

北海道大学 大学院理学研究院
附属ゲノムダイナミクス研究センター 概要
2024

Hokkaido University, Faculty of Science
Genome Dynamics Research Center

2024 年度概要の発行にあたって

当センターは、平成 20 年 11 月に実験生物共同利用部門、動物染色体共同利用部門、遺伝子実験共同利用部門の 3 部門で構成される教育研究共同利用施設として発足しました。各部門は各々、旧実験生物センター、旧理学部附属動物染色体研究施設、旧遺伝子実験施設から改組されてきた歴史をもっており、当センターの主な活動として、近交系ラット・マウスの系統保存、生物系実験室・飼育室・実験機器類の維持管理と利用者への提供など、従来の機能を生かした支援事業を行ってきました。また、当センターの全教員が大学院理学研究院生物科学部門に所属し、その教育研究と当センターの運営を兼担しています。

また、文部科学省のサポートにより、日本全国の研究機関に保管されている貴重な生物遺伝資源を災害による損失から守るため、大学連携バイオバックアッププロジェクト (IBBP) が進められており、当センターは全国に 7 つある大学サテライト拠点の 1 つとしてもその重要な役割を担っています。平成 23 年 3 月に起きた東日本大震災により、多くの研究機関で生物材料・遺伝資源が失われ研究の継続に支障をきたしました。IBBP は再びこのようなことが起こると我が国の国際的競争力にも悪影響を与えかねないとの危惧から、愛知県岡崎市の基礎生物学研究所を中核拠点として開始されたプロジェクトです。

さて、平成 30 年 9 月 6 日の北海道胆振東部地震により本学でも大規模停電が発生し、大きな被害をもたらしました。このような大規模自然災害に対する安定した教育研究環境を持続的に提供するための支援組織として当センターの重要性が再認識され、令和 3 年度に本センター両棟の改修工事が実施されました。それに伴いほとんどの建物設備は一新され、これまで以上に北海道大学全体に向けた共同利用施設としての機能が向上しました。また、これを機に、旧来の実験生物の飼育栽培施設の提供に加え、災害時の生物試料のバックアップのために非常電源を備えたディープフリーザースペースの貸出と、各種生命科学研究機器の共同利用のサービスを新たに開始し、それに合わせて 3 つの専門委員会を新たに組織して利用審査や施設に関する審議をする体制を整えました。また、昨年度より、当センターの学内共同利用施設としての機能をさらに拡充するため、グローバルファシリティセンターのオープンファシリティ事業に参画する方向で動き始めました。今後も、より一層利用価値の高い支援の提供に努めてまいりますので、引き続きご理解とご協力の程、よろしく申し上げます。

令和 6 年 6 月

大学院理学研究院

附属ゲノムダイナミクス研究センター長

小川 宏人

目次

- ・ 2024年度 概要の発行にあたって
- ・ 2023年度 センター教職員・運営委員会・運営委員会専門委員会委員一覧 P 1
- ・ 2023年度 活動報告、保守営繕 P 2
- ・ 2023年度 運営状況 P 3
- ・ 2023年度 利用報告 P 7
- ・ 添付資料 P33

ゲノムダイナミクス研究センター 教職員

| | | |
|--------------|---------|--------|
| センター長 | 教授 | 小川 宏人 |
| 実験生物飼育栽培施設部門 | 准教授 | 北田 一博 |
| | 助手 | 出口 善行 |
| 研究機器等共同利用部門 | 教授 | 増田 隆一 |
| | 准教授 | 綿引 雅昭 |
| 生物試料保管部門 | 准教授 | 加藤 徹 |
| | 助教 | 吉田 郁也 |
| センター職員 | 技術専門職員 | 小針 布実子 |
| | 研究支援推進員 | 小坂 あゆみ |
| | 事務補助員 | 吉田 祥子 |

ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会

| | | | |
|-------|-------|-----|-------|
| 委員長 | 村越 敬 | 教授 | 理学研究院 |
| センター長 | 小川 宏人 | 教授 | 理学研究院 |
| | 増田 隆一 | 教授 | 理学研究院 |
| | 加藤 徹 | 准教授 | 理学研究院 |
| | 北田 一博 | 准教授 | 理学研究院 |
| | 綿引 雅昭 | 准教授 | 理学研究院 |
| | 黒岩 麻里 | 教授 | 理学研究院 |
| | 小亀 一弘 | 教授 | 理学研究院 |
| | 藤田 直道 | 教授 | 理学研究院 |
| | 木村 敦 | 教授 | 理学研究院 |
| | 貴島 祐治 | 教授 | 農学研究院 |
| | 川原 学 | 准教授 | 農学研究院 |

ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会専門委員会

| | | | |
|-----------------|-------|-----|-------|
| 実験生物飼育栽培施設専門委員会 | | | |
| 委員長 | 木村 敦 | 教授 | 理学研究院 |
| | 北田 一博 | 准教授 | 理学研究院 |
| | 小谷 友也 | 准教授 | 理学研究院 |
| | 佐藤 長緒 | 准教授 | 理学研究院 |
| | 小川 宏人 | 教授 | 理学研究院 |

| | | | |
|----------------|-------|-----|-------|
| 研究機器等共同利用専門委員会 | | | |
| 委員長 | 小亀 一弘 | 教授 | 理学研究院 |
| | 藤田 直道 | 教授 | 理学研究院 |
| | 増田 隆一 | 教授 | 理学研究院 |
| | 綿引 雅昭 | 准教授 | 理学研究院 |
| | 千葉由佳子 | 准教授 | 理学研究院 |

| | | | |
|-------------|-------|-----|-------|
| 生物試料保管専門委員会 | | | |
| 委員長 | 小川 宏人 | 教授 | 理学研究院 |
| | 黒岩 麻里 | 教授 | 理学研究院 |
| | 和多 和宏 | 教授 | 理学研究院 |
| | 加藤 徹 | 准教授 | 理学研究院 |
| | 荻原 克益 | 准教授 | 理学研究院 |

2023年度 ゲノムダイナミクス研究センター 活動報告

- ・ 概要 2023 (年次報告) 発行 (7月)
- ・ 運営委員会開催 6月 (持ち回り審議)、12月 (対面)
- ・ 専門委員会開催
 - 実験生物飼育栽培施設専門委員会 16回 (持ち回り審議)
 - 研究機器等共同利用専門委員会 4回 (内持ち回り審議2回)
 - 生物試料保管専門委員会 5回 (内持ち回り審議2回)
- ・ 利用者講習会開催 6月 対面、以降オンデマンド

2023年度 ゲノムダイナミクス研究センター 保守営繕

| | | |
|-------|-----|--|
| 2023年 | 4月 | 環境衛生管理点検 (5月～毎月) ゲノム東棟2階 小生物飼育室 (7) エアコン室内機 熱交換器洗浄工事 ゲノム東棟2階 東棟ガラス温室流し台給水管漏れ修理工事 圃場 樹木冬囲い解し作業 |
| | 5月 | ゲノム東棟1階 水槽室給水配管工事 |
| | 7月 | ゲノム東棟2階 植物栽培室 (2) 電源設備工事 |
| | 8月 | ゲノム東棟1階 ガラス温室他ガラス取替工事 |
| | 11月 | 非常用発電設備年次点検 圃場 樹木冬囲い作業 |
| 2024年 | 3月 | ゲノム東棟1階 高圧蒸気滅菌器性能検査工事 ゲノム東棟1階 高圧蒸気滅菌器性能検査 (日本ボイラー協会) |

2023年度 運営状況

東棟

実験生物飼育栽培施設部門

研究機器等共同利用部門

西棟

生物試料保管部門

実験生物飼育栽培施設専門部門

実験生物飼育栽培施設部門は、令和3年度の理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センターの改修にともない、旧実験生物共同利用部門を引き継ぐかたちで令和4年度より設置されました。生物科学研究に用いる動植物その他の生物材料を飼育・栽培する施設を提供することを目的としており、生物材料を持ち込む際には、当部門に設置された実験生物飼育栽培施設専門委員会で審査を行います。これによって、利用者が安全に生物科学研究を進められる環境を提供するものです。また、専門委員会では、生物材料の飼育・栽培に必要な設備機器類の整備、管理業務、利用料金に関する審議も行っております。令和5年度は専門委員会が合計16回開催されるなど多くの生物材料の持ち込みがあり、利用者の活発な研究活動を反映したことがうかがえます。今後利用者を増やししながら、充実した設備のもとで飼育・栽培を行えるようにより一層努めてまいりますので、引き続きのご協力をどうかよろしくお願いいたします。

実験生物飼育栽培施設専門委員会

委員長 木村 敦

研究機器等共同利用部門

生物科学の実験で使用する研究機器を共同利用機器として提供しています。当センター東棟2階の2つの共通機器室でご利用いただけます。また、共通機器室内の中央実験台も貸し出していますので、一連の実験をそこで行うことも可能です。提供している共同利用機器は汎用性の高いものですが、是非一度、当センターのウェブサイトよりどのような機器があるかご覧ください。

皆さまの研究の推進にお役に立てるよう努めておりますので、ご要望等ございましたら、ご遠慮なくお知らせください。このような機器を導入してほしいなどの希望もどうぞお寄せください。

ご利用をお待ちしております。

研究機器等共同利用専門委員会

委員長 小亀 一弘

生物試料保管部門

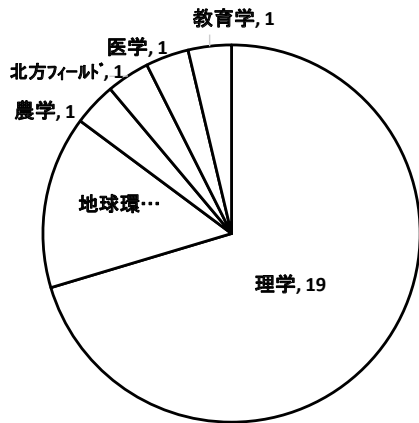
当部門は、令和3年度の改修工事の主眼として新たに開始したサービスに関するものです。今回の改修工事では新しい自家発電装置が設置され、ゲノムセンター東棟の飼育栽培室と西棟の共通フリーザー室は電力喪失後72時間電力が供給されるようになりました。この設備を利用して、災害などの緊急の停電時に細胞・遺伝子・染色体などの生物研究材料の破損・損失を防ぐため、自家発電による電源と保管設備を提供します。利用希望者は2つの形態で利用を申請することができます。一つ目は研究者が保有するディープフリーザー等を非常用電源がひかれた共通フリーザー室に持ち込んで設置する形態です。フリーザーの大きさに合わせた設置料の他、定格電力ごとの電気代をお支払いいただきます。もう一つは、ゲノムセンターが用意した共同利用フリーザーに試料をお預かりする形態です。トレー単位の利用と1台専有の利用があります。またゲノムセンターには共同利用できる大型液体窒素タンクがあり、そちらにも凍結試料を保管することができます。まだ学内への周知が十分広まっていないためか、まだ利用者は少ないようなので、今後さらに本事業をアナウンスしていきたいと思っております。

なお、センターの部門体制の見直しに伴い、「動物染色体共同利用部門」は廃止され、外部からの生物試料の受入、保管、提供を行わないことになりました。また現在大型液体窒素タンク内に凍結保存されている細胞試料等については、貴重な試料はナショナルバイオリソースプロジェクト（NBRP）へ寄託し、それ以外は廃棄作業を進めることになりました。今後は平常時における試料保管に関するバックアップ場所の提供や、電源喪失時における試料避難場所の確保などを通じて、生物学的試料保全の場を提供していきます。

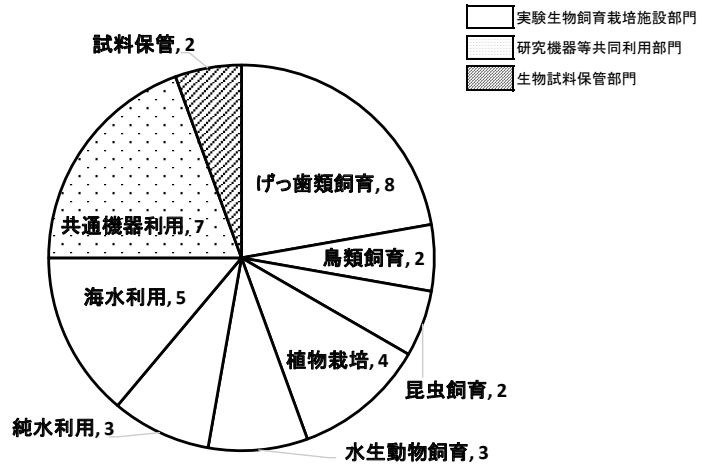
生物試料保管専門委員会

委員長 小川 宏人

2023年度 利用申請者所属部局

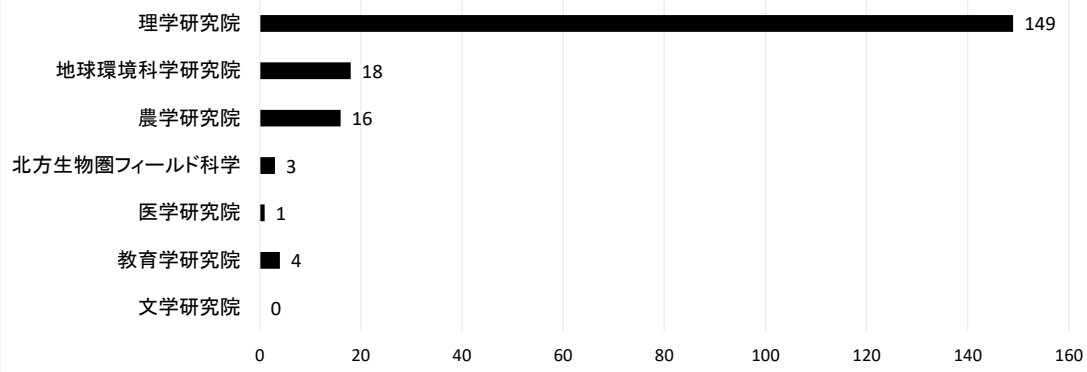


2023年度 利用申請内容

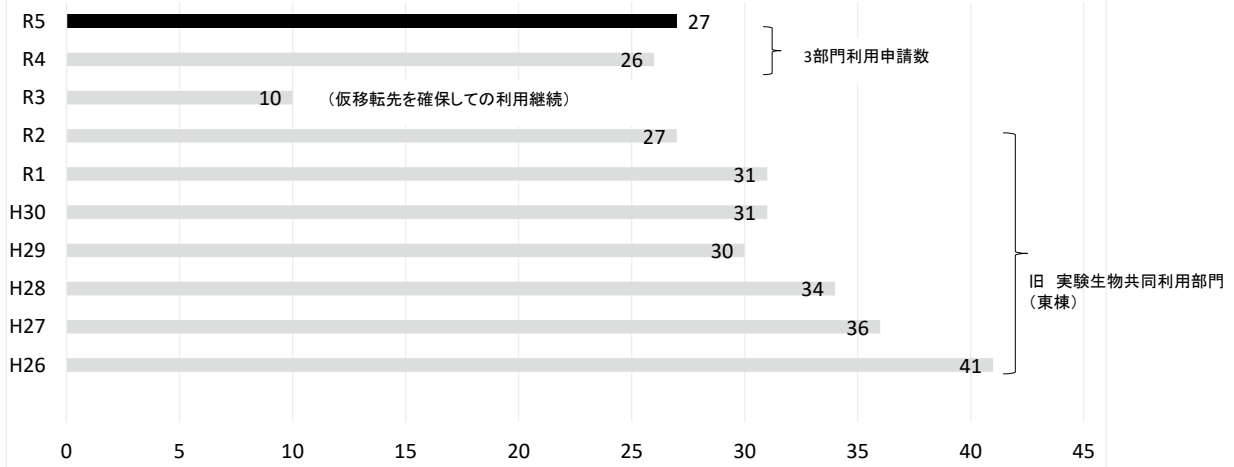


2023年度 部局別利用者名簿記載人数

計191



利用申請数推移(過去10年)



