



平成28年度

# 大阪の生物教育

大阪府高等学校生物教育研究会



## 第44号発刊にあたって

大阪府高等学校生物教育研究会会長 寺岡 正裕

平成28年度は大阪府高等学校生物教育研究会にとっては代変わりの年といっていでしょう。長年、本研究会の事務局長として務めていただいた北浦隆生(生野)から若手の岡本元達(枚方なぎさ)にバトンタッチされました。事務局として若手3名で運営していただき、ベテラン2名で支えていただく形をとりました。しっかりと堅実に本研究会を率いてこられた吉村前会長(門真なみはや)からバトンを私、寺岡 正裕が引き継ぎました。68年の歴史をもつ本研究会の会長としてこんな私が務まるのもまだまだ教を請うことができる先輩がた、20~40代の若い先生方がいて、後ろでニコニコしながら支えてくれるからです。また卒業された協力会の先輩方がバックアップしてくれています。

東大合格を目指す人工知能「東ロボくん」が昨秋、東大受験をあきらめたのは記憶に新しいですが、国立情報学研究所新井紀子教授が5年間のAI研究で若い世代の「リーディングスキル」の欠如が明らかであると述べたのは衝撃的でした。教科書レベルの内容がきちんと読み取れない生徒がいる。例として「アミラーゼという酵素はグルコースがつながってできたデンプンを分解するが、同じグルコースからできていても、形が違うセルロースは分解できない。セルロースは( )と形が違う。」さて( )の中に入るのは、A:デンプン、B:アミラーゼ、C:グルコース、D:酵素のどれか?公立中学生の正解率は9%で公立高校生の正解率は33%だったとのこと。生徒たちの間違い方が、人工知能が陥りがちな間違いと同じなのだそうです。(答えはA)。「教科書が読めれば、参考書で勉強ができる。教科書がありさえすれば、大学に行っても、会社に行っても、AIに勝ち続けることができる。」と「読解力」を身につけることが何よりも大切であると新井先生は言う。国のほうでは新学習指導要領改訂に向けて動きだしており、キーワードはアクティブラーニングとカリキュラムマネジメントです。人工知能の進化、情報化、グローバル化という急激な社会変化にも対応できる人材育成が必須となっています。

我々は生物の基礎基本を教え、読解力を身につけさせ、生徒ともに思考することを通じて、主体的に学ぶ力と人としての大切なつながりや社会性の獲得、未来を読み解く力を育成することがますます求められます。10~20年後には、日本の労働人口の半分が人工知能やロボットに置き換えられる可能性が高いという野村総合研究所の試算が紹介されており「未来は大変なことになる」というわけです。人工知能を使ってクリエイティブな仕事に就くか、人工知能に使われる内職程度の仕事に就くかで人としての生きがいも変わってきます。こんな時代だからこそ本研究会の活動がますます必要になってくるものと信じます。人工知能にないもの。それは何か。それは「好奇心」に他なりません。先生方が「おもしろい」と思うことを熱く授業で語ってあげてください。その熱さは必ず生徒たちに伝染します。そのことが生徒たちの主体的な学びに繋がっていきます。我々教員は世界に目を向け、常に新しい事象に敏感で、学び続けねばなりません。そのために本研究会は「おもしろい」と思うことを情報発信し続けます。本研究会の仲間たちは教員としての教科指導に、分掌、クラブ指導、PTA活動などの日常の業務で忙しいにも関わらず、自らの時間を勤務時間外で作り、ボランティアで大学の教授や博物館等の学芸員さんと連絡を取り合い、講演会や実験研修会・臨海実習・湾岸生物観察会・施設見学等を企画し、生物に携わる先生方に勉強していただく機会を提供しております。生徒たちには生徒生物研究発表会で切磋琢磨してもらっています。そんな忙しさも「おもしろい」と思うからこそ、自分が「おもしろい」と思うことを情報発信したいから頑張ってしまう。

平成30年度は本研究会の創立70周年となります。若い世代に頑張ってもらおうと思っています。本会誌をご覧になられた方で「へえ、おもしろそう」と思った方は、ぜひとも我々の仲間になって、「おもしろい」を発信しませんか。本会誌は今号から表紙タイトル変更、そしてカラー化を図りました。すごい!また橋淳治(初芝立命館)の努力の賜物「アーカイブDVD」付となって超お得な会誌となっています。

最後になりましたが、本研究会の活動に関しまして、ご指導・ご支援を賜りました近畿大学、大阪府教育センター、大阪市立自然史博物館をはじめ関係機関の皆様方に厚く御礼申し上げます。また、活動にご協力いただいた皆さんに心より感謝申し上げます。研究会誌第44号発刊にあたってのご挨拶とさせていただきます

## 目 次

大阪府高等学校生物教育研究会会則	3
平成 28 年度 研究会の運営について	5
組 織	
・ 名誉顧問、名誉会員、顧問、各種委員	7
・ 運営組織・業務分担	8
実施行事一覧	9
行事及び係報告	
・ 行事報告	10
・ 研究部会報告	46
会員研究	52
生徒研究発表会	61
会誌投稿規定	84
会誌執筆要項	85
投稿票	86
アーカイブ DVD の使用法	87
会誌割付用紙	88



会 則

## 大阪府高等学校生物教育研究会会則

昭和 23.9.28 制定 昭和 25.5.13 改正 昭和 29.4.24 改正 昭和 34.4.23 改正

昭和 37. 一部改正 昭和 39.4.18 一部改正 昭和 49.4.24 一部改正

昭和 54.5.2 一部改正 昭和 61.4.26 改正 昭和 62.4.25 一部改正

平成 12.6.1 一部改正 平成 20.5.14 一部改正 平成 22.6.2 一部改正

<名称>

1. 本会は大阪府高等学校生物教育研究会といい、事務局を役員が所属する学校に置く。

<組織>

2. 本会は府下国公立高等学校並びに特別支援学校を主とした初等・中等教育の生物担当教員および、生物教育関係者をもって組織する。

本会及び生物教育に関し、深い理解を有し、功績のあった生物学関係者を推して、名誉顧問にすることが出来る。また、本会の円滑な運営と発展を図るため、生物教育関係機関の職員を顧問とすることが出来る。

なお、会員中の功労者を退職後、名誉会員にすることが出来る。

<目的>

3. 本会は高等学校・特別支援学校を主とした初等・中等教育における生物教育の目的達成のために研究協議を行い、関係諸団体と連絡提携し、知識技術の向上発展につとめると共に会員相互の親睦をはかることを目的とする。

<事業>

4. 本会は前条の目的を達成するため、次のような事業を行う。

(1) 研究会、協議会、懇談会、講習会、講演会、研修旅行、会誌発行等。

(2) 会員校生徒の生物研究の助成。

(3) その他、本会の目的達成のために必要な事業。

<会議>

5. 定例総会は毎年4月に開き、役員改選、会則変更およびその他、重要な事項を審議する。委員会は必要に応じて随時開催する。

<役員及び任務>

6. 本会には次の役員をおく。

会長 1名 副会長 若干名

委員 若干名 会計監査 2名

会長は、本会を代表し、会務を総轄する。

副会長は、会長を補佐し、会長事故あるときは、その職務を代行する。

委員は、関係業務を分担処理する。

<役員選出及び任期>

7. 役員は別に定める選挙規定により選出し、定例総会で承認を得る。その任期は1年とし、再選もさまたげない。

<会費>

8. 会費は会員1名あたり1000円とする。会計年度は、4月1日より翌年3月末までとする。

<会則の改正>

9. 本会会則の改正は、総会において審議し、その決定には出席者の3分の2以上の同意を要する。

#### 研究会役員選挙規定

会長、副会長、委員、会計監査は次の方法で選出し、定例の総会で承認を得る。

1. 会長 委員会で推薦する。
2. 副会長 会長が推薦する。
3. 委員 前年度末の委員会に於いて国府立12名、私立3名、府立以外の公立2名を基準として、会の運営を考慮して候補者を選定し、総会に推薦する。また、委員に立候補する場合は1月末まで事務局まで届け出る。委員の立候補および推薦の権利は、選挙時点でのすべての会員とする。
4. 会計監査 会長、事務局が2名を選出する。

会務報告

## 平成 28 年度 大阪府高等学校生物教育研究会の運営について

事務局庶務 岡本 元達(府立枚方なぎさ高校)

### 1. 会務報告について

平成 28 年度研究会事務局は長年の課題であった庶務の大幅な引き継ぎを行いました。総会までは北浦隆生(生野高校)が主な業務を行い、総会以降は岡本元達(枚方なぎさ高校)が主な業務を行いました。本研究会の世代交代のきっかけとなる年となりました。本部事務局を岡本元達(枚方なぎさ高校)、高嶋浩紀(三国丘高校)、河内康隆(泉陽高校)、北浦隆生(生野高校)、中根将行(大手前高校)と 5 校に置き若手をベテランが支える形で行いました。事務局会計は榎阪昭則(泉北高校)に引き続き務めていただきました。昨年度の会務報告にもありましたが、実験書会計は会計に一本化され、実験書事務局は本部事務局に移行しました。会費納入制度が個人会員制変更以来、財政的に苦しい状況が継続しています。研究会協力会からの寄付と、近畿大学様より生徒研究発表会に協賛および広告をいただき、助かっております。

生物教育研究会の行事・事業は別表の通りですが、総会では、ホル材保全トラストジャパンの中西宣夫先生に「ホル材緑の回廊プロジェクト」と題して講演をいただきました。総会の会場は、大手前高校を使用させていただきました。

日本生物教育会全国大会は、8 月 6 日～7 日、熊本保健科学大学を会場に「身近なところからの生物教育」をテーマに開催されました。記念講演は京都大学野生動物研究センター熊本サテライト所長 平田 聡 教授が「生物としての人を考える：類人猿を通して学ぶ人の心の進化的基盤」という題でシンポジウムやホル材の心の研究について展開されました。大阪からは口頭発表 1 題が出されました。また、昨年度同様、アカイグ DVD と生物実験集録を大阪ブースで販売を行いました。ご協力いただいた先生方ありがとうございました。

さて、研究会の事業ですが、長年高津高校の協力を得て運用していたサーバーから民間のレンタルサーバーへ移行しました。それに伴い、メンバーリストや本研究会の HP の移行を行いました。特に HP の管理にご尽力いただきました中根将行(大手前高校)、橘淳治(大阪はつしば学園小学校)のお二方には心から御礼申し上げます。レンタルサーバーへの移行に伴い、各係・各部会で HP の更新やメンバーリストの管理を行えるよう講習会を行いました。次年度以降も継続して講習を行っていく予定です。また、基礎基本の充実を考え、実験研修会を今宮工科高校、岸和田市立公民館・中央地区公民館、ルネサス大阪高校の計 3 回行いました。これまでになく、多くの先生方が来られ、有意義な研修会となりました。次年度もまた開催していく予定ですのでご参加よろしくお願い致します。

また、さまざまな外部の団体との連携事業・行事を実施してきました。大阪市立自然史博物館による研修など協賛を行いました。「生徒生物研究発表会」や「青少年のための科学の祭典」は来年度もさらなる発展を期待しております。できるだけ、予算をかけず、効果的な研究会活動を実施するべく会員の先生方のご協力・ご活躍をお願いいたします。

次年度は事務局の代替わりに伴い大きく研究会が変わり、さらなる飛躍の年となるよう尽力致しますので、ご協力お願い致します。

## 2. 研究会の役員組織と業務運営について

平成 28 年度の会長は、府立門真なみはや高校吉村烈校長から変わり、府立三国丘高校(定時制)寺岡正裕准校長に務めていただきました。平成 28 年度の委員は、委員会における推薦及び、自薦による立候補者から準備委員会において委員候補者を選定し、総会に於いて承認されました。

## 3. 平成 28 年度 大阪府高等学校生物教育研究会の重点目標

### (1) 教育課程の研究

現教育課程の指導内容および指導法に関する研修を深める。

現教育課程についての研究に努める。

現教育課程に対応した「生物実験集録」の普及に努める。

### (2) 生物実験の研修

実験研修会などを通じ、教材生物の飼育・培養法の研究と普及を図る。

また、生物教材の維持普及のための拠点校整備について検討する。

### (3) 交流と連携の促進

小学校、中学校、高等学校、大学の校種間の交流を促進する。

自然史博物館など関係機関や近隣の生物教育研究会との連携を深める。

### (4) 研究会の活性化と発展

研究会の組織と運営の活性化について検討する。

新事務局での会の運営を円滑に行えるように努める。

若手の育成に向けた実験研修の充実に努める。

## 平成28年度 名誉顧問・名誉会員・顧問・各種委員

名誉顧問	浅野 素雄	今安 達也	松田 仁志	和佐 眞宏	江坂 高志		
名誉会員	岡原 勝	野久保 栄一	柿迫 修	原本 哲也	中原 圓	山田 孝子	
	渡辺 勉治郎	山田 惇	寺井 見一	足立 堯	萱村 善彦	原田 彰	
	福坂 邦男	清水 正樹	平賀 正男	古久保 俊子	三木 正士	松崎 博	
	江藤 昌晴	野村 穰	有馬 忠雄	木山 禎策	西河 巖	吉川 浩	
	中村 武男	河野 成孝	丸山 純一	梶村 重次	中野 俊勝	辻本 昭信	
	松本 弘	山住 一郎	澄川 冬彦	奥本 隆	石崎 英男	左木山 祝一	
	富田 織江	小畑 和人	大江 進	田中 正視	牧野 修司	奥野 嘉彦	
	濱名 猛志	大島 みどり	杉山 友重	佐々木 陽一			
顧問	広瀬 祐司(教育センター)			佐久間 大輔(大阪市立自然史博物館)			
	吉村 烈(門真なみはや校長)						
会長	寺岡 正裕(三国丘定時制准校長)						
副会長	井上 慎一(中津支援校長)			幸川 由美子(かわち野校長)			
	川崎 智朗(みどり清朋教頭)			柴原 信彦(市立第二工芸教頭)			
	中根 将行(大手前指導教諭)						
委員	出原 茂樹(佐野)	今岡 悦子(泉大津)		大喜多 教子(生野)			
	小野 格(高津)	加藤 励(平野)		河添 純子(泉鳥取)			
	河野 博文(豊島)	日下部 正(大手前)		鈴江 隆弘(北野)			
	佃 雅之(牧野)	濱野 彩(和泉)		濱田 典子(西淀川)			
	久山 尚紀(三国丘)	広瀬 嘉彦(四条畷)		藤井 信洋(池田)			
	松井 孝徳(泉鳥取)	三浦 靖弘(今宮工科)		三井 裕明(枚方)			
	村本 彩(桃谷)	井上 洋(芥川)		木村 進(泉北)			
	高野 朗(芥川)	長尾 祐司(東百舌鳥)		仲田 敏弘(農芸)			
	中井 一郎(大教大附属平野)			森中 敏行(大教大附属天王寺)			
	青山 倭成(初芝立命館)			大久保 雅弘(樟蔭)			
	岡本 直美(初芝立命館)			小田桐 幸彦(清風南海)			
	竹内 準一(ルネサンス大阪)			橘 淳治(大阪初芝学園)			
	中村 哲也(大阪国際大和田)			野村 瑞貴(初芝立命館)			
	古本 大(同志社香里)			宮本 裕美子(関西大学高等部)			
会計監査	村上 智加子(りんくう翔南)			宮井 一(枚方なぎさ)			
会計事務局	榎阪 昭則(泉北)						
本部事務局	岡本 元達(枚方なぎさ)	河内 康孝(泉陽)		高嶋 浩紀(三国丘)			
	北浦 隆生(生野)	中根 将行(大手前)					

平成28年度 運営組織・業務分担

各係	内容	副会長	主担	担当者
行事	<ul style="list-style-type: none"> <li>・総会</li> <li>・講演会・見学会</li> <li>・生徒研究発表</li> <li>・センター試験検討</li> </ul>	柴原	中井 中村	出原 大久保(雅) 古本 濱野 藤井 岡本 長尾 宮本 久山 加藤 三井 松井
実験研修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実験講習会</li> <li>・会員研究発表会</li> <li>・日本生物教育会</li> <li>・研修旅行</li> </ul>	井上	濱野 河内	古本 岡本 河添 高嶋 若林 濱田 宮井 村上(智) 森中 榎阪 中村 竹内 高野 橋 三浦
実験書	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実験書 検討</li> <li>・実験書 会計</li> </ul>		<u>古本</u> <u>榎阪</u>	中井 北浦 佃 橋 木村
会誌	<ul style="list-style-type: none"> <li>・会誌編集</li> </ul>		橋 濱野	北浦 中村 小野 仲田 青山 岡本 野村
教育課程・ 学習指導法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・教育課程研究</li> <li>・研修会</li> <li>・教材開発</li> </ul>	中根	北浦 中村	小田桐 今岡 大喜多 中井 鈴江 森中 広瀬 村本 岡本 河内 高嶋
ホームページ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・HP作成及び広報</li> </ul>		<u>中根</u> 橋	北浦 青山
研究部会	<ul style="list-style-type: none"> <li>・分子生物</li> </ul>		北浦	小田桐 森中 仲田 岡本
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大阪湾岸の生物</li> </ul>		<u>河添</u> 村上(智)	古本 宮井 高嶋 松井
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・森林生態</li> </ul>		<u>出原</u> <u>宮井</u>	鈴江 榎阪 長尾 久山
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・環境教育</li> </ul>		古本	北浦 中井 小西*
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生物教育施設</li> </ul>	幸川	岡本	平田* 鈴江 宮本 村上
事務局	<ul style="list-style-type: none"> <li>・会計事務</li> <li>・会計監査</li> <li>・公文書、庶務</li> </ul>			榎阪 村上(智) 宮井 岡本 河内 高嶋 北浦・大喜多 中根・日下部

主担者が複数存在する係、研究部会ではその代表者に下線。委員以外は氏名の右に「\*」を付記。



## 平成 28 年度行事一覧

### 1. はじめに

実施日	行事名・事項	会場
4月9日	第1回湾岸生物研究部会海岸生物観察会	田倉崎
4月24日	第2回湾岸生物研究部会海岸生物観察会	豊国崎
5月8日	第3回湾岸生物研究部会海岸生物観察会	城ヶ崎
5月21日	第4回湾岸生物研究部会海岸生物観察会	長崎海岸
5月24日	第1回森林生態部会	豊国崎付近
6月10日	総会	大手前高校
7月1日	第1回委員会	三国丘高校
7月1日	退職された先生を囲む会	
8月22日・23日	サイエンスフェスタ	
9月16日	第2回委員会	高津高校
9月28日	第1回HP講習会	大手前高校
10月13日	第2回森林生態部会	岸和田市中央公園
11月16日	第1回実験研修会	今宮工科高校
11月23日	生徒生物研究発表会	自然史博物館
12月9日	第2回実験研修会	きしわだ自然資料館
1月6日	施設見学研修会	天王寺動物園
1月18日	評価部会	大手前高校
1月27日	会員研究発表会	自然史博物館
1月27日	第3回委員会	自然史博物館
2月11日	第2回HP講習会・係会	はつしば学園小学校
2月15日	第3回実験研修会	ルネサンス大阪高校

行事

平成28年度 総会

記録 府立枚方なぎさ高校 岡本 元達 教育大附属平野校舎 中井 一郎

日時：平成28年6月10日（金）14:30～17:15

場所：大阪府立大手前高等学校

<総会の部>

1. 開会の辞

府立三国丘高校(定時制) 寺岡 正裕 会長

2. 来賓挨拶

生物教育研究会協力会

3. 議事

(1) 平成27年度会務報告

府立生野高校 北浦 隆生

(2) 平成27年度会計報告

府立泉北高校 榎阪 昭則

(3) 平成27年度実験書会計報告

府立泉北高校 榎阪 昭則

(4) 平成27年度会計監査報告

府立枚方なぎさ高校 宮井 一

(5) 平成28年度委員承認

府立三国丘高校(定時制) 寺岡 正裕 会長

(6) 平成28年度会務運営方針

府立枚方なぎさ高校 岡本 元達

(7) 平成28年度予算案

府立泉北高校 榎阪 昭則

(8) その他

4. 閉会の辞

<記念講演会の部>

演題：ボルネオ緑の回廊プロジェクト

講師：ボルネオ保全トラストジャパン

理事 中西 宣夫 先生

2000～03年にかけて、先生は、中東のヨルダンハシミテ王国の乾燥地帯で、環境保全型農業の入と普及およびマイクロファイナンスによる貧困の克服の活動に取り組んでこられた。帰国後、大阪大学中村先生のご紹介で、(株)Saraya と出会い、ボルネオでの野生生物の保全活動に取り組むようになり、ボルネオ保全トラストジャパ

ンの設立にも関わってこられた。

現在、食用あるいはシャンプーや洗剤、化粧品の成分などとして利用されている植物性油脂の多くが、北アフリカ原産のアブラヤシの油脂、つまりパームオイルであり、ボルネオ島を含む東南アジアでは、熱帯雨林や、過去に多くゴムのプランテーションとして利用されていた土地が、パームオイルのプランテーションとなっている。日本だけで年間64万トンのパームオイルを利用する私達日本人は、「無意識の加害者」として、熱帯多雨林にすむ野生生物の生活場所を奪っているのである。

それでは、貴重な野生生物であるオランウータンやボルネオゾウなどの野生生物を守り、助ければいいのだろうか。先生たちのNPOでは、野生動物の保護だけでなく、その場所の生態系を保全し、生物多様性を保全する取り組みを行っている。(株)Sarayaをはじめとする賛助企業などからその売り上げの一部を提供していただき、集まった資金ですでにプランテーションとなっている土地の一部を買い上げる活動を行っている。これによって、残っている分断化された熱帯雨林をつなぎ、野生生物の移動を可能にすることで、熱帯雨林の生物多様性を保全しようとしているのである。

また、大阪市消防局の古くなった消防ホースを使って、川の兩岸の木々の間に吊り橋を渡し、水を恐れるオランウータンの移動を促進する活動も行い、実際にオランウータンがその吊り橋を使って熱帯雨林間を移動していることも確認された。これらの活動を通して、現地の人たちの経済活動に影響を与えずに、生態系や生物多様性の保全の取り組みを進めているが、小さな力でできることも限られており、現地情勢が活動に影響を与えることも多い。

総会后、生物教育研究会協力会総会が開催され、同協力会から、研究会へ寄付をいただきました。

行事

日本生物教育会 (JABE) 第 71 回大会 熊本大会

(記録) 枚方なぎさ高校 岡本 元達

日時：平成 27 年 8 月 6 日(土)・7 日(日)

場所：熊本保健科学大学

テーマ：身近なところからの生物教育

熊本駅から数駅移動したところにある熊本保健科学大学で JABE の 71 回大会が行われました。4 月の震災後の混乱の中、県内の生物教員数総出で運営された熊本大会はたいへん素晴らしいものでした。

記念講演は、「生物としての人を考える：類人猿を通して学ぶヒトの心の進化的基盤」と題して、京都大学野生動物研究センター熊本サンクチュアリ所長 平田 聡 教授によるチンパンジーやボノボの心の研究についての紹介がありました。チンパンジーの騙し合い、協力、道具使用行動と社会的学習、チンパンジーとボノボの違いなど非常に興味深いものでした。

また、平田教授には次年度に本研究会でご講演をして頂く予定です。

大阪からの口頭発表は 1 件で、「探究活動の指導のためのツール Advice for Researchers + Research Lab Notebook」府立生野高校 北浦 隆生 先生が発表されました。

また、橘先生のご尽力で完成した「大阪府高等学校生物教育研究会アーカイブ DVD」や本研究会の財産である生物実験収録を大阪のブースで販売しました。お手伝い頂いた先生方ありがとうございました。

特別企画は「新教科書作成に向けた“動物の行動”に関する情報交換会」と題して、平田 聡 教授、九州大学理学研究院の 粕谷 英一 准教授、東京大学大学院の 佐倉 統 教授、琉球大学の 辻 和希 教授をパネリストに迎えて行われました。

日本学術会議行動生物学分野では 3 年前の学習指導要領の大幅改定を受け、「難しくなった」とされる高校生物の教科書を補填する副教材を

作る案が持ち上がっています。そこで現場教職員とパネリストで情報交換を行いました。

研究協議は 4 つの分科会で行われました。

・第 1 分科会：部活動・課題研究を通じた生徒の科学的探究心の育成

・第 2 分科会：身近な教材の共有を通じた教師間の連携

・第 3 分科会：「生物」教科書利用時の教科指導における課題と工夫

・第 4 分科会：高校生物におけるアクティブラーニング型授業体験および意見交換

どの分科会でも活発な研究協議が行われておりました。特にアクティブラーニングへの関心が高かったように思われます。

現地研修は、震災の影響で A 阿蘇コース と E 緑川河口干潟コース は中止となりましたが、それ以外の 6 つのコースは予定通り行われました。復興でお忙しい中、熊本の皆様に非常に丁寧なおもてなしをして頂き、非常に充実した現地研修となりました。

B 人吉球磨コース

C 天草コース

D 水俣芦北コース

F 江津湖コース

G 立田山コース

H 熊本サンクチュアリコース

震災後であるにも関わらず、手厚い熊本の先生方のおもてなしのおかげで楽しい大会を過ごさせていただきました。次年度、栃木大会が実施される予定です。

各都道府県の先生方で福島大会、熊本大会と次期学習指導要領への関心が高まってきていると感じております。答申は既に出ておりますが、次年度の栃木では大阪から何か意見を出せればと思っております

行事

## センター試験検討 (旧「生物教育における評価」研究部会)

平成 29 年 1 月 18 日 (水) 於 大阪府立大手前高等学校  
私立 大阪国際大和田高校 中村哲也

### 1. 平成 28 年度の活動内容

本研究会評価部会において開催した平成 29 年度大学入試センター試験問題検討会の概要を以下に報告する。評価部会の開催にあたっては、広く府内の生物教員に参加を呼びかけ、ご参集いただいた 23 名の先生方により、「生物」および「生物基礎」の 2 科目について検討した。なお、例年に倣い、大阪大学大学院理学研究科招へい研究員の吉本和夫先生にもご参加いただき、助言をいただいた。

### 2. 評価部会報告

(1) 「生物」 各問についての検討結果

【第 1 問】A の問 1・2 は標準的な良問である。ただ、S-S 結合や問 2 の「セカンドメッセンジャー」に関する内容は本文で扱っていない教科書があり、使用した教科書による生徒の有利・不利が出たことが懸念される。

B の問 6 については、思考問題としては理解できるが、題意が掴みかねる。選択肢①はあまり意味が無いのではないだろうか。

【第 2 問】A から実験に関する思考問題が出題されている。内容から見て、図があった方が考えやすかった。実験 3 を受けて、問 3 を考える形になっているが、題意がよくわからない。神経性の外胚葉細胞は他からの誘導を受けることなく眼杯および網膜に分化するということを判断させることが題意なのであろうか。また、ある教科書は眼杯・眼胞から網膜への分化は水晶体の誘導によって起こることを記載しているので、それを知識として持っている生徒は混乱したのではないだろうか。

B の問 4 の設問番号 4～6 は個々に配点されており、この形式は良かった。ただし、設問番号 6 のように、胚のう内の染色体数の合計本数を問うというのはあまり見かけない設問なので、正答率

の低下を招いただろう。問 5 については、題意はわかるのだが、選択肢を一つずつ読み「同じである」「異なる」をいちいち判断しなければならないので、正解を得るまでの過程が煩雑である。

本問のような、遺伝子記号の組み合わせに関する (旧課程でよく見られた) 出題があると、教育現場では困惑が広がる。新課程となって、メンデル遺伝に基づく学習内容は教科書から大きく削除されているにも関わらず、入試対策として相変わらず指導しなければならない。そのギャップを現場の教師が埋めているという実情がある。

【第 3 問】A については基本的な内容を問う良問である。B については問題の内容および構成は良いのだが、発芽率は本当にこのようになるのか? という疑問の声があがった。問 5 について、「最も適当なものを選ぶ」問題として、④の「100%」が正解であることに異論の余地はないが、果たして実際の発芽率はどうなのだろうか? 「実験してみないとわからない」というのが本当のところではないのだろうか。

【第 4 問】A のハリガネムシの寄生に関する出題は題材としては面白い、と概ね好評であった。問題の中身は「読めばわかる」内容なので、問題文は長い、難問ではない。「面白い問題だった」という生徒の感想も聞かれたようなので、生物学への興味を誘う良問と言えるかもしれない。図 3 に関しては、問題を解くにあたって不可欠な図であるのに、他のページの図と比べて、小さいのではないかという指摘があった。

B は全体的に紛らわしい選択肢のない良問であった。問 5 は中規模かく乱説を学習していれば、正解に至ることができる問題であろう。

【第 5 問】A 問 1, 2 の出題には多くの疑問の声があがった。まず問 1 の空欄アとイの判断には「記」レベルの細かい知識が必要で、これはハー

ドルが高い。実際、不正解の生徒が多いようであった。また、そもそも何をもって「鳥類の出現」と定義するのは難しいのでは?、という指摘も出た。過年度のセンター試験も含めて、生物の変遷に関してこのレベルまで出題されると、来年度以降も生徒はますます細かい知識を暗記するという受験勉強に取り組むことであろう。センター試験におけるこのような出題傾向が高校生の「生物離れ」に拍車をかけるのではないかと強く危惧する。問2はまるで「論理パズル」である。教科の学習内容や生物学的な思考力とどのように関連するのだろうか。また、図1の系統樹にハネジネズミが含まれている意味は何であろうか。ハネジネズミという、決して高校生がよく知っているとは言えない生物をあえて挙げなくても問題は成立するはずである。単なる誤答誘導なのだろうか。

それに対してBはきわめて素直な問題であった。良問として評価できるが、もう少し出題に工夫の余地があったのではないだろうか。

【第6問】第6問と第7問は例年と同様、どちらかを選択する形式である。あくまで本検討会の報告内での話であるが、第6問を選択した生徒はかなり少数であったようだった。

問1は生徒にとっておなじみの図から選ぶ形式なので、平易な問題であった。それに対して問2は図が無く、生徒にとっつきにくい印象を与えたかもしれない。また、細胞分画法の知識に基づいて考えた生徒はそれぞれの細胞小器官が何だろう?と考えこんでしまい、混乱した可能性がある。

#### 【第7問】

会話文に基づく設問で、読みやすい。出題難易度も平易な部類に入るだろう。多くの生徒が安心して解ける問題だった。

#### (2)「生物」全体の評価

上述のようにいくつか問題が感じられる箇所もあるが、全体的に良い出題であったと思われる。実験思考題と知識題のバランス、出題分野のバランス、難易度に関してはいずれも適正であった。重複正解と思われる問題、学力とは関係のない非本質的な所で失点を誘うような問題も目立ったものは無かった。第2問の問4のように、枝間に個別に配点する形式は歓迎すべき傾向である。平均選択肢数が前年より減少しており、これも平均点の

向上に影響していることであろう。

#### (3)「生物基礎」各問についての評価

【第1問】基本的な事項を素直に問う出題で、多くの生徒にとって問題集や定期テストなどで経験したことのあるような類の問題ではないだろうか。体細胞分裂に関するB問題も計算問題が含まれてはいるものの、解きやすい問題だった。

【第2問】Aの問1～問3はそれぞれ選択肢数が6個なので、やや多い。しかし、内容が平易なので、生徒は誤文の選択肢にほとんど引っかからなかったようである。B問題についても、第1問と同様に基本的な問題なので、受験勉強をする中で必ず経験済みの問題ではないだろうか。

【第3問】バイオームの分布図に棒グラフを立てて、3次元的に各バイオーム別の年平均有機物生産量を示した図1の表現は理解しやすい表現方法だった。問1はこの図に基づく出題であるが、各バイオームの図中における位置さえ知っていれば正解できる。問2はXが夏緑樹林のバイオームを示すことを見分け、水平分布と垂直分布の両方を考慮して、それが分布していない地域を選ぶ、という思考パターンで考える問題であろうが、あまり難しく考えなくても夏緑樹林が分布しないならば「沖縄」、と選択しておけば正解に至ってしまう。B問題の土壌における有機物分解に関する問題はことさら出題されることは少ない題材かもしれないが、緻密な知識を必要としない内容なので、生徒は容易に正解を選べたであろう。

#### (4)「生物基礎」全体の評価

もともと出題範囲が狭いこともあるが、実験思考題と知識題のバランス、出題分野のバランスについての偏りは見られず、出題バランスは適正であった。教科書逸脱、特定の教科書にしか記載されていない内容からの出題、重複正解と思われる出題も見当たらない。その他、全体的に問題となるような箇所もなく、良問ぞろいの出題であったと、高く評価したい。

過去最高の平均点を記録したようであるが、出題内容を見ればそれも頷ける。検討会に出席された高校教員からは「もう少し考察させる問題を出題してはどうか」、という意見もあり、確かに平易な知識問題に偏っていた感は否めない。しかし、

