Ⅰ　科学わくわくプロジェクト（わくプロ）の概要

１．わくプロの意義と特徴

科学わくわくプロジェクト（以下「わくプロ」と言う。）は，公益財団法人マツダ財団と広島大学が連携・共同して，青少年の健全育成と科学技術教育の振興をめざして実施する事業であり，その意義と特徴は次のとおりである。

わくプロの意義と特徴
○　現場の教員の議論により生まれたプロジェクトであること
○　地域の財団と大学との連携・共同事業であること
○　多様な事業で構成される複合的な事業であること
○　教育効果の評価を通じて学校教育への波及効果も期待されること

(1) 現場の教員の議論により生まれたプロジェクトであること

わくプロは，平成 14 年度における幼小中高校と広島大学の教員や科学館館長などによる半年間にわたる議論から生まれた。

18 人のメンバーによる 1 回当たり 4 時間程度の議論を合計 5 回開催し，教育現場における科学教育の現状と問題点，取り組むべき方向性，事業化の基本的な考え方，事業アイデアと事業の進め方をまとめた。

(2) 地域の財団と大学との連携・共同事業であること

わくプロは，地域の財団が資金を提供し，広島大学がその施設，設備，人材（教員，学生）を提供して実施する，連携・共同事業である。

広島大学は理学研究科，先端物質科学研究科，宇宙科学センター，教育学研究科など幅広い人材により構成されるプロジェクト研究センターを設置。大学の持つ知的資源と地域の資金が組み合わさることにより，地域の価値を高めていく意義深い共同事業となった。

(3) 多様な事業で構成される複合的な事業であること

子どもの理科離れだから科学教室というのではなく，現状と問題点，民間団体と大学の特性などを踏まえて，現実的できめ細かい複合的事業群を創出。

理科離れの対策ではなく，理科好きな中高生が幅広く，高度な科学に触れ，学べる場として一定レベル以上の科学教育に特化。基礎レベルの科学体験教育については小学校の先生を支援する事業を通じて，理科好きな子どもの裾野を広げる活動を支援。

(4) 教育効果の評価を通じて学校教育への波及効果も期待されること

わくプロでは，教育分野に高い評価を得ている広島大学の特性を生かして，専門的な視点からの成果の評価，研究を行い，それをわくプロ事業の発展に反映させるとともに，教員をめざす学生の教育や教育法の開発などにも反映させることとした。

２．わくプロの経緯

(1) これまでの経緯

平成 14 年 2 月	マツダ財団から広島大学(大学情報サービス室)に，子どもの健全育成と科学技術の振興の複合事業について連携の可能性の打診
平成 14 年 3～5 月	広島大学で学内調整等
平成 14 年 6 月	子どものための科学わくわくプロジェクトをめざして，幼小中高校と広島大学の教員，科学館館長等 18 名による検討ワーキンググループ発足
平成 14 年 11 月	計 5 回延べ 22 時間にわたる議論を経て，ワーキンググループによる中間報告取りまとめ
平成 15 年 3 月	マツダ財団理事会でわくプロ事業実施の決定
平成 15 年 3 月	マツダ財団渡辺理事長と広島大学牟田学長が会談し，わくプロ事業についての連携実施に合意
平成 15 年 4 月	広島大学が新たな制度として発足させた「プロジェクト研究センター」の一つとして，「科学わくわくプロジェクト研究センター」の設置が承認され，教育学研究科林教授が代表者に就任
平成 15 年 8 月	第 1 回サイエンスレクチャー開催（8 月 8 日）
平成 15 年 8 月	わくプロのロゴマーク決定
平成 15 年 10 月	第 1 回ジュニア科学塾開催（10 月 11，25 日，11 月 8，22 日開催）
平成 15 年 12 月	中四国地区大学の地域貢献シンポジウムで事例発表
平成 15 年 12 月	小学理科ネットのテスト運用開始
平成 16 年 5 月	小学理科ネット本格運用開始
平成 16 年 8 月	第 2 回サイエンスレクチャー開催（8 月 5 日）
平成 16 年 8 月	第 1 回科学塾開催（8 月 17～19 日，9 月 11 日）
平成 16 年 8 月	第 2 回ジュニア科学塾開催（8 月 26～28 日，9 月 4 日）
平成 17 年 1 月	第 1 回わくプロシンポジウム開催（1 月 10 日）
平成 17 年 6 月	第 3 回ジュニア科学塾開催（6 月 4，5，12，19 日）
平成 17 年 8 月	第 3 回サイエンスレクチャー開催（8 月 9 日）
平成 17 年 10 月	小学理科ネットで動画配信開始
平成 17 年 10 月	第 2 回科学塾開催（10 月 30 日，11 月 6，13，20 日）
平成 17 年 12 月	サイエンスレクチャーを福山（25 日）
平成 18 年 2 月	わくプロ意見交流会開催（26 日）
平成 18 年 6 月	第 1 回土堂サタデーキッズ(理科ひろば)(土堂公民館, 17 日)
平成 18 年 6 月	松山総合運動公園子どもチャレンジ教室（理科ひろば）(愛媛・松山, 24 日)
平成 18 年 7 月	第 2 回土堂サタデーキッズ（理科ひろば）（土堂公民館，8 日）
平成 18 年 8 月	第 3 回土堂サタデーキッズ（理科ひろば）（土堂公民館，1 日）
平成 18 年 8 月	第 5 回サイエンスレクチャー（8 日）
平成 18 年 8 月	第 4 回ジュニア科学塾（10～11 日，11 月 12 日）
平成 18 年 9 月	第 3 回科学塾（9 月 3 日，10 日，17 日）
平成 18 年 9 月	第 4 回土堂サタデーキッズ(理科ひろば)(土堂公民館, 30 日)
平成 18 年 10 月	第 5 回土堂サタデーキッズ(理科ひろば)(土堂公民館, 14 日)
平成 18 年 11 月	第 6 回土堂サタデーキッズ(理科ひろば)(土堂公民館, 18 日)

平成 18 年 12 月　第 7 回土堂サタデーキッズ（理科ひろば）（土堂公民館，16 日）
平成 18 年 12 月　サイエンスレクチャー福山（25 日）
平成 19 年 1 月　わくプロ研究交流会（27 日）
平成 19 年 1 月　ひがしひろしまスペースクラブ（理科ひろば）（31 日）
平成 19 年 2 月　ひがしひろしまスペースクラブ（理科ひろば）（7 日）
平成 19 年 2 月　巡回天体観望会（理科ひろば）（28 日）
平成 19 年 3 月　巡回天体観望会（理科ひろば）（7 日）
平成 19 年 3 月　小学校の先生のための理科ひろば（府中中央小，2 日）
平成 19 年 3 月　ひがしひろしまスペースクラブ（理科ひろば）（28 日）
平成 19 年 6 月　サイエンスレクチャー広島（10 日）
平成 19 年 8 月　ジュニア科学塾/科学塾同時開催（20 日・21 日，9 月 8 日）
平成 19 年 8 月　特別講座（27 日）
平成 19 年 9 月　小学校の先生のための理科ひろば（東西条小学校）（19 日）
平成 19 年 11 月　サイエンスレクチャー福山（11 日）
平成 20 年 1 月　小学校の先生のための理科ひろば（海田東小学校，23 日）
平成 20 年 2 月　小学校の先生のための理科ひろば（海田東小学校，13 日）
　　小学校の先生のための理科ひろば（海田東小学校，20 日）
平成 20 年 5 月　第 1 回わくプロ研究交流会（24 日）
平成 20 年 6 月　サイエンスレクチャー広島（8 日）
平成 20 年 7 月　第 10 回サイエンスレクチャー福山（21 日）
平成 20 年 7 月　第 2 回わくプロ研究交流会（23 日）
平成 20 年 7 月　小学校の先生のための理科ひろば（海田東小学校，29 日）
平成 20 年 7 月　小学校の先生のための理科ひろば（海田東小学校，30 日）
平成 20 年 9 月　科学塾（9 月 6 日・13 日・20 日）
平成 20 年 9 月　ジュニア科学塾（9 月 13 日・14 日・15 日）
平成 20 年 10 月　小学校の先生のための理科ひろば（海田東小学校，22 日）
平成 20 年 11 月　わくプロ修了生（大学生）追跡調査実施
平成 20 年 11 月　小学校の先生のための理科ひろば（海田東小学校，12 日）
平成 20 年 11 月　第 3 回わくプロ研究交流会開催（13 日）
平成 21 年 1 月　小学校の先生のための理科ひろば（尾道市立高見小学校，23 日）
平成 21 年 2 月　小学校の先生のための理科ひろば（尾道市立高見小学校，20 日）
平成 21 年 3 月　第 4 回わくプロ研究交流会開催（26 日）

《“わくプロ第Ⅰ期”終了》

《わくプロ第Ⅱ期》
平成 21 年 5 月　科学塾研究室 3 グループ 8 名で開講（大学院理学研究科，9 日）
　　ジュニア科学塾 24 名開講，第 1 回講座（附属東雲中学校，31 日）
平成 21 年 6 月　科学塾研究室，生物講座（12 日）・天文講座（21 日）
平成 21 年 7 月　科学塾研究室，物理講座，天文講座，生物講座
平成 21 年 8 月　サイエンスレクチャー広島（広島市こども文化科学館，2 日）
　　科学塾研究室天文講座（東広島天文台，4 日～6 日）
　　ジュニア科学塾第 2 回講座（理学部附属臨海実験所，8 日～9 日）

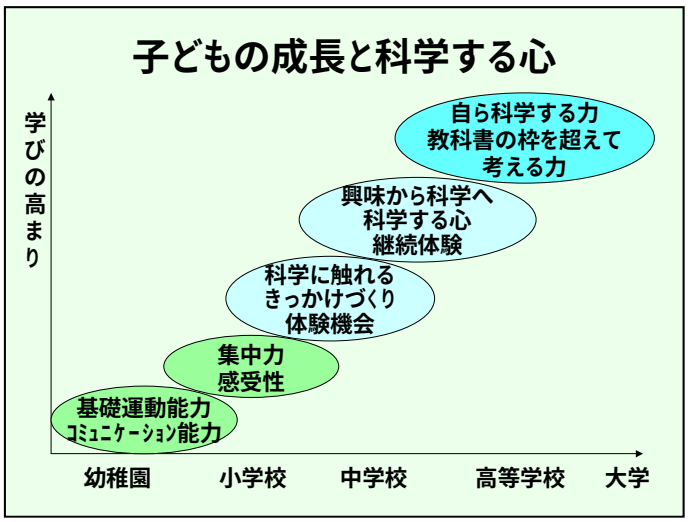
科学塾研究室生物講座，物理講座(大学院学理学研究科，12 日)
平成 21 年 10 月　ジュニア科学塾第 3 回講座(附属東雲中学校，25 日)
平成 21 年 11 月　第 12 回中学生・高校生科学シンポジウム
科学塾研究室 3 グループ 8 名の発表(大学院理学研究科，7 日)
平成 21 年 12 月　理科ひろば(広島市立阿戸小学校，8 日)
ジュニア科学塾第 4 回講座(東広島天文台，23 日)
ジュニア科学塾修了式(東広島天文台，23 日)
サイエンスレクチャー福山(県民文化センターふくやま,26 日)
平成 22 年 1 月　理科ひろば(尾道市立重井小学校，21 日)
平成 22 年 2 月　ジュニア科学塾第 5 回講座(附属東雲中学校，14 日)
平成 22 年 3 月　理科ひろば(尾道市立土堂小学校，2 日)
2009 年度わくプロ研究交流会開催(大学院教育学研究科，4 日)
平成 22 年 4 月　わくプロ研究センターを代表し 3 名が，平成 22 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰（理解増進部門）を受賞(京王プラザ，13 日)
（受賞者）　センター長　林武広　教育学研究科教授
研究員　鈴木孝至　先端物質科学研究科教授
客員研究員　山根英幸　マツダ財団事務局長
平成 22 年 5 月　ジュニア科学塾開講式・第 1 回講座（附属東雲中学校，9 日）
平成 22 年 6 月　科学塾研究室開講式（広島大学大学院理学研究科，13 日）
以後，講座ごとに不定期で開催
平成 22 年 8 月　サイエンスレクチャー広島(広島大学東千田キャンパス,1 日)
ジュニア科学塾第 2 回講座(北広島町，安芸太田町，10 日ー11 日)
平成 22 年 10 月　ジュニア科学塾第 3 回講座（附属東雲中学校，24 日）
平成 22 年 11 月　第 13 回中学生・高校生科学シンポジウム
科学塾研究室 5 グループ 8 名の発表(大学院理学研究科，6 日)
平成 22 年 12 月　サイエンスレクチャー尾道開催（しまなみ交流館，12 日）
理科ひろば（東西条小学校，13 日）
ジュニア科学塾第 4 回講座，修了式(大学院教育学研究科，23 日)
平成 23 年 2 月　ジュニア科学塾第 5 回オプション講座(大学院教育学研究科，13 日)
理科ひろば開催（東広島市立東西条小学校，18 日）
科学塾研究室修了式（大学大学院理学研究科，19 日）
平成 23 年 2 月　わくプロ運営委員会，研究員集会開催(大学院教育学研究科，24 日)
平成 23 年 4 月　ジュニア科学塾開講式（大学院教育学研究科，24 日）
平成 23 年 5 月　科学塾研究室開講式（大学院理学研究科，7 日）
※以後，講座ごとに不定期で開催
ジュニア科学塾第 1 回講座（大学院教育学研究科，8 日）
平成 23 年 7 月　サイエンスレクチャー広島開催（東千田キャンパス，31 日）
平成 23 年 8 月　ジュニア科学塾第 2 回講座（庄原市帝釈峡周辺，6 日ー7 日）
平成 23 年 10 月　ジュニア科学塾第 3 回講座（大学院教育学研究科，30 日）
平成 23 年 11 月　第 14 回中学生・高校生科学シンポジウム
科学塾研究室 5 グループ 5 名の発表(大学院理学研究科,5 日)
理科ひろば開催（東広島市立高屋東小，24 日）
平成 23 年 12 月　理科ひろば開催（東広島市立高屋東小，15 日）
ジュニア科学塾第 4 回講座（大学院教育学研究科，18 日）

平成 24 年 1 月　理科ひろば開催（東広島市立乃美尾小，24 日）
平成 24 年 3 月　わくプロ運営委員会，研究員集会開催（大学院教育学研究科，16 日）
ジュニア科学塾第 5 回オプション講座（マツダ，20 日）

(2) わくプロ･ワーキンググループ報告書の要旨

○　現状と問題点
- 子どもの体験機会の不足
- 興味だけで終わってしまい発展性がない
- 教員のネットワーク，研修機会の不足
- 教育カリキュラムに一貫性連続性が不足，地域の教材の不足
- 保護者も体験不足

○　協議結果のポイント
- 科学の体験機会（実験や体験を通じて科学を考える機会をつくる）
- 興味から科学へ（現象面の裏にある真理を考えつかむ心を持たせる）
- 科学教育ネットワーク（科学教育のネットワークで多様な交流機会を生み出す）
- 保護者の参加（保護者も子どもと一緒に体験し学ぶ）



○　事業化について
- 成長過程に応じた事業提供
- ストーリー性のある事業展開
- 教育側のネットワーク化

○　広島大学への期待
- 人的・物的資源の活用による貢献，学部横断的な協力，学生の参加，プロジェクトのコーディネート，評価と研究

(3) わくプロの基本構想

わくプロには，考えること，学ぶことにわくわくする体験，正解のない問題に取り組みブラック･ボックスをこじ開けてみる体験といった機会を継続して提供することにより，科学する心を育てていきたい，そんな願いがこもっています。

（科学の体験・興味から科学へ）

幼稚園から大学までの教員などが一緒に議論する中で，子どもの科学体験不足やものづくりの試行錯誤の機会不足などの問題点，興味を持つきっかけづくりだけではなくそれを科学する心に発展させていくことの重要性，教員の側のネットワークの必要性，保護者自身の体験不足という課題など，様々な点が指摘されました。

（これからを担う子どもたち）

現代は日本にとって手本のない時代であり，新たな世紀を担う子どもたちには，知らないことに興味を持ち新たなことを学び新鮮な感動を覚える，素直で柔軟な思考力と磨かれた理性が求められています。

いままで知らなかった現象の裏側にある原理が分かるようになる喜び，人類がこれまで築き上げてきた知の蓄積に触れる感動，学んだ知識を組み合わせながら課題

を解決していくことの面白さ，そんな，わくわくする経験が大切だと考えます。

（科学する心を育てる継続的事業）

上記の議論から，広島大学の教員の協力を得て各種研究・実験施設なども活用し，科学に興味を持つ子どもたちに対して，継続的な学びの機会を提供することが提案されました。

なお，学校現場では現在既に多種多様な事業が取り組まれていることから，「わくプロ」では学校外における事業について取り組むことにしています。

（広島大学子ども科学塾など）

具体的には，広島大学サイエンスレクチャーや，小中学生を対象として継続的に実施していく広島大学子ども科学塾，その修了者を主な対象としてより高度な内容を提供する広島大学子ども志学塾などが提案されています。

このほか，科学に関する教育についての情報交換・意見交換のための情報ネットワークづくり，「わくプロ」の趣旨に沿った民間団体の事業への支援なども提案されています。

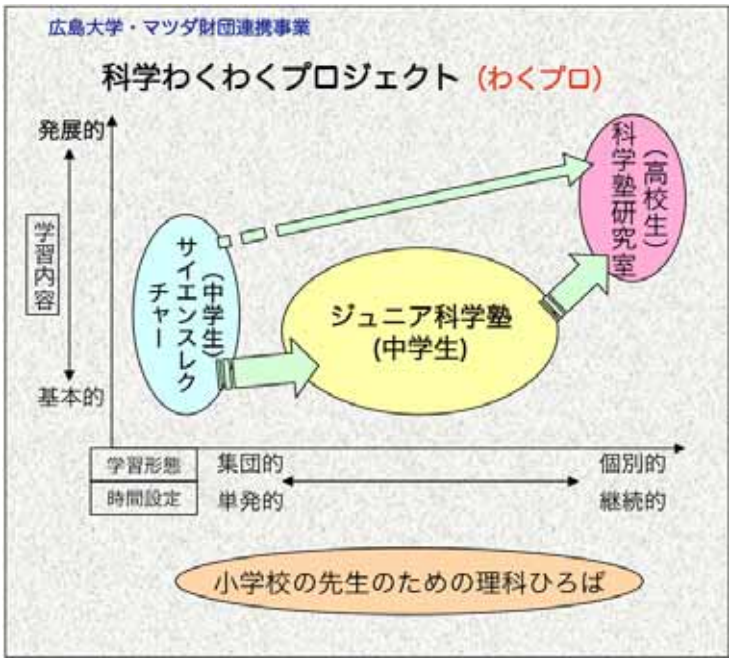
(3) わくプロⅡ期構想

当プロジェクト，平成 20 年度までの試行を含めた 6 年間の活動を第Ⅰ期と位置づけ， 平成 20 年度わくプロ研究交流会において，第Ⅰ期の成果と課題を考察し，平成 21 年度からの 5 年間をわくプロ第Ⅱ期として，中高校生の現実に即した，これよりも遙かに継続性，発展性のある具体的な計画を作成した。これまでの事業との違いは，大きく以下の３点があげられる。

① 中学生・高校生の現実に即した事業であること。
② 各事業の位置づけ，目的を明確にすること。
③ 継続・発展性を重視した各事業のつながりをもたせた複合的事業にすること。

右図はわくプロⅡ期の事業全体を表したものである。

中高生を対象とした事業は，以下の 3 つで構成される。多人数で 1 回完結の科学体験講座の「サイエンスレクチャー」。さらに科学を学ぶ意欲の高い生徒を対象とした少人数で継続的に行う科学演習講座の「ジュニア科学塾」。高校生対象とした，個別に大学の研究室へ所属して本格的な研究を行う「科学研究講座」。これらの事業が発展的につながるように，それぞれの事業の位置づけ，目的を明確にした。



併せて，理科好きな子どもの裾野を広げることを目指してすすめてきた「理科ひろば」も継続して実施することとした。

３．科学わくわくプロジェクト研究センター

広島大学では，平成 15 年 4 月から，新たに「プロジェクト研究センター」の一つとして，「科学わくわくプロジェクト研究センター」を設置した。

「科学わくわくプロジェクト研究センター（わくプロセンター)」は，広島大学大学院教育学研究科の林武広教授をセンター長として，学内 12 名と，3 名のマツダ財団職員による研究員，学外の客員研究員及び事務補佐員，学生の研究支援員によって構成されるユニークな組織である。本プロジェクトは，この「科学わくわくプロジェクト研究センター」によって，推進されている。

（平成 15 年 4 月 1 日設置：平成 23 年度）

研究代表者	広島大学 大学院教育学研究科　教授　林　武広		
研究組織及び構成メンバー	○ 研究員		
	大学院教育学研究科	教　　授	林　　武 広
	〃	教　　授	磯崎　哲夫
	大学院先端物質科学研究科	教　　授	鈴木　孝至
	大学院理学研究科	教　　授	細谷　浩史
	〃	教　　授	泉　　俊 輔
	〃	教　　授	寺田健太郎
	〃	准 教 授	坂本　尚昭
	産学連携センター	教　　授	塚本　俊明
	〃	准 教 授	匹 田　　篤
	宇宙科学センター	特任教授	大 杉　　節
	大学院教育学研究科	助　　教	吉冨　健一
	わくプロ研究センター	ｺｰﾃﾞｨﾈｰﾀｰ	間處　耕吉
	（公財）マツダ財団	事務局長	魚谷　滋己
	〃	事務局長代理	西川　俊秀
	○ 研究員兼監事		
	（公財）マツダ財団	事務局長代理	永松　貴文
	○ 客員研究員		
	広島市立江波中学校	校　　長	中佐　博信
	広島大学附属東雲小学校	教　　頭	秋 山　　哲
	〃	教　　諭	土 井　　徹
	広島大学附属小学校	教　　諭	中田　晋介
	広島大学附属東雲中学校	教　　諭	野 添　　生
	東広島市立河内中学校	教　　諭	杉田　泰一
	広島市こども文化科学館	館　　長	幾田　擁明
	広島市こども文化科学館	嘱 託 職 員	加藤　一孝
	○ 事務補佐員		梶本　恵子
	○ 研究支援員	院生・学生	
設　置　期　間	平成１５年４月１日　　～　　平成２５ 年３月３１日		

研　究　概　要	子どもが科学にわくわくする体験の企画及び教育関係者の情報交換･共有のネットワークづくりなどに，大学の知的資源（人材，施設･設備）を活用し，学校外において民間主導で実施する事業の可能性について，実践を通じて研究する。また，同様の目的を持つ民間団体の事業への支援策についても研究する。 具体的には，地元財団であるマツダ財団の支援を得て下記の事業を実施し，その事業評価を通じて，効果的な事業実施のあり方について研究する。 (研究事業) ① サイエンスレクチャー 単なる講演会ではなく，構成を工夫して双方向参加型となる科学体験講座。中学生を中心に小学校高学年ー高校生までを対象とする。 夏に広島市，冬に尾道市を会場に実施し，定員は広島会場が 100 名，尾道会場が 50 名を見込んでいる。 ② ジュニア科学塾, 少人数（24 名）の広島県内中学生を対象に継続的に考える場を提供する年 5 回の講座を設け，継続的に行う科学演習講座。 公募により選ばれた 24 名の中学生が継続して参加。講師は教育学研究科自然システム教育学講座の教員が務める。 ③ 科学塾研究室 高校生を対象とした個別に行う本格的な科学研究講座。理学研究科や先端物質科学研究科の教員指導の下, 約半年間に渡って広島大学へ通学して継続的に実施する。ジュニア科学塾修了生の中から希望者を対象に 6 講座 10 名を上限として，講座を開設。 ④ 小学校の先生のための理科ひろば 現場の小学校の先生を対象とした理科授業支援のための講座。校内研として行う理科授業実践講座や, 講師による模擬授業など要望にあわせた内容で講座を実施。講師は教育学研究科や附属学校の教員が務める。 (研究内容) ① 各事業による参加者への教育的効果の検証および評価 ② 理科好きな生徒達の科学に対する興味関心をさらに高め，科学を志す生徒を育成する事業のあり方 ③ 民間団体と大学が共同で行う青少年育成事業のあり方 ④ 小学校における理科授業支援による効果の検証と評価
設　置　期　間	平成 15 年 4 月 1 日　～　平成 25 年 3 月 31 日