2023年度 利 用 報 告

2023年度 ゲノムダイナミクス研究センター 利用者研究課題

| 所 属 | 部門・分野等 | 職 名 | 氏 名 | 研究課題名 |
|------------------|------------------|-----|--------|---|
| 理学研究院 | 生物科学・行動神経生物学 | 教授 | 小川 宏人 | フタホシオオロギの神経行動学的研究 |
| 理学研究院 | 生物科学・行動神経生物学 | 教授 | 和多 和宏 | 鳴禽類を用いた発声学習・生成とその脳内分子機構 |
| 理学研究院 | 生物科学・行動神経生物学 | 准教授 | 北田 一博 | 神経系および生殖器系の疾患モデル動物の作製と疾患遺伝子の同定研究 |
| 理学研究院 | 生物科学・行動神経生物学 | 准教授 | 田中 暢明 | 頭足類の神経情報処理機構の研究 |
| 理学研究院 | 生物科学・行動神経生物学 | 准教授 | 竹内 勇一 | 鱗食魚における利き制御機構の解明 |
| 理学研究院 | 生物科学・行動神経生物学 | 講師 | 常松 友美 | 睡眠覚醒制御機構、および睡眠の生理的意義の解明 |
| 理学研究院 | 生物科学・生殖発生生物学 | 教授 | 木村 敦 | 哺乳類の生殖に関わるゲノム機能に関する研究 |
| 理学研究院 | 生物科学・生殖発生生物学 | 教授 | 黒岩 麻里 | 脊椎動物における染色体進化と性決定メカニズムの研究 |
| 理学研究院 | 生物科学・生殖発生生物学 | 准教授 | 小谷 友也 | 卵母細胞形成と初期発生の分子機構解析 |
| 理学研究院 | 生物科学・生殖発生生物学 | 准教授 | 荻原 克益 | 脊椎動物の卵巣に関する研究 |
| 理学研究院 | 生物科学・多様性生物学 | 教授 | 増田 隆一 | 哺乳類の分子進化的・集団遺伝学的研究 |
| 理学研究院 | 生物科学・多様性生物学 | 教授 | 柁原 宏 | 海産無脊椎動物の系統分類学的研究と行動観察 |
| 理学研究院 | 生物科学・多様性生物学 | 教授 | 小亀 一弘 | 藻類および他の原生生物の系統と分類 |
| 理学研究院 | 生物科学・多様性生物学 | 准教授 | 伊藤 秀臣 | 唐辛子の乾燥ストレス耐性実験 |
| 理学研究院 | 生物科学・多様性生物学 | 准教授 | 加藤 徹 | ショウジョウバエとザトウムシの進化に関する研究 マザトウムシのオスの2型の形成要因と代替的繁殖戦略獲得の解明 |
| 理学研究院 | 生物科学・形態機能学 | 教授 | 中野 亮平 | 宿主発生と免疫を制御する植物マイクロバイオータ相互作用の解析 |
| 理学研究院 | 生物科学・形態機能学 | 准教授 | 佐藤 長緒 | 植物の環境ストレス適応を制御する分子機構 |
| 理学研究院 | 生物科学・形態機能学 | 准教授 | 綿引 雅昭 | 植物の器官再生に関する分子遺伝学的研究 |
| 理学研究院 | 物理学・量子物理学 | 准教授 | 松永 悟明 | 低次元導体の合成 |
| 地球環境科学研究院 | 総合環境科学・自然環境保全 | 教授 | 露崎 史朗 | 植物の種子繁殖・栄養繁殖に関する栽培実験 |
| 地球環境科学研究院 | 総合環境科学・環境適応科学 | 教授 | 沖野 龍文 | 海洋生物の二次代謝産物に関する研究 |
| 地球環境科学研究院 | 環境生物科学・生態遺伝学 | 教授 | 越川 滋行 | 昆虫の生態と進化に関する遺伝学的研究 |
| 地球環境科学研究院 | 環境生物科学・陸域生物学 | 准教授 | 工藤 岳 | 林床性草本植物の成長と開花周期に関する研究 |
| 農学研究院 | 基盤研究・畜産科学 | 准教授 | 川原 学 | 哺乳類個体発生に関与する分子群に関する研究 |
| 北方生物圏フィールド科学センター | 生物多様性領域・海産藻類適応機能 | 准教授 | 四ツ倉 典滋 | コンブ類の培養研究 |
| 教育学研究院 | 教育学・健康体育学 | 准教授 | 山仲 勇二郎 | 哺乳類生物時計の構造と機能解析 |
| 医学研究院 | 生理系部門 | 助教 | 山野辺 貴信 | 神経細胞の特性に基づくスパイク列データ解析法の実験による検証 |

利用報告

大学院理学研究院

生物科学部門 行動神経生物学分野

小川 宏人

令和5年度研究成果

上記施設で飼育したフタホシコオロギ (*Gryllus bimaculatus*) を材料として、神経生理学的実験を行い、本年度は以下のような研究成果を得た。

気流刺激で惹起されるコオロギの胸部神経節運動出力に対する上/下行性信号の影響

昆虫は6本の脚を協調させて移動運動を行うが、前肢、中肢、後肢はそれぞれ前胸、中胸、後胸の胸部神経節 (PTG、MsTG、MtTG) に存在する運動回路によって制御される。また、コオロギは短い気流刺激を受けると、刺激と反対方向に素早く移動する指向性の強い逃避行動を示す。気流刺激は尾葉と呼ばれる腹部の機械感覚器官で受容され、その方向情報は巨大介在ニューロン (GI) を含む上行性投射ニューロンによって脳に伝達される。最近、全てのGIは脳に軸索を伸ばすだけでなく、胸部神経節内にも軸索側枝を持つことが報告された (Yamao et al., 2022)。また、胸部神経節への両側性上行性信号は逃避行動の素早い開始に重要であり、逃避行動における方向制御には両側性下行性信号が必須である (Sato et al., 2022)。これらはGIが胸部神経節内の運動回路に直接入力していることや、上行性信号と下行性信号では胸部運動回路における機能が異なることを示唆する。そこで、上/下行性信号が胸部運動出力に及ぼす影響を明らかにするため、腹側結合神経索を部分的に切断することによりそれぞれの胸部運動回路への入力を遮断し、その前後で気流刺激に対する運動ニューロンの活動を記録・比較した。

まず、上/下行性信号が存在する場合の気流刺激で惹起される胸部運動出力の応答特性を調べたところ、側方からの刺激に対してPTG運動出力は記録と反対側から刺激した場合と同側から刺激した場合よりも大きく活動したのに対し、MsTGとMtTGでは、記録と同側から刺激した場合の活動は反対側から刺激した場合よりも大きかった。次に下行性信号入力を両側で遮断したところ、すべての胸部神経節で運動ニューロンの自発性活動が増加し、気流で惹起される活動が減少し、かつ一過性になった。また、いくつかのspike unitで下行性信号遮断によって特定の方向からの気流刺激に対する活動が消失したが、その傾向はPTGと

MsTG、MtTGでは異なっていた。したがって、PTGの記録側刺激に対する運動ニューロン活動には下行性信号のみで惹起されるものが含まれており、MsTGとMtTGの反対側刺激に対する活動の一部は下行性信号のみで惹起されると考えられる。さらに、下行性信号遮断に加えて片側の上行性信号を遮断し、その運動出力に対する影響を調べた。その結果、PTGとMtTGでは上行性信号の遮断側に関わらず、気流刺激で惹起される活動が有意に減少した。一方、MsTGでは記録側の上行性信号を遮断した場合のみ活動が減少した。すなわち、PTGとMtTGでは両側の腹側縦連合を介して入力する上行性信号が運動ニューロン出力を活性化しているのに対し、MsTGでは同側の上行性信号が、運動ニューロンの活動を活性化し、反対側の上行性信号はほとんど影響しないと考えられる。以上の結果から、各胸部神経節の気流刺激に対する運動出力の形成に上/下行性信号がともに影響を及ぼしており、その影響は神経節によって異なることがわかった。コオロギは側方からの刺激に対して逆向きにターンすることから、ターン内側の前肢への運動出力には下行性信号が重要であり、中肢と後肢ではターンの外側の肢を動かす運動出力に影響を及ぼしている可能性がある。さらに身体の向きを変える前肢と駆動力を発揮する後肢では、両側の上行性によって運動ニューロン活動が活性化されるが、軸足として身体を支える中肢の運動ニューロンは特にターンの内側となる場合に上行性信号によって活性化されると考えられる。

コオロギの気流に対する最初期逃避反応を方向付ける付属肢運動のキネマティクス

昆虫は6本の付属肢を協調させて運動する。これまでの研究で、様々な行動において昆虫が周期的な付属肢の動きを繰り返す歩行パターンについて調べられてきた。しかし、6本の肢が素早い動きを生み出す一回のストローク中に、どのように協調して方向を定めるのかは、依然として不明であった。コオロギは短い気流に反応して走ったりジャンプしたりするような高速の指向性移動運動を示すが、これは捕食者の接近を示唆する脅威シグナルに対する逃避反応と考えられている。そこで、閉ループ制御サーボスフィアトレッドミルシステム上の非拘束のコオロギに異なる角度から短いエアパフを与えた時の逃避反応を高速ビデオカメラで記録し、姿勢追跡ソフトウェアDeepLabCutを用いてすべての脚と体の中心の位置をトレースした。

まず、刺激によって生じる最初の運動で、身体速度が最大に達する136.25msまでを逃避運動の最初期相とし、その期間におけるそれぞれの

れの付属肢の動きを解析した。身体中心運動の開始に対する付属肢運動の開始の時間遅れは正であり、付属肢が身体中心よりも早く動いていた。この結果は、付属肢はまず地面に着いた stance phase で身体を動かし始めていることを示唆している。この特徴は、特に側方刺激に対する運動で観察された。Stance phase における全ての付属肢の協調運動は、側方刺激に対する逃避旋回における体回転に必要であると考えられる。さらに最初期相における、体軸に対する付属肢の軌跡を解析したところ、運動方向によって異なる特徴が見られた。側方刺激に対する反応では、両側の前肢が刺激側へ動いていた。すなわち、前肢の動きに対する反力によって、コオロギの体が刺激の反対側を向くように回転したと考えられる。一方、後方からの刺激に対して両前肢は対称的に外側に動いたが、前方からの刺激では両側ともに内側に動いていた。これらの結果は、コオロギが刺激から遠ざかる方向に移動するためには、左右の付属肢が異なる協調性をもって動くことが必要であることを示唆している。さらに、付属肢の前後運動の時間経過を解析したところ、側方運動では、前肢と中肢は刺激に対して同側の肢は前方へ、反対側の肢は後方へ移動した。一方、後肢は両側とも体中心に対して前方へ移動したが、刺激と同側の肢の変位は反対側よりも大きかった。また、前方への移動では、すべての付属肢が後方へ移動して体を押す推進力を発生させたが、後肢は後方への蹴りの前にいったん前方へ引きつけられる動きが観察された。以上の結果から、刺激直後の運動では、6本の付属肢がそれぞれ異なる運動を協調的に行い、その反力によって身体を刺激の反対側へ押し出して（もしくは転回させて）いることがわかった。

令和5年度業績リスト

発表論文

- 1) Kiuchi, K., Shidara, H., Iwatani, Y. and **Ogawa, H.** (2023)
Motor state changes escape behavior of crickets.
iScience, 26:107345.
- 2) Lu, A., Fukutomi, M., Shidara, H. and **Ogawa, H.** (2023)
Persistence of auditory modulation of wind-induced escape behavior in crickets.
Frontiers in Physiology, 14:1153913.

国際会議発表

- 1) Shirahata, K., Shidara, H., and **Ogawa, H.** (2023)
Subcellular local processing in the mechanosensory local non-spiking interneurons.
52nd Annual Meeting of Society for Neuroscience, Walter E. Washington Convention Center

(Washington, DC, USA)

- 2) Chida, H. and **Ogawa, H.** (2023)
Identification of brain neurons correlated with wind-elicited escape movements in crickets.
52nd Annual Meeting of Society for Neuroscience, Walter E. Washington Convention Center (Washington, DC, USA)

国内学会発表

- 1) 鈴木光, 井上竜斗, 千田輝, **小川宏人** (2023)
コオロギ上行性介在ニューロン活動と気流誘導性逃避運動との相関解析
日本動物学会第68回北海道支部大会, 2024年3月16日, 北海道大学(札幌市)
- 2) Hui, L. and **Ogawa, H.** (2023)
Neural representation of spatial information mediated by cricket antennal mechanosensory system.
日本比較生理生化学会第45回大会, 2023年12月2~3日, 大阪大学(豊中市)
- 3) 竹内智美, **小川宏人** (2023)
拡大視覚刺激に対するコオロギの衝突回避行動
日本動物学会第94回山形大会, 2023年9月7~9日, 山形大学(山形市)
- 4) Jinwoong Jung, **小川宏人** (2023)
コオロギ気流誘導性逃避行動における視覚的手掛かりの影響
日本動物学会第94回山形大会, 2023年9月7~9日, 山形大学(山形市)
- 5) **小川宏人**, 白旗洸太, 設楽久志 (2023)
同定ノンスパイキング局所介在ニューロン内の局所情報処理ユニットの空間分布
Neuroscience 2023—第46回日本神経科学大会—, 2023年8月1~4日, 仙台国際センター(仙台市)
- 6) Raza, H., Shidara, H., and **Ogawa, H.** (2023)
Leg movements that direct the initial escape response to airflow in crickets.
Neuroscience 2023—第46回日本神経科学大会—, 2023年8月1~4日, 仙台国際センター(仙台市)
- 7) 田端遼, **小川宏人** (2023)
気流刺激で惹起されるコオロギの胸部神経節運動出力に対する下降性信号の影響
Neuroscience 2023—第46回日本神経科学大会—, 2023年8月1~4日, 仙台国際センター(仙台市)
- 8) 井上竜斗, 千田輝, **小川宏人** (2023)
コオロギ気流誘導性逃避行動における同定された感覚上行性投射ニューロンの機能
Neuroscience 2023—第46回日本神経科学大会—, 2023年8月1~4日, 仙台国際センター(仙台市)

生物科学部門 行動神経生物学分野
和多 和宏

利用状況・研究成果

音声発声学習の感受性期の制御及び、種特異的な発声パターン生成に関わる遺伝子群を明らかにし、その神経作用機序を進化行動学的に検証することを目的として研究を進めている。ヒトの言語や鳴禽類小鳥の歌は、親など他個体から発声パターンをまねることで後天的に獲得される。この発声学習には、学習が効率よく進む時期、すなわち学習感受性期（臨界期）が存在することが知られている。発声学習を含む感覚運動学習は、動物自ら行動生成することで獲得される学習様式である。その自発的行動により脳内ではエピジェネティクス制御因子を含む遺伝子群が神経活動依存的に発現誘導され、神経可塑性などの神経回路の機能特性の変化が起こる。しかし、多くの学習行動が、「いつ・どのように・どれだけ」生成されるかは、動物個体ごとに大きな違いが生じる。この行動生成の時期・質・量の違いを「個体の学習行動履歴」として、脳内でモニターし、個体ごとにユニークな脳内遺伝子発現に還元する神経分子メカニズムが存在すると考えられる。本研究では、鳴禽類ソングバードの発声学習を学習行動モデルとして、「自ら声を出す」という自発的行動が、その後獲得される音声パターンや学習臨界期間の個体差にどのような影響を与えるのか、自発学習行動依存的エピジェネティクス制御の観点から研究を進めている。そのため、実験生物共同利用部門で飼育・繁殖した動物個体を用いて、神経行動学的研究を実施している。

現在、発声学習臨界期でのエピジェネティクス動態を明らかにする目的で、発声行動生成時に、歌神経核で発現誘導されるエピジェネティクス制御関連遺伝子群の人為的な発現量を操作すべくアデノ随伴ウイルス発現系を用い、学習感受性期間における発声パターンの発達及び、歌モデル学習への影響を検証する実験を進めている。

論文発表

Toji N, Sawai A, Wang H, Ji Y, Sugioka R, Go Y, Wada K.*
A predisposed motor bias shapes individuality in vocal learning.
PNAS 121:e2308837121, 2024

Deviatiiarov R, Nagai H, Ismagulov G, Stupina A, Wada K, Ide S, Toji N, Zhang H, Sukparangsi W, Intarapat S, Gusev O, Sheng G.
Dosage compensation of Z sex chromosome genes in avian fibroblast cells.
Genome Biology 24: 213. 2023

学会発表

田路 矩之, 澤井 梓, Hongdi Wang, 郷 康広, 和多 和宏：生得的な運動バイアスによって形成される発

声学習の個体差

日本神経科学大会 第 46 回大会 (仙台) 2023 年 8 月 1 日

Noriyuki Toji, Yukino Shibata, Shoji Tatsumoto, Yasuhiro Go, Kazuhiro Wada: Species-specific vocal learnability associated with transcriptomic signatures in glutamatergic projecting neurons in songbirds
International Bioacoustics Congress (IBAC) 2023 2023 年 10 月 28 日 (札幌)

Heng Zhang, Noriyuki Toji, and Kazuhiro Wada: Behavioral and hormonal co-regulation for vocal plasticity in zebra finches
International Bioacoustics Congress (IBAC) 2023 (札幌) 2023 年 10 月 28 日

Ziheng Hu, Noriyuki Toji, Yasuko Tobari, Chihiro Mori, Shiomi Hakataya, Akari Furutani, Cheng-Te Yao, Yasuhiro Go, Kazuo Okanoya, Kazuhiro Wada: Transcriptomic alteration associated with song changes through domestication in songbirds
International Bioacoustics Congress (IBAC) 2023 (札幌) 2023 年 10 月 29 日

N. TOJI, A. SAWAI, H. WANG, Y. GO, *K. WADA : A predisposed motor bias shapes individuality in vocal learning
Society for Neuroscience meeting (Washington DC) 2023 年 11 月 12 日

和多 和宏: 生得的学習バイアスによる学習個体差が生まれる神経分子基盤
脳科学研究教育センター創立 20 周年記念シンポジウム (札幌 北海道大学) 2023 年 11 月 21 日

生物科学部門 行動神経生物学分野 北田 一博

利用状況・研究成果

Fam227b は、ヒトでは第 15 染色体上、マウスでは第 2 染色体上に局在する機能未知の遺伝子である。当研究室の越岡らが、マウスにおいて精巣特異的、減数分裂期特異的、脊椎動物特異的な新規遺伝子として単離してきた。

近年、野生動物種を含む多くの動植物種のゲノムや mRNA 情報が蓄積されたことから、脊椎動物特異的であるか否かを再検討した。すなわち、相同性解析ツール FASTA を用いて各種ゲノムにおける Fam227b 遺伝子の有無を精査した。Stringency の高い 10^{-15} の E 値を閾値として設定したところ、多細胞生物である海綿動物や刺胞動物、軟体動物、脊索動物など広い範囲でホモログが検出された。一

方、原核生物や植物においてはホモログが認められなかった。ヒトと刺胞動物であるヒドラのアミノ酸配列を比較したところ、報告されているドメイン (FWWh) 以外の領域でも相同性が高く、他のドメインを持っている可能性と機能が保存的である可能性が示唆された。実際、ヒドラにおいて、哺乳動物で減数分裂時の染色体対合に関わる SYCP1 や SYCP3 タンパク質のホモログが存在し、シネプトネマ構造の構築タンパク質として機能していることが報告されている。もともとは脊椎動物特異的遺伝子として Fam227b を単離したが、ゲノムプロジェクトの進展により生物種ごとのゲノムデータベースが豊富となっている現在では、脊椎動物を超えて広く存在することが明らかとなった。また、マウスやラットのみならず、ヒドラといった無脊椎動物において、遺伝子改変技術を開発することの重要性も示唆された。

生物科学部門 行動神経生物学分野 田中 暢明 (海水利用)

研究従事者: 櫻井裕真

<利用状況・研究成果>

課題名: 頭足類の神経情報処理機構の研究

イカ類は脊椎動物に似たレンズ眼を有しており、視覚に優れた動物群の 1 つである。イカ類の視覚に依存した行動はよく研究されている一方、視覚情報の神経処理機構は詳らかにされていない。多くの動物には左右性と呼ばれている行動や脳の左右差が存在し、左右の脳半球のどちらが環境情報を優位に処理しているかを調べることができる。イカ類の 1 種であるアオリイカでは、視覚の左右性 (利き眼) が成長に伴い変化し、その変化が群れ行動の発達と関連している。また、アオリイカの利き眼は、群れ内の位置と関係しており、利き眼が群れ機能と関連していることが示唆される。さらに、視覚情報処理に関連する脳領域である視葉について容積の左右差を測定したところ、群れ行動の発達に伴い、左右差が顕著になっている。しかし、視葉容積の左右差と利き眼との関係性が見出せなかった。では、イカ類の利き眼の優位性がどのように視覚系の神経機構によって生じているのか。それを調べるために、今年度は以下の 3 項目を実施した。

1) 飼育設備および飼育手法の確立

アオリイカを含むイカ類はストレスに弱いため、長期にわたり大量に飼育することが困難である。そのため、まず飼育方法の確立を目指した。ゲノムダイナミクス研究センターに設置されている巨大円形水槽にて、卵から孵化させ飼育を行った。

結果、孵化から観察・実験に適するサイズへと成長させることができた。さらなる飼育環境改善のために、夜間に自動で給餌を行える自動給餌装置を開発している。

2) 視覚能力と利き眼との関係

利き眼の優位性が視覚能力の左右差によって生じているのかを調べた。そのためにまず、アオリイカに餌生物、捕食者、同種個体を提示し、利き眼を行動学的に特定した。その後、眼の直径およびレンズ幅を測定し、利き眼との相関を調べた。結果、眼の直径は捕食者に対する利き眼の向き (左利き、右利き)、レンズ幅が餌生物に対する利き眼の強さ (偏りの大きさ) と正の相関がみられた。さらに、視力の左右差と利き眼との関係を調べるために、視細胞密度を算出する予定である。

3) 電気生理学的アプローチのための準備

利き眼がどのような視覚情報処理と関連しているのかを電気生理学的に調べる予定である。そのためにまず、アオリイカの brain atlas を作成し、脳葉という機能分化した 40 個以上の脳領域の構造や位置関係を調べた。Brain atlas 作成のために、孵化個体および幼体の脳を抗 SYNAPSIN 抗体で染色し、脳葉の特定を行った。結果、既知の脳葉に加え、先行研究からは特定できなかったいくつかの領域を発見した。それらの領域は軸索束である可能性があるため、抗 Tubulin 抗体で染色することでそれを確かめる。さらに、各脳葉の神経網容積と利き眼との関係を調べることで、どの脳葉に対して微小ガラス電極を刺すのかを検討する。

<業績リスト>

・櫻井裕真, 田中暢明, 池田譲: アオリイカにおける視覚的左右性. 第 6 回イカタコ研究会, 2023 年 10 月 14 日, 日本丸メモリアルパーク (神奈川県横浜市).