学習内容と直接関係のない非本質的な出題形式の難問が出題され、それが平均点の下落につながるようであれば、それは本末転倒である。教科書の記載に基づき、高校の教育課程を真面目に学習してきた高校生がきちんと高得点を残せるような出題に配慮されることが大学入試センター試験の出題にとって最も重要なポイントであるということには変わりはない。次年度以降、思考問題の増加があるとしても、その原則からははずれることないよう願いたい。

### 3. おわりに

本研究会・評価部会におきまして、貴重なご意見をいただいたすべての先生方に深く感謝いたします。本検討会を出発点として、より多くの先生方が大学入試センター試験の出題のみならず、生物教育全般に対して積極的に関心をお持ちいただき、そのことが更なる生物教育の充実と先生方の教育実践の進歩へと繋がって行くことを引き続き祈念しています。

今後ともどうぞよろしくお願い致します。



実験研修

## 藻類の生態と培養

### — Chlorella の簡易培養と生物分野での機器分析への誘い —

大阪初芝学園 橘 淳治 ・ 府立今宮工科高等学校 三浦 靖弘

#### 1. はじめに

藻類は、小・中・高等学校の理科実験における顕微鏡観察材料のほか、呼吸や光合成などの生理学実験、水質浄化や水質判定等の環境科学実験にしばしば用いられる。

しかしながら藻類は、単一の分類群ではなく水中生活をする植物群の総称として用いられるため、その解釈には注意を要する。

岩波生物学辞典第四版によると、「藻類は広義には水中に生育し同化色素をもち独立栄養生活をする植物の総称。海草も含み、系統的に単一でなく便宜的にまとめられた群。厳密には、光合成の過程において  $O_2$  を放出する生物から有胚植物を除いたもの。藍藻類・原核緑藻類・紅藻類・灰色藻類・クリプト藻類・渦鞭毛藻類・黄金色藻類・珪藻類・褐藻類・黄緑藻類・ハプト藻類・ラフィド藻類(緑色鞭藻類)・クロララクニオン藻類・ミドリムシ藻類・プラシノ藻類・緑藻類・車軸藻類などがあり、藍藻類(藍色植物)と原核緑藻類は原核生物に、他の藻類は原生生物に分類されることがある。緑藻類の一部と紅藻類・褐藻類の大半は組織・器官を形成する多細胞個体として生活し、とくに海に生活するものを海藻(marine algae、seaweeds)という。」と説明されている。

本研修では、カルビン・ベンソン回路の研究材料として用いられたほか、児童・生徒に馴染みのある淡水産藻類(特に緑藻類の Chlorella)の生態と培養について、実習を中心に行いたい。

#### 2. 藻類の生態

藻類の生理生態については、秋山優らの「藻類の生態」(内田老鶴圃社刊)に詳しく書かれているので、それを引用する。

海洋、湖沼、河川などは、まとめて水界と呼び、藻類は光合成植物として水界生態系におけ

る重要な位置をしめる生産者である。

藻類には、植物プランクトンとも言われる浮遊性の藻類のほか、着生生活を送る大形藻類(海洋では海草など)のほか、付着性の微細藻類や植物ベントスとも言われる底生藻類がある。

生産者としての藻類については、水深の浅い沿岸部では海草が極めて大きな現存量を占めているが、沖合や水深が深いため底生藻類の生育はみられず、植物プランクトン(浮遊藻類)が生産者としての重要な位置をしめる。

また、水界生態系の区分であるが、合成活動に必要な太陽光が透入する表層を有光層(euphotic layer または photic layer)と言い、沿岸部では浅く、外洋では深く(150m程度)となる。

湖沼の沿岸部では底生生活を営む大形藻類が水生高等植物と共に生産者として重要な位置をしめ、浮遊藻類である植物プランクトンの生産者としての役割は低い。しかし、湖沼の沖合部で水深が深いので底生藻類が生育せず、植物プランクトンのみが生産者としての位置をしめている。

河川においては、日本の場合、短く、流れの速い河川では植物プランクトンがほとんど見られず、付着性微細藻が生産者の主体となる。

アマゾン川などの大河川の場合には付着性微細藻と共に植物プランクトンも生育し、両者が生産者としての役割を果たしている。

#### 3. 藻類の増殖と培養

藻類の増殖を含めた生活は、光合成に伴い必要とする物質を取込み、有機物を生産している。

藻類が外界から取り込む栄養物質は、炭酸と無機の窒素化合物、リン酸化合物などである。そのほか、微量物質として金属元素やビタミン

類が挙げられる。

藻類を培養する一般的な培養液の組成として、窒素化合物は、硝酸、無機リン酸、硫酸マグネシウムがある。珪藻では、多量の珪酸を要求する場合もあるが、海洋では汽水域など淡水との混合が起る場所に限定される。

貧栄養性植物プランクトンの培養の場合、主要栄養塩である窒素化合物、リン酸塩が高濃度で存在すると生育阻害が起ることによるといわれる。

リン酸塩については、高濃度では急激な生育阻害あるいは死滅が起るが、必ずしもリン酸塩そのものが原因ではなく、使用したリン酸塩中の不純物（とくに重金属）による生育阻害と考えられている。

一般に、外洋性の藻類は重金属イオンに著しく感受性が高いと言われているが詳細は不明な点が多い。

しかしながら、家庭雑排水の流入する湖沼や池では、栄養塩類の現存量がそれほど高くないにも関わらず藻類の大量発生が観測されることが多い。このような水域では、石鹼等に含まれるキレート剤（例えばEDTA）が多く、このキレート剤が重金属イオンをマスクングしてしまい、毒性を低下させているため、藻類に対する阻害作用が減少し、結果的に藻類の増殖が起っている可能性も示唆されている。

アンモニア態窒素の場合は、高濃度で生育阻害を起す。これは、アンモニア態窒素は光リン酸化や酸化的リン酸化の脱共役を行うので、細胞内にアンモニアとして蓄積される量が多い場合に生育阻害が起ると考えられている。

また、緑藻類のクロレラなどの場合には、対数増殖期の終了は栄養塩の欠乏ではなく、藻細胞密度の増加による光量の減少で起ることが多い。

硝酸態窒素は、細胞に取り込まれてもすぐにアンモニア、アミノ酸の同化が起らず、一時的に藻細胞内にプールされてから必要に応じて利用される。

硝酸還元（窒素同化）は光合成（炭酸同化）に伴って行われるが、一般には炭酸同化に比べて低い光強度で飽和する。そのため光強度下では、光合成による炭素、窒素の同化量の割合は

炭素同化の割合が高くなり、同一窒素源環境下にあっても、藻細胞の状態には変化が生じる。これに加えて温度が低下すると、この差はさらに著しくなり、比較的弱光下であっても強光下と同様の窒素欠乏型の変化が起る。

自然界では、赤潮発生時のような急激な、しかも高い密度までの藻類の増殖を除くと、藻細胞密度、栄養濃度とも希薄であり、比較的長い時間スケールでの変化のみが起るのが通常である。

そのため、自然界での栄養など環境因子と藻類の質的、量的状態の観察結果が、急速に増殖させる培養系と異なる結果になることが多いので注意が必要である。さらに、単一藻類種ではなく複数種の藻類が存在する場合は、さらに複雑になり、自然界と培養系（実験系）では、遷移に代表されるように異なる結果になることが予想される。（「藻類の生態」より引用。）

#### 4. 藻類の培養

藻類の培養については、田宮博らの「藻類実験法」（南江堂刊）に詳しく記載されているが、ここでは、学校の設備等で行える簡易的かつ実際的な培養について、その意味と方法について述べたい。

藻類の培養に当たっては、陸上植物と同様に光、温度、水、栄養（主要要素、微量元素）が必要となる。栄養について考えると、主要要素としてN、P、K、Na、Mgが、微量元素としてFe、Ca、B、Mn、Zn、Cu、Mo、Co、Ti、W、Cr、V、Niがある。その他、炭素源やビタミン類も必要である。

これらを考慮して、藻類種に合わせて多くの培養液が考案されている。ここでは、淡水産藻類の培養に汎用的に用いることができる培地の組成とその作成法について述べたい。

表1において、PIV微量元素溶液の組成は表2に示した。同様にトリス緩衝液の組成は表3に示した。

しかしながら、この培地においても、化学天秤を用いて毎回秤量し、また、雑菌や藻類が混入しないように滅菌して作製するのは大変困難である。

そこで、これまでに府立高校で行ってきた方

法を紹介する。

表 1 緑藻類用完全合成培地

硝酸カルシウム	150mg
硝酸カリウム	100mg
硫酸マグネシウム	40mg
グリセロリン酸ナトリウム	50mg
ビタミンB12	0.1 $\mu$ g
ビオチン	0.1 $\mu$ g
塩酸チアミン	10 $\mu$ g
* P IV-微量元素溶液	3mL
* トリス緩衝液	500mg
蒸留水	997mL

表 2 P IV-微量元素溶液

EDTA	1g
塩化第二鉄	194mg
塩化マンガン	36mg
塩化亜鉛	14mg
塩化コバルト	4mg
モリブデン酸ナトリウム	13mg
蒸留水	99mL

表 3 トリス緩衝液

トリスヒドロキシアミノメタン	0.606g
0.1 規定-塩酸	40mL
pH	7.4-7.6

まず、表 1～表 3 の試薬については基本的には 1,000 倍量の濃度の溶液を作製し、それを使用時に 1,000 倍希釈して培養液を作製する。また、滅菌が大変なので、市販の滅菌済み蒸留水を購入する場合もあるが、コストがかかるので藻類の混入が無い水（市販のミネラルウォーター）を購入して、それを用いる。

培養用のガラス器具類については、乾熱滅菌または高圧蒸気滅菌をする必要があるが、これも大変なので、藻類の混入が無ければよいということで、衛生的な容器（具体的には、ミネラ

ルウォーターの入っていたペットボトルなど）を用いる。



図 1 培養に用いる試薬類の一部

藻類培養の失敗原因で最も多いものは、コンタミネーションである。これを回避するために使用器具類の滅菌や滅菌済みディスポーザブル器具の使用が望ましいが、発想を変えて、できるだけ器具を使わない方法を取る。具体的には、コンタミネーション原因 No. 1 のピペットは使わない。扱うのは化学分析ではなく生物（生きもの）であるため、正確な秤量や体積を量る必要は無いので、メスシリンダーなどは使わず、市販のペットボトル入りのミネラルウォーターなどは記載された内容量を信じる。また、同一のミネラルウォーターを複数本購入し、体積を計りながら新品のミネラルウォーターのボトルに高さ合わせなどで、体積ごとの印をつける。

原理を考えて、工夫することである。

例えば、表 1 の緑藻用完全合成培地の作製に当たっては、蒸留水 997mL の代わりに市販の 1L のペットボトル入りのミネラルウォーターを購入し、滅菌三角フラスコの代わりに、そのミネラルウォーターが入っているペットボトル容器を使う。

硝酸カルシウム 150mg を毎回秤量するのは大変なので、硝酸カルシウム 150g をミネラルウォーターに溶かして 1L としたものを用意する。この場合も、購入した 1L のペットボトルの開封前に 1L の高さのところにマジックペン等で印をつけておき、水を少し捨てるか、別のペッ

トボトルに入れて体積を減らし、そのペットボトルに硝酸カルシウム 150g を入れて完全に溶解させ、最終的にミネラルウォーターを加えて 1L にマスアップして完成。硝酸カリウムなどについても同様にして 1,000 倍量の溶液を作る。ビタミン類や微量元素溶液に用いる少量の試薬類は 1,000 倍量でも秤量が困難なので 10,000 倍量から 100,000 倍量を作製し 2 段階希釈して 1,000 倍量となる溶液を作製する (図 2)。

これらを保存用溶液とし、使用時にディスポーザブルシリンジ (針付きツベルクリン用 1mL シリンジ) で分取し、新品の 1L ペットボトル入りのミネラルウォーターに順に加えてよく攪拌して、藻類培養液として用いる。



図 2 保存用培養液原液とディスポーザブルシリンジ

なお、(バクテリアフリーでの培養の場合は) ガラス培養瓶やガラス三角フラスコに入れて高圧蒸気滅菌してから使うが、プランクトンピュアーでよければ、滅菌なしで培養しても構わない。

また、高圧蒸気滅菌を行うと、ビタミン類は分解するほか、微量元素溶液に含まれる金属類も沈殿するので、これらについては、予め孔径 0.45 μm のミリポアーメンブランフィルター HA か 0.1 μm のミリポアーメンブランフィルター VC で濾過滅菌したものを、高圧蒸気滅菌後に加える必要があるので大変煩雑になる。

応用であるが、海洋の藻類の培養には蒸留水 (ミネラルウォーター) の代わりに滅菌した海水を使うとよい。さらに、珪藻類の培養に際し

ては、珪酸塩としてメタケイ酸ナトリウム 25g を蒸留水 1000mL に溶解した溶液 (25g- $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  / 1000mL D.W.) を用意して、培養液 1L に対して 1mL 加えて培養すればよい。

多少、増殖速度遅く、また、増殖量が少なくても構わない場合は、液体肥料 (例えばハイポネクスなど) を 1,000 倍希釈したものに市販のドリンク剤 (チオビタやグロンサン内服液など) を数滴加えても簡易的な培養液として用いることができる。



図 3 ペットボトルでの藻類培養

培養であるが、温度や光については恒温室内で、蛍光灯や LED ライトを用い、振盪培養すると安定した培養が可能であるが、直射日光の当たらない室内の明るい窓際に、ペットボトルを寝かした状態で培養し、時々、ペットボトルを振って攪拌するとよい。但し、ペットボトルのキャップを閉めておくと気体の出入りが無くなり、光合成に必要な炭素源 (二酸化炭素や炭酸塩) が不足するのでペットボトルのキャップを緩めてゴミが入らないようにアルミフオイルで軽く覆ったり、時々、キャップを空けて空気を入れて、その後、攪拌するとよい (図 3)。

また、市販の実験用二酸化炭素ボンベで  $\text{CO}_2$  をペットボトルに入れる方法も有効である。





図4 遠沈管での藻類の培養と保存

## 5. AGP と教材化

AGP 試験とは、藻類生産潜在力試験 (Algal Growth Potential 試験) と呼ばれ、特定単一種藻類の増殖から水質汚濁 (有機汚濁) の程度を判定する方法として、古くから用いられているものである。

原理は、水中の栄養塩類 (窒素やリンに代表される諸物の栄養源となる塩類) が多ほど、藻類は増殖するというもので、天然水を加熱滅菌や濾過滅菌で水中の生物を死滅させ、その試水に単一種の藻類を接種して、十分な光と適切な温度下で培養し、その増殖量から水域の富栄養化の程度を判定するものである。

具体的には、藻類種として、*Selenastrum capricornutum* Prints (緑藻類：標準種) や *Microcystis aeruginosa* Kutz (藍藻類：準標準種)、*Anabaena flos-aquae* De Brebisson (藍藻類：準標準種) を、滅菌試水 1mL 当たり 1000 細胞程度接種し、温度  $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  または  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、照度 4000Lux または 1000Lux ( $\pm 10\%$ ) 程度で 1~2 週間 (1 日当りの増加率が 5% 以下になったときまで) 培養し、増殖率をコールターカウンター、直接計数、濁度 (660-750nm の吸光度)、クロロフィルなどで測定する。

AGP と水域の栄養度の関係としては、貧栄養は 1mg/L 以下、中栄養は 1-50mg/L 以下、富栄養は 50-80mg/L 以下である。この関係を利用して富栄養化の程度を判定する。

学校での教材化としては、コールターカウン

ター (粒子計測器) などは高価すぎて購入できないし、また、直接係数も面倒である。

そこで、煮沸滅菌か濾過滅菌した試水を三角フラスコやビーカーに入れ、培養した単一種の藻類を培地の影響を除くためにミネラルウォーターで洗浄したものを数滴加えて、明るい室内に 2 週間~1 ヶ月程度置いておき、藻類が増殖して水の着色工合 (緑色の濃さ) から富栄養化の程度を比較するとよい。

次の図 5 は、本校近くの狭山池ダムとその流入、流出河川での AGP 試験の結果である。



図5 狭山池とその周辺河川

狭山池ダムへの流入河川 (西除川、三津屋川) は住宅地の間を流れているので、家庭雑排水の影響と考えられるが、栄養塩の分析結果などからかなり富栄養化が進んでいる。その河川水が狭山池ダムや狭山池ダム付属池 (副池) に流入すると物理的な希釈効果や生物学的浄化作用による考えられる浄化が働いていると考えられ、比較的清浄な水になっている。狭山池ダムからの流出河川 (西除川) は、再び住宅地の間を流れるため富栄養化が進んでいるようである。

ここで、これらの試水を Whatman 社のガラスファイバーフィルター (GF/C) で濾過し、そのろ過水に *Chlorella* sp. を少量接種し、室内で約 3 週間培養したものである (図 6)。

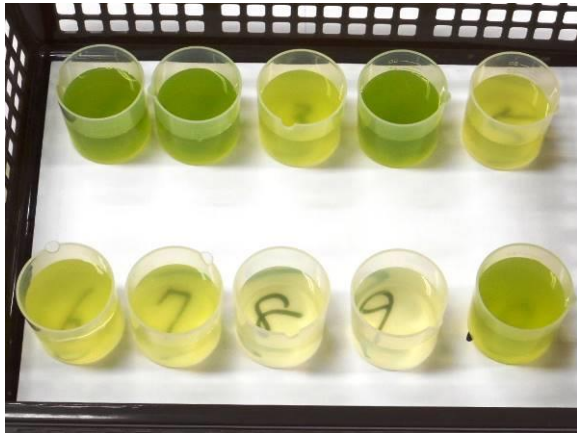


図 6 各地点での AGP 試験の結果

そこで、図 5 の地図上に AGP 試験を行ったミニカップ (小形ビーカー) を置き、同様に、亜硝酸態窒素の検出試薬を加えて発色させたミニカップをも別途置いて、比較検討した。

狭山池ダムへの流入河川 (西除川、三津屋川) は住宅地の間を流れているので、家庭雑排水の影響と考えられるが、栄養塩の分析結果などからかなり富栄養化が進んでいる。その河川水が狭山池ダムや狭山池ダム付属池 (副池) に流入すると物理的な希釈効果や生物学的浄化作用による考えられる浄化が働いていると考えられ、比較的清浄な水になっている。狭山池ダムからの流出河川 (西除川) は、再び住宅地の間を流れるため富栄養化が進んでいるようである。

栄養塩類の分析結果とも比較的一致し、狭山池ダムや狭山池ダム付属池のろ過水では、*Chlorella* はあまり増殖していない結果が得られた。

藻類の培養は化学分析と異なり、同じようにしても増殖にバラツキが見られるほか、培養する容器が小さいほど、バラツキの程度が大きくなる傾向がある。このことを念頭に、可能な限り大きな容器での培養や、同一試水に対して複数の容器で培養するなどして、水域の AGP を判定するとよい。



図 7 地図上に並べた AGP 試験を行ったミニカップ (小型ビーカー)



図 8 地図上に並べた亜硝酸態窒素分析を行ったミニカップ (小形ビーカー)



狭山池ダムとその流入・流出河川の AGP 試験に用いた *Chlorella* sp. は、私が約 30 年前に大阪府科学教育センターで受講した、水曜日実施の高等学校生物研修（年間 20 回）の藻類の培養実習で頂いたものである。かなりのコンタミネーションはあるが、学校の実験・観察に必要な時は、試験管で保存している藻類を、培養液の入ったペットボトルに入れて、窓際に放置しておく勝手に増えて使えるので便利である。

このように AGP 試験は、単一種の藻類を培養・保存しておけば、いつでも簡単に行えるので、生物実験や環境学習で用いるよい教材になる。

学校現場での藻類の培養と併せて、環境学習に広く用いていただきたいと考える。

## 6. 生物分野における機器分析

前述の水域の富栄養化評価のための、窒素やリンの化学分析による定量や、AGP 試験結果の定量方法の一つとしての濁度測定、クロロフィル量測定などは、特定波長域の光の吸収（吸光度）を計る必要がある。

これには、最も基本的な分析機器である（可視紫外）分光光度計が必要である。

一般的に分光光度計、蛍光光度計、液体クロマトグラフ分析計などの機器を用いる分析方法を機器分析という。

本研修では、分光光度計の原理と藻類の増殖やクロロフィル量測定を例に、生物分野での機器分析に触れてみたいと思う。



図 9 分光光度計とその後で培養操作を行っている児童

天然水中のクロロフィル量と今回の藻類の培養実験に用いた培養 *Chlorella* のクロロフィル量を比較してみた。

天然水の代表例の一つとして、近畿の水瓶である琵琶湖を例に挙げると、汚濁の程度の高い琵琶湖南湖の沿岸部では、クロロフィル a が  $10 \mu\text{g-chl. a/L}$  程度である。きれいな水とされている琵琶湖北湖の中央部では  $1 \mu\text{g-chl. a/L}$  程度である。

今回の実習に用いた培養 *Chlorella* は、緑藻類培養培地に接種して、直射日光の当たらない窓際に 3 週間程度放置して培養したものである。外観は市販の青汁程度の色になっている。このクロロフィル a 量は、天然水中に比べて極めて高く、予備実験では  $500 \sim 1,000 \mu\text{g-chl. a/L}$  程度であった。

このクロロフィル a の測定原理と測定法について簡単に紹介し、クロロフィル a の定量に挑戦してみたいと思う。

クロロフィル a は、植物に共通な光合成色素であり、緑藻はクロロフィル a とクロロフィル b を、ケイ藻はクロロフィル a とクロロフィル c を、ラン藻はクロロフィル a のみをそれぞれ持っている。

また、これらの光合成色素は、それぞれ特定の波長の光をよく吸収する性質を持っている。

この特定波長の吸光度の測定からクロロフィル量を定量することが一般的に行われており、数多くの研究者が試行錯誤を繰り返して効率的かつ信頼性の高い測定法を提案している。

この研修では、世界的に広く用いられている SCOR/UNESCO の方法によるクロロフィルの定量実習を行う。

方法としては、(1)天然水を Whatman 社のグラスファイバーフィルター (GF/C) で目詰まりが起る少し手前まで吸引濾過をする。天然水の場合は  $0.5\text{L} \sim 5\text{L}$  の試水を濾過するが、培養種の場合は藻類濃度が高いので  $50\text{mL}$  程度で十分である。直ぐに分析できない場合は、 $-20^\circ\text{C}$  で冷凍保存すると数ヶ月間は保存可能である。

(2) 乳鉢に濾過済みの濾紙を入れ、それに少量の 90%アセトンを加えてすりつぶすか、遠沈管にアセトンと共に濾紙を入れ、最終的に全量を  $15\text{mL}$  になるまで 90%アセトンを加えてマスマッ

プし、超音波洗浄機で数分間振盪してクロロフィル類を抽出する。

(3) 遠沈管を遠心分離器で濁りの成分が完全に沈殿するまで遠心分離を行い、上澄みのみを別の試験管に分取する。

(4) 分光光度計にて、上澄み液を 1~5cm 長の分光光度計用のセルに入れ、630nm、645nm、663nm、665nm、750nm の波長にて吸光度を測定する。

(5) さらに、希塩酸を上澄み液 5mL 当り 1 滴の割合で加え、665nm、750nm の波長にて吸光度を測定する。

クロロフィル量は次式によって算出する。

$$\cdot \text{クロロフィル a } (\mu\text{g/l}) = (11.64E_{663} - 2.16E_{645} + 0.10E_{630}) \cdot v \cdot V^{-1} \cdot 1^{-1}$$

$$\cdot \text{クロロフィル b } (\mu\text{g/l}) = (-3.94E_{663} + 20.97E_{645} - 3.66E_{630}) \cdot v \cdot V^{-1} \cdot 1^{-1}$$

$$\cdot \text{クロロフィル c } (\mu\text{g/l}) = (-5.53E_{663} - 14.81E_{645} + 54.22E_{630}) \cdot v \cdot V^{-1} \cdot 1^{-1}$$

以上、 $S_{COR}$  / UNESCO 法

$$\cdot \text{クロロフィル a}^* (\mu\text{g/l}) = 26.7(E_{665} - E_{665a}) \cdot v \cdot V^{-1} \cdot 1^{-1}$$

$$\cdot \text{フェオフィチン a}^* (\mu\text{g/l}) = 26.7(1.7E_{665a} - E_{665}) \cdot v \cdot V^{-1} \cdot 1^{-1}$$

以上、Lorenzen 法

但し、E はその波長での吸光度から 750nm の波長での吸光度を差引いたもの。また、 $E_{665a}$  は、希塩酸を加え同様にしたもの。v は上澄み液の体積 (mL)、V は試水の濾過量 (l)、1 は分光光度計のセルの長さ (cm) である。

## 7. 研修の様子

平成 28 年 11 月 16 日 (水) に今宮工科高校にて第 1 回実験研修会が開催されました。



図 10 会場世話役・講師の三浦靖弘氏

若手の先生を含め 25 名の参加で、主に藻類の生態の話と、学校現場で使える実践的な藻類の培養実習を行いました。



図 10 藻類の生態に関する説明

藻類の培養については、歴史的な光合成研究であるカルビン回路の研究材料として使われたクロレラを主に用いて行った。

クロレラは、高等学校においても生理的な実験で用いられる他、ミジンコなどの水中の小動物の餌としての価値もあり、教材生物として有用なものである。

培養を簡便かつコンタミネーションを避ける目的で、可能な限り器具を使わず、また、入手が容易な市販品を主に使うようにして行った。

図 11 は、滅菌水の代わりに市販のミネラルウォーターを、また、滅菌ピペットの代わりにディスプレイブルシリンジを用いて、クロレラの植え継ぎを行っている実習風景である。

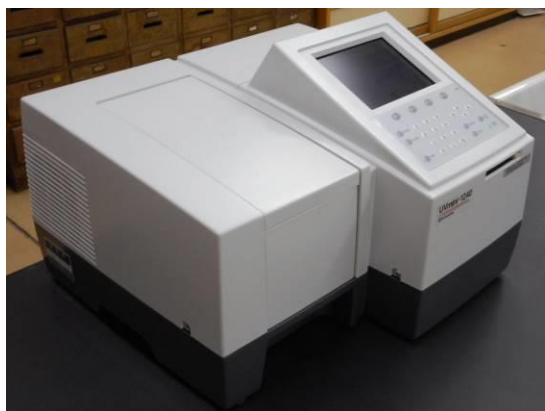


図 11 培養液作製と藻類の植え継ぎ実習

また、藻類の増殖量の定量や、光合成研究で重要なクロロフィル量の定量に大きな力を発揮

する、紫外可視分光光度計の仕組みや操作方法についても説明を受けた。

図 12 研修に用いた可視紫外分光光度計



また、今回の実験研修で行った、市販のミネラルウォーターと合成培地を用い、実験室の窓際で3週間ほど培養した（放置した）クロレラを見せていただいた。

維持管理もほぼ不要で、コンタミネーションもなく、ペットボトル容器の中でよく育っていた（図 13）。



図 13 今宮工科高校でのクロレラの培養

## 8. 謝辞

本研修は大阪府高等学校生物教育研究会と一般社団法人せんだんの会の助成による「学校教員のための機器分析入門研修」との共催で開催いたしました。

本研修を実施するに当たり、大阪府高等学校生物教育研究会事務局ならびに会場を提供下さいました府立今宮工科高等学校様には感謝致します。

また、顕鏡用に用いましたイカダモほかの単離藻類は、大阪工業大学工学部 環境工学科生命環境学研究室 准教授 河村 耕史 先生よりご提供頂きました。お礼を申し上げます。

さらに、藻類の培養や配布関係の用品の購入に際しましては、公益財団法人大阪コミュニティー財団梶本基金より、また、化学分析用の試薬類や分光光度計関係の用品の購入につきましては一般社団法人「せんだんの会」様からのご支援をそれぞれ頂きました。紙面をお借り致しましてご報告致しますと共にお礼を申し上げます。

## 9. 参考文献

- ・ SCOR / UNESCO (1966): Determination of photosynthetic pigments in sea water. *IN Monographs on oceanographic methodology*, UNESCO publications center, New York, 69pp.
- ・ Lorenzen, C. J. (1968): Carbon / chlorophyll relationships in an upwelling area. *Limnol. Oceanogr.*, 13, 202-204.
- ・ 秋山優ら(1986): 日本淡水藻図鑑、内田老鶴圃。
- ・ 橘 淳治(2004): 「水質評価指標および閉鎖系水域の水質浄化を主題とした環境教育プログラムの開発」、平成 15~16 年度科学研究費補助金基盤研究(C) (2) 課題番号 15500606. 報告書。
- ・ 橘 淳治(2005): 「教育センター及び高校・大学・NPO 連携による環境安全に配慮した実験法の開発と研修」、平成 16~17 年度科学研究費補助金特定領域研究(2) 課題番号 16034203. 報告書。
- ・ 橘 淳治(2007): 「学校の環境教育における定量化実験法の開発と現職教員への研修」、平成 18~19 年度科学研究費補助金基盤研究 (C) 課題番号 18500695. 報告書。
- ・ 橘 淳治(2011): 「廃棄物原点処理に基づく系統的水環境学習の実験教材開発と教員研修」、平成 21~23 年度科学研究費補助金基盤研究(C) 課題番号 21500893. 中間報告書。
- ・ 田宮博、渡辺篤(1965): 藻類実験法、南江堂。
- ・ 半谷高久(1985): 改訂 2 版 水質調査法、丸善。
- ・ 日本水質汚濁研究会(1982): 富栄養化防止のための指標の開発と実用化、湖沼環境調査指針, p193-199. 公害対策技術同友会。



実験研修

## 第2回実験研修会 大阪湾の生き物とチリメンモンスター

泉鳥取高校 河添 純子

日時：平成28年12月9日(金)

場所：岸和田市立公民館・中央地区公民館および、きしわだ自然資料館

参加：41名

内容：2:30~3:30 講義「大阪湾の生き物とチリメンモンスター」

講師：きしわだ自然資料館 学芸員 柏尾翔 さん  
きしわだ自然資料館の紹介

- ・設立の経緯など
- ・資料館の仕事

①調査研究 ②標本資料の収集と保管 ③資料の展示 ④教育普及

・このうち教育普及活動の一環として「チリメン」をしている。

チリメンモンスターとは

・チリメンジャコの中のチリメンジャコ以外の「まじりもの」

・材料は特別に加工業者(和歌山・湯浅のカネ上)から購入している。(漁師さんや地元の加工業者から入手することもあるが、普通は加工の過程で混じり物をとってしまう)

・A4の白紙2枚を配布。この上でピンセットを使ってイワシしらす以外のものをよりわける。紙皿などを使うこともある。



研修会の様子1

・ルーペや実体顕微鏡も使って観察し、種類も調べる。

・チリメンカードに木工用接着剤で貼り付け、名前を書いてチャック付きビニール袋に。

寒天封入、UVレジン封入、SEM撮影、DNA抽出など様々展開されている



研修会の様子2

チリメンジャコとは

・イワシ類(しらす)カタクチイワシがほとんど。あとはマイワシ、ウルメイワシなど。カタクチイワシは口が大きく開き、プランクトンを食べる。

下あごはうすくて小さいので「片ロイワシ」。



カタクチイワシ

・春から秋に産卵、45日～60日でチリメンジャコくらいの大きさになる。卵は1mmくらいの浮遊卵、1日でふ化して5mmくらいの大きさになる。

・大阪湾内でシラスがとれる時期は5月～7月が多く、12月頃になると激減。

和歌山では年中とれる。

・3隻1チームで漁。1隻が魚群探知し、2隻の網船でとる。

・バッチ網は、目の粗いものの後ろに、網戸くらいの目の細かい網がついていて、そもそも大きな魚は入らない。

・水揚げ後すぐに釜で数分塩茹で→乾燥機で乾燥→外で3～4時間陰干し。

・乾燥中に横からの風で異物を吹き飛ばす。

陰干し後大きなものは人手でよりわけする。

・チリモンに見られる生物の特徴

表層にすむ…浮遊生活

子ども(稚魚)が多い…大型魚類はそもそも網に入っていない。

実験研修

## 学校教員のための機器分析入門

### — 紫外可視分光光度計による亜硝酸態窒素の比色定量 —

大阪初芝学園 橘 淳治 ・ ルネサンス大阪高校 竹内 準一

#### 1. はじめに

近年、環境関連分析機器の低価格化により、高等学校を中心に小中学校においても、理科や環境学習で環境測定機器や分析機器類が導入されるようになってきた。

その代表例としては、ガラス電極式 pH メーターがある。これに類するものとして、塩分計や各種イオンメーターのほか、電気伝導度計などがあり、その測定原理が分からなくても、環境を測る「ものさし」として児童・生徒が使っている。

