

2025 年度  
修士論文・卒業論文発表会  
講演要旨集

2026年2月10日（火）・12日（木）・13日（金）

共通教育棟 212 番教室

高知大学大学院 総合人間自然科学研究科 理工学専攻 生物科学コース

高知大学理工学部 生物科学科

# 発表会プログラム

第1日目 2月10日(火)

開会の挨拶(学科長) 8:55 - 9:00

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

陣野原 寛之 スナガニ類の巣穴内行動の研究: その巣穴機能の解明に向けて 9:00 - 9:20

稲垣 優花 高濃度 TiO<sub>2</sub> ナノ粒子曝露による底生有孔虫 *Ammonia veneta* の酸化ストレス応答と致死的な有害反応 9:20 - 9:40

Zandvakili Zeynab Genetic diversity of the planktonic foraminifer *Globigerina bulloides* in the Northwest Pacific Ocean 9:40 - 10:00

久木田 健悟 浮遊性および底生有孔虫における共生渦鞭毛藻類の遺伝的多様性 10:00 - 10:20

< 休憩 > 10:20 - 10:40

山田 菜月 カラスによるゴミ散乱被害の状況と印象の全国アンケート調査 10:40 - 11:00

田中 奏羽 高知市北山斜面におけるニホンカナヘビとニホントカゲの日光浴に関する行動 11:00 - 11:20

村上 留奈 土佐湾のホエールウォッチングにおけるカツオクジラの出現に影響を与える環境要因 11:20 - 11:40

< 昼休み > 11:40 - 13:00

澤入 圭吾 日本産ヒメ属魚類の分類学的研究 13:00 - 13:20

久保 桃花 アカウミガメの飼育下繁殖特性と野生下におけるマルチプルパタニティ解析 - 高知海岸における産卵期終盤の低孵化率の原因究明 - 13:20 - 13:40

池田 ひなた 孵卵温度がアカウミガメの初期生活史における概日リズムに及ぼす影響 13:40 - 14:00

## 【 卒業論文 】 発表 10 分(9 分に予鈴あり), 質疑応答 2 分

< 比較生化学研究室 >

陶山 翠 無脊椎動物アラニンラセマーゼの基質認識部位の探索 14:20 - 14:32

小谷 春歩 ナガカメムシに存在するアラニンラセマーゼ遺伝子の酵素機能解析 14:32 - 14:44

高 瑞博 D-アミノ酸酸化酵素を用いた D-アミノ酸検出法の改良 14:44 - 14:56

半澤 頼正 D-アミノ酸酸化酵素とアラニン脱水素酵素を用いたアラニンラセマーゼ活性検出法の確立 14:56 - 15:08

西村 碧莞 アスパラギン酸酸化酵素を用いたアスパラギン酸ラセマーゼ活性検出法の確立 15:08 - 15:20

※発表者の交代を速やかに行うため、次の発表者は次回発表者席に早めに座ってください。

## 第2日目 2月12日(木)

### 【卒業論文】発表10分(9分に予鈴あり), 質疑応答2分

#### < 理論生物学研究室 >

伊藤 優	大学ビオトープにおけるアカハライモリの区画利用の偏りと環境条件との関連	9:00	-	9:12
浅野 瑞希	高知市北山におけるヘビ類の出現と環境要因	9:12	-	9:24
宮内 愛紗	ヘビトンボとタイリククロスジヘビトンボの生息環境と酸素消費量	9:24	-	9:36

< 休憩 > 9:36 - 9:50

#### < 細胞生物学研究室 >

福村 航太郎	緑藻シャジクモの細胞壁内側表面のセルロース微繊維配列の観察	9:50	-	10:02
正木 春幸	緑藻シャジクモの細胞壁のカルシウムイオン除去による層の分離	10:02		10:14
宮田 那託	遊離カルシウムイオン濃度の制限による緑藻シャジクモの細胞壁の反り返り	10:14	-	10:26
吉田 侑央	緑藻シャジクモの中立線における細胞壁断面の光学顕微鏡観察	10:26	-	10:38
桑幡 瑠斗	緑藻シャジクモの中立線における細胞壁内側表面の微細構造の観察	10:38	-	10:50

< 休憩 > 10:50 - 11:06

金子 莉里香	渦鞭毛藻 <i>Symbiodinium</i> sp.における表層微小管の配列と超音波処理条件の検討	11:06	-	11:18
伊東 隆次	微小管破壊剤処理による渦鞭毛藻ピロキスティスの形態変化	11:18	-	11:30
橋本 萌花	渦鞭毛藻 <i>Thoracosphaera heimii</i> の不動細胞における細胞微細構造	11:30	-	11:42
結城 遥斗	渦鞭毛藻 <i>Symbiodinium</i> 属の一種におけるセルロース合成酵素複合体の探索	11:42	-	11:54

< 昼休み > 11:54 - 13:00

#### < 動物生理学研究室 >

柏本 小優希	原生生物繊毛虫ゾウリムシの忌避反応について—先行研究の再考—	13:00	-	13:12
加茂 昇悟	原生生物肉質虫タイヨウチュウにおける海水濃度変動に対する応答について	13:12	-	13:24
青柳 翔和	原生生物繊毛虫スピロスタムにおける切断片の分裂と大核との関係性について	13:24	-	13:36
山本 采奈	光共生アメーバにおける共生状態に応じた生理・生態学的比較解析	13:36	-	13:48

< 休憩 > 13:48 - 14:00

< 古生物学研究室 >

瀬戸口 聡美	房総半島の更新世甲殻類巣穴化石に含まれる糞粒化石とその生痕学的意義	14:00	-	14:12
舟積 蓮	高知県土佐清水市落窪に見られる中新統三崎層群浜益野層の潮汐堆積システムの再検討	14:12	-	14:24
加藤 大智	生痕化石の産出密度に関する研究：中新統三崎層群竜串層の外浜砂岩の例	14:24	-	14:36
和田 寧志	高知県香美市轟の滝に露出する下部白亜系柚ノ木層の堆積環境	14:36	-	14:48

< 休憩 > 14:48 - 15:00

< 植物分類学研究室 >

森山 敦史	高知県立公園ヤ・シィパーク（高知県香南市）における海浜生のコケ植物	15:00	-	15:12
窪田 光	琴ヶ浜松原（高知県安芸郡芸西村）のコケ植物相	15:12	-	15:24
木村 生成	赤鬼山（高知市）のコケ植物セン類相	15:24	-	15:36
尾形 瑛一朗	赤鬼山（高知市）のコケ植物タイ類相	15:36	-	15:48

< 休憩 > 15:48 - 16:00

< 海洋動物学研究室 >

杉浦 功輝	高知県近海に來遊したアカウミガメの回遊経路と海洋環境への応答	16:00	-	16:12
川村 陵真	ミナミテナガエビおよびヒラテナガエビ幼生の色素発現の差異—四万十川河口周辺海域におけるテナガエビ属幼生3種の分布—	16:12	-	16:24

< 分子古生物学研究室 >

山根 康太郎	土佐湾における浮遊性有孔虫 <i>Globigerinoides ruber</i> の遺伝子型の季節変動	16:26	-	16:38
大宮 隆行	表面官能基の異なるポリスチレンナノ粒子に対する底生有孔虫 <i>Ammonia veneta</i> の毒性応答と次世代形成への影響	16:38	-	16:40

### 第3日目 2月13日(金)

#### 【卒業論文】発表10分(9分に予鈴あり), 質疑応答2分

##### < 海洋生物学研究室 >

橘 皆希	日本産ベニテグリ属魚類の分類学的研究	9:00 - 9:12
日和 まなみ	日本産アカイサキ属魚類の分類学的研究	9:12 - 9:24
船山 剛士	日本産アカマツカサ属魚類の分類学的再検討	9:24 - 9:36
森崎 茉優	日本産アイトラギス属魚類の分類学的再検討	9:36 - 9:48
伊與木 豪	高知県佐賀漁港で水揚げされる魚類	9:48 - 10:00

##### < 休憩 > 10:00 - 10:16

水本 悠斗	北西太平洋外洋域から得られたダルマガレイ類仔魚の形態と同定	10:16 - 10:28
大西 智之	北西太平洋外洋域から得られたフエダイ属稚魚の形態と同定	10:28 - 10:40
河井 連也	北西太平洋産トカゲハダカ属魚類の分類学的研究	10:40 - 10:52
喜多 明日翔	西太平洋産アゴヌケホシエソ属魚類の分類学的研究	10:52 - 11:04

##### < 休憩 > 11:04 - 11:16

##### < 植物生態学研究室 >

中島 溪悟	サツキ(ツツジ科)の開花フェノロジーと花粉の外部形態に関する基礎研究	11:16 - 11:28
藤榮 彪人	福島県桧原湖水中遺跡(桧原宿跡)から得られた堆積物コアの花粉分析 - 桧原宿の栽培植物とその栽培法 -	11:28 - 11:40
永山 聖香	宮崎県加久藤盆地における最終亜間氷期後期の植生変遷	11:40 - 11:52

##### < お昼休み > 11:52 - 13:00

半田 竜馬	物部川・仁淀川水系の植物群落の種組成と立地環境	13:00 - 13:12
佃 菜結香	高知県中部に生育するシシンランの生態学的研究	13:12 - 13:24
藤原 楓斗	高知県中部の半自然草地・河畔草地の植物群落の生態的特性	13:24 - 13:36
宮川 颯太	石鎚山におけるニホンジカによる植生被害に関する研究	13:36 - 13:48
柚原 仁志	高知市の蛇紋岩地におけるアカマツの年輪成長に関する研究	13:48 - 14:00

**閉会の挨拶(学科長)**

14:00 - 14:05

< 集合写真撮影 > 14:05～

※発表会場内で撮影を行います。教室の後方中央に速やかに集合してください。

**判定会議**

スナガニ類 (*Ocypode* 属) は世界各地の熱帯～温帯の砂浜海岸に広く生息する甲幅 3 cm 程度の十脚目短尾類である。日本においては函館以南の砂浜海岸にスナガニ *Ocypode stimpsoni*, ナンヨウスナガニ *O. sinensis*, ツノメガニ *O. ceratophthalma*, ミナミスナガニ *O. cordimanus*, そしてホンコンスナガニ *O. mortoni* の 5 種が生息するが、本学の位置する高知県では、このうち、スナガニ, ツノメガニ, ナンヨウスナガニの 3 種が確認されている。

このスナガニ類は、砂中に巣穴を形成し、日中は多くの時間その中に潜んでいるが、夜間を中心に動物の死骸や漂着した海藻類や小動物を摂食する。そして、砂浜生態系において主要な要素であることから、その分布と生態について活発に研究されてきた。また、スナガニ類が形成する巣穴は、生痕化石 *Psilonichnus upsilon* として地質記録にも保存されることから、スナガニ類は生痕学の観点からも注目されている。スナガニ類の巣穴は、分枝のない J 字型、巣穴と分枝を 1 本持つ Y 字型、Y 字型からさらに複数の行動が分岐した複合 Y 字型という特徴的な形態的スペクトラムを示す。スナガニ類巣穴は、生痕学的に見て、その特徴的な形態、とくに分枝構造に注目が集まってきた。たとえば、分枝は「形成者が砂中の水位変化に応答」あるいは「他個体の巣穴を再利用」して形成された、「巣穴内の環境調整」「満潮時の脱出口」「捕食者からの避難場所」として形成されたなどと考えられてきた。しかし、これらの考察は、石膏などによる巣穴鋳型の形態からの類推や、砂浜で巣穴を掘り返した際の一瞬に観察された行動から類推されたものであり、必ずしも説得力のあるものではなかった。そこで、本研究ではスナガニ類の巣穴内行動と巣穴形態の関係を明らかにするために、2 種類の飼育実験を行い、スナガニ類の巣穴内行動の直接的かつ長期的な観察を試みた。

本研究では、スナガニ類の巣穴形態と巣穴内行動を観察するために、対象個体が飼育下において自然条件に近い巣穴を形成し、かつ、その断面を水槽側面から観察できるように、薄い水槽を用いた飼育実験を行った。また、スナガニ類の巣穴を模した人工巣穴を製作の上、スナガニ類を飼育し、その行動観察を試みた。

その結果、J 字型巣穴がスナガニ類巣穴の基本形態であること、スナガニ類は能動的に Y 字型巣穴をつくりうること、巣穴末端にチャンバーを形成し脱皮時や抱卵時の潜伏と防御に利用すること、防御のために壁面を掘削して集めた砂で行動をブロックする巣穴プラグを形成することがわかった。さらに、スナガニ類に特徴的な分枝は、外的刺激などからの退避の場になっている可能性が示唆された。また、分枝上端を掘削し、巣穴を延長しようとする行動も観察されたが、その行動の要因は現時点では不明である。さらに、1 日のうちでの時間ごとの活動を観察したところ、スナガニ類は巣穴内でも夜間に活発に活動していること、すなわち、巣穴内での行動にも概日リズムが見られることが示唆された。

二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) ナノ粒子は、高い屈折率や優れた光触媒特性を有することから顔料やUV遮蔽材などに広く使用され、現在、世界で2番目に多く生産されている人工ナノ材料である。一方、こうした人工物の廃棄物が環境中に流出すると、分解されず、TiO<sub>2</sub>ナノ粒子は海洋に集積し、その流出量が年々増加しており、新規の海洋汚染物質として懸念されている。しかし、TiO<sub>2</sub>ナノ粒子の水生生物に対する毒性メカニズムに対する知見は未だ不足している。

近年、海洋性の単細胞真核生物・底生有孔虫*Ammonia veneta*を用いた細胞観察とトランスクリプトーム解析によって、TiO<sub>2</sub>ナノ粒子がもたらす毒性に関連する代謝経路が解明された (Ishitani et al., 2023)。有孔虫は、TiO<sub>2</sub>ナノ粒子をファゴサイトーシスによって細胞内に取り込み、酸性小胞およびミトコンドリアにおいて活性酸素種 (ROS) を産生するが、グルタチオンペルオキシダーゼ (GPX) などでROSを制御し、さらにTiO<sub>2</sub>粒子を排出する機構を持つことが示唆された。この特異な解毒機構により、有孔虫は汚染環境下でも生存可能であり、無性生殖による世代交代も確認された。そこで、1, 5, 10, 50 ppmのTiO<sub>2</sub>ナノ粒子に曝露した条件で*A. veneta*を5週間培養し、生存限界に達する汚染濃度を調べ、高濃度あるいは長期曝露が成長率や生存率にどのような影響を与えるか検証した。その結果、5 ppm TiO<sub>2</sub>ナノ粒子曝露群において、全実験個体の成長が止まり死亡したことから、解毒機構が破綻した可能性が示唆された (Inagaki et al., 2024)。

本修士論文では、解毒機構の破綻につながる代謝応答を推定するため、底生有孔虫*A. veneta*を5 ppmのTiO<sub>2</sub>ナノ粒子に曝露し、透過型電子顕微鏡による細胞観察、蛍光プローブによる細胞のROS・酸性小胞・脂質の共焦点レーザー顕微鏡観察、経時トランスクリプトーム解析を行った。共焦点レーザー顕微鏡観察とトランスクリプトーム解析の結果は1 ppmと5 ppmで異なり、5 ppmの代謝機構は1 ppmで推定された解毒機構とは異なることが示唆された。詳細な代謝経路の予測から、5 ppm TiO<sub>2</sub>ナノ粒子曝露群では、①小胞とミトコンドリアにおけるROS発生、②ROSおよび酸化的損傷の除去、③内因性アポトーシスが起きていることがわかった。特に、5 ppm TiO<sub>2</sub>ナノ粒子曝露群では、小胞におけるROS産出が顕著に多く、ROSによる酸化ストレスを分散するために細胞質へROSが拡散していることが示唆された。この細胞質の多量のROSが契機となって、細胞外から大量に取り込まれたカルシウムイオンが細胞質からミトコンドリアへ流入し、TCA回路が活性化したと考えられる。そして、この活性化はミトコンドリア内で過剰な還元状態を引き起こし、より過剰なROSが産生され、ミトコンドリアの機能破綻を伴う内因性アポトーシスが進行したと推察される。

本研究は、毒性機構が曝露濃度によって変化することを示した。したがって、実際の環境中で汚染物質が蓄積されて濃度が上がることで、破滅的な毒性をもたらす危険性があり、毒性機構の正確な理解には、異なる濃度条件などで培養実験や遺伝子発現のメカニズムを理解していく必要があることを示唆した。

[引用] Ishitani et al. (2023) *Environmental Pollution*; Inagaki et al. (2024) *Frontier in Marine Science*.

Planktonic foraminifera are widely distributed across the world's oceans, and each morphologically identified species showed a characteristic biodistribution range. However, molecular phylogenetic analyses based on the 3'-end partial small subunit ribosomal DNA (SSU rDNA) have revealed that many morphospecies consist of multiple genetically distinct species as genetic types, which display the fine-scale distributions patterns. *Globigerina bulloides* is a cosmopolitan species abundant from temperate to high-latitude areas as well as upwelling regions. This morphospecies comprises two major genetic types I and II, which are associated with warm-temperate and cold-water environments, respectively. Previous studies have identified multiple genetic types within each clade, including four genetic types (Types Ia–Id) and six genetic types (Types IIa–IIIf). Although multiple genetic types have been reported from the northwestern Pacific, their horizontal and vertical distribution patterns remain poorly resolved. This study examined the genetic diversity of *G. bulloides* and investigated their horizontal and vertical distributions in relation to environmental parameters across the Kuroshio–Oyashio transition zone.