II　平成 23 年度の事業報告

１．全体事業の概要

平成 21 年度から事業全体の見直しが図られ，「サイエンスレクチャー」，「ジュニア科学塾」，「科学塾研究室」，「理科ひろば」を事業の柱として，互いの事業が継続，発展的につながっていく事業群へと進化した。

事業名	計画内容	備　考
サイエンスレクチャー	・ 広島市で開催 広島市会場：平成 23 年 7 月 31 日（日） 尾道市会場：平成 23 年 12 月 11 日（日）※中止 ・ 募集人員：広島 100 名（中高生対象） ・ 講師　　広島会場（宇宙科学センター　吉田道利教授）	予算額： 500 千円
ジュニア科学塾	・ 第１回　平成 23 年 5 月 8 日（日） ・ 第２回　平成 23 年 8 月 6 日(土)ー7 日(日) ・ 第３回　平成 23 年 10 月 30 日（日） ・ 第４回　平成 23 年 12 月 18 日（日） ・ 第５回　平成 24 年 3 月 20 日(日) ・ 募集人員：中学生 24 名 ・ 講師　第１回　蔦岡孝則教授 第２回　鳥越兼治教授，山崎博史教授 第３回　古賀信吉教授 第４回　林武広教授 第５回　マツダ	予算額： 900 千円
科学塾研究室	・ 平成 23 年 5 月から平成 23 年 11 月まで連続講座 ・ 募集人員：高校生（主に Jr 科学塾修了）一般からは若干名募集（1ー2 名程度）6 講座 6 名	予算額： 600 千円
小学校の先生のための理科ひろば	・ 平成 23 年 5 月～ ・ 小学校の教員にハイベルな理科授業を提案することを目的として，小学校等に出向き教員または小学生に理科実験の模擬授業を行う。 ・ 高屋東小 2 回，乃美尾小，その他市内小学校	予算額： 100 千円
わくプロ運営委員会 研究員集会等 事業実施会議	・ 運営委員会は各事業の総括を行い，次年度の計画を検討する。 ・ 運営委員会で承認された案は定期的に行われるわくプロ研究員集会で承認を受け，執行する。	予算額： 50 千円
事務経費 （前年度からの繰越含む）	・ わくプロ活動の広報 ・ わくプロ事業の募集 ・ わくプロ事業の成果報告 ・ 連絡調整、報告書の作成等 ・ 専従事務補佐員、研究支援員の雇用	予算額： 1,175 千円
広島大学間接経費負担		負担額： 175 千円
次年度への繰越金	・ 平成 24 年 4 月・5 月分事務補佐員等給与（財務よりの指示による措置）	予算額： 660 千円
予算合計	※うち 660 千円は平成 22 年度からの繰越金を計上 平成 23 年度マツダ財団からの寄付金は 3,500 千円	合計額： 4,160 千円

２．各事業別の概要

(1) サイエンスレクチャー

○　概要:　広島大学の教員が，最新の科学や技術を，工夫された映像や説明器材などを使って実験を織り交ぜてわかり易く紹介し，生徒に対して科学の深さを感じさせ，科学する心を育てる動機付けをめざします。

○　対象者：　中学生（小学，高校生を含む）

○　特徴：

・広島大学の教員による中学生を対象としたハイレベルな科学紹介
・講義と併せて，生徒自らができる体験活動を取り入れる。
・プレゼンテーション，パネル，工作の各形式によって高度な内容をわかりやすく説明

（広島会場）

○　開催：

・日　時　：　平成 23 年 7 月 31 日（日）午後 1 時半から 4 時まで
・場　所　：　広島大学東千田キャンパス
・参加人数：　中高校生，一般：106 人
・テーマ:　「活動的な宇宙の姿を探るー超新星爆発からブラックホールまでー」

○　実施体制:

・講　師：　広島大学宇宙科学センター	センター長（教授）	吉田道利
・司会進行：わくプロ研究センター		加藤一孝
・支援教員等：　大学院教育学研究科	教　授	林武広
・わくプロ研究センター	コーディネーター	間處耕吉
・(公財)マツダ財団	事務局長	魚谷滋巳
・学生スタッフ	理学研究科　4 名	
	教育学研究科　4 名	

（尾道会場）

○　応募が少なかったため中止

※その他　　団体レクリエーション保険加入(わくプロ負担)

■講師報告「サイエンスレクチャー広島」

広島大学宇宙科学センター　教授　吉田道利

1）目的

宇宙に存在するさまざまな活動的な天体について紹介し、それらの天体現象と恒星の進化の関係について学ぶこと、および、天体から放射される光の性質とそれを用いた天体現象の観測手段（分光観測）について実験を通じて理解することを目的とした。

2）スケジュール

7月３１日（日）13:45－14:25　第一部　講義：「活動的な宇宙の姿を探る」
14:35－15:30　第二部　実験：手作り分光器を用いたスペクトル観察
15:40－16:00　第三部　講義：まとめ

3）内容・方法

第一部では、「活動的な宇宙の姿を探る～超新星からブラックホールまで～」という題目で講義を行った。ここでは、宇宙にはさまざまな活動的な現象があること、それらは主に恒星の死に関連していることなどを説明し、次に個々の活動的天体について解説した。「超新星」や「ブラックホール」といった言葉は、昨今ではかなり一般社会にも認知されていると思われるが、そうした天体や現象の物理機構や相互の関連などはあまり理解されているとは言えない。これらの事象は恒星の進化に非常に深い関わりがある。そこで、まず恒星の進化について簡単に説明した後、超新星、ガンマ線バースト、X 線連星といった活動天体について解説した。特に、前の二つは恒星の進化の最後に起きる爆発現象であり、そのあとにブラックホールや中性子星といった超高密度天体を残すこと、X 線連星はそうした残された超高密度天体がさらに活動性を獲得することなどを説明し、相互の関連を理解してもらうようにした。

さらに、天体の性質を調べるためには「分光観測」が重要であることを説明した。まず、光（電磁波）の性質について簡単におさらいした後、スペクトルの概念（光の強さを波長ごとに分けて表したもの）を述べ、天体スペクトルを得る分光観測について説明した。

第二部では、CD を用いた手作り分光器を組み立ててもらい、それを用いていろいろな光源のスペクトル観察を行った。実験は以下のように行った。

1. 手作り分光器の組み立て。厚紙に印刷された型紙を切り抜き、手順通りに折り曲げてホッチキスで止め、CD をセットする。参加者には小学生もいたが、学生スタッフに適宜アドバイスを受けるなどしながら、全員問題なく組み立てることができた。
2. 教室の前後および別室にいくつかの光源を用意し、組み立てた分光器を用いてそれらのスペクトル観察を行う。用意した光源は、水銀灯、白熱灯、ナトリウムランプ、ネオンランプ、水素ランプ、ヘリウムランプの６種類。
3. 観察したスペクトルを、用紙に色鉛筆を用いてスケッチする。

第三部は、第二部で実体験してもらったスペクトル観察の復習・解説を行った。それぞれの光源が何であるのかは参加者に伏せていたので、ここで正解を公表し、実際にはどのようなスペクトルが見えるのかを示した。その後、天体の分光観測によって具体的にどのような情報が得られるのか（天体の温度、運動、組成など）を解説した。最後に、本レクチャー全体のまとめを行った。

４）成果及び今後の課題

今回のサイエンスレクチャーは中学生が対象であったが、実際にはそれより少し高いレベルの講義を行った。参加者の中には小学生も数多く、講義の内容についていけるかどうか心配であったが、付き添いの保護者の方々も含めて興味を持って聴いてくれたと思う。講義に対しては活発な質問が出た。レクチャー終了後にも質問の列ができた。質問内容は講義を良く理解していると判断できるものが多く、参加者に正しい知識を与えられたのではないかと思う。

実験では、手作り分光器の製作がスムーズにいったため、スペクトル観察に十分な時間を取ることができた。これは、分光器の型紙にあらかじめ切り取り線を入れ、さらにはスリット部分の切り抜きを済ませてあったからで、このような工夫をすることで重要な部分に集中できた。スリット切り抜きには、わくプロ研究センターにご尽力いただいた。今回製作した手作り分光器でのスペクトル観察にはコツが必要で、それがつかめずに苦労していた参加者もいたが、学生スタッフのサポートなどを得て、ほとんどの参加者が正しくスペクトルを観察することができた。うまくスペクトルが見えたときには、その美しさに感嘆の声を上げる人も多かった。ただ単に見るだけではなく、色鉛筆を使ってスケッチするというのも参加者の観察への動機付けをする上で成果があったと思う。

天文学のレクチャーでは、本当は実際の天体の観察ができればベストなのだが、実際には実行するのは難しい。今回は手作り分光器でスペクトル観察を行ったが、こうした実験と実際の天体現象を参加者の中でうまく結び付ける工夫が必要であり、今後の課題としたい。

■募集チラシ

科学わくわくプロジェクト　広島大学・マツダ財団連携事業

サイエンスレクチャー広島

活動的な宇宙の姿を探る
～超新星爆発からブラックホールまで～

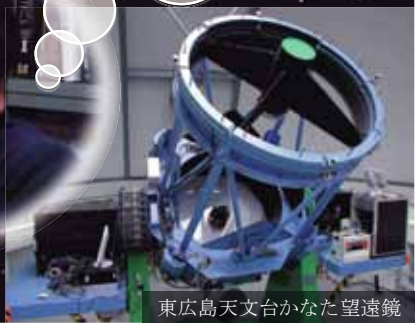
日　時　7月31日(日)
13:30～16:00

会　場　広島大学
東千田キャンパス

星はいつも同じように光っていると思いませんか？
宇宙には明るさや色がはげしく変化するような活動的な天体に満ちあふれています。このような天体の正体は何なのでしょうか？
活動的な宇宙の謎に迫る最新の天文学を紹介するとともに，謎を解き明かす鍵となる「光の性質」について，体験を通して学びましょう。

対象　中学生（小学校高学年～高校生）

定員　100名


東広島天文台かなた望遠鏡

講師　広島大学 宇宙科学センター長　吉田 道利 教授

主催　広島大学科学わくわくプロジェクト 研究センター　　公益財団法人　マツダ財団

後援　広島県教育委員会　尾道市教育委員会　海田町教育委員会　東広島市教育委員会
広島市教育委員会　府中町教育委員会　中国新聞社

申込み方法

携帯からの申込み

web または FAX で，
名前，学校名，学年，住所，連絡先，メールアドレス
を明記し，送付して下さい。

参加費無料
申込み締切 7月25日(月)

申込み，問い合わせ先

〒739-8524　東広島市鏡山1丁目1-1
広島大学大学院教育学研究科内　科学わくわくプロジェクト 研究センター
http://www.wakupro.hiroshima-u.ac.jp/　TEL: 090-1729-6212　FAX: 082-424-4261

広島大学　　公益財団法人マツダ財団

(2) ジュニア科学塾

○　概要：　ジュニア科学塾とは，科学（理科）に興味を持ち，学校の学習内容にとらわれることなく，高度で幅広い科学の内容を勉強したいと考えている人のための科学演習講座。科学に関する幅広く高度な内容を発展的，継続的に学習する演習講座で，実験・観察実習を行うとともに，広島大学の設備を活用して，ハイレベルな科学体験の場を提供する。

○　対象者：　中学生　24名

○　特徴：
- 少人数の中学生を対象に，教科書にとらわれないハイレベルで幅広い科学の内容を継続的に学習する科学演習講座。
- 現代の松下村塾科学版をめざす
- 教育学研究科自然システム教育学講座の教員と院生を中心とした指導体制。

○　開催

・ 日時・会場：平成 23 年 4 月 24 日(日)　開講式　教育学研究科

第 1 回：平成 23 年 5 月 8 日(日)	教育学研究科	9:00ー12:00
第 2 回：平成 23 年 8 月 6 日(土)	庄原市帝釈峡周辺	
ー 8 月 7 日(日)	一泊二日	
第 3 回：平成 23 年 10 月 30 日(日)	教育学研究科	9:00ー12:00
第 4 回：平成 23 年 12 月 18 日(木)	教育学研究科	9:00ー12:00
第 5 回：平成 24 年 3 月 20 日(日)	マツダ	9:00ー12:00

・参加人数：　中学生 24 人
　24 名は，公募を行い，作文面接をもとに選考により決定

・ テーマ：　第 1 回「水の不思議な物性」　物理分野
　第 2 回「石灰岩の侵食地形」・「帝釈峡の動植物」
　生物・地学分野
　第 3 回「ミネラルウォーターの謎にせまる−水と水溶液の化学的性質」
　化学分野
　第 4 回「降水と災害」　地学分野
　第 5 回「水素自動車の未来」

○　実施体制

・講師：　第 1 回	広島大学大学院教育学研究科	教授	蔦岡孝則
第 2 回	〃	教授	鳥越兼治
	〃	教授	山崎博史
	〃	名誉教授	石橋昇
第 3 回	〃	教授	古賀信吉
第 4 回	広島大学附属東雲中学校	非常勤講師	田中庸介
	広島大学附属三原中学校	非常勤講師	三島安城
第 5 回	マツダ株式会社		

・支援教員等：毎回，2ー3 名学生スタッフが支援員として参加
・(公財)マツダ財団　事務局長　魚谷滋己
・プロジェクトコーディネーター　間處　耕吉

■ジュニア科学塾　報告

１）参加生徒について

参加生徒については，昨度から公募，選考によって決めることとなった。今年度は昨年度からの継続受講者が 12 名で，新規に 12 名の募集を行った。募集は 12 名の申込がきた時点で締め切り，面接を実施した上で希望者全員の受講を決定した。

募集期間　平成 23 年 2 月末ー4 月 11 日
応募総数　24 名（継続受講者 14 名を含む）
受講決定者　24 名
（附属 1 名，附属東雲 5 名，県立広島 2 名，広島学院 5 名，広島なぎさ 2 名，
修道 1 名，城北 2，公立中 6 名）

２）指導体制

指導に当たっては，教育学研究科自然システム教育学講座の教員が講師を務めるとともに，同講座の院生と学生が指導補助に当たる。

３）各講座についての詳細

■講師報告

（ジュニア科学塾第１回講座）

「水の不思議な物性」

広島大学大学院教育学研究科　教授　蔦岡　孝則

１）事業の目的

水をテーマとした科学塾の第１回目として，水の物理的性質に関する講義と実験を通して水に関する理解を深め，物質の性質や特徴を考える視点を育成する。

２）事業の内容・方法

まず，熱力学的内容として温度と圧力について講義し，さらに水のミクロな構造と状態変化について分子シミュレーション等を用いて解説した。次に，氷と水の密度の違いを水素結合とそれによる氷の結晶構造から解説し，水の状態図をもとに状態変化を観察するための基礎的な内容を講義した。

実験は，参加者 23 名をグループに分け，グループごとに「実験１：気圧の変化に伴う水の状態変化の観察」と「実験２：液体窒素温度における氷の密度測定」に取り組ませた。広島大学教育学部ならびに大学院教育学研究科の学生をティーチングアシスタント（TA）として配置し，実験操作の技術的指導にあたらせた。

実験１では，水を入れた密閉容器内を真空ポンプで排気することにより圧力を低下させて水の状態変化を観察し，同時に水の温度変化を測定した。そして，気圧の低下により室温で水が沸騰し，さらに気化熱の放出により温度が低下して氷になる過程を，状態図を用いて各グループで考察させた。

実験２では，ストローに入れた水を液体窒素で氷らせて，液面の上昇距離の測定から-196℃の氷の密度を算出し，極低温においても氷の密度が水よりも小さいことを確認した。

最後に，水の電気的性質について講義し，電波実験器を用いて誘電損失に伴うマイクロ波の吸収を演示して誘電損失によるマイクロ波加熱が電子レンジに応用されていることを解説した。

３）事業の成果及び今後の課題

参加者は，講義と実験に真剣に取り組んでおり，身近な存在である水が特異な物理的性質を持っていること，およびその起源が分子構造と水素結合にあることを定性的に理解できたと考える。水の三態を減圧のみで観測できることには多くの生徒が興味をもって実験・観察していた。また，水の電気的性質についてもある程度理解が得られたと思われる。

限られた時間内で，講義と実験を通じて温度や圧力の測定，グラフ作成など基本的な実験操作を行ったが，物質の状態変化に関するより深い理解と，実験・観察技能の向上には他の物性実験など関連したテーマによる継続的な活動が必要と思われる。

（ジュニア科学塾第 2 回講座　地学分野）

「石灰岩の侵食地形」

広島大学大学院教育学研究科　教授　山崎博史

１）事業の目的

受講生に自然体験の機会を提供し，自然の事物・現象に対して積極的にかかわり，科学的に探究する態度を育成することを目標とした。特に本事業では，石灰岩地帯の地質や地形の観察を通して，長大な時間スケールで進行する地球表層での物質循環について理解することを目的として行った。

２）事業の内容・方法

本事業は，広島県神石郡神石高原町永野地区および庄原市東城町帝釈宇山地区において行った。

両地区を含む広島県北東部一帯には帝釈石灰岩と称される石灰岩が広く分布し，石灰岩地帯特有のカルスト台地を形成している。またこの台地を北西−南東方向に貫流する帝釈川により深く刻まれてできた峡谷は帝釈峡と呼ばれている。帝釈峡は，その景観の特異性により，国の名勝および広島県の県立公園に指定され，さらに「雄橋」は国の天然記念物となっている。

この事業は，ａ）鍾乳洞の探索，ｂ）フズリナ化石の採集，ｃ）宿舎での解説および実習，の３つの活動に分けられる。

ａ）鍾乳洞の探索

神石高原町永野地区において，「幻の鍾乳洞」と呼ばれる鍾乳洞を探索した。この鍾乳洞は 1992 年に地元の有志により発見され，現在では総延長が約 740ｍあることが確認されている。今回は，中間地点付近までの洞内を観察した。

はじめに石灰岩台地上の縁から台地の平坦な地形および河川によって形成された峡谷の深さを確認した。続いて，鍾乳洞を発見したグループの一人に先導していただき，峡谷の斜面に付けられた山道を約 150ｍ下の河床まで降り，再び梯子で約 10ｍ登って鍾乳洞の入り口に到達した。簡単な照明などの整備は施されているが，観光化された鍾乳洞とは異なり，洞内には立ったままでは通れない場所，一人がやっと通れるような狭い場所，あるいは急斜面のためロープや梯子を利用しなければならない場所などがある。このため受講生は各自懐中電灯を手にし，2 斑に別れて順番に洞内に入った。なお，順番を待っている間，何種類に分類できるかという視点で，各自川原の石の観察を行った。

鍾乳洞内部では，鍾乳洞生成物として，鍾乳石，石筍，ストロー，カルサイトテーブル，およびカルサイトの針状結晶を観察した。

ｂ）フズリナ化石の採集

帝釈宇山地区において道路脇の石灰岩露頭で化石採集を行った。この地域の石灰岩は，程度の差はあるものの白亜紀花崗岩による熱変成作用を受けている。そうした中で，この露頭の石灰岩は熱変成作用の影響が比較的小さく，化石採集が可能である。産出するフズリナ化石は，ペルム紀中期ー後期のレピドリナとヤベイナである。これらの化石は露頭全面から産出するわけではなく，比較的密集する部分が層状に分布している。また岩石から化石の個体が取り出せる状況ではなく，岩石表面に現れる化石断面の構造からそれが化石と判断される。受講生はゴーグルを着け，ハンマーとタガネを使用して化石採集を行った。

c）宿舎での解説および実習

宿舎では，活動のまとめとして，溶食による地形形成について解説した。一般に地形形成の主たる要因として地殻変動，火山活動および侵食作用が挙げられる。その他に化学的風化に関連して溶食による地形形成があるが，その作用が顕著に認められるのが石灰岩地帯である。すなわちカルスト地形の形成である。カルスト地形は溶食作用の進行に伴って変化していくこと，それは長時間スケールでの現象であることを指導した。また，溶食作用が進行する中で，鍾乳洞で観察したように，新たに結晶が析出する現象も生じていることを解説した。

次に，地形観察を行った永野地区を対象に，弁当パックの蓋を利用した地形模型を作成した。これにより，急峻な崖に囲まれた峡谷や台地上面の平坦地およびドリーネ等の河川地形とは異なる凹地の存在を確認した。

3）事業の成果及び今後の課題

「幻の鍾乳洞」探索は，高低差約 150mの山道を上り下りし，さらに観光洞とは異なる不親切な（自然により近い）状態の中での活動であった。この状況を受講生がどのように感じたのか不明である。しかし，「洞内の気温が外に比べて低く寒いくらいだったが湿度はかなり高く感じた。」「つららや石筍などの生成物が間近で見られた。とても神秘的で感動した。」という感想から，自然の中での活動を肌で感じ，楽しんでいることがうかがわれる。

化石採集では，はじめはハンマーやタガネを使って岩石を割ること自体が難しそうであったり，また，岩石を見ても何が化石なのか判断できないという様子であった。フズリナ化石を写真や標本で知っていたとしても，実際の岩石表面の化石をはじめて識別することは容易いことではない。しかし，岩石表面の同心円状の模様が化石であることが分かると，次々に化石を発見していった。このような見えていなかったもが見えるようになったという体験は，化石産出の意義を考える以前の問題，すなわち自然の事物・現象との関わり方や態度を育成するという点で意義あるものと考える。

まとめのレポートでは，多くの受講生がカルスト地形の変遷についてよく整理できていた。レポートの内容と実際に体験した地形の起伏や鍾乳洞および洞内での生成物，さらに化石の発見とを関連づけて，日頃は意識することのない長時間スケールの変動に気づく機会になったことを期待したい。

（ジュニア科学塾第 2 回講座　生物分野）

「帝釈峡の動植物」

広島大学大学院教育学研究科　教授　鳥越兼治

１）事業の目的

子どもたちに自然体験の機会を提供し，自然の事物・現象に対して積極的にかかわり，科学的に探究する態度を育成することを目標とした。特に本事業では，動物の多様性そして環境と動物の相互作用ならびに希少動物の生態に着目し，実際に調査・観察することで，動物の多様性と生態系の多様性を理解することを目的として行った。

２）事業の内容・方法

本事業は，広島県庄原市上帝釈峡において行った。

帝釈峡は比婆道後帝釈国定公園に指定されている国の名勝の一つであり，石灰岩台地が深く浸食されて形成されたカルスト地形が広がっている。

帝釈峡は石灰岩地帯であることから，広島県では陸産貝の宝庫として知られている。約９０種の陸産貝が帝釈峡地域で報告されているので，この中で身近に見られるものそして思いもかけない所にいるものを中心に観察し環境を考える素材にする。

帝釈川はカワシンジュガイが生息する貴重な河川の一つであるので実際の生息状態を観察する。

観察日の前日，宿舎でカワシンジュガイについて，また陸産貝の特徴と微小貝について解説を行なった。

解説は，カワシンジュガイは絶滅危惧種であること。生息地が世界の南限であること，生息地の水温が約２０℃以下の場所，アマゴやアブラボテが生息する場所，つまりカワシンジュガイの幼生(グロキジュウム)はアマゴに寄生し２ヶ月ほど過ごす。アマゴがいないとカワシンジュガイは成長することができない。人間の都合でアマゴを採りすぎたため，アマゴが減り，カワシンジュガイも減っていったといわれている。帝釈のカワシンジュガイですが，実際にどのように生息しているかを観察できるのは稀である。

陸産貝類については，帝釈峡の石灰岩の地質と関係があり，タイシャクギセルをはじめ，種類の多さで全国的にも知られている。また，微小貝が手軽にいつも観察できる場所であり，種類も必ず数種類見つかる所である。微小貝は巻貝であり大きさは数ミリであること，と画像を主体に解説した。それらから種の多様性を認識させることとした。

３）事業の成果及び今後の課題

カワシンジュガイについては質問が真珠ということに集中した。真珠の形成過程に興味が行ったようであった。実際の観察においては，河岸から水中をゆっくり見つめて行なった。全員が石の隙間に入り込んで林立している生息状況をじっくり観察していた。中には手を水中に突っ込んでカワシンジュガイを触ったり実際に取り上げたりして良く観察していた。陸産貝は上帝釈峡の遊歩道入り口から道の両側でセトウチマイマイを中心にサンインマイマイと共に中型の陸産貝が観察できた。白雲堂の入り口付近は残念なことに工事中であったが，丁度休止していることもあり，特産種であるタイシャクギセルを見ることができた。微小貝についてであるが，陸産貝類の名前をほとんど知らなかったようだし，微小貝類の存在さえも観察するまでは半信半疑であったようだ。少し山側に入った苔むした瓦礫の場所が微小貝の観察場所であった。全

