒熔剤としてBaOを用いた。基礎釉3にCuO 1%、BaOの加える割合を変えて行った³⁾。その結果、BaOの加える割合を増やすと釉薬が流れていた。また、BaOの割合が増えると赤色の発色が強まった(図6)。BaOの媒熔剤としての働きと発色を強める働きが見られた。

(5) 赤色の発色を透明度の高いものにするため、SnO₂、BaOを用いた。基礎釉3にCuO 1%、SnO₂ 5%、BaOの加える割合を変えて行った。その結果、全体が深みのある赤色の発色となった(図7)。これはSnO₂が還元剤として働き、BaOが媒熔剤として働いたため赤色の発色となったと考えられる。

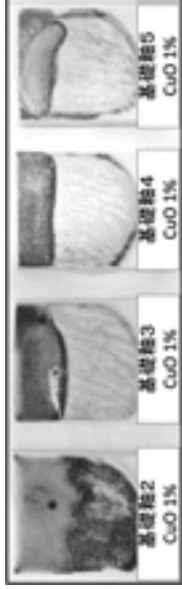


図3 基礎釉にCuO 1%を加えた

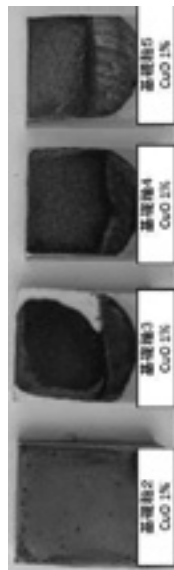


図 4 基礎釉に CuO 1% 加え、還元時間を変化させた

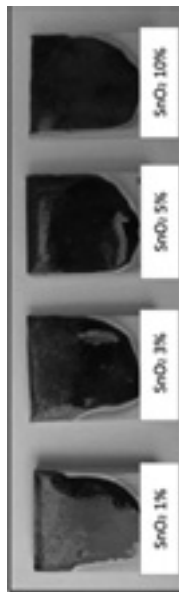


図 5 基礎釉 3 に CuO 1%、SnO₂ の加える割合を変えて加えた

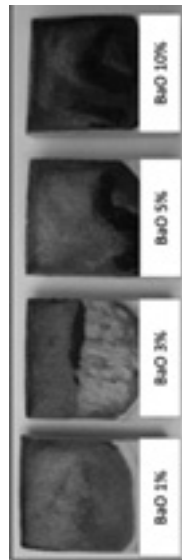


図 6 基礎釉 3 に CuO 1%、BaO の加える割合を変えて加えた

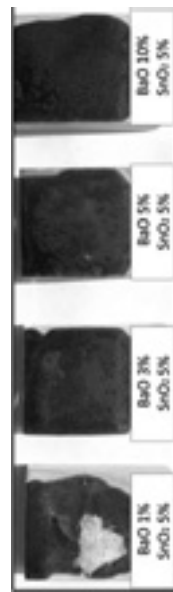


図 7 基礎釉 3 に CuO 1%、SnO₂ 5%、BaO の割合を変えて加えた

8. コーティング剤を用いた実験・考察

これまでの研究は、釉薬の成分、つまり媒熔剤を変えることで表面の酸化を防ぐものであった。しかし、それとは別に、釉薬表面を赤色釉薬よりも熔けやすい透明釉薬でコーティングすることで、表面が酸化されないようにする研究を行った。

用いたコーティング剤は、基礎釉 3 より熔けやすいゼーゲル式の値が 1 になるように設定し、基礎釉に加える SnO₂、BaO の割合を変化させながら実験を行った。その結果、釉薬、釉薬、コーティング剤の両方に SnO₂ を用いているものではなく、表面が酸化されて青くなることなく赤色の発色が見られた。また、コーティング剤を用いていないときと比べて、表面が滑らかになっており、光沢が増していた (図 8)。

赤色釉薬を、熔けやすい無色釉薬でコーティングすることで、釉薬が酸化されにくくなっただけでなく、透明感が増した赤色に発色したと考えられる。

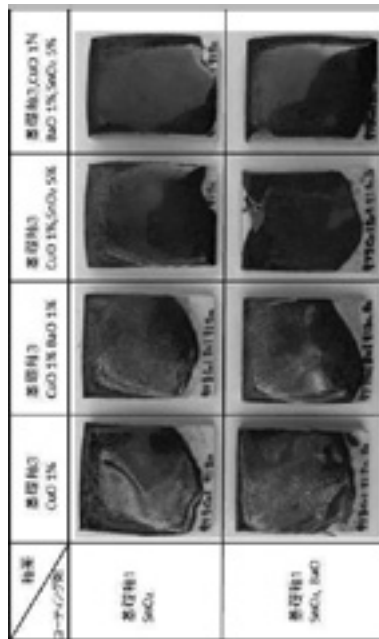


図 8 コーティング剤を用いた発色

9. まとめ

今回の研究では、2 つの方法で釉薬表面の酸化を防ぎ、赤色に発色する釉薬を作ることができた。まず、媒熔剤を組み合わせることで表面の Cu₂O が酸化されるのを防ぐことができ、赤色に発色する釉薬をつくることができた。

次に、赤色釉薬を、熔けやすい透明釉薬でコーティングすることで、釉薬表面の酸化されるのを防ぎ、赤色に発色する釉薬を作ることができた。さらに、コーティング剤を用いた場合には、赤色の発色が鮮やかになり、表面の光沢が強めることができた。

10. 今後の課題

今後は、表面をコーティングする方法で研究を進めることにし、当初の目標である七折梅の灰を用いた透明感のある赤色に発色する釉薬を開発するために、コーティング剤の成分などの条件を確立したい。

11. 参考文献

- 1) 愛媛県産業技術研究所報告 No. 55 『低部焼釉薬の安定化に関する研究』 (2017)
- 2) 樋口わかな 誠文堂新光社『焼き物実践ガイド：陶器作りまします上達』 (2007)
- 3) 野田耕一 誠文堂新光社『釉薬手作り帖』 (2012)
- 4) 愛媛県立松山南高等学校 SS 化学イチャウ班『イチャウの灰を使った釉薬の研究』 (2019)

ヒドロキシ基の配置の違いがもたらす影響について

愛媛県立松山南高等学校 浸透班
青山俊輝 有田亘輝 千崎雅也 指導教諭 兵頭英樹

1. はじめに

理想溶液において、浸透圧はファン・ト・ホッフの法則 ($\Pi = cRT$) で表せられる。しかし、実際には分子の相互作用によって理想値と異なる値を示す。井上らの先行研究(2018)では同濃度・同分子量の糖類の浸透速度を測ったところ異なる結果を示した。糖類は立体異性体であり構造以外の違いは見られない。また糖類には親水性を示すヒドロキシ基があり、分子間の相互作用によって浸透圧の数値に影響を及ぼすことから、ヒドロキシ基の配置による違いであると説明されていた。本研究は理想値からのずれについてヒドロキシ基と水分子の相互作用の影響を明らかにする。

2. 研究の概要

(1) 糖の理想値からのずれについて

水中にはトリジマイト構造と呼ばれる水の3次元構造が見られる。奥田の先行研究(1993)において、このトリジマイト構造と糖類の立体異性体のヒドロキシ基がうまく合致することでヒドロキシ基の影響が打ち消されることが示されている。図1で示されたように、水のトリジマイト構造によって影響が打ち消されるヒドロキシ基は六員環に対して平行であるエクアトリアルのみであり、六員環に対して垂直であるヒドロキシ基のアキシアルは浸透現象への影響が打ち消されず、理想値へ影響を及ぼす。

このことから、私たちはエクアトリアル数の多いほど浸透圧は理想値に近づくと考えた。糖の立体異性体のエクアトリアル数の数と浸透圧の理想値からのずれの大小関係を求めることで、相互作用を明らかにすることを目的として研究を行った。

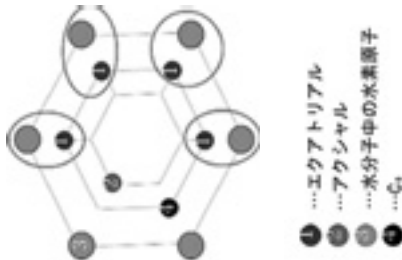


図1 水のトリジマイト構造とグルコースの相互関係

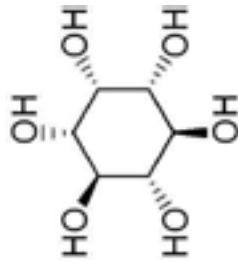


図2 myo-イノシトールの構造式

(2) myo-イノシトールについて

脂肪やコレステロール類の代謝を行う働きを持つことから脂肪肝や高脂血症の治療に有用であるといわれているイノシトールは、貴重な生理活性物質であり、栄養食品や医薬品などの成分として幅広く利用されている。しかし、myo-イノシトール (図2) を含む生物活性を持っているすべての異性体は、細胞外液の浸透圧が上昇した場合、細胞内のイノシトール濃度を上昇させ細胞内の水分を保つ働きをするが、その濃度変化には数日を要し、すぐに細胞外に排出することができないので、水分を異常に細胞内に保持してしまい脳浮腫を引き起こすなどの問題がある。そのため、イノシトールは過剰に摂取してはならない。加えて、浸透圧は定量的な実験ができず、数種類の異性体を持つ糖を溶質として扱った実験において危険性があるといえる。そこで私たちは myo-イノシトールの見かけの分子量を求めることによって浸透圧の数値化を試みた。

3. 方法

実験1 myo-イノシトールの浸透圧の実測値を求めるための実験

(1) 凝固点降下法の浸透圧への応用

浸透圧と同じ熱力学的法則で成り立ち、束一的である凝固点降下による測定において、実際の溶質の分子量がどの程度働いているかの指標である見かけの分子量を求めることができる。この見かけの分子量を以下のファン・ト・ホッフの法則に当てはめることで浸透圧が求められる。この際、モル濃度と質量モル濃度は計測結果が同じであることから同じものとして扱う。

$$M = k \times \frac{w}{\Delta t} \times \frac{1000}{W}$$
$$\Pi = \frac{w}{MV} RT$$

Δt :凝固点降下度 [K]
 k :溶媒のモル凝固点降下 [K・kg/mol]
 m :質量モル濃度 [mol/kg]
 M :溶質のモル質量 [g/mol]
 w :溶質の質量 [g]
 W :溶媒の質量 [g]
 Π :浸透圧 [Pa]
 V :溶液の体積 [L]
 n :溶質の物質量 [mol]
 R :気体定数 [Pa・L/(K・mol)]
 T :絶対温度 [K]

(2) 凝固点降下度の測定について

図3中の試験管①に実験試料 0.2mol/L を 5g 入れ、試験管②に食塩の飽和水溶液を入れた。試験管②の中に①の試験管を入れたことで、ムラなく実験試料の温度を下げることでできた。また、食塩をかけた氷③を入れたことで、温度を氷点下以下にすることができた。デジタル温度計を試験管①に差し込みゴム栓で固定した。

(3) 見かけの分子量の浸透圧への適用

凝固点降下法によって計測された凝固点降下度を凝固点



図3 凝固点降下測定装置

降下度の式に代入し見かけの分子量を求めた。その結果をファントホッフの法則に代入することで見かけ上の浸透圧を求めた。

実験2 糖の立体異性体のエクアトリアル数の数と浸透圧の理想値からのずれの大小関係を求める実験
(なお、糖の立体異性体は、グルコース、ガラクトース、フルクトース、ミオイノシトールを使用した。)

(1) エクアトリアル数の数について

それぞれの e-OH 基の数を核磁気共鳴法（以下 NMR とする。）測定で計算した。なお、NMR 測定による求められるエクアトリアル数の数については実験機材が高価であるため先行研究から引用した。

(2) 浸透圧の大小関係について

用いる糖の立体異性体の凝固点降下度を実験 1-(2) と同様にして求めた。凝固点降下度と浸透圧の大小関係については凝固点降下度の式とファントホッフの法則より一致することがわかる。

・凝固点降下度の式

$$\Delta t = k \times \frac{w}{M} \times \frac{1000}{W}$$

・ファントホッフの法則から求められる式

$$M = \frac{w}{\Pi V} \times \frac{RT}{\Delta t}$$

・凝固点降下度の式とファントホッフの法則から求められる式

$$\Delta t = \Pi \times \frac{1000kV}{RTW}$$

4. 結果

(1) 実験 1

ミオイノシトールの凝固点降下度は-0.25℃で、そこから求められる見かけの分子量は 276.348 となり、浸透圧の実測値は 334893Pa、理想値は 515220Pa となった。生体内で起こると仮定し絶対温度は 310K とした。

(2) 実験 2

表 1 より、凝固点降下度の大小関係はフルクトース<ガラクトース<イノシトール<グルコースとなり、表 2 より e-OH 基の数の大小関係はフルクトース<ガラクトース<グルコース<イノシトールとなった。

表 1 各物質の凝固点降下度	表 2 各物質のe-OH基の数
グルコース	グルコース
ガラクトース	ガラクトース
フルクトース	フルクトース
myo-イノシトール	myo-イノシトール

5. 考察

実験 1 で求めた浸透圧は現実性のない非常に大きな値を示した。このことから、浸透圧が定量的な実験ができないというのは、理想溶液として扱うことのできないほどの濃度で存在している非理想溶液で

あり、気体定数(8.31J/(K・mol))のような値も変わってしまうため、実験で得た実測値をファントホッフの法則にあてはめるのが問題ではなく、式にある値が変化してしまうことに影響されると考えられる。

実験 2 の大小関係の比較よりミオイノシトール以外の物質に比例関係が見られることから関連性があるため、この実験はヒドロキシ基を含む立体異性体において、理想値とのずれを把握するのに適しているといえる。しかし、ヒドロキシ基の数が、基準であるグルコースと異なる場合はその数を考慮しなければならぬ。