Living planktonic foraminiferal specimens were collected using plankton net tows at multiple depth layers between the surface and 450 m in the Northwest Pacific at five sites spanning the Kuroshio and Oyashio Currents, and at one site in the Tosa Bay under the Kuroshio influence with, accompanied by CTD observations. DNA was extracted from single-cell samples using GITC\* buffer, which allows shell preservation for subsequent morphological analyses. Partial SSU rDNA fragments (~1060 bp and ~650 bp) were amplified using two primer sets, and the resulting sequences were used for phylogenetic analyses. Environmental parameters (temperature, salinity, dissolved oxygen, and chlorophyll-a) were obtained from CTD profiles, and Spearman's rank correlation analyses were conducted to evaluate relationships between genetic-type distributions and environmental variables.

A total of 492 *G. bulloides* specimens were collected, including 149 specimens from the Oyashio Current region and 343 specimens from the Kuroshio Current region. Specimens were predominantly distributed in the upper thermocline throughout the water column. Phylogenetic analyses of the 3'-end partial SSU rDNA from 235 specimens, together with previously published sequences revealed two major clades (Types I and II), comprising four subclades within Type I and six subclades within Type II. Newly obtained specimens were assigned to five genetic types: Ia, Ic, Id, IIe, and IIIf. These genetic types showed distinct geographic distributions: Type IIe was restricted to the Oyashio region, whereas Types Ia, Ic, Id, and IIIf occurred in Kuroshio region. In contrast, they did not show any distinct distributions along the vertical water column. Correlation analyses between the frequencies of genetic types and environmental parameters indicated no statistical significance, suggesting that genetic-type distributions are structured primarily by regional water-mass characteristics rather than single environmental variables.

These results highlight the importance of regional circulation patterns in shaping planktonic foraminiferal population structure in the northwestern Pacific.

有孔虫は、沿岸域から外洋域にかけて広く生息する海洋性の単細胞真核生物である。本生物群には、微細藻類と栄養的に相互依存する光共生を行うことで、貧栄養海域に適応し、分布を拡大してきたと考えられている種が多く存在する。このように光共生は生態学的に重要であるにもかかわらず、有孔虫は配偶子形成時に共生藻を消化することが知られており、娘世代は新たに共生藻を環境中から獲得する必要がある。そのため、有孔虫の共生藻の組成は、環境中の微細藻類の組成を反映して世代や季節ごとに異なる可能性がある。しかし、有孔虫-微細藻類の共生系の知見は乏しく、共生藻の多様性や共生藻を獲得・維持する機構は解明されていない。有孔虫には、底生種と浮遊性種が存在し、大型底生有孔虫は、細胞サイズが大きく（約1 cm）、複数種の微細藻類を同時に保有するため、共生藻の多様性解析に適している。しかし、寿命が数ヶ月と長いこと、世代間の共生藻獲得経路を検証することは難しい。一方、浮遊性有孔虫は寿命が短い（約1か月）ことから、世代間における共生藻の獲得経路を検証するのに適している。そこで本研究では、(1)大型底生有孔虫から単離し、培養株化した共生藻の分子系統解析を行うことで、光共生関係の多様性を明らかにし、(2)浮遊性有孔虫個体と海水環境試料中の共生藻組成の対応関係を検証することで、共生藻の獲得経路を明らかにすることを目的とした。

共生関係の多様性解明(1)では、沖縄県のサンゴ礁で採集した大型底生有孔虫 *Amphisorus kudakajimaensis* から、形態的に異なる2種の共生藻単離培養株の作成に成功した。分子系統解析の結果、両株は各々渦鞭毛藻類 *Symbiodinium* sp.と *Thoracosphaeraceae* gen. sp.であり、有孔虫の共生藻として初めて確認された。また、両者ともに各属レベルのクレード内で単系統を形成し、近縁系統と遺伝的距離があることから未記載種である可能性が示唆された。

共生藻の獲得経路の検証(2)では、高知県土佐湾から異なる季節に採集した浮遊性有孔虫 *Globigerinoides ruber* と海水の環境DNA試料を対象に、共生渦鞭毛藻類 *Pelagodinium* 属の LSU rDNA の D1-D2 領域のアンプリコンシーケンス解析を行い、共生藻組成を比較した。その結果、宿主と環境海水中から、共生藻 *Pelagodinium* 属の遺伝的に異なる12種の MOTU (Molecular Operational Taxonomic Unit)が検出された。宿主である *G. ruber* には3つの遺伝子型 (Ia、Ib、IIa) が含まれていたが、遺伝子型間で共生藻の組成に違いは認められなかった。また、宿主個体群の共生藻組成は同時期の環境海水中の組成と一致しなかった。したがって、浮遊性有孔虫は宿主の種（遺伝子型）ごとの選択や環境中の共生藻組成に左右されることなく、共生藻を獲得していることが示唆された。また、多くの宿主個体は単一の共生藻 MOTU を優占的に保有しており、個体レベルで高い特異性が認められた。以上から、浮遊性有孔虫は、環境中から共生藻を継続的に獲得せず、一度獲得した共生藻を細胞内で増殖・維持していることが考えられた。

本研究では、底生有孔虫および浮遊性有孔虫が従来よりも多様な共生藻を保有することが明らかになった。さらに浮遊性有孔虫では、獲得した共生藻を細胞内で増殖させて維持することで、共生藻との遭遇頻度が低い環境においても、共生関係を安定化させている可能性が示唆された。

都市化や人間生活の変化に伴い、人間と野生生物の生息域が重複する機会が増加し、人間と野生生物の衝突 (human-wildlife conflict: HWC) が世界各地で顕在化している。日本では、クマ類など大型哺乳類による人身被害が注目される一方で、都市住民が日常生活の中で頻繁に経験するHWCもある。都市環境に適応したハシブトガラスとハシボソガラス (以下、カラス) は、人間由来の餌資源を利用することで高い個体数を維持・拡大し、ゴミの食い荒らしを中心としたHWCを引き起こす。カラスが増加しHWC発生機会が増加すると、住民は不快感や嫌悪感が増大し、カラスひいては野生生物全体へ否定的評価や駆除要請を強める可能性がある。しかし、ゴミ食い荒らしの発生要因とそれに対する人々の評価の関係を、定量的に検証した研究は限られている。そこで本研究では、日本全国を対象に、(1) カラスによるゴミ食い荒らしの発生に影響する要因、(2) カラスに対する印象や評価、および個体数許容に影響する要因について検討を行った。

調査は、2025年2月25日から3月3日にかけて、島嶼部を除いた全国の20~70歳代の市民を対象にオンラインアンケート調査を実施し、2000名から回答を得た。このうち、郵便番号と3次メッシュコード (1km区画) の対応が確認できた1181名を有効回答として解析に用いた。各ゴミステーション位置を基準とし、周辺の土地利用 (都市率、農地率) および気候要因 (年平均気温、年平均降水量) を算出した。解析では、(1) 食い荒らしの有無を応答変数、ゴミステーションの状況や周辺環境に関する6変数を説明変数とした一般化加法モデル、(2) カラスに対する3つの印象および個体数許容を応答変数、各応答変数に対して仮説付けた5-7変数を説明変数とした順序ロジスティックス回帰モデル、(3) 上記(2)において非常に有意であった野鳥に対する感情を測る4種類の指数を応答変数、住民の属性や居住地環境に関する5変数を説明変数とした一般化線形混合モデルを構築した。

解析の結果、カラスによるゴミ食い荒らしの発生確率は、人および車の交通量が多い場所、農地率が高い場所、防除ネットを使用している場所で高い傾向が示唆された。また、カラスに否定的な感情や不満を強くもつ住民ほど、駆除等の直接的対策による個体数削減を支持する傾向にあり、その要因として過去の被害経験が影響している可能性が考えられた。カラスの個体数管理には、駆除や巣の除去といった直接的対策と、個体数増加の要因とされるゴミ問題を改善することでこれを抑制する間接的対策の2つが存在する。駆除は短期的な効果が期待できるものの、持続的な個体数抑制は難しい。食い荒らし対策の強化は、持続的な個体数抑制も期待でき、住民の不満緩和や人とカラスの軋轢軽減にもつながる可能性が高い。本研究の結果からは、防除ネットを金属製収集容器へ変更することが、有効な食い荒らし対策であると考えられる。これにより、農村地での被害軽減も期待される。食い荒らし被害の経験者にも、不満程度の低いものが存在したため、被害対策の検討においては、実地調査に加え、住民の心理的側面を考慮することが重要である。また、カラスの印象形成に強く影響した野鳥全体への評価には、年齢、年平均気温、都市率が影響していた。年平均気温と都市率はカラスへの評価や個体数許容に直接影響を示さなかったことから、野鳥全体への評価を介して間接的に影響している可能性が示唆された。身近な野鳥では特定の種の評価をする時は、野鳥全体への評価を併せて考慮する必要があるかもしれない。

高知市北山斜面におけるニホンカナヘビとニホントカゲの日光浴に関する行動  
生物科学コース 理論生物学研究室 田中 奏羽

爬虫類は体温調節や紫外線によるビタミン合成のために日当たりの良い場所で日光浴を行なう。本研究では、2022–2025年3–11月にかけて、高知市北山斜面の3つの登山道に生息するニホンカナヘビ (*Takydromus tachydromoides*) とニホントカゲ (*Plestiodon japonicus*) の2種を対象とした。登山道で日光浴中の個体を目撃確認法により調査し、トカゲ類の日光浴行動において、環境条件との関連を調べた。単位距離あたりの平均出現頻度が最も高かった月は、ニホンカナヘビは7月およびニホントカゲは5月であった。出現頻度は、いずれの種も気温および全天日射量との間に正の相関があった。調査日の平均気温は8月に最も高く、平均全天日射量は6月に最大値をとった。出現する時間帯は、いずれの種も正午付近(10–14時)で最も頻度が高かった。2種とも南斜面で多く出現したが、午前中は東に(おもに南東斜面)、午後は西(南西斜面)にそれぞれ偏りがあった。3つの登山道のうち、出現頻度が最も高かったのは南東向きの斜面が多い登山道であり、午前中に日が当たりやすく日光浴をするのに良い環境であったと考えられる。本研究の調査対象であるニホンカナヘビとニホントカゲは、環境条件を巧みに利用して体温調節を行なうことで活動効率を高め、結果として生存や繁殖に有利な行動をとっていることが示唆された。

土佐湾のホエールウォッチングにおけるカツオクジラの出現に影響を与える環境要因  
生物科学コース 理論生物学研究室 村上 留奈

土佐湾では5-10月にかけての6か月間、カツオクジラ *Balaenoptera edeni* を中心としたホエールウォッチングが盛んに行なわれている。ホエールウォッチングが観光資源として地域経済に与える影響は大きい、カツオクジラの出現の有無は日によって異なる。本研究では、2021-2025年にかけての5年間、土佐市宇佐港から出航するホエールウォッチング船に乗り、土佐湾に出現するカツオクジラの目視による観察調査を行なった。カツオクジラを発見した場合には、個体数、水温、波の状況、魚群（おもにカツオ *Katsuwonus pelamis*）および鳥群（おもにオオミズナギドリ *Calonectris leucomelas*）の有無、位置（緯度と経度）を記録した。調査日の海洋条件については、月周潮（大潮や小潮など）と日周潮、月の位相（月の満ち欠け）を考慮した。日周潮に関しては、潮位の高さ（満潮状態と干潮状態）と動き（上げ潮と下げ潮）に着目した。解析は、複数の環境要因を考慮した一般化線形モデル（GLM）を用いた。カツオクジラの出現確率は、秋季と魚群の観察時には高かった。1回の出航で観察されたカツオクジラの出現個体数は、春に比べて夏と秋で多く、また魚群の観察時には多く、鳥群の観察時には少なかった。海洋条件に関しては、カツオクジラの出現個体数は満潮状態と上げ潮のときに多く、月の位相では上弦の月のときに少なかった。カツオクジラは産卵に備えて夏以降に栄養を蓄えるイワシ類を採餌するために、夏から秋にかけて調査海域での出現確率が高くなることが示唆された。

ヒメ科ヒメ属魚類 (*Hime Starks*, 1924) は世界で9有効種と1未記載種が知られ、日本周辺にはヒメ *H. japonicus* Günther, 1877, イトヒキヒメ *H. formosana* Lee and Chao, 1994, およびハタタテヒメ *Hime* sp. の3種が分布する。ハタタテヒメは1984年に標準和名が提唱されて以来、日本では未記載種として扱われてきた。また、いくつかの研究では、イトヒキヒメ *H. formosana* の幽門垂の有無や数、背鰭の模様に関する記述が異なっていた。そのため、本研究では日本産ヒメ属魚類の分類学的再検討を目的とし、とくにハタタテヒメ *Hime* sp. の学名の確定およびイトヒキヒメ *H. formosana* の形態変異の解明を試みた。高知大学理工学部海洋生物学研究室(BSKU)所蔵の本属221標本を観察した結果、ハタタテヒメは背鰭の第2軟条から第4軟条が伸長し、鰓耙数が15-17など多くの特徴から、ベトナム近海がタイプ産地で日本周辺から報告のない *H. diactithrix* Prokofiev, 2008である可能性が高い。しかし、*H. diactithrix* は *H. formosana* とは4個の形質で異なるが、別種とするほどの差ではないとして、後者の亜種として扱うべきとの見解もある。本研究ではこれら2種がさらに6個の形質と背鰭の模様で明瞭に識別できることを発見した。したがって、ハタタテヒメとイトヒキヒメは別種と結論付けた。これまでハタタテヒメは沖縄島と奄美大島のみから報告され、高知県室戸市室戸岬沖から採集された1標本(BSKU 137764, 体長138.4 mm)に基づき、本種の北限記録が更新される。既知の識別形質ではイトヒキヒメ *H. formosana* に同定されるが、通常の個体と比較して各鰭が伸長する個体や鰭の模様が異なる個体が発見された。このうち、鰭の伸長個体は鰭の伸長を除きイトヒキヒメ *H. formosana* の特徴とよく一致する。このような個体は「ロングフィン」と呼ばれ、スズキ *Lateolabrax japonicus* やメイタガレイ *Pleuronichthys lighti* で報告があり、海産魚では稀な突然変異と結論付けた。一方、この模様の変異個体(BSKU 137877, 139407)は、イトヒキヒメの雄がもつ背鰭中央部に1列の黄色縦線がなく、その代わりに黄色の斑点状の模様がある。また、計数計測の比較から、BSKU 137877は通常のイトヒキヒメとは一致したが、BSKU 139407は一部の形質が異なった。これまで本種の背鰭の模様や幽門垂の有無や数の報告には不一致があったため、本研究では背鰭に黄色縦線をもつ雄2個体と雌3個体を解剖し、いずれも10-12本の幽門垂をもつことから雌雄差はないことが判明した。したがって、現在イトヒキヒメ *H. formosana* と同定される標本群には、背鰭の模様と幽門垂の有無から2種が含まれる可能性がある。また、一方の変異個体(BSKU 139407)では、計数計測形質の大部分や背鰭の第2軟条がわずかに伸長すること、背鰭や臀鰭の後縁部が黒くなる特徴は、イトヒキヒメ *H. formosana* のものと一致するが、本標本は鰓耙数のみが19と多く(イトヒキヒメでは14-17)、舌上にある歯帯の形状がヒメ *H. japonica* に類似する。また、黄色の斑点状模様はヒメの特徴に一致する。これらの形態形質から、BSKU 139407はイトヒキヒメ *H. formosana* とヒメ *H. japonica* の交雑個体の可能性が高い。以上のことから、日本近海のヒメ属魚類は3種に加え、イトヒキヒメに同定される別種の存在が示唆される。

アカウミガメの飼育下繁殖特性と野生下におけるマルチプルパタニティ解析  
—高知海岸における産卵期終盤の低孵化率の原因究明—  
生物科学コース 海洋動物学研究室 久保 桃花

生物保全において、対象種の繁殖生態を把握することは極めて重要である。IUCN レッドリストでほぼ全種が絶滅危惧種に指定されているウミガメ類では、世界各地で保全・研究活動が行われているが、ウミガメ類は長寿命で広範囲を移動することから、同一個体の継続追跡は困難であり、詳細な繁殖生態の情報は依然として乏しい。本研究の調査地である高知海岸は、四国最大のアカウミガメ産卵地となっている。しかし、産卵期終盤に孵化率が低下する現象が確認されており、その原因究明が求められている。そこで本研究では、(1) 飼育下における長期繁殖記録解析と、(2) 自然下における遺伝学的解析という 2 つの視点から、本種の繁殖生態を詳細に解明することを目的とした。本研究により高知海岸における産卵期終盤の低孵化率の要因を検討し、今後の保全策立案に資する知見を提供することを目指す。