員に小石を裏返して微小貝を見つけて種類を確認させた。「本当に貝だ」という声を子供たちはつぶやくように言っていた。そのほか，倒木の枯れ木に付着していたキセルガイにも形の面白さに興味を持っていたようだ。子音階観察できた種類は，ゴマオカタニシ，ヤマキサゴ，ヤマタニシ，ヒダリマキゴマガイ，オオウエゴマガイ，ゴマガイ，ケシガイ，チビギセル，シリオレギセル，タイシャクギセル，ヒメベッコウ，ヒラベッコウ，コベソマイマイ，オオケマイマイ，コウダカシロマイマイ，サンインマイマイ，セトウチマイマイなどであった。わずかの時間で，これらの貝類を実際に触れて観察することで，生物の多様性を体験できたことと思う。これらを体験することにより，生物を保全することの意味を若干でも学習する機会を得られたと思われる。本事業のような学習活動に参加する子どもたちには，地球規模の環境問題には関心があるが，自然の事象を実際に意識して自分たちの目で見，体で触れ，身近な環境の変化と人間活動の関係について考えた経験が少ないという傾向がある。今回の参加者でも，生物多様性の言葉は知っていても実際の生物の名前は分からないという者がほとんどであった。それら自然の事物・現象が，自分たちの実生活とは異なる，どこか遠く離れた所のことのように感じてしまうのは，昨今の情報化社会の影響による体験不足だと指摘されることもある。この問題の是正には，本事業のような体験型の学習活動の果たす役割は非常に重要であるが，一方で，このような事業には，子どもたちにとって単なるイベントに終始しないための方策が求められている。今回観察した動物達とそれらの生息環境の関連を考えさせ，生物の保護活動には多くの情報を必要とすること，などが考えられる。このような一連の学習活動の仕組が，子どもたちの意識に客観的な自然観や科学的な探究心を定着させる一法となるであろう。

（ジュニア科学塾第 3 回講座）

「ミネラルウォーターの謎にせまる−水と水溶液の化学的性質」

大学大学院教育学研究科　教授　古賀　信吉

１）事業の目的

市販のミネラルウォーターを素材として用い，蒸留水や水道水と比較したその性質の特徴，水の硬度の簡易定量，水の硬度とセッケンの泡立ちの関係，および硬水でセッケンの泡立ちをよくするための工夫などの実験を探究的に展開し，問題解決のための科学的論理性を形式陶冶的に習得させることを目指す。また，実験結果の考察を通じて種々の条件におけるミネラルウォーターとセッケンにより生じる現象を簡単な粒子モデルで捉え，粒子モデルをもとに化学変化を考える視点を育成する。

２）事業の内容・方法

参加者 21 名を 6 グループに分け，グループごとに「ミネラルウォーターの謎にせまる」と題した実験テーマに探究的に取り組ませた。広島大学教育学部ならびに大学院教育学研究科の学生をそれぞれのグループに１名ティーチング＝アシスタント(TA)として配置し，実験操作の技術的指導にあたらせた。

最初に，蒸留水，水道水，およびミネラルウォーターの化学的性質を実験的に比較する方法を提案させた。生徒からの提案にしたがい，色，におい，液性，セッケンの泡立ちなどによりそれぞれの化学的性質を比較させた。実験結果から，液性およびセッケンの泡立ちにおいてミネラルウォーターが他と異なる性質を示すことを見いださせ，その原因についてミネラルウォーターについての生徒の知識を活用させながら考えさせた。ミネラルウォーターの硬度ついての生徒の知識を抽出し，蒸留水，水道水，およびミネラルウォーターの硬度をパックテストにより簡易測定する実験へと展開した。ミネラルウォーターの硬度が蒸留水や水道水に比べて大きいことを確認させたのち，水の硬度とセッケンの泡立ちの関係を科学的に検証する方法について議論させた。生徒からの提案に基づき，種々の硬度の水を用いてセッケンの泡立ちを比較する実験を行った。実験結果から，水の硬度とセッケンの泡立ちの関係についての科学的結論を導出させたのち，生徒の知識を活用しながら水，硬水，およびセッケン水について簡単な粒子モデルへ誘導した。粒子モデルを用いて，硬水にセッケンを加えて撹拌した場合に生成する固体浮遊物について考察させ，脂肪酸のカルシウムあるいはマグネシウム塩であることを認識させた。

第 2 時では，市販の洗濯洗剤を話題として取り上げ，その成分からアルカリ剤とキレート剤に着目させ，それらの成分とセッケンの泡立ちの関係について探究させた。アルカリ剤に関連して，水溶液の液性とセッケンの泡立ちの関係を調べる実験を考案させた。酸性，中性，およびアルカリ性の水溶液でセッケンの泡立ちを比較させる実験により，酸性の水溶液中ではセッケンが泡立たないことを認識させた。セッケン水の簡単な粒子モデルを想起させ，酸性水溶液中では脂肪酸イオンと水素イオンの反応により脂肪酸の固体が浮遊物として生成することを解説した。また。市販洗剤におけるアルカリ剤の役割について議論させた。キレート剤の添加の有無による硬水中での種々の現象の変化について比較実験を計画させ，アルカリ剤（セスキ炭酸ナトリウム）を添加した場合の違い，さらにセッケンの泡立ちについて観察させた。硬水の簡単な粒子モデルを想起させ，キレート剤によるカルシウムイオンおよびマグネシウムイオンのマスキング効果について考えさせた。

３）事業の成果及び今後の課題

参加者は，ミネラルウォーターでのセッケンの泡立ちや市販洗剤における工夫などの生活に関連した種々の現象を既習の知識を活用しながら探究し，化学実験の基礎的技術を習得するとともに，科学的探究の論理的展開を体験することができた。また，それぞれの実験操作や条件設定の意味を論理的に捉え，実験を通じて体験した結果を粒子モデルも用いて議論する場面も散見された。限られた時間の中で，物質とその変化を粒子モデルで考えさせる目的の一端は達成できたと思われる。一方で，科学現象を生徒自身の知識やアイデアを柔軟に活用してモデル化し，それを表現する活動においてはさらに継続的な指導が必要であると思われる。

（ジュニア科学塾第４回講座）
「降水と災害」

広島大学附属三原中学校　講師　三島安城
〃　　東雲中学校　講師　田中庸介

１）事業の目的

今回の講座の目的は，雲の生成から降水についてのしくみを理解させるとともに，特に冬の天気図と気象衛星写真を使って，その特徴や筋状雲が形成されるしくみについて考察させることとした。次に，降水によって引き起こされる土砂災害について，実効雨量を元に求められる雨量指標によって予測される事を理解させるとともに，モデル実験を通じて，土砂災害は地盤の影響も受けることについて理解を深めることを目指した。

２）事業の内容・方法

はじめに学校の理科授業でも行われている断熱膨張によるの凝結実験を示して，雲の生成には断熱膨張による温度低下と凝結核が必要であることを示した。次に，冬の天気図と気象衛星画像を示して，日本海に発達している筋状雲の成因を考察させた。中学校の理科授業では高気圧の張り出している場所は天気がよく，低気圧の周辺は天気が悪いことを学習しているため，中学生にとっては冬の天気図を見る限りでは日本海で発達する筋状雲の成因は解釈が難しい。そこで外から流れ込んでくる冷気に水蒸気が供給される状態を再現するモデル実験を生徒に行わせて，筋状雲の成因を考察させた。

次に，土石流の動画を観察させ，これが引き起こされるメカニズムの解説を行った。あまり聞き慣れない実効雨量や，それを元に算出するＲ値が土砂災害の予測に役立っていることを理解させるとともに，計算に必要な要素を知ることで身の回りのどのような場所で災害が起きやすいか考えさせた。要素の１つで地盤の保水力の違いについては，より理解しやすいように簡易な斜面を用いたモデル実験を提示した。

３）事業の成果及び今後の課題

雲のでき方については学校でも学習する内容ではあるが，冬の筋状雲については学校の学習内容だけでは，理解が難しい内容であることが改めて確認ができた。実際の筋状雲は海面と上層の温度差による対流によって発達するが，そのメカニズムについては中学校の内容から大きくかけ離れているため，冷気に水蒸気を供給する条件を作ることで再現することによって，高気圧の張り出した圏内であっても雲が形成されることを考察する方法として有効な手段であったと考えられる。

土砂災害についてはほとんど聞き慣れない言葉が多く，指導方法については全く新しい試みとなった。Ｒ値の算出方法から，土砂災害の起こる要素が何であるか理解させる事には効果があったが，中学生を対象とした場合は，もう少し生徒にとって分かりやすい指導方法の検討が必要と思われる。

（ジュニア科学塾第 5 回講座）

1）**テーマ**　「水素自動車の未来」
2）**参加者**　ジュニア科学塾受講生のうち希望者 20 名
3）**会　場**　マツダミュージアムなど
4）**日　程**　3 月 20 日(火・祝)　9：00ー12：00
5）**実施体制**

・講師：マツダ株式会社	技術研究所先進車両システム研究部門主任		今井　一雄
〃	〃	研究員	川野　盛樹
・支援員　大学院教育学研究科	1 年		中西　裕也
教育学部	4 年		伊神　雅乃
〃	4 年		大谷　智典
・(公財) マツダ財団	事務局長		魚谷　滋己
・わくプロ	コーディネーター		間處　耕吉

6）**講座内容及び，実施概要**

今年度のオプション講座は，マツダ株式会社の協力の下，水素自動車についての後援を頂くとともに，マツダミュージアム・工場見学を行った。

今年度のテーマである「水」の締めくくりとして，水素は最適な教材であるとともに，マツダの先端研究であることから，これ以上ない内容であった。オプション講座であるため，次年度継続を見据えた受講生同士の親睦が主な目的であるため，学習と言うよりもマツダの先端研究に触れる体験を中心とした内容である。

車は生徒にとっても生活の移動手段として不可欠なものであるが，それほど興味がある対象ではないと思われたが，科学に興味関心の高い受講生達であるためか，一般的な中学生より高い興味関心を持っていたようである。特に，水素自動車の同乗体験は，非常に高い興味関心を示していた。

7）**継続参加の申込み**

ジュニア科学塾の受講生 24 名のうち，14 名は中学卒業とり，次年度継続対象は 10 名である。この内 7 名が継続申込みをした。継続しない生徒 3 名の継続を辞めた理由については，部活動が忙しくなったため 2 名，内容が思っていたよりも難しいため 1 名であった。また，中学を卒業する 14 名の生徒のうち若干名は高校での科学塾研究室へ参加を希望している。

(3) 科学塾研究室

○概要：　科学に興味を持ち，学校の学習内容にとらわれることなく，高度な科学の内容を勉強したいと考えている高校生のための本格的な研究講座で，昨年までの「わくプロ」科学塾とは異なり，広島大学理学部などの研究室に所属し，最先端の設備や指導者の下，個人または少人数グループで高度な研究が体験できるプログラムである。

○対象者：　高校生（ジュニア科学塾修了生も含む）　6講座6名

○特徴：　広島大学の研究室に所属して，最先端の設備や指導者の下，個別または少人数の高校生を対象に行う本格的研究講座。研究成果は，理学研究科主催の中学生高校生科学シンポジウムにて発表を行い，各種学会への参加もする。

○開設講座および，講師：

学会発表

【遺伝学講座】附属高２年　田口慧（生物系三学会：香川大）
「タバコ属植物に残るアグロバクテリウム感染の痕跡」
講師：　田中信和　自然科学研究支援開発センター教授

【海洋生物学講座】崇徳高１年　和田壮史
「ギボシムシの発光現象の観察」（生物系三学会：香川大）
講師：　浦田慎　大学院理学研究科附属臨海実験所助教

【天文学講座】AICJ 高２年　宮﨑理文，国泰寺高３年　下野起将
（天文高校生集まれ：大阪教育大）
「複数の散開星団の色・等級図と年齢測定」
講師：　川端弘治　宇宙科学センター准教授
附属福山高２年　源治弥さん（天文学会：龍谷大）
「スペクトル解析による新天体の同定」
講師：　川端弘治　宇宙科学センター准教授

今年度実施分

【遺伝学講座】県立広島高１年　寺田理陽子さん
「植物に残る細菌遺伝子の復活」
講師：

【分子生物学講座】国泰寺高１年　下野起文栄さん
「ウニ胚はなぜ左回りに回転するのか」
講師：　坂本尚昭　理学研究科准教授

【海洋生物学講座】崇徳高１年　和田壮史くん
「ギボシムシとウミホタルの発光の比較」
講師：　浦田慎　大学院理学研究科附属臨海実験所助教

【低温物理学講座】附属高１年，西勇貴くん
「超流動・超伝導の実験」
講師：　鈴木孝至　先端物質科学研究科教授

【天文学講座】附属福山高２年　源治弥さん（天文学会発表も含む）
「スペクトル解析による新天体の同定」
講師：　川端弘治　宇宙科学センター准教授

【素粒子物理学講座】AICJ 高２年　宮﨑理文　「素粒子物理学基礎」
講師：　大杉節　宇宙科学センター特任教授

○開催：・日　時：平成 23 年 5 月 7 日(土)開講式　※その後は研究室ごとに実施

・ 会　場：広島大学大学院理学研究科，臨海実験所，東広島天文台
自然科学研究開発支援センター，など

○実施体制：　・各講座講師および院生
・(財)マツダ財団　事務局長　魚谷滋巳
・わくプロコーディネーター　間處　耕吉
・　〃　センター長　林　武広

※その他　団体レクリエーション傷害保険加入(わくプロ負担)

■研究内容

植物に残る細菌遺伝子の復活

広島大学科学わくわくプロジェクト科学塾研究室　遺伝学講座
広島県立広島高校１年　寺田　理陽子

[研究の目的]

植物に感染し、根の形をした腫瘍を形成させるアグロバクテリウム・リゾゲネスという細菌が存在する。この細菌は菌体内に発根（Root Inducing: Ri）プラスミドと呼ばれる大きな DNA を持っており、この菌が感染する際に、その一部の転移（Transfer: T-）DNA が切りだされ、植物細胞に移行して植物の染色体に組み込まれる。これは、自然界で起こる遺伝子導入現象である。

1983 年にキダチタバコの染色体中にプラスミド T-DNA の一部と相同性が高い DNA 配列が存在することが報告された。2004 年にこの DNA 配列にミキモピンと呼ばれる非タンパク態アミノ酸誘導体を植物に生産させる遺伝子（ミキモピン生合成酵素遺伝子: *mis*）が存在することが明らかになり、その由来はアグロバクテリウム・リゾゲネス 301724 株が持つミキモピン型 pRi1724 の T-DNA であることがわかった。さらに、昨年度の科学わくわくプロジェクトの研究でタバコ（*Nicotiana tabacum*）のゲノムに *mis* 遺伝子と相同性が高い DNA 配列が存在することが明らかになったが、塩基配列に数ヵ所の変異があることで Mis タンパク質が翻訳されることはないと考えられ、実際に転写もされていなかった。つまり、この遺伝子は太古にアグロバクテリウムから導入された *mis* 遺伝子の痕跡だったのだ。

そこでこの研究では、今や痕跡となってしまった、タバコゲノム中の *mis* 遺伝子（*Ntmis*）をクローニングし、塩基配列に変異を入れることにより復元型 Mis タンパク質とし、実際に大腸菌で翻訳し酵素活性を持つか調べた。

[研究の方法]

タバコよりゲノム DNA を抽出し、*Ntmis* 遺伝子全体が単離できるような特異的プライマーを用いて PCR を行い、ベクターにつないで大腸菌でクローニングする。形質転換株からプラスミドを単離し、PCR 断片の挿入を確認した後、塩基配列の決定を行う。この断片の塩基配列を変えるために変異を入れ、翻訳される復元型配列に直した後、大腸菌に再導入し、培養することでタンパク質の生産を行う。この大腸菌の抽出液にヒスチジン α-ケトグルタル酸を入れミキモピンが出来たかを確認する。

[研究の結果]

タバコゲノム DNA から PCR によって *Ntmis* 遺伝子を単離し、タンパク質発現ベクター（pBAD）に連結し、大腸菌でクローニングした。この大腸菌から *Ntmis* 遺伝子を持つプラスミド（pBAD-Ntmis）を大量に単離し、超遠心法で精製した。２塩基挿入して遺伝子を復元するために、復元用プライマーを用い、pBAD-Ntmis を PCR で増幅し、電気泳動で確認後、再び大腸菌に導入した。2 塩基挿入が行えたかを、塩基配列決定により確認した。その結果、2 塩基が正しく挿入されていた（図 1）ので、このプラスミドを pBAD-Ntmis-rv とした。

```
NgmisR    181 ACAGGAGAGAGCTATATGGTTGATCGCCACCCAGGGGCGGTCTATTTGTACGCCCCAGGG
240
Ntmis     181 ACAGGAG--AGCTATATGGTTGATCGCCACCCAGGGGCGGTCTATTTGTACGCCTCAGGG
238
Ntmis-rv  181 ACAGGAGAGAGCTATATGGTTGATCGCCACCCAGGGGCGGTCTATTTGTACGCCTCAGGG
240
```

図 1.　*Ntmis* と *Ntmis* 復元型の比較.
遺伝子の一部（181-240 番目の DNA 配列）が示してある。上から、キダチタバコの *mis* 遺伝子（NgmisR）、*N. tabacum* の *mis* 遺伝子（Ntmis）、2 塩基挿入した *Ntmis* 遺伝子（Ntmis-rv）

次に、*Ntmis* 遺伝子を持つ大腸菌と２塩基挿入をした後の復元型 *Ntmis* 遺伝子（*Ntmis-rv*）を持つ大腸菌で、それぞれ Mis タンパク質の生産を行った。*Ntmis-rv* を持つ大腸菌から抽出したタンパク質には、Mis タンパク質が含まれることが分かった（図 2A）。このタンパク質を精製し、ヒスチジンとα－ケトグルタル酸からのミキモピン合成を試みたが、ミキモピンは確認できなかった（図 2B）。

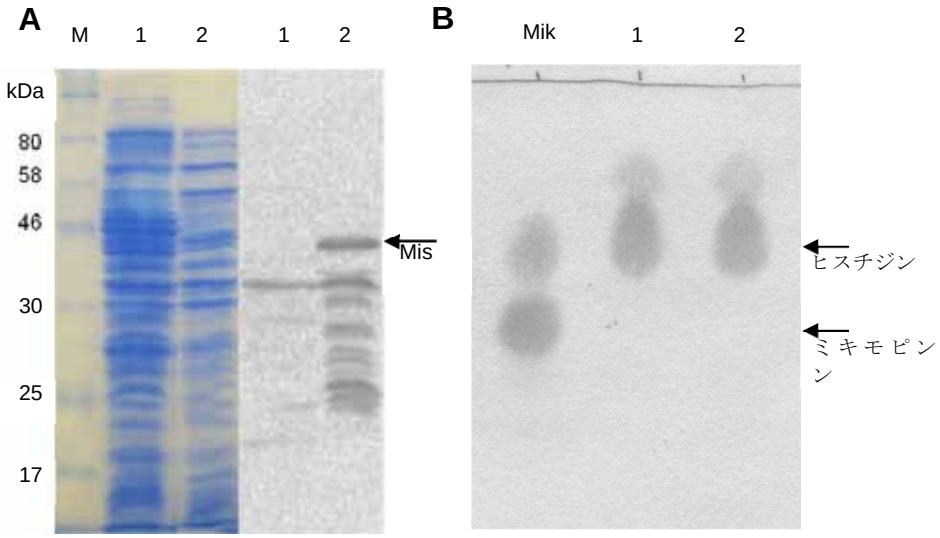


図 2.　　復元型 Mis タンパク質生産とミキモピン生産.
A: 復元型 Mis タンパク質の大腸菌での生産.　左, SDS-PAGE; 右; ウェスタン解析. B: ろ紙電気泳動によるミキモピン確認. M, タンパク質マーカー; Mik, ミキモピン標品 1, タンパク生産質誘導なし; 2, タンパク質生産誘導あり.

[研究のまとめ]

今回の研究によってタバコゲノム中の *Ntmis* 遺伝子に２塩基を挿入して復元型にしたものは作成できたが、このタンパク質ではミキモピンの合成が確認出来なかった。この結果からは復元型タンパク質自体には酵素活性がないと考えられるが、タンパク質が粗抽出だったため、きれいに精製したタンパク質での追試が必要である。

ウニ胚はなぜ左回りに回転するのか

広島大学科学わくわくプロジェクト科学塾研究室　分子生物学講座
広島県立国泰寺高等学校１年　下野　文栄

ウニ胚は、受精から桑実胚期までは静止した状態で分裂を繰り返すが、胞胚期から繊毛の運動により回転し始め、ふ化後も回転をしたまま海中を泳ぎ回る。また、初期プルテウス幼生まではウニ胚の体は左右対称であるが、その後左右に一対ある体腔のうのうち左側の体腔のうのみが将来の成体となるウニ原基を形成する。

胞胚期以降の回転は、ほぼすべてのウニ胚で左回りである。私は、ウニのプルテウス幼生が左回りに回転することに何か理由があるのか非常に興味深く思い、この左回りの回転のウニ胚発生における役割について調べることにした。とくに、ウニ胚の左回りの回転と、ウニ原基（将来の稚ウニ）が形成される方向との間に密接な関連がないか調べるために、ウニ胚の繊毛運動による回転を止めてその後の発生を観察することにした。

ウニ胚の左回転を止めるために、繊毛を除去する化合物（図１）を含む海水中でウニ胚を培養した。培養条件を検討するために様々な濃度の化合物を含む海水中でウニ胚を培養したところ、1 μM の化合物を含む海水中ではウニ胚はゆっくりと動いていたが、2 μM の化合物を含む海水中ではウニ胚の動きをほぼ完全に止めることが出来た。しかし、4 μM の化合物を含む海水中ではウニ胚は成育できなかった。また、繊毛を除去されたウニ胚をこの化合物を含まない正常な海水中に戻すと、再び繊毛が形成されて泳ぐことが出来るようになった。

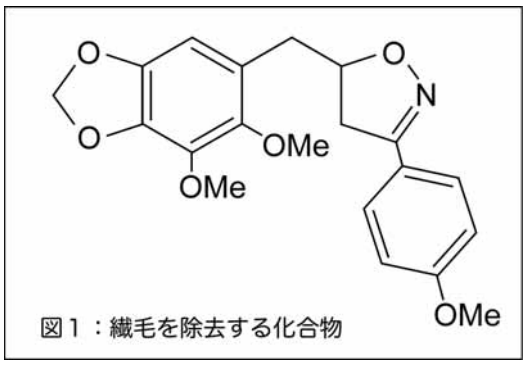


図１：繊毛を除去する化合物

そこで、正常な海水、1 μM の化合物を含む海水、1 μM の化合物を含む海水中で、ウニ胚を受精後から 24 時間または 5 日間培養した。その後ウニ胚を正常な海水に戻して、十分な大きさのウニ原基が形成されるまで約１ヶ月培養し、左右どちらの体腔のうがウニ原基を形成したかを顕微鏡で観察して調べた。

その結果、1 μM の化合物を含む海水中でウニ胚を 5 日間培養して繊毛運動を遅くすると、コントロールを比べて右側の体腔のうがウニ原基を形成する割合がわずかに上昇した。しかし、2 μM の化合物を含む海水中でウニ胚を 5 日間培養して繊毛運動を止めると、右側の体腔のうがウニ原基を形成する割合が約３割にまで上昇し、なかには左右両方の体腔のうがウニ原基を形成したものも観察された。また、原腸胚期までの 24 時間繊毛運動を止めるだけで、右側の体腔のうがウニ原基を形成する割合が大きく上昇することも分かった。したがって、ウニ胚が繊毛運動によって左回りに回転することは、左右どちらの体腔のうがウニ原基を形成するかを決定するのに重要であると予想される。

ギボシムシとウミホタルの発光の比較

広島大学科学わくわくプロジェクト科学研究塾　海洋生物学講座
崇徳高校２年　和田　壮史

１．研究の目的

ギボシムシとウミホタルの発光物質、発光刺激の違いを調べ、ギボシムシの発光の特徴を明らかにする。本年度は、それぞれの動物からの発光物質の抽出を試み（実験Ⅰ，Ⅱ）、過酸化水素水による発光誘起を行った（実験Ⅲ）。

２－１．実験Ⅰ　ウミホタルの発光物質の抽出実験

①乾燥ウミホタルを乳鉢と乳棒を使いすりつぶす
②蒸留水をビーカーにいれガスバーナーで温める
③①を試験管の中にいれドライアイスとエタノールをいれる
３ｍｌのエタノールを使用
④③に②で温めた蒸留水をいれる
３ｍｌの蒸留水を使用
⑤④の試験管をよくまぜ沈殿させ上澄みをほかの試験管に回収する・・・液体Ａ
⑥もう一度ウミホタルを乳鉢と乳棒をつかいすりつぶす
⑦⑥に蒸留水をいれ発光させる
３ｍｌの蒸留水を使用
⑧⑦が発光しないことを確認する
⑨沈殿させ上澄みをほかの試験管に回収する・・・液体Ｂ
⑩⑤でできた液体Ａと⑨でできた液体Ｂを暗い場所でまぜあわせる