また、スーパーサイエンスハイスクールや工科高校においては、化学分析や環境測定の道具として紫外可視分光光度計 (UV-VIS : ultraviolet-visible spectrophotometer) なども導入されている。

本研修においては、竹内準一氏の環境微生物 (細菌類) を用いた「グラム染色と亜硝酸イオンの半定量」の講義と実習に関連して、主に可視分光光度計を用いた亜硝酸態窒素の比色分析を行いたい。

可視紫外分光光度計は、分析機器類の中では比較的低価格であり、また、汎用性のある機器なので、学校教育での利用を意図して、そのしくみや操作方法についての実習を中心に進めたい。

また、亜硝酸態窒素は、水質に関しては生物の分野で扱われることが多い栄養塩類のうち窒素化合物の代表であり、比色分析で比較的簡単に定量も可能である。

ここでは、実験の安全性を重視する意味で極力毒性の低い試薬を用いるほか、加熱操作などの必要がないようにし、しかも実験廃棄物があまり出ないことを重視した (いわゆる環境安全を重視した) 水質分析法である、Bendshneider

& Robinson (1952) のスルファニルアミド・ナフチルエチレンジアミン法で行う。<sup>(1)</sup>

併せて実験廃棄物の処理についても紹介したい。

#### 2. 機器分析について

##### (1) 機器分析と狭義の化学分析

化学分析において、便宜的に、天秤やメスフラスコ、メスピペットなどのガラス器具類を用い、化学反応しか利用しない「狭義の化学分析 (以下、単に化学分析とよぶ)」と、原子吸光、核磁気共鳴、ガスクロマトグラフィーなど高価な機器類を用いて行う「機器分析」がある。

これから実習を行う、可視紫外分光光度計を用いた亜硝酸態窒素の比色定量の意味を理解する基礎的知識として、機器分析について簡単にまとめてみた。

機器分析は、原理的に4種類に分けることができる。<sup>(9)</sup>

①電磁波分析は、物質と電磁波の吸収や放射などの相互作用から分析する方法で、一般的な機器分析手法である。

吸光光度分析、濁度分析、蛍光分析、紫外線吸収スペクトル分析、旋光分散法、円偏光二色性法、赤外吸収スペクトル分析、ラマンスペクトル分析、原子吸光分析、フレイム分析、発光分光分析、X線分析、電子分光法、電子線分析、核磁気共鳴吸収分析、常磁性共鳴吸収分析などがある。

②電気分析は、物質の電氣的性質から分析する方法である。

電位差分析、化学センサー法、電解分析、質量分析、ボルタメトリー、伝導度分析などがある。



③分離分析は、物質を何らかの方法で分離、検出する方法である。

ガスクロマトグラフ分析、高速液体クロマトグラフ分析、その他のクロマトグラフ分析、電気泳動法、精密分留法などがある。

④その他の方法である。

質量分析、熱分析、放射能分析などがある。

機器分析の利点としては、①選択性がよく化学分析では分からない多くの情報が得られる。

②迅速な分析が可能である。③操作が容易で個人差が少ない。④高感度で、少量の試料で分析可能である。⑤自動分析や連続分析が可能である。

機器分析の欠点としては、①絶対量を測定できる機器分析法が少なく、標準物質を必要とする。②機器分析では分析精度が一般的に低い。③機器が高価であること。④機器の保守が面倒なこと。<sup>(9)</sup>

## (2) 分析機器の構成と性能

分析機器は次の4段階のプロセスで結果を出す仕組みになっている。

①信号の発生と分離で、電磁波（光、電波）、電子、電場、磁場、圧力、温度などを作用させて、何らかの信号を発生させて、それを適当な方法で必要な信号（情報）のみを取り出す。

②信号の検出と変換で、取り出された信号をトランスジューサー（変換器）で電気量などに変換する。

③電子回路で、電気量に変換された信号をA-D（アナログ→デジタル）変換や増幅、演算（比較、微分、積分、計数など）、変調などを行う。

④出力表示は、アナログメーター、デジタルカウンター、コンピュータディスプレイによる画像表示などとして行われる。

分析機器の性能は、分析方法や分析したい物質によって異なるので一概には言えないが、概ね次のことで決まる。

①感度が高い、または検出限界が低い。②分解能が高い。③反応速度が早い、または時定数（63%応答に要する時間）が短い。④測定範囲が広い。⑤S/N比（ノイズの強さに対する有信号の強さの比）が高い。⑥正確さ（難しいが真の値と分析値の一致する割合）が高い。⑦精密さ

が高い（測定値のばらつきの程度が低い）あるいは、再現性が高いことである。

しかしながら、CASに登録されている化合物だけで2000万種類以上あり、これらに共通して最適な機器分析法は無い。

そこで、各種の機器分析法の原理や長所・短所のほか、操作の煩雑さや機器の価格と性能などをよく調べ、目的の物質に合った機器分析法を選択する必要がある。<sup>(9)</sup>

## 3. 紫外可視分光光度計と吸光分析

### (1) 紫外可視分光光度法とは<sup>(10)</sup>

波長 200nm～800nm の紫外から可視光の吸収スペクトルを測定するもので、主として濃度の測定に使われる。

研修で用いる装置は、日立 101 型分光光度計というシングルビーム型可視分光光度計で、滋賀県立大学名誉教授（当時は大阪教育大学助教授）の三田村緒佐武先生より頂いた物である。40年以上も前の機械であるが、メンテナンスをきっちりとやっているのでも十分に使える。



図1 研修で用いる分光光度計

原理は、タングステンランプを光源としてスリットを通った光（白色光）は回折格子で分光・反射され単色光となり、出口スリットで光の強さ（と波長幅）を調節して試料室に入る。

試料室には、試料を入れるためのガラスや石英製のセルがあり、このセルを透した光は余計な波長の光をカットするためのフィルターを通過して光電管等の検出器に入る。

この検出器で透過光の光の強さを電気信号に変えた後、演算や増幅され、アナログメーターに表示される。

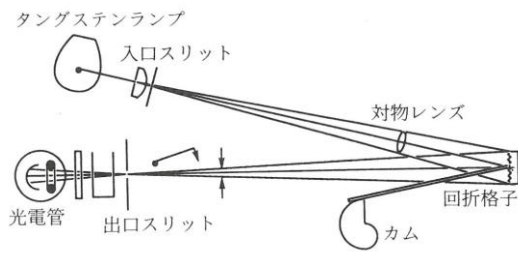


図2 シングルビーム可視分光光度計の原理

シングルビーム分光光度計は精度も高く、安価であるので比較的良好に用いられている。

測定に当たっては、対象となる溶液の吸光度（または透過率）を予め測っておき、試料溶液からその値を差し引く必要がある。

もう1台、日立ハイテクノロジー社製のU-1800紫外可視分光光度計もあるが、原理は同である。



図3 U-1800 紫外可視分光光度計

(2) Lambert-Beer の法則<sup>(3)</sup>

紫外(200nm~400nm)可視(400nm~800nm)領域の特定波長の光について、溶液が吸収する極大波長の光を調べることにより、その溶液の濃度を求めることができる。

図において、濃度が C である溶液を光路長  $l$  のセルに入れ、光を透過させると、その強度は指数関数的に減少する。入射光強度を  $I_0$ 、透過光強度を  $I$  とすると

$$I = I_0 e^{-k_1 l} \quad (\text{つまり } -\ln(I/I_0) = k_1 l)$$

となる。

これを常用対数で表すと、定数  $k_1$  が  $k_2$  に変わるだけで、次の様に表せる。

$$-\log(I/I_0) = k_2 l$$

これを Lambert (ランベルト) の法則という。さらに、液層 (セル) の光路長を一定にし、溶液の濃度を  $C$  とすると次の様に表せる。

$$-\log(I/I_0) = k'' C$$

この関係を Beer (ベール) の法則という。この2つをまとめると次の様に表せる。

$$-\log(I/I_0) = k l C$$

これが、Lambert-Beer の法則である。

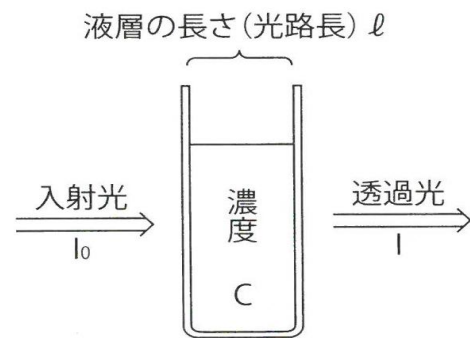


図4 Lambert-Beer の法則の説明<sup>(3)</sup>

また、 $-\log(I/I_0)$  は吸光度  $A$  (absorbance) とよばれ、次の様に表せる。

$$A = -\log(I/I_0) = \log(I_0/I) = k l C$$

さらに、 $k$  は吸光係数といわれる比例定数で、特に  $1\text{mol/L}$  濃度でセルの光路長を  $1\text{cm}$  にしたときの吸光係数をモル吸光係数 (molar absorptivity) といい、 $\epsilon$  ( $\text{Lmol}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ) で示す。一般的には次の式で吸光度を表す。

$$A = \log(I_0/I) = \epsilon l C$$

また、透過率  $T$  (%) は次の様に表せる。

$$T = (I/I_0)$$

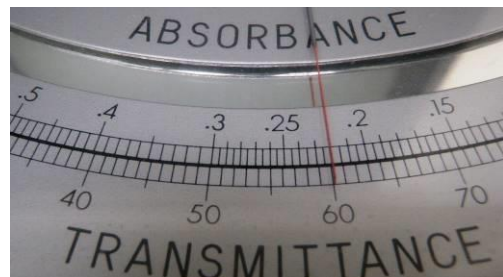


図5 日立 101 型分光光度計のメーター

アナログ表示の分光光度計では、透過率  $T$  (%) と吸光度  $A$  用の2つの目盛がメーターに書かれている。<sup>(3)</sup>

### (3) 紫外可視分光光度計(UV-Vis)の使い方

本研修で主に用いる日立 101 型分光光度計を例に、JIS K0115:2004 の吸光光度分析通則に準じて取り扱い方法を説明する。

ただし、この日立 101 分光光度計は重水素ランプユニットを取り付けていないので、可視部みの分光光度計として使用する。

① 電源コンセントを商用電源(100V)に差し込む前に、電源ユニットおよび分光光度計本体の電源スイッチが OFF になっていることを確認する。また、シャッターダイヤル (100ADJ ダイヤル) が、閉じられた状態 (左いっぱいに戻された状態) になっているかを確認し、もし、社たーダイヤルが開いた状態であれば、直ちにシャッターダイヤルをゆっくりと反時計回りに回してシャッターを完全に閉じる。



図 6 分光光度計正面写真

② 最初に、電源ユニットの電源スイッチをオンにする。つづいて、本体の電源スイッチをオンにする。



図 7 分光光度計上部写真

- ③ しばらく待って、「METER」をオンにする。
- ④ 機械が安定したら、試料室のふたを空け

て (試料室のフタを開けるとシャッターが閉まって透過光を完全に遮断できるので)、「ZERO ADJ」ダイヤルを回して、透過光が 0% (吸光度が無量大) になるように設定する。

⑤ 測定したい波長に合わせるため、「WAVELENGTH」ダイヤルを回して目的波長に設定する。

⑥ 試料室のフタを開け、光学フィルターも目的波長にセットする。

⑦ よく洗浄・乾燥させた分光光度計用ガラスセルを 4 本用意し、セルホルダーにセットする。

⑧ セルブランク (セルそのものも光の吸収度合いの違い) を補正するため、測定したい溶液の溶媒 (通常は蒸留水) を 4 本のセルに入れ、セルホルダーにセットする。



図 8 試料室に入れたセルホルダーとセル

⑨ 試料室のフタを閉め、対照セル (通常は一番手前の 1 番セル) で、透過率 100% (吸光度 0) に、シャッターダイヤル (100ADJ ダイヤル) を回してセットする。

⑩ サンプル用セル (通常は 2 番、3 番、4 番セル) の各々の吸光度を測定し、後に補正するために、その吸光度を記録しておく。

⑪ 測定したい溶液用のセル (通常は 2 番、3 番、4 番セル) の蒸留水を駒込ピペットで捨てて、空にする。

⑫ 以上の準備が整ったら、装置が安定していることをもう一度確認し、溶媒 (蒸留水) の入った対象セル (1 番セル) で、再度吸光度が 0 になっていることを確認し、もし、ずれていた場合はシャッターダイヤル (100ADJ ダイヤル

ル)を回して、吸光度0に設定する。

⑬ 測定したい試料をサンプル用のセル(2番、3番、4番セル)に入れ、仮の吸光度を読む。

⑭ 真の吸光度(以下吸光度とする)を求めするため、仮の吸光度からセルブランクを差し引いて、吸光度を算出する。

例えば、2番セルのセルブランクが+0.004とし、仮の吸光度が0.123の場合、真の吸光度は、

$$0.123 - 0.004 = 0.119$$

となる。

以下同様に、3番セル、4番セルについても真の吸光度を算出し、真の吸光度(吸光度)として、最終記録する。

⑮ 測定すべき試料がたくさんある場合は、測定の終わったサンプル用のセル内の溶液を駒込ピペットで丁寧に捨てて、そこに、新しい試料を入れて、同様の操作で吸光度を測定する。

なお、サンプル用セルが濃い溶液の測定で汚れた時は、サンプル用セルに蒸留水を入れて軽く洗浄してから測定したい試料を入れる。

さらに、測定時には対象セルの吸光度が0になっていることを必ずチェックし、ずれている場合は0に再設定する。

⑯ 総ての測定が終了したら、セルホルダーごとセルを取り出し、セルとセルホルダーは丁寧に蒸留水で洗浄し、乾燥させて保存する。

また、分光光度計は、シャッターダイヤル(100ADJダイヤル)を反時計回りに最後まで回してシャッターを閉じておく。その際、ダイヤルが止まった時点で、それ以上強く回してはならない。破損するので要注意。

次に、本体の電源スイッチを「OFF」にした後、電源ユニット電源スイッチを切る。

これで、ひととおりの分光光度計での測定は終了する。

なお、日立ハイテクノロジー社製のU-1800可視紫外分光光度計は、大量のサンプルを効率よく測定するために、サンプルを自動的に分光光度計の試料室に取り込み、吸光度を測定してから廃液を排出する「サンプルシッパー」や「UV-Solution」という自動測定プログラムなどをオプションとして取り付けてあるが、基本的な原理は日立101型分光光度計と同じである。

### 3. 分光光度計による濃度計算方法

亜硝酸態窒素を例に、分光光度計による吸光度測定から亜硝酸態窒素の絶対量の算出方法を説明する。

可視紫外分光光度計に限らず、機器分析においては絶対値を直接測定できるものは限られている。通常は、絶対量の分かった試料(標準液、スタンダード溶液)を購入または作成し、それを基準に分析機器を調整して、絶対量を出す。

簡単な例では、ガラス電極式pHメーターは正確なpHを測定できる機器(これも簡単ではあるが機器分析用の分析機器)である。

しかしながら、そのまま使えるのではなく、使用前にpH4、pH7、pH9のpH標準液(pHバッファー溶液)で校正しないと正しいpHの測定ができない。

可視紫外分光光度計による濃度計算について順に説明する。

#### (1) 標準液と標準色列の作製

試料の濃度と発色(吸光度)の関係を調べるために、正確な濃度の溶液を濃度の段階別に作成し、測定したい試料とおなじ発色用の試薬を入れて反応を起こさせ、発色させる。

通常、濃度が高いほど、発色の度合は強くなる(図9)。

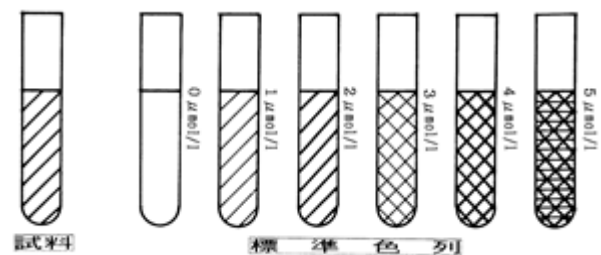


図9 標準色列の作製

この標準色列によっても、試料と標準色列の色の濃さを比較して、試料の濃度を定めることができる。

例えば、簡易水質検査試薬として広く用いられている共立理化学研究所のパックテストなどは、これを応用したもので、標準色列の代わりに印刷した標準色列用紙を用いたもので、簡便



かつ正確な定量が可能なのである。

定量精度を上げるには標準溶液の濃度の段階を10段階以上に細かく取るとよい。

図10は昔の職場において、「小・中学校指導者養成長期研修(理科)」を実施した際に、研修に参加された先生が実際に亜硝酸態窒素の10段階の標準色列(0 $\mu$ mol/L~10 $\mu$ mol/L)を作成したものである。

この標準色列と測定試料との発色を比較して測定試料の濃度を目視によって求めていた。



図10 実際の亜硝酸態窒素の標準色列

## (2) 検量線の作製

可視紫外分光光度計の場合、発色度合(吸光度)を数値として計測できる。

日立101型分光光度計においては、吸光度は対数目盛になっているので、吸光度によって有効桁数は異なるが、吸光度が低い場合は(例えば0.1以下の場合は)、0.001まで読み取ることができる。U-1800型はデジタル表示であるためさらに、0.0001まで読み取り可能である。

そこで、吸光度と濃度の関係を表すグラフ(検量線)を作成する。

通常、横軸(X軸)に標準液の濃度を取り、縦軸(Y軸)に吸光度をとってグラフ化すると図11のような直線のグラフが描かれる。

なお、分析操作においては様々な誤差が伴うので、標準液は各濃度ごとに3本ずつ作成するのが通例の操作である。

なお、検量線の作成にあたっては、異常値の除去や最小二乗法の適用など、統計的な操作を行うことがあるが、統計パッケージソフトや表

計算ソフトで数値をいきなり処理してはならない。

必ず、グラフ用紙に検量線を書いてみてから、これらの処理をするかどうかを含めて判断する必要がある。

図11は、古いデータであるが2007年の亜硝酸態窒素の標準液を用いた検量線である。

標準液は0 $\mu$ g-at.N/L( $\mu$ mol/Lと同じ)~5 $\mu$ g-at.N/Lまで、各濃度3本ずつ6段階で作成した。

同一濃度の3本の試験管に入った試料のばらつきは少なく、全体としてみれば直線関係が得られている。ただし、3 $\mu$ g-at.N/Lの吸光度だけが直線関係から下方にずれていたため、これを除外してグラフ用紙上で直線を引いて検量線を描いた。

グラフ上の関係式は次の通り。

$$y = (0.240/5)x + 0.002$$

これをxについて解いてみると

$$x = 20.8y - 0.042$$

xは亜硝酸態窒素の濃度( $\mu$ g-at.N/L)、yは吸光度である。

従って、調べたい試料についての吸光度を測定し、検量線で求めた式のyに吸光度を代入するとxの亜硝酸態窒素の濃度(水質分析の分野では現存量と呼ぶことがある)が算出できる。

例えば、未知試料の吸光度が0.123であったとすると、

$$x = 20.8 \times 0.123 - 0.042 = 2.5164 \div 2.52$$

すなわち、2.52 $\mu$ g-at.N/L( $\mu$ mol/L)となる。

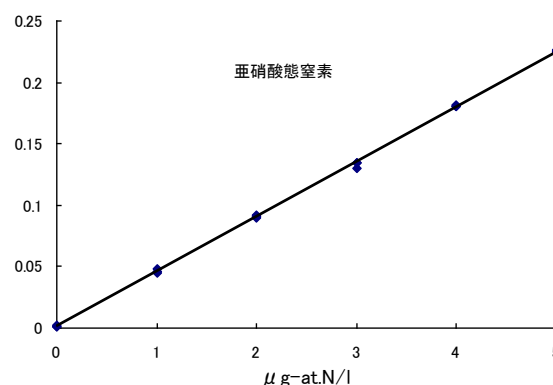


図11 亜硝酸窒素の検量線

#### 4. 亜硝酸態窒素の分析法

##### (1) 分析方法

亜硝酸態窒素の測定はイオンクロマトグラフィーやイオン電極が用いられるが、これらは高価な上に感度が低く、池沼の亜硝酸態窒素の定量には不向きである。一般にはスルファニルアミドと亜硝酸態窒素が結合しジアゾ化し、これにN-(1-ナフチル)エチレンジアミンが反応してピンク色に発色するのを利用する比色法

(Bendshneider & Robinson (1952)のスルファニルアミド・ナフチルエチレンジアミン法<sup>(1)</sup>)が用いられる。

この方法は、毒性の低い試薬を用い、しかも試薬の濃度が低いので実験廃棄物の処理も容易である。

試薬の調整は、5gのスルファニルアミドと50mlの塩酸に蒸留水を加えて全量を500mlとする(溶液1)。0.5gのN-(1-ナフチル)エチレンジアミン二塩酸塩に蒸留水を加えて全量を500mlとする(溶液2)。

分析操作はアンモニア態窒素と同様に、試験管または比色管に25mlの試水を入れた後、溶液1を0.5ml加えて攪拌して2～8分放置し、次いで溶液2を0.5ml加えてよく攪拌する。室温にて20～120分放置して発色の強さを分光光度計(波長543nm)で測定するか、標準色列法で測定する。

標準液は345mgの亜硝酸ナトリウムを正確に秤量し、500mlのメスフラスコを用いて蒸留水で全量を500mlにして保存用の溶液を作る。この保存用の溶液は1mlが $10\mu\text{g-at.N}$  ( $10\mu\text{mol}$ )なので、使用時には1Lのメスフラスコに0.5mlのホールピペットを用いて希釈すると $5\mu\text{g-at.N/L}$  ( $5\mu\text{mol/L}$ )の溶液ができる。これを蒸留水で6段階程度に希釈して0, 1, 2, 3, 4,  $5\mu\text{g-at.N/L}$  ( $\mu\text{mol/L}$ )の溶液を作り、試水と同じように試験管または比色管に入れて試薬を加えて発色させ、分光光度計で測定して検量線を作成するか、標準色列法の対照として用いる。

検量線の例は、前述の図11である。

##### (2) 天然水の亜硝酸態窒素の分析例

天然水中の亜硝酸態窒素は $1\sim 5\mu\text{mol/L}$ 程

度のもが多い。

身近な水について、亜硝酸態窒素を分析したのでその分析値を報告する。

- ・大和川(浅香山付近、2016.7.3);  $7.45\mu\text{mol/L}$
- ・西除川(狭山池流入、2016.7.21);  $5.21\mu\text{mol/L}$
- ・三津屋川(2016.7.21);  $7.72\mu\text{mol/L}$
- ・西除川(狭山池流出、2016.7.21);  $1.16\mu\text{mol/L}$
- ・狭山池(東岸、2016.7.21);  $1.89\mu\text{mol/L}$
- ・狭山池(西岸、2016.7.21);  $1.45\mu\text{mol/L}$
- ・狭山池副池(南岸、2016.7.21);  $1.02\mu\text{mol/L}$
- ・狭山池副池(東岸、2016.7.21);  $0.96\mu\text{mol/L}$
- ・水道水(初芝学園、2016.7.21);  $0.12\mu\text{mol/L}$

#### 5. 環境面の配慮と実験廃液処理

環境教育として水質調査を行う上で忘れてはならないことがある。それは、環境調査をして環境汚染を引き起こしてはならないことである。

そのためには、次の点を重視する必要がある。

##### (1) 実験の最小化

実験の最小化とは、教育的な効果や実験の精度を維持しつつ、小さな実験器具を用い、試料を可能な限り減らすようにすることである。実験系を小さくすることにより実験中の事故防止や、実験廃棄物量を減らして環境負荷を軽減することができる。

##### (2) 環境安全を重視した実験方法の採用

学校教育で用いる実験法は毒性の低い試薬を使用し、安全な廃棄物、自前処理の可能な廃棄物、少ない廃棄物を重視する必要がある。

例えば、アンモニア態窒素の分析ではネスラー法が使われていたが、水銀と高濃度の水酸化ナトリウムを用いるので廃液処理の問題や、強アルカリの試薬の飛散や吸引による事故のため、近年はインドフェノール法が用いられるようになった。インドフェノール法ではフェノールを使う点では環境汚染は皆無とは言えないが、水質分析で使用する場合は、濃度も低く汚染の可能性は低いと考えられ、また、自前の廃液処理も可能である。

同様に、亜硝酸態窒素では希薄な試薬の使用による実験廃棄物量の低減、硝酸態窒素では環境汚染物質であるカドミウムの不使用と実験廃

棄物量の低減、リン酸態リンでは実験廃棄物の低減などを実行している。

### (3) 自前の廃棄物処理

小・中・高等学校では、実験廃棄物（特に実験廃液）は分別収集して業者委託による処理を行うのが通例である。

そこで、用いる試薬の特性を知ることにより実験廃液の分別収集法や廃液の種類によっては自前の処理も可能である。<sup>(13)</sup>

一例であるが、アンモニア態窒素の分析に用いた廃液の処理に関しては、生ゴミのコンポストを応用した方法で自前処理が有効である。

具体的には、ポリバケツに腐葉土と生ゴミなどを入れたコンポストを作っておき、土壌微生物を十分に増殖させておく。そして、廃液処理を行う前に米ぬかなどの有機物を加えて微生物に栄養分を与えてさらに微生物活性を高め、その後にアンモニア態窒素の廃液（これにはフェノールが含まれている）を投入する。

この状態で1～2週間放置するとフェノールは殆ど分解される。また、このコンポストは廃液処理にくり返し利用できる（図12）。



図12 コンポストによる含フェノール廃液の処理

また、自前で処理できない廃液に関しては業者処理なるが、業者に渡すまでは安全に保管する必要がある。

濃縮や蒸発乾固しておくとも体積が減り保存が容易になるほか、業者の処理費用も削減できる。

亜硝酸態窒素と硝酸態窒素に関しては、バツ

トに濾紙やペーパータオルなどを敷き、そこに廃液を入れて自然蒸発させ、最終的には廃液を吸収して乾燥した濾紙などをチャック付きビニール袋などに入れて業者処理まで保存するとよい。



図13 亜硝酸態窒素などの廃液の蒸発乾固

## 6. 謝辞

本研修は大阪府高等学校生物教育研究会と一般社団法人せんだんの会（理事長 梶本興亜 様）の助成による「学校教員のための機器分析入門研修」との共催で開催いたしました。

本研修を実施するに当たり、大阪府高等学校生物教育研究会事務局ならびに会場を提供下さいましたルネサンス大阪高校様には感謝致します。

また、本実験研修会配布用品関係の購入に際しましては、公益財団法人大阪コミュニティー財団梶本基金より、また、化学分析用の試薬と器具類の購入や分光光度計のメンテナンスにつきましては、一般社団法人せんだんの会様からのご支援をそれぞれ頂きました。紙面をお借り致しましてご報告とお礼を申し上げます。

## 7. 参考文献

- (1) Bendshneider, Kenneth and Rex J. Robinson (1952) : A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. J. Mar. Res., 11, 87-96.
- (2) 泉美治ほか(1996):第2版 機器分析のてびき①～③、化学同人。

- (3) 小熊幸一ほか(2015) : 基礎分析化学、朝倉書店.
- (4) 西條八束、三田村緒佐武(2016) : 新編 湖沼調査法 第2版、講談社サイエンティフィック.
- (5) 橘 淳治(2004) : 「水質評価指標および閉鎖系水域の水質浄化を主題とした環境教育プログラムの開発」、平成 15~16 年度科学研究費補助金基盤研究(C)(2)課題番号 15500606. 報告書.
- (6) 橘 淳治(2005) : 「教育センター及び高校・大学・NPO 連携による環境安全に配慮した実験法の開発と研修」、平成 16~17 年度科学研究費補助金特定領域研究(2)課題番号 16034203. 報告書.
- (7) 橘 淳治(2007) : 「学校の環境教育における定量化実験法の開発と現職教員への研修」、平成 18~19 年度科学研究費補助金基盤研究(C)課題番号 18500695. 報告書.
- (8) 橘 淳治(2011) : 「廃棄物原点処理に基づく系統的水環境学習の実験教材開発と教員研修」、平成 21~23 年度科学研究費補助金基盤研究(C)課題番号 21500893. 中間報告書.
- (9) 田中誠之、飯田芳男(1996) : 基礎科学選書 7 機器分析(三訂版)、裳華房.
- (10) 服部敏明ほか(2006) : 機器分析ナビ、化学同人.
- (11) 半谷高久、小倉紀雄(1985) : 改訂 2 版 水質調査法、丸善株式会社.
- (12) 平井昭司(2014) : 現場で役立つ化学分析の基本技術と安全、オーム社.
- (13) 高月 紘 編著(2006) : 環境安全学、丸善.