飼育下における長期繁殖記録解析では、水族館で孵化時から現在まで 33 年間飼育されているアカウミガメ雌個体（個体番号：CcW-19）を対象に繁殖特性の長期記録を解析した。また、2023 年および 2025 年には、同一シーズン内での産卵回数の経過が卵や孵化幼体に与える影響を調査した。その結果、CcW-19 は野生個体より早期に成熟し、成熟後は高頻度で繁殖を行っていた。これは飼育下における摂餌量や水温など環境条件の安定が寄与したものと考えられる。成熟後の産卵能力に顕著な経年変化は認められず、一定の産卵能力を維持することが示唆された。さらに、成熟後は直甲長の成長速度が著しく低下し、野生下で観察される産卵雌のサイズ差は成長段階の違いではなく、個体固有の差である可能性が示された。シーズン内では、多くの年で産卵回の中盤で卵重がピークを示し、この傾向は卵サイズと相関する孵化幼体の体サイズにも反映されていた。この現象は、野外における孵化温度の時期差の影響を緩和し、孵化幼体の適応度を一定に保つ役割を果たしている可能性がある。孵化率はシーズンごとに異なる変動を示し、産卵期終盤の孵化率低下は、同一雌の産卵回数の経過そのものに起因しない可能性が示唆された。

自然下における遺伝学的解析では、高知海岸で 2024 年に産卵された 5 巣を対象に、同一産卵巣に複数雄が寄与するマルチプルパタニティ (MP) の頻度を調査した。その結果、5 巣中 2 巣 (40%) で MP が確認され、高知海岸の MP 頻度は他地域と比較して中程度であることが示唆された。したがって、産卵期終盤の低孵化率の主因が雄不足である可能性は低いと考えられる。一方で、別個体の産卵巣から同一雄が検出されたことは、個体群内で繁殖に関与する雄の実効個体数が限られている可能性を示唆する。また、同一雌の産卵巣において MP が認められる巣の方が単一雄寄与巣より孵化率が高い傾向がみられ、MP により質の高い精子を利用できる可能性も考えられた。

本研究では、孵化率低下の直接的原因を解明するには至らなかったものの、繁殖特性の長期的変動と父性構造に関する新たな知見を提供した。これらの成果は、高知海岸における孵化率低下の理解を深め、今後の保全管理の基盤となる重要な手がかりを提供するものと期待される。

概日リズムとは、地球の多くの生物が持つ、身体の諸機能における 24 時間の周期性であり、内因性の機構（概日時計）によって制御され、概日的に振動する環境要因に同調する。哺乳類の同調因子には、母系要因および明暗リズムが報告されているが、本研究が対象とするアカウミガメは、産卵後の母ガメはその場を離れる、また、砂の中に産み落とされた卵は、砂表に「脱出」するまでは光刺激を受けることがなく、先述した概日振動子以外の刺激を同調因子として使用していると考えられる。本研究は、アカウミガメの産卵巣がある砂中環境において、強力な概日振動子の一つである温度変動に着目し、温度変動が概日リズム獲得に寄与する同調因子として機能するかを研究することを目的として、胚の代謝リズム（心拍数）、幼体の行動リズム（脱出活動、遊泳活動）および生理リズム（コルチコステロン分泌）の日変動を指標として評価した。

高知県の海岸で得られたアカウミガメの卵を、インキュベーターにて、一定温孵卵（以下、C 区）および変動温孵卵（以下、F 区）のいずれかで孵卵し、実験プロトコルに応じて温度条件の切り替えを行った。心拍数実験では、C 区・F 区それぞれにおける 4 回/日の測定を行い、心拍数の日変動を追跡した。脱出実験では、孵化直前の卵を温度一定の暗室に移植し、砂の掘削運動の日周性を検討した。遊泳撮影実験および血中コルチコステロン（脂肪分解とエネルギー供給に寄与するホルモン）濃度測定では、孵化幼体の 1 時間ごとの活動率および 3 時間ごとのコルチコステロン濃度を計測し、その日周性を検討した。

心拍数実験では、F 区の胚の心拍数が温度に合わせて有意に上下した一方、一定温では一日を通して安定した。また、F 区から C 区に切り替えた実験区（FC 区）において、心拍の変動の持続は確認できなかった。ただし、アカウミガメ胚における心拍の変動の持続時間は明らかになっておらず、より時系列的分解能を高めた実験を行う必要がある。脱出活動の記録実験において、脱出時刻には C 区と F 区で明確に差が確認され、C 区は脱出時刻に一様性を示すのに対し、F 区は有意な偏向性を示した。また、脱出活動は、実験区を問わず、脱出の約 24 時間前と脱出直前に活動数が上昇した。これらの結果から孵化幼体は孵卵温度を問わず、脱出活動に概日リズムを示すことが示唆される一方で、脱出のタイミングと実際の時刻の同期には、孵卵時における温度変動の経験が寄与している可能性が示唆された。遊泳撮影実験において、F 区の孵化幼体の活動率は C 区より高くなる傾向を示した。F 区のコルチコステロン濃度は C 区より有意に高く、これらの結果は整合していると言える。また、コルチコステロン濃度は、C 区では各測定時刻での有意差が認められなかった一方で、F 区では 18 時 vs 24 時で有意差が認められた。しかし、実験区がコルチコステロン濃度の日内変動に有意に影響したという統計的な結果は示されなかった。

概して、変動温孵卵は胚期における心拍数の変動リズム、脱出時刻の決定機構、前脱出期における孵化幼体の活動時刻、遊泳期における孵化幼体の運動活性に影響を与える可能性が示唆された。

## 無脊椎動物アラニンラセマーゼの基質認識部位の探索 比較生化学研究室 陶山 翠

これまでに、L-アラニン (L-Ala) と D-アラニン (D-Ala) の相互変換を触媒するアラニンラセマーゼ (AlaR) の相同遺伝子が複数の無脊椎動物から単離されており、それらのうち一部の相同遺伝子は AlaR 活性以外も示すと明らかになった。例えば、ツバサゴカイ (*Chaetopterus variopedatus*) の AlaR 相同遺伝子由来のリコンビナントタンパク質は、L-アスパラギン酸 (L-Asp) を主基質とするアスパラギン酸ラセマーゼ (AspR) であり、L-Ala、及び L-セリン (L-Ser) に対する副活性を示すことが報告されている。さらに、分子系統解析によりツバサゴカイ AspR は AlaR 遺伝子から進化したことが示唆されている。

本研究では、ツバサゴカイ AspR のアミノ酸置換変異体酵素の酵素活性を野生型酵素と比較することで、AlaR から AspR への基質認識の転換に関与するアミノ酸残基の探索を試みた。ツバサゴカイ AspR の 285 位のリシン残基をイソロイシンに置換した変異体酵素 (K285I)、382 位のセリン残基と 383 位のグリシン残基をそれぞれメチオニンとアスパラギン酸に置換した変異体酵素 (S382M/G383D)、及びそれらの二重変異体酵素 (K285I+S382M/G383D) は、いずれも L-Asp に対する酵素活性を消失させた。一方で、K285I 変異体酵素、及び S382M/G383D 変異体酵素の L-Ala に対する比活性は、それぞれ野生型酵素の 23%、及び 34% となり、ある程度の活性が維持された。さらに、二重変異体酵素では、L-Ala に対する比活性は単独変異体よりも高くなり、野生型酵素の 151% となった。また、これらの変異体については、L-Ser に対する比活性においても同様の傾向が認められた。これらの結果から、ツバサゴカイ AspR の 285 位および 382、383 位のアミノ酸残基は、L-Asp に対する酵素活性に必要不可欠であり、L-Ala や L-Ser に対する酵素活性を低下させることにより、基質特異性の向上に寄与していることが推測された。さらに、これらのアミノ酸残基が AlaR から AspR への進化に関与していることが示唆された。一方で、これら以外にもその進化に関与するアミノ酸残基が存在する可能性も示唆された。

## ナガカメムシに存在するアラニンラセマーゼ遺伝子の酵素機能解析 比較生化学研究室 小谷 春歩

D-アラニン(D-Ala)は、細菌では細胞壁の構成成分として利用され、水生無脊椎動物では細胞内の浸透圧調節物質として利用されている。生体内での D-Ala 合成はアラニンラセマーゼ (AlaR) によって触媒されており、真核生物では複数の無脊椎動物で AlaR 遺伝子の存在が報告されている。

1950 年にはナガカメムシ (*Oncopeltus fasciatus*) の血液中から遊離 D-Ala が発見されていたが、同種における AlaR の存在については十分に検討されていなかった。そこで、本研究では *O. fasciatus* の AlaR 候補遺伝子のリコンビナントタンパク質を作製し、酵素機能を解析することを目的とした。

リコンビナントタンパク質として発現・精製されたナガカメムシ AlaR は L-Ala に対して最も強いラセマーゼ活性を示し、L-セリンと L-アスパラギンに対しては L-Ala への活性の 1/1,000 以下の活性を示した。ナガカメムシ AlaR の  $K_m$  値は L-Ala、及び D-Ala を基質とした場合にそれぞれ 82.0 mM、及び 29.5 mM となり、節足動物や軟体動物の AlaR と同程度の値となった。同様に、ナガカメムシ AlaR の至適温度は 30°C、至適 pH は 8.5 となり、これも他の無脊椎動物 AlaR と同程度の値となった。また、ナガカメムシ AlaR には補酵素であるピリドキサノール 5'-リン酸 (PLP) と酵素の結合に特異的な 420 nm の吸収極大が存在した。そして、PLP 阻害剤の添加によって酵素活性が消失したことから、ナガカメムシ AlaR が PLP 依存型酵素であることが確認できた。さらに、ナガカメムシ AlaR のラセマーゼ活性は ATP、 $Mg^{2+}$ 、MgATP、 $Ca^{2+}$ 、 $Na^+$  の添加によって増加し、 $Zn^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ 、 $Mn^{2+}$ 、 $Co^{2+}$ 、 $Ni^{2+}$ 、 $Fe^{3+}$  の添加によって低下することが明らかとなった。特に  $Zn^{2+}$  は、他の金属イオンより 100~1,000 倍高い酵素活性阻害効果を示した。

昆虫における D-アミノ酸やラセマーゼに関する研究は発展途上であり、本研究によって解明されたナガカメムシ AlaR の酵素機能は、昆虫における D-Ala の生理的機能の解明の第一歩となると期待される。

## D-アミノ酸酸化酵素を用いたD-アミノ酸検出法の改良 比較生化学研究室 高 瑞博

D-アミノ酸の検出には誘導体化試薬による前処理後に高速液体クロマトグラフィー (HPLC) を用い、分離・定量する方法 (HPLC 法) が主に利用されている。HPLC 法は高感度だが、測定に時間を要し、操作が煩雑で高価な装置や試薬を必要とする。そこで、本研究では、ブタ (*Sus scrofa*) 由来の D-アミノ酸酸化酵素 (DAO) 遺伝子のリコンビナントタンパク質を用いた D-アミノ酸の検出法について詳細に検討し、アミノ酸ラセマーゼ活性の測定への応用可能性を評価した。

DAO は D-アミノ酸の酸化的脱アミノ化を触媒し、 $\alpha$ -ケト酸、過酸化水素、及びアンモニアを生成する。本研究では、DAO による D-アミノ酸の酸化的脱アミノ化で生じた  $\alpha$ -ケト酸を 2,4-ジニトロフェニルヒドラジンと反応させるケト酸法、または、過酸化水素をホースラディッシュペルオキシダーゼの触媒作用により *o*-フェニレンジアミンと反応させる過酸化水素法を用いて、D-アミノ酸の検出を試みた。これらの検出法を用いて、精製したブタ由来のリコンビナント DAO の D-アミノ酸に対する酵素活性を確認した。ケト酸法と過酸化水素法の両手法で、ブタ DAO が D-Ala, D-Met, D-Leu, D-Ile, D-Phe, D-Val, D-Tyr, D-Ser, D-Trp, 及び D-ホモセリンに対して活性を示すことが確認された。ピロリジン環構造が  $\alpha$ -ケト酸の生成を妨げるため、ケト酸法では D-Pro への活性は検出できなかったが、過酸化水素法ではブタ DAO の D-Pro に対する活性が確認された。ケト酸法では、終濃度 4~150  $\mu$ M の D-Ala, D-Met, 及び D-Leu を検出可能であり、過酸化水素法では、終濃度 4~200  $\mu$ M の D-Pro が検出可能であった。

最後に、ブタ DAO を用いて、ナガカメムシ (*Oncopeltus fasciatus*) アラニンラセマーゼ、及びヒルガタワムシ (*Adineta Vaga*) グルタミン酸ラセマーゼについて、L-Ala を基質とした場合の酵素反応速度論的パラメータを決定した。その結果、HPLC 法で決定した値と同程度の値が得られ、本手法がアラニンラセマーゼ活性の測定に利用可能であることが確認された。

## D-アミノ酸酸化酵素と L-アラニン脱水素酵素を用いたアラニンラセマーゼ活性検出法の確立 比較生化学研究室 半澤 頼正

アミノ酸ラセマーゼ活性の測定には、L-/D-アミノ酸が混在する反応溶液中から L-または D-アミノ酸のみを分離・定量する必要がある。L-/D-アミノ酸を分離・定量する場合、ジアステレオマーへと誘導体化し、高速液体クロマトグラフィー (HPLC) によって分析する手法 (HPLC 法) が一般的である。しかし、HPLC 法では、複数試料の分析に長時間を要する。そこで、本研究では、より簡便かつ迅速な L-/D-アミノ酸の分離・定量を可能とする方法を検討し、実際にアミノ酸ラセマーゼ活性の検出を行うことを目的とした。

まず、D-アミノ酸の検出のため、赤色酵母 (*Rhodotorula gracilis*) の D-アミノ酸酸化酵素 (DAO) をリコンビナント酵素として作製した。DAO は D-アミノ酸の酸化的脱アミノ化反応を触媒し、 $\alpha$ -ケト酸を生成する。DAO によって分解された D-アミノ酸量は、生成物である  $\alpha$ -ケト酸を DNP 誘導体化し、その 445 nm での吸光度の増加を測定することで間接的に検出可能である。作製した赤色酵母 DAO のリコンビナントタンパク質は 8 種類の D-アミノ酸に活性を示し、特に D-Ala、及び D-Leu に高い活性を示した。

次に、赤色酵母 DAO によって検出可能な D-Ala を基質とするアラニンラセマーゼの酵素活性の検出を試みた。アラニンラセマーゼの逆反応で生じる L-Ala の検出には、真正細菌の *Bacillus pseudofirmus* OF4 の L-アラニン脱水素酵素 (ADH) の 73 位のリシンをアラニンへ置換した K73A 変異体酵素のリコンビナント酵素を用いた。ADH は、L-Ala、 $\text{NAD}^+$ 、及び  $\text{H}_2\text{O}$  からピルビン酸、 $\text{NADH}$ 、 $\text{NH}_3$ 、及び  $\text{H}^+$  を合成する反応を触媒する。ADH によって分解された L-Ala 量は、 $\text{NADH}$  に由来する 340 nm での吸光度の増加を測定することで間接的に検出した。赤色酵母 DAO、及び ADH の K73A 変異体酵素を用いて算出したナガカメムシ (*Oncopeltus fasciatus*) AlaR の酵素反応速度論的パラメータは、HPLC 法によって算出されていた値と同程度となった。したがって、これらの方法でアラニンラセマーゼ活性の検出が可能であることが示された。

アスパラギン酸酸化酵素を用いたアスパラギン酸ラセマーゼ活性検出法の確立  
比較生化学研究室 西村 碧莞

L-アミノ酸と D-アミノ酸の相互変換を触媒するアミノ酸ラセマーゼの活性の検出には、反応溶液中の L-/D-アミノ酸の分離・定量が必要となる。この分離・定量には、キラル誘導体化法により生じたジアステレオマーを高速液体クロマトグラフィー (HPLC) で分析する HPLC 法が広く用いられている。しかし、HPLC 法は高精度だが、分析に時間と費用を要し、また多数のサンプルを同時に分析することが困難である。そこで本研究では、より簡便かつ低コストで L-/D-アミノ酸の分離・定量を可能とする方法を検討し、アミノ酸ラセマーゼ活性の新規検出法の確立を目指した。

まず、D-アスパラギン酸 (D-Asp)、及び L-Asp にそれぞれ選択的に作用するとされている D-アスパラギン酸酸化酵素 (DDO) と L-アスパラギン酸酸化酵素 (LASPO) を用い、D-/L-Asp の分離・定量が可能であるかどうかを検討した。DDO と LASPO は、それぞれ D-Asp、または L-Asp をオキサロ酢酸とアンモニアに分解する。そして、生じたオキサロ酢酸と 2,4-ジニトロフェニルヒドラジンを反応させ、445 nm における吸光度を測定することで間接的に D-/L-Asp の定量が可能となる。本研究では、ヒト DDO 遺伝子と大腸菌 LASPO 遺伝子をクローン化し、そのリコンビナントタンパク質を作製した。これらの酵素はそれぞれ D-Asp、または L-Asp を特異的に基質とし、その他のアミノ酸には活性を示さないことが確認された。次に、ヒト DDO と大腸菌 LASPO を用い、ツバサゴカイ (*Chaetopterus variopedatus*) アスパラギン酸ラセマーゼの酵素反応速度論的パラメータの測定を行った。その結果、本手法で決定されたミカエリス定数 ( $K_m$ ) は HPLC 法で測定した場合と同程度の値が得られたが、最大反応速度 ( $V_{max}$ ) は HPLC 法での測定値の約 2.5 倍の値となった。 $V_{max}$  値の差は本手法の最適化不足に起因する可能性があり、さらなる検討が必要であるが、ヒト DDO と大腸菌 LASPO を用いた本手法は、アスパラギン酸ラセマーゼ活性検出法として利用可能であることが示された。