混ぜ合わせたときに発光すれば成功となり、ルシフェリン（液体Ａ）とルシフェラーゼ（液体Ｂ）の抽出が成功したこととなる

２－２．結果：青色に発光した

ウミホタルからのルシフェリンとルシフェラーゼの抽出は成功した。

３－１．実験Ⅱ　ギボシムシの発光物質の抽出実験

ギボシムシとウミホタルの発光物質が同じという仮定をたて、実験Ⅰで行った実験をギボシムシで行う。混ぜ合わせたときに発光すれば、ギボシムシの発光物質はウミホタルと似たものであると予想される。

①生のギボシムシを乳鉢にいれエタノールとドライアイスを入れ、すりつぶす
ギボシムシは４ｇ　エタノールは４ｍｌを使用
②蒸留水をビーカーにいれガスバーナーで温める
③①に②で温めた蒸留水をいれる
４ｍｌの蒸留水を使用
④③でできた液体を試験管にうつし沈殿させる
⑤④の上澄みをほかの試験管に回収する・・・液体Ｃ
⑥もう一度新たなギボシムシを乳鉢にいれる
４ｇのギボシムシを使用

⑦⑥に蒸留水をいれすりつぶす
　４ｍｌの蒸留水を使用
⑧発光しないことを確認する
⑨沈殿させ上澄みをほかの試験管に回収する・・・液体Ｄ
⑩⑤でできた液体Ｃと⑨でできた液体Ｄをまぜあわせる

３－２．結果：発光しなかった
　　発光しなかったということはウミホタルと発光物質が同じではない可能性が考えられる。

４-１．実験Ⅲ　過酸化水素水による発光刺激実験
　Cormier と Dure が 1960 年代に行った実験を調べると、ギボシムシの一種 *Balanoglossus biminiensis* では、物質は不明だが、ルシフェリンとルシフェラーゼの存在に加えて、反応に過酸化水素が不可欠であることが示されていた。
　したがってミサキギボシムシでも過酸化水素が発光と関わっている可能性があると考え、実験を行った。

①生きているギボシムシをサランラップの上に置き、0.03％の過酸化水素水を 1ml かける。サランラップの下にネガフィルムをしいて、発光を記録する。
②蒸留水を同様に 1ml かけて、発光するかどうか観察する。

４－２．結果：蒸留水では発光せず、過酸化水素水で明確に発光した。
　　過酸化水素水でのみ発光したということは、液体がかかった物理的刺激でなく、過酸化水素により発光が起きたことを示している。

超流動、超伝導の実験

広島大学科学わくわくプロジェクト科学塾研究室　低温物理学講座
広島大学附属高等学校１年　西勇貴

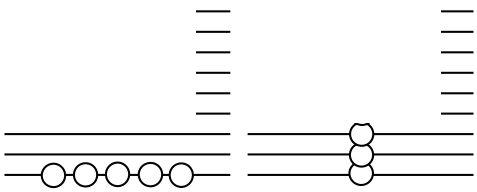
1, 目的

昔から興味のあった超流動、超伝導を学び、それに関する実験を説明できるようになることを目的として取り組みました

2, 内容

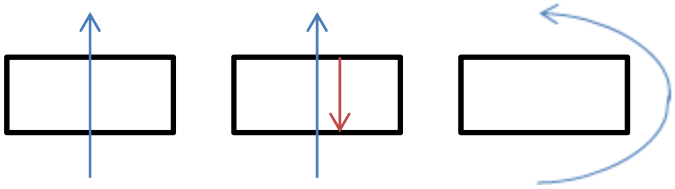
Skype を用いた講義で、超流動や超伝導の基礎となるところを詳しく教えていただきました。物質が低温でいかに絶対零度へ近付いていくかを、エントロピーやエネルギーのことを学びながら理解し、また、フェルミ粒子とボース粒子の違いを習いました。

図１　　図２



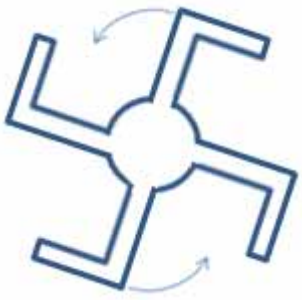
右図の図１がフェルミ粒子で、絶対零度の時でも同じ場所に一つのみしか入れないため、別々のところへ位置しています。反対に、図２のボース粒子はひとつのレベルを何個でも占める事が出来るため、糸のようにすべての粒子が同じ状態になることができます。これにより、摩擦がなくなるのです。偶数個のフェルミ粒子が集まると、ボース粒子になるということも習いました。

また、超伝導にはマイスナー効果(完全反磁性)というものがあり、超伝導体が磁場を追い出すというのを学びました。磁石を近づけることで、電流が起こり、その磁場が磁石による磁場をちょうど打ち消して、磁束が０に保たれる現象を理解しました。



こういったオンラインレクチャーを経て、実験を行いました。

超流動のみを通すスーパーリークの実験や、粘性がなく、表面張力がないという超流動の特徴を使った、超流動体が壁を這い上るという実験、また、光を当てることで超流動体が噴出する噴水を見ました。光をあてることでエネルギーを得るので、常流動体が増え、その結果、スーパーリークを通して超流動がそれを薄めようと動き、その流れで噴水が起こるというものでした。



そして、この実験を踏まえ、カピッツァの蜘蛛という有名な実験を行いました。くるくると回っている水車のような模型は、何か物質を出して回転しているはずなのに、水車内部の物質の量は全く変わらないという実験です。これも噴水と似たようなからくりです。

光をあてると、水車内の常流動成分が増えるので、それを薄めようと外部から超流動成分が入ります。この時、超流動成分は摩擦がないため、他の周りのものにはまったく影響を与えません。そして、その入った超流動成分の分だけ、水車内部から超流

動、常流動の両方の成分が混ざったものが出るのです。ここで、常流動成分には摩擦がある為、水車を動かしてしまうという原理でした。

このあと、超伝導の完全反磁性という特徴を用いた実験を行いました。N、S 両極をレールのように伸ばしたものの上に、超伝導体をのせるという実験です。ただ、磁場を追い出すだけなら、浮くだけのはずなのですが、その超伝導体はカーブを曲がり、さらに勢いをつければ、上下が反転しても落ちることがありませんでした。磁石からは浮いているのにもかかわらず、同時に磁石にくっついているという不思議な実験でしたが、原理は 2 種類ある超伝導体の内の一つ、第二種超伝導体は一部分のみ磁力線が入るという特徴を持っていて、それを用いたものでした。引力と同時に斥力の起こるなかなか見られない実験でした。

この実験内容はビデオに撮影し、その内容を解説した教育ビデオのようなものを作製しました。超流動、超伝導の知識を持っていない人でも、実験の内容を理解してもらえるようなビデオを目指しました。

4. 成果

この講義、実験を通して昔から興味のあった超流動、超伝導が具体的にどのようなものか理解する事が出来ました。通常ではありえない事が普通に起こってしまう、というのが超流動や超伝導なのだと実験を通して感じることが出来たように思います。超流動、超伝導をもっと具体的に調べることができたら嬉しいと思います。

また、教育ビデオにより、多くの人に超流動や超伝導のことに関して少しでも知ってもらえたらと思います。

スペクトル観測による新天体の同定

広島大学科学わくわくプロジェクト科学塾研究室　天文学講座
広島大学附属福山高等学校 2 年　源　治弥

1,研究の動機

夜空に見える天体の中に、突然現れては消えゆく突発天体に分類されるものがある。突発天体には新星、超新星、彗星など様々な種類があるが、その増光は一過性で観測機会が限られるため、その素性を解明するためにはなるべく早い段階で詳しい観測を行い、どういった天体かを見出す必要がある。そこで私たちは、新しく発見された天体をスペクトル観測することにより、どのような天体か同定することを試みた。

2,観測方法

8 月 6 日、ちょうど前日に IAU（国際天文連合）のウェブページに掲載された PSN (Possible Supernova: 超新星候補）2 つ（PSN J13271319+5529174 と PSN J02254889+1832000、以後それぞれ PSN J1327, PSN J0225 と略して表記）について、観測を実施した。観測には、広島大学東広島天文台の 1.5m 反射望遠鏡「かなた」、および HOWPol(低分散分光器)を用い、B,V,R,I バンド撮像とグリズムを用いた分光(Δλ=400)を行った。撮像データについては Windows 上で動く画像処理ソフトのマカリを用いて画像処理し、標準星 PG1528+062 を使い較正を行った。分光データは linux 上で動く画像処理ソフト IRAF を用いて処理を行い、スペクトルの感度較正には分光標準星 HR7596 を利用した。

3,結果と考察

撮像観測による測光の結果は以下の通りで、いずれも見かけの V 等級が 16 等程度だった。また、B-V カラーは、PSN J1327 が+0.02、PSN J0225 が+0.48 と、後者が有意に赤い。

	B[等級]	V[等級]	R[等級]	I[等級]
PSN J1327	16.47	16.45(±0.03)	16.24(±0.03)	16.19(±0.04)
PSN J0225	16.44(±0.11)	15.96(±0.02)	15.52(±0.06)	15.31(±0.02)

また、スペクトルは右図の通りとなり、過去に観測された超新星との類似性から PSN J1327, PSN J0225 のいずれも Si 6355（波長 6355Åの一階電離シリコンのスペクトル線）等が特徴的な I a 型超新星であると同定した。

I a 型超新星とは、白色矮星が一定の質量（チャンドラセカール限界質量）を超えて、中心で核反応の暴走が起きて白色矮星全体が吹き飛んでしまったものと考えられており、水素の吸収線は見られず、核反応で生成されたケイ素等の吸収線が見られる。

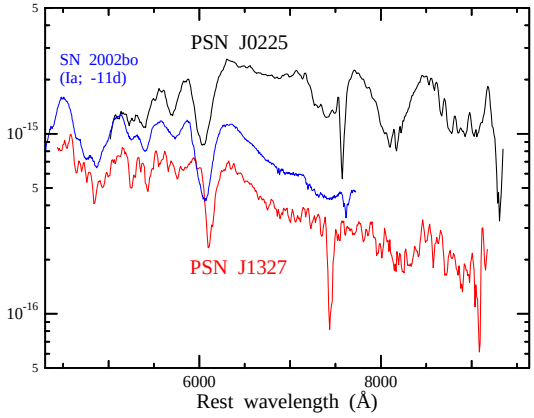


図1 それぞれの天体の連続スペクトル

今回観測した 2 つの Ia 型超新星のうち PSN J0225 は Si の線が大きく青方偏移していた。これが光のドップラー効果であるとすると、膨張速度が 15000km/s という非

常に大きな値となる。そこで、その特異性の原因を探るため、東広島天文台の主要ターゲットの一つとして、広島大学宇宙科学センターの山中氏らにより、その後も追跡観測が行われた。その結果得られたVバンドの光度曲線は次の通りである。

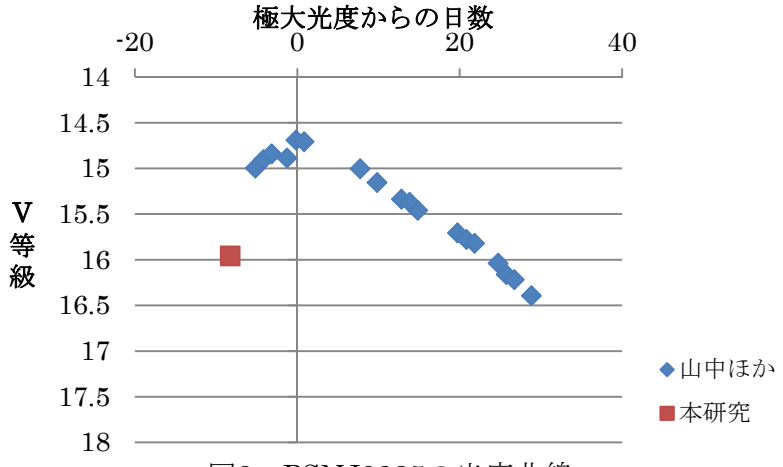


図2　PSNJ0225の光度曲線

これより、私たちの観測日は極大日より10日早かったことが判明した。－10日の時点で15000km/sという速度を持ったことから、SN2006XやSN2002boなどと同様に、高速膨張型の特殊なIa型に分類できる。

また、この光度曲線からVバンドの極大等級が14.7等と決定された。我々の銀河)を考慮すると、極大絶対等級は－18.1 等と換算される。通常のIa 型超新星の絶対等級は－19.1±0.4 等なので、これと比較すると有意に低い値であった。暗いことと高速膨張に関係があるのかどうか、興味深い。

4.終わりに

目標であった新天体に対する同定観測を行うことができた。今回同定した天体は、両者共にIa型超新星であり、スペクトルを確認後すぐにその情報をIAUの天文電報中央局に報告した。その後まもなく、PSN J1327にSN 2011em、PSN J0225にSN 2011ek とそれぞれ符号が与えられた（CBET 2785)。発見直後の早い段階から観測出来たので重要な段階のデータを取ることが出来たこともさることながら、高速膨張を示す珍しい型であることを突き止めて、それに続く追跡観測を行うきっかけを与えることができて良かった。

科学塾レポート「素粒子物理学講座」

AICJ 高等学校２年　宮﨑 理文

科学塾研究室に入ってから２年が経ちます。そもそも僕が今年度も続投することにしたのは，確か去年の５月頃でした。継続するなら前年度の天文分野だろうかと思っていた時分，コーディネーターの間處先生から，選択肢の一つとして大杉節教授にご指導頂くこともできると聞きました。（広大東天文台のかなた望遠鏡命名のこともあって）宇宙科学センターの長だと知っており，これは良い機会だと思い決定しました。

本を読むなどして自然科学に興味を持ち始め，つづいて物事の根源，果てを追究する素粒子論，宇宙論にも惹かれました。極大極小の違いはあるにせよ果てについて想像を巡らすことで，未開の世界を探る探検家･冒険家的気分が味わえるのだと思います。そして，小６のとき公募中の新しい望遠鏡の名前を考えて送ったところ採用され（これがかなた望遠鏡），実際の天文学に接する機会を得たのでした。そうこうして今に至ります。

・今回の科学塾研究室の講座の内容

素粒子物理学に関する大杉先生推薦の４冊と，自分で目を通してみた２冊の一般書と専門書本を通した文献研究を行った。必要に応じて講師の大杉先生に解説をして頂いた。

プレ　佐藤勝彦「相対性理論を楽しむ本」「量子論を楽しむ本」
メイン　Sir Martin Rees「JUST SIX NUMBERS」
　　Sheldon L Glashow「The Charm of Physics」
ほか　前年度も使った、桜井邦朋「光と物質」（大半は未読）
　　個人的に、リサ･ランドール「ワープする宇宙」

・学んだ事，得た事についてのまとめ

素粒子論、宇宙論の基礎

（ﾆｭｰﾄﾝの力学とﾏｸｽｳｪﾙの電磁気学で成る）古典物理はほぼ完成した学問だと思われていたが，未解決の疑問もあった。20 世紀前後，相対論，量子力学などが提唱され，革新をもたらした。光速度普遍，電気素量の発見など 19 世紀後半の研究者による成果をもとに，光量子論，相対論のｱｲﾝｼｭﾀｲﾝ，原子構造仮説のﾎﾞｰｱ，行列力学，不確定性定理のﾊｲｾﾞﾝﾍﾞﾙｸﾞ，波動力学のｼｭﾚﾃﾞｨﾝｶﾞｰ，前２者の力学に対する変換理論のﾃﾞｨﾗｯｸらが新理論を展開したのだった。

素粒子論。現在の標準理論によれば，基本的に物質，運動は２種の粒子に分けられ，それぞれ質量と力をつかさどる。前者は６種のクォークと６種（１２）のレプトンで，「力」による相互作用をする。後者は４種類あり，それぞれ「力」を媒介する。これらは 300 以上の素粒子を形成し，さらに原子を作り上げる。最近では，クォークはより小さな超物体で成っているという説もある。

宇宙論。宇宙は点から始まってのち膨張，間をおいてビッグバンが起こり，今も膨らんでいる。ビッグバン自体は宇宙背景放射の観測，膨張は赤方偏移により実証された。また，宇宙の膨張の加速度には変化が見られるという。ほか銀河系の質量が軽すぎるため「暗黒物質」，宇宙が膨張しているため「暗黒エネルギー」が仮定されている。これは電磁気力ではなく重力によって相互作用をするため，光では観測できないとしている。

原書で一般書，専門書を読み，今生きている物理学者の来し方，考えを知りました。（これまでは過去の人である“偉人”の伝記しか読んだことがありませんでした。）中でも印象に残るものを挙げておきます。
グラショー：「理論物理学はなんの役に立つのか―役に立たない，でも面白い。」
ランドール：「想像の困難な物事に対して、身近な概念の導入が役立つことがある」。
大杉先生にも，いくつか大事なことを教わりました。しかし，残念ながら僕の力量不足であまり多くは聞けませんでした。

また，現代物理の基礎を作った科学者たちの生涯について知ることで，気付いたこともありました。理論には，提唱者の世界観，哲学が底にあります。（根源や果てといった，抽象的なものを考える特殊な学問のため）未知の領域に対する仮説・想像には，科学的な肯定も否定も無く，その人の，周囲の物事の見なし方，世界観が現れるのだと思います。相対論のｱｲﾝｼｭﾀｲﾝと量子論のﾎﾞｰｱもそうです。因果的決定論を信じるｱｲﾝｼｭﾀｲﾝは，因果律を否定し確率と統計で記述する量子論が真理たり得ない，と生涯反発し続けたといいます。最終的にはどんな形の真理を求めているのか，そもそも答えは出るのか。観測するだけで状態が変化してしまうのだという量子論，観測者それぞれが正しいのだとする相対論の考えを聞くと，「では真理とは何だ」と聞きたくなります。自然現象の「数学による記述」をおこなったﾆｭｰﾄﾝを同時代の文豪ゲーテは機械的だと非難しましたが，ひとつの視点で記述する時点で無理があるのでしょうか。

■講師報告

広島大学自然科学研究支援開発センター　教授　田中伸和

1）事業の目的

20 世紀末から始まったバイオテクノロジーは 21 世紀では実用段階として飛躍的な進歩を遂げている。日本の科学技術の将来の発展を考えれば、若者にはできるだけ早い時期にバイオテクノロジーをはじめとする最先端科学に接する機会を与えることが必要である。本事業では、大腸菌で植物遺伝子をクローニングし、そこにコードされたタンパク質の生産と機能評価を行うという研究を通し、高校生が自らの手で遺伝子組換えを行うことで最先端科学に触れる機会とすることを目的にした。

2）事業の内容・方法

①　研究テーマ：「植物に残る細菌遺伝子の復活」

1. ねらい
   ① 植物から DNA を抽出し、遺伝物質の本体を物質として認識する。
   ② DNA の塩基配列を決定することで、遺伝物質の構成とその意味を理解する。
   ③ 遺伝子増幅法である PCR（ポリメラーゼ連鎖反応）法で、DNA が増幅される原理を理解し、実際にどのような場面で利用されているかを調べる。
   ④ 組換え DNA 技術、大腸菌による遺伝子のクローニング法、大腸菌によるタンパク質の生産を学ぶ。

2. 目標：
   ①　植物から DNA が抽出できるようにする。
   ②　PCR ができるようにする。
   ③　塩基配列の比較ができるようにする。
   ④　遺伝子組換えができるようにする。
   ⑤　実験結果のまとめと考察ができるようにする。
   ⑥　研究結果の発表ができるようにする。

④　内容

タバコ属植物の幾つかのゲノム DNA の中には、進化の過程でアグロバクテリウム・リゾゲネスという細菌から遺伝子が転移された形跡があり、cT-DNA と呼ばれている。cT-DNA が細菌感染の痕跡であるという根拠は、特定のアグロバクテリウム・リゾゲネスにしか存在しないはずの、ミキモピンと呼ばれる非タンパク態アミノ酸誘導体を合成する遺伝子（*mis*）が存在することによる。これまでにキダチタバコ（*Nicotiana glauca*）ゲノム DNA 中に cT-DNA が存在することがわかっていたが、昨年の本プロジェクトで、*mis* 遺伝子が *Nicotiana tabacum*、*N. tometosiformis*、*N. tomentosa* という３種のタバコ属植物にも存在する可能性が示された。

本研究では、広島県立広島高等学校１年・寺田理陽子さんが、*N. tabacum* のゲノム DNA から *mis* 遺伝子（*Ntmis*）を単離し、大腸菌でクローニングしたあと、Mis タンパク質を大腸菌で生産し、ミキモピンを合成する働きを持つかを調べることで、古代に細菌から植物に転移した遺伝子の復活に挑戦した。

⑤　方法

N. tabacam からゲノム DNA を抽出し、ポリメラーゼ連鎖反応（PCR）で *Ntmis* 遺伝子を単離する。大腸菌でクローニングし、*Ntmis* 遺伝子の塩基配列を決定する。塩基配列に変異があれば、PCR によって塩基を置換し、タンパク質が翻訳される配列に直す。大腸菌に導入し、NtMis タンパク質を生産させ、His-tag ビーズで回収する。NtMis タンパク質をヒスチジンとα-ケトグルタル酸を含む基質溶液に入れ、ミキモピンを合成し、ろ紙電気泳動で確認する。図 1 には Mis によってヒスチジンとα-ケトグルタル酸からミキモピンが合成される反応を示す。

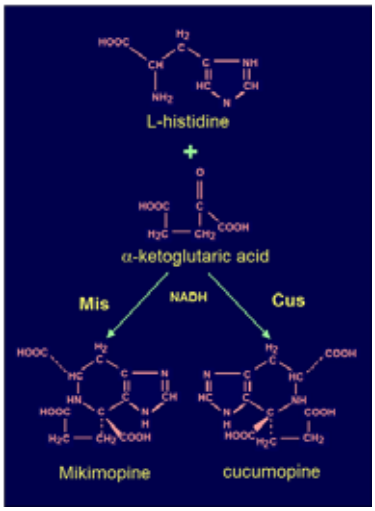


図 1.　Mis によるミキモピンの合成

⑥　実験の日程

1 回目（ 4 月 15 日）

遺伝子組換え実験の説明（広島大学での遺伝子組換え生物等使用実験に関する安全講習会に参加）。広島大学での遺伝子組換え実験従事者に登録。

2 回目（ 5 月 29 日）

研究の説明、実験器具の説明

3 回目（ 6 月　5 日）

タバコ植物葉から DNA を抽出し、*Ntmis* 特異的プライマーを用いて PCR を行い、電気泳動で確認する。できていたら、ベクターに結合し、大腸菌に入れる。

4 回目（ 7 月 25 日）

大腸菌からプラスミドを単離する。

5 回目（ 7 月 26 日）

単離した *Ntmis* 遺伝子断片の挿入を電気泳動で確認する。大腸菌用の培地を作製する。

6 回目（ 7 月 27 日）

Ntmis 遺伝子の配列改変のために PCR を行う。GFP 遺伝子で大腸菌の形質転換の練習を行う。

7 回目（ 7 月 28 日）

PCR で配列改変した *Ntmis* 遺伝子を持つプラスミドを確認し、大腸菌を形質転換する。

8 回目（ 9 月 25 日）

配列改変した *Ntmis* 遺伝子を持つ大腸菌を培養し、NtMis タンパク質を単離する。これを用いて試験管の中でミキモピンを生産させる。ミキモピンの有無をろ紙電気泳動で確認する。

9 回目（10 月 23 日）

これまでの実験のデータをまとめ、研究発表用のポスターを作成する。

10 回目（11 月 3 日）

研究発表用のポスターを仕上げ、プレゼン用のパワーポイントを作成する。

11 回目（11 月 5 日）

中高生科学シンポジウムで口頭発表する。

⑦ 研究結果･考察

N. tabacam のゲノム中に存在する *Ntmis* 遺伝子を大腸菌でクローニングすることができた。この塩基配列を決定し、酵素活性がある *mis* 遺伝子と比較したところ、2 塩基の欠損が見られた。これは、現代の *Ntmis* 遺伝子からは活性のある酵素タンパク質は翻訳されないことを示す。そこで、翻訳可能なタンパク質が生産できるよう、PCR 法で欠損している 2 塩基を挿入し、塩基配列の改変を確認した（図 2）。この復活型 *Ntmis* 遺伝子と His-tag をつないだプラスミドを用い、大腸菌で NtMis タンパク質を生産させ、His-tag 抗体を用いたウェスタン解析で NtMis タンパク質の存在を確認した。Ni ビーズで NtMis タンパク質を単離し、ヒスチジンと α-ケトグルタル酸を含む基質溶液に入れ、1 時間室温で反応させた。ミキモピンの合成の有無をろ紙電気泳動で確認したが、ミキモピンの存在は確認されなかった。生産あるいは回収された NtMis タンパク質が少ないことが原因と思われるが、復活型 NtMis にはもともと酵素活性がないことも考えられ、さらなる追試が必要である。