本研修は、平成 29 年 2 月 15 日にルネサンス大阪高等学校にて行われました。



実験研修

## 細菌細胞グラム染色と硝酸呼吸活性測定 -淀川底泥と口腔菌垢の異化的硝酸塩還元細菌を例に-

ルネサンス大阪高等学校 竹内準一  
学校法人 大阪初芝学園 橘 淳治

### 1. はじめに

グラム染色は古典的手法であるが、試料の細菌細胞を2群に染め分けて観察できる利点がある。病変組織中の細菌細胞を検出することがグラム染色の当初の目的であったが、細胞壁の組成により陽性菌と陰性菌が識別できることから、純粋分離した菌株の同定に用いられるようになった。ところが、活性汚泥中で異常増殖してバルキングを引き起こす糸状性細菌やスカミングの原因となるノカルジア型放線菌の存在を現場で培養せずに分別していくためにアイケルブームら下水道技術者が再び古典的なグラム染色を巧みにリバイバルさせてきたものと評価することができる。同様に、活性汚泥以外の混合試料でも陽性菌と陰性菌を鑑別することで現場または集積培養した細菌群集の組成を概観することができる。最近、臨床材料でもグラム染色後の画像をスマホで鑑別できるアプリが開発されてきた(グラム染色アトラス、グラレジなど)。本稿では、高等学校向けの実験モジュールとして環境及び臨床試料に準じ多様な試料をグラム染色し、教材化する道を検討したので提案したい。

### 2. グラム染色の歴史的な背景

腐敗や発酵など、微生物が関与した現象は古くから知られていたが、その過程に関与する微生物の生態を観察できるようになったのは、光学顕微鏡が発明されてからの出来事である。微生物は生物学的な起源は古いが、人類の歴史の中で遅れて登場してきたという特徴がある。

感染症も、微生物に起因していることが顕微鏡で病原菌を確認することで突き止められた。組織内に潜む細菌細胞を可視化するために各種の染色液で染める技術が考案された。1884年にハンス・クリスチャン・グラムによって確立されたグラム染色法も、その一つである。グラム染色の画期的なのは、複合微生物からなる混合試料を対象に陽性菌と陰性菌を2色に染め分けて同時に観察する情報量の多さの点にある。

その上、この染色性の違いは細菌の細胞壁の組成(陽性菌はペプチドグリカン層、陰性菌はリポポリサッカライド層)を反映していることが判明した。そのため、グラム染色は純粋分離した菌株を2つのグループに分ける同定手法として重要な地位を得た。ただし、染色結果が安

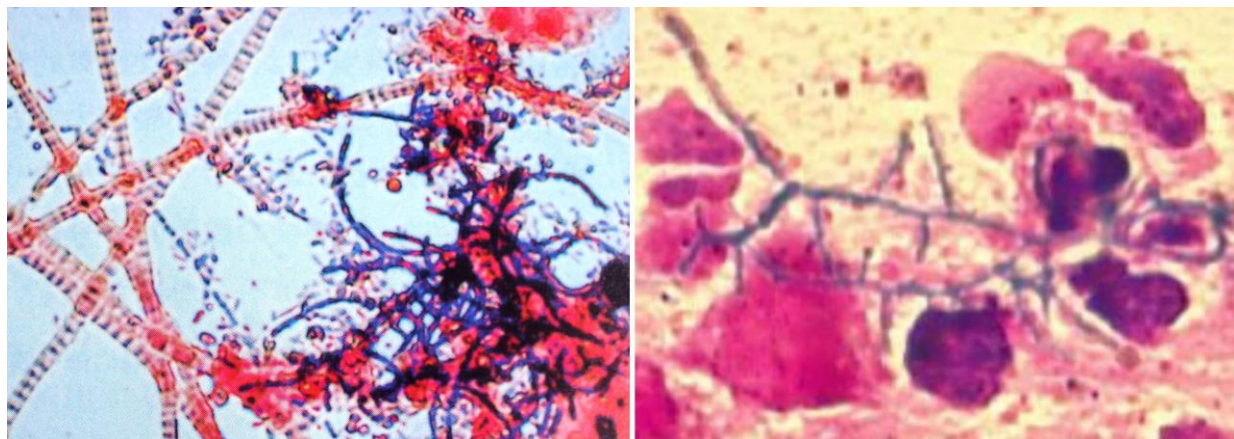


図1 グラム染色の例(左:下水試料<sup>1)</sup>、右:臨床試料<sup>2)</sup>)

定するように、一夜培養 (overnight culture) 程度の培養令の若い株を対象に染色することが常法である。こうして、グラム染色は一連の同定試験の中で陽性菌と陰性菌を鑑別する目的で適用されることが半ば、常識化していった。

ところが、下水道分野でアイケルブームらが活性汚泥を膨化させる現象 (バルキング) を究明する際、グラム染色をはじめとする染色技術 (ナイセル染色) を再び導入し、糸状性細菌のタイプ分けを始めた。一般に、これらの原因微生物の純粋培養は難しいので、オリジナルの混合試料のまま染め分けるというグラム氏の創始した原法に沿った方法論が復活したとも言えるのである (近年の臨床材料でも、同様である)。

### 3. グラム染色の原理

19 世紀にドイツを中心に天然色素の研究が盛んになり、それが後の化学工業の基礎になった。収集した色素を用いて各種の細胞や組織を染めていく技術が発達した。例えば、酢酸カーミンは染色体を染めるため細胞核の観察に用いられる。マラカイトグリーンは、細菌細胞の内生孢子を特異的に染めることで知られる。

細菌細胞は大きさが平均  $1 \mu\text{m}$  と小さく透明なため光学顕微鏡の光が透過してしまうので、そのままでは観察することができない。細菌細胞は染色することで初めて観察が可能となる。ただし、細菌細胞を鮮明に観察するためには、対物レンズを 100 倍の油浸レンズで観察する必要がある。



図2 市販のグラム染色液 (ニッスイ)  
左: ビクトリア・ブルー、中: 脱色液、  
右: サフラニン (または、フクシン)

グラム染色は、グラム陽性菌とグラム陰性菌を鑑別する二重染色法で、原核生物である細菌界を大きく 2 つのグループに分ける際の基準となる。細菌の細胞壁は、ペプチドグリカン層を持つ陽性菌は一度、青紫系のクリスタルバイオレットで染色されるとアルコールで脱色されなくなる。一方、リポポリサッカロイド層を持つ陰性菌は脱色後に他の赤系の染色液 (フクシンまたはサフラニン) で染色して可視化させる。

臨床検査用のグラム染色キット「フェイバーG セット」(日水製薬、東京) が流通しており、陽性菌がビクトリア・ブルーで青く染まる処方なので原法よりコントラストに優れて、操作も簡便である。

なお、染色液 (特に、調製用原液) は一般に変質せず、中には長く貯蔵された古い液体の方が染色性が良い場合がしばしばある。ここで推奨する「フェイバーG セット」には目安として使用期限が刻印されているが、有効期限が切れた後も支障なく使い続けることができることを確認している。

スライドガラスに試料をとり、風乾させた後、火炎固定したものを染色液の説明書に従って、グラム染色を行った。乾燥させた標本の上に直に油浸オイルをたらし、カバーガラスをしないまま検鏡する。

### 4. 油浸 (位相差) レンズの必要性

生物 (光学) 顕微鏡は、ベースとなる鏡基である。良心的なメーカーでは、基本となる鏡基があれば、専用のレンズに変更し、装置を付加すれば比較的軽い経済的な負担で、上位の機種へアップグレードができる。例えば、基本鏡基に位相差装置を追加すれば「位相差顕微鏡」にすることができる。

一般に、微生物 (単細胞生物) の大きさは細菌が  $1 \mu\text{m}$  程度かゾウリムシで  $150 \times 40 \mu\text{m}$  程度と微小であるため、顕微鏡の光源の光は透過してしまう。しかも細胞の原形質と媒体である水との屈折率に違いが少ないため葉緑体のように色を持たない微生物は透けてしまうため、観察しにくい。位相差装置を使えば、細胞の密度の差を明暗のコントラストに変換されるので、単細胞生物でも明瞭に観察できるようになる。

細菌細胞くらい小さい粒子になると、見えない水分子が衝突して微細粒子が不規則に振動する、いわゆるブラウン運動が観察できる。運動性を持つ細菌は、このような振幅を超えて移動する様子が位相差顕微鏡では確認することができる。位相差用の対物レンズを装着したままでも染色した標本を、透過光で観察できる。

## 5. グラム染色の操作

以下のようなプロトコルである：

- 1) 菌液または混合試料（底泥、歯垢など）の懸濁液を薄めにスライドガラスに塗布する。
- 2) 放置して風乾（自然乾燥）させる。
- 3) ガス・バーナー（アルコールランプも可）の火炎の中を3往復させる（固着のため）。
- 4) A液（ビクトリア・ブルー；青）をスライドガラス上に盛りつけるように注ぐ。約1分間放置する。
- 5) A液を廃棄し、スライドガラスを裏返して、裏側から細く絞った水道水のかげ、洗い流す。
- 6) B液（脱色液；黄色）を菌の塗布面に繰り返し、注ぐ。青が緑に変色して残るようであれば、流し去るように注ぐ。
- 7) 同様に、ガラス面の液を廃棄し、裏側から流水で洗い流す。傾けてなるべく水を切る。
- 8) C液（サフラニンまたはフクシン；赤）をたっぷりガラス面に繰り返し注ぎ、5分間ほど放置する。同様に、裏面から水道水ですすぐ。
- 9) 水を切った後、放置して自然乾燥させる。
- 10) 油浸オイルを標本面に（気泡を生じないように）垂らし、100倍の油浸レンズで検鏡する。



図3 ガスバーナーと染色用トレイ  
(カセットコンロ用ボンベ利用)

## 6. 硝酸呼吸の簡易アッセイ

今回、集積培養液として、①淀川・十三干潟底泥（M）、②歯垢プラーク（P）、③糞便性大腸菌群（F）、④納豆菌（N）を試供する。補足的に、発酵性食品として⑤ぬか床、⑥紅茶キノコ（コンブチャ）も提供する。中でも歯垢は誰でもが保持している常在性の細菌群集で、かつグラム陽性菌と陰性菌がバランス良く構成されているので、いつでも試験用の標準試料が身近にあると考えて良い。上記の①～④で優占するフローラ（菌叢）は、異化的硝酸塩の還元作用（硝酸呼吸とも呼ぶ）が見られる。

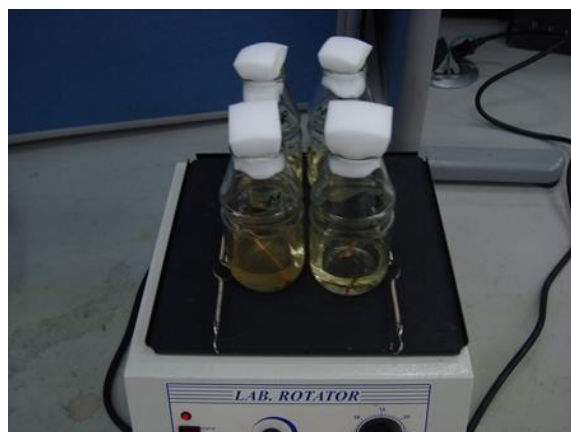


図4 ロータリーシェイカーによる集積培養

上記の集積培養液（粗培養液）へ、亜硝酸イオンの検出試薬（溶液1と2を各0.5mLずつ）を加え、発色操作を行う。硝酸呼吸（硝酸塩を亜硝酸塩へ還元）培養後の亜硝酸イオンの濃度の濃淡、集積培養液を2mL容のエッペンドルフ



図5 卓上遠心分離器（13,000rpmが可能）  
チューブへ移し、遠心分離（13,300rpm、5分）



## Correspondence

**'Everything is everywhere, but, the environment selects'; what did Baas Becking and Beijerinck really say?****Rutger de Wit and Thierry Bouvier**

CNRS and Université Montpellier II UMR 5119

'Ecosystèmes lagunaires' Case 093, Place Eugène Bataillon F-34095 Montpellier Cedex 05, France.

Citations of the old microbiological tenet 'Everything is everywhere, but, the environment selects' have spectacularly increased in frequency in recent years in environmental microbiology and are sometimes also quoted in theoretical ecology publications. This citation has been used as the question-raising starting point for studies of prokaryotic and protist biodiversity and their biogeographical patterns (Garcia-Pichel *et al.*, 1996; Zwart *et al.*,

Unfortunately, nowadays, we see many citations of Baas Becking (1934) where either the coordinating conjunction 'but' is missing, i.e. 'everything is everywhere, the environment selects' or where it is replaced by 'and', i.e. 'everything is everywhere, and the environment selects'. 'And' also is a coordinating conjunction, although with a completely different meaning. We argue that the use of the coordinating conjunction 'but' is essential to conserve the original meaning of the statement intended by Baas Becking (1934). It reflects that there is an apparent contradiction between the empirical observations that specific microorganisms are observed in their characteristic environments and the idea that all microorganisms are

**図6 Baas Backing (1895–1963年)の微生物分布の普遍性に関する論考の見直し(2006年)<sup>4)</sup>**

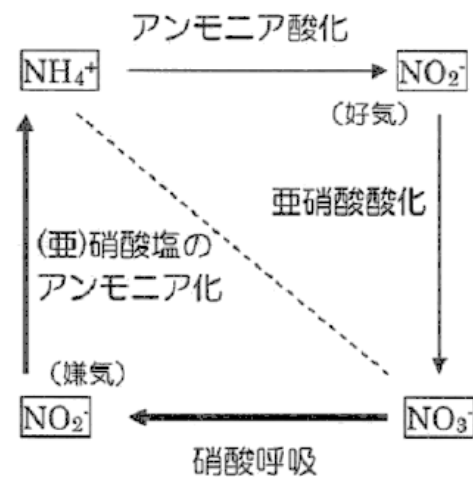
した後の上清をガラスセルへ移し、波長 543nm の吸光度 (Abs) を測定し、一夜培養後の (培養前をゼロと仮定して) 増加量 (吸光度の読み 0.1 の増分を 1 ユニットとする) を求め、試料ごとの特性を比較する (別添テキスト<sup>3)</sup> を参照)。

**7. 硝酸塩還元に関与する微生物像**

微生物、特に細菌 (バクテリア、アーキア) はどこにでも分布している。環境条件が整った時に、その機能が発現すると見た方が正しい。これは、オランダの Baas Backing が唱えた説が 2000 以降、遺伝子解析データがデータベース化される中で分離源を問わず微生物が随所に分布することが再確認されて再び蘇った像である。

例えば、大腸菌 (*E. coli*) は温血動物の消化管内に常在し、硝酸塩還元能を有する。それは一般に試験管内 (*in vitro*) で発現する活性だと受け止められてきたが、同じ代謝経路が環境中でも後に発見されている。特に、大腸菌では亜硝酸はアンモニアまで異化的に還元が進行する (DNRA、または nitrate ammonification)。この代謝を世界で最初に報告したのは、日本の

江上不二夫門下生の佐藤らである (1961年、再発見は Cole の 1978 年まで遅れた)。試験管内だけではなく同じ反応が自然界でも起こっていることに着目したのは、英国の研究者 (Cole & Brown, 1980 年) であった。Stolp (1988) の教科書で修正されるまで、窒素循環図は不備だった。



**図7 硝酸塩のアンモニア化は硝化の逆反応 (脱窒は窒素固定の逆反応)<sup>5)</sup>**

遺伝子配列情報は EMBL/GenBank/DDBJ 3 大拠点で共有化され、同じ配列データをもつ菌株やクローンがどのような試料中に分布しているか、いかに脈絡がなくても判明するようになった。例えば、下水処理場の放流口付近の底泥からとウシのルーメン（コブ胃）から *nrfA* 遺伝子の塩基配列の報告があったとしたら、共通点があることが示唆され、片や放流水中の硝酸塩がアンモニアまで戻されることを、片や土壌から牧草へ移行してウシの胃に取り込まれた硝酸塩が亜硝酸を経てアンモニアへ解毒された可能性を示唆している（竹内・竹内、1991）<sup>6)</sup>。

ただし、亜硝酸イオンは中間代謝産物であるため、亜鉛など酵素阻害剤で次への還元反応を阻止する必要がある（図8）。なお、自然界ではシャンプーに含まれる痒み防止剤の亜鉛がコンポストで亜鉛含量が高まると、家畜が亜硝酸を取り込み、中毒症状を起こす原因になり得る。

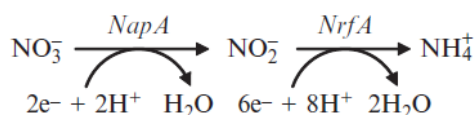


図8 *E. coli* の異化的硝酸還元の過程  
アンモニア化は亜鉛 (Zn) で阻害される。  
(Clarke *et al.*, 2008)<sup>7)</sup>

硝酸塩のアンモニア化 (DNRA) と脱窒とは、共通の基質となる亜硝酸塩を巡って、二分岐となるので、競合する関係にある（図9）。デンマークの窒素循環研究者 Sorensen (1978)<sup>8)</sup> と日本の Koike と Hattori (1978)<sup>9)</sup> は、同時に同じ研究テーマを違った手法で研究し、論文を同じ雑誌 (AEM) の同一号に隣り合わせて掲載するという偶然が起こった（東大海洋研の方が先に受理されたので掲載ページで先行した）。

筆者は学生時代に硫黄循環（硫酸還元菌）を研究対象としていたが、この事実は深く印象に残った。一連の生物地球化学的な研究に対し、それを担う微生物の探究を進めたのは英国の微生物学者だけであった。2000年、筆者が渡英した頃、英国で3拠点あった研究室が代替わりで1箇所だけしか留学先候補地がなくなっていた。そこで Essex 大学の分子微生物研究室で先行している硝酸還元-脱窒系の機能遺伝子 (*napA*, *narG*, *nirS/nirK*, *norB*, *nosZ*) から練習し、最後に残った *nrfA* 遺伝子はプライマ設計からスタートをすることになった。全部で7つからなる機能遺伝子のうち6個は既にプライマが考案され、最後に残された唯一の未開の地が *nrfA* であった。公表されているシークエンスデータは高々5、6個だけ。誰が先鞭をつけても不自然ではない過酷な状態での筆者の PhD 研究だった。

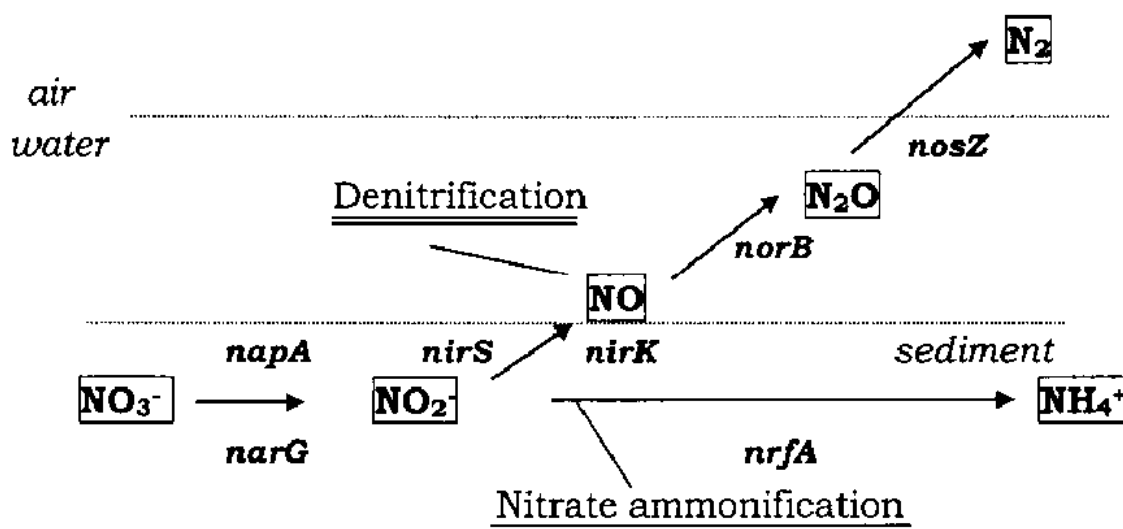


図9 硝酸塩からの脱窒または異化的アンモニア化に寄与する機能遺伝子群<sup>5)</sup>



図 10 英国、Essex 大学の人々

(左：1999 年、分子微生物研究室開設当初のスターティングメンバー  
右：2004 年；著者の指導教員 2 名 Birmingham 大学の Cole 教授夫妻)  
※筆者らと Cole 夫妻の *nrfA* プライマ開発は同時進行で並走していた。

*Geomicrobiology Journal*, 23:75–87, 2006  
Copyright © Taylor & Francis Group, LLC  
ISSN: 0149-0451 print / 1521-0529 online  
DOI: 10.1080/01490450500533866



## Habitat Segregation of a Functional Gene Encoding Nitrate Ammonification in Estuarine Sediments

Junichi Takeuchi

Department of Biological Sciences, University of Essex, Wivenhoe Park, Colchester, United Kingdom

Distribution and diversity of *nrfA* gene encoding dissimilatory nitrite reduction to ammonium (DNRA) in the sediments of the Colne River, North Essex, UK, were investigated. Sequencing cloned *nrfA* fragments amplified from environmental DNA enabled structure analysis of the bacterial community responsible for this pathway. The DNA was extracted from the sediment samples at different depths from the estuary ranging from freshwater to seawater regions, and amplified using specific PCR primer pairs targeting for the *nrfA* gene. Analysis of the *nrfA* clones showed two distinct clusters corresponding to their origins, namely, divided into the stable sites (marine and freshwater regions) and the unstable sites (brackish water region), where the tidal rise and fall constantly disturbs the environmental conditions. In addition, the *nrfA* clones from the deeper layer of the sediment formed a more homogeneous community than those from the surface layer of the sediment. This may be due to more isolated and anaerobic conditions kept in the deeper sediment less influenced by the overlying water and other environmental factors. Most of the *nrfA* clones from the Colne estuarine sediments formed several distinct clusters including known nitrate ammonifiers such as *Aeromonas*, *Shewanella*, *Desulfovibrio* and *Sulfurospillum*. One of which was, however, related to *Bacteroides* but still quite divergent (~70% identity) and the rest forming unknown clusters of supposedly uncultured members of bacteria. This is the first trial to describe the *nrfA* partial sequences derived from a natural environment, with reference to their habitat-specific community structure.

such as leaching fertilisers from farm land and discharging effluent from sewage works. The nitrate which penetrates into the bottom sediment is rapidly consumed as an electron acceptor by benthic bacteria under anoxic condition, and the sediment acts as a sink for excess nitrate as one of causative solutes for severe eutrophication (Nedwell et al. 1999). Nitrate discharged into an estuary is supposed to be eventually removed from the water to the atmosphere via denitrification. In this sense, estuaries have been regarded as naturally occurring bioreactors in the environment (Nedwell 1975; Owens 1986).

However, epoch-making discoveries were independently but at the same time published by marine geochemists (Koike and Hattori 1978; Sørensen 1978), pointing out that nitrate was not always reduced to gaseous nitrogen such as dinitrogen ( $N_2$ ) and nitrous oxide ( $N_2O$ ) but returned to ammonium ( $NH_4^+$ ) remaining soluble in the water. Their findings also suggested that dissimilatory nitrate reduction to ammonium (DNRA), or nitrate ammonification, was equally as important as denitrification, both potentially competing with each other for nitrite ( $NO_2^-$ ). Therefore, the ecological effect of nitrate ammonification on the environment should not be underestimated and be recognised as a hidden negative element in evaluating self-purification capacity.

In fact, excretion of ammonium coupled with nitrate respi-

図 11 拙著論文（自然環境で *nrfA* 遺伝子を記述した世界発の研究例として記載した）<sup>10</sup>

硝酸塩の異化的還元は反芻動物のルーメンの中でも進行し得るが、人体の中でも進行することがごく最近になって、分ってきた。それは、ヒトの口腔内に形成される歯垢（プラーク）である。食物中の硝酸塩は、上部消化管から吸収され唾液として口腔内に分泌される。歯垢内の微生物フローラ（放線菌）によって硝酸還元されて生成した亜硝酸塩は齲歯の原因となる酸産生菌に対し抑制的に作用することが判明した<sup>11)</sup>。また、血液中に取り込まれた亜硝酸塩は、心臓・血管系の疾病や高血圧症を防止する働きをしていることを示唆する結果が得られている（日本細菌学会）<sup>12)</sup>。

歯垢（プラーク）はバイオフィーム状の細菌群集の集塊であるが、唾液中に含まれるカルシウムイオンを沈着することで、約2日間で歯石へと変化する（特に、舌下腺の付近で顕著）。本来、バイオフィームや歯石は酸や細かな傷から歯を守る働きがあったが、過度の歯垢の着生は歯周病の原因にもなるので注意が肝要である。なお、歯垢の常在菌にはグラム陽性の分岐する放線菌（*Actinomyces* 属）がいるためグラム陽性の基準株が必要な場合、歯垢を採取すれば良い。

歯垢を形成するプロセスに類似した現象が、琉球地方の海岸でビーチロックと呼ばれる細菌が関与する石灰岩の形成作用に見られる<sup>13)</sup>。

このように現在の微生物像としては、特定の細菌群が特定の生息環境だけに限定されるものではないと考えた方が妥当な傾向にある。



図 12 ビーチロックの例  
(ウレアーゼ活性を持つ細菌が関与)

## 8. 謝辞

本研修は大阪府高等学校生物教育研究会と一般社団法人せんだんの会の助成による「学校教員のための機器分析入門研修」シリーズの一環で開催いたしました。

本研修を実施するに当たり、大阪府高等学校生物教育研究会事務局ならびに感謝致します。

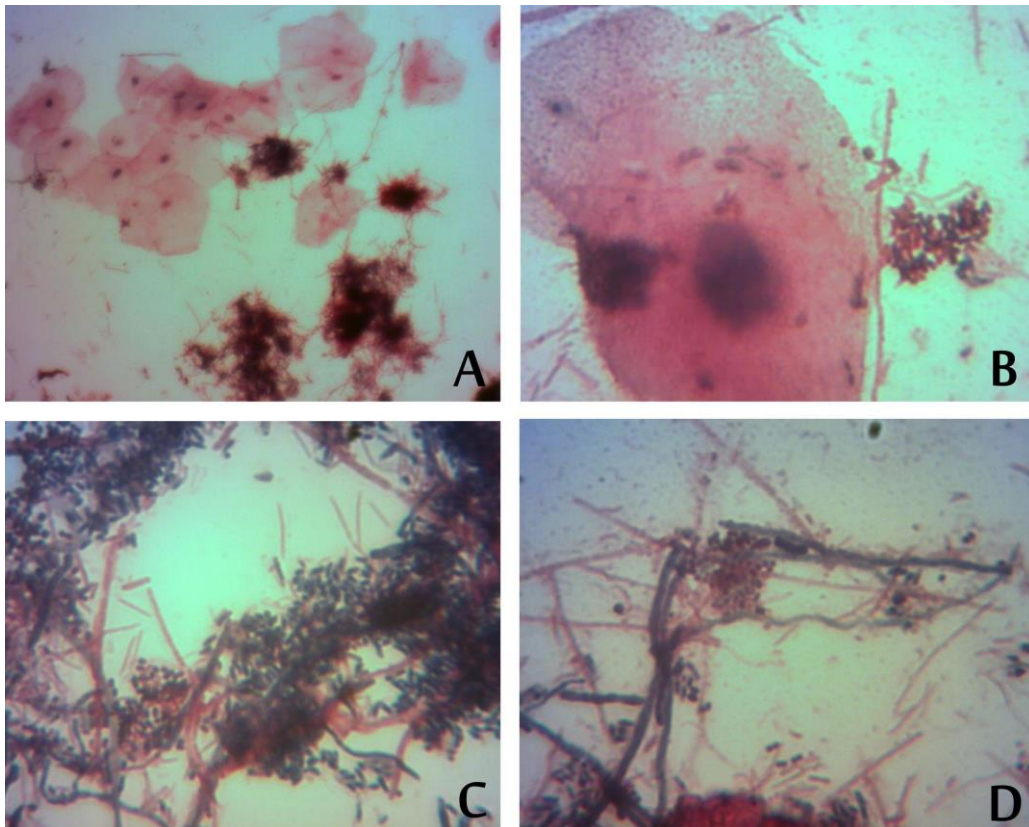
グラム染色の染色液など顕微鏡観察用機材や分光光度計用品の購入につきましては一般社団法人「せんだんの会」様からのご支援を戴きました。紙面をお借り致しましてご報告致しますと共にお礼を申し上げます。

## —参考文献—

- 1) 東京都下水道局編（1990）第4章 細菌試験『エアレーションタンクの微生物-検鏡と培養の手引-』，（社）日本下水道協会，東京。
- 2) グラム染色簡易アトラス（Ver. 1）  
<http://gram-stain-id.cocolog-nifty.com/blog/files/gssg.pdf>（グラム染色道場）  
2017年2月12日アクセス可
- 3) 橋淳治・竹内準一（2016）学校教員のための機器分析入門—紫外可視分光光度計による亜硝酸態窒素の比色定量—，大阪府高等学校生物教育研究会誌，44
- 4) R. de Wit and T. Bouvier (2006) ‘Everything is everywhere, but , the environment select’; what did Baas Becking and Beijerinck really say? *Environ. Microbiol.*, 8(4): 755-758.
- 5) 竹内準一（2003）河口域堆積物中における硝酸塩還元細菌群集の生態，月刊・海洋/号外 35 : 99-105.
- 6) 竹内準一・竹内雅子（1991）硝酸塩・亜硝酸塩をアンモニア化もしくは脱窒させる水中細菌，日本水処理生物学会誌，27:95-105.
- 7) T.A. Clarke *et al.*(2008) *Escherishia coli* cytochrome c nitrite reductase *nrfA*, in *Methods in Enzymology*, 437: 64-76.
- 8) J. Sorensen (1978) Capacity for denitrification and reduction of nitrate to



- ammonia in a coastal marine sediment, *Appl. Environ. Microbiol.*, 35: 301-30.
- 9) Koike, I. and Hattori A (1978) Denitrification and ammonia formation in anaerobic costal sediments, *Appl. Environ. Microbiol.*, 35: 278-282.
- 10) J. Takeuchi (2006) Habitat segregation of a functional gene encoding nitrate ammonification in estuarine sediments, *Geomicrobiol. J.*, 23:75-87.
- 11) 山本祐慈 (2016) プラークの酸産生能に対する亜硝酸塩の抑制作用, 東北大学大学院歯学研究科 (博士論文)
- 12) ようこそ不思議な細菌の世界へ: 口腔細菌 (アクチノマイセス), 日本細菌学会, <http://jsbac.org/youkoso/actinomyces.html>
- 13) T. Danjo and S. Kawasaki (2013) A study of the formation mechanism of beachrock in Okinama, Japan: Toward making artificial rock, *Int. J. Geomate.*, 5 (1): 634-639.
- 



図版 歯垢 (プラーク) のグラム染色像 Aのみ対物×10 乾燥系、BからDは、対物×100 油浸系。頬の内側の細胞も、うすく染まっている様子が見える (A及びB)。対比染色には、フクシンを使用。

注意 対比染色に用いる赤系色素は、サフラニンよりもフクシンの方が染色性が強い。陽性菌と陰性菌のコントラストを重視する場合はサフラニンが、菌体を明瞭に観察したい場合はフクシンが適している。



研修旅行

## 第15回 夏季臨海実習 報告

世話係：府立 芥川高校 高野 朗 私立 大阪国際大和田高校 中村哲也

### 1. はじめに

**目的** 海産生物を用いての実験実習を通して教育現場での実践的授業力を高める。

**期間** 2016年8月4日～5日（1泊2日）

**場所** 神戸大学内海域環境教育研究センター・マリンサイト

（兵庫県淡路市岩屋 2746）

**講師** 神戸大学内海域環境教育研究センター

マリンサイト

教授 川井浩史先生

京都大学フィールド科学教育研究センター

瀬戸臨海実験所

准教授 久保田信先生

**事務局**

県立神戸商業高校

石川正樹先生

府立芥川高校

高野 朗

私立大阪国際大和田高校

中村 哲也

**参加者** 兵庫県 7名 大阪府 10名

### 主な実習内容

（1）ナメクジウオ、プランクトン採集・観察  
1日目 10:30、岩屋港より調査実習船「おのころ」に乗船し、ナメクジウオとプランクトンの採集を行った。晴天に恵まれ、調査実習船は採集ポイントまで順調に航行したが、採集できたナメクジウオは7個体にとどまり、「参加者全員に標本を持って帰っていただく」ことは叶わなかった。

続いて調査実習船デッキからプランクトンネットを用いたプランクトン採集と、海水の水質調査を行った。

昼過ぎに岩屋港へ帰港。

同日午後、マリンサイト実習室にて採集したプランクトンを観察し、参加者全員で同定できた

種名を書き出した。

なお、補足の内容としてタコの腎臓に寄生するニハイチュウの観察を試みた。やや細胞数の少ない小さな個体ではあったが、数枚のプレパラート内にニハイチュウを確認することができた。

### （2）久保田先生による講義

採集したプランクトンを観察する前に、「日本の海産プランクトン図鑑—第2版—」（共立出版）添付のDVDに収録されているプランクトン動画を視聴しながら、久保田先生による解説を拝聴した。

夕食後、動物の系統分類をテーマに再度、久保田先生より講義をしていただいた。実に41門にのぼる動物の分類体系を中心に解説していただいた。

### （3）懇親会での自己紹介タイム

1日目の夕食後は、懇親会を兼ねて、参加していただいている先生方がそれぞれ取り組んでこられた実践などについて発表していただいた。個人的に継続してデータを取られている調査、これまでの自らの経験をまとめられた内容、勤務校の生物クラブでの取り組みなど、どの発表も個性豊かで、興味深いものばかりであった。参加者の先生方は集合後すぐに実習船に乗船し、実習を始めているので、実のところこの時刻まで自己紹介もままならない状態であったが、この企画により、先生方も一気に打ち解けあうことができた様子であった。

### （4）海藻採集・観察・分類・標本作成

2日目の午前、マリンサイト前の海岸で海藻採集をおこなった。天候は良好であったが、季節と潮汐のタイミングの関係で、採集できた種類はやや少なめであった。観察の際にはマリンサ

イトに保管されている資料を提供していただき、これを補った。

海藻の同定と標本作成についてはマリンサイト技術専門職員の牛原康博さんよりご指導いただいた。なお、各自が作成した標本は乾燥に時間を要するため、マリンサイトで乾燥をお願いし、後日送付していただくこととさせていただいた。

#### (5) 川井先生による講義

2日目の昼食後、川井浩史先生より「藻類の進化・多様性と葉緑体の起源」について講義をしていただいた。多様な藻類の系統分類は細胞内共生により理解できるという内容については特に詳しく解説していただいた。

#### (6) 蛍光顕微鏡によるミトコンドリア DNA 観察

講義に引き続き、川井浩史先生より蛍光顕微鏡の原理と特性について解説していただき、藻類の DAPI 染色を行った。用いた資料はすでにご用意いただいたもので、大型藻類としてアミジグサ (*Dictyota dichotoma*)、微細藻類としてプランクトンネットで採集したサンプルであった。

蛍光顕微鏡による観察では、葉緑体の自家蛍光により全体に鮮やかな赤い蛍光を発する細胞周辺に白く光るミトコンドリア DNA を確認することができた。閉講の時刻が迫っており、ややあわただしい中での観察であったが、自ら作成したサンプルが蛍光顕微鏡によって鮮明な像として観察できたことは参加していただいた先生方に強い印象を残したようであった。

#### 採集されたプランクトンの記録

採集日 2016年8月4日 天気：晴れ

採集地 兵庫県淡路島沿岸 佐野沖

採集者 本臨海実習参加者

〔単細胞〕

渦鞭毛藻類 イカリツノモ ユミツノモ

オオスケオビムシ ヤコウチュウ

ケイ藻類 オオコアマケイソウ

タイココアマケイソウ

チョウチンケイソウ

ウロコツツガタケイソウ

ナガトゲツツガタケイソウ

タケツツケイソウ

オリジャクケイソウ

ニチリンケイソウ

有孔虫類 スズウキガイ

放散虫類 ウミサボテンムシ

〔多細胞〕

ミジンコ類 トゲナシエボシミジンコ

ソコミジンコ

ウスカワミジンコ

カイアシ類 メガネケンミジンコ

オヨギソコミジンコ

ミナミヒゲミジンコ

コヒゲミジンコ

二枚貝のベリジャー幼生

巻貝のベリジャー幼生

フジツボ類のノープリウス幼生

甲殻類のノープリウス

エビのゾエア幼生

ゴカイのネクトケータ幼生

クモヒトデのオフィオプルテウス幼生

ナメクジウオの幼生

#### 採集された海藻の記録

採集日 2016年8月5日 天気：晴れ

採集地 兵庫県淡路市岩屋

採集者 本臨海実習参加者

〔褐藻〕

アミジグサ科 ヘラヤハズ ウミウチワ

コンブ科 カジメ

ホンダワラ科 ヒジキ タマハハキモク (?)