生物科学部門 行動神経生物学分野 竹内 勇一

研究テーマ: 鱗食魚における利き制御機構の解明

利きは「行動の左右性」とも呼ばれ、精巧で迅速な運動に必要で、生存に関わる行動のパフォーマンスを高める重要な形質と考えられている。では利き行動は個体内でどのように生み出されるのだろうか? それは脳の左右差と関係するのは間違いないが、神経回路の構造的・機能的複雑さから、よく分かっていない。同様に、利きの成り立ちや分子遺伝基盤についても十分な理解は得られていない。すなわち、利きは馴染み深い現象ながら多くの謎が残されている。

進化の実験室として有名なアフリカ・タンガニイカ湖のシクリッド科魚類の中で、獲物の魚の鱗をはぎ取って食べる鱗食魚 *Perissodus microlepis* は、捕食行動においてヒトの利き手に相当する明確な左右性を示す。本年度は鱗食魚の視覚系の左右差について検証した。

片眼の機能的優位性について、視覚刺激誘導性反応から検証した。鱗食魚 1 匹を入れた細長い水槽の両側にモニター 2 台を置き、片眼ごとにルーミング刺激を与えて逃避反応を記録した。その結果、左利き個体はランダムよりも右眼からの刺激に、右利き個体は左眼からの刺激により反応して、利き間では有意な違いがあった。すなわち、開口側の眼は視覚刺激に反応しやすいという、感覚機能の優位性をもつと考えられる。

次に、捕食時に片眼を使えないようにするために、メタノールを眼球注射して人工的に白内障を促す処理（視覚障害処理）をして、捕食実験を行った。開口側の眼（右利き個体の左眼、左利き個体の右眼）を障害した場合、処理前には 9 割以上だった利き側からの襲撃が、処理後は 5 割にまで低下し、捕食成功率も大きく低下した。さらに運動解析から、利き側襲撃でみられる獲物に噛みつく胴の屈曲運動において、処理後では角速度と屈曲角度の変化量が大きく低下していた。開口側の視覚障害により、襲撃の正確なタイミングがとれないと示唆される。一方で、開口側とは反対側の眼を障害した場合は、処理前後で襲撃方向が変化した個体はおらず、処理後も開口側から 9 割以上襲い、捕食成功率も維持されていた。したがって、開口側の単眼視野が捕食行動にとって重要な利き眼であることが分かった。

さらに、視覚障害後に変化した捕食行動が捕食経験で変化するのかを明らかにするため、幼魚（生後 5 ヶ月）・若魚（生後 7 ヶ月）・成魚を用いて、数日おきに捕食実験を計 5 回行った。幼魚と若魚では、処理前には 8 割以上だった利き側からの襲撃が、処理直後は 3 割にまで低下し、捕食成功率も大きく低下した。一方、成魚では処理後においても本来の利き側から襲撃する傾向が残っていた。捕食実験を 5 回繰り返すと、幼魚は襲撃方向の好みは反転したが、成魚では経験による変化は見られなかった。

以上のことから、開口側の視野が捕食や逃避にとって重要な利き眼であることが明らかになった。視覚障害効果は若い個体ほど大きく、若い個体は襲撃方向を切り替えるという、発達依存的な可塑性の存在が示唆された。利きの発達については総説 1 本を発表し、上記の内容をまとめて原著論文を作成している。

<業績リスト>

1) Takeuchi, Y. (2023) Developmental process of a pronounced laterality in the scale-eating cichlid fish *Perissodus microlepis* in Lake Tanganyika. *Zoological Science*, 40(2):160-167.

国内学会発表

- 1) **竹内勇一** 命のやりとりから生まれた動物の利き 日本動物学会北海道支部第 68 回大会 札幌 2024 年 3 月 15 日（招待講演）
- 2) **竹内勇一**、畑啓生、佐々木瑞希、丸山 敦 コイ科の追星を食べる:マラウイシクリッド *Docimodus evelynae* で見つかった新奇な習性 第 71 回日本生態学会大会 横浜 2024 年 3 月 16-21 日
- 3) 丸林菜々子、八杉公基、小田洋一、**竹内勇一** 鱗食魚の表現型可塑性: 鱗食経験に基づく捕食行動と下顎骨の変化 2023 年日本生態学会中部地区会 八ヶ岳 2023 年 9 月 26 日
- 4) **竹内勇一**、畑啓生、佐々木瑞希、丸山 敦 マラウイ湖産シクリッド *Docimodus evelynae* で見出された新規で奇妙な食性 日本動物学会第 94 回大会 山形 2023 年 9 月 7-9 日
- 5) 中川芽依、樋口祐那、渡邊貴樹、小田 洋一、**竹内勇一** 鱗食魚の捕食行動における利き眼とその発達依存性の検証 日本動物学会第 94 回大会 山形 2023 年 9 月 7-9 日

生物科学部門 行動神経生物学分野
常松 友美

利用状況・研究成果

一日 8 時間寝るとすると私たちは人生の 3 分の 1 もの時間を眠って過ごしている。睡眠は本能行動のひとつであるにも関わらず、なぜ眠るのか？なぜ夢を見るのか？など根本的な問いに未だ睡眠研究者は正確に回答することができない。私たちは様々遺伝子改変マウスを用いて、これらの疑問を明らかにする事を目的として研究を行っている。睡眠には夢を見ているレム睡眠と脳の休息に重要なノンレム睡眠の 2 つの睡眠状態がある。2 つの睡眠ステージにはそれぞれ特徴的な脳波がある。レム睡眠では橋で発生し夢を作り出していると予想されている PGO 波、海馬で発生するシータ波、ノンレム睡眠では海馬で発生する鋭波リップルが挙げられる。どの脳波も記憶の固定化に重要であると考えられているが、現在のところそれらの脳波の生理的役割はそれぞれ独立して研究が進められており、それら脳波の関係性に言及した研究は

皆無である。しかしながら睡眠の意義に迫るためには、それらを統合的理解する必要があると考え、マウスを用いて電気生理学的研究を行った。

PGO 波はレム睡眠中に特徴的な脳波だと考えられてきたが、発生頻度は低いノンレム睡眠でも PGO 波が観察されることを見出した (Tsunematsu et al., 2020 *eLife*)。そこでレム睡眠で発生する PGO 波とノンレム睡眠で発生する PGO 波に違いがあるかどうかを検討した。主成分分析の結果、両者の波形の特徴は類似していた。次にレム睡眠 PGO 波と海馬シータ波の関連を調べた。その結果、これらは位相同期しており、これまでネコやラット、サルで報告された結果と一致した。これは、PGO 波はシータ波と協調的に作用し、記憶の固定下に重要な役割を持つ可能性を示唆している。また、ノンレム睡眠 PGO 波と海馬鋭波リップルとの関連を調べたところ、拮抗的な作用を示した。PGO 波が発生すると鋭波リップルのパワー値が減少し、PGO 波と同期して出現する鋭波リップルは同期しない鋭波リップルよりも有意に持続時間が減少した。つまり、ノンレム睡眠 PGO 波は記憶に重要な鋭波リップルを抑制していることが示唆された。ノンレム睡眠 PGO 波とレム睡眠 PGO 波は、記憶の固定化において相反する役割を担っている可能性を明らかにした。本研究結果は *Sleep* 誌において発表した (Tsunematsu et al., 2023 *Sleep*)。今後は PGO 波発生神経メカニズムや PGO 波伝播神経回路等の解明を進めていく予定としている。

その他、当研究室ではグリア細胞の一種であるアストロサイトによる睡眠覚醒制御メカニズム (業績リスト、学会発表 2)、アルツハイマー症と睡眠 (業績リスト、学会発表 4) というテーマでも研究を遂行しており、これらは令和 6 年度中に学術論文として成果発表を行う予定である。

<業績リスト>

学術論文

- 1) Hasegawa, E., Oishi, Y., Kroeger, D., Tsunematsu, T., Dauvilliers, Y. (2023) Editorial: Neurobiology of sleeping behaviors. *Frontiers in Behavioral Neuroscience* 17:1131920.
- 2) Tsunematsu, T. (2023) What are the neural mechanisms and physiological functions of dreams? *Neuroscience Research* 189: 54-59.
- 3) Tsunematsu, T., Matsumoto, S., Merkle, M., Sakata, S. (2023) Pontine waves accompanied by short hippocampal sharp wave-ripples during non-rapid eye movement sleep. *Sleep* 46(9):1-13.

学会発表

- 1) 常松友美：ディープラーニングを用いたマウス夢見証明への挑戦。(ポスター発表)

- 第 2 回分子生命反応創発討論会, 2023 年 8 月 25 日, 北海道大学 理学部 (札幌市).
- 2) 黒木優太、佐柳友規、小野大輔、常松友美: 化学遺伝学的手法を用いた睡眠覚醒制御におけるアストロサイトの役割の解明. (口頭発表) 日本睡眠学会第 45 回定期学術集会・第 30 回日本時間生物学会学術大会, 2023 年 9 月 15 日, パシフィコ横浜 ノース (横浜市).
- 3) 常松友美: 睡眠ステージ依存的な脳幹海馬間神経活動の電気生理学的解析. (招待講演) 日本睡眠学会第 45 回定期学術集会・第 30 回日本時間生物学会学術大会, 2023 年 9 月 15 日, パシフィコ横浜 ノース (横浜市).
- 4) 常松友美: 線維化アミロイド β 投与によるレム睡眠破綻. (招待講演) 日本睡眠学会第 45 回定期学術集会・第 30 回日本時間生物学会学術大会, 2023 年 9 月 15 日, パシフィコ横浜 ノース (横浜市).

生物科学部門 生殖発生生物学分野

木村 敦

<研究課題名>

哺乳類の生殖に関わるゲノム機能に関する研究

<利用状況・成果>

当研究室では、哺乳類の生殖におけるゲノム機能を解明することを目的として、生殖器官における遺伝子発現調節機構を調査している。具体的には卵巣、精巣、胎盤で発現するさまざまな遺伝子がどのようなメカニズムで制御されているのかを分子レベルで調べており、必要に応じて遺伝子の機能解析も行っている。また、多くのゲノム配列から転写される long noncoding RNA (lncRNA) の解析も行っている。今年度は、精子形成で機能する lncRNA の作用メカニズムを解明した。

マウス 9 番染色体上の *Prss/Tessp* 遺伝子座は精巣特異的な遺伝子が並んだユニークな遺伝子座で、精子形成において重要なゲノム領域である。我々はこの遺伝子座に 3 つの新規な lncRNA を発見して報告しており、そのうちの 1 つが *Tesra* (*Tessp cluster lncRNA related to gene activation*) である。*Tesra* は同じ遺伝子座に存在する精巣特異的プロテアーゼをコードする *Prss42/Tessp-2* 遺伝子の転写活性化に機能することが示唆されている。今回我々は、*Tesra* による *Prss42/Tessp-2* 転写活性化の分子メカニズムを明らかにするため、*Tesra* 結合タンパク質の探索を行った。Ribotrap 法という手法を用いて、生後 5 カ月のマウス精巣から生殖細胞を単離し、その核抽出液の中で *Tesra* に結合するタンパク質を集めて質量分析を行った。その結果、合計 15 個のタ

ンパク質を *Tesra* 結合タンパク質の候補として同定することに成功した。この解析で特に高いスコアを示したタンパク質のうち、精子形成に機能することが知られている PTBP2 (polypyrimidine tract binding protein 2) タンパク質について、マウス精巣の生殖細胞を用いて RNA 免疫沈降を行ったところ、*in vivo* で *Tesra* が PTBP2 に相互作用していることがわかった。また、*Ptbp2* 遺伝子は精巣において *Tesra* と *Prss42/Tessp-2* 遺伝子と相関して発現することもわかった。そこで、PTBP2 が *Tesra* と相互作用することで、*Tesra* による *Prss42/Tessp-2* 転写活性化に影響を与えるかを調べた。細胞培養系において、*Tesra* の発現を誘導することで *Prss42/Tessp-2* プロモーターが活性化される実験系を構築し、*Ptbp2* 遺伝子をノックダウンしたところ、*Tesra* による転写活性化レベルの低下が観察された。これらのことから、PTBP2 タンパク質は *Tesra* による *Prss42/Tessp-2* 遺伝子の転写活性化に寄与する因子であると結論づけた。精巣ではどの組織よりも多くの長鎖非コード RNA が発現しており、その機能に注目が集まっているところだが、機能が判明しているものは少数派で、作用メカニズムまで明らかになっている例は極めて少ない。本研究は、精巣長鎖非コード RNA の作用メカニズムを解明した貴重な知見である。

<論文発表等>

1. Sato J., Satoh Y., Yamamoto T., Watanabe T., Matsubara S., Satake H., and Kimura A.P. (2024) PTBP2 binds to a testis-specific long noncoding RNA, *Tesra*, and activates transcription of the *Prss42/Tessp-2* gene. *Gene* **893**:147907.
2. 大塚海、木村敦 (2023) 精巣長鎖非コード RNA 「*Start*」の精母細胞における転写活性化能の報告. 比較内分泌学 第49巻 第177号, e0062.