大学ビオトープにおけるアカハライモリの区画利用の偏りと環境条件との関連  
理論生物学研究室 伊藤 優

大学構内ビオトープでは、水深や水草の分布などの環境条件が局所的に変化する。大学構内ビオトープ池に生息するアカハライモリ成体を対象に、池内を区画化して捕獲調査を行い、出現の偏りと環境条件との関係を調べた。調査は晩秋から初冬に複数回実施し、捕獲個体は腹部模様を撮影して写真比較により個体識別を行った。イモリの出現は池内で様とは言いにくく、場所による偏りが認められた。偏りは水深の違いの他、水草や根の張り出しなど、水中の構造との関係が考えられる。一部区域の水草を試験的に取り除いた結果、捕獲されやすい場所に変化が見られ、植生が利用場所や見つけやすさに影響している可能性が示唆された。

## 高知市北山におけるヘビ類の出現と環境要因 理論生物学研究室 浅野 瑞希

ヘビを含む爬虫類は変温動物であり、日光浴による体温調節が活動や生息地選択に大きく関与している。一方で、ヘビは野外調査での発見頻度が低く、個体群の情報が十分に把握されていない。本研究では、2025年5月から11月にかけて、高知市北山の登山道においてヘビ8種を対象とし、光条件、地形および植生といった環境要因がヘビの出現に及ぼす影響を目撃確認法により調査した。調査は、登山道W、登山道N、登山道Eの3つの登山道で、調査日ごとに時間帯（朝：10時以前、昼：10–14時、夕：14時以降）を変えて行なった。本調査の結果、5種99個体のヘビが確認され、平均個体数は7月が最も多く、登山道別では登山道N、時間帯別では夕方に多かった。ヘビは200m以上の標高、10°未満の緩やかな傾斜角、西向き斜面を好む傾向を示し、全天日射量が多いほど個体数および出現確率が高くなった。ヘビの平均個体数および調査日の全天日射量とともに7月に最大となったことから、ヘビは日当たりの良い時期ほど出現することが示唆される。優占種であるヒバカリが朝や夕方に活動することや、西向き斜面は夕方に日射を受けやすいことから、出現する時間帯や斜面方位に関してはヒバカリの生態的特性が影響している可能性がある。さらに、すべての地点が標高200m以上であった登山道Nでは、傾斜角が10°未満だった割合が他の登山道より高く、水辺環境が多く存在していた。登山道Nは、水辺環境を好むヒバカリにとって好適であり、登山道Nにおける個体数の多さにつながったと考えられる。

## ヘビトンボとタイリククロスジヘビトンボの生息環境と酸素消費量 理論生物学研究室 宮内 愛紗

ヘビトンボとタイリククロスジヘビトンボの幼虫は河川に生息し、いずれの種も河川の水生昆虫の中では大型の捕食者である。同じニッチ（生態的地位）をもつ2種は、平衡状態において長期的に共存することはできないことが知られている。本研究では、酸素環境に着目して、2種間で生息場所と呼吸量を比較した。生息場所については、タモ網を用いて河床から昆虫採集し、ヘビトンボまたはタイリククロスジヘビトンボが採集された場合には、採集地点の水深と流速を測定した。呼吸量については、酸素瓶を用いて酸素消費量を測定した。ヘビトンボは水深が浅く流速が速い瀬の環境を好むのに対して、タイリククロスジヘビトンボは深くて流れの遅い淵の環境を好んでいた。ヘビトンボはタイリククロスジヘビトンボよりも酸素消費量が多かった。ヘビトンボの幼虫は腹部に7対の総状の可動性の鰓があるのに対して、タイリククロスジヘビトンボは第8腹節に1対の呼吸管があり、2種間で呼吸器官の構造が異なっている。ヘビトンボとタイリククロスジヘビトンボは、呼吸器官の構造と酸素消費量に違いがあることによって棲み分けていることが示唆された。

緑藻シャジクモの細胞壁内側表面のセルロース微繊維配列の観察  
細胞生物学研究室 福村 航太郎

シャジクモ類の細胞壁の最内層では、セルロース微繊維(CMF)が細胞の長軸方向と直角方向に配列することが過去に報告されており、細胞が膨圧により長軸方向に伸長するための「たが」のように働くと考えられている。本研究ではシャジクモ (*Chara braunii*) の培養株の成長途上の 24 個の節間細胞から単離された細胞壁の内面における CMF 配列を原子間力顕微鏡を用いて観察した。

細胞壁試料ごとに 1 か所で得られた振幅像の中央で、細胞の長軸方向に対する垂直線、水平線を描き、それらと交差する CMF の細胞長軸方向に対する角度 (0~90 度) を測定した。各試料の平均値は 19~58 度、標準偏差は 11~20 度の範囲であった。また、「CMF が細胞長軸と垂直に配列する」とした先行研究の電顕像の CMF 角度と比べ有意差がある試料よりも少ない試料が多かった。なお、細胞の長さ と CMF の角度との間に相関は認められなかった。

緑藻シャジクモの細胞壁のカルシウムイオン除去による層の分離  
細胞生物学研究室 正木 春幸

緑藻シャジクモ類の細胞壁はセルロース微繊維 (CMF) を骨格成分とするマルチネット型という多層構造になっており、カルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) により会合したペクチン酸が、細胞壁の CMF を連結しているとされている。本研究では、シャジクモ類の細胞壁の内部構造をより詳細に明らかにし、キレート剤による  $\text{Ca}^{2+}$  の除去によりその構造がどのように変化するかを明らかにするために、シャジクモ (*Chara braunii*) の節間細胞から得られた樹脂包埋試料の切片の組織化学的観察を行った。

塩基性トルイジンブルーO (塩基性 TBO) で染色した試料では、細胞壁が染色性の異なる 4 層からなることが観察された。 $\text{Ca}^{2+}$  除去をした試料では、外側の 2 層の間が分離しており、その間には染色されない層が新たに現れた。酸性 TBO 染色試料では細胞壁全体が赤色に染色され、対照実験により酸性多糖の存在が確認された。 $\text{Ca}^{2+}$  除去試料では分離した 2 層のうち内側が弱く染色されるようになったことから、 $\text{Ca}^{2+}$  除去により分離する 2 層にも酸性多糖が含まれ、分離にもなって流出する可能性が示唆された。

遊離カルシウムイオン濃度の制限による緑藻シャジクモの細胞壁の反り返り  
細胞生物学研究室 宮田 那託

緑藻シャジクモ類の多核巨大細胞である節間細胞は、長年細胞成長の研究材料とされてきた。節間細胞は長軸方向への伸長が他の方向よりも卓越する異方的な成長を行う。細胞壁の内部構造はマルチネット型と呼ばれ、セルロース微繊維 (CMF) は最初に長軸方向と垂直方向に配列し、成長に伴ってランダムな方向に変化する。初期に形成される垂直方向の CMF が細胞の横方向への伸長を抑えて、異方的な細胞成長を引き起こすと考えられている。近年、カルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) を介して会合したペクチン酸分子が CMF を細胞長軸方向に連結するモデルが提唱されている。本研究では、シャジクモ類の細胞壁の構造が  $\text{Ca}^{2+}$  によってどのように維持されているのかを明らかにするために、 $\text{Ca}^{2+}$  を細胞壁から除去することにより細胞壁の形態がどのように変化するかを調べた。

シャジクモ (*Chara braunii*) の培養株の節間細胞から単離された細胞壁を細胞長軸方向に長い短冊状の断片に切り分け、 $\text{Ca}^{2+}$  のキレート剤 EGTA により遊離  $\text{Ca}^{2+}$  濃度 ( $[\text{Ca}^{2+}]_{\text{free}}$ ) を 4~24 nM に調節した緩衝液に漬けたときの細胞壁断片の形態変化をビデオ画像で記録した。細胞壁断片は時間経過とともに外側方向に湾曲した。緩衝液に漬けてから湾曲が開始するまで、および湾曲が完了するまでの時間は、 $[\text{Ca}^{2+}]_{\text{free}}$  が低い方が有意に短くなった。また、湾曲の角度は  $[\text{Ca}^{2+}]_{\text{free}}$  が低い方が有意に大きくなった。これらの結果から、細胞壁の内側には細胞長軸方向への伸長を抑える仕組みがあり、その維持に  $\text{Ca}^{2+}$  が必要であることが示唆された。

緑藻シャジクモの中立線における細胞壁断面の光学顕微鏡観察  
細胞生物学研究室 吉田 侑央

緑藻シャジクモ類の節間細胞では、原形質膜の内側に一層に隙間なく並ぶ葉緑体の内側に沿って、細胞質が細胞全体を縦に周回するように原形質流動を行っているが、その周回運動の方向は、細胞を縦に二等分したそれぞれの領域で互いに反対になっている。これら 2 つの領域の境界線は中立線と呼ばれ、その部分の原形質側では葉緑体が存在せず、また、細胞壁が中立線に沿って複雑な折性を示すことが知られているが、その原因は明らかになっていない。

本研究では、中立線部分の細胞壁構造を明らかにするために、シャジクモ (*Chara braunii*) の培養株の樹脂包埋試料から作成した切片をトルイジンブルー O により染色して、中立線付近の細胞壁断面の光学顕微鏡観察を行った。節間細胞全体を包埋した試料では、節間細胞の細胞壁の層状の内部構造が観察されたが、葉緑体が途切れている中立線部分とその他の部分との間で相違は認められなかった。また、単離した細胞壁から中立線部分を切り出した試料においては、層状構造が比較的不明瞭であったが、細胞壁断面の構造に場所による相違は認められなかった。

緑藻シャジクモの中立線における細胞壁内側表面の微細構造の観察  
細胞生物学研究室 桑幡 瑠斗

シャジクモ類の節間細胞では、原形質が細胞全体を縦に周回するように流動しており、その流動方向が上向きの領域と下向きの領域との境界線は中立線と呼ばれている。原形質側では中立線に沿って葉緑体が存在しない透明な帯状の領域が見られ、一方、中立線上の細胞壁は他の部分では見られない複屈折性を示す。

本研究では、特徴的な細胞構造であるこの中立線における細胞壁のより詳細な構造を明らかにするために、シャジクモ (*Chara braunii*) の培養株から単離した細胞壁内側表面の中立線を横切る連続した領域の微細構造を原子間力顕微鏡で観察した。3つの試料を観察した結果、セルロース微繊維の配列、あるいは特定の構造の有無といった点で、中立線とその他の領域を区別するような特徴は認められなかった。

渦鞭毛藻 *Symbiodinium* sp.における表層微小管の配列と超音波処理条件の検討  
細胞生物学研究室 金子 莉里香

渦鞭毛藻類の遊走細胞の細胞外被は、複雑な膜構造および複数の束になった表層微小管から構成される。無殻渦鞭毛藻類では、それらの構造の中でも特に表層微小管が細胞の形態の維持・決定に関与していると考えられているが、その役割や機能、観察に適した条件は明確にはされていない。本研究では、海産渦鞭毛藻 *Symbiodinium* sp. (Y109株) における、遊走細胞と不動細胞の表層微小管の配列パターンと表層微小管観察のために必要な超音波処理条件を検討するために、間接蛍光抗体法を用いて蛍光顕微鏡での観察を行った。

本種の表層微小管を間接蛍光抗体法で観察するためには、細胞外被構造を破壊し細胞内に抗体を入れる必要がある。そのため、固定後の細胞を超音波破碎機で処理し、細胞形態を保持しつつ抗体の侵入が可能となる超音波処理条件を検討した。その結果、超音波の強さ（出力コントローラーの目盛り）50以上の条件では、短時間の処理でも細胞が破壊され、個体数が急激に減少した。また、強さ30, 40の条件では短時間で細胞が破壊されることは無かったが、微小管の観察はできなかった。そのため、強さ30以上の条件は、微小管観察には適さないと判断した。処理条件の中で、最も細胞外被構造が適度に破壊される細胞の割合が高く、かつ微小管を観察できたのは、強さ20で20秒の条件であった。また、本種の表層微小管の配列は、遊走細胞と不動細胞で違いはなかった。微小管は、細胞の横溝の縁の領域から頭頂部または後頂部に向かって集束するように細胞長軸方向にほぼ平行に多数配列していた。また、横溝の領域でも微小管は細胞長軸方向とほぼ平行に配列していた。横溝と上錘または下錘の境界部分に沿ってそれぞれ細胞長軸と垂直方向に配列する微小管が存在した。腹側では縦鞭毛が位置する縦溝の縁に沿って微小管が配列した。上錘と横溝の微小管の密度は類似していたが、下錘の微小管の密度は、上錘と横溝の半分以下であった。

微小管破壊剤処理による渦鞭毛藻ピロキスティスの形態変化  
細胞生物学研究室 伊東 隆次

海産渦鞭毛藻 *Pyrocystis lunula* は、運動性を有する楕円形の遊走細胞と、運動性を欠いた三日月形の細胞壁をもつ不動細胞の形態的特徴の大きく異なる二つのステージが交代する生活環をもつことが知られている。これらの細胞では、細胞表層に沿って微小管が配列しており、細胞の形態形成や維持に関与している可能性が指摘されている。しかし、表層微小管が細胞形態変化の過程において果たす具体的な役割については、未だ十分に解明されていない。

本研究では、微小管破壊剤であるアミプロフォスメチル (Amiprophos-methyl; APM) を用いて表層微小管を一時的に崩壊させ、APM除去後に生じる細胞形態の再構築過程を観察することで、表層微小管が *P. lunula* の形態変化に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

10  $\mu$ M APMを添加した培養条件下で処理を行った結果、細胞壁を欠いた球形細胞が形成された。これらの球形細胞のみを選別し、培地からAPMを除去した後、倒立顕微鏡を用いて7日間にわたり経時的な観察を行った。その結果、APM除去後の細胞形態の変化は4つのタイプに分類された。すなわち、①三日月形、またはそれに近い形態へと変化した細胞、②細胞壁は形成したが、球形からは変化しない細胞、③細胞壁が再生せず、細胞質のみが変形した細胞、④崩壊した細胞であった。

これらの結果から、表層微小管は *P. lunula* における細胞形態の再構築および三日月形形成に重要な役割を果たす一方で、形態変化の進行様式には多様性が存在することが示唆された。

渦鞭毛藻 *Thoracosphaera heimii* の不動細胞における細胞微細構造  
細胞生物学研究室 橋本 萌花

海産渦鞭毛藻 *Thoracosphaera heimii* は、遊走細胞と不動細胞のステージが交替する生活環を持っており、その不動細胞は石灰質の細胞壁を形成するという点で特異的な渦鞭毛藻類である。しかし、細胞壁の形成過程や詳細な細胞微細構造は明確ではない。そこで本研究では、*T. heimii* の生活環における細胞形態の変化を観察し、石灰質の細胞壁を形成中の細胞が多く存在する培養条件を明らかにした。また、細胞壁形成前、または形成中と考えられる不動細胞を化学固定し、細胞微細構造を超薄切片法を用いて透過型電子顕微鏡で観察した。

本種の不動化初期と考えられる細胞は、一番外側に薄い層状の細胞外被を形成していたが、石灰質の多角構造は観察されなかった。しかしながら、細胞内部に多数の低電子密度の構造を含む小胞を有していた。この低電子密度の小胞は細胞全体でランダムに分布しており、細胞表層部分に存在しているものも観察された。また、この小胞が細胞外へ開口分泌されているような様子も観察できた。

細胞内部には、中央部に大きな核が存在し、液胞と考えられる大きな低電子密度の小胞が存在した。この液胞と考えられる大きな小胞が、炭酸カルシウムを含むと思われる低電子密度の構造を分泌していると考えられる様子も観察された。葉緑体は細胞周縁部や液胞を囲むように分布していた。また、高電子密度の構造を含む小胞も存在した。

多くの植物種において、細胞壁はセルロースマイクロフィブリル (CMF) を主成分としており、原形質膜上で直接セルロース合成酵素複合体 (TC) によって合成される。このTCの構造は、生物の系統群ごとで異なることが知られており、渦鞭毛藻類において、TC構造が明らかになっているのはペリディニウム目の一種のみである。本研究で用いた*Symbiodinium*属の一種 (Y109株) の不動細胞はセルロース性の細胞壁 (ペリクル) が形成されることが明らかになっている。本研究では、*Symbiodinium* sp. (Y109株) のTC構造を解明することを目的として、フリーズフラクチャーレプリカ法を用いて原形質膜を透過型電子顕微鏡で観察した。

本種の原形質膜の細胞質側断面 (PF面) と細胞壁側断面 (EF面) の観察を行った結果、CMFの軌跡やTCと考えられる顆粒集合体は観察することができなかったが、特徴的な顆粒集合体が観察され、次の3つのタイプに分けられた。①2本の直線状顆粒集合体、②円形状顆粒集合体、③4列に配列した顆粒集合体である。これら3つのタイプのそれぞれの顆粒集合体の特徴とそれらが出現する時期などについて考察を行った。①2本の直線状顆粒集合体は、不動化後の時間経過が比較的短い不動細胞に多く見られる傾向があった。このことから、この顆粒集合体はecdysisによるアンフィエスマ小胞の内膜どうしの融合の後で、拡散が進んでいない顆粒である可能性が考えられた。また、観察された顆粒集合体の中には、顆粒の拡散が進行していると考えられるような配列も観察された。②円形状顆粒集合体は出現する時期の特定ができなかった。また、観察された個体数の少なさから、この顆粒集合体を持つ細胞特有の特徴などの特定もできなかった。③4列に配列した顆粒集合体は1個のみ観察された。本研究ではTCとみなすことはできなかったが、紅藻型TCに類似しており、TCの可能性もあると考えられた。