6. 結論

凝固点降下を利用して浸透圧を求めることはできない。しかし、エクアトリアル数の数と理想値を示す物質があれば理想値とのずれの大小関係を把握することはできる。

7. 今後の課題

グルコースのヒドロキシ基の数である 5 個を超える、または下回るときには e-OH 基の数の考慮をしなければならぬという問題が発生した。これについて今回、私たちは水のトリジマイト構造によって影響が打ち消されるというエクアトリアル数の特異性に着目して浸透圧との大小関係を比較したが、実際に浸透圧の理想値に影響を与えているのはアキシシャルであるためにヒドロキシ基の数が異なることで大小関係に違いが出たと考えた。つまりヒドロキシ基の数が異なることでエクアトリアル数の大小関係と理想値に影響を与えると考えられるアキシシャルの数の大小関係に相違が生まれたと考えた。そこで今後はエクアトリアル数の数で比較することにした。加えて、ガラクトースとフルクトースの値が近いいため試行回数を増やし、正確な値を求めていきたい。

8. 参考文献

- ・奥田知晴[他] (1993) 「凝固点降下法による糖水溶液の水分活量係数の測定」『三重大学生物資源学要覧』p167-176.
- ・井上[他] (2018) 「糖の分子構造と浸透現象の関係性」, 松山南 SSH
- ・上田初穂(1981) 「蛋白質構造の安定性に及ぼす糖の作用」
- ・上田初穂[他] (1990) 「Hydration of Oligosaccharides」

廃棄物による重金属の吸着

愛媛県立松山南高等学校 重金属班

近藤瑠海 富永夏帆 豊島芳野 樋口りさ 指導教諭 楠本仁義

1. 課題設定の理由

先行研究では、養殖業の廃棄物として生じたカキ殻やアコヤガイ貝殻の主成分は炭酸カルシウムであり、それらを加熱処理して得られた、主成分が炭酸カルシウムである貝殻粉末を用いると、リン酸イオンや金属イオンを除去できることが報告されている。私たちは、日常的にどの家庭からも出るごみの中に含まれるアサリなどの貝殻に着目した。家庭ごみとして出る貝殻は一般的には可燃物として処理されているが、個々の家庭ごみを合わせると大量になる。アサリの貝殻も主成分は炭酸カルシウムであり、金属イオンを除去できる可能性がある。そこで、私たちはこの廃棄物であるアサリの貝殻を用い、加熱処理などを行うことなく、重金属イオンを除去し水質保全ができないかと考え、本研究を行うことにした。

2. 研究の方法

- (1) アサリの貝殻の粉末化

アサリの貝殻を乾燥後、殻に付着しているタンパク質を処理し、 CaCO_3 の割合を大きくするために NaOH aq に加えた。その後図 1 の粉砕機を用いて粉砕し、図 2 のふるいを用いて、 $0\text{ }\mu\text{m}\sim 150\text{ }\mu\text{m}$ の粉末と $150\text{ }\mu\text{m}\sim 300\text{ }\mu\text{m}$ の粉末をつくった。

- (2) 攪拌時間と銅(II)イオン量の変化の関係

今回用いる金属イオンは、定量実験が行える青色の銅(II)イオンとする。吸光度計を用いて、吸光度の変化から銅(II)イオン量の変化を測定した。また、陰イオンの影響を調べるために、 Cu^{2+} が含まれる水溶液として、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ aq と CuCl_2 aq の 2 種類を用いた。

- ① 0.10mol/L の、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ aq と CuCl_2 aq 100mL に、(1)で得られたアサリの貝殻粉末 ($150\text{ }\mu\text{m}\sim 300\text{ }\mu\text{m}$) 2.0g をそれぞれ加え、図 3 のようにマグネティックスターラーを用いて攪拌した。
- ② 1 分ごとに、駒込ビペットを用い、溶液を 2mL ずつ取り、ろ過した水溶液の吸光度を測定した。この操作は 10 回繰り返した。この測定は 3 回行い、平均値で考察した。

- (3) 粉末の大きさと銅(II)イオン量の変化の関係

- ① 0.10mol/L の $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ aq と CuCl_2 aq 100mL に、(1)で得られた 2 種類のアサリの貝殻粉末 ($0\text{ }\mu\text{m}\sim 150\text{ }\mu\text{m}$ の粉末と $150\text{ }\mu\text{m}\sim 300\text{ }\mu\text{m}$ の粉末) それぞれ 2.0g を加え、図 3 のようにマグネティックスターラーを用いて攪拌した。
- ② 10 分ごとに、駒込ビペットを用い、溶液を 2mL ずつ取り、ろ過した水溶液の吸光度を測定した。この操作は 6 回繰り返す。この測定は 3 回行い、平均値で考察した。

- (4) 粉末の量と銅(II)イオン量の変化の関係

- ① 0.10mol/L の $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ aq と CuCl_2 aq 100mL に、(1)で得られたアサリの貝殻粉末 ($150\text{ }\mu\text{m}\sim 300\text{ }\mu\text{m}$ の粉末) 1.0g 、 2.0g 、 3.0g をそれぞれ加え、図 3 のようにマグネティックスターラーを用いて 10 分間攪拌した。
- ② 10 分後、駒込ビペットを用い、溶液を 2mL ずつ取り、ろ過した水溶液の吸光度を測定した。この測定は 3 回行い、平均値で考察した。

- (5) 銅(II)イオンの除去のメカニズムの解明

銅(II)イオンが除去される仕組みを明らかにするために、アサリの貝殻粉末で銅(II)イオンを除去後、ろ過したアサリの貝殻粉末を蒸留水の中に入れて攪拌し、いったん除去された銅(II)イオンが再び、蒸留水中に出てくるかを調べた。

- ① 0.10mol/L の CuCl_2 aq 100mL に、(1)で得られたアサリの貝殻粉末 ($150\text{ }\mu\text{m}\sim 300\text{ }\mu\text{m}$ の粉末) 2.0g を加え、30 分間マグネティックスターラーを用いて攪拌した。
- ② 30 分後の溶液をろ過し、ろ紙に残った沈殿物を乾燥させた。
- ③ ②で得られた沈殿物を蒸留水に入れ、60 分間マグネティックスターラーを用いて攪拌し、60 分後の溶液を 2mL 取り、ろ過した水溶液の吸光度を測定した。この測定は 3 回行い、平均値で考察した。



図 1 粉砕機を用いた貝殻の粉末化



図 2 ふるいによる粉末の分別



図 3 マグネティックスターラーを用いた攪拌の様子

3. 結果と考察

- (1) 攪拌時間と銅(II)イオン量の変化の関係

$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ aq、 CuCl_2 aq とともに、攪拌時間が経過することにより、肉眼でも銅(II)イオンの青色が徐々に薄くなっていく様子が確認できた(図 4)。

経過時間と吸光度変化の関係を図 5、6 に示す。

硝酸銅(II)水溶液では、アサリの貝殻粉末を加え、攪拌を始めて 3 分後に吸光度がほぼ 0 になり、銅(II)イオンが全て除去されたことが分かった。一方で、塩化銅(II)水溶液にアサリの貝殻粉末を加え、攪拌をした場合、全般的に吸光度は小さくなるものの、増減する傾向がみられた。

銅(II)イオン濃度が同じであることから、アサリの貝殻粉末に銅(II)イオンが吸着する際、陰イオンが何らかの影響を与え、特に、塩化物イオンの存在下では、いったん吸着した銅(II)イオンが離脱するのではないかと考えた。

- (2) 粉末の大きさと銅(II)イオン量の変化の関係

アサリの貝殻粉末の大きさが異なる 2 種類 ($0\text{ }\mu\text{m}\sim 150\text{ }\mu\text{m}$ の粉末と $150\text{ }\mu\text{m}\sim 300\text{ }\mu\text{m}$ の粉末) で銅(II)イオンの除去を比較した結果、図 7～10 のようになった。

この結果より、アサリの貝殻粉末の大きさが $150\text{ }\mu\text{m}$ より小さいものの方が、最初の 10 分間で急速に銅(II)イオンを除去することが分かった。これは、粉末が小さいほど表面積が大きくなったことが原因と考えた。

また、40 分後から再び吸光度が増加する場合があることが分かった。これは、炭酸カルシウムに一

度吸着した銅(Ⅱ)イオンが、攪拌を続けたことで吸着が外れたのだと考えた。炭酸カルシウムと銅(Ⅱ)イオンが化学結合したと考えると、このようにいったん結合した銅(Ⅱ)イオンが離れることは考えにくい。

そこで、私たちは、銅(Ⅱ)イオンが炭酸カルシウムに物理的に吸着していると考えた。もし、吸着しているのであれば、銅(Ⅱ)イオンが結合した炭酸カルシウムを蒸留水に入れて、攪拌すると銅(Ⅱ)イオンが離れるのではないかと考えた。

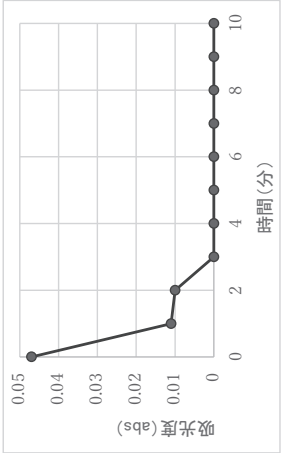


図5 硝酸銅(Ⅱ)水溶液における攪拌時間と吸光度変化の関係

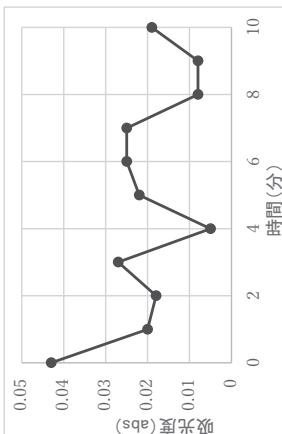


図6 塩化銅(Ⅱ)水溶液における攪拌時間と吸光度変化の関係

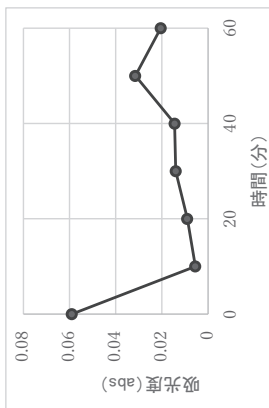


図7 硝酸銅(Ⅱ)水溶液におけるアサリの貝殻粉末の大きさと吸光度変化の関係(0 μm ~150 μm)

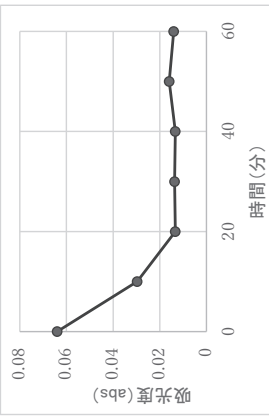


図8 硝酸銅(Ⅱ)水溶液におけるアサリの貝殻粉末の大きさと吸光度変化の関係(150 μm ~300 μm)

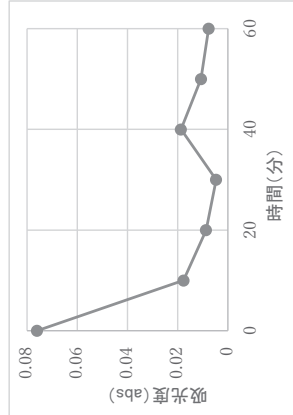


図9 塩化銅(Ⅱ)水溶液におけるアサリの貝殻粉末の大きさと吸光度変化の関係(0 μm ~150 μm)

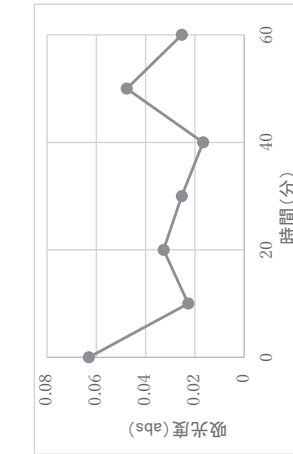


図10 塩化銅(Ⅱ)水溶液におけるアサリの貝殻粉末の大きさと吸光度変化の関係(150 μm ~300 μm)

(3) 粉末の量と銅(Ⅱ)イオン量の変化の関係

実験結果を図11、12に示す。この実験では、塩化銅(Ⅱ)水溶液においては、加えるアサリの貝殻粉末が多くなるほど、銅(Ⅱ)イオンが除去されることが分かった。一方で、硝酸銅(Ⅱ)水溶液では、粉末の量を増やしても吸光度の減少は見られなかった。この実験結果には疑問が残るので、再度実験をやり返してこの結果についての真偽を確かめたい。

(4) 銅(Ⅱ)イオンの除去のメカニズムの解明

アサリの貝殻粉末に銅(Ⅱ)イオンが結合したものを蒸留水の中に入れて攪拌すると図13のようにいったん除去された銅(Ⅱ)イオンが再び蒸留水中に出てくること分かった。このことから、アサリの貝殻粉末に銅(Ⅱ)イオンは化学結合したのではなく、吸着され攪拌すると離脱すると考えた。