〔紅藻〕

テングサ科 ヒメテングサ マクサ

スギノリ科 オオバツノマタ ツノマタ

ムカデノリ科 ニクムカデ フダラク

スジムカデ

イバラノリ科 イバラノリ

オキツノリ科 オキツノリ

ユカリ科 ユカリ

ワツナギソウ科 ワツナギソウ フシツナギ

フジマツモ科 クロソゾ キブリイトグサ

〔緑藻〕

アオサ科 アナアオサ  
シオグサ科 フトジュズモ シオグサのなかま  
ミル科 ミル クロミル

### 参加された先生方からのアンケート

(一部抜粋)

- ・「久保田先生には情熱をもって教えていただきました。若い先生方のエネルギーとやる気につられ、自分の限界に挑戦することができました。」
- ・「船に乗って採集できたのが良かった。」
- ・「もう少し実験の時間が欲しいです。」
- ・「非常に有意義な時間でした。ナメクジウオやその他のプランクトンの観察もよかったです。また機会があれば参加したいです。」
- ・「とても楽しく学ばせていただきました。また次回も参加できたらと思います。」

### 謝辞

お世話になりました講師の先生方、マリンスイトの職員の方々に深く感謝致します。

### 最後に

この実習は次回 2018 年の夏に実施する予定です。

(文責 中村哲也)

部 会

大阪湾岸の生物部会 2016年度活動報告

府立泉鳥取高校 河添 純子

4月1日から岬町のコミュニティバスの運営主体の変更に伴い、ダイヤやバスの定員(乗車定員の小さいバスがほとんど)が変わりました。これまでお願いしていた増発も難しいということで、みさき公園から会場までのバスの利用ができなくなりました。4月24日は、戎崎を予定していましたが、豊国崎に変更し、多奈川線で多奈川まで行き、そこから歩くルートに変更しました。5月8日も場所を城ヶ崎(和歌山市加太)に変更して実施しました。

変更連絡などでいろいろな先生方にご迷惑をおかけしました。

田倉崎観察会

2016年4月9日 田倉崎で海岸生物の観察会を行いました。始業式の次の日ということもあり、参加は1校のみ(教員2名生徒1名)でした。



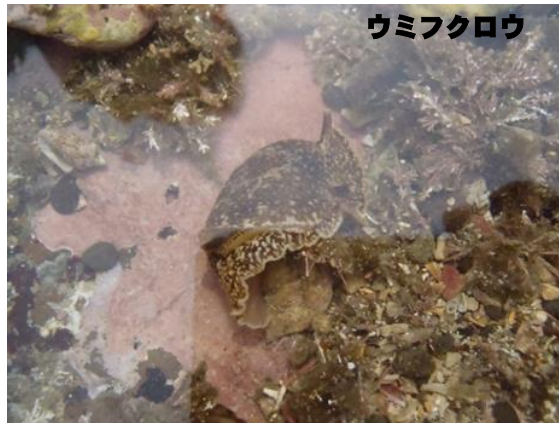
お天気に恵まれ、潮もよく引いて、お昼過ぎには広大な岩礁が現れ思い思いに生き物探しをしました。アメフラシやウミフクロウの産卵も観察されました。とてもたくさんの種類の生き物が観察できました。

今回観察されたのは

- 海藻 緑藻 10種、褐藻 30種、紅藻 46種
  - 海綿動物 9種、刺胞動物 7種、扁形動物 4種、
  - 紐形動物 1種、苔虫動物 2種、
  - 軟体動物 多板類 6種、腹足類 71種、二枚貝類 15種、頭足類 1種、
  - 星口動物 1種、環形動物 13種、節足動物 34種、
  - 棘皮動物 14種、
  - 脊索動物 ホヤ類 8種、魚類 15種
- 全部で 287 種でした。

入り江のあたりまでマイワシがはいつてきて

いるとかで、大型のカイツブリ類(アビ?)が魚をとっているのも見かけました(双眼鏡がなくて、種類を確認できず残念でした)。



ウミフクロウ



ウミフクロウの産卵

豊国崎観察会

4月24日は行先を変更して、岬町の豊国崎で海岸生物の観察会を行いました。5校から教員6人、生徒19人の参加でした。曇り空で暑くなくて活動しやすい日でした。

今回は

- 海藻 70種、
- 海綿動物 5種、刺胞動物 4種、扁形動物 3種、
- 紐形動物 2種、腕足動物 1種、苔虫動物 2種、
- 軟体動物 多板類 7種、腹足類 40種、二枚貝類 8種、
- 星口動物 1種、環形動物 9種、節足動物 29種、
- 棘皮動物 7種、
- 脊索動物 ホヤ類 3種、魚類 8種 が観察されました。



**ベリリンギンチャク**



**タテジマイソギンチャク**



**ヨロイソギンチャク**



**城ヶ崎観察会**

2016年ゴールデンウィーク最後の5月8日は、当初の行先を変更して加太の城ヶ崎で海岸生物観察会を行いました。9校から、教員12名、生徒7名、OB1名の参加でした。

朝から吹いていた風もやみ、暖かい日差しの中の観察会でした。

潮がよく引いたのでとても多くの種類の生物を確認できました。

キクメイシやウミツタの仲間、タマゴバロニアなど南方系の種も観察されました。

確認された種は

海藻 72種

海綿動物 7種、刺胞動物 6種、扁形動物 3種、

紐形動物 2種、腕足動物 1種、苔虫動物 3種、軟体動物 多板類 7種、腹足類 62種、二枚貝類 13種、頭足類 1種、

星口動物 1種、環形動物 14種、節足動物 45種、棘皮動物 12種、

脊索動物 ホヤ類 10種、魚類 18種 でした。

**コバルトツツボヤ?**



**アオウミウシ**



**クロフジツボ**



**ハオコゼ**



### 長崎観察会

5月21日晴天のもと岬町の長崎海岸で生物観察会をおこないました。



5校から教員8名、生徒16名、OB3名の参加でした。風もなく生き物も見つけやすいでした。いつものようにマダコもつかまっていたましたが、危険生物のハオコゼ・ウミケムシ・ゴンズイ・アカクラゲも見つかりました。かなり暑かったので、早めにひきあげた学校もありました。

観察された種は

海藻 52種

海綿動物 6種、刺胞動物 4種、扁形動物 3種、  
紐形動物 2種、苔虫動物 1種、

軟体動物 多板類 10種、腹足類 53種、二枚貝類 10種、頭足類 1種、

星口動物 1種、環形動物 11種、節足動物 26種、  
棘皮動物 11種、

脊索動物 ホヤ類 4種、魚類 13種 でした。

分類は大阪湾海岸生物研究会の定点調査用チェックリストによります。

若干のチェック漏れあります。

### ホンヤドカリ





部会報告

森林生態研究部会

(世話係) 府立泉北高校 榎阪 昭則 府立枚方なぎさ高校 宮井 一  
府立東百舌鳥高校 長尾 祐司 府立佐野高校 出原 茂樹(文責)

1、岬町豊国崎海岸林(2016. 5. 24) 第1回

岬町豊国崎は大阪府では数少ない自然海岸であり、その周辺にはウバメガシ・トベラなどの海岸林が広く残っている。また、ハマヒルガオ・ツルナなどの海岸植物の他、暖地性のミミズバイ・タイミンタチバナもたくさん生育している。

南海多奈川線多奈川駅に9時50分に集合し、豊国崎に向かった。

豊国崎の砂地では、ハマボッス・ツルナ・ハマダイコン・ハマヒルガオ・シナガワハギ・ホコガタアカザ・シロバナマンテマなどが観察できた。

豊国崎海岸に到着。12時近くになったので、まずは昼食をとった。昼食後、河添先生による貝・海藻の観察、説明を受けた。海岸には、ハマウド・トベラ・ツワブキ・アゼトウナ・オニヤブソテツ・ウバメガシが生育していた。崖上の海岸林には、ヤブツバキ・ヒメユズリハなどが生育していた。

30分ほど歩き、かそど海岸に到着した。砂地には、ハマエンドウ・ママコノシリヌグイ・ハマダイコン・ハマウドなどが観察できた。

日頃あまり使用されていない、藪のような山道に入り、掻き分け掻き分け進んだ。途中、ウバメガシの純林に出くわした。細く曲がりくねった沢山の幹が印象的で、幽霊でも出てきそうであった。その他、タイミンタチバナ・ミミズバイなどの暖地性樹木も観察できた。

しばらく歩き、岬町美化センターの先にある、ち



のみ海岸に到着した。防波堤に赤花のマンテマ・ホコガタアカザが観察できた。もう少し進み、シイタケ栽培地近くでは、ミミズバイの高木があった。枝にミミズが這っているような実が沢山付いていた。

(ミミズバイ高木、指さしの先に実いっぱい)

岬町健康ふれあいセンターで休憩して、多奈川駅までもどった。11名参加。

2、岸和田市中央公園(2016, 10, 13) 第2回

岸和田市中央公園は「日本の都市公園100選」に選定されている。大阪地方の自然林を構成する樹木のほか、街路樹・園庭木が多数植栽されており、身近な都市緑化樹木を学習するには、うってつけ公園である。シイ類、カシ類のドングリによる見分け方も学習できる。

南海本線春木駅に9時30分に集合し、歩いて10分ほどで、中央公園に到着した。今回は、生物教育研究会OBが構成員の協力会から、古久保先生、辻本先生、中野先生の3名の先生方が参加された。

グラウンド周辺では、アメリカフウ・メタセコイア・イチョウ・キンモクセイ・エノキ・シナサワグルミなどが植栽されていた。(次頁参照)

北側の道路に面している所では、大阪の自然植生を代表する樹木、アラカシ・シラカシ・ウバメガシなどのカシ類の他、コナラ・スダジイが植栽されていて、ドングリを比較して、違いを勉強した。交番近くには、センダン・イロハカエデ・ソテツ・カイヅカイブキなどが植栽されていた。

橋で渡って春木川を越えると、ハナミズキ・トチ





部 会

生物教育施設部会 天王寺動物園の研修報告

大阪府立枚方なぎさ高校 岡本 元達

平成29年1月6日の午後から天王寺動物園にて研修を行いました。昨年度から天王寺動物園での研修を行い始め、今年度も定員を上回る応募がありました。今年度は私立の高校の先生が多く、中高一貫の学校の先生方に参加いただき幅広い分野の先生方との交流を行うことができました。

今年度も天王寺動物園で獣医をされておられる今西先生に「生物多様性と種の保全」についての講義をして頂きました。また、「哺乳類の消化と吸収」の講義も頂きました。草食動物のグラントシマウマと肉食動物のライオンの頭骨の標本を用いて歯の構造を観察しました。

また、草食動物の乾燥させた糞の標本の観察を行いました。天王寺動物園にお問い合わせ頂きますと学校への貸し出しが可能です。

講義後は今西先生にサバンナガイドをして頂きました。カバ、サイ、キリンやグラントシマウマ、ライオン、ブチハイエナの展示の工夫やそれぞれの動物の特徴を教えてくださいました。

ワークショップ『園内展示を活用して生態系の保全を実感をともなってどう学ばせるか』では4つのグループに分かれ議論し発表を行いました。



生徒をエリアごとに分けて見学させ、学校で発表し共有すること、マレーグマとホッキョクグマを比較させることでベルクマンの法則を伝えること、年間を通じて観察し、探究活動を行うこと、それぞれの動物でのエサの食べる場所を観察すること、過去の展示と今の展示の比較や骨格標本や歩行の仕方を比較するなど様々なアイデアを共有することができました。

また、高校生向けのワークシートを作成できないだろうかという意見も出ました。天王寺動物園でも高校生向けのワークシートを作成していきたいという話がありましたので、今後、本研究会と天王寺動物園で協力してワークシートの作成を行っていく予定です。



行事

平成28年度(第45回)会員研究発表会について

報告者 大阪初芝学園 橘 淳治

平成29年1月27日(金)の14:30~16:00に大阪市立自然史博物館において、平成28年度(第45回)会員研究発表会が開催されました。

今年度は、研究発表募集の案内が遅れて、皆様方にはご迷惑をおかけいたしました。6件の研究発表がありました。さらに、昨年より多くの参加者があり、今年は28名の参加者でした。

また、大阪市立自然史博物館学芸員の佐久間大輔様のご厚意により、自然史博物館の講義室を会場として提供を頂きました。お礼を申し上げます。

今年度の会員研究発表会の概要を以下に記載させていただきます。詳しくは、発表者から要旨原稿を頂いておりますので、そちらをご覧ください。

平成28年度(第45回)会員研究発表会報告

1. 日時 平成29年1月27日(金)

午後2時30分~4時

2. 場所 大阪市立自然史博物館

大阪市東住吉区長居公園 1-23

3. 発表概要

(1) コルポーダ休眠シストからの脱シスト: 観察用教材化へ向けて

竹内 準一・河脇 凌 (ルネサンス大阪高校)

ゾウリムシの継代培養中に偶然、コルポーダの休眠シストから脱シスト化が起こる現象に遭遇した。その失敗を元に、コルポーダのシスト化および脱シスト化の全過程の経時変化を顕微鏡観察した。スライドガラス上にシスト形成させることで、生きたままで直接的な位相差検鏡を可能になった。シスト化および脱シスト化の最適条件や経過時間を絞り込むことで教材キット化を目指していく。

(2) 都市型ダムにおける水質浄化とその教材化  
— 狭山池ダムの水質浄化機構 —

橘 淳治 (大阪初芝学園)

都市河川の汚濁水が流入する都市型ダムにおいては、ダム内で水質浄化が行われている可能性が推察された。この水質浄化機構について調

べたので報告する。また、その教材化をも行ったので併せて紹介したい。

(3) 泉北高校におけるビオトープ池の造成と10年間の変遷

木村 進 (府立泉北高校)

泉北高校内に2005年に造成したビオトープ池について、その造成から約10年間、サイエンス部の生徒とともに、池のプランクトンや水草・水生動物や池の水位・水温・水質などの環境の変遷について継続して調査を行ってきた。この間、試行錯誤して取り組んだ管理方法についても報告したい。

(4) ロールプレイングを用いたボルネオ島の生態系の保全

岡本 元達 (府立枚方なぎさ高校)

ボルネオ島におけるアブラヤシのプランテーションによる生態系の破壊が起きている。アブラヤシは現地民の重要な収入源となっているため、ボルネオ島の生態系を保全するのは非常に困難である。ボルネオ島の生態系の保全の難しさを生徒に理解させるため、ロールプレイングを行った。その実践報告と今年度の夏にボルネオ島にエコツアーリングに行ってきた報告を行う。

(5) 生物教育におけるICTの活用

河内 康孝 (府立泉陽高校)

2013年から出来る限り楽(=安価で、素早く、いい授業になる)にICTを生物の授業で活用したいと試行錯誤を繰り返してきた。その中でわかってきたことや生徒の声等を報告したい。また、日常使用している機材についても紹介したい。

(6) 高校生の課題研究、ポスター発表を考える  
— 多様な人材育成のために —

佐久間大輔 (大阪市立自然史博物館)

高校生のポスター発表について、学会発表は必要か、高校生発表の課題などについて、研究者の視点と経験から、学校教員に実例を交えてわかりやすく解説された。

会員研究発表

コルポーダ休眠シストからの脱シスト過程の観察 -教材化に向けて-

ルネサンス大阪高等学校 竹内 準一

1. はじめに

稲わらの煮汁を用いてゾウリムシを継代培養する実験系で、ゾウリムシを植え付けないまま放置しておくコルポーダ(オカメゾウリムシ)が発生した。さらに放置しておく休眠シストを形成し、酵母エキスなど栄養添加すると再び栄養細胞となって遊泳し出すことを確認した。

2. 休眠シストの調製

- ① 稲わらの煮汁作成:干したわらの小片と水を培養ビン(インスタントコーヒーの空瓶)入れ、薄い褐色のエキスが抽出されるまで煮沸した。
- ② 前培養:ゾウリムシを植え付けずに、1週間放置しておくコルポーダが発生した。
- ③ シスト形成:別の容器(乳酸飲料の空瓶)に酢酸溶液(1%以下)を入れ、スライドガラスを浸漬した状態でコルポーダを泳がせておくと、スライドガラス上で休眠シストが形成された。
- ④ シストが付着したスライドガラスをピンセットで取り出し顕微鏡のステージに載せ、酵母エキス(0.1%)を与え、脱シストを開始させた。

3. 脱シストの誘導と経過観察

①シストの作成(教材キット化準備作業)  
コルポーダは栄養が枯渇するなど生息環境が悪化すると、虫体が丸まり一定速度で自転しながらシスト形成を始める。次第に褐色を帯びて完全に静止すると、休眠シストの完成である。シスト形成には、長時間(半日程度)を要した。

②脱シスト(キットを想定した観察作業)

脱シスト過程の観察に要する時間は約1時間であった。乾燥しないよう水分を補充しながら脱シストの経過を連続観察することができた。

まず栄養に触れると休眠シストの内部がうごめき出した(暗視野での検鏡が適切)。次に、一定速度でシストが回転し出した(シスト形成の時と類似)。シスト内が液胞が生じ、内部に顆粒が形成された。外殻を近傍に残し、薄膜内で細胞が回転し、次第に空隙が広がると、虫体が現れた。虫体が薄膜を破ると、泳ぎだした。  
※教材キット化へ最適化する工程は2017年度サイエンスキャッスル研究費として認定された。

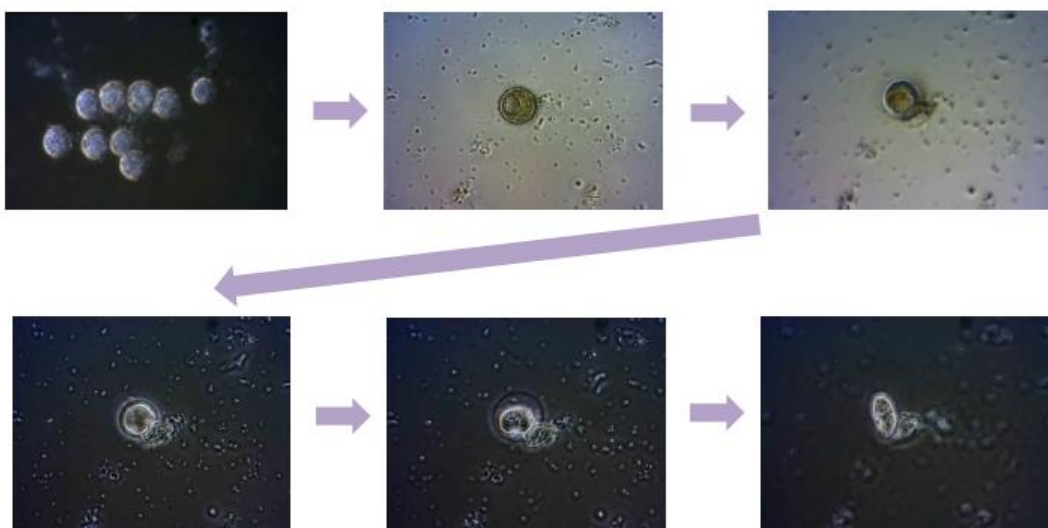


図1 コルポーダ (CoIpoda) の脱シスト過程 (シストから虫体へ戻るまで)



会員研究発表

## 都市型ダムにおける水質浄化機構とその教材化 — 狭山池ダムの水質浄化機構 —

私立 大阪初芝学園 橘 淳治

### 1. はじめに

2003年に大阪府堺市に誕生した本校は、日本最古のダムであり、また都市型ダムでもある狭山池ダムの近くに位置している。

学校創立当初から狭山池ダムとその周辺を環境学習の場とし、また、教科、学校行事、部活動において広く活用してきた。

本年度は、これまでの研究で明らかになってきた、都市型ダムの水質浄化機構や防災機能を子ども達と共に調べ、水環境教育の教材開発と環境・防災教育プログラムの構築に取り組んだ。

### 2. 学校としての取組み

・学校:校外学習の場として低学年からの利用。理科は「はつしばサイエンス」の一環として狭山池での実習の強化。図工では狭山池をテーマとした共同作品の制作など、全校的な活動の推進。

・学年: (6年生) 理科「水溶液の性質」、「生物と環境」、「土地のつくりと変化」、「地域の自然に親しむ」、社会「大和川の治水と利水」、「世界の中の日本」、国語、総合ほかでの活用。

(5年生) 理科「もののとけ方」、「流水の働き」、「動物の誕生」、「天気の変化」、社会「国土の保全と防災」、家庭「地域の産業」、図工「狭山池共同制作」、総合「西除川の自然と生活」、道徳「自然環境を大切にする」ほか活用。

・課外活動:サイエンス教室として、放課後に児童が狭山池ダムおよび周辺の自然環境、防災、生物、水質について、テーマごとに発展的な理科学習として取り組む。



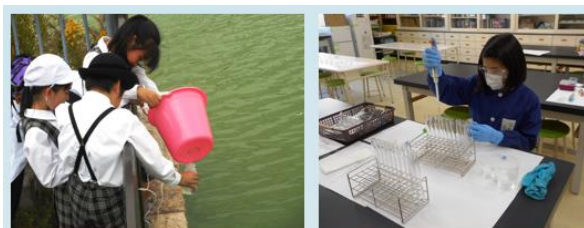
狭山池周辺の植生調査とプランクトン観察(5年)



狭山池ダムのプランクトンと藻類の観察(5年)

### 3. 課外活動での取組み

放課後の部活動として始まったサイエンスクラブを、発展的な理科学習への位置付けとして「サイエンス教室」に再構築した。



狭山池ダムでの採水と亜硝酸態窒素分析

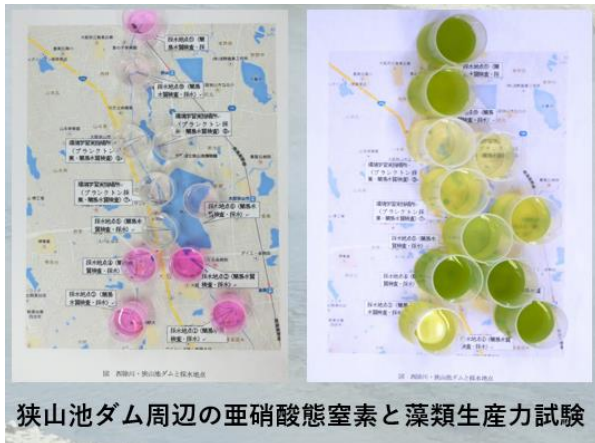


ディスカッションと新たな精密化学分析の繰返し

サイエンス教室では、狭山池ダムの水質浄化機構を調べるために、野外調査と化学分析を中心に行った。

#### 4. 都市型ダムの水質浄化機能の視覚化

サイエンス教室の児童により狭山池ダムの水質浄化機能が示唆された。その成果を全児童に視覚的に説明するため、地図上にミニカップを並べて教材化を行った。



ダム流入河川である西除川と三津屋川は窒素の濃度は高いが、狭山池ダムで浄化されているのがわかる。AGP（藻類生産潜在力）試験においても同様の浄化機構が働いていることが推測された

#### 5. 謝辞

本研究は平成 27 年度河川財団研究助成(助成番号 27-4231-010)を受けて実施いたしました。

#### 6. 参考文献

- (1) Bendshneider, Kenneth and Rex J. Robinson (1952) : A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. J. Mar. Res., 11, 87-96.
- (2) 西條八東、三田村緒佐武(2016) : 新編 湖沼調査法 第2版、講談社サイエンティフィック.
- (3) 橋 淳治(2004) : 「水質評価指標および閉鎖系水域の水質浄化を主題とした環境教育プログラムの開発」、平成 15~16 年度科学研究費補助金基盤研究(C) (2) 課題番号 15500606. 報告

書.

(4) 橋 淳治(2005) : 「教育センター及び高校・大学・NPO 連携による環境安全に配慮した実験法の開発と研修」、平成 16~17 年度科学研究費補助金特定領域研究(2) 課題番号 16034203. 報告書.

(5) 橋 淳治(2007) : 「学校の環境教育における定量化実験法の開発と現職教員への研修」、平成 18~19 年度科学研究費補助金基盤研究(C) 課題番号 18500695. 報告書.

(6) 橋 淳治(2011) : 「廃棄物原点処理に基づく系統的水環境学習の実験教材開発と教員研修」、平成 21~23 年度科学研究費補助金基盤研究(C) 課題番号 21500893. 中間報告書.

(7) 半谷高久、小倉紀雄(1985) : 改訂 2 版 水質調査法、丸善株式会社.

(8) 平井昭司(2014) : 現場で役立つ化学分析の基本技術と安全、オーム社.

(9) 高月 紘 編著(2006) : 環境安全学、丸善.

会員研究発表

泉北高校におけるビオトープ池の造成と10年間の変遷

大阪府立泉北高等学校 木村 進

1. はじめに

大阪府立泉北高校では、総合科学科の設置に向けた整備事業の一環として、2005年秋に校内にビオトープ池を造成し、その後、約10年間にわたって、サイエンス部員とともに池内のプランクトンを含む動植物や水温・pH・水質などの環境条件を継続調査してきた。この池は長さ8m×幅4mで水深50~70cmのもので、底面はベントレートの上に粘土や川砂を敷いてある。造成の目的は、①課題研究やサイエンス部の活動の場としての活用と、②開発によって激減した泉北丘陵の湿地性植物やミナミメダカなどの在来動物を保護すること、の2点である。

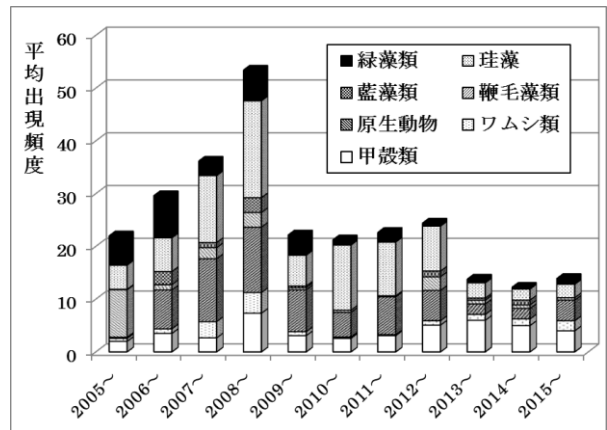
2. 動植物や環境条件の調査方法

- ① プランクトン調査：1ヶ月に1~2回採集→プランクトンの種類(属)と出現頻度(10枚のプレパラートで発見した枚数)
- ② 動植物の調査：水草の種類や被度を年数回記録。動物については、毎年7月に池内の10ヶ所の水と池底を水網ですくって、採集できる動物の種類と個体数を記録。
- ③ 環境条件の測定：週1回は池中央の観察デッキ付近で水温と水位を測定、表層の水を採取してpHを測定。また、年に数回、パックテストでCODとリン酸・硝酸・亜硝酸・アンモニウムイオンの濃度を測定している。

3. プランクトンの出現頻度の変遷

10年間のプランクトンの種類別の平均出現頻度の変遷を右上図にまとめた。最初は雨水だけで貧栄養な状態なので、プランクトンは少なかったが、周囲からコナラなどの落葉が池に供給され、それらが分解されて次第に無機塩類濃度が高くなるにつれて、プランクトンが増加した。しかし、ヒメガマやヨシなどの水草も成長して2008年頃には池面を覆うようになり、照度が低下するとともに栄養塩類も減少し、プランクトンは激減した。その後、2010年からは毎年

水草を刈り取ることとし、プランクトンの出現頻度も安定した。ところが、2013年からアメリカザリガニが繁殖して水質が悪化し、さらにプランクトンの出現頻度が低下した。



4. 池の環境条件や動植物の変遷と管理方法

予想外のできごとが次々と起こり、部員と相談しながら様々な方法を考えて対応してきた。その際、プランクトンの多様性を指標の一つとして、池の環境を安定に保ち、生物の多様性を維持するために、下表のような管理を試行錯誤しながら行ってきた。今後も動植物の変遷を調べながら適切な管理方法を求めていきたい。

	ビオトープ池の変化	主な管理
2005	10月完成・大量の落葉	生物導入、落葉除去
2006	糸状藻類繁茂	糸状藻類・落葉除去
2007	ウシガエル幼生増加	糸状藻類・落葉除去
2008	栄養塩類増加	水位低下で注水開始
2009	水草成長⇒プランクトン減	
2010	水草(浮葉・抽水)繁茂	水草(抽水植物)刈取
2011	抽水植物増加	草刈、注水回数増加
2012	浮葉植物減少	草刈
2013	アメリカザリガニ増加	草刈、ザリガニ捕獲
2014	2度水がなくなる	ザリガニ捕獲、草刈
2015	メダカ復活	ザリガニ捕獲、草刈
2016	アメリカザリガニ定着	ザリガニ捕獲、草刈

なお、本研究の実施にあたって、武田科学振興財団の「2016年度高等学校理科教育振興奨励」の援助をいただいた。感謝申し上げます。



会員研究発表

## ロールプレイングを用いたボルネオ島の生態系の保全 — 実践報告 —

大阪府立枚方なぎさ高等学校 岡本 元達

### 1. はじめに

日本人が普段口にするパン、ドーナツ、ポテトフライ、ケーキ、カップ麺などにパーム油が使用されている。パーム油の日本人1人あたりの年間消費量は約4kgであり、パーム油は日本人の生活と関わりが深い植物性油である。パーム油の主な生産国としてマレーシアやインドネシアが知られている。

マレーシアのボルネオ島ではパーム油を生産するため、大規模なアブラヤシの栽培を行っている。アブラヤシは栽培してから3年後に実をつけ始め、その後20年間実をつけ続ける。さらに、アブラヤシは年間を通して実をつける。ボルネオ島の現地民は先進国からの需要があり、安定して実をつけ続けるアブラヤシを栽培すると収入が増加し、安定するため、アブラヤシのプランテーションの拡大を行っていた。

アブラヤシは現地民を豊かにしたが、プランテーションを拡大する際に原生林が伐採され、焼き払われた。原生林の減少により、オランウータン、ボルネオゾウをはじめ多くのボルネオ島に住む生物たちが絶滅の危機にさらされることとなった。現地民はアブラヤシによる収入を重要視しており、アブラヤシのプランテーション化によるボルネオ島の生態系を保全することは困難な状態である。



ボルネオ島の生態系の破壊が起きている仕組みと保全する難しさを生徒に体験させながら理解させる授業の実践を行った。生徒3人で班を作り、「現地民」、「自然保護団体」、「企業」の役割を与えた。「企業」役の生徒が「現地民」役の生徒にアブラヤシの栽培を勧め、「自然保護団体」役の生徒が「現地民」役の生徒にボルネオ島の生態系の保全を訴え、両者の意見を踏まえて「現地民」役の生徒がアブラヤシの栽培を行うかどうかを決定するというロールプレイングを行った。多くの班で「現地民」役の生徒はアブラヤシの栽培を行う結果となった。アブラヤシの栽培を行わなかった班の意見では「生態系への影響を受けにくい土地で栽培を行った方が良い」「観光地として活用すれば良い」といった意見がでた。経済面を重視した結果の出た班ではRSPOを、観光地としての運用を重視した班ではエコツーリズムをそれぞれ調べさせることで探究的な学習を促すことができる。また、ロールプレイングを通して生態系の破壊を行ってしまう過程を体験させることは生態系の保全の難しさや生態系の破壊の仕組みを理解させることに有用であると考えられる。

## 高校生の課題研究、ポスター発表を考える

### — 多様な人材育成のために —

大阪市立自然史博物館 佐久間大輔

#### 1. はじめに

近年、各種自然系学会でも高校生のポスター発表部門が設けられ、活況を呈している。ただ、もちろん多くのポスターには消化不良感があり、それをなんとか取り繕う無理矢理な数値化や統計処理が引っかけたりする。それを真面目に批判すると、「まあ高校生なんだし」と後ろから引っ張られたりもする(学部生の学会発表にはそんな手控えなくバツサリやるのが通例だと思うが、高校生はお客様扱いだ)。本稿では、高校生のポスター発表に何が求められているのかを検討し、教育機会として多様なあり方を探る。

#### 2. 高校生に学会発表は必要なのか

高校生が「研究」に取り組み、発表の場を求める背景に、文部科学省のスーパー・サイエンス・ハイスクール(以下SSH)の取り組みがある。SSHは「高等学校等において、先進的な理数教育を実施するとともに、高大接続の在り方について大学との共同研究や、国際性を育むための取組を推進します。また創造性、独創性を高める指導方法、教材の開発等の取組を実施します。」とされる(<https://ssh.jst.go.jp/> 2016年12月31日確認)。高校生にとって自らが学ぶ、数学や理科がどのような研究に結びついているのかを知ることが、理数系への進学を考えるモチベーション向上につながる。多くの高校がSSHに参加して生徒の取り組み発表の場として学会に参加し、学会は将来の若手育成という課題意識からこれに協力しているという構図になる。高校生たちは、学会という場で発表し、質問に應對し、様々な研究者からコメントを貰い、研究の場を覗く「窓」といった形で活用している。