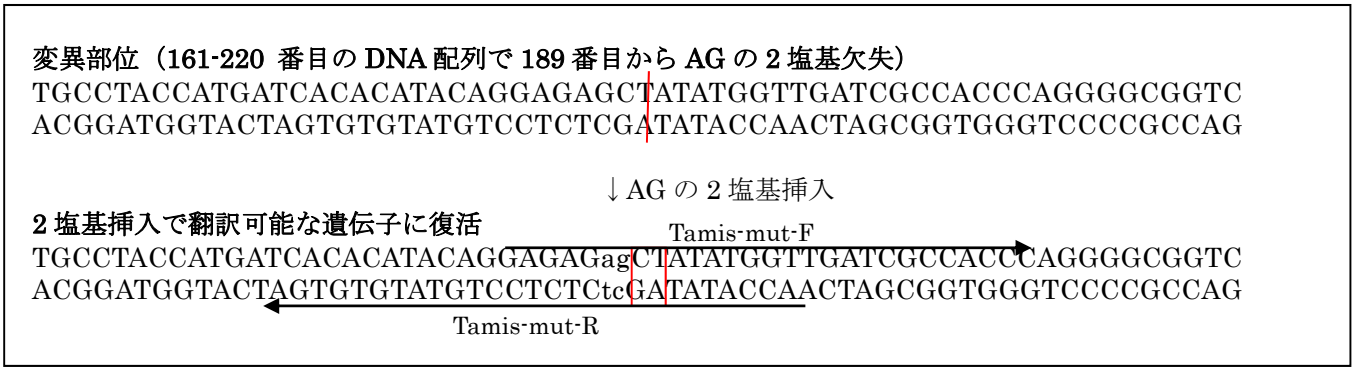


図 2. *Ntmis* 遺伝子の DNA 配列の変異（欠損）部位と 2 塩基挿入による遺伝子の復活

3）事業の成果及び今後の課題

昨年の成果をもとに、本事業ではタバコ（*N. tabacum*）から初めて *Ntmis* 遺伝子が単離され、その塩基配列の解析を基にした変異（欠損）部位の改変により酵素活性の確認が行われた。これらの成果は高校生の研究としてだけでなく、この研究領域の進展に寄与するものである。今のところ、改変した遺伝子から生産されたタンパク質に酵素活性は見られていないが、短期間での実験の結果であるので、今後さらに実験系に検討が加えられることで満足できる結果が得られると思われる。その際は、関連学会ならびに専門誌での論文の発表などが期待できる。

広島大学大学院理研究科　准教授　坂本尚昭

１）事業の目的

「ウニの発生」は、高校の生物の教科書で「生命の連続性」に関連して必ず扱われる項目である。わくわくプロジェクト科学塾研究室分子生物学コースでは、「ウニの発生」に関連した素朴な疑問について、その謎を解き明かすような実験を行い、科学的発見の喜びを体感させることを目的とした。

２）事業の内容・方法

2-1. 研究目的

ウニ胚は、受精から桑実胚期までは静止した状態で分裂を繰り返すが、胞胚期から繊毛運動により回転し始め、ふ化後も回転したまま海中を泳ぎ回る。このときの回転方向は、すべてのウニ胚で左回りである。また、初期プルテウス幼生まではウニ胚の体は左右対称であるが、その後左右に一対ある体腔のうのうち左側の体腔のうのみが将来の成体となるウニ原基を形成する。そこで本研究では、広島県広島国泰寺高等学校１年の下野文栄さんが「ウニ胚はなぜ左回りに回転するのか？」という研究課題で実験を行い、ウニ胚の左回りの回転とウニ原基（将来の稚ウニ）が形成される方向との間に関連がないか調べるたので以下に報告する。

2-2. 実験方法と結果

A. 繊毛を除去する化合物

南アフリカヤナギ（*Combretum caffrum*）由来のコンブレタスタチンは、抗腫瘍活性をもつ化合物である。2008 年に Semenova らは、コンブレタスタチンの類似体である様々な化合物の効果を調べたところ、図 1 の化合物にはウニ胚の運動繊毛を選択的に除去して胚を動けなくする活性があることを示した。そこで本実験では、繊毛を除去してウニ胚の繊毛運動を止めるのためにこの化合物を使用した。

培養条件を検討するために様々な濃度の化合物を含む海水中でウニ胚を培養したところ、1 μM の化合物を含む海水中ではウニ胚はゆっくりと動いていたが、2 μM の化合物を含む海水中ではウニ胚の動きをほぼ完全に止めることが出来た。しかし、4 μM の化合物を含む海水中ではウニ胚は成育できなかった。

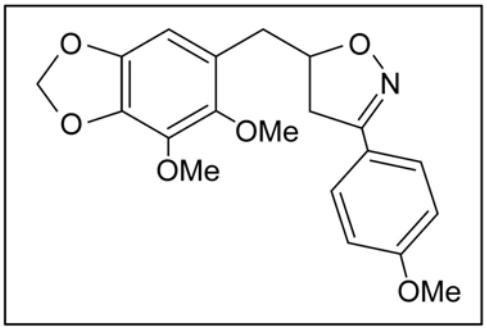


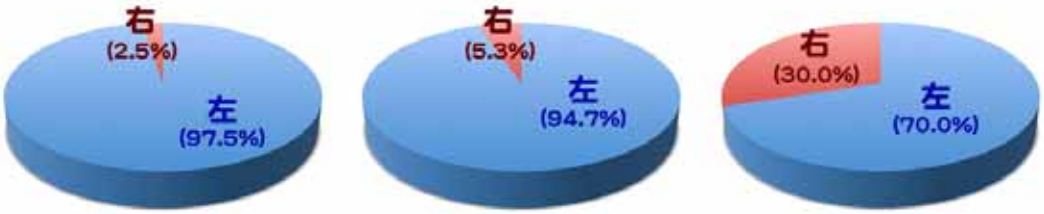
図 1　繊毛を除去する化合物の構造。

B. 繊毛を除去したウニ胚におけるウニ原基の形成

バフンウニ（*Hemicentrotus pulcherrimus*）の卵と精子を集めて受精させた後、通常のろ過海水・1 μM の繊毛除去化合物を含む海水・2 μM の繊毛除去化合物を含む海水中でウニ胚を培養した。24 時間後または 5 日後にウニ胚を通常のろ過海水に移し、エサの浮遊珪藻を与えながら約 1 ヶ月培養した後、左右どちらの体腔のうがウニ原基を形成したか観察した（図 2）。

(A)

薬剤処理	左体腔のう	右体腔のう	両体腔のう
処理なし	115	3	0
1 μM (5 day)	108	6	0
2 μM (5 day)	70	30	0



(B)

薬剤処理	左体腔のう	右体腔のう	両体腔のう
処理なし	42	0	0
1 μM (24 hr)	21	4	0
2 μM (24 hr)	8	10	1

図 2　(A) 繊毛を除去する化合物で 5 日間処理したときのウニ原基の形成。
(B) 繊毛を除去する化合物で 24 時間処理したときのウニ原基の形成。

1 μMの化合物を含む海水中でウニ胚を5日間培養して繊毛運動を遅くすると、コントロールを比べて右側の体腔のうがウニ原基を形成する割合がわずかに上昇した（図２A）。さらに、2 μMの化合物を含む海水中でウニ胚を5日間培養して繊毛運動を止めると、右側の体腔のうがウニ原基を形成する割合が約3割にまで上昇した（図2A)。また、原腸胚期までの24時間繊毛運動を止めるだけで、右側の体腔のうがウニ原基を形成する割合が大きく上昇し、なかには左右両方の体腔のうがウニ原基を形成した胚も観察された（図2B）。したがって、ウニ胚が繊毛運動によって左回りに回転することは、左右どちらの体腔のうがウニ原基を形成するかを決定するのに重要であると予想される。

2-3. 実験のスケジュール

3月29日　初顔合わせ
5月 7日　開講式　研究計画の策定
5月15日　バフンウニ卵の受精、繊毛を除去する化合物での処理
6月 5日　経過観察および水換え
6月19日　顕微鏡による観察と体腔のうの左右性の集計
6月28日　研究室のセミナーへの参加
7月10日　バフンウニ卵の受精、繊毛を除去する化合物での処理
（化合物の効果が不十分だった）
8月 1日　バフンウニ卵の受精、繊毛を除去する化合物での処理
8月 3日　繊毛除去の効果を動画撮影
8月 8日　経過観察および水換え、ムラサキウニを用いた実験
9月 4日　顕微鏡による観察と体腔のうの左右性の集計
10月16日　発表用ポスターの作成
（要旨およびポスターの作成・添削は、主にメールで行った）
11月 3日　ポスター発表の打合せ
11月 5日　中高生科学シンポジウムにてポスター発表

2-4. 研究のまとめ

今回の研究によって、ウニ胚の繊毛運動による左回りの回転は、左右どちらの体腔のうがウニ原基を形成するかを決定するのに重要であることが示唆された。しかも、その決定が受精後 24 時間以内（原腸胚期以前）に行われていることも示された。しかし、繊毛を除去する化合物による副作用の可能性も否定出来ないため、今後は薬剤を用いずに物理的に繊毛運動による回転を止めるなどの工夫も必要と考えられる。

３）事業の成果及び今後の課題

ウニの発生は、高校生物で必ず取り扱われる題材であるが、その中で未だ解明されていない素朴な疑問について追究する本実験のテーマは、参加した下野さんにも興味をもってもらえたと思われる。高校での学校行事・クラブ活動・模試等の予定および私自身の都合により、実験の日程調整は非常に難しく、十分な実験の日程が取れたとはいえないが、熱心に広島市内から通って実験を進めたことにより、上記のような成果を挙げることが出来た。

参加する高校生が興味をもち、限られた日程の中で成果を上げるためには、実験のテーマ設定が非常に重要であると感じた。またより発展的に実験を行うためには、遺伝子組換え生物等使用実験を行えるように、実験計画書の作成および講習会への参加等事前に準備できるとよかったと思う。

■講師報告

広島大学大学院理学研究科　助教　浦田　慎

1）事業の目的

今回担当した広島大学科学わくわくプロジェクト科学塾研究室生物コースでは、臨海実験所を始めとする広島大学のもつ研究環境を生かし、生物現象のより専門的なテーマについて学習し、自ら考えて研究する体験を得させることを目標とした。

2）事業の内容・方法

2-1. 研究目的

ギボシムシは我々脊索動物に比較的近縁な動物で、脊索を持たないながらも鰓孔を持つなど、進化上興味深い動物とされているが、研究はわずかしかなされていない。これまで沖縄産のギボシムシの一種で発光物質の解析がなされているが、そのメカニズムは不明で、我が国の代表的なギボシムシであるミサキギボシムシについては、これまで十分な観察も行われていなかった。したがって今回は、その発光現象を研究することを目的とし、崇徳高校、和田壮史さんが取り組んだ。

2-2. 研究内容

a)ミサキギボシムシの採集

2011 年　7 月 31 日～8 月 1 日

愛媛県　興居島　鷲ヶ巣海水浴場

結果：砂地の浅瀬で穴を掘り、採集に成功した。個体を東北大学より送っていただくことにした。

b)飼育

広島大学理学研究科附属臨海実験所の飼育装置で飼育した。

砂の入ったプラスチックケースに海水が満たし、常時換水とエアレーションを行った。

c)発光現象の観察と発光物質の抽出

採集固体に対し、過酸化水素水を用いて発光誘発を試み、撮影した。また、ウミホタルから発光基質と酵素の単離を行い、その技法をギボシムシに応用して発光物質の抽出を試みた。

c-1)過酸化水素水に対する反応

静置状態では全く発光は見られず、また蒸留水の滴下でも発光は見られなかった。0.03%の過酸化水素水の滴下により、強い発光が誘発された。

c-2)ウミホタルからの発光物質抽出方法

抽出方法はいくつか知られているが、特に基質の酸化をいかに防ぐかがポイントと考えられたため、メタノール、エタノール、エタノール＋ドライアイスによる抽出を行い比較した。その結果、還元能の高いメタノールでは酵素液の添加により弱い発光が見られたが、エタノールのみでは全く見られなかった。エタノールとドライアイスを併用した場合、強い発光が見られた。従ってドライアイスによる脱気が効果的と考え、この方法でギボシムシから発光物質の抽出を試みることとした。

c-3)
ミサキギボシムシの 1/2 個体を発光基質抽出用、1/2 個体を発光酵素抽出用に用意し、前者はドライアイスとエタノールとともに破砕後、熱湯で失活させた。後者は水とともに破砕した。両者を暗室で混合したが、発光は観察できなかった。

３）事業の成果及び今後の課題

今回は採集場所を近隣に変更できたため、実際に生徒の手でギボシムシの採集を行うことができた。また当該の生徒はご家族の理解もあり、実験や論文研究についても十分に取り組むことができ、成果をあげることができた。特に過酸化水素水による顕著な発光が確認できたことは、化学的解析の基礎となると思われる。今後は発光物質抽出方法の再検討の必要があると考えられる。また今回の研究結果を学会等で発表する過程を通じて、より発展的な将来の研究につなげたいと考えている。

■講師報告

広島大学大学院先端物質科学研究科　教授　鈴木孝至

1）事業の目的

科学塾研究室：

①科学に興味を持つ高校生・科学の研究を志す高校生に対し，本格的な研究活動を体験させることにより，科学への興味を深化させるだけでなく，高度な理解へも誘う。

②参加高校生は，研究活動に基づく成果発表を行い，研究活動における達成感も味わう。

2）事業の内容・方法

科学に興味を持ち，これまでの学習内容にとらわれることなく，高度な内容の科学を学習したいと考えている高校生のためのプログラムである。受講者は，広島大学の研究室に所属し，大学教員の指導を受けながら最先端の研究設備等を使用して個人または少人数グループで高度な研究体験や成果公表などを行う。

本事業初回となる本年度は，生物，天文，物理の３分野にわたる講座を開設した。私は，「極低温の不思議『液体ヘリウムの超流動』」なる表題をかかげ，物理分野を担当した。以下，物理分野の実施内容・方法ならびに成果と課題を報告する。

【物理分野】

実際に目で見ることの出来る巨視的な量子現象は，ほぼ超伝導と超流動のみに限られる。高温超伝導体の発見以降，液体窒素を用いた高温超伝導体の磁気浮上実験などは初等・中等教育の現場でも，ある程度容易に実施できるようになってきている。一方，超流動は，今のところ先端的実験設備を備えかつ初学者にも扱えるよう工夫した実験器具を開発しているところでしか体験できない。

私の研究室および広島大学自然科学研究支援開発センターでは，大学生の前期量子論学修の一端として専用の実験器具を開発しているので，これを用いることにより，本プログラムを実施した。

本プログラムでは，液体ヘリウムをマイナス２７１℃以下に冷却することにより超流動状態へ移行させ，「沸騰しているのに全く泡が出来ず静止している液体」，「壁を自発的に這い上ってしまう液体」，「壁をすり抜けてしまう液体」，「光を当てると，ひとりでに噴水となる液体」，「出口が一つしかない容器に封入された液体に光を当てると出口から液体は噴出しつづけるのに，容器中の液体の量が全く変化しない現象」など，日常的にはまずあり得ない現象を実際に体験することによって，科学への興味を深化させる。さらに，高校までの知識で解釈可能な前期量子論の学修によって，これらの現象を理解する。これらの体験を元に，高校までの学習は極めて学問分野の狭い領域のみを扱っており，実際には，「わくわく」するような未知の広大な学問領域が生徒の前途に広がっていることを実感させることを目的とした。

①講座の形態：個人講座とした。基本的に，生徒と講師１対１の学習である。本講座は，時間軸に沿って，「実験前の基礎知識学習」，「実験の実施」，「実験結果の考察とまとめ」，「研究成果発表」の順に構成されている。

②実験前の基礎知識学習：超流動現象の数々は，「ものが落下する」のと同じ，

種も仕掛けもない物理現象である。しかし，目にする現象はあまりにもあり得ないものであることから，その裏側に存在する物理原理を理解しないで目にすると，手品を見たときのような驚き程度の感動しか味わうことが出来ない。一方，ある程度，奇異な現象の物理を理解したうえで観察すると，この上ない自然の神秘を垣間見ることが出来るため，その感動は極めて大きい。前期量子論に関する基礎的学習は次のように行った。生徒の自宅が広島市であり高校の課外学習や塾などもあり，当該学習のたびに東広島キャンパスに来るのは困難である。そこで，インターネットと Skype を利用したテレビ電話的オンライン学習を，生徒と講師の１対１の形で行った。使用した教科書は，長岡洋介著「低温・超伝導・高温超伝導」である。あらかじめ学習課題を決めておき，オンラインでは主に質問と解説を繰り返すことによって理解度を上げるよう努めた。

③実験の実施：実験は，生徒の夏休み期間において，広島大学自然科学研究支援開発センター低温実験部製作の学生向け超流動実験クライオスタットを用いて行った。付加的に，高温超伝導体を用いた磁気浮上リニア鉄道実験も行った。これら実験の詳細を記述すると紙面が足りなくなるので割愛する。ただし，実験の特色として，生徒にデジタルビデオカメラを貸与し，実験で観測される量子現象をつぶさに撮影させた。

④実験結果の考察とまとめ：考察とまとめは，次のような特色をもって行った。ビデオカメラで撮影した実験内容を，パーソナルコンピュータを用いて編集することにより，「高校生向けの超流動現象に関する教育ビデオ」を作成することを課題とした。教育ビデオを同学年の生徒たちに見せることを前提に作成するため，モティベーションの維持が容易であるとともに，教育ビデオとして纏めるためには自分の理解も必要となり自ずと学習効果が上がる。以上の教育手法は，私が担当する大学の講義「教養ゼミ」で開発し継続することにより，学習効果があることが実証されていたので，本講座にも採用したものである。

⑤研究成果発表：成果の発表は，広島大学理学部・理学研究科公開　中学生・高校生科学シンポジウム」で行った。発表は，ポスターセッション形式＋作成したビデを上映の形で行った。聴取者からの反応が良かったと，発表者本人が興奮気味に感想を述べていたのが，印象的であった。

３）事業の成果及び今後の課題ならびに謝辞

成果：今年度担当した生徒は，学力の高い生徒であった。オンライン講義では，こちらから適切なヒントを与えることにより即座に課題発見できるようになった。また，実験においては生き生きとした反応を示しており，元々持っていた科学への興味を深めた印象である。本報告は，教員から見た印象のみであるので，真の成果は生徒からの評価並びに生徒の今後の進路・成長で判断すべきであろう。

課題：今回は本講座 2 回目の実施例である。担当した生徒が，几帳面でまじめな正確であったことから，個人講座の実施もスムーズに進んだ。また，各種締め切りにつても問題がなかった。今後は，生徒の性格に依存せずに個人講座を実施できる体制を構築することが肝要であると思量される。

謝辞：超流動実験実施においては，私が部門長を務める広島大学自然科学研究支援開発センター低温機器分析部門および当該部門准教授の梅尾和則先生にご尽力頂いた。この場を借りて，厚く御礼申し上げたい。

■講師報告　（2011 年科学塾天文班）

広島大学宇宙科学センター　　准教授　川端弘治

１）事業の目的

天文・宇宙に興味を持つ高校生を対象に、波・電磁波の理解を深めてもらいつつ、光を受けて解析することのみによって遥か彼方に存在する天体の性質を知る、という観測天文学の醍醐味を味わってもらう。観測には、研究の第一線で活躍中の広島大学かなた望遠鏡（有効径 1.5m）を用いる。

天体には、突然輝きだして、しばらくした後に消える突発天体と呼ばれるものがある。代表的なものとして、新星や超新星が挙げられる。これらは爆発現象のような一過性のものが多いため、観測できるチャンスが限られる。爆発から時間が経っている場合には、既に暗く、詳細な観測をしずらいことが多いため、その素性を知ることは一般に難しい。突発天体がどのようにして生じるのか、どのような爆発現象であるのかを紐解くためには、発見直後のなるべく早い段階で、その天体がどのような現象であるかを見極め、全世界にその天体の素性を速報して、観測を呼びかけることが重要である。そこには、世界で最初にその天体の素性を知り得るといった醍醐味もある。そういった第一線の観測研究を通じて、宇宙に対する理解を深めてもらうと共に、科学研究に対する意欲を高めてもらうことを目的とした。

２）事業の内容・方法

本事業では、参加高校生１名に、天文学の基礎的な講義を受けてもらったあと、テーマを選定して、広島大学かなた望遠鏡を利用して観測を行い、考察するといった順序をとった。参加高校生は、広島大学附属福山高等学校 2 年生の源 治弥（みなもと はるみ）さんである。

まず、開校式の行われた 2011 年 5 月 7 日に、電磁波と光、色・スペクトルに関する講義を行ったあと、天文学で使う「等級」および「スペクトル」に関する高校生向けのテキストを渡して、家庭学習を促した。

そして、5 月 28 日、7 月 9 日の 2 日に亘り、広島大学東広島キャンパスで、「波と光」「発光機構とスペクトル」「恒星とその進化」「等級とカラー」といった観測天文学の実践的な内容について、問題を解いてもらいながら、じっくり学んでもらった。

その上で、7 月 31 日、8 月 1 日の 2 泊に続き、8 月 6 日の晩に、広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台での観測に臨んだ。使用した観測装置は、有効径 1.5m の広島大学かなた望遠鏡に装着された１露出型偏光撮像器 HOWPol と呼ばれる装置である（図１）。観測対象は、それぞれの観測期の直前に発見された超新星候補天体(possible supernova; PSN)である。

しかし、最初の 2 晩は、天候が悪く、充分な観測ができなかった。それでも初日には較正用データ（ドームフラット）を撮影したり、薄雲を通して明るい標準星や、既

知の超新星の観測を行い、経験を積んだ。最初の 2 晩で源さんが充分に観測に慣れ親しんだこと、そして超新星の観測を試み、それをきっかけとして自宅学習で超新星について知識を貯めてきたことで、3 日目の観測を無駄になくスムーズに行うことができたと思われる

8 月 6 日は、天気予報で晴れが期待できる日であった。また、前日には日本のアマチュア天文家である板垣氏（山形市）と坪井氏（広島市）がそれぞれ、別々の明るい超新星候補天体を発見し、国際天文連合（International Astronomical Union; IAU）の突発天体確認ページ（IAU/Transient Objects Confirmation Page）に掲載された。そこで急きょ、この日の晩にこれら 2 天体（PSN J13271319+5529174, PSN J02254889+1832000）の観測を行うこととした。以後、それぞれ PSN1327 と PSN0225 と省略形で記すことにする。

期待通りに晴天に恵まれ、2 天体ともに、B（波長 0.44μm）、V(0.55μm)、R（0.65μm)、I（0.80μm）の 4 バンドでの撮像と、可視全域のスペクトル観測を行った。また、観測データの光度較正のため、測光標準星として PG 1528+062 と PG 2331+055、分光標準星として HR 7596 の観測も行った。データ取得はほぼすべて、源さんが unix 端末にコマンドを打ち込んで行った。超新星候補とその母銀河の画像を図 2 に示す。