#### ゾウリムシの忌避反応について－先行研究の再考－ 動物生理学研究室 柏本 小優希

忌避反応は、動物があらゆる種類の刺激物質を回避する反応であると定義されている。先行研究において、ユープロテスに ATP 溶液を液中導入すると、ATP から瞬時に遠ざかることで忌避反応を示すことが報告されている。また、Kim (1999) は、ATP 溶液中にテトラヒメナを液中導入する実験においてテトラヒメナが示した反応を報告しており、Hennessey (2005) は、それをテトラヒメナの ATP に対する忌避反応として図に示している。しかし、本研究において同様の実験を行った際には Hennessey (2005) が図に示したような、細胞が方向転換を繰り返しながら不規則に遊泳する反応を確認することができなかった。そこで本研究では、ゾウリムシ (*Paramecium caudatum*) を実験材料とし、Kim (1999) と Hennessey (2005) が報告した忌避反応について再検討することを目的とした。

ある溶液に対し、異なる溶液をゆっくりと液中導入した場合、導入直後は2つの溶液同士は混ざらず、その境目には一時的に「界面」が形成される。本研究では、ATP 溶液、培養液、脱イオン水、メチルセルロース溶液を用い、異なる2種の溶液の境界に形成される界面におけるゾウリムシの行動を観察した。その結果、ゾウリムシは溶液の種類に関係なく、界面に接した際に後方遊泳反応と方向転換を示した。また、ニュートラルレッド (NR) 溶液と細胞を含む培養液をそれぞれ ATP 溶液に液中導入し、NR が拡散する様子と細胞が遊泳する様子を観察した。その結果、NR は時間経過とともに拡散する一方で、培養液中のゾウリムシが遊泳可能な領域は時間経過とともに縮小した。このことから、細胞は界面を超えずに、縮小する領域内で後方遊泳反応と方向転換を繰り返すと考えられる。これらの結果から、Kim (1999) が報告した、ATP 溶液に細胞を液中導入した際の反応は、Hennessey (2005) で示された不規則な遊泳反応ではなく、細胞が2種の溶液の境界に形成された界面に衝突して後方に遊泳し、続いて方向転換後に前方遊泳する反応であると考えられる。そしてこの反応は、細胞の ATP に対する忌避反応ではなく、界面に対する反応である可能性が高いと考えられた。

原生生物肉質虫タイヨウチュウにおける海水濃度変動に対する応答について  
動物生理学研究室 加茂 昇悟

かつて「タイヨウチュウ」と称されていた分類群は、*Actinophryida*、*Centrohelida*、など複数の独立した系統群から成る多系統群であり、収斂進化によって形態的に類似した生物の集合であることが分子系統学的に示されている。*Centrohelida* には淡水から海水まで広く生息する広塩性種が多く知られている。しかし、*Actinophryida* に属する種の塩耐性や海水濃度変動に対する応答に関する研究は限られている。本研究では、淡水生種とされている *Actinophrys sol* が汽水域から採取されたことから、本種の海水濃度変動に対する応答機構の解明を目的として、海水濃度が変動した時の増殖能の比較、および細胞の形態変化について検討を行った。

増殖能の比較では、2.5%および10%人工海水培地で馴致したタイヨウチュウを用いて2.5~40%人工海水培地での増殖経過を比較した。2.5%人工海水で馴致した個体は、10%人工海水に馴致した個体より全体的に増殖し始めるまでに時間がかかり、そのうえ、2.5%人工海水ではほとんど増殖しなかった。この結果から、本研究で使用したタイヨウチュウにとって低塩環境は生存や増殖に悪影響を及ぼすと考えられる。これは、淡水生種であるタイヨウチュウ *A. sol* が汽水域での生存に適応したことによって、もはや低塩環境や淡水域での生存が難しくなったのではないかと考えられる。

形態の比較では、タイヨウチュウを2.5~20%人工海水培地に入れると、海水濃度が低いほど浸透圧の影響で細胞内に水が流入し一時的に細胞が大きくなるが、時間が経つと細胞の大きさは元に戻った。このような変化は、低塩濃度の海水のほうが大きかった。この細胞応答の仕組みとして、低塩環境になると水の流入に対して排出が追い付かなくなるため、細胞体表面にある液胞に一時的に水が溜まり膨張することで細胞が大きくなるが、その後収縮胞によって徐々に水を排出することで、膨張していた液胞がだんだん小さくなり、結果的に細胞も小さくなると考えられる。

原生生物繊毛虫スピロストマムにおける切断片の分裂と大核との関係性について  
動物生理学研究室 青柳 翔和

原生生物繊毛虫スピロストマム (*Spirostomum ambiguum*) は、数珠状の大核を有する大型の単細胞生物である。顕微手術が可能で、切断後の細胞断片は独立して生存可能である。しかし、切断後の断片が再び分裂を開始するまでの過程については十分に研究がなされていない。そこで本研究では、スピロストマムを切断後の断片の成長、および断片が分裂するまでの日数と断片に含まれる大核の数珠数との関係を明らかにすることを目的とした。まず、等切断片の成長過程を観察し、切断後から初回の分裂までの断片長を記録した。その結果、切断片はすぐには分裂せず、一定期間の成長を経た後に分裂することが明らかとなった。切断片が初回分裂するまでの期間は、切断面の修復や捕食による成長に費やされる期間であると考えられる。次に、不等切断後の断片の長さや分裂までの日数の関係、および断片の長さや断片に含まれる大核の数珠数との関係について解析を行った。その結果、断片長が長いほど初回の分裂までの日数は短くなる傾向にあった。さらに、断片長が長いほど含まれる大核の数珠数は多かった。このことから、不等切断後の断片において、大核を多く含む長い断片ほど初回の分裂までの日数が短くなることが明らかとなった。以上の結果から、切断後の断片が初回分裂するまでの期間は断片に含まれる大核の量が関与している可能性が示唆された。

光共生とは、非光合成生物が光合成能を有する藻類を細胞内に共生させることで、栄養的に相互利益を得る関係を指す。単細胞真核生物であるマヨレラ (*Mayorella viridis*) は、細胞質内に多数の緑藻クロレラ (*Chlorella* sp.) を共生させることで光共生システムを形成する。しかし、宿主であるマヨレラと共生体であるクロレラとの間における分子レベルの相互作用はほとんど解明されていない。我々は以前、共生状態のマヨレラ緑色株から共生クロレラを除去することで非共生状態のマヨレラ白化株を作製することに成功した。本研究では、緑色株と白化株の比較解析を行い、光共生が宿主の生理特性に与える影響について検討を行った。

まず、細胞の大きさについては、給餌条件下では有意な差は見られなかったが、飢餓条件下では白化株は緑色株に比べて著しく縮小した。これにより、共生クロレラが宿主の構造や代謝の安定性に寄与する可能性が示唆された。次に、運動性に関しては、条件を問わず両株間で有意な差は認められなかったため、共生状態に非依存的であると考えられた。光に対する反応性は両株で大きく異なった。緑色株は、弱い照度の光に対して正の走光性を示し、強い照度の光に対して明確な逃避行動を示した。しかし、白化株では、これらの光応答が完全に消失していた。このことは、緑色株の光応答は共生クロレラの光合成活性に依存している可能性が示唆された。さらに、増殖性および飢餓耐性の比較では、緑色株が恒明・恒暗の両条件で有意に高い値を示し、共生クロレラが栄養獲得および飢餓耐性の双方に寄与していることが示唆された。一方、恒暗条件にもかかわらず緑色株は高い増殖性と飢餓耐性を示した。このとき、細胞内の共生クロレラの個体数が減少していたことから、恒暗条件下の緑色株はクロレラを消化して栄養源として利用している可能性が示唆された。

これらの知見は、共生がもたらす宿主表現型の特徴を明らかにし、光共生を支える宿主-共生体間相互作用の分子機構の解明に向けた重要な基盤となり得る。

## 房総半島の更新世甲殻類巣穴化石に含まれる糞粒化石の生痕学的研究 古生物学研究室 瀬戸口 聡美

房総半島の浅海成更新統に産する十脚目甲殻類 (十脚類) の巣穴化石と考えられる未記載生痕化石の内腔充填堆積物には、直径 1 mm あるいはそれ未満の泥質堆積物からなる円筒形粒状構造物が含まれることがある。千葉県長生郡長柄町篠網の上総層群金剛地層ならびに同県市原市押沼の下総層群清川層の外浜堆積物から得られた粒状構造物は、それぞれ、直径約 0.8 mm, 最大長さ約 4 mm, 直径約 1 mm, 長さ約 3 mm の円筒形を呈する。いずれも、その内部には、両端が膨らんだ三日月形の断面を有し、円筒構造を伸長方向に貫く細長い空洞 (カナル) が 5 対みられることが特徴である。こうした形態的特徴に加えて、十脚類の巣穴化石内腔に産することから、この構造物は巣穴形成十脚類の糞粒化石と考えられる。

一般に、十脚類の糞粒化石は、その分類にあたってカナルの断面の形態や数、そしてそれらの空間的配置、腹側キャップと呼ばれる糞粒の腹側に帯状に付着する細粒粒子塊の有無が重視される。本研究で扱う糞粒化石は、カナルの形態や腹側キャップを欠くことから *Palaxius* 属に同定される。*Palaxius* 属は石炭紀から第四紀の地層から産出しており、これまでに 30 種が記載されてきた。その識別にあたってはカナルの数と空間的配置、特に断面での位置と三日月形カナルが“開く”向き、という形態学的特徴が重視されてきた。こうした分類基準を適用すると、本研究で扱った標本は、カナルの凹面の向きは *P. colombiensis* に似るが、カナルの配置は明瞭に異なり、未記載種となることがわかった。しかし、このカナルの数や配列の意味するところは従来一切考慮されてこなかったが、それらは糞粒形成者の消化管形状を反映したものである。さらに、カナルの数や配置の時空間分布を見ても糞粒形成者の系統進化を反映した傾向は見られなかった。したがって、*Palaxius* 属の種レベルでの分類基準は今後再考する必要があるだろう。

## 高知県土佐清水市落窪に見られる中新統三崎層群浜益野層の潮汐堆積システムの再検討 古生物学研究室 舟積 蓮

高知県土佐清水市落窪海岸には中新統三崎層群浜益野層の砂岩卓越層準が露出する。この層準は、従来、浜益野層に一般的な沖浜漸移帯堆積物に挟在する潮汐低地堆積物と解釈されてきた。この考えでは、外洋に面した水深 20 m~80 m ほどの環境である沖浜漸移帯が、地殻変動により急速に浅海化することで潮間帯の潮汐低地が発達し、さらにその後、急速な海進が生じて沖浜漸移帯環境に戻ったものと説明された。しかし、予察的観察の結果、この層準の上下には地殻変動を示唆する証拠が一切見られないことがわかった。そこで、本研究では、ドローン空撮写真を用いた砂体ジオメトリや堆積相のさらに詳細な解析を行った。その結果、調査セクションは、平行葉理やハンモック状斜交層理の発達したシート状の砂岩と泥岩の互層からなる沖浜堆積物（堆積相 1, 2）、トラフ型斜交層理砂岩卓越砂岩泥岩互層を主体とする潮汐サンドリッジ周縁堆積物（堆積相 3）、ヘリンボーン構造やマッドドレープなどが発達するトラフ型斜交層理砂岩層で、大局的に上に凸のジオメトリで特徴づけられる潮汐サンドリッジ堆積物（堆積相 4）からなることがわかった。これらは、この砂岩卓越層準が、沖浜漸移帯において潮流が卓越する条件下で形成された潮汐サンドリッジシステム堆積物であることを示す。この成果は、浜益野層の古生態の復元にあらたな知見をもたらすものである。

## 生痕化石の産出密度に関する研究：中新統三崎層群竜串層の外浜砂岩の例 古生物学研究室 加藤 大智

生痕化石は、密に産出し初生の物理的堆積構造を完全に破壊する場合から、全く産出せず初生堆積構造がよく残されるものまで、その産出密度は様々な段階で変化し、それは堆積物の粒度や安定性などの諸条件の影響を受ける。高知県土佐清水市竜串海岸に露出する中新統竜串層下部の層厚 8.3 m に達する極厚層砂岩はハンモック状/スウェール状斜交層理が発達し、一見すると一連で同一の岩相を呈することから、一括して下部外浜堆積物と解釈されてきた。しかし、その下部、中部、上部のそれぞれで生痕化石 *Ophiomorpha nodosa* の産出密度が大きく異なる。従来、こうした一見同様な堆積相における生痕化石密度の変化要因を詳しく議論した例はなかった。そこで本研究では、従来の精度を超えて堆積相解析を行うことで、生痕化石密度の変化要因を解明することを目的とした。そのため、まず、ドローンを用いてオルソ画像を作成し、主要な全葉理のトレースした。つづいて、下位を明瞭に侵食する葉理セットを認定し、各セットの最大-最小層厚を測定した。あわせて、生痕化石を認定するとともに母岩の粒度分析を行った。その結果、生痕化石の少ない下部および生痕化石を一切含まない上部は、主に細粒~中粒砂からなり、葉理セットも厚く、堆積時の沖側を深く浸食するスウェール構造が発達する一方、生痕化石が高密度で産出する中部では、中粒砂の割合が高いうえ、葉理セットも薄く、浸食程度も小さいことがわかった。こうした高精度堆積相の変化と周辺層準の堆積相サクセションをあわせて考えると、生痕化石の産出密度の差は、相対的海水準変動にともなう下部外浜内での水平的な堆積環境変化に起因することが明らかとなった。

高知県香美市轟の滝に露出する下部白亜系柚ノ木層の堆積環境  
古生物学研究室 和田 寧志

下部白亜系物部川層群は、西南日本外帯の秩父帯北帯に分布する前期白亜紀の碎屑岩類からなる地層群であり、秩父帯を構成するジュラ紀以前の付加体を不整合に覆って堆積した正常堆積層である。その堆積年代は、アンモナイトなどの海生生物化石に基づき、前期白亜紀（オーテリビアン期～アルビアン期）に相当するとされる。

高知県香美市轟の滝周辺に露出する同層群柚ノ木層は、従来、産出する貝化石にもとづいて汽水成～浅海成堆積物と解釈されてきたが、本研究の予察的調査により、本層準には陸域の河川システムと思われる堆積相サクセションが発達していることがわかってきた。物部川層群については、徳島県から恐竜化石の産出も報告されることから、もし本セクションが陸成層であるならば、恐竜化石が発見される可能性もあり、高知県に分布する物部川層群堆積場における陸生大型動物相の新たな理解にもつながることが期待されるであろう。

以上を踏まえ本研究では、露頭における岩質および堆積構造の観察・記載を通じて、その堆積環境についてあらたに検討した。その結果、調査層準は下位から、トラフ型斜交層理の発達した礫質厚層砂岩を主体とする河川流路堆積物、シート状の形態を取り、平行葉理が発達する細粒砂岩薄層と泥岩との互層からなる自然堤防～氾濫原堆積物、砂岩や褐炭を挟在し、一部に植物片を含む泥岩が卓越する氾濫原堆積物からなることがわかった。さらに、露頭において恐竜などの体化石や足跡化石を丹念に探したが、残念ながらそれらを確認することはできなかった。

高知県立公園ヤ・シィパーク(高知県香南市)における海浜生のコケ植物  
植物分類学研究室 森山 敦史

コケ植物は他の植物との競争を避けるため、乾燥地や貧栄養地などの過酷な環境にも生育できる特性を有しており、一部の種は塩分耐性を持ち、海浜環境にも分布することが知られている。しかし、高知県における海浜生のコケ植物の分布や生育実態については報告が少なく、詳細な調査は行われていない。そこで本研究では、高知県香南市に位置する手結住吉県立自然公園内の高知県立公園ヤ・シィパークを対象として、海浜生コケ植物の種構成および生育基物との関係を明らかにすることを目的とした。

調査地であるヤ・シィパークは、海水浴場やレジャー施設として利用される一方、海水飛沫や強風、乾燥といった海浜特有の環境条件が顕著に見られる地域である。調査においては土、コンクリート、砂浜、樹幹といった異なる基物上に生育するコケ植物を対象として採集を行った。採集に際しては基物への影響を最小限に抑えるため、素手または採集道具を用い、1点あたり約10×10 cmを目安として採取した。採取後の標本は自然乾燥させ、光学顕微鏡を用いて形態観察による同定を行った。その結果、合計86点の標本を採集し、そのうち62点を同定した。基物別の採集点数は土が最も多く、次いでコンクリート、樹幹、砂浜の順であった。確認された種にはカタハマキゴケ、ギンゴケ、ホソハリガネゴケなどが含まれていた。特にホソハリガネゴケは、海岸線から約4 mの位置において確認され、本調査地内で最も海岸に近い地点に着生していたことから、高知県における海浜生のコケ植物である可能性が示唆された。また同一のコンクリート基物であっても、構成する石の粒度が粗いものほどコケ植物の着生が多く確認されたことから、基物表面に形成される隙間がコケ胞子の定着を可能とし、隙間に雨水が溜まることで海水による塩分濃度などの影響が緩和されることでコケ植物が生育しやすくなるのではと考察した。

本研究により、高知県の海浜環境においてもコケ植物が多様な基物上に生育していることが明らかとなった。今後、海浜生コケ植物の耐性や生育条件をさらに詳細に検討することで、過酷な環境下における緑化促進やカーボンニュートラルへの応用が期待される。