高校生の学会の参加には、自分たちの取り組みを形にして「参加した」という達成感は実際重

要なのだろう(間辺 2015)。歯車がうまく噛み合った幸運な事例ではあるが、発表を聞くものを唸らせる取り組みもしばしば見られる。

#### 3. 高校生発表の課題

ただし、往々にしてこれらの評価は「高校生にしては」という形容がつきまとう。それは学部生や研究をはじめたばかりの修士の学生の発表が厳しい質問にさらされているのを見れば、やむを得ないというところだろう。よくある失敗は①不十分なデータでのオーバーディスカッション②きれいなグラフ信仰が強く、生データの中のアノマリーの面白さを見逃しがち③研究の着想のオリジナリティの問題(指導した外部研究者がいても高校生ポスターだと連名にしない傾向)。大学院であれば研究指導の問題、となるがそもそもその体制のない高校生の研究である。竹林(2014)は教員の指導の実態を調べ、教員の研究経験などが重要であるとする。SSHに取り組み教員自身の研修、自主的な研究への取り組みが重要になることは重要な指摘だ。一方、大学教員の酒井(2014)はそもそも研究テーマの設定に科学的意義や社会的意義の検討が不十分である、仮説検証型になっていない、などの課題を指摘する。これは高校生発表の多くが研究の体をなしていないという厳しい指摘だ。

#### 4. 学会は何を求めているのか

しかし、学会の募集要項が高校生に対しそのような厳しい態度で発表を求めているかというところではない。菌学会は「菌に関する研究であればOK」と比較的一般発表に近いものを出しているのに対し、分子生物学会は「ポスター発表、口頭発表ともに、生物に関する研究であれば、



内容は問いません」と通常の発表に比べはるかに広い間口を示している。生態学会では取り組みについて次のように書いている。「高校生ポスター発表会『みんなのジュニア生態学』は、生態学の社会への普及のため、日本生態学会によるアウトリーチ活動の一環として企画します。大会会期中に高校生(中学生も歓迎です)にポスター発表をしていただき、生態学に関連する諸分野の研究者や学生との交流を通して、生態学全般への関心をもっていただくのが本企画のねらいです。」学会側は高校生ポスターに対し、「学術的成果」を求めるのではなく、学会会場で積極的に評価を与え、「交流」しようというのが基本的取組のスタンスである。

### 5. 教育的機会としての高校生の課題研究とポスター発表の評価

もちろん高校生によるポスターでも、十分な個人的な蓄積と、恵まれた指導者に会えれば学術成果としての発表も十分可能だ(例えば Yamaguchi et al. 2016)。そうした学生はもちろん正当に研究を進めればよい。しかし、全ての高校生に同じ路線を歩ませるのは指導体制から見ても無理がある。交流が基本なのであれば、課題研究やポスターの評価に、もっと多様性を持たせてもいいのではないかと思う。高校生が自然史研究に取り組む際の課題のひとつは「生き物に対する経験が圧倒的に足りていない」ことだろう。極端に言えば、これを補うような課題研究は、たとえ社会的や科学的な意義が少々不十分であっても十分に価値があるのではないか。膨大なデータを誇る研究、たくさんの良い標本を作った研究はそれだけで評価されてもいい。

同じように、「良い研究課題」つまりは良い疑問を見つけた学生も同様に評価して良い。オリジナルな疑問や課題設定を生み出すことは幅広くその分野の研究動向を知ることを含め予備知識と研究経験が欠かせない。積極的に疑問を持ち、その究明に努力することは特に「PISA 型学力」の形成には良いトレーニングである。こうした学習には博物館と大学の協働による自由な学びの提供は効果的だ(広瀬ら 2016)。結果として持った疑問を解決した営みが“New to Science”ではなく、過去の研究と同じだったとしても評

価できるのではないか。過去の偉大な研究者の成果と自分の成果を比べられるというのは少なくとも教育面においては大きな成果だ。また、“New to Science”にこだわりすぎないでも、“New to Local”でも十分な価値ある研究だということも大切にしておきたい。これは自然史研究の利点でもあるだろう。

とはいえ、学会でのポスター発表という形態にはそれほど自由度がないのもまた事実だ。哺乳類学会には学生ポスター賞の審査でも「完了研究」と「進行中研究」に分け、各々について異なる審査基準を設けて審査を実施した例があるそうだ。これは良いアイデアだし、当研究会での生徒研究発表会の際に、「研究発表」とは別に「活動報告」のカテゴリーを設けているのも良い工夫だろう。大阪自然史フェスティバルなどのプロ・アマ双方が参加するイベントに出展するのも悪くない。見たものを表現する場があり、そこから交流が生まれ、刺激を得ることができれば、生徒の背中強く押されるに違いない。

### 引用文献

- 酒井聡樹 2013. これから研究を始める高校生と指導教員のために ―研究の進め方・論文の書き方・口頭とポスター発表の仕方―. 共立出版
- 竹林和彦 2014. 高等学校における卒業論文に関わる指導方法の改善と教員. 日本私学教育研究所紀要 50:53-46
- 広瀬祐司, 志賀向子, 佐久間大輔. 2016. 探究的な学習を支援する「高校生のための博物館の日」自然科学のセンス・オブ・ワンダー. 日本理科教育学会第66回全国大会課題研究発表要旨.
- 間辺広樹 2015. 高校生も学会で発表しよう! ―高等学校における研究指導の課題と解決へのアプローチ―. 情報処理 56 (11):1118-1121
- Yamaguchi, T., Terada, T., and Morono, Y. 2016. Osmium plasma coating for observation of microfossils, using optical and scanning electron microscopes. *Paleontological Research*, 20 (4): 296-301.

## 生徒研究発表

## 2016年度 第68回 生徒生物研究発表会 実施報告

私立 大阪国際大和田高校 中村 哲也

## 1. はじめに

今年度も多くの方々のご協力のもと、本研究会主催の生徒生物研究発表会を開催することができました。本研究発表会は今年度で68回目を数える恒例行事であり、本研究会主催のさまざまな行事のなかでも、とりわけ伝統のある行事として存続しています。長きにわたり生物研究・生物部等の活動に取り組んでこられた生徒の皆さんの努力の積み重ね、指導にあたられた諸先生方の熱意に、謹んで深く敬意を表します。

現在、本行事は当研究会と大阪市立自然史博物館の共催行事として位置づけられています。広報・案内につきましては、自然史博物館友の会誌「Nature Study」にも掲載していただき、当日、博物館にご来館された一般の方々にも自由に見学していただいています。大阪市立自然史博物館からはスタッフの方のご協力、会場・機材等の無償使用の提供など、さまざまな面でご支援をいただいています。

近畿大学からは後援として、毎年、生徒への副賞等のご支援をいただいています。これは生徒にとって研究・発表の意欲をおおいに高めるものとなっているようであります。ここに深く感謝致します。

以上のように、本行事は多くの方々に支えられ、現在に至っています。係といたしましてはその伝統の重さと多くの方々の支援に身の引きしめる思いがいたします。僭越ながら、今後とも本研究発表会の継承・発展のため、皆様のご協力を改めてお願い申し上げます。

## 2. 発表件数など

発表は実験・観察などのデータに基づいて、その方法と考査を発表する「研究発表部門」と、おもにクラブ活動における観察記録、学内の文化祭等で発表した内容、合宿の報告などを発表する「活動報告部門」の2つの部門から構成されています。

今年度の発表件数につきましては、研究発表部

門、活動報告部門が計31本に登り、ここ10年間では2010年に次ぐ多数の発表となりました。博物館には会場の使用時間の延長を許可していただくというご厚意にも支えられ、何とか全ての発表を実施することができました。

発表校には毎年参加されている常連校、新たに参加された学校、久しぶりに参加された学校など多様な顔ぶれが集まり、また公立高校、私立高校の別のみならず、中高一貫校での活動、通信制高校からの発表など、発表校の種類に広がりが見られます。係といたしましては、誠に喜ばしい限りであります。

表 年度ごとの研究発表および活動報告件数

回	年度	研究発表		活動報告	
		発表数	学校数	発表数	学校数
59	2007	9	7	7	6
60	2008	11	9	8	7
61	2009	21	10	8	8
62	2010	20	14	17	11
63	2011	14	11	15	15
64	2012	11	11	14	12
65	2013	15	10	14	9
66	2014	13	11	13	11
67	2015	12	11	16	16
68	2016	14	12	17	16

## 3. 交流会・講評

交流会は会場の生徒の情報交換の場として設定しており、毎年、司会進行も生徒の方をお願いしています。今年度も司会をご担当いただいた三国丘高校生物部の生徒さんにお礼申し上げます。発表とはまた違った和やかな雰囲気、日頃はなかなかできない学校間の交流が持てたようでした。「生物好き」

という共通の思いが、生徒諸君の間に脈々と感じられ、予定の時間があつと言う間に過ぎてしまったようです。

自然史博物館の学芸員の横川昌史先生からはご挨拶をいただきました。また、大阪府教育センターの広瀬祐司先生からは各校へご丁寧な講評をいただきました。両先生からの的確なご助言と暖かい励ましの言葉は生徒の生物研究への情熱をさらに高めるものとなったことと確信しております。

最後に来場いただいた方々の人数は次のとおりでした。

生 徒	123 名
教 員	41 名
生徒の保護者の方・一般の方	20 名

前年度に比べ、生徒 18 名増、教員 3 名増となっています。今後も多くの方々にご参加いただける行事となるよう、係りとして努力してゆく所存です。

## 第 68 回 大阪府高等学校生物教育研究会 生徒生物研究発表会 プログラム

1. 開会の辞 大阪府高等学校生物教育研究会 会長 寺岡正裕
2. 研究発表部門
  - 1 メジロの亜種や性別は声で識別できる？ 2 岸和田高校
  - 2 ヒメボタルの生息調査 八尾高校
  - 3 プラナリアの食物感知器官に関する研究 三国丘高校
  - 4 大阪府におけるサトウキビ生産の可能性 2016 園芸高校
  - 5 アジアンタムの孢子体形成に及ぼす植物ホルモン、培地濃度の影響 園芸高校
  - 6 マミズクラゲのクラゲ化の時期とその食性 豊中高校
  - 7 白浜町の内湾・外洋における生物分布の調査 汎愛高校
  - 8 大和川の水質環境と微生物 大阪教育大学附属高校平野校舎
  - 9 多価不飽和脂肪酸による脂肪細胞分化抑制に関する研究 高槻高校
  - 10 楊貴妃メダカ及びブラックメダカの色素胞に対する反応性 大阪桐蔭高校
  - 11 植物を用いた実験 清明学院高校
  - 12 アユが遡上できる魚道の条件 富田林高校
  - 13 富田林市のゲンジボタルの増殖の取り組み 富田林高校
  - 14 刀根山高校裏山に発生するキノコ類の特徴 刀根山高校
3. 活動報告部門
  - 1 京都大学芦生研究林夏季合宿 大手前高校
  - 2 文化祭（青桐祭）での活動 大手前高校
  - 3 高槻中学校高等学校生物部の活動 高槻中学高校
  - 4 附高生物部復活から文化祭発表までの道のり 大阪教育大学附属高校天王寺校舎
  - 5 活動報告 八尾高校
  - 6 学校周辺の生物調査報告と枚高ホタルプロジェクトについて 枚方高校
  - 7 生物部活動報告（合宿など） 岸和田高校
  - 8 インタビューによるアクティブ・ラーニング ルネサンス大阪高校
  - 9 農産加工学研究部の一年間 園芸高校
  - 10 三国丘高校生物部活動報告 in2016 三国丘高校
  - 11 明星生物部 2016 年度活動発表 大阪明星高校
  - 12 フィールドワーク部活動報告（河川、海岸の生物調査） 泉鳥取高校
  - 13 芥川高校生物部活動レポート 2016 ～ひつつき虫の知恵袋～ 芥川高校
  - 14 生物部 活動報告 大阪教育大学附属高校平野校舎
  - 15 富高科学部の 1 年間 富田林高校
  - 16 豊中高校生物研究部 一年間の活動報告 豊中高校
  - 17 ホタル復活、ナラ枯れ対策などの活動報告 刀根山高校
4. 発表校の情報交換会
5. ご挨拶 大阪市立自然史博物館
6. 講 評 大阪府教育センター指導主事 広瀬祐司
7. 表 彰
8. 諸連絡
9. 閉会の辞 大阪府高等学校生物教育研究会 副会長

# 1. メジロの亜種や性別は声で識別できる？ 2

大阪府立岸和田高校 生物部

2年：大河内衛・山内将輝、1年：谷本悠樹・北谷大地

昨年度に引き続き、いまだに密猟や違法飼養が行なわれているメジロについて、偽装工作に使われる台湾・中国産の亜種ヒメメジロと声紋分析を用いて判定することができる可能性について研究を行った。また、日本産他亜種との比較も行った。

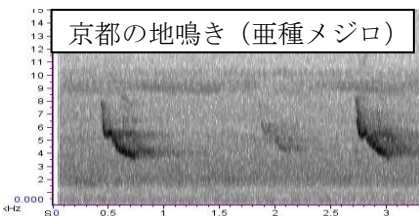
## 1. 調査方法

メジロの鳴き声をICレコーダーを用いて録音し、また、ネット上や研究者の方々からデータを集めて、フリーウェアの Raven Lite を用いて声紋分析を行い、画像化することによって比較研究を行った。

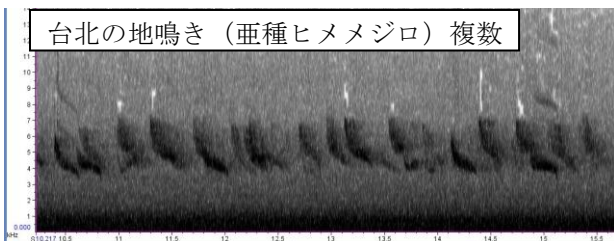
## 2. 亜種ヒメメジロの声紋との違い

日本産の亜種メジロの声は、囀りでも地鳴きでも声紋が細い傾向があり、澄んだ声に聞こえるが、亜種ヒメメジロ（台湾北・中部、香港産）の声は亜種メジロに比べて声紋がやや太いために、囀りでも地鳴きでも亜種メジロより濁った声に聞こえる傾向があることがわかった。これは特に発声の最初の部分で顕著だった。ただ、台湾中南部や中国本土産に関しては、現時点ではデータ数も少なく、声紋の差異も微妙で、声での判定が可能かどうかは不明であった。

京都の地鳴き (亜種メジロ)



台北の地鳴き (亜種ヒメメジロ) 複数



## 3. 日本産の他亜種の声紋との違い

伊豆諸島産亜種シチトウメジロの声は台湾・中国産亜種ヒメメジロに似た濁った声で鳴き、逆に台湾に隣接している沖縄産亜種リュウキュウメジロの声は亜種メジロよりさらに澄んだ声で鳴くことが分かった。

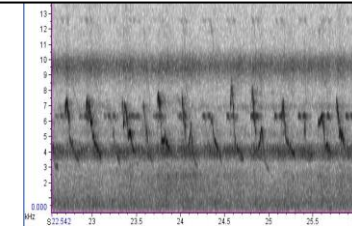
## 4. ♂と♀の声紋の違い

メジロの地鳴きは、高い音から低い音に緩やかに

三宅島の囀り (亜種シチトウメジロ)



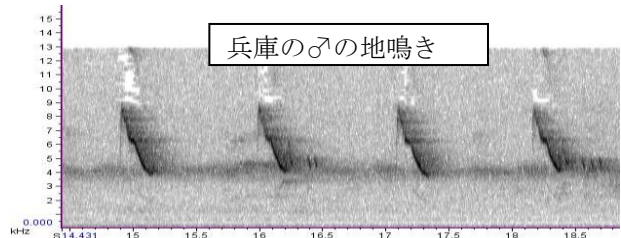
沖縄の囀り (亜種リュウキュウメジロ)



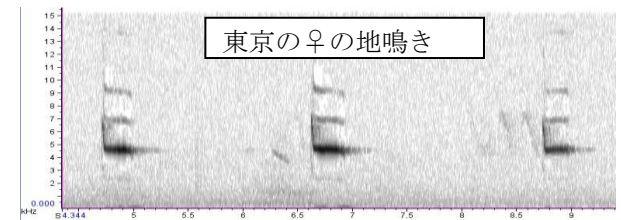
音程（周波数）を下げるものと、非常に短い時間の間に音程を一気に下げ、その後同じ音程（周波数）を維持して鳴くため、同じ音程で鳴いているように聞こえるものがある。前者は囀りと波形が全く同じであることより、後者は囀りには全く出てこないタイプの声のため♀と考えられる。この二つの地鳴きは慣れれば耳で聞いてもちゃんと識別できる。

## 5. 今後の目標

兵庫の♂の地鳴き



東京の♀の地鳴き



録音機材や条件の違いをなくすため、来年度、姉妹校である台湾景美女子高級中学校生物部と共同現地調査を行う予定である。また、声紋の違いを数値化することで声の違いをより正確に判定できるようにする予定である。さらに♂♀の声の違いに関しては、捕獲個体の羽毛のDNAによる雌雄判定と、その個体の鳴き声による雌雄判定をつきあわせることで、判定の確実さを検証する予定である。



## 2. ヒメボタルの生息調査

大阪府立八尾高校 生物部

寒川嵩史 中尾美穂 森尾有菜 中田千瑛 山中日出光

日本でホタルといえば幼虫は水のなかで過ごす水生のホタルであるゲンジボタルですが、この数年間私たちは一生を陸で過ごす陸生のホタルであるヒメボタルを調査しています。

### ゲンジボタルとヒメボタルの違い

ゲンジボタルのメスはオスの光に対して応答発光をしません、ヒメボタルのメスはオスの光に対して応答発光し、また、人工の光を点滅させてもメスは応答発光をします。またヒメボタルのメスは後翅が退化していて飛べないなどの違いがあります。

### 調査方法

5月下旬の夕方に調査地(大阪府 八尾市 神立地区周辺)に行き、調査地内を歩きながら草の茂っている所に懐中電灯(LED ではないもの)を素早く点滅させ、応答があるかを調べます、調査時間は毎年20時頃~22時頃です。飛んでいるものは雄であり(雌は飛べないので)止まっているものは捕獲して、腹部を見て雄か雌かを調べます。雄と雌は、雄は体が細長く、腹部2節が光り雌は体が丸く腹部1節が光ることで見分けます。

### 調査結果 (図1, 図2参照)

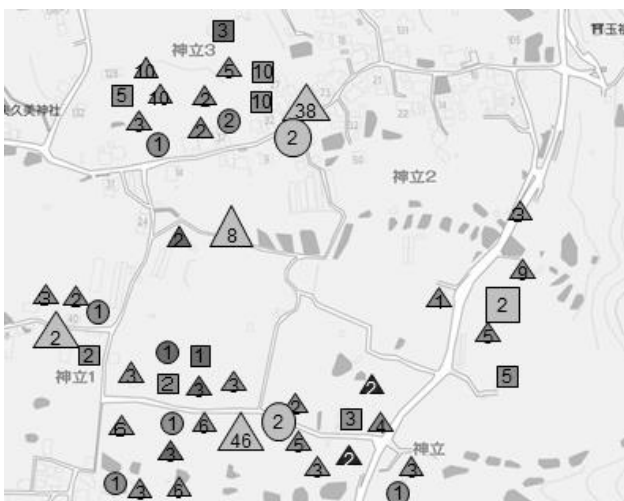


図1 調査地周辺で発見したホタルの個体数  
(大きな図形が2016年, それ以外は2015~2013年  
○がメス・△がオス・□が不明)

ヒメボタル	オス	メス	不明
2013年 5月31日	▲ 72匹	● 5匹	■ 2匹
2014年 5月30日	▲ 34匹	● 1匹	■ 35匹
2015年 5月29日	▲ 8匹	● 1匹	■ 3匹
			ヘイケボタル ▲4匹
2016年 5月26日	▲ 104匹	● 6匹	■ 2匹

図2 ここ数年のホタルの発見個体数

- ・雌の数に比べて、雄の数が多いのは、雌は草や木の葉に止まって目立たずに光っているので発見しにくいからだと思います。

- ・過去3年間の調査では、多数の個体が観察されていた場所が減っていると長年調査している人が言われていたので、2010年に開通した広域農道の影響があるものと思われたが、今年は条件がよく、多くのホタルが観察できました。

- ・今までホタルがいなかった、広域農道の法面にもホタルが見られたことから、少しずつホタルが生息しやすい環境が戻っていることも考えられます。

- ・10月に行った幼虫探しでは、ヒメボタルの幼虫のエサとなる巻き貝は見つかったものの、土の中にある幼虫を見つけることはできなかった。



図3 見つかった巻き貝

- ・今後も個体数の推移を追うとともに、ホタルの発光について詳しく調べたい。

### 3. プラナリアの食物感知器官に関する研究

府立三国丘高校

谷野彩奈 八木優明 久保陸 清水捷生 山本桃華

#### 1. 要約

多くの生き物では食物を食べるための口は頭部に位置しており、食物の入り口と頭部は近いことが多い。しかし扁形動物のプラナリアでは、口の働きをする器官(咽頭)は腹部中央にある。食物を取り込む器官と、情報を分析する頭部が離れているプラナリアでは、どこで食物を感知しているのだろうか。本研究では、プラナリアは頭部から咽頭までが接続していないと食物を感知できないことを明らかにした。プラナリアを切断して食物感知器官を調べる実験では、体を「頭部」と「咽頭を含む尾部」に分けたところ、餌にはたどり着かないことが分かった。また「咽頭を含む頭部」と「尾部」に分けると餌に到達した。さらに、体から咽頭のみを取り出すと、餌に行き着くことはできなかった。これらの結果から、プラナリアの食物感知には、頭部と咽頭とそれらをつなぐ器官が必要であると示唆される。

#### 2. 材料と方法

部位ごとの食物に対する反応を調べた。

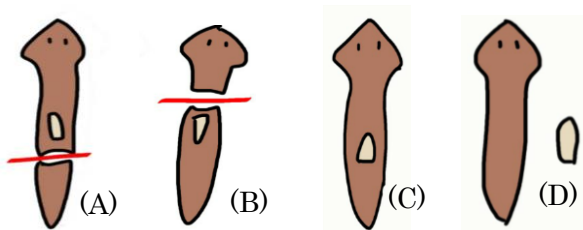
①紙と髪の毛を使ってプラナリアの一種であるナミウズムシ (*Dugesia japonica*) を以下の状態に切る(異なる文字は別個体)。

咽頭あり頭部(A)、咽頭なし尾部(A)、咽頭なし頭部(B)、咽頭あり尾部(B)、完全体(C)、咽頭なし個体(D)

②切断直後の各部位をシャーレに入れ、餌(アカムシ)を投入する。

③20分以内に各部位が餌にたどり着くか調べる。

ここで、餌を感知したことは餌にたどり着くこととして考えた。



#### 3. 結果と考察

完全体と咽頭あり頭部のみが餌にたどり着いた。咽頭あり頭部、咽頭なし尾部、咽頭なし頭部、咽頭あり尾部の4つの部位の反応を比べると、尾部では餌感知をしておらず、感知には頭部から咽頭までが必要であると分かった。

また、完全体と咽頭なし個体との比較より、どちらも体全体の表皮があるが餌感知反応に違いが見られたことから、表皮では餌感知はされないということも分かった。

さらに、プラナリアから取り除いた咽頭のみでも同様の実験を行ったが、餌にたどり着くことはなかった。

部位	反応
咽頭あり頭部(A)	○(3/3)
咽頭なし尾部(A)	×(0/3)
咽頭なし頭部(B)	×(0/3)
咽頭あり尾部(B)	×(0/3)
完全体(C)	○(3/3)
咽頭なし個体(D)	×(0/3)
咽頭のみ(D)	×(0/3)

n=3

以上の結果より、プラナリアの餌感知には、頭部から咽頭までがつながって存在していることが必要であると言える。また、プラナリアの餌感知では頭部と咽頭が同時に機能していると考えられる。このことから、頭部と咽頭は何らかの組織や神経でつながっており連携をとっていると考察できる。

#### 4. 参考文献

- 手代木 渉, 渡辺憲二 (1998) 『プラナリアの形態分化・基礎から遺伝子まで』 共立出版
- Michio Morita, Jay Boyd Best (1996) Electron microscopic studies of planaria. III. Some observations on the fine structure of planarian nervous tissue. *Journal of Experimental Zoology*

## 4. 大阪府におけるサトウキビ生産の可能性

園芸高校 農産加工学研究部

3年 桑原流星 関椋太 岡本晴人 竹田星太 瀬島里奈

農業クラブ農産加工学研究部では2012年度より大阪府におけるサトウキビ生産の可能性を探るべく試験栽培を実施しています。本発表では2015年度及び2016年度に実施した農林8号、24号、26号及び27号の生育調査結果比較について報告します。大阪府におけるサトウキビ栽培は珍しいらしく、新聞やテレビを通して注目を集めています。また、収穫したサトウキビは毎年文化祭で販売しています。

2015年3月、私たちの先輩が、琉球大学を訪問し、研究に対してご指導、助言を頂いた際に8号、24号、26号、27号の一節苗を提供していただきました。4品種の一節苗は2015年の3月に本校の東農場に定植しました。

農林8号では株間に関係なく草丈は約350cm、仮茎長は約200cmに達していました。農林24号では、草丈、仮茎長共に株間40cm区の方が大きくなる傾向が見られました。調査終了時には草丈は370cmを超え、植物体は8号よりも大きく生長しました。年度比較を行ったところ、7月以降、2016年度の方が2015年度より草丈で約100cm、仮茎長で約50cm大きくなる結果が得られました。農林26号では、草丈、仮茎長ともに株間20cm区において7月から9月までの高温期で急激な生長が見られましたが、調査終了時には株間による大きな差は見られませんでした。株間40cm区の11月から12月かけて数値の低下は、葉の損傷が原因と考えられます。農林26号では、調査終了時点で草丈、仮茎長共に2016年度の方が約50cm大きくなる結果が得られました。24号と同様に2016年度の株だし栽培の方が大きく生長する結果が得られました。農林27号では、調査期間を通して草丈、仮茎長共に株間区での大きな差は見られませんでした。両株間区共に草丈は380cmを、仮茎長は240cmを超え、4品種中最大の大きさに生長しました。年度比較を行ったところ、2015年度は草丈は約300cm、仮茎長は約150cmであったのに対し2016年度は草丈は380cm、仮茎長は240cmと大きく生長しました。27号も24号、26号と同様に2016年度に実施した株出し栽培の方が大きく生長する結果が得られました。

2016年度の冬に実施した収量・糖度調査につい

て報告します。地表面に最も近い節を第1節とし、その上位を第2節、第3節と設定しました。各品種、各株間区の仮茎長100cm以上の分けつ数は農林26号が多く、農林8号が少ないという傾向が見られました。各節の調査前に収穫株の主茎と分けつの仮茎長の比較を行いました。24号40cm区、27号40cm区の分けつが大きくなる結果が得られました。同じく主茎を分けつの茎重の比較を行いました。主茎、分けつ共に24号、27号で重くなる結果が得られました。各節の長さの比較結果です。第14節まで節間の長さを測定しました。8号、26号では、株間20cm区の方が長くなる傾向が見られ、24号では株間40cm区の方が長くなる傾向がみられました。27号は上位節と中位節では株間40cmの方が大きくなる傾向が見られ、下位節では株間20cmの方が大きくなる傾向がみられました。各節の重量の比較結果です。重量も、品種間比較を行った場合、節間の長さと同様の結果が得られました。各節の糖度の比較結果です。各節の中央部分の組織を取り出し、屈折糖度計を用いて糖度を測定しました。いずれの品種も全ての節で15を超えていました。24号が4品種の中で20を超える節が最も多く見られました。第1節から第14節までの糖度を調査した結果、最も数値が高いのは農林26号で、その次に数値が高いのは農林27号でした。各節の重量に各節の糖度の値をかけ合わせた値を産出した結果、両株間区ともに農林24号が最も数値が得られました。収量・糖度調査より糖度合計が最も高かったのは26号でしたが、重量は24号の方が大きかったため糖分含有量は24号の方が多いと考えられます。

以上のことから、栽培法の違いで生育の差異がもっとも小さかったのは農林8号でした。また、農林8号は分けつ数及び茎重量の数値が低かったため糖分含有量はもっとも低かったと推測されます。農林24号、26号、27号の三種については、株だし栽培時の方が良く生育したため株だし栽培の方が適していると言う事が出来ます。しかし、26号の茎重については他の2品種より低い数値を示しました。農林24号においては、仮茎長は短かったものの糖度と茎重の数値が高い結果が得られました。

## 6. マミズクラゲ *Craspedacusta sowerbyi* -クラゲ化の時期-

大阪府立豊中高等学校 生物研究部  
2年 鳥越祐己 1年郷野真紘・橋爪花

<はじめに>

本校から自転車で行ける範囲に位置する大阪大学豊中キャンパス内の待兼池に、毎年マミズクラゲが出現する。その生態の謎に迫るべく、私たち豊中高校生物研究部は調査・研究を行ってきた。

<マミズクラゲとは>

淡水に住む。ハナガサクラゲ科マミズクラゲ属のマミズクラゲは直径が2～2.5センチととても小さなクラゲで、一般的な真性クラゲ類とは異なり傘の下部に被膜を持つ。環状水管の周辺から触手が伸びており、その触手には何百もの刺胞がある(図1)。



図1：マミズクラゲの生態

<生活環>

マミズクラゲはポリプの状態からクラゲに成熟する。しかし、多くの場合ポリプは「フラスチュール」と呼ばれる細胞塊を生じて、無性生殖を行う。環境からの刺激を受けるとクラゲ芽を生じ、これが切り離されて稚クラゲとなる。成熟したクラゲは精巣または卵巣を持ち、有性生殖を行う(図2)。ポリプがクラゲになることを本稿では「クラゲ化」と呼ぶことにする。一般的にマミズクラゲのクラゲ化には約1週間かかると言われている。

<ポリプの姿>

ポリプは刺胞動物の典型的な姿のひとつで、イソギンチャクのように固着して触手を広げる。円筒の先に口があり、その周囲にある触手でエサを

口に運ぶ(図3)。

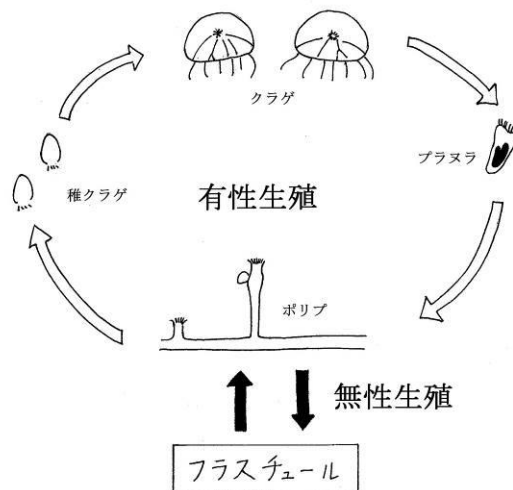


図2：マミズクラゲの生活環

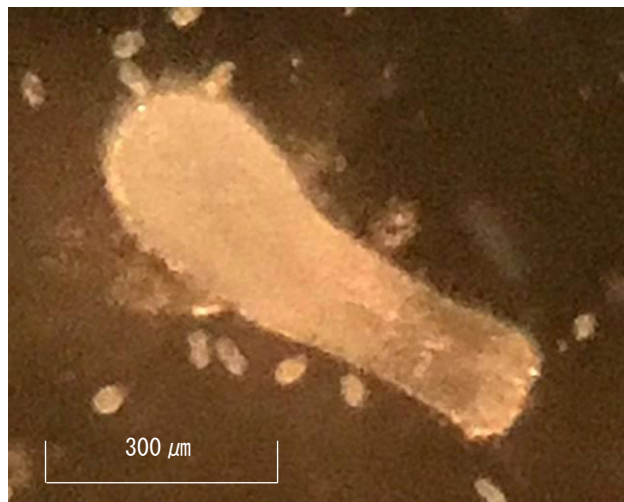


図3：マミズクラゲのポリプ。周囲にいるのは繊毛虫の一種。

<出現する時期>

クラゲ芽の形成が進むとされる夏から秋にかけて出現することが多い。出現する場合は大発生することもあり、大発生の次の年は出現しないと言われている。

<本校付近での生息地>

豊中市の待兼池、箕面市のオケ原池・杉谷池、吹田市の青山池などに生息している。毎年出現する



ことは珍しいと言われるが、待兼池とオケ原池では毎年大量に出現している(図4)。



図4：本校付近のマミズクラゲ生息地

<研究>

マミズクラゲは主に夏にクラゲ化する。私たちはクラゲ化が始まる具体的な温度に着目し、気温が何度以上になればクラゲ化が起きるかを調査した。

<調査内容>

調査は待兼池で行った。7月から9月までの3ヶ月間、一週間に二回のペースで現地に行き、マミズクラゲの出現の様子を観察した。クラゲの有無、どの程度出現しているか、前回の調査時と比べての増減の三点を目視して確認し記録した。水面近くに、すぐに気づくほど多数のクラゲが見られたときに大量出現とし、よく観察しても一匹程度しか見つからないときにほとんど出現していないと記録した。記録の一部紛失により大まかな記録となった。