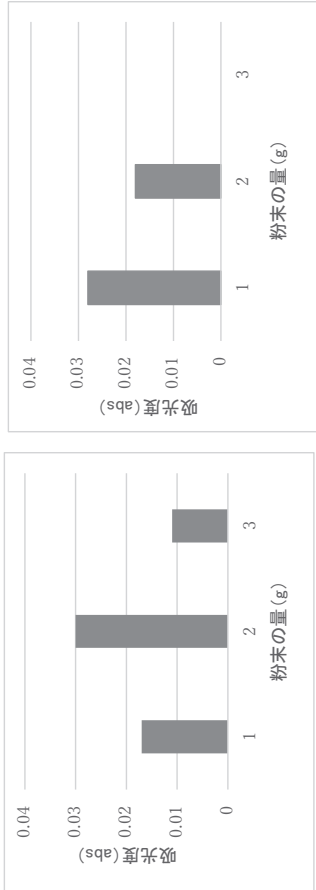


図11 硝酸銅(Ⅱ)水溶液におけるアサリの貝殻粉末の量と吸光度変化の関係

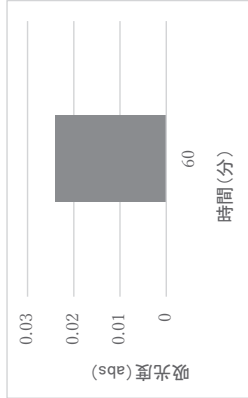


図12 塩化銅(Ⅱ)水溶液におけるアサリの貝殻粉末の量と吸光度変化の関係

図13 吸着した銅(Ⅱ)イオンの離脱

4. 研究のまとめと今後の課題

本実験を通して、アサリの貝殻粉末を加熱処理することなく粉末化することで銅(Ⅱ)イオンを吸着して除去できることが分かった。また、粉末の大きさは150 μmより小さいものの方が、吸着効果が高いことが分かった。さらに、銅(Ⅱ)イオンはアサリの貝殻粉末に吸着されて除去されたことも分かった。現在、コバルトイオンの吸着実験を行っているが、他の金属イオンについても行ってみたい。

5. 参考文献

- ・愛媛県立宇和島東高等学校、水質浄化に向けた廃棄物中の炭酸カルシウムの再利用、2017
- ・愛媛県立宇和島東高等学校、アコヤガイ貝殻粉末による水質浄化-産業廃棄物の有効活用-、2018
- ・芋川あゆみ・早田隆典、長崎県総合農林試験場、かき殻を用いた水質浄化剤の畑地における有効利用に関する研究、2001

クモの牽引糸における破断強度とその増強

愛媛県立松山南高等学校 クモ糸班

鎌田航己 二村佳杏 山川さくら 指導教諭 佐々木謙一

1. はじめに 牽引糸とは

クモは一般に7種類の腺から別々の糸を用途に応じて出し、巣作りや捕食、卵の保護や命綱など、様々な用途に使い分けられている。自然界で生きるために、クモの糸は結構な強度が必要とされ、また日数経過に対する耐性も求められる。クモの糸が衣食住の素であるのだ。ではそのクモの糸はどのようなようにして自然界に適応しているのか。内部のタンパク質構造や強度の秘密がわかれば私たちの生活に応用できるのではないだろうか。このような理由から、私たちはクモの糸に関心を持った。その中でも特に、クモの命綱の役割を果たす牽引糸は強度が高いと言われるが、クモの糸に関する研究はあまり多くの人によって行われていない。そこで、自ら「牽引糸ロープ」を作成してその直径と破断強度の関係、さらに破断強度増強のための操作を明らかにしようと思いいアーマとした。先行研究（大崎，2016）によると、1本の牽引糸は2本のフィラメントから構成されており

（図1）、そのクモの体重の2倍の強度を持つ。自分の身を守るために2倍の安全性を持っているのだ。また、ジョロウグモの牽引糸に一定時間紫外線を照射した場合に弾性限界強度の増加がみられるということも分かっている。

本実験を行うにあたって、私たちは牽引糸を集めて燃焼したものを「牽引糸ロープ」と定義する。

2. 仮説

- (1) クモの牽引糸ロープの直径とその破断強度は比例しており、正の相関を持つ。
- (2) 日数経過に伴って強度と直径はともに減少し、劣化する。
- (3) ジョロウグモ以外の牽引糸ロープに紫外線を照射した場合も、弾性限界強度は照射時間に伴って増加していき、最大になる照射時間が存在する。

3. クモの牽引糸ロープの直径とその破断強度

3-1 研究方法

- (1) 近隣で最もよく手に入る種類であるオオシロカネグモ（図2）を本研究で扱うものとする。ストローのフレームで牽引糸を採取し燃焼（図3）。牽引糸ロープの直径を顕微鏡で測定し、フォースセンサー（図4）の先に牽引糸ロープを掛けて引き、切れた点での値を破断強度として記録した。
- (2) (1)と同様の実験を3～4日ごとに行い、日数経過に対する直径と破断強度の変化の様子を調べた。
- (3) 紫外線（UV-A）の照射、冷凍等の操作を行い、経過時間とそれに対する破断強度を調べ、破断強度増強のための最適な操作を探る。これは機材の都合上まだ行っていないため、データは今後集めていくものとする。

3-2 結果

- (1) 牽引糸ロープの直径とその破断強度を散布図で表しその回帰直線を求めたところ、傾きは0.0044

で比例関係があり、相関係数 $R=0.89706$ となり強い正の相関が見られた（図5）。

- (2) 経過日数に対する直径と破断強度をそれぞれ相対値で表し、牽引糸ロープごとに色分けして表した。これによると、日数経過に対して大幅な直径の減少は見られず、全体的に増加しているもののほうが多かった。中には2倍以上になっているものもあった（図6）。破断強度は日数経過後も大幅な強度の変化はあまり見られなかったが、一部3倍になっているものもあった（図7）。



図2 オオシロカネグモ

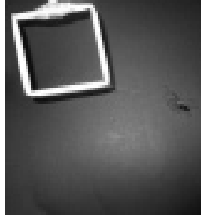


図3 牽引糸の巻取り



図4 フォースセンサー

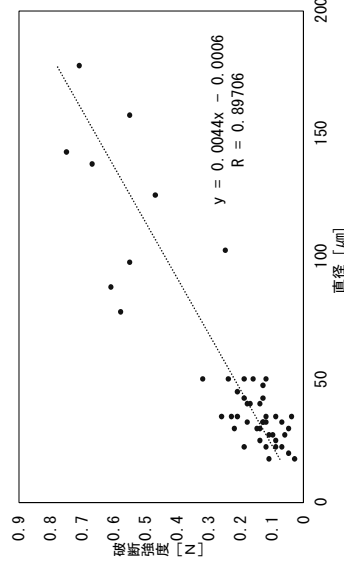


図5 牽引糸ロープの直径と破断強度

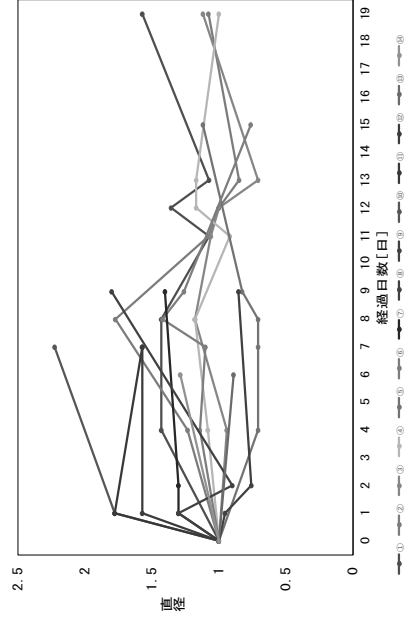


図6 経過日数と牽引糸ロープの直径

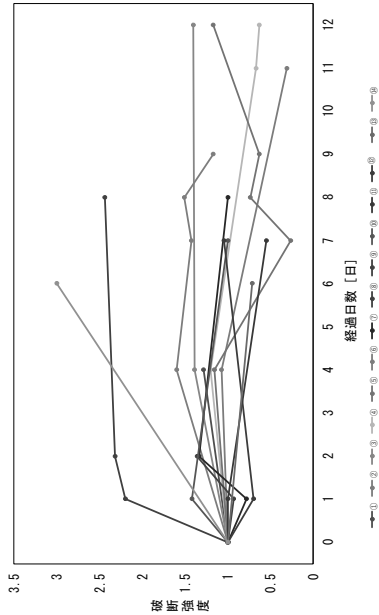


図 7 経過日数と破断強度

3-3 考察

- (1) 日数経過における強度の大幅な変化が見られなかったのは、牽引糸ロープ内のタンパク質構造は日数経過後も変化しにくいからではないかと考えた。
- (2) クモの糸は水分を吸収すると長さが縮み短くなるという事実(図 8 : 大崎, 2016) があるため、実験時の空気中の水分の影響により、牽引糸ロープが空気中の水分を吸収して、日数経過に伴って直径が増加したのではないかと考えた。



図 8 水分吸収前後の牽引糸

4 日数経過に伴う直径の増加と破断強度の関係

4-1 研究方法

3-4 (2) より、日数経過に伴う直径の増加は空気中の水分が関係しているという考察を検証するため、追加で実験を行った。乾燥条件下と湿潤条件下の牽引糸ロープを入れ、1 週間保管し、その後直径と破断強度の変化を調べた。乾燥条件維持のために CaCl_2 を用いた。湿潤条件維持のために水とろ紙を用いた。この際、水が直接牽引糸ロープにつかないように注意した(図 9)。

4-2 結果

一週間後(図 10)、直径と破断強度を記録しグラフを作成したところ、直径は乾燥、湿潤条件下どちらも全体的に増加していた(図 11)、また、破断強度は両条件下ともほぼ変化なしまたは減少しており、結果 2 とは異なり増加しているものは一つも見られなかった(図 12)。



図 9 乾燥条件下と湿潤条件下 前



図 10 乾燥条件下と湿潤条件下 後

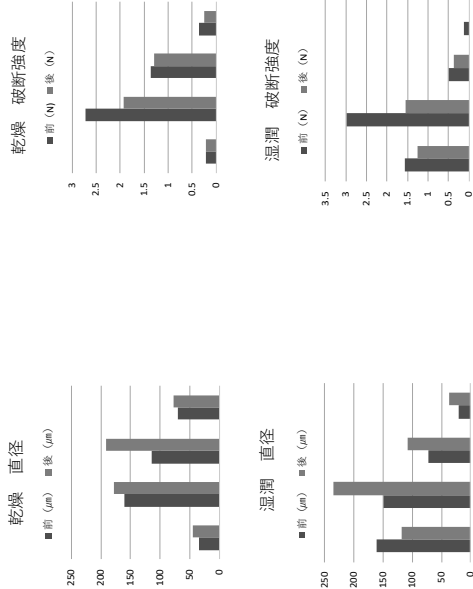


図 11 牽引糸ロープの直径の変化

図 12 牽引糸ロープの破断強度の変化

4-3 考察

- (1) 乾燥、湿潤条件下の両方で直径の増加がみられたということは、これらの直接の原因は空気中の水分以外であると考えられる。
- (2) 破断強度においては、結果 2 とは異なる結果を得たことより、適度な湿度条件であれば日数経過後も破断強度は保存または増加されるが、今回のように極端な乾燥、湿潤条件下であると増加はせず減少の割合が高くなると考えられる。

5. 今後の展望

- (1) 日数経過に対する直径と破断強度の変化の様子のデータをさらに集め、同時に追加実験のデータの追加と相対値での結果の検討を行い、日数経過後の直径の増加と破断強度の変化の要因を探る。
- (2) 紫外線照射、冷凍などの実験を行い、2本のフィラメントの結合やタンパク質構造の変化による破断強度の増強を引き起こす操作を見つけることにつなげていく。
- (3) 最終的に、牽引糸の強度の増加を引き起こす構造を解明し、それを用いることで、漁網や服などゴミ問題などで環境負荷の大きい石油由来の合成繊維に劣らない実用的な自然繊維として、また、人工血管や手術縫合糸などバイオメディックスとして、クモ糸を活用していくための一助としたい。

6. 参考文献

- ・大崎茂芳 (2015) . 「クモの糸の不思議」 . 日本家政学会誌, 66(10), 521-528.
- ・大崎茂芳 (2016) . 「クモの糸でバイオリン」 . 岩波書店.