琴ヶ浜松原（高知県安芸郡芸西村）のコケ植物相  
植物分類学研究室 窪田 光

琴ヶ浜松原は高知県東部、安芸群芸西村の太平洋側東西 4 km に渡って広がる海岸(琴ヶ浜)に並行して植林された松林である。手結住吉県立自然公園の一部に指定されており、自然環境が保護されている。植物の中には海浜特有の環境に生育するものがあり、それらは海浜生植物と呼ばれる。さらに海浜生植物は着生する基物によって名称が分けられる。しかし、その名称や基物による分類は文献によって異なり正確な定義はされていない。そこで本研究ではまず琴ヶ浜松原においてコケ植物相の解明を目的とした。さらに、樹幹に着生するコケ植物を対象として海浜生特有の環境である潮風の影響を受ける範囲の解明を目的として研究を行った。調査は琴ヶ浜松原野外劇場周辺に位置する松林内を周回することができる遊歩道及び野外劇場付近を対象として行った。標本は 1 点につき 10 × 10cm を目安とし、基物の損傷を極力抑えるために素手により採取した。採集後の標本は自然乾燥させた後、顕微鏡を用いて同定を行い、同定後の標本は証拠標本として高知大学植物標本庫に収蔵した。4 回の現地調査によって合計 48 点の標本を採集し、5 科 5 属 5 種 (セン類 3 種, タイ類 2 種, ツノゴケ類 0 種) の生育を確認した。松林内遊歩道における樹幹上ではハイゴケ *Hypnum plumaeforme* 25 点を確認した。野外劇場付近における樹幹上では、ハイゴケ 2 点、ヒメミノリゴケ *Acrolejeunea pusilla* 2 点、ヤマトクサリゴケ *Cheilolejeunea nipponica* 1 点の生育を確認した。海岸線から 100 m 離れている松林内遊歩道の南側では、平地のコケ植物の生育量に差異が見られないため潮風の影響は低いと推測される。また、海岸線から 50 m 離れている野外劇場付近における樹幹上ではセン類 1 種, タイ類 2 種を確認したことからタイ類はセン類より耐塩性が高い種が多いと推測される。以上から、海浜生植物について調査する場合は海岸線から 100 m 以内を調査する必要があるといえる。

赤鬼山（高知市）のコケ類セン類相  
植物分類学研究室 木村 生成

赤鬼山（高知県高知市）は標高約 100 m、朝倉神社の北側にある御神体山であり、照葉樹林でおおわれている。1975 年に高知市により特別自然保護地区として指定されており、高知市内に現在残っているまとまった林の中では最大規模のものとなっている。台風の影響によりアカマツ林が消失してしまったが、その他の維管束植物は自然の状態では保全されている。コケ植物に関しては松井透博士（高知大学）によって 1986 年に当時絶滅危惧 I 類に指定されていたニセタマウケゴケ (*Garckea flexouosa*) の報告などもあり、調査の余地が残されていると考えられるが現在に至るまでコケ植物に関してはまとまった調査・研究は行われていない。

本研究では赤鬼山におけるコケ植物セン類の多様性解明を目的とした。2025 年 6–12 月にかけて採取を行い、合計 94 点の標本を得た。調査の結果、セン類 11 科 11 属 10 種 (属までの同定を含む) の生育を確認した。東側は常緑樹の繁茂により、日照量が西側に比べて少なく、頂上にかけて地表は落ち葉などに覆われておりコケ植物が生育できる環境が限られていた、そのため確認できた種数や量も西側に比べると少なかった。一方、西側では北から南にかけて赤鬼山を縦断するように山道が通っており人の出入りによって攪乱により林冠が部分的に開き、日照条件が東側と比べ良好な場所が点在しておりコケ植物も多く確認できた。本研究ではニセタマウケゴケは確認できなかった。この要因として、調査対象地域における斜面崩落や維管束植物の繁茂、落ち葉などにより、林床や岩面が覆われてしまい、探索可能な生育地が限定されたことが挙げられる。また、朝倉神社周辺の林内環境の変化に本種が好む明るい環境自体が消失してしまった可能性も考えられる。

以上より、赤鬼山のセン類の種多様性は本研究からは低いと言わざるを得ないが、未調査の範囲も多く、潜在的な種多様度はもっと高い可能性もある。今後の研究では西側を重点的に探索することにより新たな発見が期待される。

赤鬼山（高知市）のコケ植物タイ類相  
植物分類学研究室 尾形 瑛一郎

高知県高知市に位置する赤鬼山は朝倉駅の北西にある標高約 100m の広葉樹林であり、1987 年に当時絶滅危惧種に指定されていたニセタマウケゴケ（セン類）の生育が報告がされている。高知市においてコケ植物相の研究は過去にされているものの、高知市街地の樹皮に着生しているものの調査であり、自然植生由来の赤鬼山は調査対象地から除外されている。また、セン類は 23 種報告されているのに対し、タイ類の報告は 5 種と少ない。

そこで、本研究では赤鬼山に生育するコケ植物相の解明を目的として研究を行った。調査ルートは赤鬼山の登山道とした。また、南東の入口を A 地点、南西の入口を B 地点、北の入口を C 地点とし、B-C 区間と A 地点から山頂を通過して北西に向かうルートの交点を D 地点とし、調査ルートに生育するコケ植物タイ類をコテや素手で採取した。

本研究では 2025 年 7 月～2026 年 1 月に行い、合計 40 点の標本を採取した。このうち 20 点を同定し、タイ類 5 科 5 属 6 種（属までの同定を含む）の生育を確認した。赤鬼山では区間ごとにタイ類の生育量に差があり、北側で一番生育量が多かった。また、南西側や山頂を通るルートでは見られなかったコムチゴケ *Brazzania pompeana* やムチゴケ *Brazzania pompeana*、スギバゴケ属の種 *Lepidozia* sp. が北側には生育しており、特にムチゴケとコムチゴケの生育量が豊富だった。北側は維管束植物の生育量も豊富であり、土が露出し、タイ類にとって生育に適した環境であった。一方で南東や山頂を通るルートではタイ類が豊富に生育できる環境ではなかったが、ヒメクサリゴケ属の種 *Cololejeunea* sp. などその区間でしか採取できなかった種も確認された。多様な環境が混在している赤鬼山は、コケ植物の種多様性を維持する重要な要素であると考えられる。また、市街地の山であっても高知市には多様なタイ類が生育していると考えられる。

高知県近海に来遊したアカウミガメの回遊経路と海洋環境への応答  
海洋動物学研究室 杉浦 功輝

高知県近海は黒潮の影響を強く受け、古くから捕鯨やマグロ漁、大敷網など多様な漁業が盛んに行われてきた海域である。本海域には暖流に依存した生活史をもつ絶滅危惧種アカウミガメも来遊し、室戸で行われているウミガメ類の混獲調査では、通年で成体・亜成体のアカウミガメが入網している。また、高知海岸では毎年 5 月から 8 月にかけて上陸・産卵が確認されている。以上から高知県近海はアカウミガメの生活史上、重要な海域であると考えられ、本海域で本種の動態を調査することは、その生態の理解に大きく寄与しうる。

本研究は高知県近海に来遊するアカウミガメの回遊経路と海洋環境への応答を明らかにすることを目的とし、2018–2025 年に 12 個体のアカウミガメに衛星発信機を装着して土佐湾沿岸から放流した。追跡個体のうち、2 個体は産卵個体(直甲長：87.8–91.9 cm)、10 個体は混獲個体(直甲長：63.4–82.7 cm)を用いた。衛星発信機から得られた位置情報は、海洋環境データ（海面温度、海面塩分、海面クロロフィル a 量、最大水深、海流の流向・流速）と照合し、アカウミガメが移動中の海域でどのような環境を利用しているかについて解析を行った。

本研究では延べ 2200 日以上アカウミガメの追跡に成功し、月単位で欠測のない追跡データが取得され、位置情報からは、アカウミガメが季節的に海域の移動を行い、その分布が豊後水道および紀伊水道に集中することが示された。また季節的な海域の移動に伴って、経験する環境パラメータにも変動が認められた。なかでも経験する海面温度は個体間での差が少なく、その変動の 72% が季節変化によって説明された。以上から、アカウミガメは季節的な水温変化に応じて大規模な海域の移動を行い、高知県近海は季節的に利用される重要な回遊・生息海域であることが示された。本知見は、同海域における混獲リスク評価や保全管理に資する。

ミナミテナガエビ及びヒラテテナガエビ幼生における色素発現の差異  
—四万十川河口周辺海域におけるテナガエビ属幼生3種の分布—  
海洋動物学研究室 川村 陵真

コエビ下目テナガエビ亜科テナガエビ属 *Macrobrachium* は、本州・四国では、ミナミテナガエビ（以下ミナミ）、ヒラテテナガエビ（以下ヒラテ）、テナガエビ（以下テナガ）の3種が分布しており、これら3種の幼生はゾエアI~IX期とポストラバ（PL）を経て稚エビとなる。本属エビ類は漁獲対象となる代表的な淡水エビ類で、重要な水産資源としてさまざまな研究がなされている。しかし、ミナミおよびヒラテ幼生の識別形質が未だ明であることに加え、3種の海域における幼生分布に関する知見も限られている。そこで本研究では、両種の新たな識別形質の発見を目的とした飼育実験を行い、両種の色素発現の差異を明らかにした。さらに、その知見に基づいて本属幼生3種の河口から海域における分布生態の理解を目的とした海洋調査を、四万十川および仁淀川河口周辺海域で実施し、海洋環境とそれに伴う幼生の水平分布を明らかにした。

ミナミおよびヒラテのふ化幼生をPLに変態（または到達）するまで飼育を行い、各発育段階で5尾程度を3%シュガーホルマリン溶液で固定して双眼実体顕微鏡下で色素を観察・記録した。その結果、全発育段階において両種間で色素発現の差異が確認され、複数の色素を組み合わせることで、両種の識別を行うことが可能となった。しかし、これらの色素は消失が早く、色素を長期間保存する方法の確立が望まれる。

さらに、四万十川および仁淀川河口周辺海域に設けた計11定点において、2025年8-9月に海洋環境観測およびテナガエビ属幼生の分布を調査した。その結果、本属幼生は主に沖合1-1.5kmの範囲に分布が集中し、沖合ほど減少した。幼生の水平分布は、調査時点の潮流のような単一の要因のみでは説明が困難であり、塩分、濁度、クロロフィルa量などにより特徴づけられる河口域の水塊特性と関連している可能性が示唆された。

土佐湾における浮遊性有孔虫 *Globigerinoides ruber* の遺伝子型の季節変動  
分子古生物学研究室 山根 康太郎

浮遊性有孔虫は、世界の海洋において種ごとに異なる地理的分布を示し、また、その産出頻度は季節によって変化することが知られている。これまで、有孔虫は殻の形態に基づいて分類されてきたが、近年の分子系統解析により、同一形態種内に遺伝的に異なる複数の遺伝子型が存在することが明らかとなった。これら遺伝子型は、それぞれ異なる地理的分布を示し、産出頻度の季節性も異なることが予測される。そこで本研究では、5つの遺伝子型が報告されている浮遊性有孔虫 *Globigerinoides ruber* を対象とし、土佐湾で季節別試料採取を行うことで、遺伝子型組成の季節変動を明らかにすることを目的とした。

高知県土佐湾沖において、2023年から2025年にかけて異なる季節にプランクトン試料を採集し、CTD観測により水温、塩分、クロロフィル量などの環境データを取得した。プランクトン試料から *G. ruber* を単離し、1個体ずつリボソーム遺伝子（SSU rDNA）の塩基配列を決定し、分子系統解析により遺伝子型を同定した。その結果、土佐湾から3つの遺伝子型 Ia、Ib、IIa が分布することが確認された。これら遺伝子型は季節によって産出頻度が異なり、環境指標との関係を解析した結果、遺伝子型 Ib は水温と正の相関を示し、遺伝子型 IIa はクロロフィル量と正の相関を示した。遺伝子型 Ia に関しては、本研究で使用した3つの環境指標と相関は示さなかった。また、同地点で2011年から2013年に得られた *G. ruber* の遺伝子型頻度と比較したところ、水温の高い時期に遺伝子型 Ib が多産する傾向は一致しており、同遺伝子型は水温と密接に関連していることが示唆された。他の遺伝子型については、2011~2013年と2023~2025年の両期間で一貫した傾向はなかったが、季節に沿って産出頻度が変化することが示された。

## 表面官能基の異なるポリスチレンナノ粒子に対する底生有孔虫 *Ammonia veneta* の毒性応答と次世代形成への影響

分子古生物学研究室 大宮 隆行

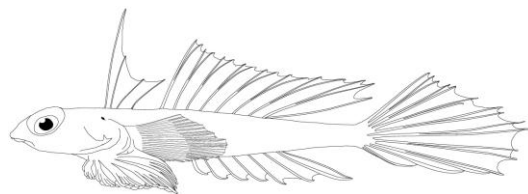
海洋に流出したプラスチックは、マイクロ・ナノサイズに分解され海中や海底に蓄積し、海洋生物に毒性を及ぼすことが示唆されている。ポリスチレン (PS) ナノ粒子を用いた曝露実験では、表面官能基の有無によって成長率や死亡率が異なる可能性が示唆されている。そこで本研究では、底生有孔虫 *Ammonia veneta* を用いて、正帯電性のアミノ基が修飾されたナノ粒子 (PS-NH<sub>2</sub>・50nm) と負帯電性のカルボキシル基が修飾されたナノ粒子 (PS-COOH・30nm) の2種類を使用して長期曝露実験を行い、表面官能基の違いと毒性の関係や世代交代における毒性作用について検証した。

各ナノ粒子のゼータ電位を測定して電荷や凝集性について確認した後、濃度 5ppm、10ppm に調整した人工海水培地とコントロール培地に *A. veneta* を曝露し、1世代内での成長率・生存期間・繁殖率を検証した。さらに、培養中に誕生したクローンを同様の添加条件下で継代培養し、世代間で成長率・生存期間・繁殖率を比較した。また、各個体の殻形態を観察し、チャンバーの増加数 (= 成長) や奇形の有無を確認した。

PS-NH<sub>2</sub> ナノ粒子添加環境では、いずれの濃度条件でも生存期間が有意に短縮し、全実験個体が成長や繁殖を示さずに死亡したことから、急性の毒性作用が示唆された。また、細胞の一部が赤く変色する様子が観察され、帯電性に起因する細胞損傷の可能性が考えられた。一方、PS-COOH ナノ粒子添加環境では、成長速度の抑制が認められたが致死性は低く、繁殖が認められた。さらに継代培養では、世代の進行に伴い成長速度が有意に増加し、ストレスへの適応が示唆されたが、世代ごとの死亡率も増加傾向を示し、遺伝毒性の可能性が示唆された。これらの結果から、PS-NH<sub>2</sub> ナノ粒子は明確な成長阻害や細胞異常を伴う高い致死性を示す一方、PS-COOH ナノ粒子は比較低毒性であるものの成長を抑制するなど、表面官能基の違いによって異なる毒性作用があることが示唆された。

## 日本産ベニテグリ属魚類の分類学的研究

海洋生物学研究室 橘 皆希



ネズップ科のベニテグリ属 *Foetorepus* Whitley, 1931 は、砂泥底の大陸棚縁辺域や堆、海山などに生息し、三大洋の温熱帯域および地中海に分布する。本属魚類は 31 名義種 27 有効種が認められ、日本からこれまでにベニテグリ *Foetorepus altivelis* (Temminck and Schlegel, 1845)、アミメノドクサリ *Foetorepus kamoharai* Nakabo, 1983、そしてルソンベニテグリ *Foetorepus masudai* Nakabo, 1987 の3種が知られている。本研究では日本周辺の本属魚類の分類学的再検討を目的とし、高知大学理工学部海洋生物学研究室 (BSKU) および国立科学博物館 [NSMT (KSHS)] 所蔵のタイプ標本を含む 105 標本を調査した。その結果、ベニテグリ、ルソンベニテグリ、および原記載以降に報告がないアミメノドクサリ (BSKU 137744) に同定された。このアミメノドクサリの標本は遠州灘から採集され、本種の2例目の記録かつ生鮮時の色彩が初めて観察された。また、本属の一種 1 (KSHS 21517) はアミメノドクサリと形態形質や固定後の色彩が極めて類似し、同種の可能性が高いが、本種の標徴である第1背鰭鰭膜の色彩が欠損により確認できないため、種まで同定できなかった。さらに、本属の一種 2 (BSKU 4486) は眼が非常に大きく、体長に対する各鰭前長の割合が大きい特徴をもち、いずれの既知種にも該当しないため、未記載種の可能性がある。以上の結果から、日本産ベニテグリ属は、既知の3種に加え、1未記載種の存在が示唆された。また、多数の標本観察に基づき、ベニテグリとルソンベニテグリでは、第2背鰭軟条数や胸鰭軟条数の変異幅が拡大し、前者の側線短枝の配列異常個体や後者の色彩変異個体が確認された。加えて、両種には紫外線ライトの照射下で微弱な蛍光が初めて観察された。本属における蛍光パターンの識別形質としての有用性については、さらなる検討が必要である。