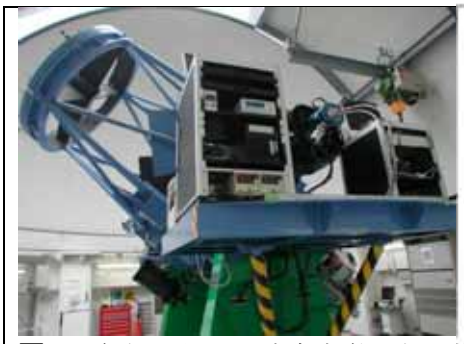


図 1　観測に用いた広島大学かなた望遠鏡と、ナスミス台の上に設置された観測装置 HOWPol の様子。

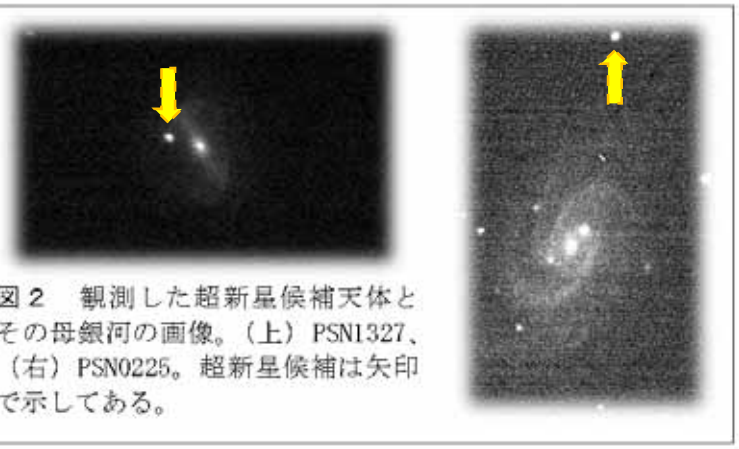


図 2　観測した超新星候補天体とその母銀河の画像。（上）PSN1327、（右）PSN0225。超新星候補は矢印で示してある。

取得したデータの解析であるが、得られた超新星のタイプ同定はいち早く行う必要があるため、スペクトル・データについては観測夜当日に東広島天文台にて処理を行った。用いたソフトは天文研究者が広く利用している画像処理ソフト IRAF である。スペクトルの処理については、複雑な分光処理との知識が必要であることから、主に講師が行った。

得られたスペクトルを図 3 に示す。両方の超新星候補ともに、幅が広く短波長側にドップラーシフトした Si II(一階電離シリコン; 波長 635.5nm)の吸収線と、W 型を示す特徴的な S II（一階電離イオウ; 波長 546.8, 564.0μm）の吸収線を示している。これにより、共に間違いなく超新星であり、そのタイプは Ia 型（核爆発型）と呼ばれるものであることが明らかになった。

そこで、我々は観測明けの 8 月 7 日早朝に、二つの PSN を Ia 型超新星と同定した旨を IAU の天文電報中央局（CBAT）へ速報した。その結果、8 月 9 日発行の CBET(CBAT

電子回報）No. 2785 として、世界中の天文研究者へ知られることとなった。また、この通報により、正式に超新星として認められ、PSN 1327 には SN 2011em、PSN 0225 には SN 2011ek という符号が与えられた。特に、PSN0225 については、スペクトル線の短波長側へのシフトが大きい、すなわち、爆発による光球面の膨張速度が毎秒１万５千キロメートルと特に大きい特殊な Ia 型超新星であることや、スペクトルが波長の長い方でも明るいことなどが判り、その後の各観測所における観測計画に、少なからず影響を与えたものと期待される。

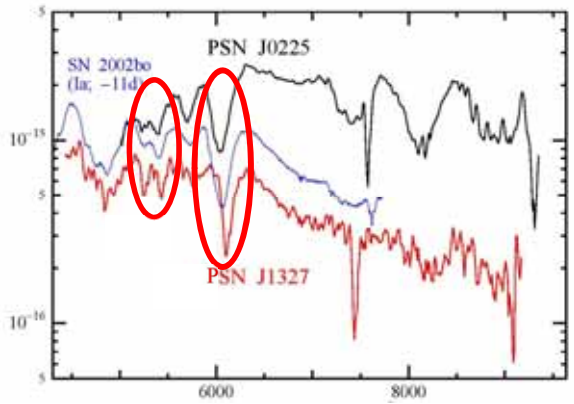


図３　散開星団 NGC 188 の色－等級図。横軸が V-I カラーで、縦軸が V 絶対等級（観測等級から 10 等明るくしている）。水色の点がメンバー星の観測値で、曲線が理論モデル計算で得られた各年齢の恒星群における等時曲線であり、およそ 50 億年の等時曲線が観測データに合う。距離は 1 キロパーセクと推定される。

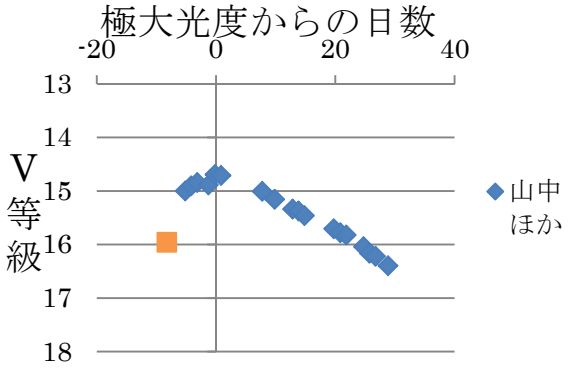


図４　球状星団 M 13 の色－等級図。書式は図１とほぼ同一。縦軸は、観測された V 等級から 13 等明るくしている。プロットのパターンが合うものは 100 億年以上のもので、散開星団 NGC 188 よりも古い恒星の集団であることがわかる。また 13 等明るくしたことから距離が約４キロパーセクと求められる。

源さんはその後、Ia 型超新星について調べて、超新星がどういった爆発であり、その中で Ia 型はどういった位置づけになるのか、図書館でさらに学習したそうである。実際、次に会った時の、データの解釈に対する彼女の活き活きとした語りぶりには感心した。

Ia 型超新星は、白色矮星を含む近接連星系において、伴星の大気が白色矮星に積もり、白色矮星の質量が増加して、ある限界質量（太陽の約 1.4 倍）に達すると白色矮星のほぼ全体が一気に核燃焼を起こし、飛び散る爆発現象である。超新星の中でも明るいこと、性質がどれも似通っていることが特徴であり、遠方銀河の距離指標として用いられ、2011 年のノーベル物理学賞を受賞した「宇宙の加速膨張」の発見の根拠となったことでも記憶に新しい。

９月 17 日には、データ処理が残っていた BVRI バンドの撮像データの解析を行った。再び大学キャンパスに集まり、国立天文台が監修した天文画像データ処理ソフト「マカリ」を使って、源さん自身がすべての処理を行い、各バンドでの超新星の等級を求めた（表１）。この結果から、PSN0225 は、波長の短いバンド（B, V）に比べ、波長の長いバンド（R, I）で明るい、「赤い」超新星であったことが明確となった。

さらに、東広島天文台で学振 PD 研究員の山中雅之氏が進めていた、PSN0225 = SN

2011ek の測光モニターと比較することで、我々が観測した 8 月 6 日の時点で、この超新星が極大等級の 10 日前であったこと、および極大時の絶対等級が-18.1 等であったことが明らかとなった(図４)。通常の Ia 型超新星の極大絶対等級は-19±0.3 等であることから、この超新星は有意に暗いことになる。暗い超新星であることと、赤いこと、そして爆発による膨張速度が速かったことに、何らかの因果関係があるのだろうか。今後の研究の進展を促す、貴重な観測結果が得られたと考えている。

表１　２つの超新星の測光結果

	B[等級]	V[等級]	R[等級]	I[等級]
PSN1327 (SN 2011em)	16.47	16.45(±0.03)	16.24(±0.03)	16.19(±0.04)
PSN0225 (SN 2011ek)	16.44(±0.11)	15.96(±0.02)	15.52(±0.06)	15.31(±0.02)

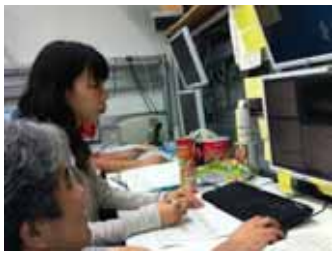
10 月 22 日には、これまでの考察結果をまとめて、２週間後に控えた中高生科学シンポジウムの発表原稿（口頭発表、ポスター発表）を作成した。ただ、この日だけでは完結しなかったので、ノート PC を自宅へ持ち帰ってもらい、自宅でも作業を進めてもらった。その間は電子メールでやりとりをした。この頃までには、源さん自身が自分の行った観測と研究内容について、とても良く理解していたので、発表原稿の準備はほとんど彼女自身に任せて、講師は最後の仕上げの段階で多少アドバイスをする程度で充分であった。

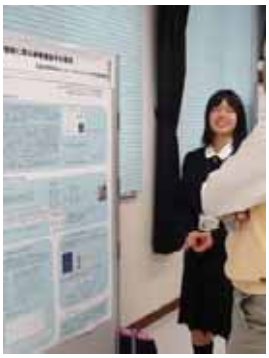
３）事業の成果及び今後の課題

第一線の研究に用いている望遠鏡と観測装置を高校生自らが動かし、観測を行い、データ処理をして、その過程で対象天体の素性が見えてくるという現場の雰囲気を味わうことで、源さんの知的好奇心は、相当刺激されたようである。それには、天体発見の報告に即座に反応して観測を計画し、観測を行ってデータ処理を済ませ、すぐさま専門機関へ報告するという、突発天体の研究ならではのダイナミズムに触れたことも、その大きな理由の一つとしてあろう。実際、彼女の天文学に関する知識は、８月の観測の後、飛躍的に伸びていった。家庭や高校の図書館などで、講師に言われるまでもなく、自分なりに疑問・関心を持って、勉強したようである。11 月 5 日に行われた中高生科学シンポジウムでも口頭発表を無難にこなし、質疑応答も自信を持って対応していた姿が印象的であった。そのような科学的好奇心と論理性、自主的な行動力が、目を見張るほど養われたことは、講師からみても、とても意義深い。

反省すべき点として、本来であれば、データ処理も含めすべての過程で高校生主導でじっくりと行ってもらうべきであったが、スペクトル・データの画像解析部分については、天体の同定結果を即座に報告する必要があったことから、講師がその作業の多くを行ったことが挙げられる。自分の手の下で、次第に未知天体のスペクトルが明らかになり、その天体の素性が垣間見られる段階の「わくわく感」を、彼女自身に味わって欲しかったが、今回は時間の制約上、諦めざるを得ず、彼女には観測の操作の方にほぼ専念してもらった。

それでも、観測自身やそれ以外のデータ解析に関わる作業のほとんどを、源さん自身に行ってもらうことができたし、その事が彼女自身の自信にも繋がっていると考えられる。自宅がある岡山県倉敷市からたびたび大学キャンパスに通うことは必ずしも楽ではなかったと思う（日帰りが５回、２泊３日が１回、１泊２日が１回の計７回）が、よく辛抱してくれた。なお、今回の天文班は１人だったことで、講義や観測の日程調整がし易かったことも幸いであった。なお、今回の研究について、本人の強い希望もあり、2012 年 3 月に開かれる日本天文学会春季年会のジュニアセッションでも発表を行った。





■研究発表内容

【平成 23 年度生物系三学会中国四国支部合同大会　高校生ポスター発表】

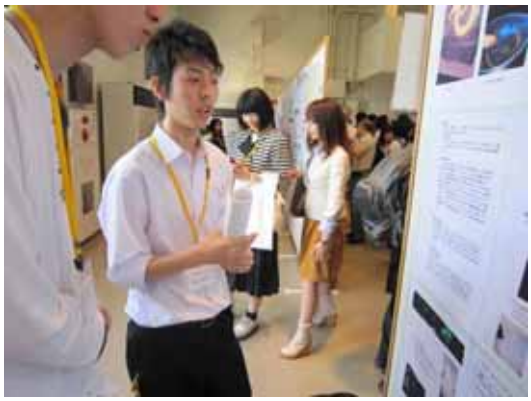
日　時：　平成 23 年 5 月 14 日(土)　13:00〜16:00

会　場：　香川大学

参加者・発表題目：　広島大学附属高等学校 2 年　田口慧さん
「タバコ属植物に残るアグロバクテリウム感染の痕跡」
崇徳高校 2 年　和田壮史くん
「ギボシムシの発光現象の観察」

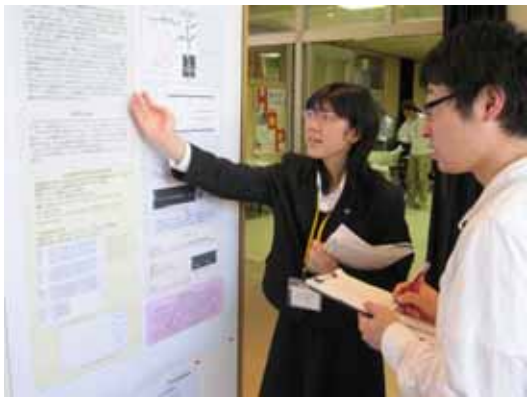
担当講師：　田中信和　自然科学研究支援開発センター教授
浦田慎　　理学研究科附属臨海実験所助教

概　要：



平成 23 年 5 月 14 日(土)香川大学にて、生物系三学会中国四国支部大会が開催されました。高校生ポスター発表部門に昨年度の科学塾研究室の生徒 2 名が参加しました。

崇徳高校 2 年生の和田くんは「ギボシムシの発光現象の観察」をテーマに研究を行いました。昨年度は発光現象を記録に残すことと，どのような刺激によって発光するのかを研究しました。今年度も継続でこの発光現象をさらに詳しく調べていく予定です。



広大附属高校の田口さんは「タバコ属植物に残るアクロバクテリウム感染の痕跡」をテーマに研究を行いました。この研究ではタバコ属植物の DNA 配列を調べることで，タバコ属植物のアクロバクテリウムによる感染の痕跡を見つけ，タバコ属植物の進化のどの段階で感染したものかを調べる研究です。

ポスター発表はたいていグループ研究の発表が多く，わくプロのように個人で発表する高校生はほとんど見当たりません。そんな中で，二人ともかなり緊張していたはずですが，発表する表情は 11 月のシンポジウムと同じように堂々としていて，自信に満ちているように感じました。また，他県の高校生の発表も高度な内容も多く，かなり良い刺激を受けたのではないでしょうか。

【天文高校生集まれ!!　高校生ポスター発表】

日　時：　平成 23 年 7 月 10 日(日)　10:00ー17:00

会　場：　大阪教育大学天王寺キャンパス

参加者・発表題目：　AICJ 高等学校 2 年　宮﨑理文くん

国泰寺高 3 年　下野起将くん

「複数の散開星団の色・等級図と年齢測定」

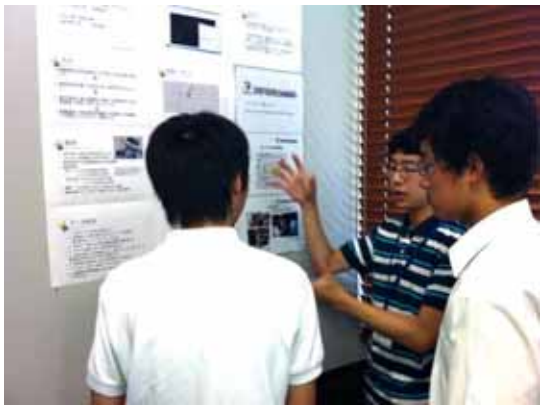
担当講師：　川端弘治　宇宙科学センター准教授

概　要：

7 月 10 日(日)大阪教育大学天王寺キャンパスにて,近畿地区高校生天文活動発表会実行委員会主催による「天文高校生集まれ！！」に，昨年度の科学塾研究室天文学講座の修了生である AICJ 高校 2 年生の宮﨑くんが研究発表に行ってきました。

この会は，震災の影響で日本天文学会春季年会のジュニアセッションが中止されたことで，高校生の天文研究の発表の機会が無くなってしまったことがきっかけとなって，近畿地区の大学や高校，西はりま天文台の先生達が実行委員会を立ち上げ，企画されたものです。初めての会でありましたが，2 府 4 県 13 校，43 名の高校生が参加して行われました。

宮﨑くんはジュニア科学塾から長年，わくプロの活動に参加している生徒で，今年度も素粒子物理学講座で活動しています。今回の発表は「複数の散開星団の色・等級図と年齢測定」で，これは，昨年度，国泰寺高校現 3 年生の下野君との共同で行った研究で，昨年度の理学部主催の第 13 回中学・高校生科学シンポジウムで発表したものです。発表した宮﨑君は前回，非常に緊張していましたが，今回はかなり落ち着いた様子で，原稿なしにほぼアドリブで発表していました。



【日本天文学会】

日　時：　平成 24 年 3 月 20 日(火)　10:00ー17:00

会　場：　龍谷大学

参加者・発表題目：　広島大学附属福山高等学校 2 年　源　治弥さん

「スペクトル観測による新天体の同定」

担当講師：　川端弘治　宇宙科学センター准教授

概　要：2012 年 3 月 20 日に行われた日本天文学会第14回ジュニアセッションにおいて，源 治弥さんの講演「スペクトル観測による新天体の同定」の発表を行いました。発表は口頭および，ポスター発表で，口頭発表は 14 時過ぎから行われた「恒星・星団」のセッション８講演中，３番目の発表でした。が行われました。

８講演の中で，ただ一人，発表も研究自身も独りで行ったという点が，ひと際衆目を集めました。４分間の発表で用いられたスライドは、充分整理されており，声も明瞭で，聴衆も判り易かっただろうと思います。

セッションの最後に、８講演まとめて５分間の質疑応答の時間が設けられましたが，時間が短いこともあって，源さん以外の２つ程度の講演への質疑だけで打ち切られたのは，少々残念でした。

ジュニアセッションでは毎度のことですが，会場（席数は250はあったと思います）は満員で，立ち見も多く，高校生からの質問も飛び交って，活気ある雰囲気の中で行われました。

中国四国地区生物系三学会発表
「タバコ属植物に残るアグロバクテリウム感染の痕跡」

広島大学付属高等学校 2 年　田口　慧

研究の目的

植物に感染し，根の形をした腫瘍を形成するアグロバクテリウム・リゾゲネスという細菌が存在する。この細菌は菌体内に発根（Root inducing: Ri）プラスミドと呼ばれる大きな DNA を持っており，この菌が感染する際に，その一部の転移（Transfer-: T-）DNA が切りだされ，植物細胞に移行して植物の染色体に組み込まれる。これは，自然界で起こる遺伝子導入現象である。

1983 年にタバコ属植物の一種のキダチタバコ（*Nicotiana glauca*）という種の染色体中に Ri プラスミド T-DNA の一部と相同性の高い DNA 配列が存在することが報告された。2004 年に田中のグループによって，この DNA の配列にミキモピンと呼ばれる非タンパク質態アミノ酸誘導体を植物に生産させる遺伝子（ミキモピン生合成酵素遺伝子：*mis*）が存在することが明らかにされ，その由来は日本で単離されたアグロバクテリウム・リゾゲネス 301724 株が持つミキモピン型 pRi1724 の T-DNA であることがわかった。さらに，*mis* 遺伝子は *Nicotiana tabacum* および *N. tometosiformis* と *N. tomentosa* の 3 種のタバコ属植物のゲノム中にも存在する可能性が示された。

そこで，本研究では，上の 3 種のタバコのゲノム中に本当に *mis* 遺伝子が存在するかを明らかにする。

研究の方法

Nicotiana tabacum ，*N. tometosiformis* ，*N. tomentosa* より，ゲノム DNA を抽出し，*mis* 特異的プライマーを用いて PCR を行う。陽性コントロールとして *N. glauca* ，陰性コントロールとして *N. sylvestris* より同様にゲノム DNA を抽出し，PCR を行う。DNA 断片が増幅されれば，その塩基配列を決定し，アグロバクテリウムおよび *N. glauca* の *mis* 遺伝子の DNA 配列と比較する。

また，RNA を抽出し，DNA からの転写を確認するために RT-PCR を行う。

研究の結果

1.　3 種のタバコ属植物のゲノム DNA の *mis* 遺伝子の存在

mis 遺伝子が存在する可能性がある 3 種のタバコ属植物及び陽性，陰性コントロールタバコ属植物の葉からゲノム DNA を抽出し，*mis* 遺伝子の一部が増幅できるプライマーを用いた PCR を行った。その結果，陰性コントロールからは DNA 断片の増幅は見られなかったが，陽性コントロール及び 3 種のタバコ属植物から，期待されるサイズの DNA 断片が増幅された（図 1）。また，これらの DNA 断片の塩基配列を調べたところ，アグロバクテリウム及び *N. glauca* の *mis* 遺伝子と非常に相同性が高いことが分かった。

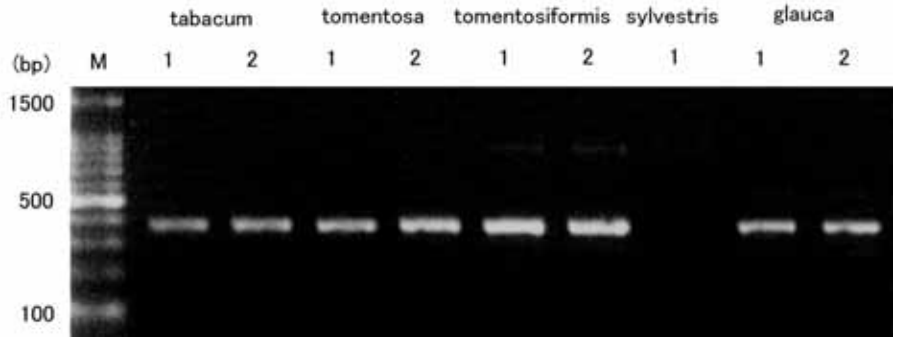


図 1. タバコゲノム DNA 中の *mis* 遺伝子の存在

2.　*N. tabacum* および *N. tomentosiformis* の *mis* 遺伝子の転写

3 種のタバコのうち，*N. tabacum* と *N. tomentosiformis* からトータル RNA を抽出し，RT-PCR 法で各々のゲノム DNA に存在する *mis* 遺伝子からの転写があるかを調べた。その結果，これらの遺伝子からの mRNA の cDNA 由来の DNA 断片は増幅されず，転写されていないことが明らかになった（図 2)。

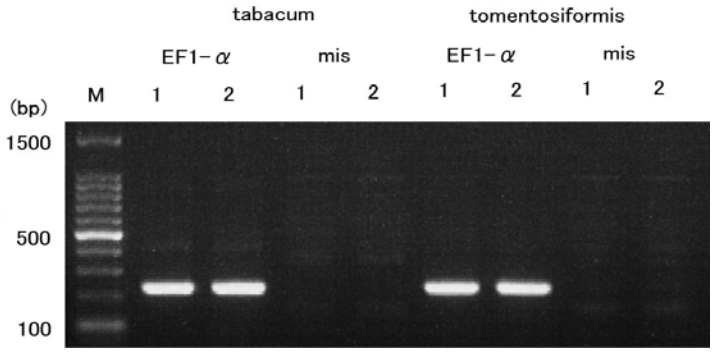
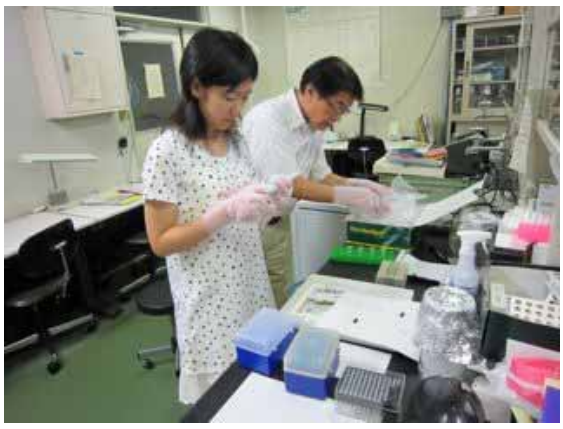


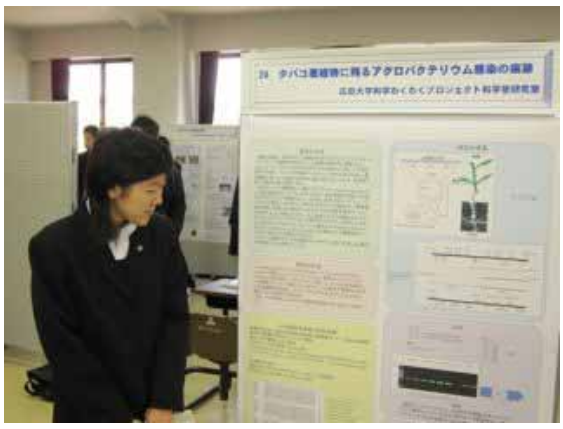
図 2. タバコ *mis* 遺伝子の転写
(EF1－α は内部標準)

研究のまとめ

今回の研究によって，3 種のタバコで *mis* 遺伝子の存在が明らかになった。また，これらはアグロバクテリウムおよび *N. glauca* の *mis* 遺伝子の DNA 配列と相同性が高いため，タバコの進化の過程でアグロバクテリウムに感染し，T-DNA が導入されたと考えられる。

一方，これらの遺伝子からは mRNA が転写されていないこと分かり，タバコ植物でが機能していないと考えられた。したがって，これらのタバコ属植物では，ミキモピンの生産は行われていないと思われ, 進化途上で導入された DNA の痕跡といえる。