アサギマダラの効率的な飛翔メカニズムの探究

愛媛県立松山南高等学校 アサギマダラ班
山崎 豊 花岡龍之介 白石浩都 指導教諭 若山勇太

1. はじめに

私たちは昆虫の機能的な生態に興味を持ち、日本において長距離の渡りを行うアサギマダラ *Parantica sita* の飛翔に着目した。若山ら(2011)によって四国においてアサギマダラの異常な飛翔ルートが報告されていることを知り、私たちは風が影響していると考え、飛翔に与える風の影響に関する研究を行った。そして風速 1.6m/s を境に、風に向かって飛ぶ逆風飛翔と風から遠ざかる逃避飛翔を行うことが分かった(花岡ら,2019)。また、池田ら(2017)によるとアサギマダラは温度感受性が高く、体温上昇を防ぐ飛翔メカニズム「省エネ飛翔」によって、アゲハチョウ類に比べて約9℃体温を低く保っていることが分かっていて、これらを踏まえた上で、アサギマダラの飛翔をさらに追究するために、私たちはアサギマダラの翅の構造に焦点を当て、研究を進めた。アサギマダラと同サイズかつ体長と前翅長の比が比較的近いアゲハ *Papilio xuthus* と鱗粉の密度やはばたき回数、体温を比較して飛翔に与える影響の探究を行った。また流体力学的な観点から鱗粉密度が空気の流れ場に与える影響を探究し、アサギマダラの効率的な飛翔のメカニズムを解明する手掛かりを得ることを目的としている。

2. 研究項目

- (1) 鱗粉密度 (鱗粉面積指数) の算出

私たちは風の影響に加えて翅の構造が飛翔メカニズムに影響を与え、翅の鱗粉の密度を求めた。なお、対照群として、アサギマダラと同サイズかつ体長と前翅長の比が比較的近いアゲハを用いた。以下(2)～(4)についてもアゲハと比較した。

- (2) 2 種類の鱗粉密度に差異があるならば、羽ばたき回数にも影響が及ぶと考え、1 秒間当たりの羽ばたき回数を計測し、比較を行った。
- (3) 羽ばたきに伴う筋運動による体温変化に着目し、飛翔前後の体温差を測定した。
- (4) 鱗粉密度が飛翔に及ぼす影響をさらに探究するために、蝶 (標本) の翅の周りの空気の流れ、すなわち流れ場の可視化を試みた。

3. 研究方法

- (1) 鱗粉密度 (鱗粉面積指数) の算出

アサギマダラ、アゲハの雄について、翅の5つの部位 (前翅頂部・前翅後角部・前翅中室・後翅肛角部・後翅中室) を光学顕微鏡で観察して撮影した (図1)。兩種において以下に示す鱗粉面積指数を算出し、T 検定を行って有意差を調べた。

鱗粉面積指数 = 鱗粉総面積 / 視野面積

- (2) はばたき回数の計測

実験室内で一定時間放蝶し、カウンターとストップウォッチを用いてはばたき回数 (回/秒) の平均値を算出した。

- (3) 飛翔前後の体温測定

放射温度計を用いて (2) の実験前後の体温差[℃]を測定した。

- (4) 流れ場の可視化実験

スモークデスタというハンディタイプの塩素系白煙発生装置を用いてアサギマダラ、アゲハの標本に空気の流れ場を作り、可視化することを試みた (図2)。その様子を撮影した動画から翅の周囲の空気の流れ場を観察した。個体に当てる白煙の威力を一定にするために工作用紙を材料とした整流格子とアクリル板を用いた風洞を利用し、白煙を見やすくするため照明器具を用いた。



図1-① 鱗粉を観察した部位
(白水(2006)より引用)

図1-② 前翅頂部の光学顕微鏡撮影画像
(左：アサギマダラ、右：アゲハ)

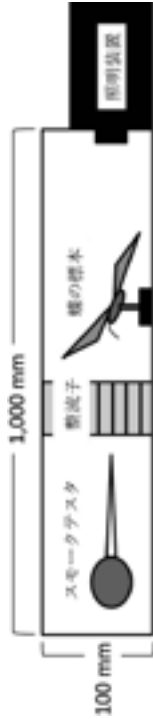


図2 流れ場の可視化実験の装置の模式図

4. 結果

- (1) 鱗粉密度 (鱗粉面積指数) の算出

標本を用いて鱗粉の密度を算出し (表1)、レーダーチャートを作成した (図3)。アサギマダラはアゲハに比べて前翅が全体的に高密度である一方、後翅 (特に後翅中室) の密度が低かった。また、アゲハは比較的直角に近い、つまり全ての部位の密度がほぼ均一であった。

- (2) はばたき回数の算出

はばたき回数を算出したところ、アサギマダラ (n=11) は平均 4.0 (回/秒) (標準誤差 0.15) という結果になり。アゲハ (n=6) は平均 5.0 (回/秒) (標準誤差 0.07) だった (図4)。p < 0.05 より有意差ありと判断した。

- (3) (2) で用いたアサギマダラ 5 個体の体温差 [℃] は個体によって -3.4 ~ +5.7℃、アゲハ 6 個体の体温差 [℃] は個体によって -5.5℃ ~ +0.1℃ と幅があった。測定方法の改善も含めて今後さらにデータを取得する必要がある。

- (4) 流れ場の可視化

アサギマダラ (n=1) アゲハ (n=1) について角度を水平、滑空姿勢、前傾に設定しそれぞれについて撮影を行った。観察の結果、アサギマダラにあたる風は後翅の上で渦を巻いている流れ場が頻繁に見られた。それに対して、アゲハにあたる風は渦を巻くような流れ場が見られず、そのまま通り抜けていくように見られた (図5)。

表1 鱗粉の密度 (鱗粉面積指数 = 鱗粉総面積 / 視野面積) の比較

部位	アサギマダラ					アゲハ					t検定	
	A	B	C	平均		A	B	C	D	平均	p値	有意差
1 前翅頂部	1.37	1.27	1.39	1.3		0.94	1.02	1.01	0.87	1.0	0.0007	有
2 前翅後角部	1.39	1.26	1.32	1.3		1.07	0.99	0.95	0.91	1.0	0.0011	有
4 後翅肛角部	1.62	1.5	1.54	1.6		1.39	1.17	1.14	0.99	1.2	0.0135	有
5 後翅中室	0.63	0.89	0.84	0.8		1.32	1.1	1.17	1.14	1.2	0.0063	有
3 前翅中室	1.41	1.37	1.33	1.4		1.15	1.1	1.06	0.73	1.1	0.0253	有

(3) 後翅後方に生じる渦状の流れ場の飛翔に及ぼす影響

図5の結果から、私たちはアサギマダラが高密度な鱗粉を利用して翅の上に渦をつくり、揚力を得ているのではないかと考えた。また、九州工業大学の淵脇正樹氏から、「全体的に光が当たりすぎているため、光をシート状（スリット）にして、二次元断面にするといい」という指導助言をいただいたので、今後は実験条件を改善し、流れ場が飛翔に及ぼす影響を解明したい。

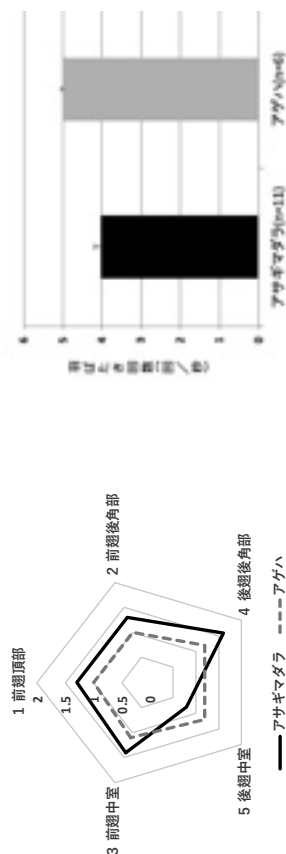


図3 鱗粉面積指数の比較

図4 はばたき回数の比較



図5 流れ場の可視化実験（左：アサギマダラ、右：アゲハ）

5. 考察

(1) 鱗粉密度が飛翔に及ぼす影響

アサギマダラは前翅の鱗粉密度が高く飛翔中の揚力を得やすくなっているとともに、後翅中室における鱗粉密度が低く、飛翔に伴う筋運動によって生じる熱を逃がしている可能性があるのではないかと私たちは考えている。また、指導助言をいただいている淵脇正樹教授（九州工業大学）によると、鱗粉密度が高い前翅は抵抗低減に寄与している可能性があるという。抵抗低減の身近な例としてゴルフボールの表面構造が挙げられる。ゴルフボールは表面に小さな凹構造を設けることで空気抵抗を小さくし、飛距離を伸ばしている。これと似た効果が、鱗粉密度が大きい前翅の表面で起こっているのではないかと考える。また、電子顕微鏡で撮影したそれぞれの後翅中室の写真（図6）を見ると、鱗粉の重なり度合いや密度がアサギマダラのほうが小さいことがわかる。また鱗粉の形にも違いが見られる、今後はこの形の違いによる影響について、飛翔前後の体温変化と関連付けて探究したい。

(2) はばたき回数と体温変化の関係

アサギマダラの羽ばたき回数はアゲハに比べ、約1回/秒ほど少なかった。このことから、アサギマダラは羽ばたき回数を軽減し、体温上昇を抑えて飛翔していること（省エネ飛翔）が示唆された。一方で、体温については誤差が多く、測定方法の改善が必要である。蝶の体温の測定方法は3種類あり、本研究で用いている放射温度計の他に、針型の熱電対を昆虫の体に刺して測る方法、サーモグラフィーを用いた方法がある。それぞれの方法に長短があるので、それらを踏まえた上での再検討をしていく。なお、池田ら(2017)によると、アゲハ類の平均体温は31℃程度、アサギマダラの平均体温は22℃程度であり、約9℃の差があるという。

図6 後翅中室の鱗粉の電子顕微鏡画像（左：アサギマダラ、右：アゲハ）

（撮影協力：愛媛県立今治西高等学校生物部）

（機器：株式会社日立ハイテクノロジーTM3030）

6. まとめ

本研究により、以下の2点がアサギマダラの効率的な飛翔に寄与していることが示唆された。

- (1) アサギマダラはアゲハに比べて前翅の鱗粉密度が高く、飛翔中の抵抗低減に寄与している。
- (2) アサギマダラはアゲハに比べて後翅中室の鱗粉密度が低く、そこから体温を逃がすとともに、はばたき回数も少ないため、体温上昇を抑制している。

7. 謝辞

本研究を進めるにあたり、淵脇正樹氏（九州工業大学大学院情報工学研究院）、高橋亮治氏（愛媛大学大学院理工学研究科）に貴重な指導助言・情報提供をいただいた。また、株式会社日立ハイテクノロジーTM3030を用いた電子顕微鏡画像撮影に際し、玉井洋介教諭（愛媛県立今治西高等学校生物部顧問）に研究協力をいただいた。以上3氏に心から謝意を表す。

8. 参考文献

- ・池田功輝・丸田明日香・河野克矢(2017)「体温から見るアサギマダラ *Parantica sita* の行動生態」日本昆虫学会第77回大会講演要旨 p. 95 (PJ04)
- ・井手純也(2012)「昆虫の体温と行動」『昆虫と自然』ニューサイエンス社、47(13)、p2-3.
- ・白水隆(2006)『日本産蝶類標準図鑑』学習研究社、p. 9
- ・花岡龍之介・山崎豊・白石浩都・中嶋晃(2019)「四国におけるアサギマダラの飛翔ルートに及ぼす風の影響」『平成30年度愛媛県立松山南高等学校理科数学科課題研究論文集』愛媛県立松山南高等学校、p. 19-20.

グリーンヒドラの行動と光の関係

愛媛県立松山南高等学校 ヒドラ班
阿部時弥 田村佳典 藤野恵多 本田丈征 指導教員 山崎凉

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

グリーンヒドラ *Hydra viridissima* (図 1) には、体内にクロレラ (緑藻類) が共生しているという興味深い特徴があり、光合成を行う動物として研究されている。

共生クロレラは光合成産物である炭水化物をグリーンヒドラに供給し、グリーンヒドラは窒素源などの栄養を共生クロレラに与えている。そのため、グリーンヒドラでは窒素代謝に重要な遺伝子発現が上昇し、共生クロレラでは硝酸同化にかかわる遺伝子が失われていることが分かっている (文献 1)。このように、グリーンヒドラと共生クロレラとの共生メカニズムについては研究が進んでいるが、クロレラとの共生によって、グリーンヒドラの環境応答にどのような影響が出たのかについての研究は進んでいない。

そこで、本研究は、グリーンヒドラの光刺激への応答を調べることを目的とした。実験 1 では、光の有無によってグリーンヒドラの行動の活発さが変化するかを調べた。グリーンヒドラの移動距離が大きいほど行動の活発さが大きいと解釈し、明条件区では共生クロレラの光合成に必要な光が十分に存在するため、グリーンヒドラの行動は活発化せず、暗条件区では光合成に必要な光を求めて活発化すると仮説を立てて実験を行った。

ヒドラには緑色光を受容する物質が存在すると示唆される (文献 2) 一方で、クロレラは光合成のために赤色光と青色光を吸収し、光合成以外の用途としても、クロレラが属する緑藻類には、まだ発見されていないが赤色光と青色光を吸収する光受容体がそれぞれ存在すると考えられている (文献 3)。そこで、実験 2 では、グリーンヒドラが最も活発化する光の色を調べることから、グリーンヒドラの光刺激の受容において、グリーンヒドラと共生クロレラのどちらが光刺激を受容したのかを調べた。光刺激を受容したのは共生クロレラであり、共生クロレラから輸送された何らかの物質によってグリーンヒドラの行動が活発化したと仮説を立てて実験を行った。

(2) グリーンヒドラの形態と移動方法

グリーンヒドラは淡水産の刺胞動物で、クロレラとの共生によって体色は緑色であり、伸長時の体長は 5mm 程度である。触手に接触したミジンコなどのプランクトンを感じし、刺胞によって対象の動きを止めて体内に取り込むことによって捕食を行う。

グリーンヒドラは足盤という器官を用いて固着生活を送る。移動する際は、体を伸び縮みさせながら、足盤と触手の両方を用いる。この方法はとんぼがえりと呼ばれる (図 2)。

(3) 飼育条件

水温 22℃、明暗周期 13 時間 (6301x) : 11 時間とした。一週間に 2 回程度、給餌 (ブライインシミュレーション) と換水 (ミネラルウォーター) を行った。



図 1 グリーンヒドラ

2. 研究方法

2.1 実験 1 : 光の有無による行動の活発さの変化

ミネラルウォーターをプラスチックシャーレ (直径 8.9cm) の壁面の高さの 8 割程度まで入れ、プラスチックシャーレ 1 枚につきグリーンヒドラを 1 体ずつ入れてそれらを各光条件のインキュベータ (水温約 22℃) 内で 1 時間放置した (図 3)。グリーンヒドラの初期位置と放置後の位置をプロットし、2 点間の直線距離を移動距離として物差しで計測した。移動距離が大きいほど行動の活発化が大きいと解釈した。光条件は明条件 (6301x)、明条件 (6301x) から切り替えた直後の暗条件、その直後の暗条件とした。

2.2 実験 2 : 光の波長による行動の活発さの変化

グリーンヒドラの行動が最も活発化する光の色を調べるために、赤色光、青色光、緑色光、赤色光 + 青色光の光を照射した後、実験 1 と同様にヒドラの移動距離を測定した。赤色光、青色光、緑色光は、それぞれ赤色、青色、緑色のセロファンでインキュベータ内の照明を覆うことによって得られた。赤色光 + 青色光は、赤色光のセロファンと青色光のセロファンを重ねたもので照明を覆うことによって得られた。移動距離は、明条件 (白色光) から各光条件に切り替えた直後の 1 時間は馴化期間として計測せず、馴化期間直後の 1 時間に計測した。

