

# 発表会プログラム

第 1 日目 2 月 15 日(月)

開会の挨拶(学科長) 9:25 - 9:30

## 【 修士論文 】 発表 15 分(13 分に予鈴あり), 質疑応答 5 分

幸田 将平 地方自治体のニホンジカ捕獲データを用いた捕獲頭数と捕獲地点に関する研究 9:30 - 9:50

瀬戸 美文 高知県の小集水域における維管束着生植物の分布特性 9:50 - 10:10

秋山 琴音 高知県四十万十町の暖温帯自然林における溪畔域の種組成と種多様性 10:10 - 10:30

長谷川 剛大 溶存酸素濃度の日内変化と河川規模の関係 10:30 - 10:50

< 休憩 > 10:50 - 11:10

向後 蓮太郎 アカウミガメ幼体の孵化から脱出における行動 11:10 - 11:30

芦田 泉香子 アカウミガメ幼体の孵化から脱出、走行および遊泳における代謝について 11:30 - 11:50

高田 光紀 絶滅危惧種タイマイの八重山諸島における産卵地環境と孵卵温度の日内変動が孵化幼体に及ぼす影響について 11:50 - 12:10

上村 海斗 土佐湾におけるオキアミ類の分布動態 12:10 - 12:30

< 昼休み > 12:30 - 13:30

関戸 恒輝 ウナギ目魚類 5 科 5 種における側線系とその神経支配 13:30 - 13:50

溝脇 一輝 アシロ科アシロ属魚類の分類学的再検討 13:50 - 14:10

京田 大輝 渦鞭毛藻 *Pyrocystis lunula* の細胞外被形成に關与する小胞の微細構造と形成時期 14:10 - 14:30

※ 発表者の交代を速やかに行うため、次の発表者はマイクやビデオを準備した上で、順番が来たら直ちに共有できるようにスライドを開いておいて下さい。

## 第2日目 2月16日(火)

### 【卒業論文】発表10分(9分に予鈴あり), 質疑応答2分

#### < 動物生理学研究室 >

貞野 宗威	繊毛虫コルポータ休眠シストの極限 pH 耐性	9:30	-	9:42
小野 諒太	PAS 染色による繊毛虫コルポータ休眠シストの多糖類の検出	9:42	-	9:54
上石 妃依里	繊毛虫コルポータ ( <i>Colpoda cucullus</i> ) における土壌抽出液のシスト化抑制効果	9:54	-	10:06
榎木丸 翔太	繊毛虫コルポータ ( <i>Colpoda cucullus</i> ) の温度走性に対する培養温度の影響	10:06	-	10:18
藤井 聡克	繊毛虫ミドリゾウリムシ ( <i>Paramecium bursaria</i> ) における結晶様貯蔵物質について	10:18	-	10:30

< 休憩 > 10:30 - 10:50

#### < 比較生化学研究室 >

安藤 凌	アカサング AK (アルギニンキナーゼ) は低温適合型の酵素か?	10:50	-	11:02
麓川 滯	アカサング ( <i>Corallium japonicum</i> ) に存在するセリンラセマーゼホモログの機能解析	11:02	-	11:14
下田 瑛策	脊椎動物に分布するセリンラセマーゼホモログの機能解析	11:14	-	11:26
秋葉 直也	哺乳類アスパラギン酸ラセマーゼの探索	11:26	-	11:38
杉山 優斗	哺乳類のグルタミン酸ラセマーゼ及び D-アミノ酸アミノ基転移酵素の探索	11:38	-	11:50

< 昼休み > 11:50 - 12:50

#### < 植物生態学研究室 >

久保 侑誠	宮崎県加久藤盆地から得られた最終亜間氷期の花粉化石群	12:50	-	13:02
酒井 洋平	宮崎県加久藤盆地から得られた最終氷期最盛期の花粉化石群	13:02	-	13:14
原田 龍弥	高知市中心市街地の都市公園とその植栽樹	13:14	-	13:26

< 休憩 > 13:26 - 13:38

大西 勝	三嶺山域の中標高域におけるニホンジカの秋期の食性	13:38	-	13:50
手嶋 美聡	三嶺山域におけるモミの年輪成長に影響する要因	13:50	-	14:02
原田 竜輔	湿地生植物の生態学的特性	14:02	-	14:14
堅田 棕子	里地・水辺の草本群落の種組成と生態的特性	14:14	-	14:26

< 休憩 > 14:26 - 14:40

#### < 古生物学研究室 >

上田 愛満	更新統大桑層産絶滅種二枚貝 <i>Mizuhopecten yokoyamae</i> の酸素同位体比プロファイルおよび微細殻成長	14:40	-	14:52
吹本 樹	更新統下総層群産イタヤガイ科二枚貝 <i>Mizuhopecten tokyoensis</i> の微細殻成長と酸素同位体比	14:52	-	15:04
門田 航季	現生および化石ベンケイガイ <i>Glycymeris albolineata</i> の殻成長	15:04	-	15:16
吉本 大志	現世波浪卓越型砂浜海岸における生物源堆積構造の季節性：高知県黒潮町入野海岸の例	15:16	-	15:28

< 休憩 > 15:28 - 15:50

< 植物分類学研究室 >

藤木 陵太	不動山（高知県四万十市）の蘚苔類相	15:50	-	16:02
米田 名央人	篠山（高知県宿毛市）の蘚類相	16:02	-	16:14
井手 啓輔	高知大学標本庫(KOCH)に保管されたウキゴケ科苔類の分類学的再検討	16:14	-	16:26
平嶋 祐大	絶滅危惧種マルバテイショウソウの発芽特性と移植個体群内での実生個体の分布傾向	16:26	-	16:38

### 第3日目 2月17日(水)

#### < 細胞生物学研究室 >

下原 かこの	緑藻ボタンアオサの葉緑体日周運動にともなう葉緑体の形態変化	9:30	-	9:42
泉 春香	緑藻ボタンアオサの葉緑体日周運動にともなう核の位置変化	9:42	-	9:54
麻生 虎丈郎	緑藻バロニアにおける親細胞と子細胞の接続部位の成長	9:54	-	10:06
武知 忍	緑藻バロニアの細胞壁の厚さと層数の観察	10:06	-	10:18

< 休憩 > 10:18 - 10:30

野中 健太郎	渦鞭毛藻 <i>Pyrocystis lunula</i> の微小管阻害剤による形態への影響	10:30	-	10:42
服部 亮平	渦鞭毛藻 <i>Alexandrium hiranoi</i> の不動細胞の細胞外被の成分と形成過程	10:42	-	10:54
山本 心	渦鞭毛藻 <i>Symbiodinium</i> sp. の細胞分裂と表層微小管の配列	10:54	-	11:06

< 休憩 > 11:06 - 11:20

#### < 理論生物学研究室 >

藤原 魁星	坂折川における桐見ダムが底生動物群集に与える影響：特に濾過食者に着目して	11:20	-	11:32
鈴木 榛華	動物園における展示動物の行動と来園者からの注目度の関係	11:32	-	11:44
中村 雄太	アリジゴクの硬直時間と体長の関係性について	11:44	-	11:56

#### < 海洋動物学研究室 >

難波 知史	高知県下のアカウミガメ産卵地における砂の光吸収率が孵化率に与える影響	11:56	-	12:08
志垣 里紗	血中ホルモン分析を用いたアオウミガメ孵化幼体の性判別法の検討	12:08	-	12:20

< 昼休み > 12:20 - 13:20

#### < 海洋生物学研究室 >

岡本 泰河	マサバ(サバ科)の側線系—サバ亜目内での比較	13:20	-	13:32
岡田 篤典	ウナギ目魚類側線系における袋状構造の分布	13:32	-	13:44
田中 悠莉	サバヒ科魚類の側線系とその神経支配	13:44	-	13:56
児玉 華代	頭部・躯幹部側線系の接続様式：魚類複数目での比較	13:56	-	14:08

< 休憩 > 14:08 - 14:23

岡内 優人	アナハゼ属魚類の分類学的研究	14:23	-	14:35
實山 直生	日本産アオメエソ属魚類の分類学的研究	14:35	-	14:47
澤田 尚磨	日本産クマイタチウオ属魚類の分類学的研究	14:47	-	14:59
永江 栞奈	トサシマドジョウの初期生活史	14:59	-	15:11
岡 亮祐	ソコマトウダイ属魚類の分類学的研究	15:11	-	15:23

閉会の挨拶(学科長) 15:25 - 15:30

< 集合写真撮影 > 15:30~

Teams 会議集合モードの画面を記録します。主催者から指示がありましたら参加者の皆さんはビデオをオンにしてください。

判定会議

近年、ニホンジカ (*Cervus nippon*, 以下シカ) を含む増えすぎた野生鳥獣による農林業と生態系への被害が日本各地で問題となっている。効率的な鳥獣被害対策・個体数管理策の立案・実施には、野生鳥獣の分布・個体数と捕獲努力量の分布について、過去から現在・将来までの時系列変化を把握する必要がある。国と自治体では、狩猟と鳥獣の捕獲許可等の情報を年度ごとに集積しており、国レベルではこの情報を活用して様々な被害対策を進めてきた。しかし、専門的知見を有する自治体職員が不足する都道府県・市町村レベルでは、蓄積してきた情報の活用は十分ではない。本研究では、自治体が所有するシカ捕獲データから得られる鳥獣被害対策・個体数管理策に資する情報を明らかにすることを目的に、高知県と香美市を対象として捕獲頭数と捕獲地点の分析を行った。

第1章では、高知県の2011年～2017年の狩猟者数と捕獲圧の維持に必要な新規加入者と捕獲努力目標について検討を行った。多くの自治体では、個体数管理(捕獲)活動の大部分は、趣味として捕獲を行ってきた一般狩猟者に依存している。人口減少社会に突入した日本において、シカ被害対策の継続性を検討するためには、新規加入者数と捕獲努力目標の解明が必要である。2011年から2017年の高知県猟友会の各地区の年齢別会員数と2010年度から2017年度のシカ狩猟統計を用いて、狩猟者人口動態と捕獲圧の予測を行った結果、2030～2040年代に2015年度の狩猟者数を維持するためには人口10,000人あたり8～9人の新規加入が必要であることが明らかとなった。また、仮に狩猟者数が2015年比で4割減少した状況で2010～2017年度と同等の捕獲が必要な場合には、狩猟者一人当たり1.3～12頭の追加捕獲が必要であることが明らかとなった。しかし、狩猟者人口が大幅に減少する前に、個体数管理に必要な捕獲頭数を低減させることができれば、将来的な狩猟者の負担を軽減できる可能性があることが示唆された。

第2章では、捕獲困難地域の地理的特徴を検討した。捕獲困難地域とは、地理的利便性が低いことなどの理由により捕獲圧が低い地域であるが、具体的にどのような地理的特徴を有する場所が捕獲困難地域であるかは明らかにされていない。高知県香美市における2016年度から2018年度までの有害駆除期・狩猟期のシカの捕獲位置情報の分析を行った結果、調査期間における捕獲地点の車歩道からの距離の全体平均は202mで、全体の捕獲の95%は車歩道から650m、99%は車歩道から1200m以内で行われていた。猟法別では、わなによる捕獲の95%は車歩道から370m以内、99%は車歩道から610m以内で行われていた。一方、銃による捕獲の95%は車歩道から820m以内、99%は1560m以内であった。このような一般の狩猟者による個体数管理が望めない捕獲困難地域では、自治体主導による捕獲策の立案が必要である。また、捕獲困難地域を減少させるためには銃猟に対する支援が必要である。

本研究では、自治体が所有するシカ捕獲データから、狩猟者人口動態と捕獲圧の将来予測(第1章)および捕獲困難地域の分布(第2章)を明らかにした。第1章の解析に必要なデータは、ほとんどの自治体が所有しているものの、第2章で用いた捕獲地点データを集積している自治体は限られている。捕獲位置から得られる捕獲圧の空間分布情報は、効率的な鳥獣被害対策・個体数管理策の立案・実施には不可欠である。今後多くの自治体で同様の捕獲位置情報の集積が求められる。

## 高知県の小集水域における維管束着生植物の分布特性

理学コース 生物科学分野 瀬戸 美文

近年、気候変動や土地利用の変化による生物の絶滅、生物多様性の低下が懸念されており、種の保全が急務である。気候変動や土地利用の変化に脆弱な種群として、維管束着生植物（以下、着生植物）がある。着生植物は、地球上の全維管束植物の約10%、日本の照葉樹林の全植物種数のうち約12%を占めるなど種多様性が高く、森林の主要な構成種とされている。着生植物の保全・再生を検討することは、森林の種多様性の保全・再生にも繋がる。

着生植物の種多様性は、着生植物が固着する樹木（ホスト樹木）のサイズ（例えば、胸高直径）と正の相関があることが知られている。そのため、大径木が分布する場所に着生植物が集中分布するとの報告がある一方で、ランダム分布するという報告もある。着生植物の空間分布を明らかにすることは、保全上重要な場所を明らかにするうえで重要である。また、着生植物の種多様性は、降水量が多い場所や湿度が高い場所といった“水の利用可能性”が高い場所で高くなることも報告されている。気候変動が着生植物に及ぼす影響、特に気候変動に脆弱な種や地域を明らかにするためには、“水の利用可能性”が着生植物の分布に及ぼす影響の大きさや、その傾度上での分布の閾値を明らかにする必要がある。本研究では、高知県の常緑広葉樹と温帯性針葉樹が混交する自然林が残存する小集水域を対象に、第1章では着生植物のホスト樹木サイズ選好性と空間分布との関係を、第2章では空中湿度を反映する尾根－谷傾度上での着生植物の分布特性を明らかにすることを目的に調査を行った。

第1章で、着生シダ4種（シノブ、イワヤナギシダ、マメヅタ、ヒメノキシノブ）、着生ラン3種（ムギラン、セッコク、オサラン）、着生樹木1種（ヤシャビシヤク）のホスト樹木サイズ選好性と空間分布との関係について解析した結果、シノブ、イワヤナギシダ、ムギラン、セッコク、オサラン、ヤシャビシヤクの出現確率は、ホスト樹木のサイズが大きいくほど高くなる傾向、すなわち高いホスト樹木サイズ選好性を示した。ホスト樹木の空間分布特性、すなわちランダム分布を示すのか、それとも排他的分布または集中分布を示すのかについて、点過程シミュレーションで解析した結果、多種の着生植物が固着すると期待される大径木は、ランダム分布を示した。一方、マメヅタとヒメノキシノブは、小さなサイズのホスト樹木にも固着しており、低いホスト樹木サイズ選好性を示した。マメヅタ着生木は、集中分布を示した。このことから、種によって異なるホスト樹木サイズ選好性が、空間分布に反映される可能性が示唆された。着生植物の空間分布は、対象とする着生植物のホスト樹木サイズ選好性によって、集中分布、ランダム分布のどちらにもなり得ると考えられる。

第2章で、着生シダ4種、着生ラン4種（ムギラン、マメヅタラン、セッコク、オサラン）について、尾根－谷傾度上での分布と空中湿度との関係を解析した結果、着生植物の出現確率は、空中湿度が高い谷底から空中湿度が低い尾根にかけて低くなる傾向がみられた。このことから、小集水域内における着生植物の分布が、低い湿度によって制限される可能性が示唆された。しかし、その程度は種によって異なっており、谷底から尾根にかけて全域に分布する種（マメヅタ、ヒメノキシノブ）と、空中湿度が高い谷底に偏って分布する種（その他の6種）が確認された。その要因として、光・水分要求性、乾燥耐性といった各種の機能特性の違いが反映されている可能性が考えられる。

着生植物の空間分布について、第1章の結果では、集中分布、ランダム分布のどちらにもなり得ることが示唆された一方、第2章の結果では、湿度が高い場所に集中分布することが示唆された。一見すると矛盾するこれらの結果は、両者が異なる空間スケール、すなわち第1章では環境が均質な空間スケールを、第2章では環境が不均質な空間スケールを対象としていることに起因する。以上のことから、着生植物の空間分布を決定づける要因は、対象とする空間スケールによって異なることが示唆される。

## 林における溪畔域の種組成と種多様性 理学コース 生物科学分野 秋山 琴音

溪畔林は、山地の谷底周辺の出水時に浸食や堆積による河川攪乱の影響を受けやすい立地に成立する。日本の冷温帯では、溪畔林は周囲の森林に比べて種多様性が高く、特徴的な種組成を有することが知られている。しかし、暖温帯の溪畔林では種組成と種多様性に関する研究は限られている。本研究では、高知県四万十町の暖温帯自然林の溪畔域において、樹種組成と林分構造、樹種多様性を明らかにすることを目的に調査を行った。常緑広葉樹林と温帯性針葉樹が混交する市ノ又風景林内において、谷底に0.59haの調査プロット（以降、谷底プロット）を設け、胸高直径が5cm以上の立木について、樹種・胸高直径・樹高・立木位置を記録した。調査プロット内を7つの微地形に分類し、微地形区分図を作成した。谷底プロットのデータと、市ノ又風景林内に設置されている環境省のモニタリングサイト1000のデータとを統合し、尾根・上部・下部斜面間の樹種組成の違いをモンテカルロ法で調べた。尾根・上部・下部斜面間の林床植生の違いを明らかにするため、それぞれの斜面で4m<sup>2</sup>の調査区を30ヵ所設けて、植生調査を行った。