ハナダイ科アカイサキ属 *Caprodon* Temminck and Schlegel, 1843 は、全世界で7名義種、4有効種が知られ、そのうち日本周辺にはアカイサキ *Caprodon schlegelii* (Günther, 1859)のみが分布するとされる。本種は雌性先熟の性転換をすることが知られ、雌の体が全体的に赤みを帯び、背鰭付近に5-6個の薄い斑点模様があるのに対して、雄では黄色い模様や背鰭に黒斑をもつなど、形態や体色に性差が見られる。また、アカイサキの中には成熟サイズが体長20-25 cmで尾鰭がほぼ截形、および成熟サイズが体長30-35 cmで尾鰭がほぼ円形となる2型が知られるが、これらが種の違いか成長変異によるものか検討されていない。本研究では本研究室 (BSKU) と国内3研究機関に所蔵される日本産の本属68標本 (体長71.3-351.8 mm) の形態を詳細に比較した。その結果、これらの標本群は背鰭が10棘 (稀に11棘) 19-21軟条、臀鰭が3棘7-8軟条、胸鰭が16-17軟条であり、側線有孔鱗数が57-61 (稀に63) であることから、すべてアカイサキに同定された。本標本群の中には、尾鰭の形状が二叉形、やや二叉形、やや截形、やや円形から円形を示す個体を確認したが、尾鰭の形状が異なる標本間での計数・計測値に差異はなかった。一方、尾鰭の形状は小型標本では二叉形、中型では截形、大型では円形となる傾向が見られ、これは成長変異によるものと推測された。また、背鰭と臀鰭の軟条が伸長する著しい成長変異や雄に特有の背鰭の黒斑に明瞭から不明瞭なものまで変異があることを確認した。

イトウダイ科アカマツカサ属 *Myripristis* Cuvier, 1829 は三大洋の熱帯から温帯域に広く分布する。本属は世界に26有効種、日本では15種が知られ、前鰓蓋骨隅角部に強い棘がない、背鰭棘数が11、背鰭第10-11棘間が完全に離れること、臀鰭軟条数が10-16であることから同科他属と識別できる。本属魚類のうち、ナミマツカサ *Myripristis kochiensis* Randall and Yamakawa, 1996 は、高知県大月町柏島で採集された標本をもとに新種記載され、アカマツカサ *Myripristis berndti* Jordan and Evermann, 1903 およびヨゴレマツカサ *Myripristis murdjan* (Fabricius, 1775)とは、頭長に対する両眼間隔および上顎長の割合、鰓耙数、下顎の突出程度で識別可能とされた。しかし、これらの変異幅は一部が重複するため、同定が困難であった。本研究ではこれら3種を「アカマツカサ複合種群」として扱い、識別形質を再検討した。その結果、この複合種群のうち、背鰭と臀鰭軟条部に黒色域をもつ標本群をタイプAとし、軟条部に黒色域がない標本群は頭長に対する両眼間隔幅の割合が23%未満のものをタイプB、23%以上のものをタイプCとした。既知の文献情報から、これら3タイプは、それぞれAがナミマツカサ、Bがアカマツカサ、そしてCがヨゴレマツカサに相当すると仮に同定した。これら3タイプの計数計測値の比較から、これまで3種の有効な識別形質と判断できたものは、アカマツカサとヨゴレマツカサにおける頭長に対する両眼間隔の割合 (前者では19.6-22.5%、後者では23.5-29.8%) のみであった。ナミマツカサと他2種の計数計測値には重複がみられるため、有効な識別形質はなく、新たな形態形質の差異も発見できなかった。今後は遺伝子解析により、3種の有効性を検証する必要がある。

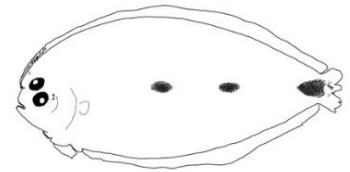
日本産アイトラギス属魚類の分類学的再検討  
海洋生物学研究室 森崎 茉優

アイトラギス属 *Bembrops* Steindachner, 1876は、17有効種を含むホカケトラギス科の底生性魚類で、紅海を含む三洋の水深 50–700 m に分布し、日本からはアイトラギス *B. caudimacula* Steindachner, 1876, ナミアイトラギス *B. curvatura* Okada and Suzuki, 1952, およびイトヒキアイトラギス *B. filiferus* Gilbert, 1905 (東インド・太平洋に分布; 以下イトヒキ) の3有効種, ソメワケアイトラギス *Bembrops* sp. 1 (沖縄舟状海盆と土佐湾; 以下ソメワケ) とキシウアイトラギス *Bembrops* sp. 2 (和歌山県沖から雄1標本のみ) の標準和名のある学名未定種が知られる。日本産本属は上顎後端に皮弁をもつ, 吻棘を欠く, 雌雄で体色が異なるなどの特徴で同科他属から識別され, アイトラギスとナミアイトラギスは, 側線の形状, 側線鱗数 (42–50 vs. 50–56), 第1背鰭の色や体側の斑紋などで日本産他種と識別できる。キシウアイトラギスは, 側線の形状と背鰭第1棘が伸長しないことでアイトラギスに最も似るが, 体の色彩は異なる。一方, イトヒキとソメワケは, 共に第1背鰭前縁が黒色かつ第1棘が糸状に伸長することでよく類似する。両者は鱗列数 [側線鱗数は 60–64 vs. 65–67; 第2背鰭基部下の側線上方鱗数 (以下側線上方鱗数) は 6–6.5 vs. 7], 歯帯や色彩 (尾鰭下縁は黒いvs. 黒くない; 雌の腹鰭暗色域は広いvs. 狭い; 雄の第2背鰭は上半部が暗色vs. 中央部に1本の黄色線) により識別可能とされたが, その他の計数計測値では差がない。ソメワケは既知の標本数が少なく, 各形質の変異が十分に検討されていなかった。本研究では日本産本属で背鰭前縁が黒色かつ第1棘が糸状に伸長する標本群をイトヒキ類似種群とし, 形態の変異を調査した。その結果, 種群内で明瞭な差異はなかった。左右の体側の鱗列数は, 側線鱗数が58–70および側線上方鱗数の多くが6–7でほぼ連続した。また, ソメワケの標準和名の提唱時に用いられた2標本は, 左右の体側の側線鱗数が雌では65と66 (雄では65と61) および側線上方鱗数が雌では7と6 (雄では6.5) で, これら2形質では識別できない。色彩については, 各形質の組み合わせで両者の形質をもつ個体や中間的な個体が確認され, 歯帯の形態は成長変異と推測された。したがって, イトヒキとソメワケは同一種で, 後者の識別形質とされた色彩は前者の種内変異と判断した。

高知県佐賀漁港で水揚げされる魚類  
海洋生物学研究室 伊與木 豪

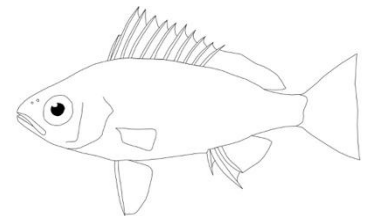
高知県幡多郡黒潮町に位置する佐賀漁港では, 古くから伝統的な底曳き網漁 (小手繰り網漁) が行われてきた。佐賀漁港には本研究室のメンバーが継続的に採集調査に訪れており, 例えば, マチダウミヘビ *Ophichthus machidai* McCosker, Idea and Endo, 2012 やミズヒキミノカサゴ *Pterois paucispinula* Matsunuma and Motomura, 2014 などの新種記載でのタイプ標本, あるいはムツエラエイ *Hexatrygon bickelli* Heemstra and Smith, 1980 の分布記録の証拠標本などの分類学的に重要な標本が得られている。本研究では, 佐賀漁港の漁獲物から採集された魚類標本および記録に基づき, 同漁港における種の出現記録を整理した。対象とした標本は 1959 年から 2025 年にかけて収集された標本および新規に採集した個体であり, 総標本数は 5424 個体にのぼる。これらの標本について, 過去の同定記録および標本情報を基に整理し, 分類学的に問題があると考えられる分類群については証拠標本を再同定した。また, 地理的にも近く, 佐賀漁港と同様に土佐湾に面して黒潮の影響を受ける須崎市須崎漁港での出現種の記録と比較した。須崎漁港の記録は井手ほか (2003) により報告され, 当時の佐賀漁港の種の記録 (90 科 189 種) も比較された。その記録に佐賀漁港でその後採集された種を加えて, その周辺の魚類相の特徴を検討した。その結果, 佐賀漁港から 144 科 425 種の魚類が確認された (須崎漁港では 82 科 187 種): サメ類が 8 科 10 種 (当時の佐賀漁港では 4 科 5 種 vs. 須崎漁港では 4 科 4 種), エイ類が 10 科 18 種 (7 科 12 種 vs. 6 科 7 種), カサゴ類が 9 科 34 種 (4 科 13 種 vs. 4 科 10 種), カレイ類が 7 科 41 種 (7 科 14 種 vs. 6 科 25 種)。須崎漁港に比べて種数が多い。これらの結果は, 佐賀漁港での採集期間が長いこと, 須崎漁港に比べ一時期の操業水深帯が深いこと, おそらく底生環境の違いなどから, より多様な底生性魚類が漁獲されていたことが判明した。そして, 佐賀漁港で得られた標本群には, 依然として未記載種や未報告の初記録種など, 分類学上の貴重な標本が多数含まれている。

北西太平洋外洋域から得られたダルマガレイ類仔魚の形態と同定  
海洋生物学研究室 水本 悠斗



ダルマガレイ類は世界から4科24属177種、北西太平洋から3科18属62種が知られ、成魚はおもに水深100m以浅の砂泥底に生息するが、仔稚魚は外洋表層域に出現する。仔稚魚では成魚の識別形質の多くが未発現であり、採集自体も困難であることから、これまでに形態的特徴が解明されているのは35種に留まる。本研究では、2016–2020年に北西太平洋の外洋表層域から得られたダルマガレイ類浮遊仔魚の標本を形態および遺伝的形質から同定し、形態的特徴の記載を行った。観察した56個体は、腹鰭の位置関係、生鮮時の斑紋、体型、各骨格要素における棘の有無、背鰭・臀鰭軟条数、および脊椎骨数などの形質の組み合わせにより、暫定的に2科9属13タイプ(タイプI–XIII)に分けられた。各タイプ1–16個体(計56個体)についてミトコンドリアDNAのCOI遺伝子部分領域(約650bp)を決定し、成魚23属87種のデータとともに最尤系統樹を作成した。その結果、タイプIIIはイトヒキガンゾウビラメ *Taeniopsetta ocellata*、タイプIVはキバヨリメダルマガレイ *Engyprosopon parvipectorale*、タイプVはスマレガレイ *Parabothus coarctatus*、タイプVII・IXはトゲダルマガレイ *Bothus pantherinus*、タイプVIIIはモンダルマガレイ *Bothus mancus*、タイプXはトサダルマガレイ *Psettinella tosana*、タイプXIはニホンダルマガレイ *Arnoglossus japonicus*、タイプXIIはトウカイナガダルマガレイ *Arnoglossus yamanakai* に同定された。また、タイプVIは2つのクレードに分かれ、それぞれ *Crossorhombus howensis* およびカネコダルマガレイ *Crossorhombus azureus* であることが判明した。本研究により、スマレガレイ、*C. howensis*、およびキバヨリメダルマガレイの3種について、仔魚期の形態が初めて解明された。

北西太平洋外洋域から得られたフェダイ属稚魚の形態と同定  
海洋生物学研究室 大西 智之



フェダイ属 *Lutjanus* は世界から73種、北西太平洋からは39種が知られ、成魚はおもに温熱帯域の沿岸の海底付近に生息するが、仔稚魚は外洋表層域に出現する。本属成魚の種分類では、体色や斑紋などの色彩的特徴が重要な識別形質となるが、これらは生活史初期には未発現であるため、仔稚魚の種同定は難しい。また、外洋表層域に出現する仔稚魚の採集は困難であり、仔稚魚期が特定されている種は本属全体の3割弱(20種)に限られる。本研究では、2016–2020年に北西太平洋の外洋表層域から得られたフェダイ属の稚魚43個体を形態および遺伝的形質から検討し、種同定および形態的特徴の解明を試みた。観察標本は背鰭軟条数、背鰭最長棘の位置、および垂直鰭における黒色素胞の分布などの組み合わせにより、別種と想定される6タイプに分類されたが、形態形質からは種を特定できなかった。次に、各タイプ1–3個体(計15個体)についてミトコンドリアDNAのCOIバーコーディング領域(約650bp)を決定し、成魚28種のデータとともに近隣接合樹を作成して種同定を試みた。その結果、タイプ3と5はそれぞれヨスジフェダイ *L. kasmira* とナミフェダイ *L. rivulatus* に同定された。一方、タイプ1と2、および4と6はともに同一のクレード形成し、それぞれベンガルフェダイ *L. bengalensis* とヒメフェダイ *L. gibbus* に同定された。タイプ1と2は尾鰭の黒色帯の分布の違いで(両葉に黒色帯がある vs. 上葉のみ)、タイプ4と6の背鰭黒色域の有無で(黒色素胞が全体的に分布 vs. ほぼない)異なるが、これらの差異は各種の稚魚期における個体変異であると判断された。他方、タイプ5はゴマフェダイ *L. argentimaculatus* とナミフェダイ *L. rivulatus* のクレードに細分された。この結果を踏まえて形態的特徴を再検討したところ、ゴマフェダイと同定された稚魚はナミフェダイの稚魚とは、腹鰭が黒いこと(vs. 白色)および背鰭棘条の欠刻が顕著であること(vs. 不明瞭)で異なっていた。本研究で確認された5種のうち、ゴマフェダイを除く4種について稚魚期における形態的特徴が初めて明らかになった。

北西太平洋産トカゲハダカ属魚類の分類学的研究  
海洋生物学研究室 河井 連也

トカゲハダカ属 *Astronesthes* Richardson, 1845 はワニトカゲギス科トカゲハダカ亜科を代表する中深層性魚類で、三大洋の温熱帯域に分布し、世界から 49 種、北西太平洋域からは 17 種が知られている。本属は形態学形質に基づき 9 種群と種群に属さない 8 種に細分され、このうち *A. chrysophekadion* 種群 (5 種) と *A. similus* 種群 (2 種) は胸鰭が 6 軟条、背鰭の基底が短く、10–14 軟条などの特徴を共有し、*Stomianodon* 亜属を構成する。しかし、本亜属および 2 種群の単系統性は十分検討されておらず、一部の種では学名の同異や形態形質の種内変異に疑問が残っていた。そこで本研究では、北西太平洋から得られた 77 個体を形態および遺伝的形質から精査し、亜属、種群、および種レベルにおける分類学的問題を検討した。また、一部の標本について mtDNA の COI 遺伝子の部分領域を決定し、本属の既知の配列データとともに分子系統解析を行った。形態観察の結果、*A. chrysophekadion* 種群の既知 4 種と、*A. similus* 種群の既知および未記載の可能性のある各 1 種の、計 6 種が確認された。このうち、*A. similus* 種群の一種 *Astronesthes* sp. は、下顎の鬚の先端が 2 分岐し、各分岐の先端に付属枝を欠く末端球状体を備え、既知のいずれの種にも該当しないことから未記載種の可能性が示唆された。一方、上記 6 種のうち、組織サンプルのなかった *Astronesthes* sp. を除く 5 種を含めて分子系統解析を行った結果、亜属および各種群の単系統性は支持された。一方、形態形質に基づき *A. chrysophekadion* 種群のホソトカゲギス *A. chrysophekadion*、トカゲハダカ *A. ijiami*、およびヤモリハダカ *A. lucifer* と同定された標本間では、明瞭な遺伝的な分化がみられなかった。今後は多数の標本に基づく形態形質のさらなる検討と、複数遺伝子に基づくより信頼性の高い系統推定が望まれる。

西太平洋産アゴヌケホシエソ属魚類の分類学的研究  
海洋生物学研究室 喜多 明日翔

アゴヌケホシエソ属 *Aristostomias* Zugmayer, 1913 は、ワニトカゲギス科ホウキボシエソ亜科に属する中深層性魚類で、体に鱗や鱗嚢がないこと、背鰭と臀鰭の基底が短く、体の後方で対在すること、胸鰭があること、左右の下顎の間に膜がなく、口床がないこと、および下顎腹面に 1 本の鬚があることなどによって特徴づけられる。本属には、世界から 6 有効種が知られ、全種が三大洋の温熱帯域に広域分布する。このうち、西太平洋からはアゴヌケホシエソ *A. grimaldii* Zugmayer, 1913、*A. lunifer* Regan and Trewavas, 1930、クマドリホシエソ *A. polydactylus* Regan and Trewavas, 1930、*A. tittimanni* Welch, 1923, 1930、および *A. xenostoma* Regan and Trewavas, 1930 が報告されている。しかし、*A. lunifer* とクマドリホシエソ以外の記録には疑問があった。また、これら 5 種には形態的特徴が一致しない標本が複数知られていた。本研究では、2017–2024 年に国際水産資源研究所 (当時) の俊鷹丸と水産庁の開洋丸が、西太平洋外洋域から採集した本属の 12 個体を精査し、種同定と各種の形態的特徴の記載を行った。その結果、観察標本は腹鰭前腹部発光器 (PV) の配列様式、胸鰭鰭条数、および眼後域における発光組織の有無などの組み合わせにより、クマドリホシエソ (伊豆諸島沖およびマーシャル諸島沖から採集)、*A. tittimanni* (八丈島沖)、および *A. xenostoma* (父島沖) に同定された。このうち、*A. xenostoma* は眼後域に発光組織がないことにより他の 2 種とは異なり (vs. ある)、クマドリホシエソと *A. tittimanni* は胸鰭鰭条数 (10 以上 vs. 約 6) により識別可能であった。本研究により、*A. tittimanni* と *A. xenostoma* が日本近海からの初めて確認された。