<学会発表>

1. 佐藤丈生、佐藤優衣、山本雄広、渡辺健宏、松原伸、佐竹炎、木村敦「マウス精巣特異的長鎖非コード RNA の転写活性化における PTBP2 タンパク質の寄与」第 47 回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム (九州大学西新プラザ、2023 年 11 月 17~19 日)

生物科学部門 生殖発生生物学分野
黒岩 麻里

令和 5 年度利用状況・研究の成果

私たちが研究対象としているトゲネズミ属 3 種、アマミトゲネズミ (*Tokudaia osimensis*, 2n=25, XO/XO)、トクノシマトゲネズミ (*Tokudaia tokunoshimensis*, 2n=45, XO/XO)、オキナワトゲネ

ズミ (*Tokudaia muenninki*, 2n=44, XX/XY) は、その性染色体と性決定の分子メカニズムにユニークな特徴をもつ。そこで、トゲネズミ属の性染色体進化の過程および性決定分子メカニズムを明らかにすることを目的として、3 種の凍結線維芽細胞を本センター西棟にて保管している。また、アマミトゲネズミとオキナワトゲネズミ 2 種の BAC ライブラリーを作製し、同じく西棟にて保管している。

アマミトゲネズミとトクノシマトゲネズミは哺乳類でありながら Y 染色体を消失しており、雌雄ともに XO 型という大変珍しい特徴をもつ。また哺乳類の性決定遺伝子である *Sry* 遺伝子を完全に消失している。マウスやヒトでは、SRY タンパク質が性決定時期の胚の生殖腺において転写因子として働き、*Sox9* 遺伝子の転写を促す。SOX9 タンパク質が発現した細胞はセルトリ細胞へと分化し、生殖腺は精巣へと分化する。これが、哺乳類の性決定の分子メカニズムである。そして、SRY タンパク質が結合する *Sox9* 上流のエンハンサー配列 (Enh13) が報告されている。*Sry* 遺伝子をもたないアマミトゲネズミにおいても、Enh13 配列はゲノム中に存在する。私たちは、本種は SRY タンパク質が発現しないことから Enh13 はエンハンサーとして利用されていないと考え、レポーター遺伝子解析を行ったところ、予想通りエンハンサーの活性は示さなかった。しかし、本種の Enh13 配列には SRY タンパク質の結合配列が保存されていたことから、マウスの性決定には、SRY タンパク質以外の新しい転写因子も必要であると仮説を立てた。本種とマウスの Enh13 配列を比較し、両種の Enh13 の配列を部分的に入れ替えたレポーター遺伝子解析を行った結果、3 つの転写因子が予測された。

また、本属で唯一、XX/XY 型の性染色体構成をもつオキナワトゲネズミの X 染色体不活性化機構についての研究を実施した。アマミおよびトクノシマトゲネズミでは、雌雄ともに X 染色体 1 本であるため不活性化を行う必要がなく、不活性化に中心的に働く *Xist* 遺伝子に変異が生じていることが、私たちの先行研究で明らかになっている。一方で、XX/XY 型のオキナワトゲネズミでは、X および Y 染色体に一对の常染色体が融合することで、neo-X, Y 染色体を獲得している。つまり、本種の X 染色体の長腕は元 X 染色体 (祖先 X 染色体)、短腕が元常染色体 (neo-X) である。本種では、*Xist* 遺伝子配列が保存され、メスの体細胞での *Xist* RNA の転写も確認されている。そこで、西棟にて凍結保存されている繊維芽細胞を培養して間期核の標本を作製し、免疫染色、*Xist* RNA プローブを用いた RNA-FISH、西棟で保存されている

BAC ライブラリーから得た BAC クローンを用いた DNA FISH を行い、間期核中の祖先 X および neo-X の動態を確認した。その結果、祖先 X は barr body と呼ばれる凝集構造を形成することがわかった。さらに neo-X は、barr body は形成しないものの、ゆるい凝集構造をとることが明らかとなり、X 染色体不活性化機構が獲得される初期の状態であることが示唆された。

さらに独立行政法人環境再生保全機構の委託を受け、研究プロジェクト「化学物質の鳥類卵内投与による性分化異常評価手法の開発とテストガイドライン化に向けた提案」に参画し、化学物質がニホンウズラ生殖細胞の性分化に与える影響を解析している。ゲノム棟で飼育している雌雄個体を交配させ、それより得られた受精卵に様々な人工合成化学物質を投与した結果、ブスルファン、ジエチルスチルベストロール、エチニルエストラジール、トリクロロエタンに生殖細胞の細胞死や性転換を誘発する毒性効果が認められた。

論文発表・学会発表等の業績リスト (*責任著者)

1. Hirata Y, **Mizushima S**, Mitsukawa S, Kon M, Kuroki Y, Jogahara T, Shinohara N, **Kuroiwa A*** (2024) Identification of a new enhancer that promotes Sox9 expression by a comparative analysis of mouse and Sry-deficient Amami spiny rat. *Cytogenetic and Genome Research*. 2024 doi: 10.1159/000536408.
2. Matsuzaki M, **Mizushima S**, Tsudzuki M, Maeda T and Sasanami T* (2024). Sperm replacement in sperm-storage tubules causes last-male sperm precedence in chickens. *British Poultry Science*, 65: 97-104.
3. Okamoto M, Sasaki R, Ikeda K, Doi K, Tatsumi F, Oshima K, Kojima T, **Mizushima S**, Ikegami K, Yoshimura T, Furulawa K, Kobayashi M, Horio F and Murai A* (2024) FcRY is a key molecule controlling maternal blood IgY transfer to yolks during egg development in avian species. *Frontiers in Immunology*, 15:1305587.
4. Okuno M, Mochimaru Y, Matsuoka K, Yamabe T, Matiz-Ceron L, Jogahara T, Toyoda A, **Kuroiwa A**, Itoh T* (2023) Chromosomal-level assembly of Tokudaia osimensis, Tokudaia tokunoshimensis, and Tokudaia muenninki genomes. *Scientific Data* 10(1):927.
5. **Mizushima S***, **Kuroiwa A** (2023) Diethylstilbestrol reduces primordial germ cells in male Japanese quail. *Poultry Science* 102(10):102910.
6. Kudo R, **Yoshida I**, Matiz Ceron L, **Mizushima S**, Kuroki Y, Jogahara T, **Kuroiwa A***(2023) The neo-X does not form a Barr body but shows a slightly condensed structure in the Okinawa spiny rat (Tokudaia muenninki). *Cytogenetic and Genome Research* 162(11-12):632-643.
7. **Mizushima S***, Sasanami T, Ono T, **Kuroiwa A** (2023) Current Approaches to and the Application of Intracytoplasmic Sperm Injection (ICSI) for Avian Genome Editing. *Genes (Basel)* 14(3):757.
8. **Kuroiwa A**: Turnover of mammal sex chromosomes in the Sry-deficient species, Amami spiny rat. 8th Asia-Pacific Chromosome Colloquium (APCC8), 19th Sep, 2023, Tekirdag Namik Kemal University, Tekirdag, Turkey. Invited lecture
9. **Kuroiwa A**: Sex chromosome turnover in the Sry-deficient mammal. XXIII International Congress of Genetics, GENETICS AND GENOMICS (ICG2023), Symposium Session "Genetics & Epigenetics of Sex", 20th Jul, 2023, Melbourne Convention & Exhibition Centre, Melbourne, Australia. Invited lecture
10. **Mizushima S, Kuroiwa A**: Detrimental assessment of ethinylestradiol on the stem cell properties of quail primordial germ cells. 57th Congress of the European Societies of Toxicology, 10-13th Sep 2023, Ljubljana Slovenia. Poster presentation
11. Matiz L, Okuno M, Itoh T, **Mizushima S, Kuroiwa A**: Loss of the Y chromosome changes the configuration of the X inactivation center in the genus Tokudaia. 8th Asia-Pacific Chromosome Colloquium (APCC8), 19th Sep, 2023, Tekirdag Namik Kemal University, Tekirdag, Turkey. Oral presentation
12. Urunanont P, **Mizushima S**, Itoh T, **Kuroiwa A**: Eccentric SRY of the Okinawa spiny rat and its sex-determining ability revealed by in silico and in vitro analysis. 8th Asia-Pacific Chromosome Colloquium (APCC8), 19th Sep, 2023, Tekirdag Namik Kemal University, Tekirdag, Turkey. Oral presentation
13. **水島秀成**: 鳥類配偶子の保存と体外受精技術の開発に向けて, Cryopreservation conference 2023, 2023年11月14日, 文部科学省研究交流センターつくば, つくば市. 招待講演
14. **黒岩麻里**: Y染色体を失いながらもオスが生まれる哺乳類種の性決定メカニズム. 第46回日本分子生物学会年会, シンポジウム「様々な性染色体からせまる性の消滅回避機構」, 2023年12月8日, 神戸ポートアイランド, 神戸市. 招待講演
15. **黒岩麻里**: Y染色体に依存しない哺乳類の新しい性決定メカニズムの解明. 第88回日本泌尿器科学会 東部総会 札幌 教育講演, 2023年10月6日, ロイトン札幌, 札幌市. 招待講演
16. **黒岩麻里**: トゲネズミ属の性決定メカニズムの進化. 日本哺乳類学会 2023年度大会 100周年記念沖縄大会公開シンポジウム「琉球諸島: その特異な成り立ちと生物多様性」, 2023年9月9日, 那覇文化芸術劇場なはーと, 那覇市. 招待講演

17. **黒岩麻里**: Y染色体と性決定遺伝子をもたない哺乳類の研究. 日本動物学会 第94回山形大会ナリゲシンポジウム「昨日の動物学、明日の動物学: 挑戦する中堅世代からのメッセージ」, 2023年9月8日, 山形大学小白川キャンパス, 山形市. 招待講演
18. **黒岩麻里**: Y染色体とSRY遺伝子に依存しない哺乳類の性決定メカニズム. 京都大学大学院医学研究科 遺伝カウンセラーコース/関西遺伝カウンセリング合同カンファレンス 特別講演会, 2023年6月28日. 招待講演
19. **黒岩麻里**: ゲノム解析から成し得たY染色体をもたない哺乳類の性決定機構の解明. 生命科学4プラットフォーム成果シンポジウム「先進ゲノム解析研究推進プラットフォーム」, 2023年4月27日, 東京大学弥生講堂・一条ホール (ハイブリッド開催). 招待講演
20. **水島秀成**, 小川湧也, **黒岩麻里**: ニホンウズラの始原生殖細胞に及ぼす知恵チルスチベストロールの影響, 日本家禽学会秋季大会, 2023年9月21日, 帯広畜産大学, 帯広市. 口頭発表
21. **水島秀成**, 小川湧也, **黒岩麻里**: オスウズラの生殖細胞分化に与えるジエチルスチベストロールの影響, 鳥類内分布研究会, 2023年12月2日, 名古屋大学, 名古屋市. ポスター発表
22. 小川湧也, **水島秀成**, **黒岩麻里**: 環境化学物質曝露下におけるニホンウズラ胚生殖細胞の解析. 第46回日本分子生物学会年会, 2023年12月8日, 神戸国際会議場, 神戸市. ポスター発表
23. 程田大智, **水島秀成**, **黒岩麻里**: ニホンウズラにおける性染色体連鎖遺伝子 UBAP2 の発現解析. 第46回日本分子生物学会年会, 2023年12月8日, 神戸ポートアイランド, 神戸市. ポスター発表
24. 木村優希, Matiz Luisa, 奥野未来, 伊藤武彦, **水島秀成**, **黒岩麻里**: 古顎類エミューにおける精巢決定遺伝子 DMRT1 の発現解析と卵巢決定候補遺伝子の探索. 第46回日本分子生物学会年会, 2023年12月8日, 神戸ポートアイランド, 神戸市. ポスター発表
25. 久保田悠介, 小川湧也, 寺尾美穂, 高田修治, 中川達哉, 森光子, 伊川正人, **水島秀成**, **黒岩麻里**: Sry 遺伝子をもたないアマミトゲネズミのオス特異的重複配列が担う精巢分化機能の解析. 第46回日本分子生物学会年会, 2023年12月8日, 神戸ポートアイランド, 神戸市. ポスター発表
26. 小川湧也, **水島秀成**, **黒岩麻里**: 内分泌攪乱物質曝露下における鳥類生殖細胞への影響の解析. 日本動物学会北海道支部第68回大会, 2024年3月16日, 北海道大学, 札幌市. 口頭発表
27. 光川祥一朗, **水島秀成**, **黒岩麻里**: アマミトゲネズミ精巢特異的エンハンサーを介して Sox9 発現を制御する転写因子の探索. 日本動物学会北海道支部第68回大会, 2024年3月16日, 北海道大学, 札幌市. 口頭発表
28. 程田大智, **水島秀成**, **黒岩麻里**: ニホンウズラにおける性染色体連鎖遺伝子 UBAP2 の発現解析. 日本動物学会北海道支部第68回大会, 2024年3月16日, 北海道大学, 札幌市. 口頭発表
29. 木村優希, Matiz-Ceron Luisa, **水島秀成**, **黒岩麻里**: 古顎類エミュー (Dromaius novaehollandiae) における卵巢決定遺伝子の探索. 日本動物学会北海道支部第68回大会, 2024年3月16日, 北海道大学, 札幌市. 口頭発表
30. 久保田悠介, 小川湧也, **水島秀成**, **黒岩麻里**: アマミトゲネズミ Sox9 上流制御領域にあるオス特異的重複配列の精巢分化機能解析. 日本動物学会北海道支部第68回大会, 2024年3月16日, 北海道大学, 札幌市. 口頭発表

生物科学部門 生殖発生生物学分野
小谷 友也

<利用報告>

多くの多細胞生物は配偶子の卵と精子を形成し、これらを受精させることで次世代の個体を生み出す。卵母細胞は受精後の発生を進行させるため、多くの物質をその形成過程で蓄える。近年の研究で卵母細胞が持つ転写産物が網羅的に解析され、一万種類を超える mRNA を蓄積することが示された。さらに、これらのうち二千から三千の mRNA は翻訳を抑制され、受精後の発生過程で時期特異的に翻訳されることが明らかとなってきた。しかし、受精後に翻訳される mRNA はどのように卵母細胞に蓄えられるのか、どのように翻訳を開始するのかはほとんど分かっていない。

Pou5f3 タンパク質は受精後の卵割期に活発に翻訳され、その後の背腹領域の形成・内胚葉細胞の分化・接合体性遺伝子の発現に重要な転写因子として研究されてきた。しかし、*pou5f3* 遺伝子がいつ転写され、どの時期にタンパク質となるかは定かではない。我々は、mRNA の発現を高感度に検出する *in situ hybridization* 法と、新規に作製した抗 Pou5f3 抗体を用い、ゼブラフィッシュの卵形成と初期発生におけるそれぞれの発現を詳細に解析してきた。その結果、卵形成の初期に mRNA の転写が開始されること、一方で、タンパク質は受精後の胞胚期から発現量が大幅に上昇することが示

された。卵母細胞が成熟する過程で翻訳される mRNA は抑制状態で短い Poly(A) 尾部を持ち、活性化に先立ちこの Poly(A) 尾部を伸長することが知られている。Poly(A) tail (PAT) assay と呼ばれる手法で *pou5f3* mRNA の Poly(A) 鎖の変化を解析した結果、翻訳が活性化しない卵成熟過程でその長さは変化しないものの、受精後に徐々に Poly(A) 尾部が長くなることが示された。さらに、その変化を塩基レベルで解析するため PAT assay の産物をシーケンスしたところ、*pou5f3* mRNA の 3' 末端は受精後に一度約 70 塩基が削られ、その後に Poly(A) 尾部が伸長することが明らかとなった。翻訳の活性化に先立ち 3' 末端配列が削除されることから、この新規の RNA プロセッシングは翻訳の活性化と関係があると推測された。

上記の仮説を検証するため、初めにトランスジェニック・ゼブラフィッシュを作出し、レポーター mRNA の翻訳活性を解析した。その結果、*pou5f3* mRNA の 3' 末端配列を持たないレポーター mRNA は受精直後に翻訳されること、一方で、3' 末端配列を持つ mRNA は翻訳を抑制されたままであることが示された。次に、マウス卵母細胞を用いレポーター mRNA の微量注入を行なった。その結果、3' 末端の配列を持つ mRNA は翻訳効率が低く、3' 末端を持たない mRNA は翻訳効率が高いことが示された。さらに、ゼブラフィッシュ *pou5f3* 遺伝子の 3' 末端をゲノム編集し、受精時にすでに 3' 末端を短縮する変異体を 2 系統作出した。これら変異体の解析から、3' 末端の短縮は早期の翻訳活性化を促すことが明らかとなった。最後に、3' 末端の短縮をモルフォリノ・オリゴヌクレオチド (MO) で阻害することを試みた。その結果、MO によって 3' 末端の短縮とタンパク質の合成が阻害され、発生が異常となることが示された。以上の結果から、mRNA の短縮は翻訳の活性化を促進することが示された。mRNA の 3' 末端の短縮と翻訳の活性化の仕組みに迫るため、それぞれの mRNA に結合するタンパク質の同定を試みた。質量分析で同定された約 400 種類のタンパク質のうち、長い 3' 末端を持つ mRNA に結合する hnRNP D、3' 末端が削られた mRNA に結合する Gemin5・Dhx9 タンパク質の機能を解析した。その結果、hnRNP D は翻訳を抑制し、Gemin5 と Dhx9 は翻訳を活性化することが示された。さらに、*pou5f3* 以外の mRNA の 3' 末端の変化を解析した結果、解析した 568 mRNA のうち 255 (44.9%) の mRNA で 3' 末端が短縮されることが明らかとなった。以上の成果から、mRNA の 3' 末端の削除による翻訳の活性化という、発生を進行させる新規の分子機能の存在が示された。

<発表論文>

Takada Y, Fierro L, Sato K, Sanada T, Ishii A, Yamamoto T, and Kotani T. (2023) Mature mRNA processing that deletes 3' end sequences direct translational activation and embryonic development. *Science Advances*, 9, eadg6532.

Sato K, and Kotani T. (2024) Visualizing the translational activation of a particular mRNA in zebrafish embryos using *in situ* hybridization and proximity ligation assay. *STAR Protocols*, 5, 102951.