毎木調査の結果、谷底プロット全体（0.59ha）では30種464個体が出現し、サカキ、ホソバタブ、イヌガシ、イスノキ、ヤブツバキの個体数が多かった。ホソバタブは谷底プロット全体に生育していたが、イスノキは土石流段丘などの安定した場所にパッチ状に生育していた。微地形区分図と樹種分布図との比較から、他の微地形単位に比べて、土石流段丘において最も立木密度及び針葉樹・落葉広葉樹の占める割合が大きかった。尾根・上部・下部斜面間の樹種組成を比較した結果、ほとんどの樹種は各斜面に出現したが、個体数には明らかな違いが見られた。下部斜面では、ホソバタブ及びイヌガヤの個体数が有意に多かった。落葉広葉樹の占有割合は、尾根・上部斜面から下部斜面にかけて増加した。樹木の種数一面積曲線では、種多様性は上部斜面において最も高く、溪畔域で最も低かった。一方、種数一個体数曲線では、上部斜面で種多様性が最も高く、次いで下部斜面、頂部斜面の順であった。林床植生の種数は、それぞれの斜面で16~25種が観察されたが、そのほとんどは上層木の実生であった。林床にのみ生育する植物（草本植物、シダ植物）の総出現種数は、上部斜面に比べて下部斜面が少なかった。

ホソバタブは下部斜面に個体数が偏って多く、調査地全体に生育していた。しかし、先行研究から本種は必ずしも生育地が暖温帯の溪畔域に限られる種ではない。また、下部斜面において個体数の多かった残りの4種は照葉樹林の普通種あるいは極相種として知られている。イヌガヤも比較的安定した土石流段丘上に偏って生育が観察されたことから、これらは溪畔林に特有な樹種ではないと考えられる。暖温帯の溪畔林の種組成について、南九州の二次林での先行研究では、周囲の森林との違いが不明瞭であることが報告されているが、同様の結果が本研究でも示唆された。土石流段丘上では、落葉樹の占有割合が高いことから、暖温帯の自然林において溪畔域の土石流段丘は落葉広葉樹の生育地として機能していることが示唆された。南九州の二次林での先行研究では、溪畔林の樹木種数は、面積当たりでは周囲の森林よりも少ないものの、立木密度あたりでは周囲の森林よりも多いことが報告されている。しかし、本研究の結果から、四国の暖温帯自然林の溪畔域では、林床植生を考慮しても、必ずしも多様性が高いとは限らないことが示唆された。

## 溶存酸素濃度の日内変化と河川規模との関係

理学コース 生物科学分野 長谷川 剛大

河川の溶存酸素濃度は、底生藻類が光合成を行なうことによって時間的に変化することが知られている。本研究では、溶存酸素濃度の日内変化と河川規模との関係を調べるため、高知県を流れる仁淀川水系（本流 2 地点と支流 8 地点）と四万十川水系（本流 7 地点と支流 9 地点）の合計 26 地点を対象に調査した。溶存酸素濃度は光学式の溶存酸素計を用いて、各調査地点において 1 時間おきに測定した。河川規模については、河川次数と集水面積を指標とした。河川次数は、最源流の河川を 1 と定義し、河川が合流すると増加する河川規模の指標の 1 つであり、Strahler の方法と Shreve の方法がよく用いられている。調査地点の河川規模は、Strahler の河川次数では 2-6、Shreve の河川次数では 2-490 であり、集水面積では 1.9-1291 km<sup>2</sup> の範囲であった。最も小規模な河川においては、1 日のうちで最も光環境が強くなる正午（12 時）付近で溶存酸素濃度が最大となった。河川規模が大きくなるとともに、溶存酸素濃度が最大値を取る時刻は遅れる傾向がみられた。河川規模が最大となった地点（四万十川本流；Strahler の河川次数 6、Shreve の河川次数 490、集水面積 1291 km<sup>2</sup>）では、16 時 30 分に溶存酸素濃度の最大値を取った。河川規模の増加とともに水深が深くなることから、光環境が悪化して現場での底生藻類の光合成活動の寄与は低下する一方、上流域での光合成活動によって生じた溶存酸素濃度の高い水が流入するため、下流域では溶存酸素濃度が最大となる時刻に遅れが生じたと考えられる。



アカウミガメ幼体の孵化から脱出における行動  
理学コース 生物科学分野 向後 蓮太郎

ウミガメの幼体は砂中で孵化すると、運動と停止を繰り返しながら砂中を掘り進め、夜になると温度低下を契機として地表へ出るとされる。これを脱出と言ひ、本研究ではアカウミガメ幼体の孵化から脱出に至る行動の発現とそれを引き起こす要因を推定することを目的とした。

2018-2020年に高知海岸で採集した自然巣10巣分から各45卵を抽出し、自作の脱出用砂槽（サイズ55.5×34.0×60.4cm）に移植した。この砂槽では屋内で照明（バスキングランプ）を7-19時に点灯して砂中温度の日内変動を再現できるように設定した。本装置の40cmの深さに卵を埋め、卵室底から10cm間隔に設置した温度ロガーによって砂表面までの温度を測定した。さらに、砂槽内部の壁面に取り付けたマイクロフォンで幼体が動く際に生じる摩擦音を録音し、掘削音数を数えた。この内4巣は脱出用砂槽の一部壁面を透明アクリル板に張り替え、暗視カメラによる動画撮影も行ない、幼体のいる位置（空隙）の深さを計測した。

その結果、脱出過程で生じる掘削音数は孵化から脱出に近づくにつれて漸増し、脱出の直前には急増した。また、掘削音数には周期性も見られた。加えて、掘削行動は温度上昇がきっかけで起こる傾向が見られた。このことから、アカウミガメ幼体では、掘削過程において運動回数の増加及び質の向上が示され、砂中での運動と脱出は温度が一因となって発現することが考えられた。

また、暗視カメラによる録画から、孵化から脱出までの掘削活動の様子を観察することができた。一連の掘削過程は、卵殻や砂を踏みつけて空隙を拡げる「埋卵深度での滞留フェーズ」が約4-5日間続き、その後、一気に掘削を行なう「脱出に向かう上昇フェーズ」が約1-2日間続くという二つの行動パターンで構成されることが判明した。両フェーズ間では、期間や掘削音数、平均上昇速度が大きく異なり、この行動パターンの違いにより、掘削音数の増減の周期や漸増性といった変化がもたらされていると考察された。さらに、撮影された映像から、一度の運動は集団的に引き起こされており、一団の運動を合図にして何らかの方法によりそれが伝播している可能性が考えられた。

これらの実験より、アカウミガメの幼体にとって砂中の温度変動は、掘削運動のトリガーとして重要であり、それに伴う集団の形成や運動能力の向上といった生残率への影響が示唆された。

## アカウミガメ幼体の孵化から脱出、走行および遊泳における代謝について 理学コース 生物科学分野 芦田 泉香子

砂中に産み落とされた卵から孵化したウミガメ幼体は、1-7日間程かけて地表へ脱出し、その後砂浜を這って海へ向かい、外洋へと泳ぎ出す。脱出直後のウミガメ孵化幼体は、フレンジーと呼ばれる著しく運動活性が高い状態を呈し、アカウミガメにおいて約24時間で収束する。フレンジーは、捕食者の多い沿岸域を速やかに離れ、外洋に泳ぎ出するための性質と考えられている。本研究ではこの前後の行動を、孵化から脱出までの「掘削」、脱出から海へ到達するまでの「走行」、沖へ向かう「遊泳」の3過程に分けて定義した。先行研究によると、掘削、走行および遊泳の開始直後は嫌氣的代謝（強度の高い運動）、その後は好氣的代謝（強度の低い運動）を主に利用していると考えられているが、いずれの代謝に関する知見は少なく、また掘削過程で幼体は運動と停止を繰り返していること、海岸によって走行距離が異なること等を考慮すると、その間に利用される代謝についてより詳細な知見の集積が望まれる。本研究では、アカウミガメ幼体の掘削、走行および遊泳の際の血中代謝物質（グルコース、乳酸、遊離脂肪酸、 $\beta$ -ヒドロキシ酪酸）を解析してその間の代謝を推定するとともに、掘削過程が幼体の運動性にもたらす効果について考察することを目的とした。

2018-2020年に高知海岸で得た産卵巣9巣および名古屋港水族館の人工繁殖卵1巣の計10巣を実験に用いた。各巣の卵を恒温器にて、性比の臨界温度付近である29.5°Cで孵卵し、孵化直前に半数を「取り出し用砂槽」もしくは「脱出用砂槽」に埋設（脱出個体）、残り半数を引き続き恒温器で保管（対照個体）した。掘削過程の代謝を調べるため、取り出し用砂槽では壁面に透明アクリル板を用い、その一部を開閉できるように加工して幼体の取り出しを可能とし、①掘削実験（孵化直後、掘削過程における運動時、停止時および脱出直後に採血）を実施した。また、走行および遊泳時の代謝を調べるため、脱出用砂槽から幼体の脱出を確認次第、次のいずれかの実験：②走行実験（0、5、10、20、30、40、60分間の走行後に採血）、③遊泳実験（0、1、2、3、4、12、24、48時間の遊泳後に採血）を行った。血中代謝物質の解析とあわせて実際の運動性を調べるため、遊泳時には幼体の泳力測定を行い、最大泳力、平均泳力およびパワーストローク割合を算出した。パワーストロークは、遊泳行動のうち両前肢で力強く泳ぐ動作であり、記録した泳力の波形の頂点が20 mN以上、かつ5秒以上継続している規則的な波形と定義した。また、パワーストロークの割合は、1分間のうちパワーストロークに費やした時間の割合を示す。

その結果、掘削では嫌氣的代謝を用いた強度の高い運動および疲労を回復するための停止を繰り返して、地表へ向かうと考えられた。走行においても嫌氣的代謝を用いるが、とくに、脱出の前後から走行開始にかけて遊離脂肪酸と $\beta$ -ヒドロキシ酪酸の消費も見られ、最も多くのエネルギーを要したと考えられた。走行30分以上になると停止する個体がみられたことから、長時間の走行も幼体への負担が大きいものと推測できた。遊泳開始後には、嫌氣的代謝から好氣的代謝へ切り替わり、48時間後まで好氣的代謝を利用していると考えられた。また、脱出個体の最大泳力および平均泳力が対照個体よりも高い値で安定したことより、掘削、脱出および走行の経験が幼体の運動強度を高め、さらにそれを長時間維持する効果を生み、脱出後の生存率を向上させることに繋がっていると考えられた。

## 絶滅危惧種タイマイの八重山諸島黒島における産卵地環境と孵卵温度の日内変動が孵化幼体に及ぼす影響について

理学コース 生物科学分野 高田 光紀

タイマイはIUCNレッドリストでウミガメ類中最も絶滅の危険度が高いCRに分類され、日本での産卵は沖縄本島以南で年に10回程度が確認されるのみである。ゆえに本種では保護を目的とした研究・調査が行われているが、その産卵生態や孵卵の条件についての知見は少ない。世界有数のタイマイの産卵地である西インド諸島において、本種は日本で産卵を行う他のウミガメ類であるアオウミガメやアカウミガメと異なり、その産卵生態の特徴として1日を通して日陰となるような植生帯内の砂中に産卵する観察例が報告されている。植生内の砂中温度は開けた場所と比べて砂中温度の日内変動が緩和されて小さいことが予想される。本研究では、本種がこの様な孵卵環境を選択することに何らかの利点があると考え、日本の産卵地である八重山諸島黒島におけるタイマイの産卵生態を調べるとともに、孵卵温度の日内変動が孵化率、幼体の外部形態、運動性に与える影響を明らかにし、幼体の生残を高める孵卵条件を検討することを目的とした。

2019～2020年に黒島西の浜においてタイマイの産卵場所の指向性を調べるとともに、産卵シーズンである6月から9月にかけて植生内の日陰と植生外の日向の砂中温度を記録した。また、2018～2020年に沖縄美ら海水族館のウミガメ館人工砂浜、沖縄県石垣市石垣べっ甲株式会社、沖縄県黒島西の浜にて確認された産卵巣9巣につき、各巣より抽出した100卵を29°Cで一定の定温区、29°Cを基準に自然下での温度変動をモデルとして $\pm 1^{\circ}\text{C}$ の日内変動をつけた変温区①、 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ の日内変動をつけた変温区②の3つの実験区に等分して孵卵を行った。孵化後、実験区ごとに体サイズ、孵化率、鱗式変異個体、卵黄残存個体の確認をした後、各区から平均的な体サイズの孵化幼体4個体を選出して実験個体とし、泳力、成長率に関する実験を行い、孵卵温度の日内変動の影響を調べた。

黒島西の浜で2019～2020年に記録されたタイマイの産卵回数は計8回であり、内6回が植生内、2回が植生外に産卵した。また、砂中温度については植生外に比べて植生内の日内変動幅が小さい傾向が見られた。日内変動の影響について孵化率は、定温区で最も高く、次いで変温区①、②の順で低くなった。鱗板配列変異・卵黄未吸収個体の発生率は、定温区で最も低く、次いで変温区①、②の順で高くなった。泳力においては変温区①②より定温区で高い値を示した。また成長率について、有意差は見られなかったものの変温区①②より定温区の成長率が高い結果となった。

以上の結果から、タイマイは日本の産卵地においても植生内の日陰を好んで産卵する傾向があること、孵卵温度の日内変動は孵化率・運動性の低下や鱗板配列変異・卵黄残存個体の増加など有意な負の影響をもたらす可能性があることが示唆された。分布が重なり同時期に産卵するアオウミガメは体サイズが本種より大きく、日内変動の小さい、より深い深度に産卵できるため日内変動の影響を回避できるが、それよりも小型のタイマイは植生内の日陰下に卵を産む産卵生態をもつことで、これらの孵卵温度の変動の影響を緩和できるものと考えられる。

土佐湾におけるオキアミ類の分布動態  
理化学コース 生物科学分野 上村 海斗



オキアミ類は世界で2科11属86種、黒潮流域を含む日本近海からは2科8属45種が確認されており、本邦中南部の海域における出現種は、黒潮と深い関わりをもつことが報告されている。また、オキアミ類は生態学的地位としては低次消費者に分類され、太平洋に生息するニタリクジラや土佐湾陸棚崖で漁獲される底魚類の胃内容物中にも観察されており、同湾における重要な餌生物であることが示唆される。よって、オキアミ類の生態学および資源学的情報は、その海域の生態系を明らかにするとともに餌生物量を評価し、生産性を検討する上で重要である。土佐湾では、秋季の夜間におけるオキアミ類の分布に関する報告はあるが、その季節変化については知られていない。本研究では土佐湾におけるオキアミ類の出現種と、その分布および季節変化について明らかにし、他海域と比較することで本海域の生産性を検討することを目的とした。土佐湾の仁淀川河口沖に設けた7ないし8定点にて、2018年から2020年までに毎月1回の海洋観測を行い、そのうちの3定点で季節に1回のサンプル採集を実施した。本調査では1科6属25種を認め、優占種として *Euphausia nana* (35.2%)、*E. similis* (12.7%)、カクエリオキアミ (*Pseudeuphausia latifrons*) (10.0%) が挙げられた。

*E. nana* の成体は、日中の水深300–400 mに分布することが知られているが、土佐湾では2019年春季の沿岸に多く出現し、性比は雌に偏った6:4で、産卵群と推察された。*E. similis* は、土佐湾では各发育段階で水平分布が異なり、幼体および成体は沖合に限られた。また、陸棚域における本種のフルシリア幼生のうち、第I、II期の出現は水深100 m以浅、第III期以降はそれ以深に偏る一方、幼体および成体は水深200 m以深にのみ分布した。よって、本種は各发育段階で鉛直分布も異なり、大型の個体ほど深所に分布することが明らかとなった。土佐湾における *P. latifrons* の成体は秋季の表層付近に多く出現し、性比は雄に偏った6:4であった。抱卵個体も採集されたことから産卵群であると推察された。また、本種の個体数は2019年に比べ2020年で圧倒的に少なかった。これは、2020年秋季の黒潮流軸の離岸距離が、前年秋季の約3倍と大きく離岸していたことにより、本種の湾内への流入が抑制されたと考えられた。