3. 結果

3.1 実験 1

実験 1 における光の有無による移動距離の変化を図 4 に示した。横軸は光条件、縦軸は移動距離 (mm)、エラーバーは標準誤差を示す。各光条件の移動距離の平均は、① 2.9mm、② 1.5mm、③ 0.48mm で、①・②間の t 検定を行ったところ、1%水準の有意差がみられた。

3.2 実験 2

実験 2 における光の波長による移動距離の変化を図 5 に示した。横軸、縦軸およびエラーバーは実験 1 と同様に示す。すべての色で 1mm 以上動いた。最も長距離を移動したのは赤色光 + 青色光区で、平均 2.8mm 移動した。全ての群の組み合わせで t 検定を行ったところ、赤色光区・赤色光 + 青色光区間と、緑色光区・赤色光区 + 青色光区間でそれぞれ 5%水準での有意差がみられた。

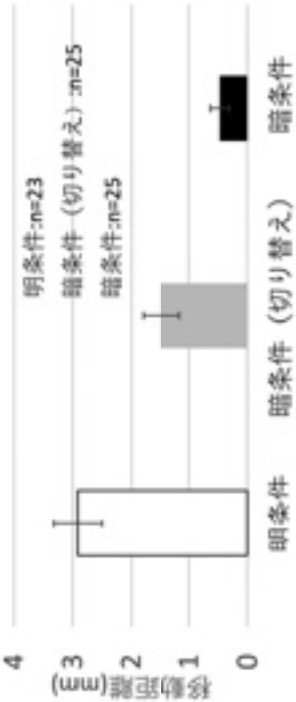


図 4 実験 1 の結果

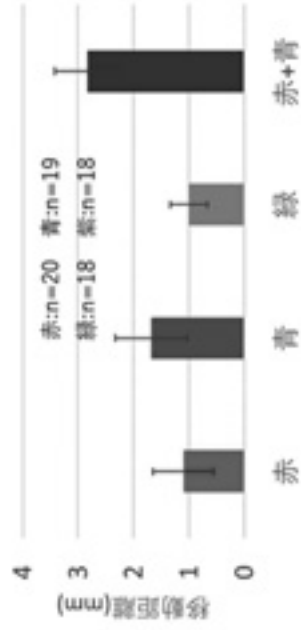


図 5 実験 2 の結果

4. 考察

4.1 実験 1

我々の仮説とは反対に、光刺激によってグリーンヒドラの行動が活発化することが示唆された。そのメカニズムとして、グリーンヒドラ自体の光刺激への反射的な応答によって活発化したか、共生クロレラから輸送された物質によって活発化できたかのいずれかが考えられる。暗条件区ではエネルギーの消費を避けるために移動しなかったか、エネルギーを使い果たしたために移動できなかったかのいずれかと考えられる。

4.2 実験 2

仮説は立証され、すべての色の光でグリーンヒドラの行動が活発化したことから、行動の活発化にかかわる光の受容はグリーンヒドラと共生クロレラのどちらでも行っていると考えられる。しかし、赤色光＋青色光区で最も活発化し、その移動距離は実験 1 の明条件区と近似したことから、行動の活発化にかかわる光刺激の受容には、赤色光と青色光を吸収する光受容体を持った共生クロレラが関係していると考えられる。また、共生クロレラによってグリーンヒドラの行動が活発化したことから、共生クロレラから何らかの物質が輸送されたと考えられるが、グリーンヒドラの行動の活発化に関与したのは光合成産物でエネルギー源となる炭水化物か、その他の生理活性物質であるかという疑問が生じた。

5. 結論

グリーンヒドラの行動は光刺激によって活発化し、行動の活発化に関わる光刺激の受容はグリーンヒドラ自体によっても行われるが、共生クロレラの光受容による影響が大きく、共生クロレラから輸送された何らかの物質がグリーンヒドラの行動を活発化したと考えられる。また、輸送された物質が、光合成産物でエネルギー源となる炭水化物か、光受容体に関わる反応によって生成された光合成産物以外の物質であるかという疑問が生じた。

6. 今後の課題・展望

実験 2 では白色光をセロファンに透過させることによってそれぞれの色の光を作っていたが、それらの光の波長の正確な値は得られていないため、吸光度計を使用するなどして実験 2 でグリーンヒドラに照射した光の波長を調べる。また、セロファンは特定の波長の光しか透過しないはずであるから、赤色のセロファンと青色のセロファンを重ねた赤色＋青色がなぜ光を透過しているのかは疑問である。そこで、今回得られた赤色光＋青色光区の結果の信頼性を高めるために、新たな実験方法として、セロフ

アンを重ねるのではなく、インキュベータ内の照明の面積を 2 等分し、そこに赤色と青色のセロファンを半分ずつ貼ったものに白色光を透過させたものを照射することを計画している。

また、実験 2 では、グリーンヒドラの行動を活発化させた共生クロレラ由来の物質の正体を特定するという課題が生じた。グリーンヒドラは、共生クロレラ由来の光合成産物を利用するという栄養獲得経路と、自ら餌を捕食するという栄養獲得経路を併せ持つ。もし、グリーンヒドラの行動の活発化の原因が、単に共生クロレラ由来の光合成産物によってエネルギーを得たためであるならば、光照射後のグリーンヒドラの捕食行動は抑制されると我々は考える。そこで我々は、以下のような実験操作を計画している。一定数のグリーンヒドラを明条件(630lx)・給餌あり、明条件(630lx)・給餌なし、暗条件・給餌あり、暗条件・給餌なしの異なる 4 種類の光・栄養条件下で飼育する。その後、共通の暗条件下で一定数の餌(ブラインシュリンプ)をグリーンヒドラに与える。3 時間放置した後で、各実験区のブラインシュリンプの生存数を計測することにより、光・栄養条件の違いによってグリーンヒドラの捕食行動に差が出るかどうかを確かめることができると考えている。この実験には、4 種類の異なる光・栄養条件を設けることにより、グリーンヒドラにおけるそれぞれの栄養獲得経路の重要性を評価するねらいもある。

7. 参考文献

- ・動物と藻類の共生の謎を解明 〜ヒドラと共生クロレラの栄養相互作用と進化をゲノムから読み解く〜:岡山大学、沖縄科学技術大学院大学、キール大学
https://www.okayama-u.ac.jp/up_load_files/press30/press-180726-2.pdf
- ・ヒドラの行動の研究 2 宮城県仙台二華高等学校 生物部
<https://www.google.co.jp/ur1?sa=t&rc=t=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjroft87TnAhlIay4sBHQaUAc8QFjAAlegQIAxAR&url=https%3A%2F%2Fnika.myswan.ed.jp%2Fwysiwyg%2Ffile%2Fdownload%2F1%2F119&usq=A0vVaw3FCuQqU7AsHt0CVR1mp93>
- ・日本光合成学会-光合成辞典-光受容体
<https://photosyn.jp/pwiki/index.php?%E5%85%89%E5%97%E5%AE%B9%E4%BD%93>

安全なブロック塀の製作

愛媛県立松山南高等学校 ブロック塀班

石原涼平 八尋龍大 山岡竜平 山田和波 指導教諭 松下吉之

1. はじめに

近年、地震の発生によるブロック塀での事故が報告されており、新しく作り直すなどの対策がなされている。そこで、私たちは安価で、強度の高いブロックを製作し、そのブロックを用いて倒れにくい、防災を目的としたブロック塀を開発しようと考えた。

私たちは倒れにくいブロック塀を製作するにあたって2つの観点で研究を行う必要があると考えた。1つ目はブロック塀を構成するコンクリートブロックの構造、2つ目は材料である。これら2つの観点到に注目し研究を始めた。

2. コンクリートブロックの形が強度に及ぼす影響

2-1 実験方法

コンクリートブロックの構造の違いによる強度を調べるために、紙粘土を用いて実験を行った。実験するブロックの構造の種類は、丸型（図1）三角型（図2）四角型（図3）とし、形をくりぬいた。それぞれ図4のような方向から油圧型プレス機（図5）で圧力をかけた。そして、紙粘土が割れたときに、かけた力を計測した。実験の結果より強度のあるブロックの構造を考察した。ただし紙粘土は1つが $8.7 \times 3.9 \times 2.0$ cmの型（図6）にいて製作した。



図1 丸型



図2 三角型



図3 四角型



図4 圧力をかける方向



図5 油圧型プレス機

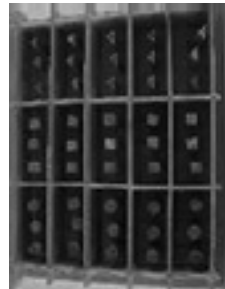


図6 製作した紙粘土

2-2 結果

(1) 丸型（図7）

割れたときにかけた力の平均が145kgf（図7の実線）だった。他の種類の型に比べて一番強度が高かった。その要因として丸という形が外からの力をうまく分散できていると考えられる。

(2) 四角型（図8）

割れたときにかけた力の平均が105kgf（図8の実線）であった。丸型よりも強度は劣るが、三角型よりは強度が高いということがわかる。しかし、丸型のようにうまく力を分散できていないことがわかる。

(3) 三角型（図9）

割れたときにかけた力の平均90kgf（図9の実線）と一番強度が低いことがわかった。三角の形の頂点から亀裂が入り、割れている試料が多いため三角形という構造が力を分散できていないことがわかる。

2-3 考察

三角形の頂点や四角形の角から亀裂が入っていたことから、角のある三角型や四角型のブロックと比べて、角のない丸型のブロックのほうがプレス機による力を分散することができ、より強度の高い構造になったと考えられる。

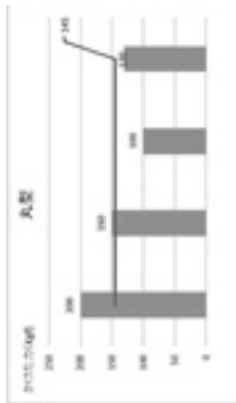


図7 丸型の強度

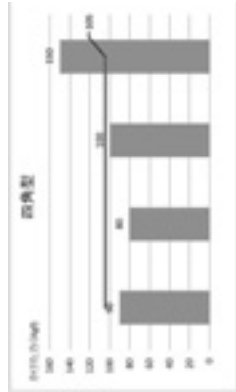


図8 四角型の強度

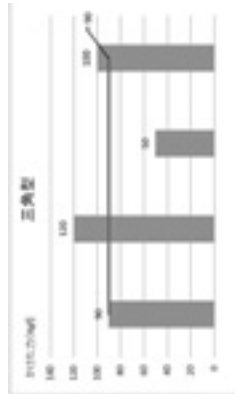


図9 三角型の強度

3. コンクリートブロックの材料の配合比が強度に及ぼす影響

3-1 実験方法

コンクリートブロックの材料の配合比の違いによる強度を調べるために、モルタル・砂利・水を用

いて実験を行った。最適な配合比は、モルタル：砂利＝1：1～1：3 という村田二郎、長瀬重義、菊川浩治らの先行研究より、モルタルと砂利の配合比を 1：1～1：3 の間で設定し、強度を測定した。

モルタルと砂利を 1：1 で配合したものを【比率①】（図 10）、1：2 で配合したものを【比率②】（図 11）、1：3 で配合したものを【比率③】（図 12）とした。配合比はすべて体積比とする

まず、【比率①～③】のコンクリートを 2×2×22 cm の型に流し込み、コンクリートブロック（図 13）を製作する。次に、製作したコンクリートブロックを岩石カッター（図 14）で 2×2×2 cm の立方体にカットする。カットした立方体のコンクリートブロックを油圧型プレス機（図 5）でプレスし、ヒビ割れ・亀裂が入ったときにかけている単位面積当りの重さ（圧力）を測定する。

次に、モルタル・砂利の単位体積あたりの価格を調べ、単位体積あたりの製作コストをそれぞれの比率で算出する。

コストパフォーマンスの高い比率を探るために、 $\frac{\text{割れたときにかかった圧力 (kg/cm}^2\text{)}}{\text{ブロックの製作コスト (円)}}$ （＝評価値）として計算する。この評価値を用いて最も安価で強度の高い比率を考察する。

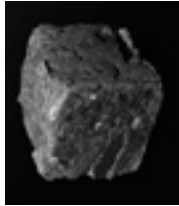


図 10 モルタル：砂利＝1：1

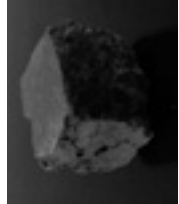


図 11 モルタル：砂利＝1：2

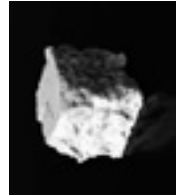


図 12 モルタル：砂利＝1：3

1



図 13 製作したコンクリートブロック



図 14 岩石カッター

3-2 結果と考察

比率③から①になるにつれて強度の平均値が高くなっていくことが分かった（図 15, 16）。そのことから粗骨材（砂利）どうしを結合するセメントの割合が高くなればなるほど強度が高くなることから分かった。そのため、強度のみを追求するのであればセメント 100%が最も強度の高い配合比であると予想する。

また、比率③から①になるにつれて標準偏差が大きくなっていくことから（表 1）、比率①の平均値は比率③に比べて母集団の真の平均値を示しているとは言い難いことが分かった。

評価値においても同様で、比率③から①になるにつれて評価値の平均が高くなっていくことが分かった（図 17, 18）。しかし、標準偏差においては、あまり差がみられなかったため（表 2）、平均値での比較は正確であると言える。