サツキ（ツツジ科）の開花フェノロジーと花粉の外部形態に関する基礎研究  
植物生態学研究室 中島 溪悟

人体のほか、衣類などに付いた花粉が犯罪の証拠物として活用されることがある。サツキ（ツツジ科）は花木として植栽されるため、本種の花粉が重要な証拠物となる可能性がある。本研究では、法花粉学的な観点から、都市域に植栽されたサツキ 2 品種（“大盃”とその近縁品種（品種 A と呼ぶ））を調査木とし、花形態と開花フェノロジーに加え、花粉の生産と外部形態に関わる基礎研究を行った。いずれの品種も、枝先の花芽から 1 または 2 個の花が開き、花冠は赤紫色、上側内面に濃色の斑点があり、漏斗形で高さ 3~6 cm、幅 4~6 cm、5 中裂し、裂片は円形であった。雄蕊は 5 本、花糸は長さ 3~5 cm、下部に柔毛を散生、葯は長さ 3~4 mm であった。品種 A の方が花冠の色は濃く、裂片がやや尖り、花冠の高さ・幅、花柱、花糸および葯の長さは大盃で大きかった。いずれの品種も、2025 年には 5 月初旬~7 月中旬に開花し、最盛期は 5 月中・下旬であった。開花日数と花冠脱落后も雄蕊が残存する日数はそれぞれ、大盃では 2.3 日と 10.1 日、品種 A では 1.9 日と 2.7 日であった。葯 1 個あたりの花粉数は大盃で 5.6 千個、品種 A で 7.0 千個であった。雄蕊が 5 本であるため、1 花あたりの花粉数は 3 万個程度に達する。いずれの品種でも、花粉の外形は正四面体形の 4 集粒であった。ある粒を遠心極から見た場合、その粒の下方に他の 3 粒が接合した三角錐形となり、接合した 2 粒を赤道方向から見た場合、だるま状に接合した 2 粒の左右に他の 2 粒が付いた球形をなした。各粒の接合部では、発芽口も接合して共同口を形成した。いずれの品種でも、4 集粒の直径は 58  $\mu\text{m}$  程度で、1 粒の極軸長、赤道径および外壁厚はそれぞれ、29  $\mu\text{m}$ 、41  $\mu\text{m}$  および 1  $\mu\text{m}$  程度であった。他方、大盃の発芽口の長さとは幅は品種 A よりもやや大きく、それぞれ 20.5  $\mu\text{m}$  と 2.3  $\mu\text{m}$  であった。外壁表面には数本の粘着糸があった。いずれの品種でも、外壁外表層は半外表層型で、彫紋構成要素の直径は 0.2~0.3  $\mu\text{m}$  であった。表面彫紋は微粒状または細粒状で、発芽口縁と極域では平滑状であった。

福島県松原湖水中遺跡（松原宿跡）から得られた堆積物コアの花粉分析  
—松原宿の栽培植物とその栽培法—  
植物生態学研究室 藤榮 彪人

福島県の松原湖は 1888（明治 21）年の磐梯山噴火により生じた堰き止め湖で、湖北には江戸時代から続く旧宿場町「松原宿」が水没している。松原宿跡の保存状態が良好で、水没前の古地図や文献記録との比較から、宅地や畑地、街道などがあった場所を特定できる。本研究では、潜水ボーリングで得られた宅地・畑地跡コアの花粉分析を行い、農業に関わる文献記録を参照することで、松原宿の栽培植物とその栽培法を検討した。コアの飽和密度、磁化率、平均粒径割合などを調べた研究によると、いずれのコアも、その中・下部と上部との間で明瞭な物性・物質境界が確認され、前者は磐梯山噴火前の土壤に、後者は噴火後の湖成堆積物に対比されている。いずれのコアも、その中・下部ではヨモギ属、イネ属型を含むイネ科、ソバ属などの草本花粉が多産した一方、上部ではマツ属複維管束亜属、スギ属、コナラ属コナラ亜属、ブナ型などの高木花粉が優勢であった。さらに、畑地跡コアの中部からはアサ型花粉が比較的高率で出現した。アサと同様、繊維が採れるカラムシを含むクワ科-イラクサ科花粉は低率であった。『会津農書』によると、福島県昭和村は江戸時代よりカラムシの産地として知られ、連作障害を防ぐ目的でカラムシとアサを輪作したり、カラムシ畑の周囲にアサを植えて風除けにしたりしたとされる。また、アサは二毛作の中で重要な役割を果たし、その後作にはソバやアズキのほか、ダイコンなどの根菜類が適したとされる。『南会津郡誌』には、採種用にアサ畑周囲のアサを残し、秋季に成熟した種子を採取したとの記述がある。本研究結果から示唆される松原宿の栽培植物とその栽培法は次の通りである。畑地では少なくとも、アサとソバが栽培された。カラムシとの輪作・混植ではなく、春季からアサを栽培し、夏季にアサ畑周囲のアサの一部を採種用に残し、それ以外の茎を繊維用に収穫した後、その後作としてソバを作付けする方法を採用した。畑地跡コア下部からはアサ型花粉が出現しないため、アサが他の作物と輪作され、隣接する畑地との間で作物の入れ替えを行った可能性も指摘できる。

宮崎県加久藤盆地における最終亜間氷期後期の植生変遷  
植物生態学研究室 永山 聖香

グリーンランド氷床コアの酸素同位体比分析によると、最終氷期、特に最終亜間氷期は数百～数千年周期の短期気候変動を内包しており、これをダンスガード-オシュガー (D-O) サイクルと呼ぶ。加久藤盆地東部のえびの市久保原と佐牛野には最終亜間氷期後期に対比される厚い砂泥層が分布し、その花粉・大型植物化石群が報告されている。久保原の堆積物試料 (K1・K4) は、温帯性樹木を多く含む植物化石組成と  $^{14}\text{C}$  較正年代 (32.0~33.4 ka Cal BP) から、D-O6 もしくは 5、またはその双方の温暖期にあたとされる。本研究では、D-O6/5 の寒冷期を含むと推定される堆積物試料 (K2・K3) の花粉分析を行い、久保原における植生変遷と D-O サイクルとの関連性について再検討した。堆積物試料はいずれも、シルトと細砂の互層を主体とし、K1・K2 では最下部に、K3・K4 では中部に白色の降下テフラ (起源は不明) を挟む。花粉分析の結果、K2・K3 下部ではヨモギ属、イネ科などの草本花粉が多産し、樹木花粉ではクマシデ属、カバノキ属、コナラ属コナラ亜属、ブナ型などの温帯広葉樹が優勢であった。この花粉組成は K1・K4 のそれとほぼ一致する。他方、上部はマツ属単維管束亜属の多産と、コメツガ型、モミ属、トウヒ属などの亜高山帯常緑針葉樹花粉の増加で特徴づけられた。大型植物化石の産状も考慮すると、K2・K3 における花粉組成の垂直変化は、アカシデなどのシデ類、ミズメ、コナラ、ブナなどの温帯落葉広葉樹を主とした温帯針広混交林から、チョウセンゴヨウやヒメマツハダ、トウヒ、コメツガなどからなる亜高山帯常緑針葉樹林への移行を示す。すなわち、K4 に加え、K2・K3 下部の花粉化石データは D-O6 の、K1 は D-O5 の温暖期にそれぞれ対比でき、K2・K3 上部は D-O6/5 の寒冷期に相当すると推定される。K2・K3 上部と、D-O8/7 の寒冷期に対比される佐牛野の花粉化石データを比べると、樹木花粉組成にやや違いがある。D-O サイクルの寒冷期においても、亜高山帯常緑針葉樹林の分布拡大の程度や樹木組成に違いがあったことが示唆される。

物部川・仁淀川水系の植物群落の種組成と立地環境  
植物生態学研究室 半田 竜馬

河川には様々な植物群落が分布する。それぞれの植物群落の分布について主に河川攪乱に関係する物理的要因 (堆積物粒径、比高等) で説明されてきた。しかし、河川植生の立地環境の化学性は不明な点も多い。物部川・仁淀川水系の河川で、そこに発生した植物群落と立地環境 (物理性、化学性) について調査した。74地点で植生調査を行った結果138種の植物を記録した。クラスター分析の結果、10タイプ (ヤナギタデ・ツルヨシ群落、ツルヨシ・コセンダングサ群落、コセンダングサ・シロツメクサ群落、シナダレスズメガヤ・メドハギ群落、オガルカヤ・カワラヨモギ群落、オギ・ヤブガラシ群落、メヒシバ・ヨモギ群落、ススキ・セイタカアワダチソウ群落、ギンギシ・ヒメガマ群落、エノキグサ・ヨメナ群落) に分類された。立地環境を調査するため表層堆積物の粒度分析 (平均粒径、淘汰度、大礫長径中央値、表層礫被覆率)、化学分析 (pH、EC、硝酸態窒素、アンモニア態窒素、リン酸、カリウム、マグネシウム、カルシウム) を行った。環境変数について、硝酸態窒素とEC、マグネシウムと平均粒径、大礫長径中央値と礫被覆率との間で強い相関が認められた。10群落の立地環境についてKruskal-Wallis検定を行ったところ、アンモニア態窒素を除く全ての項目で有意な差が認められた。これにより物理性としては植生を堆積物粒度と淘汰度という2つの軸で説明できることが分かった。化学性としては流路から遠いほど土壌pHが低く、土壌栄養塩濃度が高いことが分かった。また栄養塩でも硝酸態窒素・マグネシウム濃度が高いとギンギシ・ヒメガマ群落、エノキグサ・ヨメナ群落等が、カリウム濃度が高いとススキ・セイタカアワダチソウ群落が、カルシウム濃度が高いとオギ・ヤブガラシ群落が出現することが分かった。

シシンラン *Lysionotus pauciflorus* (イワタバコ科) は、本州の伊豆半島以西、四国、九州の成熟した湿潤な森林に生育する常緑の着生植物である。国と15府県で絶滅危惧種に指定されており、一部は国指定天然記念物にも指定されている。本種は、国指定天然記念物・種の保存法指定種のゴイシツバメシジミ *Shijimia moorei moorei* (シジミチョウ科) の幼虫の食草でもある。ゴイシツバメシジミの自生地では、ナラ枯れと台風等によるシシンラン着生木の枯損・減少が懸念されている。シシンランは挿し木により容易に増殖させることが可能であるが、生育適地についての知見が不足している。このため、圃場で栽培した個体をどのように樹上に移植するのが課題となっている。本研究では、高知県のシシンラン自生地における気象観測、生長特性調査と実験室内での光合成特性の実験を行った。気象観測は、2024年12月20日～2025年4月20日、5月13日～9月30日に行った。林冠土壌の水分指標は、降水によって増加し、飽差 (hPa) の高い日の連続によって減少した。2025年5月13日～11月10日まで、樹幹に生息するシシンランの当年節間長、当年生および2年生の葉長と着葉数を測定した。節間長と当年生葉長は、7月までに最大となった。2年生葉は季節進行とともに着葉数が減少した。シシンランの落下個体の葉の挿し木由来の個体を用いて、温度25°C、湿度58% (飽差13.3hPa) に設定したインキュベーターで異なる光量 (暗黒～約800  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) での光合成速度を測定した。非矩形双曲線近似で当てはめを行った結果、シシンランの光合成速度は約400  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  で頭打ちとなった。

人為的攪乱により維持されてきた里地の半自然草地と河川攪乱の影響を受ける河畔草地には、種組成の異なる植物群落が成立する。立地環境が異なる半自然草地と河畔草地とでは、群落構成種の生態学的機能形質 (以下、機能形質) も異なることが予想される。本研究では、半自然草地と河畔草地を対象に群落構成種の機能形質の比較を行った。植生データには、後藤田ほか (2025) と過去の卒業研究で得られたデータを利用した。機能形質として、植物生態学研究室のデータベースより各種の葉面積 (LA)、生重量、乾燥重量のデータを収集した。データベースに存在しない種は標本を採取して測定した。各種の比葉面積 ( $\text{SLA}=\text{LA}/\text{mg}$ ), 葉乾物含量 ( $\text{LDMC}=\text{乾燥重量}/\text{生重量}$ ) を算出し、Stratifyを用いて生活史戦略性 (競争戦略, 耐ストレス戦略, 荒れ地戦略) をそれぞれ算出した。植生データの各種の相対優占度とCSR値を用いて、群集加重平均 (CWM) を求めた。解析の結果、半自然草地と河畔草地では競争戦略性の高い種が少ないことが共通していたものの、生活史戦略性スペクトルには違いが認められた。半自然草地では、耐ストレス戦略性の高い種が多く存在した。河畔草地では、耐ストレス戦略性が高い種も存在するものの、荒れ地戦略性が高い種も多かった。CWMを比較した結果、河畔草地では耐ストレス戦略性が30~70%, 荒れ地戦略性が10~50%, 競争戦略性が10~50%の範囲内に分布したが、半自然草地では耐ストレス戦略性が40~60%, 荒れ地戦略性が10~30%, 競争戦略性が10~30%と分布範囲が狭かった。以上の結果より、半自然草地と河畔草地では様々な生活史戦略性スペクトルを持つ種が生育するものの、半自然草地では生活史戦略性が耐ストレス戦略性の高い種に強く収束していること、河畔草地ではより荒れ地戦略性の高い種の生育が可能であることが明らかとなった。

石鎚山におけるニホンジカによる植生被害に関する研究  
植物生態学研究室 宮川 颯太

近年、全国的にニホンジカ（以下、シカ）の個体数および分布域が拡大しており、農林業や森林生態系への被害が増加している。四国山地の剣山山系や篠山・三本杭においても同様の傾向が見られており、林床植生の衰退が各地で報告されている。石鎚山は周辺地域と比較して被害が小さいとされてきたが、近年の捕獲頭数の増加や生息範囲の拡大から、将来的な植生への影響が懸念されている。石鎚山の南側に位置する面河溪は、暖温帯上部から亜寒帯までの自然植生が連続的に分布しており、学術的価値の高い場所である。簡易的なシカ被害調査は多地点で行われているものの、詳細な被害状況に関するデータは十分ではない。そこで本研究では、面河山周辺の5地点(標高約850~1700m)に調査プロットを設置して、植生調査・毎木調査を実施した。得られたデータから、どの植物種がシカの食害を受けているか、シカの食害が森林植生の構造や種組成に与えている影響を評価することを目的として過去の植生データと比較した。調査した5地点では、下層植生の衰退度(SDR)はND~D2と初期段階にとどまり、シカの食害が進行すると初期に失われやすい嗜好性植物やササ類が多く残存していた。また、同一群集内で過去データと比較したところ、低木層・草本層の植被率と階層高は過去と同程度であった。これらの結果は、シカ被害を視覚的に見られたとしても、初期段階では植被率や階層高といった指標に変化が表れにくいという、先行研究と一致する。したがって、面河溪は現時点で深刻な植生衰退は確認されていないが、石鎚山系の東部では植生衰退が進行していることから、今後もモニタリング調査を継続することが重要である。

高知市の蛇紋岩地におけるアカマツの年輪成長に関する研究  
植物生態学研究室 柚原 仁志

蛇紋岩地は、土壌の保水力が低く、NiやCrなど重金属濃度が高い一方で、利用可能なCaやN、P、Kが少なく貧栄養である。蛇紋岩地には、このような土壌特性に耐性のある好塩基性植物や蛇紋岩植物が生育し、非蛇紋岩とは相観・種組成の異なる植生が成立する。高知県の低地の蛇紋岩地では、一般的にアカマツの疎林が成立する。ヨーロッパアルプスの亜寒帯の蛇紋岩地では、ヨーロッパアカマツの年輪成長は気温と正の相関を示すことが報告されている。しかし、温暖な地域でも同様の傾向を示すのか知見は十分ではない。本研究の目的は、高知市の蛇紋岩地におけるアカマツの年輪成長と気候要因の関係を明らかにすることである。高知市北西部の新宮の森公園にて、健全なアカマツ50個体から102本のコアサンプルを採取した。コアサンプルはクロスデーティングを行い、相関の高い39個体66サンプルよりマスターを作成し、1966年から2025年の年輪幅指数と月別平均気温・月別降水量、乾燥度指数、標準化降水蒸発散量指数との相関を求めた。解析の結果、年輪幅指数は当年3月、6月、8月の乾燥度指数、降水量と有意な正の相関が認められた。また、8月と9月の3か月標準化降水蒸発散量指数と年輪幅に有意な正の相関が認められた。一方、月平均気温と年輪幅指数には有意な相関は認められなかった。先行研究とは異なり、本研究で気温と年輪幅に相関が認められず、降水と相関があった理由として、気候帯の違いが考えられる。調査地はアカマツの分布域の南部に位置するため、成長期(4~10月)の気温の年変動の下限値でも十分な熱量がある。このため、低温で成長が抑制される可能性は低いと考えられる。高知市は年間・夏期ともに降水量が多い地域があるが、蛇紋岩地の土壌は恒常的に乾燥しやすいため、小雨の年には年輪成長が制限されたと考えられる。