「ギボシムシの発光現象の観察」

崇徳高校 2 年　和田　壮史

①ギボシムシとは？

半索動物で後口動物に属するものであり，虫体は黄白色の紐状で体表は繊毛と粘膜に覆われ体の一部が細くなっており非常に軟弱で千切れやすい。においはかなり強烈で，卵が腐ったようなにおいがする。

②研究の動機

海中で幻想的に光輝く　ウミホタルを見るたび，どのように発光するのか疑問に思っていたが，未知の生物であるギボシムシが発光することを知り観察してみたいと思った。

③ギボシムシの採集と飼育

a)採集　2010 年　7 月 24 日～30 日・石川県　能登島

そわじ海水浴場・八ヶ崎海水浴場・マリンパーク海水浴場・松島海水浴場

結果：砂地の浅瀬で穴を掘り，採集を試みたが採集できなかった。自分で採集は出来なかったため，今回は青森県産のギボシムシを送っていただくことにした。

b)飼育

図 2 のように飼育されている。

常に新しい海水と酸素が送られている。

このときのギボシムシの保存されている数は 2 匹であり，とても貴重な 2 匹であった。

④どのような刺激でどのような発光をするのか？

実験	方法	ちぎれていないギボシムシ	ちぎれたギボシムシ
物理的刺激	突く	突いたところの一部が光る	突いたところの一部が光る
	落とす	全体がﾎﾞﾜｰっと光る	全体がﾎﾞﾜｰっと光る
電気刺激	電気を流す	刺激をうけた時のみスポット状に強い光で数秒～弱い光で 1 分くらい光る 刺激を受けた部分は体のどこでも大体光る	刺激をうけた時のみスポット状に強い光で数秒～弱い光で 1 分くらい光る 刺激を受けた部分は体のどこでも大体光る

結果：物理的刺激よりも電気刺激のほうがより強く発光する。

体がちぎれていてもいなくても刺激をうけたら大体発光する。

⑤解析

a) デジカメ

海水の入ったトレイにギボシムシに刺激を与える。

結果：わずかな緑色の発光が撮影できた。図 1

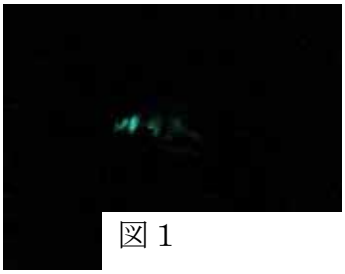
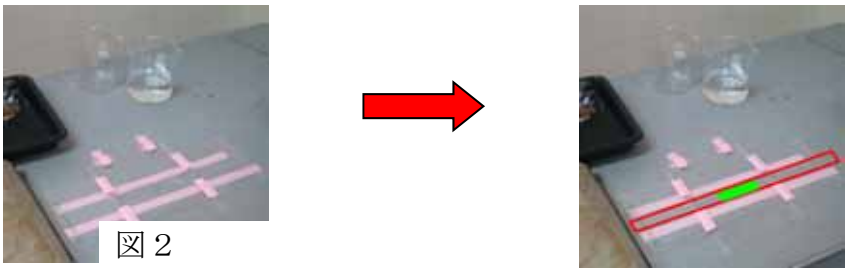


図 1

b) フィルムに直接感光（FUJIFILM，ASA400 を使用）

カメラのフィルムに直接ギボシムシを置き発光させる。図２
暗室の中で物理的刺激，電気刺激をする。



緑：ギボシムシを置いた場所

赤：フィルムを置いた場所

図２

結果：デジカメよりもはっきりした緑色の発光が撮影できた。図３
フィルムに直接感光した場合

図３

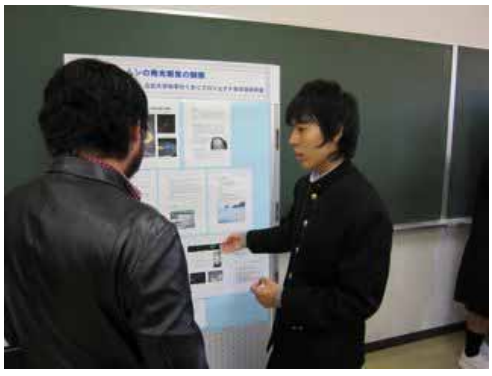
c）発光イメージ解析装置

広島大学自然科学研究支援開発センターの発光イメージ解析装置　ChemiDoc XRS (Bio-Rad 社) を用いて解析を行った。ギボシムシをラップの上に置き，装置の中で物理的刺激を与えて発光の解析を試みた結果，発光がはっきり確認できなかった。

⑥まとめ

この実験によって発光する他の動物と比較してみると発光色は青かやや緑であったので海産動物では一般的であった。刺激を与えたときのみ光り，発光物質を出すのではなく体の一部が光ることが確認できた。生物の発光は何らかのルシフェラーゼ，ルシフェリンが関与していることは明らかと考えられるので，今後の課題としては，検出感度を高める工夫をし，体のどの部分がどのように光っているか，より詳しく調べる。また，他のギボシムシでは発光物質が見つかっているので，より詳しく発光物質を調べていく必要がある。

お世話になった先生方：　広島大学／浦田慎先生・北村憲司先生
東北大学／美濃川拓也先生，金沢大学／山口正晃先生



天文高校生集まれ!!　高校生ポスター発表
「複数の散開星団の色－等級図と年齢推定」

私立 AICJ 高等学校 2 年　宮﨑 理文
広島県立広島国泰寺高等学校 3 年　下野 起将

・目的

夜空には星がこじんまりと集まった星団が見られるが，これらは散開星団と球状星団の２種類に分けられる。前者は星がばらばらと不規則に散らばっており，対して後者は星が中心に集中し，全体として丸くまとまって見えるという違いがある。我々は，この２つの種類の星団にはどのような違いがあるのかを，星団自身を構成する星ぼしの性質から探ることを目的として，研究をすることにした。調査には，ヘルツシュプルング＝ヘッセル図（HR 図）を用いる。HR 図とは，縦軸に等級，横軸にカラーをとったグラフのことであり，星の進化段階をうまく分類できるという特徴を持っている。これを利用し，散開星団，球状星団を構成する星ぼしを観測して，HR 図上にプロットしてその進化段階の違いを探った。

・観測とデータ解析

８月 29 日に広島大学東広島天文台の 1.5ｍかなた望遠鏡を用いて，球状星団 M13 と散開星団 NGC 188 を観測した。それぞれの露光時間は，M13 の V バンドは 30 秒と 300 秒，I バンドは 10 秒と 100 秒，NGC188 の V バンドは 10 秒と 300 秒，I バンドは５秒と 200 秒である。明るい星から暗い星まで明るさを正確に求める必要があるため，露出は短時間のものと長時間のものを採用した。視野は 15 分×φである。観測したデータは，画像処理ソフト マカリ（国立天文台）で測光解析をした。
データ解析の手順は次のとおりである。(1)観測光学系の周辺減光を補正するため，空間的に一様な光源をあてて撮影した画像で割り算する。(2)さらに，それ自身の露出時間で割り算する。(3)標準星が写っている方の短時間露光画像を用い，天体の見かけの等級を求める。(4) 二次的な標準星を設定し，長時間露光画像の等級を求める。(5)バンドごとに短時間露光データと長時間露光データを取りまとめる。(6)星間吸収を補正した天体の明るさ V，I を出す。(7)V-I カラーを導出し HR 図にプロットする。理論計算で求められている等時曲線と比較する。

・ 結果と考察

図１と図２に観測結果と理論モデル曲線を比較したものを示す。いずれも縦軸は絶対等級で横軸は V-I カラーである。M13 と NGC 188 ではカラーが大きく異なり，分布も大きく大きく異なっている。

この観測点と理論モデルを比較することで，星団の年齢と距離を求めてみる。図上において観測点は，距離が遠くなるにつれてＹ方向に小さくなる（＝絶対等級が明るくなる）が，横軸方向には動かないことと，主系列に存在する星が大多数であることとに留意して，Ｙ方向にどれだけ明るくしたとき，どの理論モデル曲線と最もよく合うかを目で見て判断した。図は最も合うと判断した組み合わせであり，M13 は 13 等級，NGC188 は 10 等級それぞれ明るくしたものになっている。この値から，目で合わせたフィットが正しければ，それぞれの距離は，4000pc，1000pc と求められる。また年齢

については，M13 が 100 億歳以上，NGC188 が 30-70 億歳であると判断した。球状星団である M13 は進化が進んだ星の集団であることがわかる。

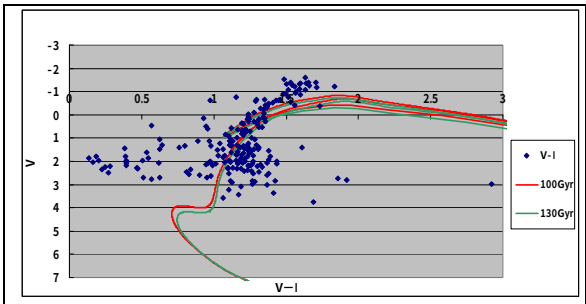


図１　球状星団 M13 の HR 図　縦軸が V バンドの絶対等級で横軸 V-I カラー。青点は観測点を縦軸方向に 13 等明るくしたもので，曲線は 100，130 億歳の恒星の等時曲線の理論モデル

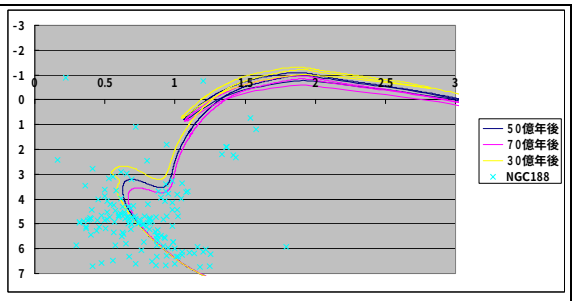
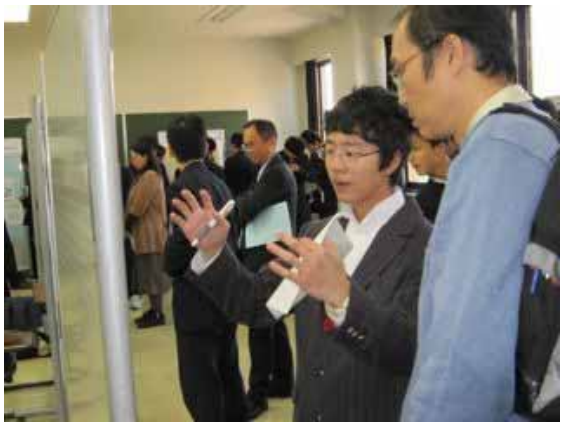
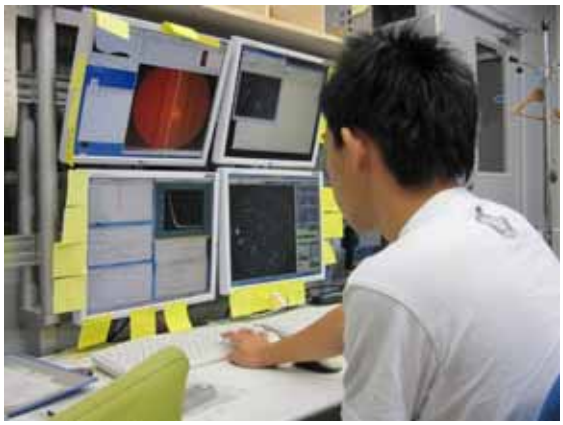


図２　散開星団 NGC188 の HR 図　水色点が観測点 V バンド等級は 10 等明るくしてある。曲線は 30，50，70 億歳の等時曲線





(4) 小学校の先生のための理科ひろば

○　概要：　小学校の先生に対して，子ども達が強く関心を示すような楽しくためになる理科の実験授業について，当プロジェクトの研究員等が学校等に出向いて模擬授業を行い提案する。

○　特徴：・理科の授業に苦労されている小学校の先生に直接授業を提案できる。
・小学校の理科授業のためのノウハウの提供や教材教具の提案をする。
・現場の先生の生の声を聴くことで，小学校理科教育に求められている問題点を明らかにする。

○　開催：

日　時	会　場	テーマ	講　師
平成 23 年 9 月 6 日	広島市立 中山小学校	「天気の変化」 (5 年生対象，模擬授業)	広島大学教育学研究科 教授　林　武広
平成 23 年 9 月 9 日	広島市立 五日市小学校	「天気の変化」 (5 年生対象，模擬授業)	〃
平成 23 年 10 月 31 日	広島市立 黄金山小学校	「流れる水のはたらき」 (5 年対象，模擬授業)	〃
平成 23 年 11 月 2 日	広島市立 口田小学校	「月と太陽」 (6 年生対象，模擬授業)	〃
平成 23 年 11 月 9 日	広島市立 千田小学校	「流れる水のはたらき」 (5 年生対象，模擬授業)	〃
平成 23 年 11 月 14 日	広島市立 久地小学校	「月と太陽」 (6 年生対象，模擬授業)	〃
平成 23 年 12 月 6 日	広島市立 福木小学校	「月と太陽」 (6 年生対象，模擬授業)	〃
平成 23 年 12 月 7 日	広島市立 藤の木小学校	「月と太陽」 (6 年生対象，模擬授業)	〃
平成 23 年 12 月 12 日	広島市立 観音小学校	「月の見え方」 (6 年生対象，模擬授業)	〃
平成 24 年 1 月 28 日	広島市立 古田台小学校	「流れる水のはたらき」 (5 年生対象，模擬授業)	〃
平成 23 年 11 月 24 日	東広島市立 高屋東小学校	「電気のはたらき」 (小学校教員対象，演習講座)	広島大学附属小学校 教諭　中田　晋介
平成 23 年 12 月 15 日	東広島市立 高屋東小学校	「魚の解剖」 (小学校教員対象，演習講座)	広島大学附属東雲小学校 教諭　土井　　徹
平成 24 年 2 月 18 日	東広島市立 乃美尾小学校	「生命の誕生」 (5 年生対象，模擬授業)	広島大学附属東雲小学校 教諭　土井　　徹

○　実施体制

・代表：　大学院教育学研究科　　教　授　　林　武広
・講師：　大学院教育学研究科　　教　授　　林　武広
　　附属小学校　　教　諭　　中田　晋介
　　附属東雲小学校　　教　諭　　土井　徹
・科学わくわくプロジェクト研究センターコーディネーター　間處　耕吉

■講師報告（東広島市立高屋東小学校）

広島大学附属小学校　教諭　中田晋介

1）　目的

理科を指導することが得意でない小学校の先生が，少しでも充実した指導ができるようになるよう手助けをする。

2）　内容・方法

今回は，東広島市立高屋東小学校の教員対象に３，４年生での学習内容についての研修会を行った。

① 電気単元について

金属のものに電気が通るということが，この単元で大切であることと，回路の概念形成が必要であることについて話をした。その際，回路学習で有効に働くであろうと思われるおもちゃを利用した。また，豆電球と乾電池，導線１本を利用した明かりのつけた方を授業で取り入れることで，豆電球の中の様子を推測することができる事例を示した。

② 磁石単元について

金属の中の鉄に磁石がくっつくことが大切あることを確認した。また，磁化の概念が５年生の電磁石のところで大切になってくるということを話した後に，実際に粉々にした磁石が鉄釘にくっつくのか実験し，磁化されないとくっつかないことを確認し，磁化の学習の大切さを理解しもらった。

③ 空気単元について

浮沈子の原理を探ることから，空気が圧し縮められることの学習につながることを確認した。空気は圧縮することができるが，水は圧縮することができないという原理を学習するうえで有効に働くことを理解してもらった。

④ 理科授業づくりについて

全学年の理科授業づくりにおいて大切な点について話をした。理科授業は毎回同じ流れで行い，理科学習において知識の種類の増大と相互の結びつきの強化が大切であることを話した。

3）　成果及び今後の課題

今回満足度などのアンケートをとっていないので，成果としてはわからないが，おおむね良好な反応をいただいたと思う。このような現場への理科授業づくりについての働きかけは，理科教育の推進においてとても重要なことだと考える。このような企画を他の学校も活用できるよう柔軟な対応が求められるだろう。現場のニーズに応じたものを今後も提供していきたい。

■講師報告（東広島市立高屋東小学校）

広島大学附属東雲小学校
教諭　　土　井　　徹

1）事業の目的

理科を指導することが得意でない小学校の先生が，少しでも充実した指導ができるようになるよう手助けをする。

2）スケジュール　2011 年 12 月 15 日(木)　15:00～16:30

3）事業の内容・方法

今回は，東広島市立高屋東小学校の先生方を対象とした校内研修を行った。前半は，小学校６年「ヒトや動物の体のつくりとはたらき」について，教科書にはない児童の興味感心を高めて理解につなげる教材の紹介やその指導の方法などについて，実際に先生方に体験してもらいながら進める講座とした。後半は，児童の思考力と表現力の形成を促す授業例について紹介した。

(1)メバルの解剖

①学習の位置づけ

・消化器官の学習の導入として
・単元のまとめとして

②授業の展開

・姿形や既有の知識からメバルが何を食べているか予想し語り合う。
・解剖の手順を把握する。
・解剖して，シートを見ながら消化器官を確認する（鰓や眼球も）。

※「ヒトや動物の体のつくりとはたらき」の学習で児童の興味感心を高めて理解につなげる他の教材例として，以下の２点も紹介した。

<u>ツバメの糞の観察</u>

ツバメの糞を茶漉しに入れて流水下で割箸を使ってかき混ぜ，残ったものを観察すると昆虫の翅や脚などが確認できる。このことから，口から肛門に至るまでに何が起こっているか考えてみる。

<u>フクロウのペレットの観察</u>

フクロウの捕食シーンを視聴→ペレットを水に浸し，小動物の骨を取り出す→骨を並べて簡単な同定をする→胃の中で何が起こっているか考えてみる。

(2)思考力・表現力の形成を促す授業例の紹介

・寒天地層モデルとボーリング試料を用いた内部構造の推論
・無色透明無臭の水溶液の同定（クエン酸水溶液）
・ミョウバンと食塩と砂の混合物からミョウバンだけを取り出すには？

3）事業の成果及び今後の課題

解剖手順の説明を説明している最中からメバルに手を伸ばし，嬉々として解剖を行う先生方の様子や研修終了時の「ハサミは 100 円ショップのものでよいことや魚の入手も難しくないことがわかって，ぜひやってみようと思った」との声から，要望に応える研修を行うことができたと判断した。思考力・表現力の形成については時間不足であったので，数回に分けて研修を実施するなど方法を検討したい。

■講師報告（東広島市立乃美尾小学校）

広島大学附属東雲小学校
教諭　　土　井　　徹

１）事業の目的

理科を指導することが得意でない小学校の先生が，少しでも充実した指導ができるようになるよう手助けをする。

２）スケジュール　2012 年 1 月 24 日(火) 13:15～16:30(授業はこのうち 45 分)

３）事業の内容・方法

今回は，東広島市立乃美尾小学校公開研究会において５年生児童を対象とした出前授業を行った。研究会参加の先生達にその授業を参観してもらい，授業後に協議会をもった。

授業について

「ヒトの誕生」の単元導入の授業を行った。乃美尾小学校から指定された授業場面である。理由は「やりにくい」「何かよい方法はないか」ということであった。授業の目標と展開は次のとおりである。

目標　生物が次世代を残す工夫について，新しい知識を獲得することができる。
ヒトの誕生に関する切実な追求課題をもつことができる。

展開：

１　数種類の動物の卵の写真を見て「何の卵か？」「どこに産むか？」「その理由」について授業者と子どもで語り合う。

(使用した写真：モンシロチョウ，ナミアゲハ，キジバト，メジロ，メダカ，アイナメ，アオリイカ，キンセンイシモチ)。

子どもと授業者の語り合いの一部

・この卵はモンシロチョウ。形と色でわかるしキャベツの葉に産んでいるから。
・卵から生まれてすぐに食べ物が食べられるようにそこへ産む。
・巣に産んでいるから鳥の卵だとわかる。
・鳥は親が食べ物を運んでくるから，餌がないところに産んでも大丈夫。
・口の中に卵を育てる魚もいるんだ！
・卵を一カ所に産まずにバラバラに産むことで生き残りを図るものもいる。

→　親は，様々な方法で，生まれてきた子どもたちが生き残るように工夫している。

２　「水中にある卵にとっては何の問題もないが，陸上にあることで卵にとって大問題になることが２つある。それは何か？」この問いについて語り合う。

・乾燥とアンモニアの処理
・アンモニアの処理方法については授業者から説明を行った。

３　ヒトの胎児は，母親のお腹の中にいることで問題になることはないか。

・数人毎にホワイトボードに思いつくものを記入した。

３）事業の成果及び今後の課題

出前授業に対する先生達の発言は「今回のような雰囲

気で授業を行うために留意していることを教えてほしい」「いい授業を見せてもらった」「準備は大変だろうが，このような子どもと先生が語り合う授業もやってみたい」など満足度が高かったことが成果である。出前授業・授業に関する協議会は現場のニーズに合う企画であり，利用校は微増の傾向が見られるが，さらにこれを活用してもらうために宣伝広告のあり方が課題であろう。

■講師報告

科学わくわくプロジェクト研究センター
センター長　　林　武広

本年度の小学校理科ひろばの活動として，広島市立小学校 12 校の高学年（合計 30 学級，児童総数約 800 名）において理科の模擬授業を実施した。実施した学校名，学年，学級数，学習単元および実施日内容を下の表に示す。

この活動は，広島市教育委員会（担当者：指導第一課，柿木コーディネータ）と連携した活動で過去数年来行ってきたが，昨年から理科ひろばとしての位置づけを明確化し，本格的に活動を推進している。昨年の実施校は 5 校であったが，希望校が多いことから広島市教育委員会と協議し今年度から 10 校以上で実施することとした。実施校は広島市教育委員会が希望校を募り，その後の調整と協議によって選定した。

学校名（区名）	学年	実施学級数	単元名	実施日
中山（東）	5	3	天気の変化	9/6(火)
五日市(佐伯)	5	4	天気の変化	9/9(金)
口田（安佐北）	6	4	月と太陽	11/4(水)
黄金山（南）	5	1	流れる水のはたらき	10/31(月)
千田（中）	5	3	流れる水のはたらき	11/9(水)
久地（安佐北）	6	1	月と太陽	11/14(月)
古田台（西）	5	2	流れる水のはたらき	11/28(月)
藤の木（佐伯）	6	1	月と太陽	12/7(水)
河内（佐伯）	6	1	月と太陽	12/7(水)
舟入（中）	6	3	月と太陽	12/14(水)
観音（西）	6	3	月と太陽	12/12(月)
福木(東)	6	4	月と太陽	12/6(木)

模擬授業は，理科の授業における内容の意味と扱い，観察・実験の方法と記録，考察の進め方などについて特別講師（林）が各学級で実際に授業を行うことを通して理科授業のスキルアップを図ることを目的としている。今年度は，表に掲げるように「天気の変化」,「流れる水のはたらき」および「太陽と月」単元の授業を行った。いずれも指導が難しいとされる単元である・

模擬授業は，特別講師のための特設ではなく，あくまでも通常の授業計画内の 1 時限を担当することを基本としている。そのため担当教師（担任または理科専科）が模擬授業を希望する単元とその単元内で希望する授業の次時をあらかじめ聴き取った後，模擬授業を計画し，担当教師との協議し授業過程を決定した。実際の授業は各学級の担当教師と連携する形式，ここでは講師がＴ１，担当教師がＴ２をつとめるチームティーティングで行った。具体体には，主たる指導はＴ１，授業中に児童に意見や考えを発表させる場合の発表者指名と補助説明はＴ２が行った。

今回実施した授業の概略は次の通りである。

１．流れる水のはたらき

いずれの授業でも生活の中で台所やトイレなどで見られる流水の存在に気づかせた後，雨の日の運動場，水路，川などでの流水はどこでも見られることを強調した。続いて流水が何をするのか，どのような働きをするのかに焦点をあてて考えをまとめさせた。続いて，礫，砂，泥と流水モデル実験装置を見せ，流水の働きを確かめるためにどのような実験が適当かを児童に考えさせた。その後，児童の考えに沿った実験と考察を行わせた。

２．天気の変化

この単元の授業では一部，中学校で扱う内容も取り入れた指導を行った。特に雲に焦点をあて，空気中の水蒸気の存在，暖められた空気の上昇を簡単な実験で紹介した。さらに雲の形成と移動がわかる自作動画教材を視聴させ，雲の形成が空気の動きと密接な関連があることを確かさせた。