<結果>

調査を開始した7月8日にはすでに出現しており、それ以前にも出現していた。このあと出現数は増加し、9月上旬に大量に観察できた。その後減少し(a)、10月下旬にはほとんど確認できなかった(b)。11月に入って再び大量に観察された(c)。

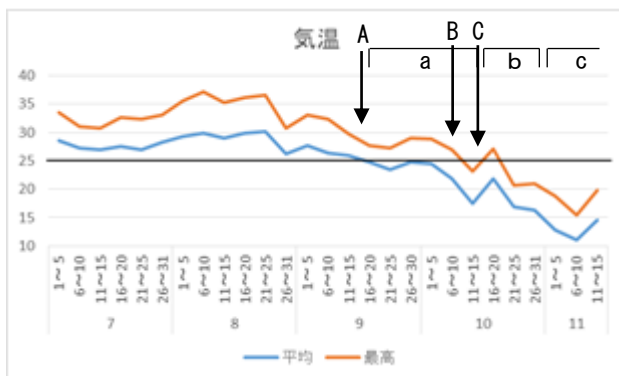


図5：調査期間中の気温の推移

グラフより、9月中旬に気温が下がった(A)ことが、このあとクラゲが減少した(a)原因と考えられる。また、10月上旬に気温がいったん大きく下がった(B)ため、10月下旬にはほとんど確認できなかった(b)と考えられる。中旬に、今度は気温が急に上がった(C)。これが11月の再発生(c)の原因であると推定される。

<考察>

気温が上昇または低下した1~2週間後にクラゲの出現数が増加・減少した。このことから、気温の上昇や低下がクラゲ化に影響すると考えられる。待兼池は周囲が約50mの小さな池であるため水量も少ないので、気温と水温は連動すると考えた。また、最高気温が25度以上になるとクラゲ化するように見えたが、定量的な実験で確認はできていない。



図6：マミズクラゲ;稚クラゲの状態

<今後の研究>

- 引き続き待兼池で水質やプランクトンの調査を行う
- 今年より多くのマミズクラゲを飼育し、鉛直移動などに関する研究を行う
- 待兼池以外の池での採集
- 他にマミズクラゲが出現する池を探す

<出典>

気象庁ホームページ

( <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/> )



## 7. 白浜町の外洋と内湾の生物分布と水質調査

### ～波の強さの定量化の探求～

大阪市立汎愛高等学校 二年理系コース

**目的** 波の強さを定量化し、波の強さと生物相の関係を調べる。

**場所** 和歌山県白浜町にある番所崎と藤島  
(なお番所崎では内湾と外洋に分けた。)

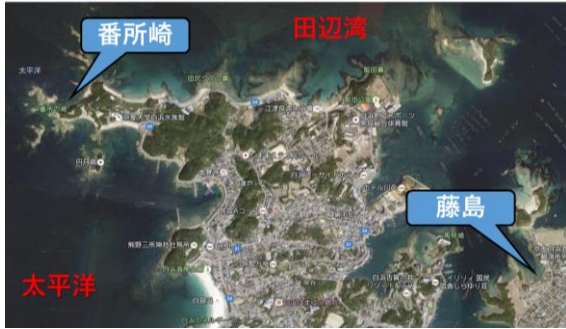


図1：番所崎と藤島の写真

#### 研究内容

##### (波の強さ)

90分飴(図2)を用いて飴の減耗量を測り、波の強さを測定した。



図2：90分飴

あらかじめ学校で人工海水を用いて波の強さを知るための実験を行った。「攪拌機」を用いて人工海水に波をおこした。様々な回転数での飴の減耗量を測り、波の強さ指数を求めて、グラフを作成した(図3)。(波の強さ指数とは、波がある状態の減耗量から波がない状態での減耗量を引いた値のことである。)

##### (生物相)

磯採集をして生物相について調べた。

#### 結果

##### (波の強さ)

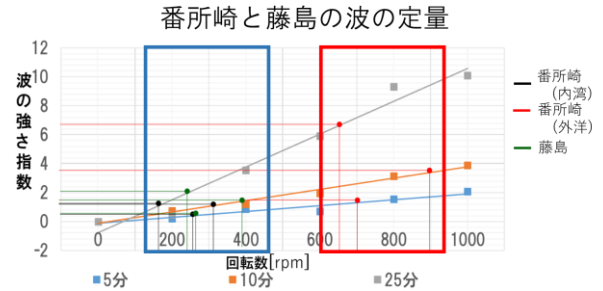


図3：番所崎と藤島の波の強さ指数と事前実験のグラフを比べたもの

青い枠(波が弱い)で囲っている所に番所崎の内湾と藤島の波の強さ指数の値が集中していた。一方、赤い枠(波が強い)には番所崎の外洋の波の強さ指数の値が集中していた。

このことから、番所崎の外洋が3カ所の中で一番波が強く、藤島と番所崎の内湾を比べるとあまり変わらないことが分かった。

##### (生物相)

個体数に差があったマガキ(富栄養を好む)とケガキ(貧栄養を好む)に注目した。



図4：マガキ(左)とケガキ(右)

番所崎や藤島の内湾のような波の弱い所でマガキが多く見られ、番所崎の外洋のような波の強い所でケガキが多く見られた。

#### 考察と今後の課題

波が強い所ではプランクトンが流されて貧栄養になるためケガキが多く、波が弱い所では反対に富栄養になるためマガキが多く見られた。

今後はプランクトンの量の測定と他の生物でも同じことが言えるのかを調べていく。

## 8. 大和川の水質と水生生物

大阪教育大学附属高等学校平野校舎  
北野太羅, 野村泰希, 里井優太, 中西優介, 川上俊太郎, 南俊作, 横畑裕, 河田彩花

### 1. 研究動機

日本有数の汚い川とされる大和川。その大和川水系についてそれぞれの関係性や水質、それらの特徴などについて知りたいと思ったから。

### 2. 研究方法・内容

今回は、様々な観点から水質を調査した。調査方法は、水生生物調査、化学的水質調査、水生細菌調査の3つ。

やり方がわからなかった水生細菌測定については、事前に大阪教育大学の広谷博史先生からお話を伺った。その点に注意して研究を行った。

#### ○調査地点

##### 1, 石川最上流域

河内長野市光滝寺キャンプ場付近

##### 2, 石川中流域 富田林市金剛大橋付近

##### 3, 大和川下流域 大阪市平野区瓜破大橋付近

の3地点で行い結果を比較した。

#### ◎水生生物調査

最上流で捕獲できたもの

- ・カワムツ
- ・カジカガエル(図1) など  
きれいな水を好むものが多かった

中流で捕獲できたもの

- ・タモロコ
- ・ドジョウ など  
どれも多少の水質悪化には耐える

下流で捕獲できたもの

- ・テナガエビ
- ・ゴクラクハゼ など

最上流部のような清流には棲めない種類も

#### ◎化学的水質調査

市販のパックテストを使用した。項目は、COD(化学的酸素要求量)、アンモニア態窒素、リン酸態リン、亜硝酸態窒素の4つ(以後”態”以降省略)

#### ・結果

	COD	アンモニア	リン酸	亜硝酸
最上流	13	~0.2	~0.02	~0.02
中流	13	0.2	0.02	0.02
下流	13~15	0.2	0.02	0.02

単位(mg/L)

#### ◎水生細菌測定

##### ○注意する点

- ・まだ人の入っていないきれいな水を採集する。
- ・しっかりと密閉し、低温で持ち帰る。
- ・細菌は20℃で培養する。
- ・検体は10倍、100倍、1000倍に希釈する。
- ・参考にする倍率は、どの地点でもコロニーが多すぎも少なすぎもしないものにする。
- ・培養には、水生細菌の培養に適しているPGY寒天培地を使用する。

##### 結果

	原液	10倍	100倍	1000倍
最上流	82	10	1	0
中流	1654	680	160	17
下流	1353	480	103	20

コロニー数(個)

ここでは、100倍がもっとも正確な値に近いと考えられるので、これを参考にした(図2)。

##### ◎結果のまとめ

上から水生生物調査、化学的水質調査、水生細菌調査の順に、水の汚れを比較した。

最上流<中流<下流

最上流≦中流=下流

最上流≦中流≦下流

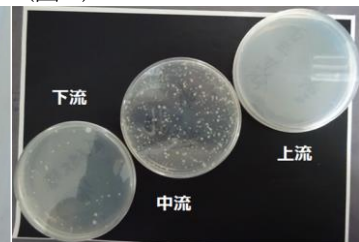
### 3. まとめ

それぞれの基準によって少しずつ結果が変わっているのので、一つの基準で水質を正確に判断するのは難しいと感じた。今後はさらに多くのデータを取って研究を深めていきたい。

(図1)



(図2)



<参考文献>

保坂三継, 眞木俊夫 (2001) 水の従属栄養細菌試験における培地並びに培養条件の検討

## 9. 多価不飽和脂肪酸による脂肪細胞分化抑制に関する研究

高槻高等学校  
2年 真柴誠

## 【初めに】

近年、わが国の豊食化や過食化に伴い、日本人が肥満になるケースが増加している。肥満になると日常生活に支障をきたすだけでなく、糖尿病、心臓や脳の血管障害など様々な疾患の原因になるとされる。そこで青魚に多く含まれ、サプリメントの成分としても有名なドコサヘキサエン酸

(Docosahexaenoic acid: DHA) やエイコサペンタエン酸 (Eicosapentaenoic acid: EPA) に着目した。DHA や EPA は多価不飽和脂肪酸の一種で、脂肪細胞の分化抑制、血圧低下作用やアレルギー症状の抑制などの様々な効果が知られている。

## 【目的】

これらの多価不飽和脂肪酸が脂肪細胞における脂肪滴の蓄積抑制効果を調べる

## 【方法】

マウス前駆脂肪細胞 3T3-L1 細胞を脂肪細胞に分化させた。その際に DHA (10  $\mu$ M) あるいは EPA (10  $\mu$ M) を加え、脂肪細胞の分化に及ぼす影響を Oil Red O 染色で視覚的に確かめた。また、未分化および脂肪細胞に分化した 3T3-L1 細胞から RNA を抽出し、逆転写反応により cDNA を合成し、リアルタイム PCR により脂肪細胞の分化マーカー遺伝子の発現レベルを定量した。

## 【結果及び考察】

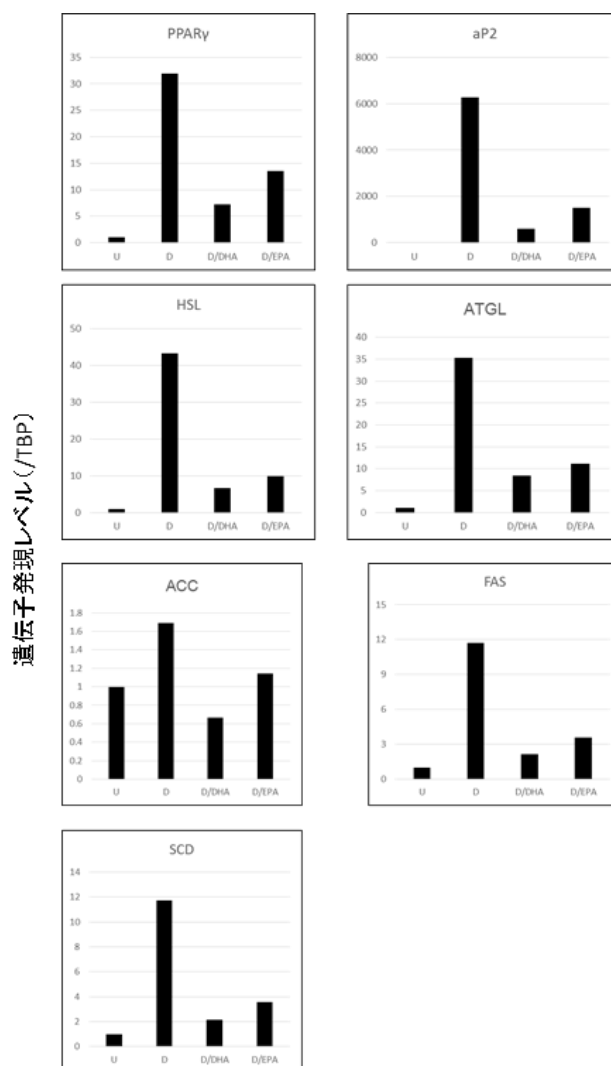
## ・Oil Red O 染色した脂肪細胞の観察

未分化の細胞では、染色された脂肪滴はほとんど見られなかった。一方、脂肪細胞へ分化させた細胞では、あちこちに赤く染色された大きな脂肪滴が観察された。EPA を添加して分化させた細胞では、何も加えずに分化させたときに見られたような大きな脂肪滴は観察されたものの、その数は明らかに少なかった。また、DHA を加えた場合は、EPA よりさらに脂肪滴の数が少なかった。

## ・リアルタイム PCR による遺伝子発現レベルの定量

脂肪細胞の分化マーカーとして、PPAR $\gamma$ 、aP2、HSL、ATGL、ACC、FAS、および SCD の発現レベルを調べた。脂肪細胞への分化により 発現レベルが上昇していた。さらに、DHA や EPA を加えた場合には、それぞれの遺伝子発現レベルは抑えられた。これらの結果より、DHA や EPA は脂肪の合成や分解のいずれの酵素の遺伝子発現も抑制することが分かった。以上の結果から、多価不飽和脂肪酸である EPA や DHA は、脂肪細胞における脂肪滴の蓄積を抑制する効果

があることが分かった。



## 【謝辞】

本研究を遂行するにあたって御指導いただいた大阪薬科大学薬学部生体防御学研究室の先生方、学生の皆さんに深く感謝致します。

## 【参考文献】

- Kim, H-K., Della-Fera, M., Lin, J., and Baile, C.A. Docosahexaenoic acid inhibits adipocyte differentiation and induces apoptosis in 3T3-L1 preadipocytes. (2006) *J. Nutr.* 136: 2965-2969, 2006.
- Nagai, S., Wakai, E., Shibano, M., and Fujimori, K. (2016) Anti-obesity effects of Asian dayflower, *Commelina communis*, in mice with high-fat diet-induced obesity and in 3T3-L1 cells. *J. Funct. Foods* 22: 490-503.

## 10. 肥楊貴妃メダカ及びスーパーブラックメダカの色素胞に対するノルアドレナリンの反応性

大阪桐蔭高等学校  
鍋島旭 山崎海波

◇楊貴妃メダカの黄色素胞に対するノルアドレナリンの反応性

楊貴妃メダカの黄色素胞がKC1溶液で凝集反応を示さない原因の一つとして交感神経支配の異常が予想されます。伝達物質の放出に何らかの異常があり凝集が起こらない可能性を考え、直接ノルアドレナリンを与えて調べました。野生メダカの黄色素胞が凝集する $5 \times 10^{-6}$  Mのノルアドレナリンを与えて観察しました。

楊貴妃メダカの黄色素胞はノルアドレナリンを与えても全く変化がみられませんでした。一方で白色素胞は正常に拡散したので皮膚には交感神経の支配が存在すると思われます。

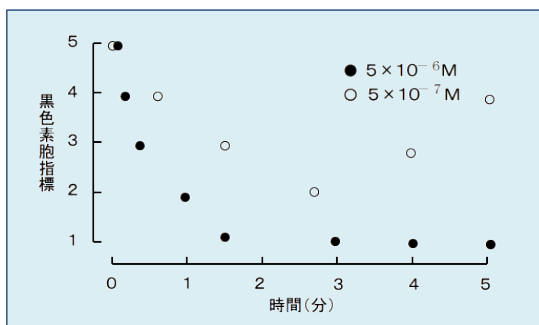
少なくとも今回の実験で伝達物質の放出に異常があり凝集できないのではないことが分かりました。

楊貴妃メダカの黄色素胞は形状から細胞骨格に異常を生じ運動性を無くしたと考えるのが最も妥当です。今後、黄色素胞の微小管の様子を調べてみたいと考えています。

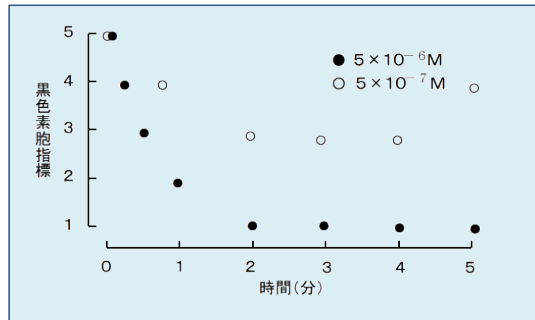
◇スーパーブラックメダカの黒色素胞に対するノルアドレナリンの反応性

スーパーブラックメダカは、ただ黒と言うだけでなく白い水槽に入れても体色を白くできず、背地適応をしません。前回、KC1溶液に対する反応性がスーパーブラックメダカの黒色素胞は4分の1の希釈で完全に凝集しないことから、野生メダカの黒色素胞よりスーパーブラックメダカの黒色素胞は刺激に対する閾値が高いことを報告しました。このことが個体レベル

◇野生メダカの黒色素胞に対するノルアドレナリンの反応性



◇スーパーブラックメダカの黒色素胞に対するノルアドレナリンの反応性



の白背地不適應と関係しているとするシナプスで放出される伝達物質が少ないか、シナプス後膜の受容体の刺激の受容が鈍いか、などを考えることができます。

今回はノルアドレナリンを与え受容体の感受性が正常かどうかを調べました。

$5 \times 10^{-6}$  M及び $5 \times 10^{-7}$  Mのノルアドレナリンを与えて実験し、黒色素胞の変化は拡散を5、完全凝集を1、その間の状態を段階的に4、3、2とした黒色素指標で数値化して表しました。

(図1)は野生メダカの黒色素胞に対する反応性です。●は $5 \times 10^{-6}$  M、○は $5 \times 10^{-7}$  Mの結果です。 $5 \times 10^{-7}$  Mでは完全な凝集にいたらず4分後には拡散を始めます。

(図1)

(図2)はスーパーブラックメダカの結果です。野生メダカとほぼ同じ反応性を示しました。このことからシナプスの受容体は野生メダカと同じ感受性を持つと考えることができます。

(図2)

受容体の感受性が同じだとするとシナプスに異常が生じ、軸索末端からのノルアドレナリンの放出量が少ない可能性を示唆しています。他に黒色素胞の拡散を引き起こすMSHの分泌量が多いなども考えることができます。

今後、スーパーブラックメダカの白背地不適應の原因をさらに絞り込んでつきとめたいと考えています。



# 11. 植物を用いた実験

明学院高校 理科勉強会

杉本泰佑 中西陸 村上輝 渡辺法顕 久保優音 平島涼平 尾崎祐亮 和佐優輝

## 1. 植物の根から分泌する物質による伸長調節の有無の調査実果

背景：私たち理科勉強会は何か所かの空き地の草原を見て、同種族の植物が背の高さを揃えているのではないかという疑問をもった。

目的：植物が仲間と背の高さを合わせるため、根から根に土を介して何らかの物質を出し合っているという仮説を立て、その物質の存在の有無を調査した。

方法：仲間と土を介して繋がっていない植物と土を介して繋がっている植物を用いて背の高さの成長結果を記録した。（植物にはヒエを用いた）

結果：下の図のようになった。

		寄せ植え				個別 植え			
		A	B	C	D	A	B	C	D
6月2日	木	10	10	10	10	10	10	10	10
6月7日	火	18	20	16	16	15	17	17	14
6月9日	木	20	23	18	19	18	20	19	14
6月13日	火	28	28	22	25	26	27	22	15
6月15日	木	33	35	27	28	35	33	25	15
6月21日	火	41	56	36	41	36	35	32	19
6月23日	木	43	61	38	46	38	46	36	25
6月28日	火	46	65	39	49	39	51	48	33
6月30日	木	49	66	40	50	40	51	50	38
7月5日	火	55	67	43	50	45	51	50	40
7月7日	木	55	68	44	51	48	51	50	40
7月12日	火	56	68	45	52	55	51	50	42
7月14日	木	56	68	45	53	57	52	50	46
7月19日	火	57	68	45	54	59	52	50	48
7月21日	木	57	67	47	54	60	52	51	48
7月26日	火	57	67	47	54	60	52	51	48
7月28日	木	57	68	48	54	60	52	51	49
8月2日	火	57	68	48	57	60	53	53	50
8月4日	木	57	68	48	60	60	56	55	50
日付		単位：mm							

図 寄せ植えと個別植えの植物の伸長結果

考察：今回の実験結果では植物が根から分泌する物質によって伸長の調整が行われているという結果は得られなかった。しかし、ヒエの生育状態があまり良くなかったことから次回は土や光の量を増やし個体を大きくした上で実験する必要があると考えた。また、ヒエの他の種類の植物でも試してみるといった実験も準備したい。

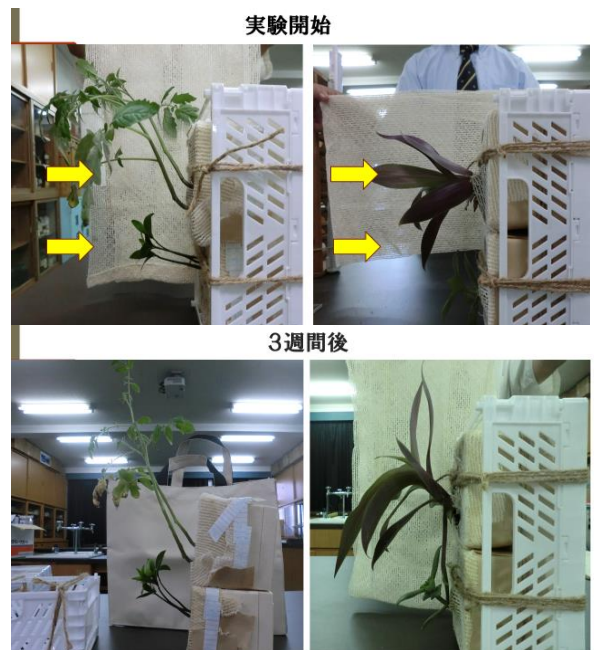
## 2. 植物工場を横向きにした実験結果

背景：植物工場について調べ、人工光型植物工場を試して作成している際に、背の高い植物は工場内での生産ができないのではないかと考えた。そこで植物を横に倒して横から垂直に光を当てると光の方向に植物が育ち工場内の空間でも背の高い植物が育てられるのではないかと考えた。

目的：横向きに植物が育つ植物工場の作成

方法：鉢植えにしたナギ・多肉植物・トマト・ムラサキオモトを 90° 倒し横から光を当てた。

結果：3週間実験を行ったところ下の写真のように上向きに成長した。（矢印の向きに光を当てた）



考察：結果の写真のようにすべての植物が光の方向に伸びていかなかったが実験中に上方向からの光を受けていたかもしれないので次回は筒を付けた状態で試そうと考えている。



# 14. 刀根山高校の裏山に発生するキノコ類の特徴

刀根山高校生物エコ部 森長 隼斗

## I. 裏山の概要

“裏山”と呼んでいる校内林は、もとはアカマツとブナ科のコナラ・アベマキを中心とする里山林であったと考えられるが、松枯れによってアカマツが減少する一方でアラカシやソヨゴ、ヒサカキなどの常緑樹が増加し、遷移が進んでいる。しかし、東南部分の“里山ゾーン”と呼んでいるエリアにはまだ約 40 本のアカマツが生育している。

刀根山高校内の地図



シロハツ

クモタケ



ハツタケ

アズマタケ

## II. 調査の結果

2016年の4月から、校内に出現するキノコの調査を開始し、外見的特徴だけでなく、臭いや触感、時には味も確かめながら正確な同定を進めた。(図鑑等で判明しない種は大阪市立自然史博物館の方にも確認してもらった。)

その結果、現時点まで、ハラタケ目 51 種 (クマシメジ, キツネハカサ, ノリタケ等), ベニタケ目 21 種 (シロハツトドギ, キチャツ, ウソクサハツ等), サルノコシカケ目 19 種 (マンネタケ, チャカイガラタケ等), イグチ目 9 種 (チヂリタケ, ツグリ等), その他キクラゲ目、ボタシタケ目、アンズタケ目など計 18 目 34 科 118 種を確認することができた。そのうち 105 種は既知種であるが、残り 13 種は未知種 (国内で名前がついていない種) と判断している。

### 校内で確認された特徴的なキノコ



## III. 他地域の調査結果との比較

アカマツ林がまだ残る孤立林で本校とよく似た環境と考えられる吹田市紫金山公園でのキノコ調査データ 106 種 (2007~2010 年佐野氏による) と比較すると、本校ではイグチ目の種数が少なく、サルノコシカケ目の種数が多いという違いがあるが、出現するキノコの種類や割合に似た傾向が見られた。

## IV. 考察

アカマツの樹勢の強い環境に発生するアカハツ, クマシメジ, ハツタケ (大阪府の準絶滅危惧種) が確認された。一方、衰弱したマツ類に生えるアズマタケも発生している。

このことから一部衰弱傾向にあるが、樹勢の強いアカマツ林が残る本校の裏山はキノコにとっても貴重なフィールドである。また、冬虫夏草の一種であるクモタケが見つかったことから、国の絶滅危惧種であるキシノウエトタテグモの生息が推測される。

## V. 今後の取り組み

今後も校内の発生種の調査を続けるとともに、他の場所の調査も進めて比較したい。

## 1. 京都大学芦生研究林夏季合宿報告

府立大手前高校 石丸 巧 奥野亜衣子  
新歩英明 福島桃音  
松井康晃 和田純奈

生物部は八月に芦生の研究林へOBさんも一緒に合宿に行きました。

研究林にあるいくつかの川で生態調査をしました。今年初めて見られた生物は

- ・オイカワ
- ・シロスジカミキリ
- ・クロカミキリ
- ・オオカマキリ
- ・ハグロトンボ
- ・カラスアゲハ の六種類でした。

様々な生物を見つけた中で一番印象に残った生物はヒキガエル(鼓膜が明瞭)です。

このヒキガエルはとてもビックサイズでとてもびっくりしました。



京都大学の実験施設も見させていただきました。そこにはたくさんの水路があり、環境を変えるとどのような生物が生息するようになるか、などのことを調べているそうです。



ほとんどが一年生で初めてのことがたくさんあったので、とても貴重な経験をすることができて良かったです。自然の山や川は私たちの知的好奇心を高めるものになりました。

## 2. 文化祭 in 大手前 2016

府立大手前高校 小笠楓 木全寛乃 魏一純  
角 和樹 森田佳樹  
部員 1年生 12人

生物部の活動報告

合宿などの野外活動の記録の展示・放映(ウーパールーパーの孵化の様子など)

### ・生き物の展示と紹介

ウーパールーパー	カワムツ
アカハライモリ	フナ
アフリカツメガエル	サワガニ
イトマキヒトデ	ナベカ
イシガニ	イソギンポ

### ・チリメンモンスターを探せ

選別していない、ちりめんの中にいるちりめん以外の生き物をちりめんモンスターと言います。今回私たちは「めぎせ、チリモンマスター」と銘打っておこなわせていただきました。

手順

- ①一握りのちりめんを紙の上に広げる。
- ②ピンセットを使ってちりめんの中にあるちりめんモンスターを探す。
- ③お気に入りのちりめんモンスターを選びカードに貼りつける。

### ・ウーパールーパーの配布

伝統的に行っていることで、4cm ほどのウーパールーパーを育て方の冊子付きで配布しました。好評で2日目の午前中に配布を終了しました。



### ・生き物ふれあい体験

ウーパールーパー、アフリカツメガエル、アカハライモリに餌やり体験をしていただきました。アカハライモリにも実際に触っていただきました。

- ・追伸 現段階(12月中旬)ではまだウーパールーパーは卵を産んでいませんが、産まないかはまだわからないのでご期待ください。

### 3. 高槻中学校高等学校生物部の活動

#### 高槻高等学校生物部

- 1年 柳原諒太郎
- 2年 東條司袋
- 中学3年 尾野純暉、唐住宗汰、米良和起、浅田聡史

高槻中学校・高等学校は中高一貫校で、部員は多く、56名です。4つの班に分かれ活動しています。

- ①両生・昆虫班・・・カブトムシやクワガタを多数飼育したり、イモリ・サンショウウオなども多数飼育しています。
- ②哺乳類班・・・ハムスターとハツカネズミを飼育しています。簡単な実験もしています。
- ③魚類班・・・海水魚・淡水魚を多数飼育しています。芥川で採集してきたものもあります。
- ④地質・古生物班・・・化石採集に行き、それをクリーニングしています。



主な活動は上記以外に、夏の合宿（今年は三重県鳥羽市菅島）、臨海実習（同じく三重県鳥羽市菅島の名古屋大学附属臨海実験所）、秋の文化祭です。文化祭では「文化祭大賞」を受賞しました。



### 4. 附高生物部の激闘

#### 大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎

- 福本滉太郎 中谷優介 宮崎悠人 小橋口純
- 井上隆人

附高生物部は、数年間部員がおらず、休部状態でしたが、今年の1年生によって復活した。

そして顧問の先生の提案で、附高祭（文化祭）で模擬店を出すことにし、その内容はポスター発表、標本展示、T2 フェージの模型展示に決めた。しかし準備が進まず、当日の朝まで準備は続くことになった。

本番では「本校校舎内におけるクマゼミの羽化の失敗率について」をメインポスターとし、学校中で採集したクマゼミの抜け殻のうち羽化に失敗した個体の割合を調べたものをまとめた。クマゼミを対象にした理由は本校で採れたセミの抜け殻242体中239体がクマゼミのもので多かったからだ。

標本展示では、校内の「学びのもり」というたくさん木が植えられている場所で、採集した昆虫標本と、中谷君が世界中から集めた昆虫標本も展示した。きれいな標本を作ったおかげでかなり好評だった。

模型展示では、プラ板でつくった T2 フェージの模型などを展示した。虫が苦手な人でも楽しめる内容となった。

初めての「附高祭」（文化祭）だったが、顧問の先生やOBに支えられ、来てくださった皆さんを楽しませることができた。本当にありがとうございました。来年はもっと準備を計画的に進め、研究の成果をポスターで発表したいと思っている。

来年の附高祭、ぜひお越しください。





## 5. 活動報告

### 八尾高校

寒川嵩史 中尾美穂 森尾有菜 中田千瑛

山中日出光

#### 1. 山菜取り

4月16日 みずのみ園地に山菜採りに行ってきました。アケビやイトドリ、セイウタンホホ、カンザイホホなど十数種類を天ぷらやサラダにしておいしくいただきました。

#### 2. 海洋調査

7月18日 豊国崎で海岸生物の調査をしました。ウミウシやヒトデなど様々な海洋生物を観察することができました。



#### 3. 伊吹山登山

7月28日 伊吹山に登山し、平地では見かけない植物や昆虫をたくさん観察しました。



#### 4. 自然史博物館見学

9月29日 大阪府立自然史博物館に行き、「氷河時代 化石でたどる日本の気候変動」の展示を見学しました。



#### 5. 昆虫食に挑戦!!

今年は大和川河川敷で捕獲したトノサマバッタを天ぷらにして食べました。さっと揚げると、エビのように赤く色が変わりました。味もエビのようで、おいしかったです。

#### 6. ビオトープの管理

繁茂しすぎた水草や、秋に大量に落ちて沈んでいる落ち葉を取り除きます。

#### 7. 野菜の栽培

プランターでエンドウ・ソラマメ・ミニトマト・ナス・オクラ・キュウリ等を、また菜園でサツマイモ・ジャガイモ・落花生・キクイモ等を栽培し、収穫しています。収穫したものは料理にして食べたり、分けて持ち帰っています。

## 6. 枚高ホタルプロジェクトとゲンジボタル

### の飼育法

#### 枚方高校 生物飼育同好会

辻村奈菜子 林佑美 相原茉菜 浅野留奈

荒尾七海 伊藤香野 井上桃花 入江真希

片岡楓 葛原里美 須川真巳子 原田瑞樹

横山侑美

#### ■はじめに

私たちは枚方高校に今年7月に発足した、生物飼育同好会です。『飼育』という言葉には、生物を身近に大切にしている気持ちや、繁殖などによる絶滅危惧種等の保全の目的が込められています。部室では枚方周辺で採集した魚や昆虫、爬虫類など約40種の生物を飼育しており、中には絶滅危惧種I類のカワバタモロコ(枚方市内で採集)をはじめとする絶滅危惧種も多数おり、この子達の繁殖も行っています。