土佐湾において、オキアミ類の個体数が増加する季節は各年で異なり、2018年が春と秋、2019年が夏から秋、2020年は春から夏となった。その理由として、*E. nana* が春から夏、*E. similis* が冬、*P. latifrons* が秋にそれぞれ最多となり、各上位優占種の出現時期に偏りがなかったことと、各種の個体数が年によって大きく変動したことが挙げられた。これら優占3種は南方海域に主分布があり、黒潮によって北方へと運ばれて本邦沿岸域に出現すると報告されている。駿河湾、相模湾においても *E. nana* および *E. similis* は上位優占種であることから、土佐湾を含むこれらの海域は沖合に黒潮が近接することに起因する同様のオキアミ相をもつと考えられた。このように、土佐湾におけるオキアミ類は、成長に伴って水平および鉛直分布が変わる種、海洋環境により個体数が大きく変動する種等があるため、今後、これらのより詳細な分布動態の解明には、黒潮等の海洋環境をふまえて調査することが重要である。

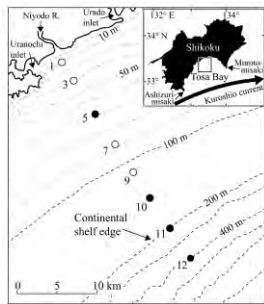


図1. 調査定点 (○: 海洋観測のみ  
●: 海洋観測、サンプル採集)

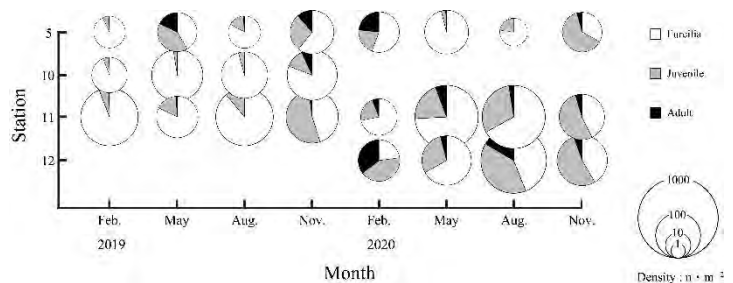


図2. 2019 - 2020年までに採集された全オキアミ類の分布密度 (個体・ $10^3 \text{ m}^{-3}$ )の季節変化

## ウナギ目魚類 5 科 5 種における側線系とその神経支配

理学コース 生物科学分野 関戸 恒輝

ウナギ目魚類では側線系を構成する感丘の分布とその神経支配は不明である。本研究では、本目魚類における側線系の多様性の一端を明らかにすることを目的とし、5 科 5 種（ウツボ科クモウツボ；イワアナゴ科ウンブキアナゴ；アナゴ科マアナゴ；ハモ科ハモ；ウナギ科ニホンウナギ）において、側線系とその神経支配を比較した。5 種すべてにおいて頭部の側線管は 6 本で、管器感丘の周辺のみ骨化していた。また、5 種すべてで一般的な魚類にみられる後耳管を欠いていた。これは一般的な魚類と比較して前鰓蓋骨が後方に傾き、側頭管と前鰓蓋管が連続するためである。

頭部の側線神経においては、すべての種で眼下枝が前後に分離していた、この分離はほかの魚類で知られていないので、ウナギ目魚類の共有派生形質の可能性がある。頭部における管器感丘(CN)の総数はクモウツボで 26、ウンブキアナゴで 18、マアナゴで 25、ハモで 30、ニホンウナギで 30 であった。ウンブキアナゴのみ前鰓蓋管に管器感丘がなかった。

頭部の表在感丘数(SN)は、クモウツボで 94、ウンブキアナゴで 305、マアナゴで 274、ハモで 110、ニホンウナギで 102 であった。また、表在感丘は 5 種ともに吻部に多かった。吻部の表在感丘は 5 種すべてで眼上枝と眼下枝で支配されていた。ウンブキアナゴにおける多数の表在感丘は、他の 4 種の前鰓蓋管の管器感丘が表在感丘の列に置換されたのも一因と考えられた。一般に止水域や暗所などでは管器感丘数の消失や管器感丘から表在感丘への置換が多くなることで知られている。ウンブキアナゴは洞窟性の魚であるため、視覚以外にも情報を得るためにこのような進化をしたのかもしれない。

躯幹部の側線管も頭部と同様に、周辺のみ骨化した管で形成されていた。これは鱗が小さいか、あるいは失われたこれらウナギ目魚類にとって、管器感丘周辺の骨化が側線鱗の代替の役割をしているためと考えられる。

クモウツボ（ウツボ亜目）とウンブキアナゴ（イワアナゴ亜目）は鰓孔後方で躯幹部が消失していた。ウツボ亜目とイワアナゴ亜目の近縁とされるが、これを強化する形質なのかもしれない。一方で他の 3 種では、躯幹部が尾鰭まで続いていた。躯幹部の管器感丘数はクモウツボで 2（側頭部のみ）、ウンブキアナゴで 2（側頭部のみ）、マアナゴで 139、ハモで 148、ニホンウナギで 102 であった。躯幹部の表在感丘数はクモウツボで 140、ウンブキアナゴで 366、マアナゴで 116、ハモで 43、ニホンウナギで 32 であった。クモウツボでは体側神経（中央）が尾鰭まで続いていたが、ウンブキアナゴでは体側神経（中央）が頭部で消失し、体側神経（背側）が尾鰭まで続いていた。

### 管器感丘数と表在感丘数の比較

	Head		Trunk	
	CNs	SNs	CNs	SNs
クモウツボ	26	94	2	140
ウンブキアナゴ	18	305	2	366
マアナゴ	25	274	139	116
ハモ	30	131	148	43
ニホンウナギ	30	78	102	32

アシロ目アシロ科 (Family Ophidiidae) は、世界の熱帯から温帯海域の潮間帯から深海底に生息し、世界に 50 属約 265 種が、日本では 28 属約 46 種が知られている。そのうち、アシロ属 Genus *Ophidion* Linnaeus, 1758 は *Ophidion barbatum* Linnaeus, 1758 をタイプ種とし、現在 27 有効種を含み、頭部がまったくの無鱗で、細長い楕円形の体側鱗が互いに直角に並び、籠の目状に配列することや、背鰭起部が胸鰭後端の直上付近にあるなどの特徴をもつ。そのうち、インド洋・西部太平洋域からは、ミナミアシロ *Ophidion muraenolepis* (Günther, 1880), *Ophidion genyopus* (Ogilby, 1897), アシロ *Ophidion asiro* (Jordan and Fowler, 1902), そして *Ophidion smithi* Fowler, 1934 の 4 種が報告された。しかし、1997 年に出版された小笠原諸島周辺の魚類相リストでは、*O. asiro* は *O. muraenolepis* の新参異名である可能性が高いとされたが、明確な根拠は示されなかった。その後、*O. asiro* を *O. muraenolepis* の新参異名と見なす、あるいは有効種とするなど、その扱いは研究者によって見解が異なり、分類学的に混乱した状態にある。また、*O. genyopus* と *O. smithi* の有効性にも疑いがあるが、これまで明確な根拠が示されず、詳細な検討も行われていない。さらに、高知大学工学部所蔵標本とクイーンズランド博物館からの借用標本中に、形態的特徴がアシロ属既知種とは異なり未記載種の可能性が高い 12 標本が発見された。そのため、本研究ではこれらの標本の学名決定を含む、インド洋・西部太平洋域における本属魚類の学名の整理を目的とした。また、本研究でロンドン自然史博物館に所蔵される本属の 1 名義種 *Ophidion congrus* Gronow in Gray, 1854 の皮のみのホロタイプを観察したところ、頭部に鱗をもち、体側鱗が籠の目状に配列しないことが判明し、上記の本属の特徴と一致しなかった。そのため、ホロタイプから得られた形質を基に本種の帰属を再検討した。本研究では、インド洋・西部太平洋産アシロ属について、2 種のタイプ標本を含む土佐湾、小笠原諸島、インドネシアのカイ島、フィリピンのイロイロ沖、オーストラリアの北東岸、ニューサウスウェールズ、紅海、そしてセーシェル諸島から採集された 149 標本および各種の原記載の特徴をもとに比較検討し、4 種の識別形質を検討した。その結果、*O. smithi* は原記載に示された背鰭と臀鰭鰭条数 (98 と 95) から、*O. genyopus* は背鰭と臀鰭鰭条数 (127–145 と 101–118) および総脊椎骨数 (65–68) から、それぞれ明瞭に識別可能であった。また、*O. asiro* と *O. muraenolepis* は背鰭と臀鰭鰭条数 (前者では 148–168 vs. 後者では 155–168 ; 117–137 vs. 122–139), 総脊椎骨数 (70–73 vs. 71–74) で変異幅が重複し、さらにその他 34 形質の詳細な比較検討からも識別できなかった。そのため、これらを同一種とする異名関係を支持する結論に達した。標準和名のアシロの提唱はミナミアシロよりも古いため、*O. muraenolepis* の学名に対してはアシロを適用すべきである。また、*O. genyopus* のホロタイプおよびタイプ産地周辺から得られた 16 標本とアシロ属の一種 12 標本を詳細に比較検討したところ、全 37 形質において明瞭な差異が認められず、これらを同種と結論づけた。したがって、日本産の 3 標本は本種の日本初記録かつ北限記録となる。さらに、*O. smithi* の分布域とされたインド洋の紅海とセーシェル諸島産の 13 標本を精査したところ、背鰭と臀鰭鰭条数 (123–143 と 100–117) がそれぞれ上記で述べた *O. smithi* の原記載の値と明瞭に異なり、*O. genyopus* の値に類似した。その他の形質においても *O. genyopus* との差異は認められず、本研究では同一種と結論づけた。セーシェル諸島産の 1 標本は本種の西限記録となる。これまで *O. genyopus* はタイプ産地であるオーストラリア・ニューサウスウェールズでのみ分布が確認されていたが、本研究の結果、インド洋から西部太平洋に広く分布していることが分かった。なお、*O. smithi* は原記載以降詳細に検討されておらず、今後タイプ標本の調査が必要である。最後に、これまでアシロ属魚類の 1 名義種とされていた *O. congrus* は、皮のみのホロタイプから得られた限られた形質を検討し、吻部にひげがないことや主鰓蓋骨に 1 棘をもち、それが頭部後縁を越えないこと、そして腰帯の一部が眼の直下に位置すると推定されることなどから、アシロ亜科の特徴に類似するが、重要な計数形質となる脊椎骨や腹鰭、鰓耙が欠損しており、帰属を確定できなかったため、今後さらなる検討が必要である。

渦鞭毛藻類 *Pyrocystis lunula* は、楕円形の遊走細胞のステージと、三日月形の細胞壁の中に H 型を呈する原形質をもつ不動細胞（栄養細胞）のステージが交代する生活環を持つ。本種の前原形質中には、高電子密度の物質を含む小胞（dense vesicle:dv）が多数存在し、その内容物は遊走細胞が不動化する際に放出され、不動細胞の細胞壁の一部になることが知られている。しかし、その dv の微細構造や形成時期、形成過程などについてほとんど明らかになっていない。本研究では、超薄切片法を用い、経時的に固定した細胞を透過型電子顕微鏡で観察し、dv の形成時期と形成過程を明らかにすること、さらに連続切片から、dv の立体的な構造を明らかにすることを目的とした。

本種の遊走細胞は、ecdysis と呼ばれる細胞外被を脱ぎ捨てる現象により不動化するが、ecdysis 前に多くの dv が遊走細胞表層部（アンフィエスマ小胞内膜直下）に分布し、その後開口分泌により内容物が放出される。このことから、dv は不動細胞の間に新たに形成される必要があると考えられ、予備実験として、ecdysis 直後の不動細胞を 5 時間ごとに経時的に固定し、それぞれの細胞の dv 数を比較した。その結果、ecdysis 直後の細胞と 5 時間経過後の細胞で、単位面積当たり約 5 倍の dv 数の増加がみられた。このことから、ecdysis 後 5 時間の間に dv が盛んに合成されていると推測された。そこで、ecdysis 直後から、1 時間ごとに不動細胞を経時固定して観察することで、時間経過に伴う dv の分布場所や dv 数の比較を行った。

経過時間ごとの不動細胞における、単位面積当たりの dv 数を比較した結果、ecdysis 後 2 時間の細胞では 0.055 個/ $\mu\text{m}^2$ 、ecdysis 後 3 時間の細胞では 0.085 個/ $\mu\text{m}^2$ であり、約 1.5 倍の増加がみられた。それ以後の細胞で dv 数に大きな増減はみられなかった。このことから、dv は ecdysis 直後に、短時間で盛んに合成されていると考えられる。また、dv の分布場所においては、不動細胞から遊走細胞が放出される直前の状態では、細胞表層部（アンフィエスマ小胞内膜直下）に多数の dv が分布していたのに対し、ecdysis 後では細胞の中心側に分布する核や葉緑体を避けるように、原形質全体に点在しており、時間経過に伴う分布場所の変化はみられなかった。

dv の内容物である高電子密度の物質の立体的な構造については、ほとんど明らかになっていない。また、dv は開口分泌されるため、内容物は膜に覆われているはずであるが、一般的に渦鞭毛藻類の細胞の固定が困難なため、膜構造を含む微細構造の観察が十分であるとは言えなかった。本実験では、複数の固定条件を検討し、詳細な膜構造を観察するとともに、連続切片から得た情報を基に、dv の内容物の立体モデルを作成した。

dv に含まれる高電子密度の物質は、Fig.1 に示すような内部構造を示した。まず、外側から、2~4 層の高電子密度の物質 (d)、それを裏打ちするような網目状構造 (m)、そのさらに内側に繊維状の物質 (f) が存在していた。さらに、物質 (d) の層状構造の間に、球形で層状構造を持つ物質 (dl) が存在した。また、このような高電子密度の物質は、個々に dv の膜で覆われているのではなく、1 つの小胞に平均 2.6 個存在した。

以上のように、本研究では dv の微細構造や形成時期等については明らかにすることができた。しかしながら、今回用いた固定条件では、細胞内深部の微細構造、特に膜構造の固定ができず、dv を形成している途中のような構造は観察できなかった。今後はさらに固定条件を検討し、dv の形成過程を解明するとともに、dv の成分等の同定を行う必要がある。

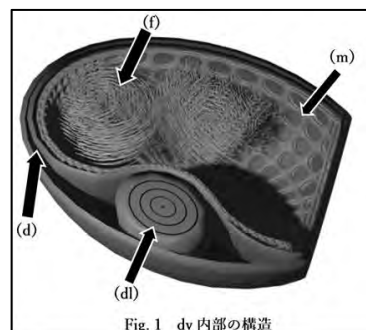


Fig.1 dv 内部の構造

## 繊毛虫コルポーダ休眠シストの極限pH耐性

動物生理学研究室 貞野 宗威

寄生性のアメーバや土壌性繊毛虫のコルポーダ (*Colpoda cucullus* Nag-1) の休眠シストは、酸耐性を有することが知られている。本研究では、コルポーダが酸耐性だけでなく、アルカリ耐性も有することを明らかにし、耐性のしくみについて考察した。コルポーダ休眠シスト (1週間齢) を0.1 M HCl (pH 1) や0.1 M NaOH (pH 13) に浸した場合、処理後4時間までは多くのシストが耐性を示したが、その後シストの生存率 (脱シスト率) は低下し、8時間後にはすべての細胞が死滅した。

コルポーダシストを0.1 M HClや0.1 M NaOH溶液に浸すと、水が細胞から浸透圧的に脱水されることから、HClやNaOHはシスト壁を通過して細胞膜に作用することがわかった。そして、コルポーダ細胞膜は、HClやNaOHに対して透過性が非常に低いことがわかった。このことがコルポーダシストのpH耐性の原因であると考えられる。この仮説が正しければ、プロトンのキャリアーであるCCCP存在下では、耐性が失われるはずである。実際に、CCCPを含む酸溶液やアルカリ溶液中では、pH耐性が失われた。以上の結果より、コルポーダシストのpH耐性は、シスト細胞膜のプロトンに対する透過性が低いことに起因すると考えられる。

## PAS染色による繊毛虫コルポーダ休眠シストの多糖類の検出

動物生理学研究室 小野 諒太

土壌性繊毛虫コルポーダ (*Colpoda cucullus*) は水溜まりなどの水環境では栄養増殖細胞として生息しているが、水が干上がることを感知すると乾燥、高温、凍結に対して耐性を持つ休眠シストの状態になる。先行研究によってコルポーダの凍結耐性には細胞内の多糖類が関係している可能性が示唆されている。

そこで本研究では、コルポーダの細胞内の多糖類の局在を調べると共に、凍結耐性と多糖類の関係を調べることを目的とした。PAS染色によって多糖類を染色した結果、栄養細胞は食胞と思われる部分以外は染色されなかったが、休眠シストではシスト齢3時間ほどから染色されることがわかった。また、シスト齢2日の細胞の剥がれたエクトシスト層は染色されていなかったので多糖類を含まないことがわかった。粘液の部分が薄く染色されたが、これは動物の粘性分泌液から得られる多糖類の総称であるムコ多糖類によるものと考えられる。どのシスト齢のものも細胞体以外は染色されていなかった。また、コルポーダの休眠シストを様々な時間で脱シスト誘導し、 $-65^{\circ}\text{C}$ で1日凍結させた後の脱シスト率を調べたところ、脱シスト誘導を行ってから時間が経ってから凍結させたものほど脱シスト率が低くなった。それらと同じ時間のものをPAS染色すると、これも時間が経つほどPAS染色されなくなっていった。