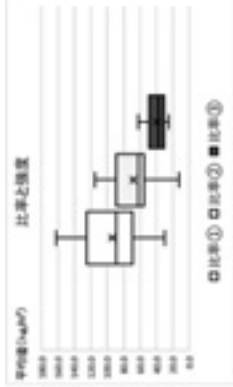


図 15 材料の比率と強度の関係（平均値）

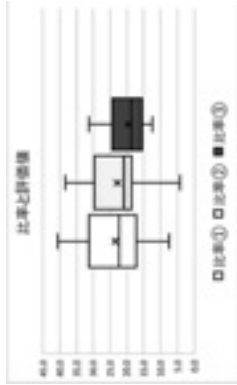


図 17 材料の比率と強度の関係（評価値）

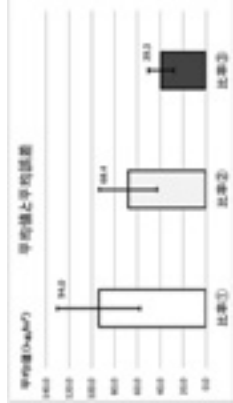


図 16 強度の平均値と平均誤差

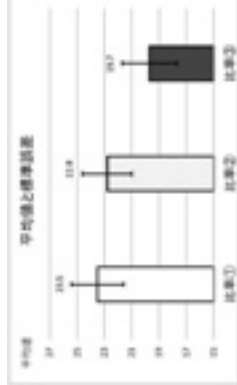


図 18 評価値の平均と標準誤差

表 1 強度の平均値の標準偏差と標準誤差（n は試行回数）

比率	平均値(kg/cm ²)	不変標準偏差	標準誤差
比率①	94.0	94.0±36.3	94.0±7.6 (n=23)
比率②	68.4	68.4±25.3	68.4±5.5 (n=22)
比率③	39.3	39.3±11.2	39.3±4.0 (n=8)

表 2 評価値の平均値の標準偏差と標準誤差（n は試行回数）

比率	平均値	不変標準偏差	標準誤差
比率①	23.5	23.5±9.1	26.2±1.9 (n=23)
比率②	22.8	22.8±8.4	22.3±1.8 (n=22)
比率③	19.7	19.7±5.6	21.8±2.0 (n=8)

4. まとめと今後の展望

今回の実験では比率①が最も安価で強度の高い配合比であることが分かった。しかし、配合比 モルタル：砂利＝1：1 まででの実験で終わってしまった。モルタルの単価は砂利に比べて高い。そのためモルタルの比率を上げるほど費用が高くなり、評価値は低くなる。今後はセメントの割合を高くし、同様の実験を行い、評価値の最大値を取る時の比率を研究していきたい。また、今回はコンクリートブロックの材料配合比・構造というブロック単体の性能向上の研究で終わってしまった。私たちの最終目標は倒れにくい防災を目的としたブロック塀の製作であるため、今回の実験で得られたデータをもとに次のステップであるコンクリートブロックの積み上げ方や、ブロック塀の製作方法等についての研究も進めていきたい。

5. 参考文献

- ・ 3. 7. 4 コンクリートの強度（令第 74） https://www.icba.or.jp/kenchikuhorei/2018tsuho/179_181-2_3_7_4.pdf
- ・ 実験データを正しく扱うための実験・分析データの統計解析入門（甲南大理工山本雅博）
- ・ 土木材料 コンクリート 第 2 版（村田二郎、長瀬重義、菊川浩治）

5 普通科課題研究 研究要旨・概略

○2019年度 統計データ分析コンペティション〈総務省〉

優秀賞受賞作（要旨）

普通科3年「南海トラフ地震に備えて ～指定避難所に3人に1人が避難できず、
災害時の医療体制は本当に十分か？～」…………… 81

○第3回和歌山県データ利活用コンペティション〈和歌山県企画部企画政策局〉

データ利活用賞受賞作（審査用概略）

普通科2年「高校生と高齢者の利用で商店街を活性化しよう！！」…………… 82

南海トラフ地震に備えて

～指定避難所に3人に1人が避難できず、災害時の医療体制は本当に十分か？～

愛媛県立松山南高等学校 渡邊璃里香・吉田美咲

1. はじめに

現在、30年以内に南海トラフ地震が起きる確率が70～80%と予想されている。指定避難所と災害時の医療体制の現状とそれらの問題点を明らかにして、改善策を提案することで被害を最小限にしたいと考えた。

2. 研究方法

(1) 分析の方法と手順

教育用標準データセット（SSDSE）を使って、各都道府県庁所在地の避難所1か所当たりの人数と人口1万人あたりの医師数を計算しグラフに表し、各都道府県庁所在地と松山市を比較した。その後、災害発生時に必要不可欠な医療機関（外科、産婦人科、小児科、整形外科、内科）とし、jSTAT MAPを用いて松山南高校を中心とした半径3km以内の松山市指定避難所と5つの科を統計GISの地図にプロットし、それぞれの分布の特徴、問題点を解析した。その結果から、新たな避難所の確保と、救護所を提案する。

(2) データセットの加工

教育用標準データセット（SSDSE）を使って、各都道府県庁所在地の避難所1か所当たりの人数と人口1万人あたりの医師数を計算し、グラフに表す。指定緊急避難場所一覧表（松山市ホームページ）から指定避難所の住所を調べ、jSTAT MAPを用いて指定避難所をプロットし、松山南高校の半径3km以内の避難所数と人口を調べた。jSTAT MAPを用いて、指定避難所を中心に徒歩10分以内で到達できるエリアを赤線で記した。jSTAT MAPを用いて、診療所（外科、産婦人科、小児科、整形外科、内科）をプロットした。

3. 分析結果と結論

提案場所を導入することにより、距離的な関係で避難することが難しいと考えられる人が避難可能となった。分布の偏りも小さくなり、災害時に素早く負傷者の救護を行うことができるため、救うことのできる命は増える。

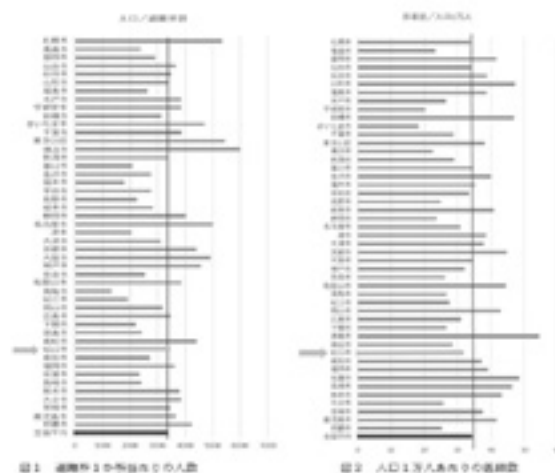


図1 避難所1か所当たりの人数

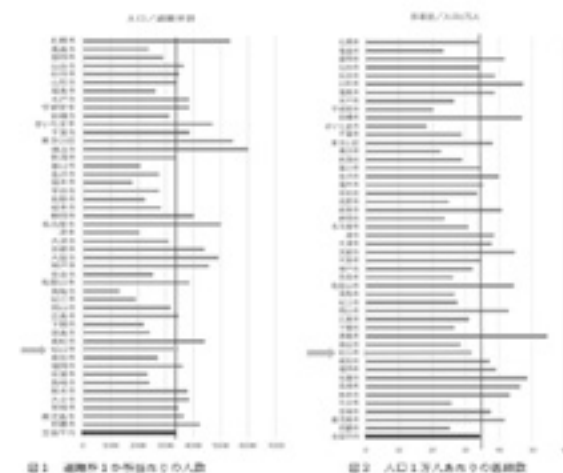


図2 人口1万人あたりの医師数

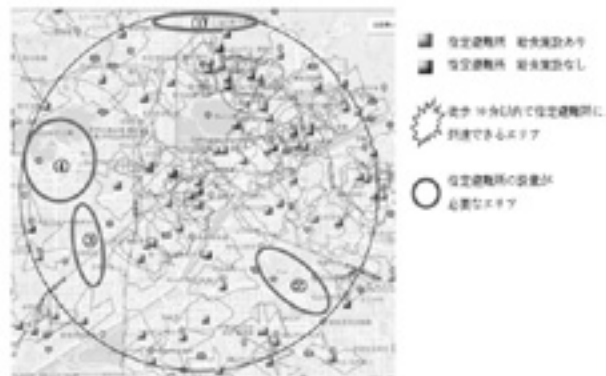


図4 各所に避難所から徒歩10分で到達できるエリア

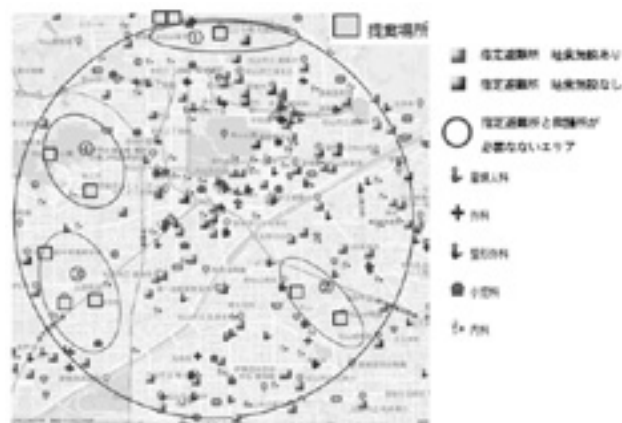


図12 上の1～4の提案場所を図11にプロットしたもの

高校生と高齢者の利用で商店街を活性化しよう！！

愛媛県立松山南高等学校 松山をプロデュースし隊！

1. 概要

私たちの住む街には銀天街・大街道（以下、商店街）がある。空き店舗が増え、商店街の歩行者が減少しており、活気不足などの指摘がある。そこで、高校生と高齢者の年代向けの利用を増やし、商店街の活性化につなげる提案をしようと考えた。

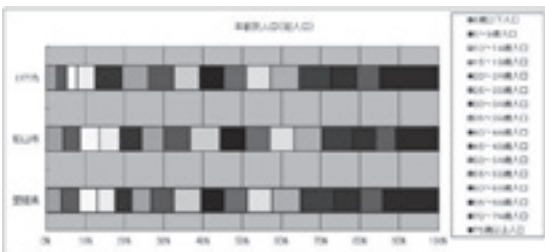
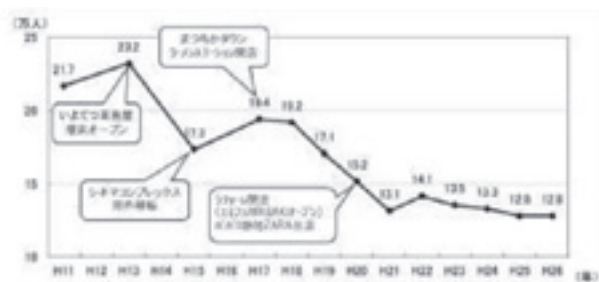
2. 研究方法

(1) 商店街の現状

- ・商店街の歩行者通行量が、平成13年の23.2万人から年々減っており、平成25年時点で12.3万人まで減少している。それに伴い、空き店舗の率は平成10年の1.6%から平成25年時点では11.3%と増加している。
- ・売上げが減ったと答えている店は45.8%とほぼ半数に達しており、

人が減る ➡ 売上げが下がる ➡ 空き店舗が増える ➡ 店がない分人が減るといった、悪循環がみられる。

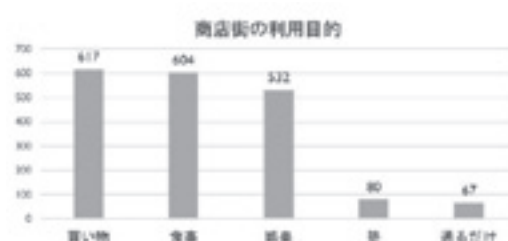
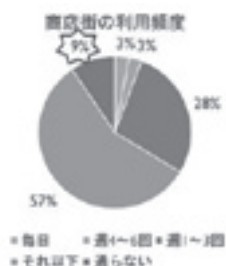
- ・昼間は商店街から半径約1kmの範囲に、松山南高校をはじめ、高校が7校集まっており、約7,000人の高校生がいる。
- ・松山市内に住んでいる65歳以上の高齢者（以下高齢者）の方は約2割なのに対し、商店街周辺に住んでいる高齢者は約2.5割となっている。銀天街・大街道周辺に住んでいる高齢者が多いが、今の銀天街・大街道には『きらりん』や『てくるん』（キッズスペース）など家族向けのスペースが多く設置されている。



以上から、商店街周辺の高校生や高齢者に銀天街・大街道に来てもらうことで、利用者数が増加するのではないかと考えた。

(2) <高校生の商店街（銀天街・大街道）の利用状況>

- ・高校生が商店街を利用する頻度は週1回以下が半数以上である。
なぜ利用しないのか → ・家の方向が逆
- ・部活で忙しい
- ・行く理由がない
- ・利用目的を見ると、買い物や食事や娯楽で利用する南高生が多いが、通るだけという高校生もいる。→ 通学だけで利用する高校生にも、商店街を活用してもらいたい。



3. 課題解決のための施策

① 空き店舗をフリースペースに変える

- ・高校生向け→自習室を設置する。(下左のグラフより賛成派半数以上)

◎ 利用金額 一日あたり約90円 (南高生自習室賛成派817人の利用希望金額の平均)