#### ■枚高ホタルプロジェクト

生物保全の取り組みの一つとして、枚方高校周辺にホタルを呼び戻す活動を始めました。それが『枚高ホタルプロジェクト』です。今年7月に枚方市内の公園でゲンジボタルのペアを採集し、産卵・孵化を経て、現在約200匹のゲンジボタル幼虫を室内で飼育しています。まずはこの子たちが校内ビオトープに自生してくれることを1つの目標とし、最終的には周辺の用水路にホタルが戻るよう、生物調査や環境調査を行っています。校内ビオトープは数十年間使われずに放置されていたものを、徐々に復活させている途中です。

#### ■ゲンジボタルの飼育

部のメインとなっているゲンジボタルの飼育について簡単にお話します。孵化したばかりの幼虫は1mm程で、週1回の水替えの際にはそれを1匹1匹スポイトで吸い取り別の容器に移し替えてから飼育バットの掃除を行います。また週3回のエサやりはカワニナをハンマーで割り、刺身にして与えています。カワニナは近くの用水路で捕獲できますが、室内で繁殖も行っています。幼虫は水中で過ごしますが蛹には土の中であるため、上陸シーズンには上陸槽を準備したり、産卵箱を用意したりと、とにかく一年中手間がかかるのがホタル飼育です。羽化を楽しみに、毎日の活動を頑張っています。

少しでもホタル飼育の敷居が下がるよう、今後はエサの研究なども行っています。

## 7. 岸和田高校生物部活動報告

府立岸和田高校生物部

大河内衛 山内将輝 谷本悠樹 北谷大地

岸和田高校生物部では本年度、以下のような活動を行ったので報告します。

### 1. 鳥類標識調査 (バンディング) の参加



4月29日～5月1日に和泉葛城山で実施した鳥類標識調査に参加し、たくさんの野鳥を目の前で見ることができた。

### 2. 校内の植物調べ

4月より放課後に校内の植物(草本)調べを行い、秋までに31科83種の植物を記録した。このうち、帰化植物は39種で、帰化率は47.0%であった。

### 3. ニホントカゲ2種の分布調査

ニホントカゲは近年DNAをもとに3種に分けられ、そのうちニホントカゲとヒガシニホントカゲの分布の境界線は大阪と和歌山の府県境近くにあるとされているが、この境界線より南側での標本の採集は行われていないようなので、分布境界線付近及び和歌山県南部でのニホントカゲ2種の分布を頭部のうろこの配置を手掛かりに調べているところである。

### 4. メジロの亜種判定発表

9月に北海道大学で行われた日本鳥学会2016大会高校生ポスター発表部門でメジロの亜種判定などに関する研究発表を行った。

### 5. 氷ノ山合宿



8月2日～4日に兵庫県最高峰の氷ノ山で合宿を実施し、メボソムシクイとクロジの声の録音や氷ノ山～鉢伏山の昆虫や植物の調査、灯火採集による昆虫の調査などを行った。

鳥では日本では極めて珍しいジョウビタキの繁殖を確認し、昆虫では絶滅危惧種のオオチャイロハナムグリの生息を確認した。また、植物ではバイカモの開花も確認できた。

## 8. インタビューによるアクティブ・ラーニング

- 淀川のイタセンパラ保全活動取材 -

ルネサンス大阪高校

スーパーサイエンスコース/環境保全クラブ

信宮純 後藤大空 ○岩田祐樹

今回、河合典彦先生への取材をもとにした動画の制作と水辺環境保全活動へ参加を通じ、生徒自ら課題・問いを見つけ、答えを探索していく新しい学びのスタイルを経験した。

イタセンパラは日本固有の淡水魚で、絶滅の危機に瀕し、天然記念物に指定されている。淀川に特徴的な河川の中に仕切られた構造物を持つ城北ワンドに生息しており、市民中心のイタセンネット活動により、外来魚を駆除し、水辺を整備する保全活動が行われている。河合先生は、城北ワンド以外でも十三干潟など、淀川の保全活動に関わられ、淀川を長年、守り続けられている。



上：イタセンパラの成魚

下：動画の一場面（ワンドを背景に河合先生）

活動を通して、人と会って対話をしながら学ぶこと、何かを守り続け語り継ぐこと、自分に出来る事を考え実行すること、経験値の大切さと意味を感じた。この活動で得たもの、考えたことを生かし、次の学びへと繋げていく、その意識を育む力を得た。我々は“次なる課題”に取り組みたい。活動にお力添えをいただいた方々、ありがとうございました。



## 9. 農産加工学研究部の一年間

大阪府立園芸高校 農産加工学研究部

1年 吉良 夏葵 仲里 美香  
奥西 翼 山下 小有希

農産加工学研究部では、農業学習活動の一環としてそば打ちに注力している。高校生によるそば打ちは珍しいらしく、多方面より注目を集めている。そば打ち段位の取得にも積極的に取り組んでおり、下のスライドのような様々な団体・流派の段位を習得している。また、高校生によるそば打ち大会である全国高校生そば打ち選手権大会、そば甲子園にも毎年参加しており、2016年度は選手権大会では団体戦敢闘賞、甲子園では2年連続の優勝を果たしている。そば打ち技術を用いた地域交流活動も実施しており、小学生、中学生、高校生、留学生、地域の方々を対象としたそば打ち講習会を月に2回程度実施している。

今後もそば打ち技術の普及を目的とした様々な活動を展開していきたいと考えている。

### <段位取得状況>

全麵協素人そば打ち二段位 7名  
全麵協素人そば打ち初段位 8名  
豊平流そば打ち二段位 3名  
豊後高田流そば打ち初段位 3名  
越前そば道場そば打ち初段位 4名

## 10. 三国丘高校生物部活動報告 in 2016

府立三国丘高校

谷野彩奈 八木優明 久保陸 清水捷生  
山本桃華

2016年度は、豊國崎、金剛山でのフィールドワークや加太での夏合宿など様々な活動を行いました。また、学校での動植物の飼育や栽培、校内の植生の調査なども行いました。

加太での夏合宿では海と陸の生物を観察し、56種同定することができました。磯ではタイドプールの観察やシュノーケリングで、軟体動物門のアオウミウシや星口動物門のホシムシ、プラナリアも属している扁形動物門のカリオヒラムシなどを観察しました。カリオヒラムシは黒の体色に鮮やかなオレンジの縁取りが目立つ美しいヒラムシでした。陸上ではネプトクワガタやニホントカゲなどを観察し、また友ヶ島の由良要塞にも訪れました。遺跡の内部にコウモリやカマドウマ、ザトウムシの大群がいたことは驚きでした。

学校では現在、キンギョ、ミシシippアカミミガメ、グッピー、プラナリアを飼育しています。また畑ではイネ、トマト、サツマイモを栽培しました。当クラブの最長寿の生物はキンギョで、約20センチまで成長しました。また、堺市の家原寺の近くにある川で採集したグッピーは生物室でたくさん繁殖させることに成功しました。イネは、バケツと水槽を使って中庭で栽培しました。しかしながら、野鳥などによって、イネはあまり収穫することが出来ず、農業の大変さを垣間見ました。

また文化祭では、プラナリアやボルボックスの展示や押し花の製作教室などを開催し、三国丘の体験授業の一つである三丘科学教室では、土壌にいる生物の観察会やダンゴムシの迷路の実験などを行いました。

今後も、より一層生物への知識と興味を深め、生物室内外のみならず幅広く有意義な活動を行い、精進していきたいと思いました。



(加太の磯観察で見つけたアオウミウシ)

## 11. 明星高等学校・中学校 生物部 活動報告

### 明星高校 生物部

明星生物部は基本的に班に分かれて活動しています。班は、①動物班、②植物班、③水生生物班、④昆虫班、⑤バイオテクノロジー班の5つです。

- ① 動物班は、いろいろな生物の体のつくりを学ぶことを目的としており、主に骨格標本・剥製の製作をしています。また、ハムスターの飼育もおこなっています。
- ② 植物班は、現在「ゆめちから栽培プロジェクト」という、企業と協力して小麦を栽培する企画に参加しています。
- ③ 水生生物班は、魚類の飼育を主な活動としており、アクアリウムを作って文化祭でも展示しています。
- ④ 昆虫班は昆虫の採集・飼育・標本作成を主な活動としていて、2015年度は大阪付近にいる甲虫について調べ、サイエンスキャッスルという発表会で発表しました。
- ⑤ バイオテクノロジー班は、昨年は組織培養に成功したのですが、今年は引継ぎがうまくいかず、断念しました。

僕たちの大きなイベントは合宿と文化祭です。今年の合宿地では、学校周辺である淡路島の山奥では学校周辺ではなかなか見れない生物がたくさんいて生き物好きにとっては至福の時間です。また、各自の採集道具の工夫や虫網の使い方の技なども部員同士で共有でき、貴重な時間となりました。

そして合宿やこれまでの研究成果を発表するのが学園祭です。研究発表やレポート、畑の収穫についてはパネルにして展示したり、BSS という機関紙にも書いて来場者にも配布しています。学園祭が近づくと毎日遅くまで残って準備をするだけに、学園祭で多くの人に楽しんでもらうと達成感で満たされます。明星生物部の一番の特徴は、『自由』だということでしょう。これからも自由度を維持しつつもより活発にしていきたいと思います。

## 12. 大阪府立泉鳥取フィールドワーク部活動報告

学校の近くでの海や川での水質・生物調査

### 海の調査結果

長崎海岸 (5/21) …磯

マダコ、アゴハゼ、ドロメ、たくさんアメフラシがいて卵もいっぱい。

岡田浦 (6/4) …磯的環境、礫浜、砂浜、アマモ場  
といろいろな環境がそろっている。

磯に多い、タマキビガイ、ケハダヒザラガイ、イソクズガニ、礫浜にもいるイソミズハゼ、砂浜に多いハルマンズナモグリ、ツメタガイなど



尾崎干潟 (8/2)

…底質は砂で、アマモ場もある。

アカエイ、マダコ、ヨウジウオ、ギンボの仲間、アミメハギ、ヒメハゼ、テナガツノヤドカリ、タツノオトシゴ、ヒカリウミウシ、アオリイカの卵など



波有手の浜 (7/27) …砂浜

ウミホタルの観察会

### 川の調査結果

山中溪 (8/23) …山中川の中流の少し上

サワガニ、ヌマガエルのオタマジャクシ、ヤマトヌマエビなど



新家川 (8/17) …樫井川の中流

スジエビがたくさんいた。ヌマガエルやコオニヤンマのヤゴがとれた。

下滑石田橋 (8/22) …山中川の中流

学校の近くなので定期的に調査している。

ヌマガエル、モクズガニ、カワムツなど

菟砥橋 (5/4・7/29) …男里川の下流

海が近いので汽水となっている。

カワムツ、サカマキガイ、ミナミテナガエビ、テナガエビ、オイカワ、カマツカ、ゴクラクハゼ、ミミズハゼなど。アユやウナギもいる。



今年の変化

樫井川の河口と、隣り合う岡田浦の砂浜の部分で浚渫工事と橋脚の補強工事をしていて、生物への影響が気になる。

まとめ

- 場所によって捕れる生き物の種類が違う
- ゴミが多いことが気になる。昨年の調査から、海岸のゴミは、陸から捨てられているものが多いことが分かっている。
- 樫井川河口の工事で川の流れや底質の様子が変わったので今後どう変わっていくのか見ていきたい。

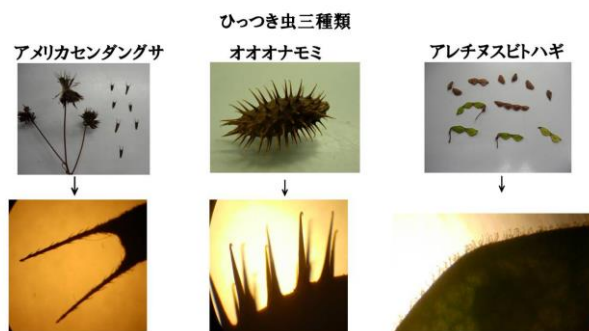
13. 芥川高校生物部活動レポート 2016

～ひっつき虫の知恵袋～

芥川高校生物部

牧陸人 叶一鳴 小松一平 中川悠 太田和希

今年の研究テーマは、ひっつき虫です。まず、アメリカセンダングサ、オオオナモミ、アレチヌスビトハギの3種の種子を実体顕微鏡で観察しました。返しがついていたり、フックのような棘先が様々な方向を向いていたりして、動物の体にくっつく巧みな仕組みが観察できました。実験では、オオオナモミを色々な素材にしっかりとくっつけ、分銅を用いて、何gの重さまで耐えられるかを調べました。その結果、素材の違いよりも、編み方が細かい衣類ほどひっかかりにくく、編み方の粗いものほど離れにくいということがわかりました。



次に1年間の生物部の活動を紹介します。5月には、プールのヤゴ救出活動で、八百匹以上のタイリクアカネを救出し、芥川に放流しました。5月末には、千里緑地でヒメボタル観察会、6月初旬には摂津峡でゲンジボタル観察会を行いました。6月の体育祭では、恐竜・蝶・カマキリ・ムカデを作り、パフォーマンススリレーに登場。8月には、和歌山県の白崎海岸で合宿を実施。磯観察では、ギンボ・オヤビッチャ・ハオコゼなどを観察できました。防波堤では釣りをを行い、ササノハベラ・ネンブツダイ・イシダイの幼魚などを釣り上げ、唐揚げにして食べました。11月には、畑で育てたサツマイモや落花生を近くの保育園児の2歳児30名と一緒に収穫する活動も行いました。



#### 14. 大教大附属平野高校生物部活動報告

大阪教育大学附属高等学校平野校舎

2年 岡部華子 阪口智哉 大江遥歌  
柳香里 横田瑛子 加藤健太郎

附属平野高校の生物部の活動について説明します。

ここ数年間継続して行っている大和川の水質調査では、パックテストを用いて化学的水質を検査したり、生態調査をしたりしています。今までは学校近くの瓜破大橋で調査してきましたが、今年は大和川水系の中流、上流も調査することができ、より多くのデータをとることができました。

9月の文化祭では各々の研究成果をポスターで発表、生物の展示、走査型電子顕微鏡の実演を行い、模擬店として葉脈標本を加工したアクセサリやストラップの販売やPVAスライムの作製体験などを行いました。

10月には大阪教育大学と河合塾が主催する公開授業に参加しました。アガロースゲル電気泳動を用いた遺伝子検査や、着床前遺伝子診断、デザイナーベビーなど「いのち」に関する討論をさせていただきました。中学生の若々しい意見も聞くことができ、有意義な授業でした。

11月に、文化祭の時にSEMを貸して下さった出野先生の研究室にお邪魔させていただきました。大和川で採取したタンスイカイメンとケイソウ類、大手前高校から頂いたゾウリムシとボルボックスを脱水処理して試料を製作し、観察しました。大和川の付着藻類を調べたのははじめてでしたが、何枚かきれいな写真を撮ることができ、これからの活動につながればいいと思います。

今年度から生物室にあった何も入っていない水槽を有効に活用しようと思い、生物室に小さな水族館を作る計画が立ち上がりました。様々な小型魚類を購入し、魚の説明も設けて普段立ち寄る人が面白いと思えるように工夫をこらしました。ドクターフィッシュなどの変わり種も用意してみました。「生物部いきもの館～おいでよ、テトラの窓辺～」と名付けて日々改造中です。

#### 16. 一年間の活動報告

大阪府立豊中高等学校 生物研究部

2年 山崎賢志郎 鳥越祐己  
1年 鳥巢捷斗 中川夏生 郷野真紘  
橋爪花

豊中高校生物研究部では、ウーパールーパーをはじめ、イシガメや熱帯魚、ヤマトヌマエビなどを飼育しています。また、畑ではイチゴやタマネギも栽培しています。今年にはほかにも以下のような活動をしました。

4月には新入生歓迎会としてスルメイカの解剖実習を行い、講師として琵琶湖博物館研究員の鈴木隆仁先生をお招きして、無脊椎動物の体のしくみについて学びました。私たちはマミズクラゲの研究を行っているので、微生物が専門でもある鈴木先生には、近隣の池でプランクトンを採集する際にもお世話になっています。

8月上旬には箕面山での観察会を行い、ナミハンミョウやクルマバッタなどを見つけました。また、アオダイショウの脱皮殻も見つけました。これは現在副部長の財布の中に大事に保管されています(しかしお金はなかなか増えないようです)。また下旬には大阪湾の長崎海岸で磯観察を行いました。潮上帯にヒザラガイ、潮間帯にはウノアシガイ、潮下帯にはイシダタミなど、それぞれ異なる生き物が生息していました。観察会を通じて、身近な所にもおもしろい生き物がいることを再認識し、自然を細かく観察する大切さを学びました。

私たちは地域の小学生に科学の面白さを伝える実験教室も開催しています。6月から10月にかけて、近隣の小学校や公民館などで、小学生と一緒に葉脈標本を作ったり、おもちゃを使って錯覚を体験したりしました。そして、9月の文化祭では生物研究部自慢の200以上に及ぶ貝殻標本や、部員総動員で作った100体もの錯覚おもちゃ「首振りドラゴン」、部長が段ボールで一息懸命組み立てた「巨大ドラゴン」などを展示しました。

今年入部した一年生には鳥類に興味がある人が多いので、来年は野鳥に関する研究を行いたいです。

私たちは、生物について深く知るため、そして多くの人に生物のおもしろさを伝えるため、日々活動しています。

## 17. 刀根山高校生物エコ部の活動

### 刀根山高校生物エコ部

本校には校内に里山林があり、ビオトープ化した池や元阪大薬草園跡の草地などに稀少な動植物が多数生育しています。そのため、校内で様々な生物の自然観察ができます。しかし、一方で生物多様性を維持し、景観や他の学校活動の支障にならないように維持管理してゆくため、枯れた枝や草の除去、樹木や草の選択的除去が欠かせません。校内の生物調査とともに、これらの活動にも日々取り組んでいます。

<今年の校内の主な活動>

#### ①ナラ枯れ対策の継続

2016年の11月時点で、カシノナガキクイムシにより穿孔被害を受けている樹木は、コナラ7本、アベマキ14本、アラカシ8本、シラカシ3本でした。そのうち、根元から2mくらいの高さまで濡れタオルやビニールシートを巻くなど防除対策をしたものが、コナラ5本、アベマキ4本でした。しかし、何者かによってビニールシートが破られた結果、カシナガの穿孔被害を受けた木もいくつかありました。完全に枯死した木はありませんが、上部の枝がかなり枯れている木がいくつか見られます。

#### ②蛍池地域のホタル復活プロジェクト

一昨年はヘイケボタルに取り組み、一部は成虫まで育ちましたが、入試期間に多くを死なせる失敗をしました。今年度は、更に個体数を増やし、約300匹を採卵して孵化させ、途中から地域の方にも育ててもらい、11月に学校近くの水路に地域の方々と一緒に約120匹を放流しました。また、今年度はゲンジボタルの採卵飼育にも取り組み、夏に幼虫の過半数を死なせる失敗をしましたが、何匹かは終齢幼虫まで育てることができています。



投稿規定

## 「大阪府高等学校生物教育研究会会誌」投稿規定

「大阪府高等学校生物教育研究会会誌」（以下会誌と略す）は、大阪府高等学校生物教育研究会の機関誌で年1回発行される。

会誌には、広く生物教育や生物学に関する研究報告、資料、情報ならびに本会からの報告（会制、運営、行事及び係報告、執筆要項、各種案内）、その他を掲載する。

本会会員の生物教育や生物学に関する実践や研究の発表の場として、会員研究発表以外に、以下に示す投稿規定により会誌原稿を広く公募する。

### 1. 投稿者

会誌への投稿者は、本会会員に限る。ただし、本会が依頼した場合はこの限りではない。

### 2. 投稿の区分

研究報告：生物教育や生物学に関する、教育実践的研究や学術的な研究で広く会員に知らせる価値を有するもの。刷り上がり6頁以内とする。

短報：研究報告に準ずるが、生物クラブの活動報告や新しい実験や観察法の開発など速報的な内容で価値のあるもの。刷り上がり4頁以内とする。

資料：生物教育や生物学に関する有用な資料（各種データ、実験法、飼育法その他実験生物の入手方法一覧など）。刷り上がり2頁以内とする。

雑報：以上には該当しないが、生物教育や生物学に関する意見、書評、シンポジウム記録など、会員に知らせる価値を有するもの。刷り上がり1頁以内とする。

### 3. 投稿の執筆要項及び投稿先

別に定める会誌原稿執筆要項に準じて行う。但し、研究報告、短報、資料、雑報については、その校閲を複数の委員に依頼するので、3部（オリジナル1部とコピー2部）を投稿票と共に会誌編集委員会に送付する。投稿期限は各年度の1月末日までとする。

### 4. 校閲と校正

委員からの校閲の結果、内容に問題があると指摘された場合、編集委員会はその旨を著者に伝えて修正を求める。修正を求められた原稿は2週間以内に再投稿しなければ無効になる。また、会誌への投稿が不相当と判断されたものについては、その理由を明記して投稿者に返却する。

校正に関しては、他の会誌原稿と同様に、編集委員会が行う。

### 5. Web ページへの掲載とアーカイブ化について

大阪の生物教育（大阪府高等学校生物教育研究会誌）は、印刷物として出版、配布するほか、Web ページへの掲載、及び、会誌のアーカイブ化のためデジタルデータとしてDVD やブルーレイなどの媒体に保存し、配布するので、引用物等の著作権を遵守すること。

### 6. 付 則

著作権は本研究会に属し、投稿原稿は原則として返却されない。

## 会誌原稿執筆要項

大阪府高等学校生物教育研究会

研究会の行事があれば必ず会誌に載せることになっていますので、担当の方は日時、場所、出席者数、内容などの資料を残しておいて下さい。また、研究発表など、係以外の会員の方への執筆依頼は行事担当者でお願いします。原稿は会誌の他、HPにも載ることがあります。

執筆ページ数は、例年次のようになっています。

・生研総会報告	1 ページ
・全国大会報告	1 ページ
・係活動報告	1 ページ
・実験研修会	2 ページ
・標準テスト	4 ページ
・研究部会	1 ページ
・研修旅行	2 ページ
・施設見学会	1 ページ
・学術講演会	1 ページ
・公開授業	2 ページ
・生研ニュース	2 ページ
・会員研究発表	4 ページ
・生徒研究発表	1 ページ

形式などは、この会誌の該当部分を参考にしてください。

1. 原稿はワープロ (Word2003) で、A4、周囲余白を上 33mm、下 32mm、右 23mm、左 23mm に設定し、10.5 ポイント、21 字×44 行×2 段組で作成して下さい。原稿用紙は研究会の HP にフォーマットがあります。必要な方はダウンロードしてご利用ください。会誌のちょうど 1 ページ分になります。また、提出は原則としてメール添付でお送りください。ただし、データ量が多すぎるとメールを受け取れないことがありますので、写真・図版等はできれば縮小ソフト等でデータ量を圧縮しておいて下さい。または USB フラッシュ等でデータを直接郵送して頂けると、編集しやすくなりますので、ご協力をお願いします。
2. 1 枚目の最初の 5 行×2 段をタイトル・所属・氏名に当て、本文は 6 行目から書き出して下さい。
3. 所属学校名は○立○○高校の形でお願いま

す。(国立、府立、私立)

4. 丸や点、かっこなどの記号欄も 1 文字とします。
5. 用字、用語は原則として現代かなづかいで統一して下さい。
6. 文中にアルファベットなどが混ざるときは、活字体で、大文字小文字の区別がはっきりわかるようにして下さい。
7. 数字やアルファベットは、1 コマに 2 文字書くようにして下さい。分数が混ざるときは  $1/3$ 、 $1/a-b$  のように平らにします。
8. ゴシック体や、生物学名などのイタリックが必要なときは、文字装飾で入れて下さい。
9. 写真・図版・グラフ・表については文面に貼り付けて下さい。とくに写真はデータ量が大きくなりますので、できるだけ圧縮して下さい。  
図版は jpg でお願いします。手描きの場合は、白いケント紙などに濃い墨でくっきりと線引きし、スキャナーで取り込むようにして下さい。  
図の説明は図の下側、表のタイトルや説明は表の上側に記して下さい。
10. 文献は本文の最後にまとめて下さい。原則として、著者名・西暦年号・タイトル・書誌名・巻号番号・発行者名の順に書いて下さい。
11. 生徒原稿については、執筆要項をコピーしてよく説明してやって下さい。また、成稿前に必ずご指導の先生で目を通していただくようにお願いします。

提出は原則として電子データでお願いします。

なお、原稿でご不明な点がありましたら、編集係までご連絡下さい。

原稿〆切・提出先

年内の行事は、1 月 31 日、会誌編集委員会まで提出。年明けの行事については 3 月 1 日までに提出下さい。

「大阪府高等学校生物教育研究会誌」投稿票

投稿の種別	<input type="checkbox"/> 研究報告 <input type="checkbox"/> 短報 <input type="checkbox"/> 資料 <input type="checkbox"/> 雑報
表題	
著者名(全員)	
所属(全員)	
要旨	
連絡先	勤務先住所 〒
	-----
	自宅住所 〒
	氏名
	勤務先電話                      勤務先 FAX 自宅電話                          自宅 FAX
原稿枚数	本文 [      ] ページ    図 [      ] 枚    表 [      ] 枚

必要箇所の口を塗りつぶし、各項目についてご記入下さい。  
この投稿票は、投稿文 (3部) と共に会誌編集委員会までお送り下さい

# 大阪府高等学校生物教育研究会 Archive DVD Ver. 2 の使用法

1. Archive DVD をマイコンピュータから開き、index.htm をダブルクリックして下さい。ブラウザが起動し、アーカイブ DVD の使用上のお願いが表示されます。
2. 「Archive に移る(クリックしてください)」をダブルクリックしてください。直ぐに、下記の画面が出ます。

**大阪府高等学校生物教育研究会 Archive (Ver.2.02)**  
The Osaka society of high-school biology education

発行にあたって  
会長 寺岡正裕 会 則

研究会誌「大阪の生物教育」  
Journal of Osaka biology education

Latest Volume / Issue

実験書・実習書  
Book on experiment

Latest Volume / Issue

指標生物調査  
Biological research

Latest Volume / Issue

その他の出版物・資料  
Other publications

Fiscal year / title

会誌投稿募集(執筆要項あり)  
Call for papers

Submission of a manuscript

連絡先  
Contacts

secretariat

Archive化について  
Description

Latest Volume/Issue Journal of Osaka biology education (Seibutsukyokuiku kenkyukaishi)

1. 生物教育研究会誌バックナンバー 2016.12.31

Vol.	Year	Vol.	Year	Vol.	Year
Vol.1	S47 (1972)	Vol.16	S62 (1987)	Vol.31	H14 (2002)
Vol.2	S48 (1973)	Vol.17	S63 (1988)	Vol.32	H15 (2003)
Vol.3	S49 (1974)	Vol.18	S64/H1 (1989)	Vol.33	H16 (2004)
Vol.4	S50 (1975)	Vol.19	H2 (1990)	Vol.34	H17 (2005)
Vol.5	S51 (1976)	Vol.20	H3 (1991)	Vol.35	H18 (2006)
Vol.6	S52 (1977)	Vol.21	H4 (1992)	Vol.36	H19 (2007)
Vol.7	S53 (1978)	Vol.22	H5 (1993)	Vol.37	H20/H21 (2009)
Vol.8	S54 (1979)	Vol.23	H6 (1994)	Vol.38	H22 (2010)
Vol.9	S55 (1980)	Vol.24	H7 (1995)	Vol.39	H23 (2011)
Vol.10	S56 (1981)	Vol.25	H8 (1996)	Vol.40	H24 (2012)
Vol.11	S57 (1982)	Vol.26	H9 (1997)	Vol.41	H25 (2013)
Vol.12	S58 (1983)	Vol.27	H10 (1998)	Vol.42	H26 (2014)
Vol.13	S59 (1984)	Vol.28	H11 (1999)	Vol.43	H27 (2015)
Vol.14	S60 (1985)	Vol.29	H12 (2000)	Vol.44	H28 (2016)
Vol.15	S61 (1986)	Vol.30	H13 (2001)		
Special 1	S33 (1958)	Special 4	S60 (1985)	Special 7	H19 (2007)
Special 2	S43 (1968)	Special 5	S63 (1988)		
Special 3	S53 (1978)	Special 6	H10 (1996)		

Special は周年記念誌および大会記念誌です。  
投稿規定と執筆要項 (Acrobat形式) は [こちら](#) からダウンロードして下さい。

3. 画面の左側のフレームが目次になっておりますので、目的の項目を選択してください。

4. 目的の項目の文書等が表示されます。

(注意) ブラウザの動作確認は google の Chrome で行っています。インターネットエクスプローラーなどのブラウザではレイアウトが異なる場合があります。また、Acrobat Reader のインストールは必須です。その他、Word と Excel もインストールされていないとファイルの一部につきまは、表示されませんのでご注意ください。

謝辞 大阪府高等学校生物教育研究会 Archive DVD (Ver.2) は、公益財団法人大阪コミュニティー財団「大阪府教員研修のための梶本基金」の助成により作製されました。















## 大阪の生物教育（大阪府高等学校生物教育研究会誌）編集委員会

### 編集委員長

府立三国丘高等学校 准校長 寺岡正裕

### 編集幹事

大阪国際大和田高等学校 中村 哲也

### 編集委員

大阪府立枚方なぎさ高等学校 岡本 元達

大阪初芝学園 橘 淳治

大阪府立高津高等学校 小野格

大阪初芝学園 青山倭也

大阪府立和泉高等学校 濱野彩

大阪府立生野高等学校 北浦隆生

大阪府立農芸高等学校 仲田敏弘

大阪初芝学園 野村瑞貴

### 原稿送付先

〒570-8555 大阪府守口市藤田町 6-21-57

大阪国際大和田高等学校 中村哲也

TEL. 06-6904-1118

### 転載許可等

〒573-1187 大阪府枚方市磯島元町 20-1

大阪府立枚方なぎさ高等学校 岡本 元達

TEL. 072-847-1001

平成 28 年度（2016 年度） 大阪の生物教育  
（大阪府高等学校生物教育研究会誌） 第 44 号  
Journal of Osaka Biology Education

2017 年 8 月 1 日 発行

発行者 大阪府高等学校生物教育研究会

代表 会長 寺岡正裕

事務局 事務局長 岡本元達

大阪府立枚方なぎさ高等学校

〒573-1187 大阪府枚方市磯島元町 20-1

電話 072-847-1001 FAX 072-847-0440

電子メール seiken@hirakatanagisa.osaka-c.ed.jp

ホームページ <http://Seiken.sub.jp>

本紙の略称は「生研大阪」、英文略称は JOB. Edu. です。

「大阪の生物教育」は、平成 29 年度公益財団法人大阪コミュニティー財団  
「大阪府教員研修のための梶本基金」の支援を受けて作成いたしました。

生き物への  
興味に応える  
ふたつの学部



シベリア・サハ共和国で  
発掘されたマンモスの大腿骨



シベリアでの発掘作業の様子

マンモス復活プロジェクトも  
完全養殖クロマグロも、  
近畿大学の実学です。



2013年にオープンした養殖魚専門料理店(大阪)  
[近大卒の魚と紀州の恵み 近畿大学水産研究所]

近畿大学における学問や研究。それは時代を的確にとらえ、  
実社会に役立つことを創りあげていく「実学」です。

**農学部** [奈良キャンパス] 奈良市中町3327-204 (0742) 43-1849

- 農業生産科学科
- 水産学科
- 応用生命化学科
- 食品栄養学科
- 環境管理学科
- バイオサイエンス学科

**クロマグロ完全養殖成功**

32年の研究期間を経て、不可能と言われていたクロマグロの完全養殖に、世界で初めて成功しました。また、2013年には大阪・梅田と東京・銀座に養殖魚専門料理店をオープンし、近大卒の魚が身近になりました。

**生物理工学部** [和歌山キャンパス] 和歌山県紀の川市西三谷930 (0736) 77-3888

- 生物工学科
- 遺伝子工学科
- 食品安全工学科
- 生命情報工学科
- 人間環境デザイン工学科
- 医用工学科

**マンモス復活プロジェクト**

和歌山県にある先端技術総合研究所では、ロシアの凍土で眠っていたマンモスから体細胞核を取り出して移植し、マンモスを復活させるというロマンあふれるプロジェクトが進行中です。



**近畿大学**  
KINDAI UNIVERSITY

法学部 / 経済学部 / 経営学部 / 理工学部 / 建築学部 / 薬学部  
文芸学部 / 総合社会学部 / 国際学部 / 農学部 / 医学部  
生物理工学部 / 工学部 / 産業理工学部 / 短期大学部

[お問い合わせ] 入学センター TEL. (06) 6730-1124 <http://kindai.jp>