これらの結果から、シスト齢3時間以降の休眠シストの細胞体には多量の多糖類が含まれていること、コルポーダの凍結耐性と多糖類の消失には関係があることが示唆された。



## 繊毛虫コルポーダ (*Colpoda cucullus*) における土壌抽出液のシスト化抑制効果 動物生理学研究室 上石 妃依里

土壌性繊毛虫コルポーダ (*Colpoda cucullus*) は、環境の変化に応じて、栄養細胞の休眠シスト形成 (シスト化) と休眠シストからの栄養細胞の脱出 (脱シスト) を繰り返す。コルポーダは、生息に適した水環境下では栄養細胞として分裂・増殖を繰り返すが、その際、シスト化が抑制されている可能性がある。先行研究より、脱シストを誘導する麦葉浸出液にシスト化抑制効果が認められている。また、最近、泥土を遠心して得られる上澄み液 (土壌抽出液) が脱シストを誘導することが明らかになった。このことから、麦葉浸出液と同様に、土壌抽出液にもシスト化を抑制する効果があると考えられる。そこで本研究では、栄養細胞のシスト化に対する土壌抽出液の影響について調べた。

まず、コルポーダの栄養細胞に対してシスト誘導液 (0.1 mM CaCl<sub>2</sub>, 0.1 mM Tris-HCl (pH 7.2)) と、0.1 mM CaCl<sub>2</sub> を含む土壌抽出液を加え、それぞれのシスト化率を測定した。その結果、シスト誘導液では5時間後のシスト化率は 88 ± 1% であったのに対し、土壌抽出液では5時間後のシスト化率は 26 ± 1% となり、土壌抽出液に高いシスト化抑制効果が認められた。次に、土壌抽出液のシスト化抑制効果の要因となる物質の特定を試みた。土壌中には多くの元素が含まれているが、その中ではケイ素 (Si) が最も多い。また、有機物の最終分解産物であるフミン酸も多く含まれている。これらの物質が土壌抽出液のシスト化抑制に関わっている可能性が考えられた。そこで、シスト誘導液にケイ素およびフミン酸を加えてシスト誘導を行った。5時間後のシスト化率を測定したところ、シスト誘導液では 83 ± 4%、ケイ素を含むシスト誘導液では 70 ± 4%、そしてフミン酸を含むシスト誘導液では 35 ± 1% という結果が得られた。

これらのことから、生息に適した水環境下において分裂・増殖するコルポーダの栄養細胞では、土壌中のフミン酸によってシスト化が抑制されている可能性が示唆された。

## 繊毛虫コルポーダ (*Colpoda cucullus*) の温度走性に対する培養温度の影響 動物生理学研究室 榎木丸 翔太

土壌性繊毛虫コルポーダ (*Colpoda cucullus*) は、普段は水溜りなどの水環境で活発に運動する栄養細胞として生存している。しかし、水が干上がって乾燥を感知すると、タンパク質の殻で細胞を包み込み、高温・乾燥・凍結耐性がある休眠シストを形成する。この状態になることをシスト化と呼ぶ。シスト化には様々な条件が関係するが、高い温度条件によってシスト化が誘導されることが分かっている。高温条件は、やがて乾燥による水環境の消失につながるため、コルポーダにとって生命の危機となる。したがって、コルポーダはこれを回避するように運動すると考えられる。そこで本研究では、コルポーダに温度刺激を与えた際の運動の方向性について検討を行った。さらには、コルポーダの温度刺激応答に対する培養温度の影響についても検討を行った。

25度で培養したコルポーダを含む懸濁液において、20~30度の温度勾配を作成した。懸濁液の温度変化は、25度から始まり、温かいところ (温) は30度まで上がり、真中 (中) は25度一定、冷たいところ (冷) は20度まで下がる。そのような温度刺激を与えてから10分後と30分後に、温・中・冷の3か所からそれぞれ細胞を採取し細胞数の計測を行った。その結果、実験開始時を基準として、10分後では、(冷) の細胞が20%減少し、(中) が20%増加、(温) が30%増加した。30分後には、(温) が60%減少し、結果的に(中) が30%増加した。25度で培養した細胞は(中)、すなわち培養温度と同じ25度付近に集まる傾向があることが分かった。次に、同様の実験を20度で培養したコルポーダを用いて行った。その結果、10分後では、(冷) が30%、(中) が20%減少し、(温) が40%増加した。30分後には、(温) は変わらず、(冷) が20%減少して(中) が20%増加した。20度で培養した細胞は、培養温度付近に集まらなかった。これらの結果から、25度はコルポーダにとって最適な培養温度であり、20度で培養したコルポーダの運動の方向性は温かいところに向かう可能性が示唆された。

## 繊毛虫ミドリゾウリムシ (*Paramecium bursaria*) における結晶様貯蔵物質について 動物生理学研究室 藤井 聡克

繊毛虫ミドリゾウリムシ(*Paramecium bursaria*)は、細菌を捕食するだけでなく、共生クロレラの光合成産物を栄養として生育する。共生クロレラは恒暗条件下での培養や、除草剤のパラコートで処理することにより除去することが可能である。つまり緑色のミドリゾウリムシ (Pb-Gr) から白色のミドリゾウリムシ (Pb-Wh) を作製することができる。

偏光顕微鏡観察を行ったところ、作製した全てのPb-Whの細胞内に結晶様の物質が確認された。Pb-Grでは、このような結晶様物質が見られるのはごく稀であるため、この結晶様物質と共生クロレラの存在、あるいは除去に何らかの関係があると考えられた。そこで本研究では、両者の関係性を解明することを目的とした。

Pb-Gr と Pb-Wh をそれぞれ 10 匹ずつ恒暗条件下で培養し、個体数の変化を 1 日ごとに計測した。その結果、10 日目において Pb-Gr は 7 匹生存したのに対し、Pb-Wh は 2 匹まで減少した。このことから、光合成のできない恒暗条件下であっても共生クロレラの存在はミドリゾウリムシの生存に有利にはたっていると考えられた。また、同じ条件で培養した細胞において 1 日ごとに偏光顕微鏡観察を行ったところ、Pb-Wh 内にある結晶様物質が減少する様子は見られなかった。このことから、この結晶様物質は生存に必要なエネルギー産生には利用されていないと考えられた。また、恒暗条件下で培養した Pb-Gr では、共生クロレラの減少に伴い、細胞内に結晶様の物質が確認されるようになった。同様の現象は、パラコート処理により Pb-Gr から Pb-Wh を作製する過程においても観察された。以上のことから、この結晶様物質は、共生クロレラが減少することに起因して共生クロレラもしくはミドリゾウリムシから生成される物質で、生存に必要なエネルギー産生には利用されず、逆に、生存に悪影響を与える物質であると考えられた。

## アカサンゴAK(アルギニンキナーゼ)は低温適合型の酵素か？

比較生化学研究室 安藤 凌

アルギニンキナーゼ (AK)は2基質酵素であり、ATPの高エネルギーリン酸基をアルギニン (Arg) へ転移させる反応を可逆的に触媒する。AKは一般的には常温域でよく作用する「中温性」の酵素として知られている。その一方で、近年になって低温環境で効率的に酵素反応を触媒する性質を持った低温適合型(低温性)AK酵素の存在が明らかにされた(Suzuki et al., 2012, Suzuki and Kanou, 2014)。本研究の対象であるアカサンゴ (*P. japonicum*)は、遺伝子重複の結果として生じたAK1、AK2を持つことが確認されている。そこで、この研究では、比較的低温な海域に生息するアカサンゴAK1、AK2のリコンビナント酵素を精製、酵素活性を測定することで、アカサンゴAKが中温性酵素なのか、あるいは低温性酵素なのかを明らかにすることを研究目的とした。

精製したリコンビナント酵素のL-アルギニン (L-Arg) に対する活性を測定したところ、アカサンゴAK1では高い活性を示したが、AK2ではAK活性を確認することができなかった。AK活性のあったアカサンゴAK1について、4.76 mM ATP存在下、Arg濃度を8点取り、酵素活性パラメーターを測定した。その結果、見かけの代謝回転数(app.  $k_{cat}$ )、見かけのアルギニンに対する $K_m$  (app.  $K_a^{Arg}$ ) は、アミノ酸配列が完全一致するベニサンゴ(*C. rubrum*) AK (Matsuo et al., 2017)と同程度の値となった。また、低温性酵素では $K_{1/2}^{Arg}/K_a^{Arg}$ 値が高い傾向を示すことが報告されている(Suzuki et al., 2014)。ベニサンゴAKでは25°Cでの $K_{1/2}^{Arg}/K_a^{Arg}$ 値は7.90と高い値を示すことから、アカサンゴAK1も低温性酵素の可能性が示唆された。次に温度条件を変化させて、酵素活性の測定を行った。アカサンゴAK1のapp.  $k_{cat}$ 、app.  $K_a^{Arg}$ は測定温度の低下と共に低下した。反応触媒効率app.  $k_{cat}/app. K_a^{Arg}$ を25°Cと15°Cで比較したところ、15°Cでは2.1倍に上昇した。さらに、アカサンゴAK1の遷移状態の活性化エネルギー ( $E_a$ ) を算出したところ、27.5 kJ/molであった。加えて、低温適合型酵素の評価指標とされる $\Delta(\Delta H^\ddagger)_{p-m}$ 、 $\Delta(\Delta S^\ddagger)_{p-m}$ はそれぞれ、-23.1、-24.8 kJ/molと大きく負の値を取っており、これらの特徴からアカサンゴAK1は低温適合型酵素であると結論付けられた。

また、アカサンゴAKと相同性の高いAKに加え、低温性酵素、中温性酵素のアミノ酸配列から分子系統樹を作成した。得られた系統樹から、低温性酵素は祖先型AKから2つのグループに分かれた後に、それぞれ独自に低温適合性を獲得したことが推察される。

## アカサング (*Corallium japonicum*) に存在するセリンラセマーゼホモログの機能解析 比較生化学研究室 麓川 滯

グリシンを除くアミノ酸には、L体とD体の鏡像異性体が存在するが、生体内ではL体のアミノ酸を選択的に利用していると長年考えられてきた。しかし近年、様々な生物で遊離のD-アミノ酸が発見され、機能を有することが明らかになっている。そして、L-アミノ酸とD-アミノ酸との異性化反応を可逆的に触媒するアミノ酸ラセマーゼが動物に存在することも報告されている。アミノ酸ラセマーゼの中でも、特にセリンラセマーゼとアスパラギンラセマーゼは多くの動物種で確認されている。

サングには造礁サングと宝石サングがあり、これらは分類上大きく異なり、また、造礁サングは浅海に、宝石サングは数百メートルから千メートルの深海に生息している。

本研究では日本産の宝石サングであるアカサング (*Corallium japonicum*) に存在する3種類のセリンラセマーゼのホモログ遺伝子 (DN3451, DN3366, 及びDN37) のリコンビナント酵素を作製し、その機能解析を行った。可溶性のタンパク質として発現、精製されたリコンビナント酵素について、8種類のアミノ酸 (L-Ser, L-Asp, L-Thr, L-Asn, L-Ala, L-Glu, L-Gln及びL-Arg) を基質とした反応を行った。DN3451及びDN3366はL-Serに対するラセマーゼ活性のみを示し、DN37はどのアミノ酸に対してもラセマーゼ活性を示さなかった。DN3451とDN3366のL-Serに対する活性はそれぞれ0.36  $\mu\text{mols/mg/hr}$ , 及び3.13  $\mu\text{mols/mg/hr}$ であった。

本研究によって、アカサングに存在する3種類のセリンラセマーゼのホモログ遺伝子のうち、DN3451とDN3366がセリンラセマーゼであることがわかった。今後は、これらのうち、より活性の高いDN3366のリコンビナント酵素を用いての酵素パラメータの決定を行う予定である。

## 脊椎動物に分布するセリンラセマーゼホモログの機能解析 比較生化学研究室 下田 瑛策

近年の研究により、D-アミノ酸が生体内に存在し生理活性を持つこと、アミノ酸ラセマーゼによってL-アミノ酸から生合成されることが確認されている。脊椎動物では、哺乳綱霊長目ヒト、げっ歯目マウス及びラットからセリンラセマーゼ (SerR) が、総鱈亜綱シーラカンスからアスパラギン酸/グルタミン酸ラセマーゼが単離されている。しかし、その他の脊椎動物にアミノ酸ラセマーゼが存在するかどうかは明らかになっていない。一方で、マウス SerR の相同配列 (セリンラセマーゼホモログ: SerRH) は脊椎動物に広く分布していた。そこで、本研究では哺乳綱の海牛目アメリカマナティ (*Trichechus manatus*)、奇蹄目ウマ (*Equus caballus*)、及び鯨偶蹄目ヒツジ (*Ovis aries*)、鳥綱ニワトリ (*Gallus gallus*)、爬虫綱ニシキガメ (*Chrysemys picta bellii*)、両生綱アフリカツメガエル (*Xenopus laevis*)、条鱈亜綱ゼブラフィッシュ (*Danio rerio*) 及び軟骨魚綱ジンベエザメ (*Rhincodon typus*) に存在する計9種類の SerRH について、その酵素機能解析を行った。

当研究室の宇田によって人工遺伝子合成された SerRH 遺伝子を材料とし、そのリコンビナント酵素を作製し、酵素活性測定を行った。その結果、アメリカマナティ、ウマ及びヒツジの SerRH は SerR として機能することが確認された。また、ジンベエザメ SerRH はセリンに加えてアスパラギン酸にもラセマーゼ活性を示し、L-Ser 及び L-Asp に対する触媒効率 ( $k_{cat}/K_m$ ) の比較から、AspR であると考えられた。

本研究によって、哺乳綱には SerR が広く分布することが確認された。また、魚類のうち、既に存在が確認されていた総鱈亜綱に加え、軟骨魚綱にもアミノ酸ラセマーゼが存在することが確認された。今後は、より多くの脊椎動物由来 SerRH の酵素機能解析を行うことにより、脊椎動物全体におけるアミノ酸ラセマーゼの分布と機能、及び進化について解明を進めていく予定である。

## 哺乳類アスパラギン酸ラセマーゼの探索

比較生化学研究室 秋葉 直也

近年、多くの生物の体内でD-アミノ酸やその代謝酵素が存在することが確認されている。哺乳類からもD-SerとD-Aspが確認され、D-SerがL-Serからセリンラセマーゼによって生合成されることも報告されている。また、ラットの培養細胞においてL-AspからD-Aspが生合成されること、Pyridoxal 5'-phosphate (PLP) 依存型酵素の阻害剤であるアミノオキソ酢酸の添加によってD-Aspの生合成が阻害されることが報告されている。このことから、哺乳類にはPLP依存型のアスパラギン酸ラセマーゼ (AspR) が存在することが示唆されていたが、哺乳類のAspR遺伝子は未だ特定されていない。

本研究では、L-Aspの存在しない最少培地では生育することができないL-Asp要求性大腸菌RF4株を用いて、マウスAspR遺伝子の探索を行った。RF4株にAspR遺伝子をプラスミドベクターで導入すると、D-AspからL-Aspを合成することができるようになり、D-Aspを含む最少培地で生育可能となる。そこで、RF4株をマウス精巣由来のcDNAプラスミドライブラリーで形質転換し、D-Aspを含む最少培地で培養することで、AspR遺伝子のスクリーニングを試みた。形質転換はエレクトロポレーション法によって行い、約300枚の寒天培地を用いたスクリーニングを行い、51個の陽性コロニーを得た。また、本研究では、形質転換されたRF4株を一度LB寒天培地で培養し、生じたコロニーをD-Aspを含む最少培地に移すコロニーレプリカ法によるスクリーニングも試みた。この方法では約250枚の寒天培地を用いてスクリーニングを行い、1個の陽性コロニーを得た。計52個の陽性コロニーをD-Aspを含まない最少培地で培養すると、そのうち49個の陽性コロニーはD-Aspが存在しなくても生育できることがわかった。そこで、残りの2個の陽性コロニーからプラスミドを回収し、cDNAの塩基配列の確認とBLAST検索によって、得られた遺伝子がAspRの候補となり得るかどうかを検討した。

## 哺乳類のグルタミン酸ラセマーゼ及びD-アミノ酸アミノ基転移酵素の探索

比較生化学研究室 杉山 優斗

鏡像異性体であるL-アミノ酸とD-アミノ酸の間の異性化反応を可逆的に触媒し、D-アミノ酸の生合成を行う酵素がアミノ酸ラセマーゼである。また、D-アミノ酸合成酵素としてはD-アミノ酸アミノ基転移酵素(DAT)も知られている。この酵素は、既存のD-アミノ酸( $R_1\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$ )とオキソ酸( $R_2\text{-CO-COOH}$ )から新生D-アミノ酸( $R_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$ )を合成することが可能な酵素である。