<学会発表>

眞田崇弘, 小谷友也: マウス初期胚発生で hnRNP D と PATL2 が関与する母性 mRNA の翻訳制御. 日本動物学会北海道支部第 67 回大会, 2023 年 3 月 18 日, 旭川市公民館木楽輪 (旭川市)

眞田崇弘, 小谷友也: マウス卵母細胞内の RNA 結合タンパク質の分布と卵成熟過程における変化. 日本動物学会第 94 回山形大会, 2023 年 9 月 7 日, 山形大学小白川キャンパス (山形)

石井晏和, 佐藤圭祐, 小谷友也: ゼブラフィッシュ胚の初期発生と翻訳制御における 3'UTR 短縮の機能解析. 日本動物学会第 94 回山形大会, 2023 年 9 月 9 日, 山形大学小白川キャンパス (山形市)

眞田崇弘, 小谷友也: マウス卵母細胞内の mRNA-RNA 結合タンパク質複合体の分布と卵成熟過程における変化. 第 46 回日本分子生物学会年会, 2023 年 12 月 6 日, 神戸ポートアイランド (神戸市)

佐藤圭祐, 小谷友也: ゼブラフィッシュ初期発生の翻訳制御における mRNA の 3'UTR の長さ RNA 結合タンパク質の機能解析. 第 46 回日本分子生物学会年会, 2023 年 12 月 6 日, 神戸ポートアイランド (神戸市)

石井晏和, 佐藤圭祐, 小谷友也: 3'非翻訳領域 (UTR) の短縮による新規翻訳制御機構の解析. 第 46 回日本分子生物学会年会, 2023 年 12 月 8 日, 神戸ポートアイランド (神戸市)

Fierro Ludivine, 高田裕貴, 佐藤圭祐, 小谷友也: A novel molecular mechanism of zebrafish mRNA regulation in the early developmental stage. 第 46 回日本分子生物学会年会, 2023 年 12 月 6 日, 神戸ポートアイランド (神戸市)

生物科学部門 生殖発生生物学分野
荻原 克益

脊椎動物の生殖器官の機能に関する研究

(研究目的)

脊椎動物の生殖活動は、視床下部 (脳) - 脳下垂体 - 生殖腺からなる生殖内分泌系により調節され、卵巣でつくられる卵と精巣でつくられる精子の合

体（受精）により新しい個体ができる。当研究室では、卵巢、精巣等における様々な現象を分子レベルで解析し、そのメカニズムを解明することを目的に研究を進めている。現在は、脊椎動物の卵巢機能（特に卵子形成や排卵）に関連する未解明な課題に取り組んでいる。

（経過・結果）

当研究室では、実験材料としてメダカやマウスを用いて研究を行っている。メダカは、排卵実行に必要な不可欠な酵素（排卵酵素）がすでに同定されており、さらに生体外で排卵現象を観察できる培養系が利用可能なことから、排卵研究に適した実験動物である。メダカを用いた排卵に関連した研究テーマとマウスを用いた研究テーマとして以下の研究を行っている。

(1)メダカ排卵後の残留濾胞組織の迅速分解機構

卵母細胞は濾胞内で成長し、受精可能な状態になると排卵される。濾胞は卵母細胞と卵母細胞を囲む濾胞細胞層から成り、排卵時、卵母細胞のみが排卵され、卵巢内には濾胞細胞層（濾胞組織）が取り残される。この濾胞組織は排卵後徐々に分解され最終的に消失するが、毎日排卵をするメダカではこの分解、除去機構が哺乳類などと比較してずっと速い。本研究課題ではこの迅速な分解、除去機構の詳細を明らかにすることを目的としている。

カテプシン L はタンパク質分解酵素の一種で、哺乳類では排卵に関与することが示唆されている。そこでメダカ排卵にこの酵素が関与するかを調べた。カテプシン L タンパク質は排卵直前の濾胞に発現しており、排卵に向けてその発現量は増加していた。また、カテプシン L の活性体が排卵直前の濾胞で検出されたことから、排卵への関与が濃厚となった。しかしながら、生体外排卵培養系を用いた実験から、カテプシン L が排卵に関与する可能性は低いことが示された。そこで、次にカテプシン L の卵巢における機能解明を行った。カテプシン L は排卵後の濾胞組織に強く発現することから、この組織分解への可能性を探った。この酵素の阻害剤である E-64 もしくは特異的抗体（阻害剤として機能）をメダカ卵巢腔に注入し、濾胞組織分解を観察したところ、E-64 および特異的抗体により組織分解が抑制されることが明らかとなった。この結果より、カテプシン L が濾胞組織分解に関与することが示されたので、次にどのように関与するのかを調べた。その結果、排卵後の濾胞組織に発現する urokinase type plasminogen activator (uPA) の活性化に関与することが示唆された。uPA は plasminogen の活性化因子であり、plasminogen

の活性体である plasmin と gelatinase B が濾胞組織分解の主要因子と考えられていることから、カテプシン L は濾胞組織分解の初発反応に関与する可能性が高いことが示唆された。

(2)濾胞選択機構の解明

哺乳類の卵巢には、原始濾胞とよばれる濾胞が多数ストックされている。この原始濾胞の一部（数十個～百個程度）が何らかの刺激により成長を開始し、最終的に 1～10 個程度の卵子が排卵される。成長を開始した濾胞の大部分は、途中で成長を停止し、アポトーシスにより死滅する。この過程が濾胞選択であるが、生き残る濾胞とアポトーシスにより死滅する濾胞はどのように選別されているのか、その分子機構を明らかにすることが本研究の目的である。

100 個前後の卵子を排卵させることができる薬剤（Ova）（PMSG/hCG 等で過排卵を誘導するとマウスの場合、10-20 個程度が排卵される）を用いて排卵を誘導すると estradiol-17 β (E2) とアクチビンの量が有意に増加することが判明している。そこで、今回は E2 の下流について詳細に解析を行った。E2 受容体である ERa、ERb のタンパク質発現を調べたところ、Ova 注射マウス卵巢において ERa の発現が有意に上昇していたので、ERa に注目して解析を進めたところ、この受容体は、顆粒膜細胞でアポトーシスが観察されない排卵前濾胞（生き残る可能性が高い濾胞）に発現していることが判明した。また、Ova 注射マウス卵巢では、解糖系に関与する酵素の遺伝子発現が有意に上昇し、いくつかの遺伝子の転写開始点上流領域には、ER の予想結合部位が存在することが明らかとなった。この結果より、ERa が解糖系の制御に関与すること、また、濾胞選択に解糖系が関与することが示唆された。

論文

1. Kondo Y., Rajapakse S., Ogiwara K. Involvement of cathepsin L in the degradation and degeneration of postovulatory follicle of the medaka ovary Biol. Reprod. 2023; 109(6):904-917.
2. Futamata R., Kinoshita M., Ogiwara K., Kioka N., Ueda K. Cholesterol accumulation in ovarian follicles causes ovulation defects in Abcala-/- Japanese medaka (*Oryzias latipes*). Heliyon. 2023; 9(2): e13291.

学会発表

上野愛莉、荻原克益

「マウス濾胞選択におけるエストロゲン受容体 ERa の関与」

日本動物学会第94回大会（山形）、2023年9月7-9日

近藤祥子、Sanath Rajapakse、荻原克益

「メダカ排卵後濾胞組織の分解へのカテプシン L の関与」

日本動物学会第94回大会（山形）、2023年9月7-9日

荻原克益、近藤祥子

「メダカ Growth hormone の排卵への関与」

日本動物学会第94回大会（山形）、2023年9月7-9日

生物科学部門 多様性生物学分野

増田 隆一（純水利用）

<研究成果>

A) トラキアウマの古代 DNA 分析：ブルガリア国立自然史博物館およびトラキア大学との共同研究として、トラキアウマの古代 DNA 分析を行った。トラキアウマは、ブルガリを中心に栄えたトラキア文化で樹立されたと考えられており、その特徴を遺伝的にとらえることを目的とした。ブルガリアにおける紀元前4世紀から1世紀の複数の遺跡から出土したウマ骨標本 17 個体を分析したところ、14 のミトコンドリア DNA (mtDNA) ハプロタイプを検出した。既報の世界各地の現代ウマのタイプを比較したところ、南ヨーロッパおよび中央アジアのウマ系統と近縁であることが明らかとなった。さらに、得られたハプロタイプは、これまでに現代ウマから報告されている 11 の mtDNA ハプログループのどれかに含まれていた。そのことから、ブルガリアにおける古代トラキアウマの遺伝的多様性は比較的高く、現代ウマと密接に関係していることが示された（発表論文 1）。

B) フィンランドにおけるタヌキの遺伝的多様性分析： フィンランドのヘルシンキ大学およびフィンランド食品安全局との共同研究により、フィンランドで外来種として分布拡大しているタヌキについて、主要組織適合遺伝子複合体遺伝子 (MHC) の *DRB* 遺伝子、MHC に連鎖するマイクロサテライト、および連鎖しないマイクロサテライトの遺伝子型分析を行い、集団の多様性と病原体の感染との関連性を考察した。その結果を日本在来のタヌキ集団のデータと比較したところ、マイクロサテライトの多様性には、両国のタヌキ集団間

で違いは見られなかった。それに対し、*DRB* 遺伝子の多様性については、フィンランド集団の方が低かった。これは、外来集団の創始者効果を示しているのかもしれない。さらに、フィンランドのタヌキ集団では、分析した遺伝子型と旋毛虫の感染との関連性は見られなかった（発表論文 2）。

C) アルタイイタチおよびイシテンの系統地理的研究： イタチ科の進化研究の一環として、ロシア科学アカデミー動物学研究所との共同研究を行い、ユーラシア大陸東部に分布するアルタイイタチおよびイシテンの mtDNA 系統地理学的特徴を考察した。

まず、アルタイイタチについては、2 つの系統（クレード I とクレード II）を見出した。クレード I は大陸極東域、アルタイ山脈、カザフスタンなどの個体を含むユーラシア北部の集団によって構成された。一方、クレード II はさらに 2 つのサブクレード IIa と IIb に分かれ、IIa はパミール高原、IIb はチベット高原の集団に分かれた。クレード I は、高いハプロタイプ多様度と低い塩基多様度を示したことから、短期間のうちにユーラシア北部に広く分散したものと考えられた。それに対し、クレード II は高い塩基多様度を示したことから、高山帯に地理的に隔離され、長期間安定した集団であることが示唆された（発表論文 3）。

次に、イシテンについても、ユーラシア大陸内で 2 つの系統が見出された。1 つめは、ヨーロッパから中央アジアに分布する個体で形成される Major Eurasian group、そして 2 つめは、トルコ東部に生息する集団の Eastern Turkey group である。Major Eurasian group は、最終氷期以降に、退避所であったと推定されるバルカン半島からトルコ西部、ヨーロッパ広域、中央アジアへ分布拡散したと考えられた。ただ、中央アジア集団がどこかに独自の起源を有していたことも否定できない。一方、Eastern Turkey group では、短期間で分布拡散したという明瞭な証拠は得られなかった（発表論文 4）。

<発表論文・著書>

- (1) Nishita, Y., Amaike, Y., Spassov, N., Hristova, L., Kostov, D., Vladova, D., Peeva, S., Raichev, E., Vlaeva, R., and Masuda, R. (2023) Diversity of mitochondrial D-loop haplotypes from ancient Thracian horses in Bulgaria. *Animal Science Journal* 94 (1): e13810. (DOI: 10.1111/asj.13810)
- (2) Sugiyama, Y., Nishita, Y., Amaike, Y., Oksanen, A., Lavikainen, A., and Masuda, R. (2023)

Comparison of microsatellite and the MHC class II *DRB* locus diversity of raccoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*) between Finland and Japan. *Annales Zoologici Fennici* 60 (1): 57-71.

- (3) Suzuki, N., Abramov, A.V., Amaike, Y., Nishita, Y., and Masuda, R. (2023) Phylogeography of the Altai weasel (Carnivora: Mustelidae: *Mustela altaica*) based on an analysis of mitochondrial control-region haplotypes. *Biological Journal of the Linnean Society* 138 (3): 274-281.
- (4) Ishii, H., Amaike, Y., Nishita, Y., Abramov, A.V., and Masuda, R. (2023) Phylogeography of the stone marten (*Martes foina*: Mustelidae: Mammalia) in Eurasia, based on a mitochondrial DNA analysis. *Mammal Research* 68: 375-381.
- (5) 増田隆一 (2023) 動物地理学の世界へようこそ！子どもの本棚 8月号 (658号): 38-39.
- (6) 増田隆一 (2024) ハクビシンの不思議 — どこから来て、どこへ行くのか. 東京大学出版会.

<学会発表>

- (1) 鈴木和, 西田義憲, Alexei V. Abramov, 増田隆一: アルタイイタチ (*Mustela altaica*) における MHC class II *DRB* 遺伝子の遺伝的多様性. 日本哺乳類学会 2023 年度大会 (ポスター発表), 2023 年 9 月 7-10 日, 琉球大学.
- (2) 西田義憲, 天池庸介, Nikolai Spassov, Latinka Hristova, Dimitar Kostov, Diyana Vladova, Stanislava Peeva, Evgeniy Raichev, Radka Vlaeva, 増田隆一: ブルガリアの遺跡から発掘されたトラキア馬のミトコンドリア D-loop 配列に基づく多様性. 日本哺乳類学会 2023 年度大会 (ポスター発表), 2023 年 9 月 7-10 日, 琉球大学.
- (3) 箕田眞琴, 天池庸介, 浦口宏二, 増田隆一: 札幌都市ギツネの集団遺伝構造および遺伝的多様性の解明とその変遷. 日本哺乳類学会 2023 年度大会 (ポスター発表), 2023 年 9 月 7-10 日, 琉球大学.
- (4) 和賀大樹, 天池庸介, 野中成晃, 増田隆一: 糞 DNA 分析による札幌都市ギツネの被食野生哺乳類および家畜類の種同定. 日本動物学会北海道支部大会第 68 回大会 (口頭発表), 2024 年 3 月 16 日, 北海道大学.

生物科学部門 多様性生物学分野 柁原 宏 (海水利用)

Okamoto, N. and Kakui, K. (2023) Phototaxis in two shallow-water *Zeuxo* species (Crustacea: Tanaidacea). *Zoological Science* 40: 203-207.

Kakui, K. and Hiruta, C. (2024) A smaller species releases proportionally larger juveniles in *Aapseudes* (Crustacea: Peracarida: Tanaidacea). *Cahiers de Biologie Marine* 65: 35-37.

Shimada D, Hiruta SF, Takahoshi K, and Kajihara H. (2023) Does *atp8* exist in the mitochondrial genome of Proseriata (Metazoa: Platyhelminthes)? *Animal Gene* 30: 200161.

生物科学部門 多様性生物学分野 小亀 一弘 (海水利用)

令和 5 年度発表論文

発表論文

Wade, R.M., Gabrielson, P.W., Hind, K.R., Shivak, J., Hughey, J.R., Ohtsu, S., Baba, M., Kogame, K., Lindstrom, S.C., Miller, K.A., Schipper, S.R. and Martone, P.T. (2023) Resolving some of the earliest names for *Corallina* species (Corallinales, Rhodophyta) in the North Pacific by sequencing type specimens and describing the cryptic *C. hakodatensis* sp. nov. and *C. parva* sp. nov. *Journal of Phycology* 59: 221-235.

Dy, M.J.C., Hoshino, M., Abe, T., Yotsukura, N., Klochkova, N., Lee, K.M., Boo, S.M. and Kogame, K. (2023) *Colpomenia borea* sp. nov. (Scytosiphonaceae, Phaeophyceae) from Japan and Russian Far East. *Phycological Research* 71: 81-89.

Croce, M.E., Hoshino, M., Gauna, M.C., Parodi, E.R. and Kogame, K. (2023). Taxonomic study of *Scytosiphon* (Phaeophyceae) from temperate coasts of Argentina. *Journal of Phycology* 59: 383-401.

Santiañez, W.J.E., Lastimoso, J.M.L., Hoshino, M., Villafuerte, B.N.Q., Kogame, K. and Trono, G.C. (2023) Molecular-assisted taxonomic study on the *Sargassum* C.Agardh (Fucales, Phaeophyceae) in northwestern Luzon, Philippines. *Cryptogamie, Algologie* 44: 127-142.

生物科学部門 多様性生物学分野 伊藤 秀臣

Materials

24 varieties of chili peppers (*Capsicum annuum* L.) from across Japan were obtained from the Japan National Agriculture and Food Research Organization (NARO) collection. The varieties and origin are listed in Table 1. Seeds were sowed in a sowing tray and transplanted into a 30 x 18 cm planter bag. The medium used for growing plants was soil mix (Setogahara Kaen, Japan) and rice shell with a ratio of 1:1. Temperature and relative humidity in the greenhouse were recorded with a wall-mounted digital thermometer and hygrometer.

Table 1. Chili pepper seed varieties and origin

| Code Number | 品種・系統名 | English Name | Origin |
|-------------|-----------|----------------------------|-------------------|
| 1 | 早生札幌大長 | Wase Sapporo Oonaga | Hokkaido |
| 2 | 佃煮薬取ナンバン | Tsukudani Hatori Nanban | Hokkaido |
| 3 | 札幌大長ナンバン | Sapporo Oonaga Nanban | Hokkaido |
| 4 | 在来 | Zairai | Aomori |
| 5 | 権現なんばん | Gongen Nanban | Iwate |
| 6 | 伏見甘長とうがらし | Fushimi Amanaga Tougarashi | Niigata |
| 7 | かぐらなんぼん | Kagurananban | Niigata |
| 8 | 剣崎なんばん | Kenzaki Nanban | Ishikawa |
| 9 | 栃木三鷹 | Tochigi Santaka | Tochigi |
| 10 | しんさんたか | Shinsantaka | Tochigi |
| 11 | 日光 | Nikkou | Tochigi |
| 12 | 鷹の爪 | Takanotsume | Kanagawa |
| 13 | CS 195 | CS 195 | Nagano |
| 14 | CS 196 | CS 196 | Nagano |
| 15 | 日光 | Nikkou | Kanto Higashiyama |
| 16 | 三鷹 | Santaka | Aichi |
| 17 | CS 162 | CS 162 | Kyoto |
| 18 | 伏見甘長 | Fushimi Amanaga Tougarashi | Kyoto |
| 19 | 伏見甘 (短系) | Fushimi Ama (Tankei) | Kyoto |
| 20 | 伏見甘 (長系) | Fushimi Ama (Choukei) | Kyoto |
| 21 | 弥平トウガラシB | Yahei Tougarashi-B | Shiga |
| 22 | 本鷹の爪 | Hontaka No Tsume | (Unknown) |
| 23 | 三宝大甘長 | Sanpou Ooamanaga | Tottori |
| 24 | 伊良部 4 | Irabu 4 | Okinawa |

Method

Three chili pepper seeds of each variety were soaked in for 1 hour in heated dH₂O (microwave 500 W; 30 sec). Then, seeds were directly planted in the soil only medium in sowing tray until it reached 3-4 leaves stage. The sowing tray was placed in the greenhouse and under the table for shading and to avoid fast transpiration rate. Then, seedlings were transplanted to planter bags filled with soil mix and rice shell (1:1) and kept there until the harvest day was finished. The fruits that were ready for harvest were fruits that were matured, shown by deep red color in contrast of the bright red color. The watering was done regularly once every 2 or 3 days in the afternoon. The sowing was done twice (May and July 2023). Since the first sowing was for trial purposes, most of the varieties were sowed in the second batch. The harvest was stopped in late October due to the temperature that already dropped and entering the winter season.

Result

The temperature in the greenhouse was maintained at 28 °C by the greenhouse's automatic window opener system. However, there are times when the thermometer in the greenhouse showed up to 43 °C (July 28th, 2023) and the lowest could reach 16 °C (June 5th, 2023). The highest relative humidity recorded was 77% (July 1st, 2023) and the lowest was 29% (June 8th, 2023). The temperature and relative humidity recording were done only from early June to August 3rd, 2023. The average data is shown in Table 2.

Table 2. Monthly maximum, minimum, and average temperature and humidity in the greenhouse

| Period | Temperature (°C) | | | Relative Humidity (%) | | |
|--|------------------|-------|---------|-----------------------|-------|---------|
| | Max | Min | Average | Max | Min | Average |
| June 2023 | 30.83 | 22.25 | 25.18 | 64.42 | 41.25 | 54.75 |
| July 2023 | 35.5 | 27.25 | 29.25 | 65.5 | 43 | 55.75 |
| August 1 st -3 rd 2023 | 38 | 28 | 30.93 | 67 | 41 | 54.67 |

The sowing was done in 2 separate months (May and June) since the first sowing period was for trial. The varieties that were being sowed in May were Sapporo Oonaga Nanban, Kenzaki Nanban, CS 196, Fushimi Ama (Choukei), Sanpou Ooamanaga, and Irabu 4. The rest were planted in June 2023. Not all varieties were able to produce mature fruits for seed harvest by the end of the research period. The observed outcome is likely a result of late sowing, so the plants didn't have enough time to mature. The varieties that we were able to harvest the seeds were shown in Table 3. Another notable thing is that the variety of CS 162's fruits are purple in color. Therefore, it was difficult to distinguish mature fruits from the unripe ones. Variety Irabu 4 were planted in the first batch, however, it has very late flowering even with the same treatments with the others. Up until we decided to finish the experiment, it still couldn't produce any fruits.