３．月と太陽

月の学習は学習指導要領の改訂によって今年度から 6 年で扱いが開始された。この内容の指導が難しいと感じる教師が多いことは，当初から予想されており，表に示す通り多くの学校から依頼があった。月の位相と見える位置の関係を理解するためには，3 次元的な視点の変換が必要となるため，その点に焦点をあてた指導を行った。一部は中学校での学習内容を含む。まず発砲スチロール球にハロゲン光源を当て，球の位置を変えず見る位置を変える，見る位置を変えずに球の位置を変える操作を行い，見え方（形）と光源（太陽）との位置関係を把握させた。続いて日周運動に留意しつつ，月の位置変化と位相変化を公転と関連づけて理解させた。

授業評価に基づいた模擬授業の効果検証

これらの授業の評価のため，全児童向け，および担当教師向けの質問紙調査を行った。質問の主旨は模擬授業の効果を検証することである。なお，質問紙の回答は授業直後ではなく，単元の指導終了後に行うことを要請した。授業直後では肯定的な回答が多くなりすぎることへの対処である。ここでは教師向けの質問への内容と回答分析結果を記す。
教師向けには次の３質問を実施した。

１．特別講師の授業の後，当該単元の指導を行うなかで，特別講師の授業が児童にとって有効であったと思われた点を以下から 3 項目以内で選択
①学習内容への興味・関心の広がり・深まり　②学習内容と生活との関わり認識の深まり　③学習内容の理解促進　④既習事項の想起と理解　⑤学習意欲の高揚　⑥科学への興味関心の喚起　⑦実験へどう向き合うか　⑧自分の考えをノートに書く　⑨その他
２．特別講師の授業後の本単元の指導について以下から選択（複数回答可）
①特に変わらない　②自信をもって指導できた　③質的に高い指導ができた　④指導がしづらかった　⑤観察や実験の指導がスムースにできた　⑥特別講師の授業との関連づけが難しかった　⑦その他
３．特別講師の授業で最も印象に残っていることを次から 1 項目選択
①実験　②パソコンによる写真やビデオ　③講師の説明　④自分で考えてノートに書く活動　⑤その他

回答解析結果を次に示す。

質問１の回答結果を下表に示す。回答者数は 27 名である。学習内容の興味関心の広がり深まりで 8 割，次いで理解促進に 5 割の回答があった。また学習意欲の高揚にも 3 割強の回答がある。一方，実験への向き合い方には回答は僅少である。

模擬授業後に担当教師が行った指導に関する諮問２の回答結果を下表に示す。

観察・実験がスムースに指導できたとの回答が 5 割であったが，特に変わらないとの回答も約 3 割であった。質的に高い指導ができたとの回答も４分の１程度みられた。

$効果 度数分布表

		応答数		ケースのパーセント
		N	パーセント	
効果[a]	1学習内容への興味・関心の広がり・深まり	22	32.8%	81.5%
	2学習内容と生活との関わり認識の深まり	4	6.0%	14.8%
	3学習内容の理解促進	14	20.9%	51.9%
	4既習事項の想起と理解	1	1.5%	3.7%
	5学習意欲の高揚	10	14.9%	37.0%
	6科学への興味関心の喚起	8	11.9%	29.6%
	7実験へどう向き合うか	1	1.5%	3.7%
	8自分の考えをノートに書く	7	10.4%	25.9%
合計		67	100.0%	248.1%

a. 2 分グループを値 1 で集計します。

模擬授業で印象に残っていることに関する質問３の回答結果は下表に示す。実験への回答が５割を超えた。ノートに自分で書くことの指導も少なからず印象を与えたようである。

$その後 度数分布表

		応答数		ケースのパーセント
		N	パーセント	
その後の指導[a]	11特に変わらない	7	22.6%	29.2%
	12自信をもって指導できた	4	12.9%	16.7%
	13質的に高い指導ができた	6	19.4%	25.0%
	15観察や実験の指導がスムースにできた	14	45.2%	58.3%
合計		31	100.0%	129.2%

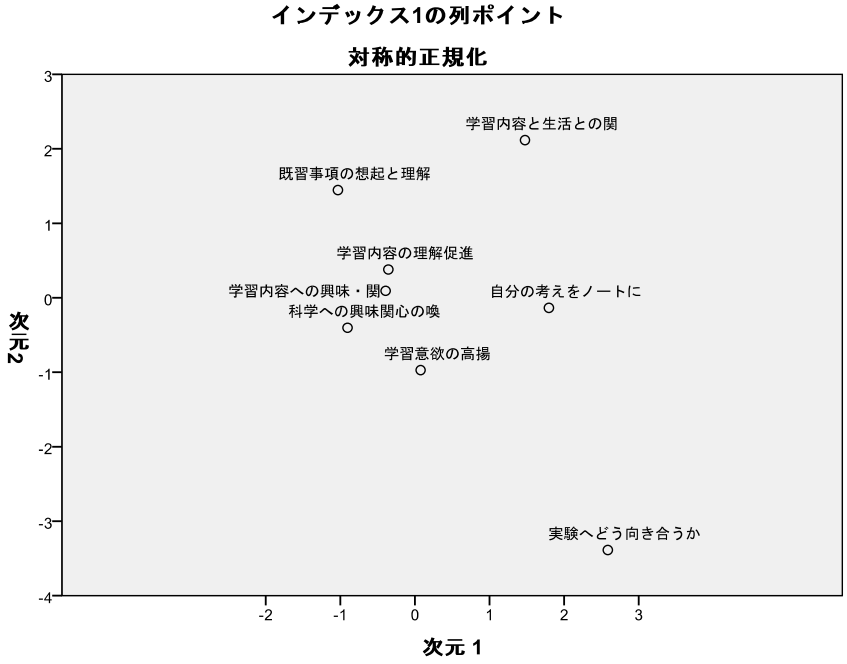
a. 2 分グループを値 1 で集計します。

質問１の回答間の関係をみるためコレスポンデンス分析を行った結果を下図に示す。「興味関心の広がり深まり」と「内容理解の促進」お互いに近いところにプロットされることから，担当教師は児童の「興味関心の広がり深まり」と「内容理解の促進」を併せて効果を意識したことがうかがえる。また科学への興味関心も近いところにプロットされることも注目できる。

$インパクト 度数分布表

		応答数		ケースのパーセント
		N	パーセント	
指導インパクト[a]	21実験	15	50.0%	55.6%
	22パソコンによる写真やビデオ	5	16.7%	18.5%
	23講師の説明	4	13.3%	14.8%
	24自分で考えてノートに書く活動	6	20.0%	22.2%
合計		30	100.0%	111.1%

a. 2 分グループを値 1 で集計します。



以上の結果から，理科の担当教師への授業支援として実施した模擬授業は，実際に理科の指導を行っている教師が，学習の基本要素である児童の「興味関心の広がり深まり」と「内容理解の促進」で有効であったと認識したが，「実験へのどう向き合うか」ついては有効であったとの回答は少ないうえ，上記とはかけ離れたところにプロットされている。しかし模擬授業後の授業での観察・実験が円滑に進められたとの回答が多い。模擬授業では実験にかなりの時間を充てているので，単なる観察・実験の対処ではなく，それらを通して「興味関心の広がり深まり」と「内容理解の促進」を達成することの重要性，つまり理科における観察・実験の根本的意義を伝えることができたと考える。また「興味関心の広がり深まり」と「内容理解の促進」についてはそれぞれ独立させて評価することが多いが，両者間には密接な関係あることへの認識が進んだこともうかがえる。

(5)わくプロ運営委員会・研究員集会

概要：　わくプロ研究員及び客員研究員によって，当プロジェクトの運営評価について協議し，課題の抽出および次年度計画案を作成した。昨年度はわくプロ第Ⅱ期の検討のため，回数も多く実施したが，今年度は第Ⅱ期が始動し，活動も軌道に乗ったため，年1回の開催となった。

・日時：平成 24 年 3 月 16 日(金)16:00ー17:00
・場所：広島大学　教育学部　C320
・参加人数：12 名　わくプロ研究員・客員研究員・研究支援員人
・内容：平成 23 年度事業報告，平成 24 年度事業計画について

(6) わくプロ・ウェブサイト

わくプロの趣旨，事業概要を説明し，その活動状況を公表するための「わくプロ公式ホームページ」（URL：http//www.wakupro.hiroshima-u.ac.jp/）を運用。平成 21 年度より，外部無料ホームページを使ってブログ形式で報告サイトを開設し，事業が終わり次第，その様子などを掲載している。

また，全体のデザインを改善し，これまで以上に分かりやすく発進力のあるサイトに改良を進めている。

公式サイト　　URL：http://www.wakupro.hiroshima-u.ac.jp/
事業報告用ブログ　URL：http://pub.ne.jp/wakupro/

○　実施体制

・代表：　大学院教育学研究科　教　授　林　武広
・ＨＰ管理：大学院教育学研究科　助　教　吉冨　健一
・ブログ管理：科学わくわくプロジェクト研究センターコーディネーター　間處　耕吉

(7)研究発表など

■口頭発表

○学会　日本地学教育学会第 65 回全国大会
○日時　平成 23 年 10 月 9 日(土)，10 日(日)
○会場　広島大学　東千田キャンパス
○題目　「科学専門家による授業の意義−小学校高学年の地学関連単元の例−」
○発表者　林武広，間處耕吉，吉冨健一，磯崎哲夫，山崎博史
○関連事業　「理科ひろば」(平成 22 年度)
○発表内容

科学専門家による授業の意義 － 小学校高学年の地学関連単元の例 －

Significance of Earth Science Lessons for Higher Grades at Elementary Schools by the Science Specialist

○林　武広[1]，間處耕吉[1]，吉冨健一[1]，山崎博史[1]，磯崎哲夫[1]
Takehiro HAYASHI[1],Koukichi MADOKORO[1],Kenichi YOSHIDOMI[1],Hirofumi YAMASAKI[1] and Tetsuo ISOZAKI[1]

広島大学大学院教育学研究科・広島大学科学わくわくプロジェクト研究センター(兼)[1]
Graduate School of Education,　Hiroshima University[1]

概要：小学生高学年を対象とした科学専門家による地学の連携授業を受けた児童への事前・事後アンケート回答分析から，事前に児童は実験を多く行うことに加え科学の研究の面白さの紹介や専門的な話を挙げていた．授業内容理解への肯定的回答は 9 割に及び，事前−事後の比較から，特に扱った内容に関する児童の興味関心と意欲の高まりが認められた．理科好きな児童ほどその効果が高いことも窺えた．

キーワード：小学校高学年　地学　科学専門家　授業　意義　アンケート分析

1．はじめに

筆者らは公益財団法人マツダ財団と広島大学との共同研究組織，広島大学科学わくわくプロジェクト研究センターが主管する事業の一環として大学の科学専門家が広島県内の小学校へ出向き，小学校教員と連携して理科の授業を行う試みを数年来，継続して実施している．鹿児島大会にて間處・林（2010）は天文内容での試みの成果として現場教師への手助けと児童の学習意欲向上に一定の効果があったことを報告している．その後実施した地質内容，気象内容の授業も併せ科学専門家（特別講師）による授業の意義について児童への事前・事後アンケートに基づいた検討を行った．

2．科学専門家と小学校教員の連携よる小学校理科授業のねらい

この試みは上記のセンターが小学校理科支援のために設けた事業である「小学校理科ひろば」の活動であり，小学校教員への支援を主たる目的としている．筆者らは各校の理科学習単元内の 1 時限を各クラス単位で担任教員と連携して行う「模擬授業」を通して，教員の教育内容への理解促進と授業展開例を示すことをねらいとしている．現在，新学習指導要領の実施に伴い，6 年「月と太陽」の授業への希望が増加する状況である．小学校教員へのインタビューから地学関連内容は概して不得意であるが，特に天文関連は不得意な教員が多いことを反映するものであろう．

3．授業概要

授業は 2010 年 10-12 月に 5 校で行い，授業前後に児童対象の事前・事後アンケート（対応あり）を実施した．ここでは下記(1)〜(3)の授業を行ったうちから各 1 校，合計 3 校，合計 300 余名の児童のアンケートをまとめて集計した結果を紹介する．

（1）6 年「月と太陽」

当該授業前に，日没時に時間を決めて（つまり太陽の位置を固定），月の位置と形の記録を１５日程度連続して行う．授業時には，その記録をもとに月の見える位置と形の変化を捉えさせる．次に，三球儀やスチロール球＋タングステンランプなどのモデルを用いて，月の見え方の変化と位置の変化を関連づけて考察させる．

（2）5 年「流れる水の働き」

児童に流水モデル装置を見せ，“これで何をどうするか”を十分に考えさせる（林ほか，2010）．その後，児童の考えを活かしながら，れき，砂などを流す実験を行う．その結果をもとに流れる水の働きを考察させる．

（3）5 年「天気の変化」

校庭のさまざまな場所の気温が同じか違うかを予想してみる．その後，2 人 1 組で校庭に出て，気温を測定する．全ての測定結果を黒板上のグラフにマグネットで示す．測定値の散らかりをもと

に気温の多様性をとらえるとともに，“そのときの校庭の気温”として 最も合理的な値を考察する．

4．事前・事後アンケートの集計結果

アンケートは事前では①理科，②観察・実験，③観察・実験から考えること，それぞれの好き嫌い，④授業以外での観察・実験経験の有無，⑤当該授業の単元内容への興味関心，⑥特別講師（専門家）の授業への期待（9項目から複数選択）を問い，事後では①授業内容の理解，②授業で思ったこと（15項目から4項目以内選択，③印象に残っていること，④これからの理科を問うている．事前，事後とも項目選択方式（事後では①以外は5件法，項目選択では事後の③以外は複数回答）としている．事後は授業実施後1週間程度経て行うようにした．以下にその解析結果を示す．

（1）事前アンケート結果

①から④の各項目間の相関をみるため，Spearmanのρを求めた．①と③で0.623と最も高い相関(n=306)を示し，次いで②と③では0.605(n=304)であった．①と②では0.574(n=307)であったが前者には及んでいない．その他の項目間では0.5以下であった．今回の場合，理科好き＝実験好きが圧倒的ではない結果であった．

特別講師に期待することでは，「観察・実験を多く行うこと」を7割以上の児童が選択し，次いで「科学の研究の面白さの紹介」が6割，「専門的な話」が4割であった．

表1 事後：質問②【授業で思ったこと】の選択分布，「その他」を除く14項目を掲載，○○は扱った内容を示す

			事後：特別講師の授業で勉強になることはどうでしたか				
			まったく分からなかった	あまり分からなかった	まあまあ分かった	よく分かった	合計
事後：理科好き*	事後：○○のことをもっとくわしく知りたくなった	度数	0	4	38	118	160
		合計者に対する割合(%)	0%	1.3%	12.8%	39.7%	53.9%
	事後：自分で○○の観察や観測をしてみたい	度数	0	4	40	76	120
		合計者に対する割合(%)	0%	1.3%	13.5%	25.6%	40.4%
	事後：○○のべんきょうでは考えることが大切	度数	0	3	12	32	47
		合計者に対する割合(%)	0%	1.0%	4.0%	10.8%	15.8%
	事後：○○のべんきょうでは考えることが大切	度数	0	2	22	50	74
		合計者に対する割合(%)	0%	.7%	7.4%	16.8%	24.9%
	事後：○○に興味を持つことが大切	度数	0	3	24	54	81
		合計者に対する割合(%)	0%	1.0%	8.1%	18.2%	27.3%
	事後：○○って面白（おもしろ）いからぜひ学んだ	度数	1	7	23	45	76
		合計者に対する割合(%)	.3%	2.4%	7.7%	15.2%	25.6%
	事後：よく考えれば分かる	度数	2	5	24	42	71
		合計者に対する割合(%)	.7%	1.7%	8.1%	14.1%	23.9%
	事後：○○をきっかけに感じるようになった	度数	0	5	23	64	92
		合計者に対する割合(%)	.0%	1.7%	7.7%	21.5%	31.0%
	事後：説明がむずかしかった	度数	5	19	18	6	48
		合計者に対する割合(%)	1.7%	6.4%	6.1%	2.0%	16.2%
	事後：実験の結果の意味が分からなかった	度数	2	3	3	2	10
		合計者に対する割合(%)	.7%	1.0%	1.0%	.7%	3.4%
	事後：たいくつだった	度数	5	5	5	2	22
		合計者に対する割合(%)	1.7%	1.7%	1.7%	.7%	7.4%
	事後：内容が多かった	度数	3	5	5	4	23
		合計者に対する割合(%)	1.0%	1.7%	1.7%	1.3%	7.7%
	事後：科学の研究に興味（きょうみ）が深まった	度数	0	1	19	73	93
		合計者に対する割合(%)	.0%	.3%	6.4%	24.5%	31.2%
	事後：科学の専門家（せんもんか）の仕事に興味が深まった	度数	0	1	3	17	21
		合計者に対する割合(%)	.0%	.3%	1.0%	5.7%	7.1%
合計		度数	7	27	91	172	297
		合計者に対する割合(%)	2.4%	9.1%	30.6%	57.9%	100.0%

（2）事後アンケート結果

①の授業の理解では，一部は中学校での内容も扱ったが，「よく分かった」，「まあまあ分かった」との肯定的回答が約9割である．①は④のこれからの理科への意識とも相関（n=297, ρ=0.540）が認められた．15項目から4以内を選択させた②の結果は表1に示すように，「○○のことをもっと知りたくなった」が5割以上，「自分で○○の観察や観測をしてみたい」が4割，「科学の研究に興味が深まった」及び「○○を身近に感じるようになった」を3割強の児童が選択している．内容を理解できたほど上記を選択している（表1）．

（3）事前−事後での意識変容

事前事後の変容は，事前①で理科が「少し好き」と「とても好き」の合計は6割5分であったが，事後④では理科が「今より少し好きになりそう」と「今よりもっと好きになりそう」の合計が7割5分に上昇している（表2）．そこで全ての児童の事前−事後の意識変容を見るため両者を対応があるペアとしてWilcoxonの符号付き順位検定の結果，事後で有意に上昇していた（n=307, p=.001）．

表2 事前の質問①【理科の理好き嫌い】と事後の質問④【これからの理科】の回答クロス表

事後：これからの理科について		事前：理科の理好きについて					
		きらい	あまり好きでない	どちらでもない	少し好き	とても好き	小計
	今よりもっと好きになりそう	.3%	.7%	3.6%	7.5%	21.2%	33.3%
	今より少し好きになりそう	1.0%	2.3%	7.8%	16.3%	9.8%	37.0%
	変わらない	2.3%	6.2%	5.2%	6.8%	2.9%	23.5%
	今より少しきらいになりそう	.7%	.3%	.7%	.3%	1.0%	2.9%
	今よりもっときらいになりそう	.7%		1.0%	.7%		2.3%
小計		4.9%	10.1%	18.3%	31.7%	35.0%	100.0%

5．考察

児童は事前の期待に「多くの観察・実験」を多く挙げていることは，「活動好き」の現れであろう．一方，研究の面白さや専門的な話にも期待を寄せていることは児童なりに科学専門家を意識したと考えられる．事後には，扱った内容のことをもっと詳しく知りたくなった，自分でも観察や観測をしたいと思ったとの回答が多い．それらの回答は授業内容が分かったものほど顕著であることから，科学専門家による授業は，“興味・関心と学習意欲を高める” ことに意義があり，内容が分かるほどそれが促進されたと推察される．この種の授業は原則1回限りであるが，その評価は必要である．当然ながらここで行ったアンケートには限界があり授業評価は十分とは言い難い．質的な評価を含め，さらに有効な評価プロセスを工夫したいと考える．

３．事業総括

昨年度，第Ⅱ期事業の形態や運営システムもほぼ完成し安定的に運営が進むようになった。ジュニア科学塾については，広告無しに募集開始から 1 週間程度で募集定員に達するなど，理科好きな小中学生の間に一定の存在感が浸透しているようである。第Ⅱ期のはじめの年のジュニア科学塾の募集は，小学校の特定の科学クラブ修了生からの申込みに依存していたが，2 年目以降はそういった科学クラブの修了生以外の生徒がほとんどで，口コミやサイエンスレクチャー参加者など，独自のルートから参集してもらえるようになった。講座についても教育学研究科自然システム教育学講座の先生による指導体制へ移行したことで，講座の内容も年間を通じた大きなテーマを元に，一層充実したものとなった。運営もしやすくなったと同時に，指導補助に当たる教師を目指す院生・学生にとっても新たな取り組みを試す場になるため，生徒・大学双方へ良い影響が現れている。

科学塾研究室については，昨年度修了生が各学会の高校生ポスター発表などで発表を行った。（生物系三学会（香川大）生物 2 名，「天文高校生集まれ」（大阪教育大）天文 1 名）今年度開設講座は 5 講座 5 名で，これらの生徒は中学・高校生科学シンポジウムで発表を行った。生徒達のレベルも高くなってきており，内容もそれぞれ充実したものとなった。特に，天文講座の 1 名については，運も重なり出現したばかりの超新星を 2 つ観測し同定するという貴重な体験をする機会にも恵まれた。以後，彼女自身もさらに学習を進めて，シンポジウムでの発表は周囲を圧倒するほどの内容であった。この研究は 3 月の天文学会ジュニアセッション（龍谷大）において，ポスターおよび，口頭発表を行った。今後は，予算や運営環境の変化により，大変残念ではあるが，科学塾研究室の規模は縮小する方向で調整していかなくてはならない。参加者もジュニア科学塾の修了生のみとし，開設講座数も縮小する。

サイエンスレクチャーについては，広島会場では 2 年続けて 100 名を越える参加者を得ることができた。しかし，広告宣伝の手法については，まだまだ改善の余地が残されている。一方，尾道会場については昨年以上に申込みは少なく，やむを得ず中止することとなった。これまで，福山，尾道といった県東部でのイベントは毎回人集めに奔走するが，充分な参加者は得られなかった。ときには学校の先生が無理に大勢の生徒を連れてきてくれることもあったが，こういう参加者は講座を受けるマナーが悪く，講師の先生やスタッフに不快な思いをさせることや，アンケートへの協力も得られないことなど多くの問題を生じていた。さらに，一部の教育委員会からは後援が得られない状況もあり，東部でのイベント開催の継続は困難といえる。よって，公募型のサイエンスレクチャーは広島市に限定して行うことが望ましい。

理科ひろばについては，広島市教育委員会との連携ですすめるセンター長を中心とした講座（出前授業）と一般公募の講座の 2 つが定着している。実施する学校数も 12 校と大幅に増加した。来年度も継続して同じ体制で実施をすすめていきたい。また理科ひろばの新たな取り組みとして，年度末から，広島市内の小学校理科担当教員の協力の下，小学校教員向けの野外観察の手引き書，「広島市の自然観察」の編纂をすすめている。本書は，来年度に発行し，広島市内の小学校へ配布する予定である。

４．決算報告および，来年度予算について

平成23年度決算報告				平成24年度予算	
収入の部					
繰越			296,820		398,860
寄付金			3,500,000		3,000,000
合計			3,796,820		3,398,860
支出の部					
サイエンスレクチャー		人件費	71,920	人件費	60,000
		保険費	4,770	保険費	5,000
		消耗品費	100,580	消耗品費	100,000
		広告費	116,445	広告費	60,000
	（予算額）	通信費その他	6,040	通信費その他	6,000
	500,000	小計	299,755	小計	231,000
ジュニア科学塾		人件費	477,784	人件費	480,000
		保険費	14,694	保険費	15,000
		消耗品費	73,009	消耗品費	100,000
		交通費	220,050	交通費	200,000
	（予算額）	会場費その他	27,865	会場費その他	0
	900,000	小計	813,402	小計	795,000
科学塾研究室		人件費	246,079	人件費	200,000
		保険費	5,300	保険費	6,000
	（予算額）	消耗品費	222,530	消耗品費	200,000
	600,000	小計	473,909	小計	406,000
理科ひろば		人件費	43,040	人件費	70,000
	（予算額）	消耗品費	135,900	消耗品費	135,000
				印刷製本	100,000
	100,000	小計	178,940	小計	305,000
会議費		人件費	0	人件費	
	（予算額）	消耗品費	0	消耗品費	
	50,000	小計	0	小計	
事務費		人件費	619,177	人件費	620,000
		消耗品費	700,798	消耗品費	300,000
		事業報告印刷	42,000	事業報告印刷	43,000
	（予算額）	通信費	94,979	通信費	125,000
	1,175,000	小計	1,456,954	小計	1,088,000
		支出合計	3,222,960		2,825,000
負担費	175,000		175,000		150,000
繰越金	296,820		398,860		423,860
総合計	3,796,820		3,796,820		3,398,860

※支出は3月10日現在