哺乳類の生体内からは多種類のD-アミノ酸が確認されているが、アミノ酸ラセマーゼとしてはセリンラセマーゼが報告されているのみである。そのため、哺乳類ではアミノ酸ラセマーゼではなく、DATによって多様なD-アミノ酸が合成される可能性も指摘された。DATは一般にD-グルタミン酸への反応活性が強いことが知られており、哺乳類ではグルタミン酸ラセマーゼ(GluR)によりL-グルタミン酸からD-グルタミン酸が合成され、DATにより他のD-アミノ酸へと変換される経路の存在が示唆された。

本研究ではD-グルタミン酸要求性大腸菌であるWM335株を用いたGluR及びDAT遺伝子の探索を行った。WM335株は大腸菌が本来持つGluR遺伝子を失っており、D-グルタミン酸が存在しない培地では生育できない。しかし、GluRまたはDAT遺伝子がプラスミドで大腸菌に導入された場合、D-グルタミン酸が存在しない培地でも生育可能となる。マウス精巣由来のcDNAプラスミドライブラリーをWM335株へとエレクトロポレーション法で導入し、114枚のLB寒天培地で培養を行った。その結果、3個の陽性コロニーが得られた。次いで、陽性コロニーからプラスミドを回収し、cDNAの塩基配列の確認とBLAST検索によって、得られた遺伝子がGluRまたはDAT遺伝子の候補となり得るかどうかを検討した。

## 宮崎県加久藤盆地から得られた最終亜間氷期の花粉化石群

植物生態学研究室 久保 侑誠

宮崎県えびの市佐牛野と久保原の溝園層の花粉分析を行い、得られた花粉化石群を同地域で報告された大型植物化石群と対比することで、加久藤盆地における最終亜間氷期の植生変遷を明らかにした。また、この植生変遷と数百～数千年スケールの気候変動（D-O サイクル）との関連も検討した。佐牛野では、木本が花粉化石の過半を占め、マツ属単維管束亜属、カバノキ属、クマシデ属などが多く、ツガ属、モミ属、トウヒ属などを随伴する。久保原では、草本とハンノキ亜属が花粉化石の大半を占め、木本花粉ではクマシデ属、カバノキ属、コナラ亜属、ツガ属などが優勢で、マツ属単維管束亜属、ブナ型などを伴う。大型植物化石群を見ると、常緑針葉樹ではチョウセンゴヨウ、シラビソ、トウヒ、ヒメマツハダなどの北方系の亜高山帯種のほか、ツガ、ハリモミなどの温帯種が産出した。落葉広葉樹ではイヌシデ、ヨグソミネバリ、コナラ、ブナなどが産出した。D-O サイクルと対比すると、佐牛野の試料年代（3.65～3.52 万年前）は D-O7 のピーク直前に、久保原のそれ（3.35～3.20 万年前）は D-O5 と 6 にほぼ一致する。東アジアの夏モンスーン変動は D-O サイクルに同調することから、D-O イベント時にモンスーン強度が増し急激な温暖・湿潤化が生じたと推察される。花粉化石と大型植物化石の産状やタフオノミーの違い、現存種の生態、D-O サイクルとの対比から推定した、加久藤盆地の植生変遷は次の通りである。D-O7 のピーク直前の寒冷期には、河川の氾濫原に草原が広がり、低地に点在する丘陵地や分水嶺となる山地の斜面下部に温帯針広混交林が分布した。その斜面上部には北方系針葉樹を含む亜高山帯針葉樹林が発達した。D-O5 と 6 の温暖期になると、降水量の急増に伴い、湖縁辺にハンノキ湿生林が広がり、氾濫原の発達に伴い草原も拡大した。丘陵地の尾根や斜面上部では土壌浸食や斜面崩壊により草原が生じた。丘陵地や山地の斜面下部の温帯針広混交林では落葉広葉樹が優勢となり、その分布域は山地の斜面上方にやや拡大した。

## 宮崎県加久藤盆地から得られた最終氷期最盛期の花粉化石群

植物生態学研究室 酒井 洋平

宮崎県えびの市妙見原の白鳥層の花粉分析を行い、加久藤盆地における最終氷期最盛期の植生を明らかにした。また、本調査地を含む、西南日本の花粉化石データをもとに、最盛期の植生分布を復元した。妙見原では、イネ科などの草本が花粉化石の大半を占めた。木本花粉では、コナラ亜属、クマシデ属、カバノキ属などの落葉広葉樹花粉が多く、マツ属単維管束亜属、モミ属、トウヒ属などの針葉樹花粉が随伴した。えびの市田代の白鳥層では、草本と落葉広葉樹が優勢な花粉化石と、コナラ、イヌザンショウ、ミズキなどの温帯落葉広葉樹の大型化石が報告されている。また、えびの市佐牛野と久保原の溝園層（最終亜間氷期）では、温帯性の常緑針葉樹と落葉広葉樹を主体としつつ、チョウセンゴヨウ、シラビソ、トウヒ、ヒメマツハダなど、北方系の亜高山帯常緑針葉樹の大型化石も産する。以上から、加久藤盆地の低地域には、イネ科などが多い草原に、コナラ亜属（コナラを含む）、クマシデ属、カバノキ属などの落葉広葉樹が優勢で、温帯針葉樹を伴う森林が点在したと推定される。山地域には亜高山帯常緑針葉樹林が分布したと考えられる。西南日本の花粉データを見ると、花粉化石の過半を草本花粉が、木本花粉の過半を落葉広葉樹花粉が占める調査地は、九州南東部と四国南部に偏在した。Tsukada (1988)は西南日本の沿岸低地に落葉広葉樹を含む温帯針葉樹林が成立していたと推定した。しかし、太平洋沿岸低地ではむしろ、草原的な景観が広がり、落葉広葉樹が優勢な森林パッチが点在したと考えられる。風成塵や海洋微化石の研究から、最盛期には冬モンスーンが卓越し、気温低下とともに、冬期降水量が激減したと推定される。寒冷乾燥気候は森林の発達を阻害したと考えられる。しかし、夏モンスーンの影響範囲を示す亜熱帯ジェットの吹送位置が太平洋沿岸にあり、冷水塊の影響で蛇行し弱体化しつつも、黒潮の流軸位置が現在と大差なかったとすると、太平洋沿岸低地では落葉広葉樹林の成立を許す夏期降水量が存在した可能性がある。

## 高知市中心市街地の都市公園とその植栽樹

植物生態学研究室 原田 龍弥

都市公園とは、環境保全、景観形成、防災、レクリエーションなどを目的とする公園である。本研究では、高知市中心市街地の都市公園（主に住区基幹公園）を対象とし、その設置形態や緑をつくる植栽樹の実態を把握した。本調査地には、住区基幹公園（街区公園 46、近隣公園 6、地区公園 1）とその他の公園（3）からなる、56 の都市公園がある。本調査地の都市公園は、都市公園法の施行（1956 年）に伴い、それ以前から高知城（高知公園）とその周辺にあった 20 の緑地を出発点とし、高度経済成長期を経て市街化した区域（南・東部）に順次、設置され現在に至る。街区公園の平均面積は 0.2 ha で、平均植被率は約 45% である。街区公園ではベンチや遊具、トイレの設置率が高く、グラウンドの設置率は低い。近隣・地区公園ではグラウンドが多い。本調査地の都市公園の植栽樹は 73 科 223 種（在来種 128、国外外来種 87、国内外来種 8）で、中・高木と低木の、常緑と落葉の比率はいずれもほぼ半々である。緑陰・境栽材や CO<sub>2</sub> 吸収源・環境改善材として、公園の象徴や観賞用として多様な樹種が植栽されている。常在度が高い樹種はサクラ類、クスノキ、ナンキンハゼ、ヒラドツツジなどである。住区基幹公園に出現する植栽樹（/ha）は、高知市と東京都で 10 種前後で、広島市でその半数程度である。生育型・生活形の組成に大差はないが、常在度が高い樹種は高知市と広島市で類似する一方、東京都は異質である。高知市と広島市では象徴木となる高木が画一的で、境栽木は中・高木を主とする一方、東京都では象徴木が多様で、境栽木には花木や芳香木となる低・中木が多い。高知市では住区基幹公園の数と面積の割合が高く、植被率も高い。中心市街地にあるすべての植被に占める割合は 10% 程度と低い、他の都市と比べると極めて大きい。個々の都市公園が担う実質的機能を重視しつつ、特に住区基幹公園の緑に関しては、その質的な向上や超高齢化に伴う利用者・機能の転換も踏まえ、近隣住民と協同で設計・維持管理するしくみの構築が大切だと考える。

## 三嶺山域の中標高域におけるニホンジカの秋期の食性

植物生態学研究室 大西 勝

剣山系三嶺山域の標高約 1,100 m に位置し、トチノキやサワグルミなど湿性な落葉広葉樹林が成立するさおりが原では、増えすぎたニホンジカ（以下、シカ）の採食行動により林床植生が衰退している。2019 年に実施されたシカの糞分析では、さおりが原では栄養価の低い繊維や稈・鞘が多かったが、9 月に双子葉植物の葉がやや増える季節変化が確認されている。さおりが原で 9 月に餌環境が改善する要因として、周辺に設置されている防鹿柵の影響が考えられた。防鹿柵が設置されていない場所でも、林道法面・岩壁に植生が残存する場所があることから、同じような標高帯の落葉広葉樹林でも、9 月に餌環境が改善する可能性がある。本研究の目的は、三嶺山域の中標高域の温帯性針葉樹が混交する落葉広葉樹林におけるシカの秋期の餌環境を明らかにすることである。さおりが原を含む中標高域 7 か所で、シカの糞を 10 糞塊から 10 粒（合計 100 粒）採集した。70% エタノール溶液に浸した糞を、0.5 mm 間隔の分析ふるい上で水洗いし、植物片を取り出した。0.5 mm 間隔の格子プレパラートに植物片を乗せ、顕微鏡で同定を行い 10 カテゴリー（ササ、グラミノイド、その他の単子葉植物、双子葉植物、常緑広葉樹、枯葉、種子、稈・鞘、繊維、その他）に分けた。その結果、8 地点はさおりが原から半径 1 km の以内に位置するものの、場所によって糞組成は異なっていた。全地点共通して、稈・鞘の占有割合が大きかった。双子葉類の割合は、周辺の防鹿柵の有無による違いはなかった。繊維の割合は、採取場所による違いが大きかった。以上の結果から、三嶺山域の中標高域では、秋期のシカの餌環境は場所差が大きいことが示唆された。

## 三嶺山域におけるモミの年輪成長に影響する要因

植物生態学研究室 手嶋 美聡

近年、日本各地でニホンジカ (*Cervus nippon* 以下、シカという) の採食による森林植生への被害が増加しており、三嶺山域でも 2000 年前後から被害の増加が確認されている。増えすぎたシカによる被害は、樹木への直接的な被害だけでなく、下層植生の衰退を引き起こす。先行研究から、下層植生の衰退は土砂やリターの流出による土壌衰退を引き起こし、浸透能を低下させる。シカによる林床植生・土壌衰退は樹木の成長に影響を及ぼすと考えられる。本研究の目的は、三嶺山域のモミ (*Abies firma*) を対象に、年輪成長特性を明らかにし、シカによる林床植生・土壌衰退の影響を検討することである。モミ 40 個体からコアサンプルを採取し、年輪解析を行った。クロスデーティングした 1940~2020 年の年輪幅指数を用いて、気候データ (月別平均気温、月降水量) との相関を調べた。年輪幅指数は、前年 8 月~10 月の気温と負の相関、8 月と 9 月の降水量と正の相関を示し、当年においては、1 月~3 月の気温、4 月の降水量との間で正の相関を示した。気候との相関を 30 年移動平均で解析した結果、2005 年以降は前年 8 月~10 月の気温と年輪幅指数の相関が有意ではなくなった一方で、降水量と有意な相関が認められるようになった。これは、三嶺山域においてシカが増加し、激しい被害をもたらすようになった時期と重なっていた。シカによる下層植生と土壌の衰退が樹木の成長に及ぼす影響について更なる検討が求められる。

## 湿地生植物の生態学的特性

植物生態学研究室 原田 竜輔

植物は、環境に応じて形 (形質) が変化するが、適応的で計測可能な形質のことを生態学的形質とよぶ。湿地生植物は、湿地環境に応じて沈水、浮遊、浮葉、抽水といった生活形 (生態学的特徴) に区分されるが、それぞれの種の生態学的形質、特に葉形質や CSR 戦略性がどのように変化するかについての知見は十分ではない。本研究の目的は、高知県の湿地に生育する植物 54 種を対象に、湿地生植物の生態学的特性 (形質と特徴) を明らかにすることである。各種から 10~20 枚以上の葉を採取し、葉面積 (LA)、生重量、乾燥重量、葉の厚さを測定した。これらの測定値から、比葉面積 ( $SLA=LA \text{ mm}^2/\text{乾燥重量 mg}$ )、葉乾物含量 ( $LDMC=\text{乾燥重量 mg}/\text{生重量 g}$ ) を算出し、湿地生植物の CSR 戦略を評価するツール *Stratify* を用いて湿生植物の競争戦略性 (C)、耐ストレス戦略性 (S)、荒地戦略性 (R) を算出した。各種の LA、SLA、LDMC、葉の厚さ、C、S、R に加えて、文献から得られた一・二年草と多年草の別、単子葉・双子葉植物の別、生活形 (水生型、抽水型、湿生型、非湿生型) を用いて、ヒル・スミス分析を行った。解析の結果、水生型は SLA が大きく、抽水型は葉が厚くて LA と LDMC が大きい傾向にあった。湿生型・非湿生型は、一または二年草と、双子葉植物が多かった。水生型の高い SLA 値は、沈水・浮葉植物の水中への適応を、抽水型の高い LA 値は抽水状態への適応を示すと考えられた。抽水型と湿生型、非湿生型は、葉が厚く LDMC が大きい傾向にあり、湛水環境から陸地化への遷移に伴う乾燥ストレスへの適応を示していると考えられた。湿生型・非湿生型は、R の割合が高く、一または二年草が多かったが、これは水田等の季節的な水位変動が影響していると考えられた。

## 里地・水辺の植物群落の種組成と生態的特性

植物生態学研究室 堅田 涼子

植物群落は、地域の種プール構成種のうち、任意の環境での生育に適した生態的形質を共有する種群によって構成される。ヨーロッパの草原では、立地環境に応じて構成種の生態的形質が異なることが報告されている。本研究の目的は、四国の里地と水辺の植物群落を対象に、種組成と生態的形質との関係を明らかにすることである。四国の里地と水辺で行われた植生調査資料をもとに、種組成の類似度を求めた。解析には、四国の一級河川で得られたチガヤーヒメジョオン群落とセイバンモロコシ群落、大豊町の里地で得られた刈り取り草地群落と非刈り取り草地群落、高知市皿ヶ峰で得られた草原生植物優占群落とネザサ優占群落の植生調査資料を用いた。種組成を多変量解析により序列化した結果、それぞれの群落には共通種があるものの、組成にはばらつきが認められた。高知県内で採取した植物標本をもとに、各群落構成種の比葉面積 (SLA, mm<sup>2</sup>/mg), 葉面積 (LA, mm<sup>2</sup>), 葉乾物含有量 (LDMC, mg/g) を求めた。チガヤーヒメジョオン群落で 28 種, セイバンモロコシ群落で 47 種, 刈り取り草地群落で 40 種, 非刈り取り草地群落で 47 種, 草原生植物優占群落で 29 種, ネザサ優占群落で 27 種のデータが得られた。各群落の生態的形質を比較した結果, 群落構成種の SLA, LA, LDMC の組成には大きな違いは認められなかった。以上のことから, 各群落が成立する立地環境には大きな違いがあり, 種組成も異なるものの, 本研究で検討した生態的形質は類似することが明らかとなった。今後は, 種子重量や散布型など異なる生態的特性の違いを検討する必要がある。

## 更新統大桑層産絶滅種二枚貝 *Mizuhopecten yokoyamae* の酸素同位体比プロファイルおよび微細成長

古生物学研究室 上田愛満

*Mizuhopecten yokoyamae* は更新統から産出し, 同じイタヤガイ科に属する現生種 *M.yessoensis* (ホタテガイ) と近縁な絶滅種である (Masuda, 1962; 増田, 1973)。本種の生態については研究例がないことから, 今回, 石川県金沢市に分布する大桑層産標本 (KSG-tk001) を用いて古生態の復元を試みた。微細成長線分析と酸素同位体比プロファイルの結果, 殻表面に認められる顕著な成長輪が水温低下期 (秋から冬) に形成された年輪であることが今回初めて明らかとなった。1 年目の年輪 (R1) までの成長量は殻高にして 42 mm、同様に 2 年目の年輪 (R2) までの成長量が 26 mm であった。また, 2 年目以降では, 成長線間隔の変動幅が 1 年目と比較して小さくなったことから, 2 年目以降は成長が目立って鈍化することが推測出来た。微細成長線分析と酸素同位体比プロファイルからみて, 殻の高成長は 1 回目の冬と 2 回目の夏に起こった。2 回目の夏以降, その直後の秋の終わり頃には最初の成長停滞 (R1) が起こり, 3 年目の秋の終わりには 2 回目の成長停滞 (R2) が起こった。元素分析を行った R1-R2 間では, Li/Ca 比の最も大きな区間と殻成長が最も良い区間が一致することが分かった。この結果は, Li/Ca 比が, 同じイタヤガイ科の *Pecten maximus* の研究で, プランクトンブルームの指標とされていることと符合する。ただし, 夏の高成長期には Li/Ca 比の増加は認められなかった。