Table 3. List of the varieties which seeds were able to harvest

| Code Number | Variety Name | Origin |
|-------------|-------------------------|----------|
| 2 | Tsukudani Hatori Nanban | Hokkaido |
| 3 | Sapporo Oonaga Nanban | Hokkaido |
| 8 | Kenzaki Nanban | Ishikawa |
| 13 | CS 195 | Nagano |
| 14 | CS 196 | Nagano |
| 17 | CS 162 | Kyoto |
| 20 | Fushimi Ama (Choukei) | Kyoto |
| 23 | Sanpou Ooamanaga | Tottori |

<発表論文>

Niu Y, Ge Z, and Ito H. Regulatory mechanism of heat-active retrotransposons by the SET Domain Protein SUVH2. *Front. Plant. Sci.* Accepted (2024).

<学会発表>

The transpositional activity of ONSEN transposons varies among different mutants in the RdDM-related pathways

SUN XINGYU, Yui Hayashi, Hidetaka Ito

日本遺伝学会 2023年9月7日 日本遺伝学会

シロイヌナズナにおける熱活性型レトロトランスポゾンの制御機構の解明

牛小蛸, 伊藤秀臣

日本遺伝学会 2023年9月7日 日本遺伝学会 招待有り

Exploration of the association between HSFA2 and ONSEN expression

Zhiyu Ge, Xiaoying Niu, Hidetaka Ito

日本遺伝学会 2023年9月7日 日本遺伝学会

DNA methylation mediates transcriptional regulation of heat-active retrotransposons by HDAC

SUN XIN, Hidetaka Ito

日本遺伝学会 2023年9月6日 日本遺伝学会

生物科学部門 多様性生物学分野

加藤 徹

利用状況・研究成果

クワズイモショウジョウバエ集団の地理分化：クワズイモショウジョウバエ (*Colocasiomyia alocasiae*) は東南アジアから南西諸島にかけて分布し、サトイモ科植物と送粉共生をしている。本研究は、日本列島南西部における本種集団の遺伝的多様性と地理分化を明らかにすることを目的に、宮崎県の2集団と奄美大島の集団について mtCOI 遺伝子の DNA 配列を決定し、先行研究で明らかにされた中国および沖縄の集団のものと比較した。その結果、宮崎県の2集団は、地理的距離に従って遺伝距離が増加するという傾向から外れ、奄美と沖縄の集団よりも地理的に離れた中国4集団と遺伝的に近い傾向が示された。このことは、近年、宮崎の2集団が沖縄および奄美の集団とは独立に日本列島に移入した可能性を示唆する。

Drosophila calidata の系統的位置：*D. calidata* は、*Hirtodrosophila* (亜) 属の一種として記載されたが、形態的に *Hirtodrosophila* (亜) 属の他のハエに似ていないことから、目下、どの亜属あるいは種群に入るかは不明の扱いとなっている。一方、本種は水辺環境に依存するという生態的特性を持ち、これは *Siphlodora* 亜属のハエで特徴的に見られることから、この亜属に近縁である可能性も示唆される。本種の系統的位置を解明することを目的に分子系統解析を行ったところ、*Siphlodora* 亜属の特定の種群に含まれるという系統関係が支持された。マザトウムシの2型形成要因の探索とその維持のための戦術の解明：マザトウムシはオスとメスで形態が異なり、オスだけツノを持ちこれによってオス同士で戦いを行うことが知られている。ツノが大きいオスは常に勝つことが知られており、小さなオスは異なる戦略を取ることで自らの適応度を高めていることが考えられる。今回はメスによるオスの受け入れと交尾行動のしつこさについて調べるため、オスとメスをケースに入れてどのような行動をとるか調べた。実験用のケースの周りに鏡をおくことで横からの映像も同時に撮影できるようにし、録画実験を行った。その結果、交尾行動の録画に成功し、またガード行動についても観察ができたものもあった。交尾行動は、小さい個体で複数回連続で行おうとしたものの大きな個体では一回でその後にガードを行っていたため、小さい個体は何度も交尾することによって繁殖成功率を高めている可能性が考えられる。

学会発表

鳥巢捷斗, 尾本恵市, 矢後勝也, 勝山礼一郎,

加藤徹：博物館標本を用いたウスバキチョウ *Parnassius evermanni* の系統地理. 昆虫 DNA 研究会第19回研究集会. 2023年7月22日, JT 生命誌研究館 (高槻市).

佐藤終介, 高野宏平, 三宅崇, 加藤徹：九州に息するクワズイモショウジョウバエ

(*Colocasiomyia alocasiae*) 集団の遺伝的多様性と地理分化. 日本動物学会北海道支部第68回大会. 2024年3月16日, 北海道大学理学部 (札幌市).

生物科学部門 形態機能学分野

中野 亮平

利用状況・研究成果

自然環境において植物は多種多様な微生物にさらされており、それらの微生物の一部は植物組織内外に定着して「植物微生物叢 (マイクロバイオータ)」と呼ばれる微生物コミュニティを構築する。当研究室では、これらの常在微生物が植物の生長や免疫応答に及ぼす影響に着目し、その分子機構を明らかにすることで植物の野外環境での生き様を解明することを目指している。

この目的のため、モデル植物シロイヌナズナを野外圃場および屋内圃場の土壌を用いて育成し、その根に定着する微生物の単離実験を行っている。またすでに単離された菌株を用いた解析により、これら常在微生物が免疫応答に強く干渉することが明らかとなっており、細菌遺伝学を用いた解析によりその分子機構を解析している。今年度はこれら育成実験に必要な設備の設置および条件検討を行い、ゲノムセンター圃場の土壌および温室の気候条件がシロイヌナズナの育成に適していることを確認した。またこれらの育成条件において、土壌微生物の限られた一部のみがシロイヌナズナの根圏・根内に定着して特有の植物マイクロバイオータを構築することを見出した。今後、これら微生物の単離およびノトビオート系における再接種実験により、常在微生物との相互作用が植物の生育に与える影響について詳細な解析を進めていく予定である。

並行して、植物と微生物叢の相互シグナリングを媒介するメカニズムに関する研究を行っている。モデル作物であるタバコを用いた解析により、根から分泌される二次代謝産物であるニコチンが根圏微生物叢において *Arthrobacter* 属細菌を特異的に誘引していることを明らかにしている。大規模なゲノム解析により、これら菌株群においてニコチンの分解・資化に重要な遺伝子を同定し、その変異株を作出した。これら変異体はニコチンを分解することができないことでニコチンを唯一の炭

素源とする培地において顕著に生育が抑制され、またタバコ根圏微生物叢においてはその競合力が弱まり、相対存在量が有意に低下することを見出した。この競合力の低下は宿主植物のニコチン蓄積量が増えるほどより顕著に見出され、タバコがニコチン分泌を介して根圏微生物叢を制御していることが示唆された。

論文発表

Jana Ordon, Julien Thouin, Ryohei Thomas Nakano, Ka-Wai Ma, Pengfan Zhang, Bruno Huettel, Ruben Garrido-Oter, Paul Schulze-Lefert (2024) Chromosomal barcodes for simultaneous tracking of near-isogenic bacterial strains in plant microbiota. *Nature Microbiology*, 9:1117–1129.

Arpan Kumar Basak, Anna Piasecka, Jana Hucklenbroich, Gözde Merve Türksöy, Rui Guan, Pengfan Zhang, Felix Getzke, Ruben Garrido-Oter, Stephane Hacquard, Kazimierz Strzałka, Paweł Bednarek, Kenji Yamada, Ryohei Thomas Nakano (2024). ER body-resident myrosinases and tryptophan specialized metabolism modulate root microbiota assembly. *New Phytologist*, 241:329–342

Defeng Shen, Rafael E. Venado, Ulla Neumann, Nadine Dyballa-Rukes, Swati Mahiwal, Sabine Metzger, Ryohei Thomas Nakano, Macarena Marin, Tonni Grube Andersen (2023) Apoplastic barrier establishment in roots and nodules of *Lotus japonicus* is essential for root-shoot signaling and N-fixation. *bioRxiv*. 10.1101/2023.12.06.570432

学会発表

Tomohisa Shimasaki : Horizontal acquisition of nicotine-degradation gene cluster drive the assemblage of characteristic tobacco root microbiota community. IS-MPMI satellite meeting 2023, July 18, 2023, Rhode Island Convension Center (Rhode Island, United States.)

島崎 智久, 大熊 直生, 能勢 結衣, 熊石 妃恵, 庄司 翼, 矢崎 一史, 杉山 暁史, 市橋 泰範 : 植物マイクロバイオータによる傷害応答シグナル伝達の干渉. 日本植物学会 第 87 回大会, 2023 年 9 月 8 日, 北海道大学 (札幌市).

島崎 智久 : 細菌から見た植物特化代謝産物を介した植物マイクロバイオータ形成. *Plant Microbiota Research Network 2023*, 2024 年 8 月 25 日, Online.

中野亮平 : 植物マイクロバイオータによる根の成長・免疫制御への干渉. 植物微生物研究会第 32 回研究交流会, 2023 年 9 月 27 日, 大阪公立大学 (大阪市).

Tomohisa Shimasaki : First discovery of oxidative isoflavone catabolism pathway in soybean root

microbiota. *TSUKUBA CONFERENCE 2023*. September 26, 2023, TSUKUBA International Congress Center (Tsukuba, Japan).

Jana Hucklenbroich and Ryohei Thomas Nakano : Interference with host root growth and immunity by root microbiota members and its genetic determinants. 日本植物生理学会第 65 回年会, 2024 年 3 月 18 日, 神戸国際会議場 (神戸市).

島崎 智久, 増田 幸子, 柴田 ありさ, 能勢 結衣, 佐藤 友昭, 杉山 暁史, 白須 賢, 市橋 泰範 : Long-read metagenome analysis of isoflavone catabolism pathway in soybean rhizosphere. 日本植物生理学会第 65 回年会, 2024 年 3 月 18 日, 神戸国際会議場 (神戸市).

生物科学部門 形態機能学分野

佐藤 長緒

研究成果

1. 植物の環境応答機構について研究を行った。特に、植物の成長に必須の栄養素である窒素に着目し、窒素欠乏ストレスへの適応機構について研究を行った。植物は自身が生育する環境から得られる窒素栄養量に応じて、細胞内の代謝や物質輸送を柔軟に変化させることでホメオスタシスを維持し、自身の成長を最適化している。こうした窒素欠乏応答においては、グローバルな遺伝子発現制御が重要な役割を果たすことが分かっており、それに関わる転写因子も報告されている。その一方で、こうした窒素欠乏時の遺伝子発現制御に関わるクロマチンリモデリング機構についてはほとんど分かっていない。本研究では、窒素欠乏応答に関わるクロマチンリモデリング因子としてヒストンシャペロン NAPI を同定した。NAPI の機能欠損株では、窒素欠乏時に遺伝子発現が上昇する硝酸輸送体 NRT2.1 やアミノ酸リサイクルに重要な細胞質型グルタミン合成酵素 Gln1;4 の発現レベルが野生型よりも低下していた。また、NAPI の機能欠損株では、窒素欠乏時の側根形成も抑制されていた。加えて、NAPI の機能欠損株では、窒素欠乏時の葉の老化も抑制されていた。これらの結果から、ヒストンシャペロン NAPI は、窒素欠乏時の遺伝子発現制御に関与し、植物の成長制御に重要な役割を果たすことが示唆された。

また、継続的な窒素欠乏時に誘導される成長相の転換機構について解析を行い、これに関わる遺伝子発現制御機構についてグローバル解析を行った。こうした遺伝子発現制御に関わる新たな候補因子を得ており、さらなる解析を行っている。

2. 植物ホルモン「ブラシノステロイド」の応答制御機構について研究した。植物の細胞と細胞をつなげるプラズモデスマータの機能について、ブ

ラシノステロイドのシグナル伝達制御における新たな機能性を発見した。

3. 植物の日周変動遺伝子における翻訳制御の重要性を時系列サンプルを用いた網羅解析を通して明らかにした。日周変動遺伝子の約70%が翻訳レベルで調節されていることがわかった。時計遺伝子もその一部で、転写だけでなく翻訳の影響も受けていた。翻訳量のみが日周変動する遺伝子には、糖鎖の付加やイオンの運搬に関する遺伝子が多く、これらの遺伝子は夜に翻訳されやすい傾向があった。また、日周変動遺伝子の中で、uORFの制御を受けている可能性のあるものが255個見出された。これらの遺伝子では、uORFは昼にmORFは夜に翻訳されやすいという特徴があった。

4. 小胞体上で起こる細胞質スプライシングによる転写因子の活性化における、リボソーム停滞の小胞体標的化への寄与とその進化的多様性を明らかにした。

<原著論文>

Jie L, Sanagi M, Luo Y, Maeda H, Fukao Y, Chiba Y, Yanagisawa S, Yamaguchi J, Takagi J, *Sato T (2023) Histone chaperone NUCLEOSOME ASSEMBLY PROTEIN 1 proteins affect plant growth under nitrogen deficient conditions in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Biotechnology*, 40: 93-98.

Wang Y, Perez-Sancho J, Platre MP, Callebaut B, Smokvarska M, Ferrer K, Luo Y, Nolan TM, Sato T, Busch W, Benfey PN, Kvasnica M, Winne JM, Bayer EM, Vukašinović N, *Russinova E (2023) Plasmodesmata mediate cell-to-cell transport of brassinosteroid hormones. *Nature Chemical Biology*, 19: 1331-1341.

Aoyama, H., Arae, T., Yamashita, Y., Toyoda, A., Naito, S., Sotta, N., Chiba, Y.: Impact of Translational Regulation on Diel Expression Revealed by Time-Series Ribosome Profiling in *Arabidopsis*. *Plant Journal*, in press (2024)

Imamichi, T., Kusumoto, N., Aoyama, H., Takamatsu, S., Honda, Y., Muraoka, S., Hagiwara-Komoda, Y., Chiba, Y., *Onouchi, H., *Yamashita, Y., *Naito, S.: Phylogeny-linked occurrence of ribosome stalling on the mRNAs of *Arabidopsis* unfolded protein response factor bZIP60 orthologs in divergent plant species. *Nucleic Acids Research*, in press (2024)

<学会発表（招待講演）>

Takeo Sato, Ubiquitin signals regulating plant responses to C/N-nutrient availability, Gordon Research Conference-Plant Proteolysis “Integrating Our

Understanding of Proteolysis in Plant Biology”, Bryant University, Rhode Island (US), 8月, 2023

佐藤長緒, 眞木美帆, 高木純平, 栄養環境に応じた植物の成長相転換とソース-シンク機能制御, シンポジウム「植物個体内の局所から全身の環境応答機構」第65回日本植物生理学会年会, 神戸国際会議場, 3月, 2022

生物科学部門 形態機能学分野 綿引 雅昭

利用状況・研究成果

Kalanchoe 属は比較的乾燥した土壌で生育する多肉植物であり、アフリカおよびマダガスカル島が起源と考えられている。Kalanchoe 属には有性生殖のみをおこなうものもあるが、基本的には無性芽によりクローン繁殖することで生態学的ニッチを得ている。観葉植物としても人気があり育種の対象ともなっている。本研究では北大植物園から9種のカランコエ属植物および不死鳥を分与いただき、さらに園芸品種としてのコダカラベンケイソウとキンチョウを入手した。それらはガラス温室にて順調に生育し、特に冬季はセンターによる人工照明による補光とより適した温度管理のためのビニール温室を設置いただいたことで当初心配された低温障害は回避できた。また、ガラス温室の植物は適宜自研究室の人工気象機に移動し実験に供与している。

コダカラベンケイソウ、キンチョウ、不死鳥について人工気象機内の短日条件では不定芽形成が顕著に抑制されることを確認した。これらは短日植物として知られているが、現在までのところ人工気象機、ガラス温室ともに花芽器官の発生は誘導されていない。不定芽形成には *SOCI* を介した花芽誘導系が関与することが報告されているが、実際の花芽誘導との時空間制御は今後研究の課題である。一方、コダカラベンケイソウとキンチョウのハイブリッド（不死鳥）が1930年代にアメリカ合衆国で作出され、その旺盛な繁殖力は雑種強勢とも考えられる。このような雑種強勢にかかわる領域を GWAS 解析によって同定することも今後研究の課題である。さらに不定芽を形成する過程においてオーキシンを代表とする植物ホルモンが器官形成に大きな役割を果たしていると考えられるが、そのような研究はあまり行われていない。そこでそれらホルモン応答に関するレポーター遺伝子、および逆遺伝学的解析を行うための合成遺伝子の導入が必要である。これまでカランコエ属への遺伝子導入ではカルス形成を介する再分

化系でアグロバクテリウムを感染させることで導入植物を選択する方法が行われてきた。しかし再分化系を経ると somatic variation が多数誘発されることや形質転換体を得るまで半年近くかかることから、不定芽の始原細胞へ導入することが望ましい。その観点から初年度はアグロバクテリウムのインフィルトレーションによる遺伝子導入を試みた。その結果、数百の得られた不定芽から形質転換体は得られなかった。これはアグロバクテリウムの感染が不定芽の始原細胞で成立しなかったことによると考えられる。さらに *in vivo* エレクトロポレーションも試したが、再分化個体を得ることはできなかった。

大学院理学研究院

物理学部門 量子物理学分野
松永 悟明 (純水利用)

論文

Dielectric response in the antiferromagnetic phase of Fe_{1.10}Te

Kazuoki Yokoi, Issei Miyazaki, Koichi Ichimura, Satoshi Tanda, Noriaki Matsunaga, Tohru Kurosawa, Migaku Oda
Solid State Communications 371, 115262-1-4, (2023)