◎ 一日利用と夜利用とで金額を分ける

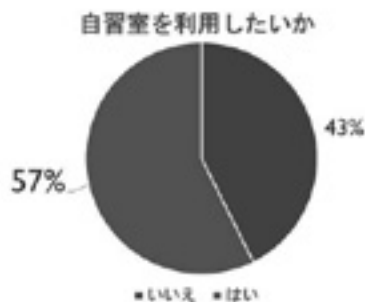
夜利用の金額を安くし、夜のわずかな時間、利用する

南高生たちが気軽に自習室に立ち寄りやすくしたいから。

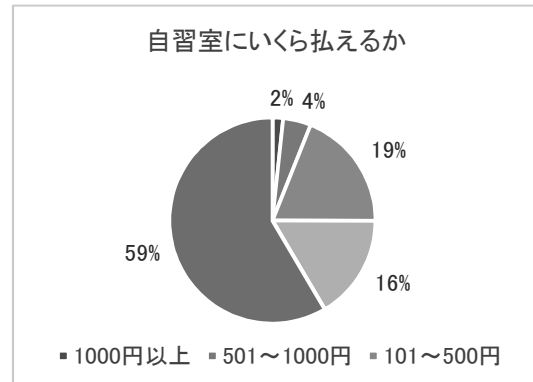
◎ アプリの導入 ・自習室の席の空き状況が見られる

・自習室の場所や周りのお店の情報の提示

自習室を利用しに来たのに、席が空いてなくて利用することができないなどのトラブルを軽減させたいから。また、周辺にあるお店を利用してもらいたいから。



出典 南高生1037人に実施した“銀天街・大街道の利用状況”のアンケート結果



出典 南高生1037人に実施した“銀天街・大街道の利用状況”のアンケート結果

◎高齢者向け→ワークショップを開催できるスペースの設置

(例) ・将棋、囲碁 ・生け花教室 ・ヨガ教室

◎自習室のアプリとも連動し、開催しているもののお知らせや時間がわかるようにする。

・インターネットでも見られるようにする。

② 商店街にアートを取り入れる

- ・高校生が自分たちでインスタ映えする絵をシャッターに描く

- ・高校生対象の商店街のフォトコンテスト

シャッター街を利用できるとともに、流行りのインスタ映えで高校生に来てもらう。フォトコンテストの商品を銀天街・大街道で使えるクーポンなどにすれば、商店街を訪れる回数が増えると考えたから。

③ 催しを増やす

(例) ・トリックアート ・お化け屋敷 ・ライブ ・トークショー

(南高生1037人の“銀天街・大街道にあってほしい催しは何か”のアンケート結果)

銀天街・大街道には催しが少ない。高校生向けの催しをすることで高校生の銀天街・大街道の利用を増やしたいと考えたから。

④ 施設の充実化

(例) ・コインロッカー ・無料駐輪場 ・化粧室 ・更衣場所 ・ゴミ箱

(南高生1037人の“銀天街・大街道にあってほしい施設は何か”のアンケート結果)

学校の後、そのまま銀天街・大街道で遊んで帰りたい、荷物が多い、自転車を駐車したいという高校生のためにコインロッカーや無料駐輪場があると立ち寄りやすくなると考えたから。また、化粧室や更衣場所があれば私服で遊べるという意見があった。そのほかに、商店街にはゴミ箱の設置をしてないため、設置してほしいという意見もあった。

⑤ 銀天街・大街道の店舗マップ

今の銀天街・大街道は、店舗マップがなく、どこに何の店舗があるかわからない現状だ。そのため、一目見て店舗の位置がわかるマップを設置すると、高校生だけでなくすべての年代の人々が、銀天街・大街道を利用しやすくなるのではないかと考えたから。

令和元年度教育課程表

令和元年度入学生（普通科）

愛媛県立松山南高等学校 全日制・本校

区分		類型	文 型				理 型			
教科	科 目	標準 単位数	1 年	2 年	3 年	計	1 年	2 年	3 年	計
国語	国語総合	4	4			4	4			4
	現代文B	4		3	3	6		2	2	4
	古典B	4		3	3	6		2	3	5
地理歴史	世界史A	2						2		2
	世界史B	4		3	△4	3・7				
	日本史B	4			4	3・7				
	地理B	4		3		0・3・7		2	4	0・6
公民	現代社会	2	2			2	2			2
	倫理	2			△2	0・2				
	政治・経済	2			△2	0・2				
数学	数学Ⅰ	3	3			3	3			3
	数学Ⅱ	4	1	3	※3	4・7	1	4		5
	数学Ⅲ	5							4	4
	数学A	2	2			2	2			2
	数学B	2		2		2		2		2
	数学探究A	2			2	2				
	数学探究B	2							2	2
理科	物理基礎	2						2		0・2
	物理	4						2	4	0・6
	化学基礎	2	2			2	2			2
	化学	4						2	5	7
	生物基礎	2		2		2				0・2
	生物	4								0・6
	地学基礎	2	2			2	2			2
	地学	4								
	化学探究A	1		1		0・1				
	化学探究B	2			○2	0・2				
	生物探究	2			○2	0・2				
	地学探究A	1				0・1				
	地学探究B	2			○2	0・2				
保健体育	体育	7～8	3	3	2	8	3	3	2	8
	保健	2	1	1		2	1	1		2
芸術	音楽Ⅰ	2				0・2				0・2
	音楽Ⅱ	2				0・1				0・1→0
	音楽Ⅲ	2				0・3				
	美術Ⅰ	2	2			0・2	2			0・2
	美術Ⅱ	2		□1		0・1		□1		0・1
	美術Ⅲ	2			※3	0・3				
	書道Ⅰ	2				0・2				0・2
	書道Ⅱ	2				0・1				0・1
外国語	コミュニケーション英語Ⅰ	3	4			4	4			4
	コミュニケーション英語Ⅱ	4		4		4		4		4
	コミュニケーション英語Ⅲ	4			4	4			3	3
	英語表現Ⅰ	2	2			2	2			2
	英語表現Ⅱ	4		2	2	4		2	2	4
家庭	家庭基礎	2	2	□1		2・3	2	□1		2・3
情報	情報の科学	2	1			1	1			1
共通教科・科目計			31	31	31	93	31	31	31	93
総合的な探究の時間 (チャレンジリサーチ)		3～6	1	1	1	3	1	1	1	3
特別活動	ホームルーム活動		1	1	1	3	1	1	1	3
合 計			33	33	33	99	33	33	33	99
備 考			1 文型は文科系の教科・科目に重点を置く類型。 2 理型は理科系の教科・科目に重点を置く類型。 3 スーパーサイエンスハイスクールの特例措置により情報の1単位減 4 □印から1単位を選択する。 5 ○印から4単位を選択する。 6 ※印から3単位を選択する。 7 △印から4単位を選択する。 8 まとめ取りを実施する科目： 2年：数学Ⅱ（文3単位）4～8月、11～1月まで延べ105時間、数学B（文2単位）9～10月、2～3月まで延べ70時間 数学Ⅱ（理4単位）4～7月、11～12月、2～3月まで延べ140時間、数学B（理2単位）8～10月、1月まで延べ70時間 1年：数学Ⅰ（3単位）4～12月まで延べ105時間、数Ⅱ（1単位）1～3月まで延べ35時間 2年：物理基礎、生物基礎の選択（理2単位）4月～10月まで延べ70時間、物理、生物の選択（理2単位）11月～3月まで							

令和元年度教育課程表

令和元年度入学生（理数科）

愛媛県立松山南高等学校 全日制・本校

区分			学科	理数科				
教科	科 目	標準 単位数	1 年	2 年	3 年	計		
国語	国 語 総 合	4	4			4	13	
	現 代 文 B	4		2	2	4		
	古 典 B	4		2	3	5		
地理 歴史	世 界 史 A	2		2		2	8	
	世 界 史 B	4						
	日 本 史 B	4		2	4	0・6		
	地 理 B	4				0・6		
公民	現 代 社 会	2	2			2	2	
保健 体育	体 育	7～8	2	3	2	7	8	
	保 健	2	1			1		
芸 術	音 楽 I	2	2			0・2	2	
	美 術 I	2				0・2		
	書 道 I	2				0・2		
外 国 語	コミュニケーション英語Ⅰ	3	4			4	17	
	コミュニケーション英語Ⅱ	4		4		4		
	コミュニケーション英語Ⅲ	4			3	3		
	英 語 表 現Ⅰ	2	2			2		
	英 語 表 現Ⅱ	4		2	2	4		
家庭	家 庭 基 礎	2	2			2	2	
情報	情 報 の 科 学	2	1			1	1	
共 通 教 科 ・ 科 目 計			20	17	16	53	53	
理 数	理 数 数 学Ⅰ	5～8	5			5	43	
	理 数 数 学Ⅱ	8～12	1	4	4	9		
	理 数 数 学 特 論	4～8		2	2	4		
	理 数 物 理	4～10	1	2	5	3・8		
	理 数 化 学	4～10	2	2		4		8
	理 数 生 物	4～10	1	2		3・8		
	理 数 地 学	4～10				0・5		
	スーパーサイエンス	6	2	3	1	6		
専 門 教 科 ・ 科 目 計			12	15	16	43	43	
小 計			32	32	32	96	96	
総合的な探究の時間		3～6					0	
特別活動	ホームルーム活動		1	1	1	3	3	
合 計			33	33	33	99	99	
備 考			1	理数に関する専門の教科・科目に重点を置く。				
			2	「スーパーサイエンス」(6単位)は学校設定科目。				
			3	スーパーサイエンスハイスクールの特例措置により情報及び保健の1単位減、総合的な学習の時間を0とする。				
			4	まとめ取りを実施する科目： 1年：理数数学Ⅰ(5単位)4月～1月まで延べ175時間 理数数学Ⅱ(1単位)2月～3月まで延べ 35時間 理数生物(1単位)4月～10月まで延べ 35時間 理数物理(1単位)11月～3月まで延べ 35時間				

松山南高校「課題研究（SS）」自己評価用ルーブリック（プロセス評価）

下表は、1年間の課題研究(SS)に対する自身の取組を振り返り、自己評価するための評価基準です。各観点について、評価3の記載内容を高校生として標準的なレベルとします。ルーブリックを参照しながら自身の取組を振り返り、各項目について4、3、2いずれかの評価をしてください。なお、特に達成度の高い項目(0～2項目)と特に達成度の低い項目(0～2項目)については、それぞれ5、1と評価してもよい。

評価 評価の観点	2 (～1)	
	標準的なレベル (3) を達成したとは いえない	標準的なレベル (3) を達成したとは いえない
先行研究	研究テーマに必要な先行研究の初歩的な文献や資料を調べることができた	研究テーマに必要な先行研究を多少調べたものの、これまで研究されてきた内容を十分に把握できていない
課題意識と発展性	学術的・社会的な課題意識はあるが、テーマとしては目新しくない	学術的・社会的な課題意識から考えたというよりも表面的な発想からテーマを設定した
計画・準備と実施状況	実施上の日程計画や方法を主体的に進めることができた	見通しを持たないままその場の成り行きで行っているため計画どおりに進めることができなかった
研究方法の妥当性	研究目的を達成するのに現実性のある研究方法が具体的に考えることができた	研究方法は考えているが、研究目的を達成するには不十分であった
好奇心・興味関心・探究心	高い課題意識で研究を進め、研究テーマについて仮説・検証をくり返しなが深く探究することができた	研究を進める中であまり興味を抱く事柄に出会えなかったため、進んで研究テーマを深めるところまでいかなかった
創意工夫・オリジナルティ	先行研究を踏まえながら、調べた資料やデータを自分なりに解釈しようとし、独自のアイデアを導き出すことができた	調べた資料やデータの自分なりの解釈が不十分であったり、先行研究の引用にとどまっていたりした
役割分担と協力	自分の役割を十分果たすとともに、建設的な意見を出すなど、グループ研究に貢献することができた	自分の役割を果たせず、グループの他のメンバーに頼りきりであった