なお, 酸素同位体比  $\delta^{18}\text{O}$  の最小値は -0.6‰, 最大値は 3.3‰ であり, 堀部・大場 (1974) の式に基づき, 当時の海水の酸素同位体比を現在と同じと仮定して殻形成時の水温を計算すると, それぞれ, 19.7°C, 4.5°C となるが, この水温環境は現代の北海道南東部近海の値にほぼ相当する。現生種 *M.yessoensis* の至適海水温 5-20°C であることも一致することから, 今回の水温結果は妥当であると考えられる。



更新統下総層群産イタヤガイ科二枚貝 *Mizuhopecten tokyoensis* の微細殻成長と酸素同位体比  
プロフィール  
古生物学研究室 吹本 樹

更新統下総層群より産出した *Mizuhopecten tokyoensis* 2 個体(藪層産 KSG-IF-004 と清川層産 KSG-IF-005) について両標本を比較しつつ本種の殻成長の復元を試みた。成長線間隔測定および成長線本数計測と成長線形態変化の観察、酸素同位体比分析を行った。成長線形態変化の遷移、年輪間の成長線本数から本種の成長線はおおよそ1日1本形成される日輪(概日輪,以下日輪)であることが確認された。日輪幅変動を見ると、基本的なパターンは両標本で共通であった。この結果と酸素同位体比プロフィールとの対比から本種の成長障害輪は1年に1本、高水温期に形成される年輪であることが分かった。また今回の対比から本種は水温が低い時期に産卵・孵化をし、その後夏の高水温期を迎えた殻高26mm付近から年輪を形成し、それが高水温期の間は持続していた。その後水温が低下し始める殻高62mm付近からは成長量が増加し始め、殻高120mm付近に至るまで高成長を維持していた。この時の酸素同位体比は重い値を示していた。その後殻高120mm付近で2年目の年輪が形成され、この時の同位体比は軽い値を示していたことから本種は夏に成長停滞を起こし、秋から冬にかけて高成長をするという成長パターンを描くことが分かった。これは *Mizuhopecten yessoensis* (現生種ホタテガイ) で知られている成長パターン(丸・小原, 1967) とは異なる。堀部・大場(1972)の式から古水温を推定した。その結果、藪層では最高水温13.2°C、最低水温8.3°C、平均10.9°Cとなり最高最低差(年較差)は4.8°Cとなった。一方、清川層では最高水温21.0°C、最低水温9.3°C、平均15.2°Cとなり年較差は11.7°Cとなった。藪層よりも清川層の方が水温は高く、特に夏の水温が大きく異なることが分かった。また、水温の年較差が清川層の方が大きく、夏と冬で大きく水温が異なる環境であったと推測される。

現生および化石ベンケイガイ (*Glycymeris albolineata*) の殻成長  
古生物学研究室 門田 航季

*Glycymeris albolineata* は、黒潮域の浅海砂底に生息するタマキガイ科二枚貝で、鮮新世後期以降の化石も知られている。本種に関する研究は外部形態に基づく分類学的研究が中心であり、現生および化石個体の殻表に刻まれた成長輪の形状と形成時の水温について検討した研究例はない。そこで、酸素同位体比分析を中心に、現生および化石個体間で、殻成長にどのような特徴がみられるのかを検討した。酸素同位体比分析の結果、現生および化石ベンケイガイの殻表面にみられる溝状(現生個体では色彩の箇所も含む)の成長輪が年輪であることが今回初めて明らかとなった。土佐湾産現生および化石個体は高水温時に年輪を形成する傾向にあった。しかし、千葉県更新世氷期の化石は冬季に年輪を形成していたことが判明し、水温環境によって年輪を形成する季節が異なることも分かった。また、溝状の年輪の溝の深さと水温との間には比例関係はみられなかった。このことは、溝の深い特殊な年輪の形成には水温以外の環境要因が影響することが示唆される。年輪に基づいて現生および化石ベンケイガイの成長履歴を復元した結果、現生と化石共に成長曲線の形は同じだが、初期の成長速度は現生個体の方が大きいことが分かった。現生および化石個体の殻の元素プロフィールを計測した結果、成長速度の低下が推定される年輪付近で Ba/Ca 比が減少し、Mg/Ca 比が増加する傾向が認められた。これらの結果は、他のタマキガイ属二枚貝についての先行研究において、Ba/Ca 比は植物プランクトンのブルームの指標となるとされ、Mg/Ca 比の変動は成長速度と関連がするとされたことと符合する。これには、鮮新世後期の化石個体の黒ずんだ層の位置が Mg/Ca 比の著しい増加と対応することから、有機物が濃縮した成長障害輪であることが示唆された。さらに、年輪分析を含め、白亜紀後期以降のタマキガイ属の殻サイズ、膨らみ、年齢を検討した結果、時代とともに、膨らみの強い小型個体から段階的に大型化し、次第に膨らみが弱くなっていった傾向が認められた。また、この大型化には成長速度の増大と長寿化が共に関わっていることが分かった。

## 現世波浪卓越型砂浜海岸における生物源堆積構造の季節性：高知県黒潮町入野海岸の例 古生物学研究室 吉本 大志

高知県幡多郡黒潮町の入野海岸は、太平洋に面した波浪卓越型の砂浜海岸（以下、砂浜海岸）である。砂浜海岸は、日々の、あるいは、季節的な波浪条件の変化にともなって地形が変化し続ける不安定な場であり、そこに種々の生物が適応して生息している。また、砂浜海岸は多くの場合堆積性であり、そこで形成された堆積物が各時代・地域の地質記録に残されていることから、堆積地質学的・古生物学的に重要な研究対象となっている。

砂浜海岸に暮らす生物の多くは、定常的に砂中に埋入したり、長時間巣穴に潜んで生活しており、直接観察することが難しい。しかし、堆積物に保存された生物による堆積構造を観察することで、その生息状況や生態の一端を知ることができる。そこで本研究では、入野海岸の砂丘、後浜、前浜の亜環境ごとに、そこに生息する *Thoracophelia* 類がつくる移動摂食痕 *Macaronichnus* と *Ocypode* 類が形成する居住痕（巣穴）*Psilonichnus* について、とくに今まで検討されることの少なかった季節性に注目して 2020 年 3 月から同年 11 月にかけて観察をおこなった。

観察にあたっては、まず水準測量をもとに海岸線に直交する地形断面図を作成し、植生やドリフトラインに注目し亜環境を区分した。つづいて、前浜にてボックスコアラーを用いて堆積物断面の剥ぎ取り資料を作成し、そこに見られる *Macaronichnus* の観察をおこなった。また、*Psilonichnus* については同年 7 月から 12 月の間に、各亜環境にコドラートを設定し、その開口部の分布を調査した。

その結果、*Macaronichnus* は 3 月には一切観察されなかったが、それ以降は観察されるようになった。3 月には *Thoracophelia* 類が生息していないか、活動していなかった可能性がある。*Psilonichnus* は 7~8 月は前浜から砂丘に広く観察された。しかし、9 月 17 日には前浜で一切観察されなくなった一方で、後浜中部-上部で多数観察されるようになった。9 月は 6 日に高知県西方を通過した台風による海岸侵食の影響で前浜と後浜が大きく縮小した。この台風による攪乱の影響で巣穴分布が変化した可能性がある。

## 不動山（高知県四万十市）の蘚苔類相

植物分類学研究室 藤木 陵太

高知県の蘚苔類相に関する研究は、蘚類または苔類に限定したものが多く、蘚苔類相としてまとまった報告は、梶ヶ森（原ほか 1985）、横倉山（蘚類：Deguchi & Ohno 1988、苔類：Tsuchiya et al. 1994）など少数に限られる。一方、高知県西部では野口（1949, 1950）による報告で、それまで分類が十分でなかった属の新種が朴ノ川山や旧大正町で報告されており、豊かな蘚苔類相があることが予想される。しかし、高知県西部における蘚苔類相のまとまった調査はほとんど行われていない。そこで本研究は、四万十市と高岡郡四万十町（旧大正町）の行政界に位置する不動山（標高 780.5 m）の蘚苔類相を明らかにすることを目的とした。本山にはヒノキ、アカマツ、モミ、ツガなどの針葉樹とカシ、シイ類の常緑広葉樹からなる天然林があり、市の又溪谷風景林に指定されている。天然林の周辺ではスギ、ヒノキ植林が見られる。

本研究ではスギ植林地内の山道を「作業道」、作業道終点から頂上までの尾根を通る山道を「風景林境界」、風景林内を通る山道を「風景林山道」とし、この 3 つのルートに分けて調査した。採取した標本を同定した結果、31 科 53 属 69 種の生育を確認した。その中には環境省により準絶滅危惧種に指定されているトサヒラゴケ *Neckeropsis obtusata* が含まれる。また、蘚類ではホソバオキナゴケ *Leucobryum juniperoideum* やヒメコクサゴケ *Isoetecium subdiversiforme* などの山間部でよく見られる種や、湿った土壌にはアカイチイゴケ *Pseudotaxiphyllum pohliaecarpum* が多く生育していた。苔類ではコムチゴケ *Bazzania tridens* やヒメフタマタゴケ *Metzgeria ciliata* など、常緑樹林でよく見られる種が多く確認された。

## 篠山（高知県宿毛市）の蘚類相 植物分類学研究室 米田 名央人

篠山は四国の西部、高知県宿毛市および愛媛県愛南町の県境に位置する標高 1064.6 m の山であり、足摺宇和国立公園の一角に指定されるなど観光地としても有名である。本山はかつてシイ林とカシ林を主とした常緑広葉樹林に覆われていたが、現在は高知県側の標高 100-150 m に局所的にシイ林が残る。中腹から山頂付近はシイ・カシの常緑広葉樹林が覆い、上部にシキミおよびハイノキが見られる。また山頂付近に「入らずの森」として保護されるアケボノツツジやジャクナゲ、コウヤマキ、ハリモミなどの天然林からなる区画がある。

高知県の蘚類相に関する研究はこれまで工石山（出口・岸 1981）や梶ヶ森（原ほか 1985）などで行われてきたが、調査は県中央から県東部に偏っている。野口（1951）らにより県西部の標本が引用されているものの、報告は少ない。そこで、県西部に位置する本山を調査し、その蘚類相の一端を明らかにすることを目的とした。

今回の調査において、篠山第一駐車場および篠山第二駐車場から山頂までの 2 つのルートで標本を採取し、同定を行った。その結果、15 科 32 属 55 種 1 変種の蘚類を確認した。本研究ではチヂミバコブゴケ *Oncophorus crispifolius* など岩上に生育する種、ヒメコクサゴケ *Isothecium subdiversiforme* やキヨスミイトゴケ *Barbella flagellifera* など湿度の高い環境によく見られる種が多く生育していた。着生基物に注目すると、本調査地では岩石および樹幹に生育する蘚類が 89% を占め、土壌には 11% のみ見られる。このことから、篠山は観光地であるものの登山道が落葉に覆われており、蘚類の登山道土壌での生育が困難であるものと考えられる。

## 高知大学標本庫(KOCH)に保管されているウキゴケ科苔類の分類学的再検討 植物分類学研究室 井手 啓輔

ウキゴケ科はゼニゴケ目に属する苔類で、(1) 葉状体が二叉状に分岐する、(2) 葉状体が葉緑体を多く含む背部と含まない腹部に分かれる、(3) 葉状体背面に溝があり、その左右に背面側部がある、(4) 葉状体の溝部分に造卵器と造精器が形成される、(5) ゼニゴケ綱のような傘状の組織は発達しない、(6) 胞子体は葉状体に埋もれる、(7) 胞子は葉状体が崩れることによって散布される、(8) 弾糸がない、などの特徴を持っている。これまで本科の種は、異なる種同士が同一の種であると誤解されていたり、未発見の種が存在したりした。そのため、日本では 2 属 8 種しか知られていなかった。しかし、古木 (2020) により日本産のウキゴケ科苔類は 2 属 18 種にまとめられた。

高知大学標本庫(KOCH)に保管されているウキゴケ科苔類標本については、これまで分類学的再検討が行われておらず、記載された種名は間違いである可能性が高い。そこで、高知大学標本庫内の標本について分類学的再検討を行った。その結果、ウキウキゴケ *Riccia fluitans* と記載されていた標本はコハタケゴケ *Riccia huebeneriana* であること、カンハタケゴケ *Riccia nipponica* と記載されていた標本はカイメンハタケゴケ *Riccia cavernosa* であることを見いだした。この結果を踏まえ、新たに得た知見や先行研究をもとにウキゴケ科苔類の新たな検索表を作成するとともに、各種に詳細な記載を与えた。

絶滅危惧種マルバテイショウソウの発芽特性と移植個体群内での実生個体の分布傾向  
植物分類学研究室 平嶋 祐大

マルバテイショウソウ(*Ainsliaea fragrans* Champ. ex Benth.)は四国・九州、中国南部・台湾に分布する多年生草本である。四国では高知県内の1箇所のみで生育が知られている。2016年以降に行われた植え戻しの内、7割が定着している事が分かった。

本研究では植え戻し個体の種子由来の実生個体の分布調査を行い、2016年の植え戻し個体群(移植個体群)への新規個体群の増加がどのようになっているかを明らかにした。加えて、詳細な発芽条件を明らかにするために照明付インキュベーターを用いた発芽実験を試みた。

実生個体の分布調査では全区画(A, B, C, D, E)内で実生個体が200個体、移植個体が46個体分布していた。Eの区画で最も多くの実生個体が確認でき、移植個体から見て東方向に偏って分布しており、結実期の風の影響を受けている事が考えられた。発芽実験では全体的に発芽数は少なく、何も覆っていないシャーレ(明条件)よりもアルミホイルで覆ったシャーレ(暗黒条件)で発芽が確認され、既発表の発芽実験と異なる結果となった。

緑藻ボタンアオサの葉緑体日周運動にともなう葉緑体の形態変化  
細胞生物学研究室 下原 かのこ

緑藻アオサ属藻類は二層細胞層からなる葉状の藻体に発達する。細胞は1つの側壁性の葉緑体を持ち、明期には藻体表面側、暗期には壁側に定位するという日周運動を行うことが知られており、これまで葉緑体の位置の変化に伴う、藻体の吸光度や光合成活性の変化に関する研究が行われてきた。光条件による葉緑体の細胞内位置の変化は高等植物や藻類を含むさまざまな光合成生物で知られているが、細胞内で大きな空間を占める単一の葉緑体が細胞縁辺に沿って移動するアオサ属藻類では葉緑体の位置変化が葉緑体自身の著しい形態変化を伴うことが予想される。

そこで本研究ではボタンアオサの培養藻体を用いて、光学顕微鏡の藻体表面観における、葉緑体の日周運動に伴う葉緑体の形態変化の特徴づけを行った。まず、細胞表面観における葉緑体占有率を調べたところ、明期(12時間)全体および暗期(12時間)の開始後3時間は90%前後で安定していたが、暗期開始後4時間から7時間に30%強まで急激に落ち込み、その後6時間以内に90%まで回復した。このような葉緑体占有率の変化が観察される時間(約10時間)は先行研究における藻体吸光度の変化に比べて短かった。葉緑体内部の色の濃さの分布の変化から、葉緑体は暗期に定位する細胞縁辺に向かって、変形しながら徐々に移動していく様子が観察された。

## 緑藻ボタンアオサの葉緑体日周運動にともなう核の位置変化

細胞生物学研究室 泉 晴香

緑藻アオサ属の藻体は細胞が二層に並んだ葉状体でできている。各々の細胞は藻体表面側に広がる側壁性の一つの葉緑体、細胞内部に細胞容積の大部分を占める液胞、およびそれらにある核やその他の細胞小器官を含む原形質塊から成っており、核は細胞中央部の葉緑体の直下に位置している。アオサ属藻類では明期で藻体表面側にある葉緑体が暗期には細胞間の隔壁側へ定位する特徴的な日周運動を行うことが知られているが、この葉緑体の日周運動にともなう葉緑体以外の細胞構造の運動や位置の変化については調べられていない。そこで本研究では、まず核の位置や形態の変化を明らかにするためにボタンアオサの培養株を明期と暗期それぞれの間時点付近で固定し、DNA 蛍光色素 SYTO-13 で染色し藻体の表面観を落射蛍光顕微鏡で観察した。