学会発表

"Extraordinary size effect on CaRuO₃ ultrathin films"
M. Sakoda, H. Nobukane, S. Shimoda and S. Tanda,
APS March Meeting 2024,
March 4-8, 2024, Minneapolis

Fe-NbS₂ における超伝導の増強

延兼啓純, 高橋杏介, 宇野瑛莉香, 田畑裕一, 木俣基, 丹田聡 日本物理学会 2024 年春季大会
2024 年 3 月 18 日~21 日 オンライン開催

大学院地球環境科学研究院

統合環境科学部門 自然環境保全分野
露崎 史朗

利用者: Piya Mandal・熊倉彩花・戸倉清一・Parvin Begum・川口俊一

センター東棟温室において、(1) 1977-78 年有珠山噴火 45 年経過後における旧表土中埋土種子集団の生存状況の定量化、(2) 2000 年噴火後の地表面埋土種子集団の発達状況の定量化、(3) 樹木成長に与えるキトサンの影響に関する実験、を行った。結果は以下の通り。

(1) 1977-78 年噴火により壊滅的被害を受けた

有珠山火口原には、未だに 1 m 以上のテフラ(軽石・火山灰などの噴火降灰物)が堆積している。テフラ下にある噴火前に形成されていた土壌(旧表土)中の埋土種子を噴火から 10, 20, 30 年後に調べたところ、大量の種子が生存していることが明らかとなっている。本年は、噴火 45 年にあたり、これまでと同様の方法で旧表土中の埋土種子集団の生存様式を調べた。2023 年 4 月 13-14 日にテフラを掘り取り採土管(20 cm² × 5 cm)を用いて 4 地点で、それぞれ 50 サンプルずつ旧表土を採取した。テフラの深さは、1.2 m であった。このうち半数を温室での発芽実験に使用した。残りは、(遠心)浮上法により旧表土中から直接種子を抽出した。温室では、旧表土をプラスチックトレイ中にバーミキュライトを敷設し、その上に数 mm の厚さで撒いた。その後、自然光下で、散水は土壌水分に合わせ適宜調整しながら、発芽が見られなくなるまで、発芽を測定した。その結果、エゾノギシギシ(実生数: 発芽法 85 ± 27. 種子数: 浮上法 195 ± 36)、シロツメクサ(180 ± 67. 235 ± 65)、ヒメスゲ(15 ± 8. 0)、ナガハグサ(5 ± 5. 15 ± 11)、ヒメイ(20 ± 9. 0)の 5 種の発芽が確認された。遠心浮上法では、さらに、カラフトダイコンソウ(0. 25 ± 10)、ハイキンポウゲ(0. 20 ± 12)、未同定 1 種(0. 10 ± 7)が確認された。したがって、全体では生存種子密度は、305/m² および 500/m² となった。これまでの調査結果と合わせると、生存種子数は、時間の経過とともに減少しているが減少の仕方は種により異なることが示された。このことは、種特異的な埋土種子特性は長期間保持されることを示唆している。

(2) 有珠山は 2000 年に山麓部噴火を起こし、その周囲は裸地と化した。その後、24 年が経過し埋土種子集団が形成されつつあることが予測される。そこで、噴火後に形成された草地および森林(若齢林)において表層土壌を(1)と同様の方法で採取し、温室にて発芽実験を行い、埋土種子集団構造を調べた。土壌は 2023 年 10 月 23-24 日に採取し、半数は、採取後すぐに撒き出しを行い、残りは低温処理(2-4°C)を 2 か月間行った後の 2023 年 12 月 22 日に撒き出した。実験継続中であるが、低温処理は多くの種で有効であり、その結果をもとに埋土種子集団構造を推定中である。実験継続中であるが、現在まで少なくとも草地で 15 種、森林で 7 種の発芽が確認でき、草地と森林では埋土種子組成が大きく異なるという結果を得ている。特に、草地において帰化種の実生が数多く確認されている。

(3) 樹木・蔬菜の成長に与えるキトサンの影響

大量に廃棄されているカニやエビなどの甲殻類の殻から得ることのできるキトサンが、成長促進剤として活用できれば、環境負荷低減に大きく寄与できる。そこで、水耕法にキトサンを溶かした溶液を用い成育実験を行った。用いた実験材料は、ヤナギ、リンゴ、ブドウ、トマトである。これらの枝を挿木用に加工後、土壌条件あるいは水耕条件を変えたポットに移植し成育を測定した。キトサンについては、ポット内の土壌中に、高分子量(H)と低分子量(L)の2種類のキトサンオリゴマーを0(コントロール), 100, 1000, 10000倍に希釈した溶液を加え成育させた。キトサン処理の方が、濃度に関わらずヤナギとリンゴにおいて根、シュート共に成長が早くバイオマスも大きくなった。今後、環境負荷の少ない農業への有効活用が期待される。

<業績リスト>

論文

Nakanishi R, Tsuyuzaki S. (in press) Litter decomposition rates in a post-mined peatland: determining factors studied in litterbag experiments. *Environmental Processes* 11, article 2. doi: 10.1007/s40710-024-00679-6

Tsuyuzaki S. (in press) Seed germination characteristics of *Polygonum longisetum* (Polygonaceae) with reference to wildfire. *Plant Biosystems*. doi: 10.1080/11263504.2023.2257702

Takeuchi F, Otaki M, Tsuyuzaki, S. 2023. Changes in litter decomposition across succession in a post-mined peatland, northern Japan. *Wetlands* 43, article 54. doi: 10.1007/s13157-023-01704-4

<学会発表>

Zhao C, Nakanishi R, Tsuyuzaki S. 2023.9.7. Root dynamics and phenology detected by scanned image analysis in a post-mined peatland. 日本植物学会(札幌, 口頭)

露崎史朗. 2023.9.9. 北海道の植物: 過去・現在・未来. 日本植物学会公開講演会(札幌, 口頭)

熊倉彩花, 露崎史朗. 2023.12.19. 歌才湿原におけるハイイヌツゲの分布. 北海道植物学会(札幌, ポスター), 学生発表賞

統合環境科学部門 環境適応科学分野 沖野 龍文 (海水利用)

<発表論文>

Baloo, N., Mehjabin, J. J. Phan, C.-S., and Okino, T. (2023) Heat shock and iron limitation modulate the metabolic profile of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* NIES-88. *Phycological Research* 71: 200-208.

Umezawa, T., Maeda, T., Akiyama, T., Prakoso, N. I., Mehjabin, J. J., Okino, T., and Matsuda, F. (2023) Syntheses and biological activities of danicalipin A derivatives. *Chemistry & Biodiversity* 20: e202300400.

Kaneko, K., Kobayashi, D., Masaki, S., Washio, K., Morikawa, M., and Okino, T. (2023) Gene cloning and characterization of a vanadium-dependent bromoperoxidase from the red alga *Laurencia saitoi*, a producer of brominated diterpenoids and triterpenoids. *Journal of Applied Phycology* 35: 1443-1452.

環境生物科学部門 生態遺伝学分野 越川 滋行 (機器利用)

<発表論文>

Fukutomi, Y., Takahashi, A., Koshikawa, S. (2023) Thermal plasticity of wing size and wing spot size in *Drosophila guttifera*. *Development Genes and Evolution* 233: 77-89.

Karasawa, T., Saito, N., Koshikawa, S. (2023) Cis-regulatory evolution underlying the changes in *wingless* expression pattern associated with wing pigmentation of *Drosophila*. *FEBS Letters* 597: 1837-1847

Niida, T., Terashima, Y., Aonuma, H., Koshikawa, S. (2023) Photoreceptor genes in a trechine beetle, *Trechiana kuznetsovi*, living in the upper hypogean zone. *Zoological Letters* 9: 9.

<学会発表>

洞窟性チビゴムシ類における遺伝子の退化と多面発現の関係: 丹伊田拓磨, 越川滋行.
日本昆虫学会第84回大会・第68回日本応用動物昆虫学会大会合同大会, 2024年3月28-31日, 仙台国際センター (仙台市)

どのような配列の変化がミズタマショウジョウバエに模様をもたらしたのか?: 柄澤匠, 越川滋行.
日本昆虫学会第84回大会・第68回日本応用動物昆虫学会大会合同大会, 2024年3月28-31日, 仙台国際センター (仙台市)

Is the wingless expression necessary to the wing color pattern formation of *Drosophila guttifera*? : Masato Koseki, Shigeyuki Koshikawa. 日本昆虫学会第84回大会・第68回日本応用動物昆虫学会大会合同大会, 2024年3月28-31日, 仙台国際センター (仙台市)

Identification of changes in regulatory sequence underlying the gain of polka-dotted pigmentation pattern in *Drosophila guttifera* : Takumi Karasawa,

Shigeyuki Koshikawa. TAGC24 (The Allied Genetics Conference 2024), 2024年3月6-10日オンライン

ショウジョウバエの水玉模様を Gal4/UAS で改変する試み：古関将斗，越川滋行．日本進化学会第25回沖縄大会，2023年9月2日，沖縄県市町村自治会館（那覇市）

Co-option of the ancestral cis-regulatory sequences underlying the gain of new wing pigmentation pattern in *Drosophila guttifer* : Takumi Karasawa, Namiho Saito, Shigeyuki Koshikawa. 日本進化学会第25回沖縄大会，2023年9月1日，琉球大学（沖縄県中頭郡西原町）

ショウジョウバエの水玉模様の獲得における cis 制御の進化：柄澤匠，越川滋行．第1回北海道バイオ"Mix up"，2023年8月9日，北海道大学農学部（札幌市）

環境生物科学部門 陸域生物学分野 工藤 岳

研究従事者：伊藤陽平

<利用状況・研究成果>

多年生植物の一部では、数年間隔で大量の花・種子生産を行い、その繁殖タイミングが個体間で同調する一斉開花現象が知られている。一斉開花の発生は、資源収支と環境トリガーによって制御されていると予測される。つまり、植物の貯蔵資源量が繁殖に必要な閾値に達するまでの年数で最短の繁殖周期性が生じ、ある環境シグナルをトリガーに花芽形成が起こることで個体間の開花が同調する。同種内では類似した一斉開花特性を有する事例が多く報告されているが、異質な環境に分布する個体群間では内的・外的条件が異なり、一斉開花の周期性や同調性に種内変異が生じている可能性がある。

バイケイソウ（シュロソウ科）個体群は、数年間隔で一斉開花が起こる。バイケイソウは、冷温帯の幅広い標高域に分布しており、低地個体群と高山個体群では一斉開花の周期が異なるとの報告がある。本種は根茎の成長痕から過去数年～十数年間の開花履歴を推定できるため、個体レベルの開花間隔を単年度の調査で把握できる。本研究は、標高の異なるバイケイソウ個体群での一斉開花周期の決定要因の解明を目的とした。

昨年度までの野外調査から、バイケイソウの一斉開花周期は、高山個体群において（約4年間隔）低地個体群（約7年間隔）よりも有意に短いことが示された。そして、その原因として繁殖までの

資源蓄積に関わる生態形質の違い（展葉日数、光合成能力、個体サイズ、花果実生産など）が示唆された。しかし、その違いが遺伝的に固定された形質なのか、生育環境によって変化した可塑性形質なのかの区別はできていない。そこで、低地個体群、高山個体群から採取した根茎を共通圃場に移植して、一斉開花の周期性変異に関わる生態形質と遺伝的分化の関連性の検証を試みた。

2021年度に低地5個体群、高山1個体群から各個体群15～20個体の根茎を採取して、北海道大学ゲノムダイナミクス研究センター圃場に移植した。そして、2022と2023年に生態形質を測定した。2年間ともに移植個体の展葉フェノロジーは高山個体群は低地個体群よりも約2週間遅れて進行していたが、展葉日数は低地－高山個体群間で明瞭な違いは見られなかった。また、移植個体のサイズは高山個体群で低地個体群よりも有意に小さいことが示された。また、本年度は移植個体の光合成能力を測定する予定であったが、機材の故障により実施することができなかった。この調査に関しては2024年度に再度行う予定である。

<業績リスト>

（査読つき論文）

・Ito Y., Kudo G. 2022. The selective advantage of a mast flowering in *Veratrum album* subsp. *oxysepalum*: implications of the predator satiation hypothesis. *American Journal of Botany*, 109: 2082–2092

・Ito Y., Kudo G. 2024. The contribution of carbon budget to masting intervals in *Veratrum album* populations inhabiting different elevations. *American Journal of Botany*, in press

（研究成果発表）

・伊藤陽平・工藤岳：バイケイソウ個体群間の開花同調性とその規定要因．第70回日本生態学会大会，2023年3月18日，オンライン開催

・伊藤陽平・工藤岳：草本植物バイケイソウの一斉開花現象における資源収支仮説の検証．第71回日本生態学会大会，2024年3月17日，横浜国立大学

研究従事者：塩谷悠希

<利用状況・研究成果>

染色体の倍数化は、染色体の完全なセット数が倍になる出来事であり、多くの植物の分類群で見られる現象である。維管束植物種の24%が最近の属内での倍数化に由来することが示唆されている。このように普遍的な倍数化が、植物の種分化や多様化を促進した可能性がある。しかし、倍数化集団の成立・維持機構については不明な点が多い。

本研究では、種内に異なる倍数性・繁殖特性をもつキク科林床植物のミミコウモリ (*Parasenecio kamtschaticus*) を用いて、祖先集団・倍数化集団の繁殖特性を比較し、倍数化の適応的意義について考察した。

2020年の夏に北海道大学・ゲノムダイナミクス研究センター施設の実験圃場内へ移植された2倍体17個体(苫小牧個体群)・4倍体20個体(天塩個体群)・4倍体変種コモチミミコウモリ21個体(遠軽個体群)について、昨年同様4月から9月にかけて1週間毎にフェノロジー観察を行い、展葉開始日・開花開始日・開花終了日を記録した。また、各個体の最大葉面積、体高、花数を開花期に測定した。

また、博士後期課程の研究では、ゲノムダイナミクス研究センターの実験圃場の実験と平行して、苫小牧研究林(2倍体自生地)と名寄教育研究棟(4倍体自生地)で2倍体・4倍体の相互移植実験を行った。昨年度までの研究で、苫小牧研究林に移植した個体は、2倍体・4倍体ともにほとんど開花せず、開花個体の花数も名寄教育研究棟に移植した個体と比べて非常に少ないことが明らかになった。苫小牧研究林における繁殖パフォーマンスの低下の原因を検証するために、2023年の4月に、苫小牧研究に移植していた2倍体(厚岸・苫小牧個体群)、4倍体(天塩・知床個体群)について、個体群あたり8個体をゲノムダイナミクス研究センターの実験圃場へ再移植した。その後、各個体の最大葉面積、体高、花数を開花期に測定した。

(1) 圃場でのフェノロジー観察の結果、4倍体変種コモチミミコウモリは他の個体群と比較して展葉開始が遅い一方、開花開始・開花終了は早い傾向があった。4倍体天塩個体群と2倍体苫小牧個体群のフェノロジーは重複していた。

(2) 体高・葉面積はコモチミミコウモリ、2倍体、4倍体の順に高く、花数はコモチミミコウモリで少ない一方、2倍体と4倍体の間に明瞭な差はなかった。

(3) 苫小牧研究林からゲノムダイナミクス研究センターの実験圃場に再移植した個体は、苫小牧研究林の個体と比較して開花個体の割合が高く、全ての個体群で花数が2倍以上多かった。

実験圃場におけるフェノロジーの違いは、各集団の自生地の環境条件を反映している可能性がある。コモチミミコウモリは展葉が遅い一方で、開花までの日数は非常に短かった。コモチミミコウモリは2倍体・4倍体よりも高標高に分布する。展葉の遅れは高標高の生育初期における凍害を緩和する可能性があり、開花の早期化は短い生育期間で種子成熟を完了させるのに適応的な性質であるかもしれない。また、苫小牧研究林から実験圃

場へ再移植した個体は、すべての個体群で繁殖パフォーマンスを向上させていた。このことは、苫小牧研究林の環境が繁殖に対して負の影響を与えていることを示唆する。苫小牧研究林と実験圃場の環境については、気温、土壌水分、光環境についてほとんど季節変化に差がないことが事前に行った環境測定から示唆されている。しかし、苫小牧研究林の土壌は火山放出物未熟土で有機養分に乏しく、貧栄養土壌が繁殖パフォーマンスを低下させた可能性がある。倍数化した個体は成長により多くの資源を要することが知られており、貧栄養土壌の苫小牧研究林では4倍体の成長がより抑えられた結果、2倍体が優占できた可能性が考えられた。

次年度も同様の追跡調査を行う予定である。

<業績リスト>

塩谷悠希 2024: Intraspecific polyploidization and its ecological significance in perennial plants: variations in morphological traits and life-history traits, distribution patterns, and the evolution of vegetative reproduction (多年生植物における種内倍数化とその生態的重要性: 形態形質と生活史形質の変異、分布パターン、ならびに無性生殖の進化)、北海道大学博士課程学位論文

大学院農学研究院

基盤研究部門 畜産科学分野

川原 学

<利用状況・研究成果>

細胞中のエネルギー分子 ATP の産生を始め真核生物に必須の機能を担う細胞小器官であるミトコンドリアは、独自のミトコンドリア DNA (mtDNA) を持つ。種の維持のために、種特異的な mtDNA 配列の同一性は重要であると考えられるが、異種 mtDNA 混在による個体への影響は不明であり、mtDNA の種内維持機構は全くわかっていない。そこで、1細胞期におけるマウス胚に導入したウシミトコンドリアが個体発生全期間を通してどのような挙動をしているのかを明らかにするため、まず、mtB-M 胚の1細胞期、2細胞期、4細胞期、8細胞期、桑実期、および胚盤胞期におけるウシ mtDNA のコピー数を測定してその推移を調べた。次に、これまで着床することができなかった mtB-M 胚に対して四倍体胚を用いたテトラプロイドレスキュー法を適用することで、着床後における mtB-M 胚の発生を継続させることを試み、最後に、発生した個体におけるウシ mtDNA が全身にどのように分布しているかを確かめた。

その結果、mtB-M 胚の各発生段階において、

導入されたウシ mtDNA コピー数は宿主であるマウス mtDNA コピー数の増減動態に対して、概ね一定の割合を保っていたため、ウシ mtDNA はマウス胚内のマウス mtDNA の複製機構を利用して増幅されていることが示唆された。また、mtB-M 胚/四倍体胚の凝集胚はマウス母体へ着床し妊娠満期までの個体発生を完遂し、さらにその組織からはウシ mtDNA の塩基配列と同一の塩基配列が検出されたことから、ウシ mtDNA を保持したマウスであることが確認され、これを Xenon と命名した。Xenon 誕生の意義としては、マウスにおいては胎盤という臓器が、ミトコンドリアにおける生殖隔離に重要な役割を果たしており、異種ミトコンドリアが次の世代へ伝達しないようにするためのバリアとして存在していることを示していると考えられた。最後に、導入されたウシ mtDNA は妊娠満期における Xenon の全身に分布しており、寄与の有無及び寄与度については一定の法則性はみられなかった。このことから、着床段階を越えてしまえば異種ミトコンドリアの混在は出生までの期間については致命的な傷害を引き起こさないことが示唆された。本研究をまとめると、ウシ mtDNA を保持したマウスが誕生したことにより、マウスにおいては着床時における胎盤形成の可否によって、ミトコンドリアゲノムにおける生殖隔離を達成していると結論付けた。

<論文発表・学術発表等の業績リスト>

Dual barrier system against xenomitochondrial contamination in mouse embryos.