愛媛大学課題研究評価簡易ルーブリックを一部改変

愛媛大学高大連携事業 松山南高「課題研究(SS)」最終発表用ルーブリック評価スケール

領域	評価項目	5 (際立って良い)	4 (良い)	3 (標準)	2 (不十分な点がある)	1 (不十分)	愛大	本校
テーマ設定	先行研究と調査内容	研究テーマに関連する先行研究の文献や資料を期待される以上の範囲で調べられており、その結果に基づいて研究すべき項目や問題点を明確にしている。	研究テーマに必要な先行研究の文献や資料が調べられており、研究すべき項目や問題点に関連づけている。	研究テーマに必要な先行研究の初歩的な文献や資料を調べられており、何が研究されているのかをおおよそ把握している。	研究テーマに必要な先行研究を多少調べたものの、これまで研究されてきた内容を十分把握できていない。	研究テーマに必要な先行研究を調べていない。	○	
	課題意識とテーマ設定	先端的／現代的な課題意識でテーマ設定がなされており、今後の研究により学術的・社会的な問題解決へと発展していく可能性が高い。	学術的・社会的な課題意識のもとにテーマ設定が考案されており、今後の研究により課題解決に結びつくことが期待される。	学術的・社会的な課題意識をもとにテーマを考えようとしているが、目新しい発想というわけではない。	学術的・社会的な課題意識から考えたというよりも、表面的な発想からテーマ設定を行っている。	単なる思いつきによるテーマ設定である。	○	
研究内容	研究方法の妥当性	研究目的を達成するための、緻密で発想に富んだ研究方法が考案されている。	研究目的を達成するための、現実性のある研究方法が具体的に考えられている。	研究目的に照らして研究方法を検討している。方法の実現可能性については、さらに検討していく必要がある。	研究方法は考えているが、研究目的を達成するためには検討が不十分である。	研究方法を自分で考えようとしていない。	○	
	結果の扱いと考察	仮説に一致しない結果も含めて公平に扱われ、科学的に解釈しようとしており、その結果から論理的で説得力のある考察がなされている。	仮説に一致しない結果も含めて公平に扱われ、科学的に解釈しようとしており、その結果がある程度論理的に考察されている。	科学的に解釈しようとしているが、結果に対する公平性が欠けており、結果の解釈に一部飛躍が見られる。	科学的に解釈しようとしているが、結果に対する公平性が欠けており、結果の解釈に一部飛躍が見られる。	考察するには不十分な結果しか得られていなかったり、偏頗性のある結果がほとんどなかったりで、考察をするには至っていない。	○	
発表	発表の内容	レベルの高い情報が明快な論理のもとにつづいて構成されており、読み手／聞き手が内容を的確に理解することができている。	調査した内容が論理的な構成で述べられており、読み手／聞き手が理解しやすい表現となっている。	定型的な構成でおおむね論理的に述べられている。	形式的には定型的な構成をぞっているが、論理性に難がある箇所があったり、情報が不足している箇所があったりして、読み手／聞き手が内容を理解できない。	内容構成が適切に配置されていない。提供される情報が不足しており、読み手／聞き手は内容をほとんど理解できない。		部分的に変更
	プレゼンテーションの表示方法と文 体	統一された表示と文体で、専門用語もふんだんに用いられている。文章構成が論理的で説得力に富んでいる。	統一された表示と文体で必要と専門的用語が用いられている。文章は論理的に述べられている。	表示と文体の統一感はあるが、文章の構成もおおむね論理的であるが、専門的用語を用いるなど、より専門的な表現が望まれる。	表示と文体に統一感がなかったり、文章構成に論理的でなかったりする場合がある。誤字脱字等が数箇所ある。	文章表現に著しい難があったり、誤字脱字等が多数見られたりする。	○	
	プレゼンテーションのレイアウト	構成と配色が工夫されており、読み手／聞き手が内容を理解できる。	読み手／聞き手が内容を理解しやすいように、構成と配色を考えていて、十分に理解できる。	読み手／聞き手が研究の内容を理解しやすいように、構成と配色を考えているが、理解しにくい部分がある。	構成や配色にあまり工夫がなく、読み手／聞き手が内容を理解するには時間がかかる。	構成と配色が煩雑で、読み手／聞き手が理解できない。	○	
	分析と結果	豊富な資料やデータをもとに優れた分析がなされている。必要に応じて図や表、グラフ等の作成・配置に工夫がなされている。	必要とされる資料やデータを得て、適切な分析がなされている。図、表、グラフ等が用いられている場合、それらが適切に作成・配置されている。	資料やデータの分析は、おおむね適切と言える。図、表、グラフ等が用いられ、適切な作成されている。	資料やデータの調べ方が不適切である。必要と思われる図、表、グラフ等が作成されていない。		○	
	発表態度	原稿に頼らず自分の言葉で研究内容を説明している。自身に落ちあふれた説得力のあるプレゼンテーションで、聞き手を魅了している。	一部原稿を参照する場面が見られたり、自信のない部分があったりするが、自分の言葉で発表している。言葉遣い、声の大きさ、話す速度は適切であり、分かりやすい。	一部原稿を見ながら発表しているが、言葉遣い、声の大きさ、話す速度については、おおむね適切である。	一部原稿を見ながら発表したり、声の大きさや、話す速度によって聞き取りにくい部分があったりする。	原稿を見ながら発表している部分が多かったり、声が小さく発表が聞かれない部分が多かったりする。	○	
表	質疑応答	質問者の質問意図を的確に把握し、専門的な質問にも簡潔かつ的確に答えられている。	質問者の質問に対して、研究した内容に基づいた的確な応答ができています。	質問内容を把握して応答できているが、余分な内容が多かったり、情報が不足したりしているところもある。	質問内容を把握できないまま応答しているため、質問と答えが対応していない。	無言やあいまいな答えに終始し、質問に答えられない。	○	

松山南高校「チャレンジリサーチ（CR）」自己評価用ルーブリック（プロセス評価）

ゴシック…3を基準としたときの主な
相違点・評価ポイント

下表は、CRIに対する自身の取組を現時点で振り返り、自己評価するための評価基準です。各観点について、**評価3の記載内容を高校生として標準的なレベル**とします。

ルーブリックを参照しながら自身の取組を振り返り、各項目について4、3、2いずれかの評価をしてください。

なお、特に達成度の高い項目(0～2項目)と特に達成度の低い項目(0～2項目)については、それぞれ**5**と評価してもよい。

評価	(5～) 4	3	2 (～1)	自己評価
評価の観点	標準的なレベル (3) を越えて達成できた	標準的なレベル (3) をおおむね達成できた	標準的なレベル (3) を達成したとはいえない	
先行研究	研究テーマに関連する 専門書や学術論文 を含めて丹念に調べることができた。かつ、文献リストを作成した。	研究テーマに必要な 初歩的な文献や資料 を調べることができた。かつ、文献リストを作成した。	Webサイト上の 情報収集にとどまった 。または、 文献リストを作成していない 。	
課題意識と発展性	学術的・社会的な課題意識を反映したリサーチ・エスチョンと仮説を設定し、仮説の検証や課題解決のための提案など何を明らかにしたいかが明確である。	学術的・社会的な課題意識をもち、調査・実験可能なテーマを設定している。	学術的・社会的な課題意識から考えたというよりも表面的な発想からテーマを設定した。	
計画・準備と実施状況	主体的かつ定期的に担当教員に相談・報告しながら取り組み、おおむね計画通りに進めることができた。	月に2回程度担当教員に 計画・方法・結果分析などを相談・報告しながら取り組み、おおむね計画通りに進めることができた。	担当教員に 相談・報告をほとんどしなかったり、場当たり的な取組 で、CRの時間を活用できなかったりした。	
研究方法の妥当性	目的を達成するために、 客観性が高く現実性のある調査・実験方法 を具体的に考えることができた。	目的に照らして 調査・実験方法を検討しているが、客観性の確保などの点で再考の余地がある。	調査・実験方法を考えてはいるが、目的を達成するには不十分であった。	
好奇心・興味関心・探究心	高い課題意識で研究を進め、研究テーマについて 仮説・検証をくり返ししながら深く探究 することができた。	研究を進めるにつれて 興味を抱く事柄を発見することができたため、関心をもって研究テーマに取り組むことができた。	研究を進める中であまり 興味を抱く事柄を発見することができなかつたため、進んで研究テーマを深めるところまでいかなかった。	
創意工夫・オリジナリティ	先行研究との相違点を明確にしつつ、独自の手法に挑戦したり、自分なりに実験・調査結果を考察したりできた。	手法を工夫したり、自分なりに 実験・調査結果を考察したりしたが、先行研究との相違点はやや不明瞭だった	手法に 工夫が見られなかったり、実験・調査結果の自分なりの考察が不十分で先行研究の引用にとどまったりした。	
役割分担と協力	自分の役割を十分果たすとともに、建設的な意見を出すなど、 グループ研究に貢献 することができた。	自分の役割は おおむね果たしてきたが、他のメンバーへの貢献は十分ではなかった。	自分の役割を果たせず、グループの他のメンバーに頼りきりであった。	
コメント				

愛媛大学課題研究評価ルールブック(簡易バージョン) Ver1.0 を一部改変(2019.5)

班名

氏名	番	組	年
...	...	...	...

評價日 月

松山南高校「チャレンジリサーチ（CR）」ポスター評価用ルールブック

ゴシック…3を基準としたときの主な相違点・評価ポイント
コメント欄には、活動を振り返っての反省や感想、今後の抱負を記入しよう。

下表は、CRの取組をまとめたポスターについて、提出締切前の改善や発表の評価をするための評価基準です。
各観点について、**評価3の記載内容を高校生として標準的なレベル**とします。
ルールブックを参照しながらポスターを評価し、各項目について4、3、2いずれかの評価をしてください。低評価の項目については、提出締切まで改善の努力をしましょう。
なお、特に達成度の高い項目（0～2項目）と特に達成度の低い項目（0～2項目）については、それぞれ5、1と評価してもよい。

評価の観点	評価			評価
	5～4	3	2～1	
標準的なレベル（3）を越えて達成できた	標準的なレベル（3）を達成したとはいえない			
目的と仮説	研究目的や仮説が 文献・資料 を踏まえて述べられており、 その意義がよく分かる 。	研究目的や仮説が述べられている。	研究目的や仮説が述べられていない。	
方法	研究目的に沿った研究方法が 文献等を参考にしながら 述べられており、 工夫された表示 で分かりやすい。	研究目的におおむね沿った研究方法が述べられている。	研究目的を達成する 研究方法として不適切または十分とは言えない 。	
分析と結果	資料、グラフ等が適切に作成・配置されており、 誤差の扱いにも検討が加えられている 。	資料、データ、図や表、グラフ等がおおむね適切に作成されている。	資料やデータが 不足している 、または、図、表、グラフ等やこれらのキャプションが 適切に作成されていない 。	
考察	実験・調査等の結果を踏まえた 論理的な考察 が述べられており、 新たな課題を発見している 。	実験・調査等の結果を踏まえた 簡単な考察 が述べられている。	考察が 述べられていない か、 考察として不適切 である。	
まとめ	研究目的や仮説に対する結論が述べられており、 研究の意義を踏まえながら今後の展望や課題も述べられている 。	研究目的や仮説に対する結論が述べられている。	研究目的や仮説に対する結論が 明瞭でなかったり、根拠に欠けていたりする 。	
文体とレイアウト	文体は統一されており、文字、図、表等の大きさも適切である。 内容を理解しやすいようにレイアウトも工夫されている 。	文体は統一されており、文字、図、表等の大きさもおおむね適切である。	文体が 統一されていない 。または、文字、図、表等の 大きさやレイアウトが不適切で見にくい 。	
発表態度	原稿に 傾かず自分の言葉で 研究内容を説明し、 聴衆を意識した発表態度で、内容を理解しやすい 。	原稿を見ることもあるが、言葉遣い、声の大きさ、話す速度についてはおおむね適切である。	終始原稿を見ながら 発表したり、言葉遣い、声の大きさ、話す速度が 適切でなかったりする 。	
質疑応答	質問に対して、 研究に基づいた確かな応答 ができている。 想定質問に対する十分な準備 ができています。	質問内容を把握して応答できている。	質問内容を 把握できないまま応答 していたり、 質疑応答の時間を確保できなかったりした 。	
その他のチェックリスト	☐ 紙面を有効活用できている ☐ 先行研究等で既に明らかなことと今回明らかになったことを区別している	☐ 参考文献等を適切に表記している	☐ 提出期限と方法を守っている	計
コメント				

愛媛大学課題研究評価ルールブック（簡易バージョン） Ver1.0 を一部改変(2020.1)

松山南高校「SS・CR 論文執筆」自己評価用ルーブリック（プロセス評価）

ゴシック…3を基準としたときの主な
相違点・評価ポイント
コメント欄には、活動を振り返っての反省や
感想、今後の抱負を記入しよう。

下表は、課題研究論文執筆（SS・CR）に対する自身の取組を現時点で振り返り、自己評価するための評価基準です。
各観点について、**評価3の記載内容を高校生として標準的なレベル**とします。
ルーブリックを参照しながら自身の取組と論文の執筆状況をについて、4、3、2いずれかの評価をしてください。
なお、特に達成度の高い項目（0～2項目）と特に達成度の低い項目（0～2項目）については、それぞれ5、1と評価してもよい。

愛媛大学課題研究評価ルーブリック（プロセス評価・課題発表評価 簡易バージョン）Ver1.0 を改変(2019.5)				
領域	評価 評価の観点	(5～)4		自己 評価
		標準的なレベル(3)を越えて達成している。	標準的なレベル(3)を達成するには課題がある	
取 組 状 況	計画・準備と 実施状況	主体的かつ定期的に担当教員に執筆状況を報告・相談しながら執筆を続けており、1学期末に論文が見通しがある。	担当・担当教員から指示があっても 担当教員に執筆状況の報告・相談をほとんどしなかった。	
	好奇心・興味関 心・探究心	高い課題意識で論文執筆を進め、研究テーマに関連する 文献・資料を必要に応じて再調査したり、実験を追加したりした。	研究を進める中であまり興味を抱く事例を発見することができなかったため、 進んで研究テーマを深めるところまでいかなかった。	
	役割分担と協 力	自分の役割を十分果たすとともに、建設的な意見を出すなど、 グループ研究に貢献 することができた。	自分の役割を果たせず、グループの他のメンバーに頼りきりであった。	
	目的と仮説	研究目的や仮説が参考文献を踏まえて述べられており、その 意義がよく分かる。	研究目的や仮説が述べられていない。	
※ 論 文	方法	研究目的にそった研究方法が述べられており、 再現可能な表現 がなされている。	研究目的を達成する 研究方法として不適切 または 十分とは言えない。	
	分析と結果	研究目的や仮説を検証するために十分な資料、グラフ等が作成・配置 されており、誤差の扱いなど 目的に即した優れた分析が行われている。	資料やデータが 不足 している。または図、表、グラフ等やこれらのキャプションが 適切に作成されていない。	
	考察	研究結果を踏まえた考察が述べられており、 今後の研究の展望 も示されている。	考察が 述べられていない か、考察として 不適切 である。	
	まとめ	研究の意義を踏まえながら研究目的や仮説に対する結論が述べられており、今後の展望や課題 も述べられている。	研究目的や仮説に対する 結論が明瞭でなかったり、根拠に欠ける結論 になっているりする。	
	表示方法と文 体	統一された表示と文体で必要な専門的用語が 用いられている 。また文章構成は論理的である。	表示と文体に統一感がなかったり、文章構成が論理的でなかったりする。	
	※論文…未執筆の内容・項目、評価に値する文量に達しない内容・項目の自己評価は「0」とすること。			自己評価計
コメント				