明期の藻体の表面観において、藻体平面方向では細胞の中央付近に核が観察され、暗期の藻体では細胞中央から離れ、隔壁に沿って定位した葉緑体と同所的に、かつ細胞外縁からは間隔を置いた位置に観察された。藻体表面から核までの深さは明期では  $14.25\sim 25.5$  (平均  $18.83 \pm$  標準偏差  $3.95$ )  $\mu\text{m}$ 、暗期では深さは  $7\sim 23$  ( $16.68 \pm 4.43$ )  $\mu\text{m}$  であった。藻体表面観における平面方向の細胞の面積重心と核との距離を細胞面積で除した指数は、明期と暗期でそれぞれ  $0.021 \pm 0.016$  と  $0.18 \pm 0.43$  となり、有意な差が認められた ( $p=0.012$ )。以上の結果から、葉緑体の日周運動にともない核は葉緑体との位置関係を位置保持したまま移動していることが示唆された。

## 緑藻バロニアにおける親細胞と子細胞の接続部位の成長

細胞生物学研究室 麻生 虎丈郎

緑藻バロニアは大きさ数 mm に達する多核巨大細胞からなる。本藻の細胞はレンズ状細胞形成という方法で分裂し、細胞が放射状に連なる多細胞体へと発達する。レンズ状細胞形成の過程では、局所的に凝集した原形質円形に囲む境界に沿って細胞壁の内側に新たな細胞壁（隔壁）が形成され、親細胞から隔てられ、レンズ状の子細胞が外に向けて突出したあと、親細胞と同様に球形からこん棒状の細胞に発達していく。子細胞の成長中に親細胞もある程度成長していくが、子細胞よりも明らかに狭くくびれている親細胞・子細胞の接続部位が成長するかどうかはこれまで調べられていなかった。

本研究では、本藻の親細胞や子細胞の成長中にその接続部位が成長するか否かを確かめるために、レンズ状細胞形成直後から藻体の実体顕微鏡像において子細胞、親細胞、および接続部位の大きさの変化を追跡し、細胞の周囲長および接続部位の大きさの変化を比較した。12 個の試料で 18 日～20 日間追跡した結果、子細胞の最終的な成長率の平均と標準偏差は  $5.07\pm 1.11\%$  であるのに対して、親細胞と接続部位の成長率は有意に低く、それぞれ  $1.26\pm 0.25\%$ 、 $1.25\pm 0.12\%$  であり、これらの間には有意差は認められなかった。

## 緑藻パロニアの細胞壁の厚さと層数の観察

細胞生物学研究室 武知 忍

巨大細胞性緑藻パロニアの細胞壁は、セルロース微繊維（CMF）が層ごとに一定方向に配列し、隣合う層では CMF の配列方向が約 80~120°異なる「交差多層構造」という構造を示す。この細胞壁の断面観では、細胞壁の外側の層の厚さが内側より薄くなっており、細胞の成長に伴って、内側から新たに層が順次付加されると考えられている。これまで本藻のプロトプラストが細胞壁を再生し、成長する過程において、細胞壁の層数が超薄切片の透過型電子顕微鏡観察により、また、厚さが原子間力顕微鏡の形状像断面により調べられている。その結果、層数の増加速度は最初の 2 週間までは 1 日当たり平均 0.53 層であり、その後顕著に増大すること、また、細胞壁全体の厚さは 2~4 日目で急激に増加した後は増加量が低下することが明らかになっている。しかしこれまでの研究では、細胞壁の層数と厚さの測定はそれぞれ異なる細胞から単離された細胞壁について行われており、同じ細胞壁の層数と厚さを同時に調べた研究はなかった。

そこで本研究では、本藻の藻体の細胞から、細胞分裂後の、成長の度合いが異なる大、中、小のそれぞれ複数の細胞から細胞壁を単離し、半分に切断したそれぞれの断片の層数と厚さを調べた。その結果、細胞の大きさごとの細胞壁の層数と厚さの平均値の間に相関が認められた ( $R^2 = 0.84$ )。

## 渦鞭毛藻 *Pyrocystis lunula* の微小管阻害剤による形態への影響

細胞生物学研究室 野中 健太郎

海産渦鞭毛藻 *Pyrocystis lunula* は、楕円形で二本の鞭毛を持つ遊走細胞と三日月形の細胞壁の中に H 型の細胞質を持つ不動性の栄養細胞の二つのステージが交代し、その形態が大きく変化する生活環を持つ。また、本種の細胞表層部には、表層微小管が存在し、形態変化に伴ってその微小管配列が変化することが明らかになっている。さらに、微小管阻害剤アミプロフォスメチル（APM）で処理することで、正常な形態変化が行われず、その形態が球形に変化することが明らかになっている。これらのことから、細胞の形態変化・維持に表層微小管が関与していると考えられている。本研究では、*P. lunula* の表層微小管破壊後の形態変化を調べるために、APM 処理によって球形になった細胞を用い、APM 除去後の形態変化を調べた。

APM 処理によって細胞の形態が球形になり、細胞壁を持つ細胞と持たない細胞が存在した。まず、細胞壁を持つ細胞は、24 時間後の形態変化の違いによって、次の 4 つに分類した。①外形は球形で細胞質が細胞壁から離れ、溝ができた細胞、②外形が楕円形に変化した細胞、③外形は球形で細胞質が細胞壁から離れるが、溝ができなかった細胞、④外形は球形で細胞質の表面が凸凹になった細胞。また、細胞壁を持たない細胞は、全て 24 時間後に楕円形の細胞壁を形成し、48 時間後には細胞質が中心に集まり strand が形成された。APM 除去後に死亡した細胞も存在したが、生存した細胞は、APM 除去後 120 時間後までにすべて正常な三日月形の形態に戻った。

## 渦鞭毛藻 *Alexandrium hiranoi* の不動細胞の細胞外被の成分と形成過程

細胞生物学研究室 服部 亮平

海産渦鞭毛藻 *Alexandrium hiranoi* は、遊走細胞と不動細胞が交代する生活環をもち、遊走細胞が細胞外被を脱ぎ捨てる現象 (ecdysis) によって不動化する。その不動細胞は、原形質膜の外側にセルロース性のペリクルと呼ばれる厚い細胞壁を形成する。本研究では、*A. hiranoi* のペリクルに含まれるセルロースマイクロフィブリル (CMF) を抽出し、その形態を明らかにした。また、ペリクルの主成分である CMF を合成するセルロース合成酵素複合体の構造を明らかにすることを目的として、CMF の形成時期を明確にするために、超薄切片法と免疫電子顕微鏡法を用いて透過型電子顕微鏡で観察を行った。

まず、本種の不動細胞のペリクルから CMF を化学的に抽出し、ネガティブ染色法で形態的特徴を明らかにした。この CMF の幅は、平均  $3.0 \pm 0.004$  nm (1.0~6.0 nm) で、厚さは平均  $1.50 \pm 0.02$  nm (0.9~3.6 nm) であった。このことから、本種の CMF の断面はやや長方形で、非常に細い繊維であることが明らかになった。

本種の遊走細胞は、遠心によって人為的に ecdysis を誘導できることから、遠心後の不動細胞を経時的 (0 分, 5 分, 10 分, 30 分) に固定し、ペリクルの形成過程と CMF の形成時期を明らかにした。遠心直後の細胞では、一番外側に電子密度の非常に高い約 4 nm の薄い層 (ペリクル I) が形成された。遠心後 5 分の細胞では、ペリクル I の内側に約 37 nm の電子密度の低い層 (ペリクル II) が形成され、ペリクル II は、遠心後 30 分の細胞では、約 57 nm の厚さに肥厚した。また、セルラーゼの一種を結合させた金粒子 (CBH-I-gold) により、各細胞を処理した結果、ペリクル I は金粒子で標識されなかったが、遠心後 5 分の細胞からペリクル II が金粒子で標識されはじめ、その後、金粒子の標識の数が時間経過とともに増加した。以上の結果から、ecdysis 直後ではペリクルにセルロースは存在しないが、不動化後、非常に早い段階から CMF が合成され始め、ペリクルが肥厚することが明らかになった。

## 渦鞭毛藻 *Symbiodinium* sp. の細胞分裂と表層微小管の配列

細胞生物学研究室 山本 心

渦鞭毛藻類の細胞表層部には複数の束になった表層微小管が存在し、細胞の形態維持・決定に関与していると考えられている。しかしながら、その表層微小管の役割や機能は明確にはされていない。また、細胞分裂時の表層微小管の動態も明らかにはなっていない。そこで本研究では、海産渦鞭毛藻 *Symbiodinium* 属の一種 (Y109 株) を用いて、不動細胞内での細胞分裂の過程を明らかにするとともに、遊走細胞と不動細胞の表層微小管の配列パターンを間接蛍光抗体法を用いて調べた。

本種の細胞分裂は、まず染色体の数が増加し、核と細胞の形態がともに楕円形となった (ステージ I)。その後、核は両極へと移動し細胞質がくびれ始め (ステージ II)、最終的には細胞質分裂が完了して 2 個の娘細胞が形成された (ステージ III)。しかしながら、本種は細胞分裂の頻度が低いため、分裂している細胞を観察することが難しいことから、同調培養の条件を検討した。その結果、培地交換後 4 日目までは分裂している細胞の割合が徐々に高くなり、5 日目以降は低くなる傾向にあった。したがって、培地交換後 3, 4, 5 日目の細胞に実験対象を絞り分裂のステージ別に分裂頻度を調べた結果、ステージ I の細胞は培地交換から 3 日目の遠心後 6 時間、ステージ II の細胞は培地交換から 4 日目の遠心後 6 時間、ステージ III の細胞は培地交換から 3 日目の遠心後 12 時間の条件で最も割合が高かった。

本種の遊走細胞は、横溝を境に上下 (上錐と下錐) に分けられ、表層微小管はそれぞれ頭頂部、後頂部に向かって細胞長軸方向にほぼ平行に多数配列していた。また、横溝でも細胞長軸方向にほぼ平行に配列しており、上錐と下錐に接する横溝の縁に沿ってそれぞれ横向きに配列する微小管が存在した。腹側には横溝から下錐にかけて縦溝が存在し、その縁に沿って微小管が配列したが、凹みの部分では明確な微小管配列は確認できなかった。それぞれの領域の表層微小管の密度を比較した結果、横溝と上錐に対して、下錐は明らかに密度が低かった。不動細胞の表層微小管の配列は遊走細胞の配列とほぼ同じであった。しかし、細胞分裂時の表層微小管の配列は観察できなかった。

坂折川における桐見ダムが底生動物群集に与える影響：特に濾過食者に着目して  
理論生物学研究室 藤原 魁星

ダム湖では植物プランクトンが発生して、下流域での底生動物群集が変化し、特に造網性トビケラの密度が増加することが知られている。本研究では高知県を流れる仁淀川水系の坂折川と桐見ダム（越知町）を対象に、2020年8月から12月にかけて1ヶ月に1回の頻度で、ダムの上流域1地点と下流域2地点（下流800mと3km）における底生動物群集と植物プランクトンの調査を行なった。ダムの上流域では植物プランクトン密度は0.3–1.2 mg/m<sup>3</sup>だったのに対して、ダム湖の植物プランクトン密度は8月から10月にかけて高い値を取った（5.1–7.5 mg/m<sup>3</sup>）。8月から10月のダム下流域における植物プランクトン密度は、ダムから離れるにつれて減少した。底生動物群集については、淡水産二枚貝のタイワンシジミ（*Corbicula fluminea*）と造網性トビケラであるオオシマトビケラ（*Macrostemum radiatum*）の密度がダム下流800m地点で有意に高かった。タイワンシジミとオオシマトビケラは濾過食者として知られている。坂折川においてダム下流800m地点でタイワンシジミとオオシマトビケラの密度が高かったことから、ダム湖から流下する植物プランクトンがこれら濾過食者の餌資源となっている可能性が示唆された。

動物園における展示動物の行動と来園者からの注目度の関係  
理論生物学研究室 鈴木 榛華

動物園の飼育展示では、飼育係による動物の飼育技術や展示手法の研究が進んでいる一方で、動物の行動と来園者の行動を関連付けるような研究は少ない。そこで本研究では、7種の動物（ライオン、ジャガー、ツキノワグマ、サーバルキャット、ニホンアナグマ、タテガミヤマアラシ、スマトラトラ）を対象に、動物の行動（活動状態もしくは静止状態）および各展示施設への訪問者数と滞在時間を開園時間内（午前9時から午後4時）に調査し、どの種が来園者から注目度が高いのか調べた。動物の行動は、ライオンとジャガーで活動状態の割合が低く（27–34%）、他の種では活動状態の割合は比較的高かった（47–54%）。訪問者1人あたりの滞在時間はライオンやスマトラトラなど一般的に人気のある動物で有意に長く、同種では静止状態よりも活動状態の方が有意に長かった。各動物種に対する1日あたりの訪問者全ての滞在時間の合計を基にした注目度は、活動状態の割合が低いにもかかわらずライオンが最も高く、続いてスマトラトラやサーバルキャットなど活動状態の割合が比較的高いネコ科の動物が高い傾向にあった。



## アリジゴクの硬直時間と体長の関係性について

理論生物学研究室 中村 雄太

ウスバカゲロウ科の幼虫うち、特に地面にすり鉢状の巣を作る種はアリジゴクと呼ばれている。アリジゴクは外部からの刺激に対して硬直行動を取ることが知られている。本研究では、アリジゴクの体長と硬直時間の関係を調べることを目的に、高知県安芸郡芸西村にある琴ヶ浜にて営巣性のアリジゴクであるクロコウスバカゲロウ (*Myrmeleon bore*) の幼虫を対象として2020年4月から10月にかけて月2回の頻度で調査を行なった。調査では、合計20個体のアリジゴクについて、体長、巣の大きさ(直径)、巣から人為的に取り出してからの硬直時間(1個体につき3回)を計測した。アリジゴクの体長と巣の大きさ、体長と硬直時間の間にそれぞれ正の相関があった。巣の大きさは、体長とともに砂中の水分含有率の影響を受けることが知られており、本研究においても巣の大きさが梅雨の時期に小さくなる傾向があった。硬直時間については、終齢(3齢)幼虫のときに最も長くなる傾向がみられた。

## 高知県下のアカウミガメ産卵場における光吸収率が孵化率に与える影響

海洋動物学研究室 難波 知史

ウミガメの孵化に影響を与える要因として、砂中温度が挙げられるが、これは複数の環境要因により変わりうる。高知県は東西に長い地形で、海岸ごとに異なる環境がみられ、特に砂浜の砂の色に違いがみられる。芸西村琴ヶ浜では、砂の色が黒みをおびていることから、砂中温度が上昇し易いと予想され、かつ7月から8月にかけて孵化率が低下することが知られていた。この理由として、砂の光吸収率の違いが砂中温度および孵化率に影響を与えることが考えられた。そこで、本研究では、県下のアカウミガメの産卵地である砂浜において砂の光吸収率を測定するとともに、主要な4つの産卵地において、光吸収率が孵卵にどのような影響を与えるのか明らかにすることを目的とした。

高知県下の砂浜29カ所を選定し、これらにおけるウミガメの産卵場所から砂を採取し、同一条件下での砂の光吸収率の測定を行った。また、入野海岸、高知海岸、琴ヶ浜、生見海岸において、5月18日から9月30日(産卵期間および孵卵期間)の砂中温度の測定を行い、さらに、営巣期間を前期・中期・後期に分け、各期に1巣ずつ自然下で孵卵を行なった。

その結果、高知県の各砂浜の光吸収率は、砂浜海岸によって異なり、概ね、西部から東部にかけて高くなる傾向がみられた。また、計測した砂中温度と光吸収率の間に相関がみられ、砂の光吸収率の高い琴ヶ浜では、砂中温度が高く、砂の光吸収率の低い高知海岸等より孵化率が低くなった。しかし、他の砂浜海岸においても、卵が死亡するとされる33℃を超える砂中温度が8月に連日記録され、孵化率は著しく低下した。このことから県下全域の砂浜海岸では、8月に同様の砂中温度を経験することを余儀なくされ、移殖や遮光など人為的に卵を管理しなかった場合、ほとんどのアカウミガメ卵が死亡している可能性が考えられる。

## 血中ホルモン分析を用いたアオウミガメ孵化幼体の性判別法の検討

海洋動物学研究室 志垣 里紗

ウミガメ類の孵化幼体は外部形態に性差を持たない為、性判別には解剖、もしくは内視鏡検査による生殖腺の直接観察が最も有効な手法とされてきた。しかし、これらの方法は侵襲的であり、近年、少量の血液サンプルを用いた非侵襲的な性判別法の検討が行われている。2020年に、血中の抗ミュラー管ホルモン（AMH）をオスの性マーカーとして検出するウエストンプロット法を用いた性判別法が発表された。AMHはヒトでは女性の不妊指数の一種として扱われており、近年、簡便な測定法が確立されている。そこで、本研究はヒトで用いられているAMH分析法がウミガメ類の孵化幼体の性判別に使用できるかを検討した。

調査には沖縄県 謝敷と黒島の西の浜で得られたアオウミガメの卵を用いた。採卵後、施設にて孵化・飼育を行い、30個体の孵化幼体について孵化直後と3ヶ月齢時に採血を行った。また、3ヶ月齢時に内視鏡検査等による性判別を行い、この結果に基づき、AMHを含む血中ホルモン4項目（AMH、TES、E2、PRG）が性判別に利用可能かを検証した。

内視鏡検査の結果、オス7個体、メス23個体であることが明らかになった。この結果と各ホルモンの測定結果を比較した結果、AMHはいずれの個体も検出限界値以下となり、性判別には利用できなかった。TES、E2、PRGについては、各項目で孵化直後および3ヶ月齢時に雌雄間比較を行ったところ、孵化直後のPRGでのみ有意差があった。また孵化直後と3ヶ月齢時にホルモン値を比較したところ、オスのPRG値が有意に低下した。この結果から、オスにおける3ヶ月齢時のPRGの急降下が性判別基準となる可能性が示唆された。

本研究ではヒト用の機器・測定キットを使用したため、AMHにおいてはウミガメ類の検出可能濃度と適合しなかった可能性が考えられる。この方法を性判別に使用するためにはウミガメ類で検出可能な濃度を調査する必要がある。また、ホルモン値のみを用いて性判別する場合、孵化直後、3ヶ月齢時ともに単一項目での判別は困難であったため、複数項目の判別分析による判断が適していると考えられる。

## マサバ（サバ科）の側線系-サバ亜目内での比較

海洋生物学研究室 岡本 泰河

サバ亜目はスズキ目に属し、クロタチカマス科、タチウオ科、サバ科の3科を含む。本亜目の側線系に関する知見は乏しい。そこで、サバ科マサバの状態をまず明らかにし、クロタチカマス科ナガタチカマス、タチウオ科タチウオおよびサバ科マルソウダの側線系を追加的に観察した。マサバの側線鱗は210-220枚であった。各側線鱗は楕円形で、鱗上にはチューブ（側線管）があった。管にはAO（前方開口部）とPO（後方開口部）があり、POは小さい。ナガタチカマスでは、側線鱗数は348であり、側線鱗は側線管のみで代表される。側線管のAOとPOの大きさは等しい。タチウオでは、178-188枚の側線鱗がある。側線鱗は側線管のみで代表される。AOとPOの大きさは等しい。タチウオの側線鱗には、背側と腹側に伸長する小管があった。マルソウダでは、側線鱗は有鱗域157-160枚、無鱗域85-92枚、合計244-249枚である。ナガタチカマス、タチウオおよびマルソウダでは体側のすべてあるいは一部で鱗が失われているが、複数の消失パターンがある。

## ウナギ目魚類側線系における袋状部の分布

海洋生物学研究室 岡田 篤典

ウナギ目は 19 科 159 属 938 種が認められている。ウナギ科ニホンウナギの頭部側線管には袋状部を持つことがある。しかし、この構造の系統的意義、機能的意義は不明である。これらの構造には、開孔部がなく、盲管状である。本研究ではニホンウナギを含めたウナギ目魚類 6 科 7 種において、袋状構造の有無とその出現部位を比較し、機能的意義を明らかにすることを目的とした。結果、5 科 6 種（ウナギ科ニホンウナギ、アナゴ科マアナゴ、アナゴ科ツマグロアナゴ、イワアナゴ科ウンブキアナゴ、ウツボ科アミウツボ、ハモ科スズハモ）では袋状構造の存在を確認した。しかし、ウミヘビ科ミナミホタテウミヘビでは同構造を有さず、側線管には開孔部のある細管が付属していた。ウナギ目魚類のほとんどは頭部から砂に潜る。開孔部をもたないことで、砂も側線管内への侵入が防止可能である。これに対し、ウミヘビ科には尾鰭がなく、砂に潜入する際、尾から入る。これにより開孔部からの砂の侵入を防ぐ必要はない。

また、本研究では種や部位によって袋状構造の大きさ・形状、および出現部位に差異が認められた。特にスズハモでは、他の種に比べて長く、細長い形状をしていた。先行研究では袋状構造は周囲の水の動きに対する感性を高める機能を持つ可能性が示されている。袋状構造の表面積が大きい程、より感度が高いと考えられるので、この構造は大きく、数が増加する方向で進化したと考えられる。

## サバヒー科魚類の側線系とその神経支配

海洋生物学研究室 田中 悠莉

サバヒー科 (Chanidae) はネズミギス目に属し、サバヒー (*Chanos chanos*) のみを含む。本種は台湾、フィリピン、インドネシアなどでは、重要な食用魚である。本種は腹位の腹鰭や腹縁近くにある胸鰭などをもち、条鰭類にあつて原始的な分類群である。本種（および原始的な条鰭類）の側線系について詳細な研究例はない。本研究では、サバヒーの頭部及び躯幹部の側線系とその神経支配を観察した。頭部には 39 個の管器感丘（管は 8 本）と 257 個の表在感丘があつた。躯幹部の側線鱗は 90 枚で、各 1 枚が 1 個の管器感丘を収めていた。表在感丘は 112 個であつた。側線鱗の表面中央に側線管が通り、管の床部には、次の側線鱗に連結する孔があつた。躯幹部の側線は中央側線神経で支配されていた。この神経から伸長する神経は、頭部側から支配する管器感丘を収める側線鱗の側面を通過する。その後方で側線管中に侵入し、該当する管器感丘を支配する。この管器感丘を支配する神経枝の途中から Y 字状の神経枝が分岐し、表在感丘を支配する。表在感丘のみを支配する神経枝はなかつた。高位の系統群であるスズキ系魚類では、側線鱗の管器感丘を支配する神経は、側線鱗の側面を通過し、側線管中に侵入する。また後者では、表在感丘のみを独立して支配する神経枝があつた。

## 頭部・軀幹部側線系の接続様式：魚類複数種での比較

海洋生物学研究室 児玉 華代

魚類側線系は、肩帯上部付近で頭部・軀幹部の側線が接続する。しかし、接続部位の骨格系と側線系の関与については詳細な研究がない。本研究では9目10科10属10種の透明骨格標本を作製し、比較を行った。マアナゴ（ウナギ目）では頭部と肩帯部が遊離し、両部間に連絡がなく、肩帯上部の骨格系は側線系に関与しない。体側に側線管のないマイワシ（ニシン目）では、頭部と軀幹部間に管による連絡がなく、頭部側線系の後端は盲管で終わる。ミドリフサアンコウ（アンコウ目）とキタマクラ（フグ目）においては、頭部・軀幹部間の側線系は表在感丘で形成され、管状構造はない。また、肩帯上部の骨格要素のいくつかを欠いている。トゲキホウボウ（スズキ目）やヘダイ（スズキ目）は、側線鱗が上擬鎖骨に隣接し、側線鱗を通過してきた軀幹部側線系がそのまま骨格系内部を通過して頭部側線系と接続。9目10科の中では後側頭骨での接続が5種と最も多く、上擬鎖骨が1種であった。

## アナハゼ属魚類の分類学的研究

海洋生物学研究室 岡内 優人



カジカ科アナハゼ属 (*Pseudoblennius*) 魚類は、現在 11 名義種のうち 6 種が有効とされ、日本近海にはアサヒアナハゼ *P. cottoides* Richardson, 1848, アナハゼ *P. percooides* Günther, 1861, アヤアナハゼ *P. marmoratus* Döderlein, 1884, ヤナギアナハゼ *P. argenteus* Döderlein, 1887, ハマアナハゼ *P. totomius* Jordan and Starks, 1904, オビアナハゼ *P. zonostigma* Jordan and Starks, 1904 の 6 有効種すべてが生息している。また、学名が未確定のハタタテアナハゼ *P. sp. 1*, キリンアナハゼ *P. sp. 2*, およびハクセンアナハゼ *P. sp. 3* が知られる。これらを含めて日本産は 9 種とされたが、*sp.*である 3 種については有効種との詳細な比較が行われていない。そこで本研究では本属の 125 標本を精査し、6 有効種と *sp.*である 3 種について比較検討した。その結果、*P. sp. 1* は腋部の小鱗の有無 (*P. sp. 1* では腋部に小鱗がない vs. アサヒアナハゼ, アヤアナハゼ, ヤナギアナハゼ, オビアナハゼでは腋部に小鱗がある) や、標準体長に対する第 1 背鰭棘条長の割合 (*P. sp. 1* は 31.9–35.0% vs. アナハゼは 10.3–13.3%, ハマアナハゼは 14.3–17.0%) など、29 形質の組み合わせで 6 有効種と識別できた。また、*P. sp. 2* はアサヒアナハゼとの差異がないことと、両者の生息地が同所的なことを踏まえて同種と判断した。さらに、*P. sp. 3* は腋部の小鱗の有無 (*P. sp. 3* では腋部に小鱗がない vs. アサヒアナハゼ, アヤアナハゼ, ヤナギアナハゼ, オビアナハゼでは腋部に小鱗がある) や、頭長に対する両眼間隔の割合 (*P. sp. 3* は 6.5% vs. アナハゼは 10.9–17.5%, ハマアナハゼは 8.5%) などの 23 形質の組み合わせで 6 有効種と識別できた。したがって、*P. sp. 1* と *P. sp. 3* はそれぞれ未記載種と判明した。

\* 図は渡部 (1958) より転載したアナハゼ *P. percooides*

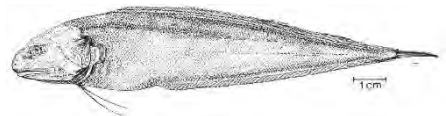
## 日本産アオメエソ属魚類の分類学的研究

海洋生物学研究室 實山 直生

アオメエソ属 (*Chlorophthalmus*) 魚類はヒメ目アオメエソ科に属し、アオメエソ属は、熱帯から温帯海域の深海底の水深 45–950m 生息する。体は細長く、円筒形で、眼が大きく、地方ではメヒカリとも呼ばれ、高知県や福島県などで重要な水産資源となっている。世界では 25 有効種が、そのうち日本からは 5 種と標準和名をもつ学名が未確定の 2 種が知られている。本研究では、同定の困難な普通種 3 種の稚魚と体長 200 mm 以上の大型標本のみが知られるバケアオメエソ *C. sp. 2* を中心に日本産本属の再検討を行い、次の結果を得た。アオメエソ *C. albatrossis* Jordan and Starks, 1904, トモメヒカリ *C. acutifrons* Hiyama, 1940, ツマグロアオメエソ *C. nigromarginatus* Kamohara, 1953 の体長 50 mm 以下の稚魚は、形態観察と分子解析を基に、眼下と峡部の黒色素胞の分布と腹鰭上部の斑紋の形状が有効な分類形質となることを見出した。また、バケアオメエソは本属のうちアオメエソ (小型種で最大体長 180 mm) に最も類似するが、大型の 15 標本 (体長 204–302 mm) と小型の 2 標本 (70, 72 mm) の精査から、アオメエソとは背鰭基底から腹鰭に暗色横帯をもつ (vs. 暗色斑)、腹鰭が肥厚する (vs. しない)、頭長に対する腹鰭最大長の割合が長い (21.5%以上 vs. 21.5%未満)、そして黒色素胞の分布などで明瞭に異なる。また、バケアオメエソは口腔内が黒色であることが識別形質のうちのひとつとされたが、小型個体では口腔内が白く、体のサイズによっては有効形質とならないことが判明した。

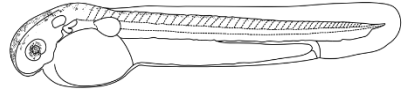
## 日本産クマイタチウオ属魚類の分類学的研究

海洋生物学研究室 澤田 尚磨



クマイタチウオ属 *Monomitopus* Alcock, 1890 は、三大洋の水深 200–1870 m に生息し、現在 14 名義種 (すべてが有効) が確認されている。日本からはヤエバクマイタチウオ *M. pallidus* Smith and Radcliffe, 1913 とクマイタチウオ *M. kumae* Jordan and Hubbs, 1925 の 2 種が知られているが、1978 年から 2002 年にかけておもに沖縄舟状海盆と土佐湾から、本属の日本産既知種とは異なる特徴をもつ標本が多数採集された。また、昨年に東北太平洋沖から本属の一種が 1 標本報告された (*M. sp.*, BSKU 127633)。そこで本研究では、日本産本属の分類学的再検討を目的として、140 標本を調査した。その結果、上顎の外列歯 (発達 vs. 未発達)、前鰓蓋骨隅角部の棘 (明瞭 vs. 不明瞭)、神経頭蓋背面の fontanelle の有無、頭長に占める眼径の割合、体長に対する体高の割合、背鰭鰭条数、臀鰭鰭条数、腹椎骨数 (12–13 vs. 14–15)、および側線上方横列鱗数 (8–9 vs. 10–12) などの組み合わせから、*M. pallidus*, *M. kumae*, *M. sp. 1* (BSKU 127633 を含む)、そして *M. sp. 2* の 4 種に分類した。そのうち、*M. sp. 1* と *M. sp. 2* は海外産の他 12 名義種の文献情報との比較から、眼径や鰭条数 (背鰭、臀鰭、および胸鰭)、側線上方横列鱗数などにおいて、*M. sp. 1* は *M. metriostoma* (Vaillant, 1888), *M. nigripinnis* (Alcock, 1889), そして *M. vitiazii* (Nielsen, 1971) の 3 種に最も類似するため、日本初記録種の可能性が高い。そして、*M. sp. 2* は類似する名義種がないため未記載種と考える。

トサシマドジョウの初期生活史  
海洋生物学研究室 永江 葉奈



コイ目ドジョウ科シマドジョウ属は、ユーラシア温帯域と北アフリカの一部から約96種・亜種が知られる小型の純淡水魚で、日本の本州と四国、九州の各地域に未記載種を含む19種・亜種が分布する。そのうち、トサシマドジョウ *Cobitis* sp. BIWAE type Dは、高知県の土佐湾流入河川に分布する高知県固有種である。しかし、本種の生態や生活史の知見はほとんどない。そこで本研究では、本種のメスにヒト絨毛性性腺刺激ホルモン（HCG）を投与し、水槽内で繁殖行動を誘発し、得られた受精卵をもとに初期発育を観察した。また、本種の人工繁殖と野外採集の個体間に観察された初期発育の形態的差異を比較した。その結果、メスへのHCG投与後の約18時間後より、水槽内で4段階からなる本種の繁殖行動を初めて観察した：オスがメスに対して追尾、並泳、抱接を行い、放卵・放精に至る。産出卵は直径2.1–2.3 mmの沈性卵で、卵膜表面には弱い粘性があり、半透明で色素胞や油球がない。受精卵は水温17–19 °Cで受精後約72–100時間で孵化した。孵化直後の仔魚は全長 3.3–4.9 mmで、長円形の卵黄と2対の外鰓弁をもち、頭部と眼に黒色素胞が確認された。脊索屈曲は全長 6.0–7.2 mm（野外採集個体：6.0–6.3 mm）で開始し、全長 8.8 mm（6.6 mm）で完了した。膜状の鱗は胸鱗、尾鱗、背鱗、臀鱗、腹鱗の順に、鱗条は尾鱗、背鱗、臀鱗、胸鱗、腹鱗の順にそれぞれ形成された。人工繁殖個体では発育不良が確認されたことから、仔魚の適切な飼育方法と疑似自然環境下などでの自然産卵を試行することも検討する必要がある。

ソコマトウダイ属魚類の分類学的研究  
海洋生物学研究室 岡 亮佑

ソコマトウダイ属 *Zenion* Jordan and Evermann, 1896 は水深 300–600mに生息する小型の底生性魚類で、世界に5名義種3有効種が知られる。日本周辺にはソコマトウダイ *Z. japonicum* Kamohara, 1934のみが分布し、現在は有効種とされるが、本属のタイプ種である *Z. hololepis* (Goode and Bean, 1896)の新参異名とする見解もある。両種の異名関係の根拠が示されず、各種の形態変異も不明なため、本研究では日本産の本属の106標本（体長 29.3–74.9 mm）とベトナム沖産の2標本（体長 33.7, 35.6 mm）、各種の文献情報を基に比較検討を行った。その結果、日本産の3海域（土佐湾、沖縄舟状海盆、九州-パラオ海嶺）の標本では明瞭な差異が見られなかった。しかし、日本産とベトナム沖産の標本間には、計数形質での差異がないが、標準体長に対する頭長の割合（33.1–38.3% vs. 40.4–45.7%）、標準体長に対する臀鱗基底長の割合（31.6–39.5% vs. 28.4–31.2%）など5個の計測形質で差異が認められた。*Z. hololepis*の原記載の情報から、*Z. japonicum* は上顎先端にくぼみがあり、尾鱗が湾入することで *Z. hololepis* とは異なるため、日本産とベトナム沖産の標本を *Z. japonicum* と同定し、両標本群に見られる差異は地理的変異と結論付けた。