Komatsu M, Takuma H, Imai S, Yamane M, Takahashi M, Ikegawa T, Bai H, Ogawa H, Kawahara M.

Scientific Reports. 2023 Dec 27;13(1):23058. doi: 10.1038/s41598-023-50444-2.

北方生物圏フィールド科学センター

生物多様性領域 海産藻類適応機能分野

四ツ倉 典滋 (海水利用)

発表論文

Dy, M.J., Hoshino, M., Abe, T., Yotsukura, N., Klochkova, N., Lee, K.M., Boo, S.M., and Kogame, K. (2022) *Colpomenia borea* sp. nov. (Scytosiphonaceae, Phaeophyceae) from Japan and Far East Russia. *Phycological Research* 71: 81-89.

川井唯史, 栗林貴範, 品田晃良・伊藤昌弘, 四ツ倉典滋 (2022) 石狩沿岸におけるコンブ類の分布. いしかり砂丘の風資料館紀要 12: 37-45.

学会発表等

四ツ倉典滋：北海道のコンブをめぐる現状と課題. 第42回全国豊かな海づくり大会北海道大会開催記念「釧路管内ブルーカーボン・シンポジウム」, 2023年9月12日, 釧路センチュリー・キャッスルホテル (釧路市) .

江端弘樹, 田中琉聖, 伊藤大悟, 田代倫子, 四ツ倉典滋. 藻学に関する積極的アウトリーチの提案 ~大学生が自主ゼミで企画した「こんぶ川柳コンテスト」から見えること~. 日本藻類学会第48回大会, 2024年3月23-24, 神戸大学 (神戸市) .

大学院教育学研究院

教育学部門 健康体育学分野

山仲 勇二郎

研究テーマ：明暗サイクル下での異なる時間帯の運動が生物時計に与える影響

行動（睡眠覚醒）と多くの生体の機能には、約24時間を1周期とする概日リズム（サーカディアンリズム）が存在し、概日リズムは生物時計機構によって発振、制御されている。ヒトを含め哺乳類の生物時計機構は、間脳視床下部視交叉上核に存在する中枢時計と、視交叉上核外の脳部位および肝臓、骨格筋などの末梢臓器に存在する末梢時計からなる、階層性多振動構造である。生物時計が発振するサーカディアンリズムを調節可能な環境因子は同調因子と呼ばれ、哺乳類の生物時計の主要な同調因子は外界の昼夜変化である。

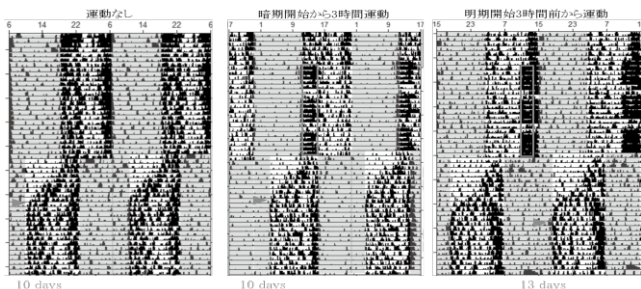
我々は、習慣的な運動が昼夜変化の存在しない恒常暗環境においても中枢時計および末梢時計の時計遺伝子発現リズムおよび行動リズムを同調（非光同調）させることが報告した。令和5年度は、明暗サイクル下での異なる時間帯の運動が生物時計に与える影響を明らかにするための研究を新たに開始した。本研究では、明暗サイクル下でマウスを12時間明期、12時間暗期の明暗サイクル下で飼育し、ケージ内の自発活動リズムを測定した。自発活動リズムが明暗サイクルに同調したことを確認した後、マウスの活動期である暗期開始から3時間あるいは明期開始までの3時間、マウスを回転輪の付いたケージに移動させる操作を3週間行なった。その後、異なる時間帯の運動が生物時計の内因性周期に与える影響を評価するため、恒常暗条件下で3週間飼育した。さらに、異なる時間帯の運動が生物時計の光に対する位相反応に与える影響を評価するため、明暗サイクルを8時間位相前進させた際の行動リズムの再同調に

要する日数を解析した。

その結果、恒常暗下でのフリーラン周期は、暗期開始から運動を行った条件において明期開始 3 時間前から運動を行った条件および運動を行わないコントロール条件に比べて有意に短くなっていた。

一方、明暗サイクル位相シフト後の再同調に要する日数は、明期開始 3 時間前から運動を行った条件でコントロール条件および暗期開始から運動を行った条件に比較し有意に長くなっていた。

(下図：左からコントロール条件、暗期開始から 3 時間、明期開始 3 時間前から 3 時間の運動を行ったマウスの自発活動リズムの典型例)。



今後の研究では、明暗サイクル下での異なる時間帯の運動が行動リズムの周期および光に対する反応性のちがいに関わる脳内機構を明らかにするための研究を進めていく予定である。

大学院医学研究院

生理系部門 生理学分野

山野辺 貴信 (海水利用)

神経細胞は、電気的な信号であるスパイク列を用いて情報を伝達し、処理している。このスパイク列と呼ばれる電位列のどの統計量が神経系における情報キャリアであるかは、神経科学における重要な問題の一つである。情報キャリアの候補には、スパイク頻度やスパイク発生時刻列など、様々なものが提案されているが、未だ明確な結論は得られていない。この問題を解明するためには、神経細胞モデルのダイナミクスを理解することが不可欠である。神経回路網理論によれば、ユニットへの入力にネットワーク構造が反映され、ユニットの活性化関数に神経回路モデルの情報キャリアが依存する。例えば、スパイク頻度が情報キャリアであるとする **rate coding** やスパイク発生時刻列が情報キャリアであるとする **temporal coding** は、活性化関数が、出力が連続的に変化するシグモイド関数、0 か 1 かの階段関数であればそれぞれ神経細胞モデルで実現される。

実験にもとづく神経細胞モデルの基本構造はキルヒホッフの電流保存則で決まり、一般に「膜電位の時間微分」は「イオンチャネルによる電流」+「入力電流」を膜容量で割ったものとなる。従って、ネットワーク構造を反映した入力電流がイオンチャネルの確率的非線形特性に影響を与え、膜電位変化が起こるといような構造となる。よって入力電流から出力スパイク列への変換過程の同定が情報キャリアを調べる際に必須となる。このような問題意識のもと、今年度は以下の 2 つのテーマに関して研究を実施した。

1. 神経細胞の電位を生成する実体はイオンチャネルであるが、そのイオンチャネルの確率的開閉が、スパイク生成、さらには神経系における情報処理に与える影響が調べられてきている。イオンチャネルノイズの定式化は Fox と Lu (1994) によるものが知られている。イオンチャネルの開閉確率に関するマスター方程式から Fokker-Planck 方程式を導出し、そこから最終的に確率微分方程式の形でイオンチャネルノイズモデルが提案された。近年、このイオンチャネルモデルは精査され、様々な欠点があることが指摘されている。特にモデリングの要であるイオンチャネルノイズの分散に関する欠点を克服する方法を昨年引き続き Sorbonne 大学の確率論の専門家と検討した。具体的には、イオンチャネルノイズモデルの改良版を構築し、シミュレーションによりその有効性を確認した。改良版モデルでは、イオンチャネルの開閉確率の時間変化をより正確に記述でき、また、イオンチャネルノイズの分散を適切に表現できることが予想される。この予想を数学的に証明することを目標とし研究を行った。

2. これまでの理論的解析およびコンピューターシミュレーションの結果を元に、改良版イオンチャネルノイズモデルの予想を実験的に検証するための準備を行った。具体的には、ヤリイカの巨大軸索を用いた電気生理学実験を検討した。改良版モデルから予想されるイオンチャネルの開閉確率の時間変化および分散の特性は、最終的にスパイク発生時刻の揺らぎとなって現れると考えられる。そのため、この揺らぎを理論的に予想し、実験で検証することで、改良版モデルの妥当性を評価できると期待される。そのために、理論的解析およびシミュレーションの結果と実験データを比較するための枠組みの構築を試みた。

資料

- 北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター規程
- 北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会内規
- 北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター長候補者選考内規
- 北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会
実験生物飼育栽培施設専門委員会内規
- 北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会
研究機器等共同利用専門委員会内規
- 北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会
生物試料保管専門委員会内規
- 北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター利用内規

○北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター規程

平成20年11月1日

海大達第150号

(趣旨)

第1条 この規程は、国立大学法人北海道大学組織規則（平成16年海大達第31号）第27条の7第4項の規定に基づき、北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター（以下「センター」という。）の組織及び運営について定めるものとする。

(目的)

第2条 センターは、北海道大学の研究者に対して、遺伝子及び染色体に関する研究を行うための施設及び設備を提供するとともに、動物、植物その他の生物材料の供給を行うことにより、生物科学分野の研究の進展に寄与することを目的とする。

(部門)

第3条 センターに、次に掲げる部門を置く。

- (1) 実験生物飼育栽培施設部門
- (2) 研究機器等共同利用部門
- (3) 生物試料保管部門

(職員)

第4条 センターに、センター長その他必要な職員を置く。

(センター長)

第5条 センター長は、北海道大学大学院理学研究院（第7条において「研究院」という。）の専任の教授又は准教授をもって充てる。

- 2 センター長は、北海道大学大学院理学研究院長（以下「研究院長」という。）の監督の下に、センターの業務を掌理する。
- 3 センター長の任期は、2年とする。
- 4 センター長は、再任されることができる。
- 5 センター長の選考は、研究院長が推薦する候補者から、総長が行う。
- 6 センター長候補者の選考については、研究院長が別に定める。

(運営委員会)

第6条 センターに、センターの共同利用に関する事項その他のセンターの運営に関する重要事項を審議するため、運営委員会を置く。

- 2 運営委員会の組織及び運営については、研究院長が別に定める。

(雑則)

第7条 この規程に定めるもののほか、センターの組織及び運営に関し必要な事項は、研究院の教授会の議を経て、研究院長が定める。

附 則

- 1 この規程は、平成20年11月1日から施行する。
- 2 この規程の施行後、最初に任命されるセンター長の任期は、第5条第3項の規定にかかわらず、平成22年3月31日までとする。

附 則（平成21年4月1日海大達第112号）

この規程は、平成21年4月1日から施行する。

附 則（平成27年4月1日海大達第132号）

この規程は、平成27年4月1日から施行する。

附 則（令和4年7月1日海大達第128号）

この規程は、令和4年7月1日から施行する。

北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会内規

(趣旨)

第1条 この内規は、北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター規程（平成20年海大達第150号）第6条第2項の規定に基づき、北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会（以下「委員会」という。）の組織及び運営について定めるものとする。

(審議事項)

第2条 委員会は、北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター（次条第1項において「センター」という。）の共同利用に関する事項その他のセンターの運営に関する重要事項を審議する。

(組織)

第3条 委員会は、次に掲げる者をもって組織する。

(1) センター長

(2) センターの業務を兼務する北海道大学大学院理学研究院の教授及び准教授（国立大学法人北海道大学特任教員就業規則（平成18年海大達第35号）第3条第2号に該当する特任教員を含む）

(3) その他理学研究院長が必要と認めた者 若干名

2 前項第3号の委員は、理学研究院長が委嘱する。

(任期)

第4条 前条第1項第3号の委員の任期は、1年とする。ただし、補欠の委員の任期は、前任者の残任期間とする。

2 前項の委員は、再任されることができる。

(委員長)

第5条 委員会に委員長を置き、理学研究院の副理学研究院長のうちから、理学研究院長が指名する者をもって充てる。

(委員会の招集及び議長)

第6条 委員長は、委員会を招集し、その議長となる。

2 委員会は、委員長が必要と認めた場合に招集するものとする。

3 委員の3分の1以上の求めがある場合には、委員長は委員会を招集しなければならない。

(議事)

第7条 委員会は、委員の過半数の出席がなければ議事を開き、議決することができない。

2 委員会の議事は、出席委員の過半数をもって決するものとする。

(委員以外の者の出席)

第8条 委員会が必要と認めたときは、委員会に委員以外の者の出席を求め、説明又は意見を聴くことができる。

(専門委員会)

第9条 運営委員会に、専門的事項を審議及び調査検討するため、次に掲げる専門委員会を置く。

- (1) 実験生物飼育栽培施設専門委員会
- (2) 研究機器等共同利用専門委員会
- (3) 生物試料保管部門専門委員会

2 専門委員会に関し必要な事項は、委員会が別に定める。

(庶務)

第10条 委員会の庶務は、理学・生命科学事務部において処理する。

(雑則)

第11条 この内規に定めるもののほか、委員会の運営に関し必要な事項は、委員会が別に定める。

附 則

この内規は、平成20年12月4日から施行する。

附 則

この内規は、平成23年4月1日から施行する。

附 則

この内規は、令和4年5月25日から施行する。

北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス
研究センター長候補者選考内規

(趣旨)

第1条 この内規は、北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター規程（平成20年海大達150号）第5条第5項の規定に基づき、北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター長候補者（以下「候補者」）の選考に関し、必要な事項について定めるものとする。

(候補者の選考)

第2条 候補者の選考は、次のいずれかに該当する場合に行う。

- (1) センター長の任期が満了するとき。
- (2) センター長が辞任を申し出て、総長が認めたとき。
- (3) センター長が欠けたとき。

(候補者の選考)

第3条 候補者は、理学研究院の専任の教授及び准教授のうちから、理学研究院長が指名する者をもって充てる。

(教授会の報告)

第4条 理学研究院長は、前条の規定により指名された候補者について、北海道大学大学院理学研究院教授会に報告するものとする。

附 則

この内規は、平成20年12月4日から施行する。

附 則

この内規は、平成27年4月1日から施行する。

○北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会実験生物
飼育栽培施設専門委員会内規

令和4年5月25日

ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会決定

(設置)

第1条 北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター規程（平成20年海大達第150号。）第7条第1項第1号の規定に基づき、ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会に実験生物飼育栽培施設専門委員会（以下、「委員会」という。）を置く。

(任務)

第2条 委員会は、生物科学研究に用いる動植物その他の生物材料を飼育・栽培する施設を提供することを目的とし、そのために必要な設備機器類の整備、管理業務、利用料金に関する審議を行う。

(組織)

第3条 委員会は、次に掲げる者の内から5名の委員をもって組織する。

- (1) ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会委員長（以下、「運営委員会委員長」という。）が指名したゲノムダイナミクス研究センター運営委員会委員の教授又は准教授
- (2) その他運営委員会委員長が必要と認めた者

(任期)

第4条 前条の委員の任期は、1年とする。ただし、補欠の委員の任期は、前任者の残任期間とする。

- 2 前項の委員は、再任されることができる。

(委員長)

第5条 委員会に委員長を置き、運営委員会委員長が指名する委員をもって充てる。

- 2 委員長は、委員会を招集し、その議長となる。

(議事)

第6条 委員会は、委員の3分の2以上が出席しなければ議事を開くことができない。

- 2 委員会の議事は、出席委員の過半数をもって決するものとする。

(委員以外の者の出席)

第7条 委員会が必要と認めたときは、委員会に委員以外の者の出席を求め、説明又は意見を聴くことができる。

(雑則)

第8条 この内規に定めるもののほか、委員会の運営に関し必要な事項は、委員会が定める。

附 則

- 1 この内規は、令和4年5月25日から施行する。
- 2 この内規の施行後最初に委嘱される第3条第1号及び第2号の委員の任期は、第4条第1項の規定にかかわらず、令和5年3月31日までとする。

○北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会研究機器等共同利用専門委員会内規

令和4年5月25日

ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会決定

(設置)

第1条 北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター規程（平成20年海大達第150号。）第7条第1項第2号の規定に基づき、ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会に研究機器等共同利用専門委員会（以下、「委員会」という。）を置く。

(任務)

第2条 委員会は、生物科学研究に用いる共同利用機器類を提供することを目的とし、そのために必要な設備機器類の整備、管理業務、利用料金に関する審議を行う。

(組織)

第3条 委員会は、次に掲げる者の内から5名の委員をもって組織する。

- (1) ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会委員長（以下、「運営委員会委員長」という。）が指名したゲノムダイナミクス研究センター運営委員会委員の教授又は准教授
- (2) その他運営委員会委員長が必要と認めた者

(任期)

第4条 前条の委員の任期は、1年とする。ただし、補欠の委員の任期は、前任者の残任期間とする。

- 2 前項の委員は、再任されることができる。

(委員長)

第5条 委員会に委員長を置き、運営委員会委員長が指名する委員をもって充てる。

- 2 委員長は、委員会を招集し、その議長となる。

(議事)

第6条 委員会は、委員の3分の2以上が出席しなければ議事を開くことができない。

- 2 委員会の議事は、出席委員の過半数をもって決するものとする。

(委員以外の者の出席)

第7条 委員会が必要と認めたときは、委員会に委員以外の者の出席を求め、説明又は意見を聴くことができる。

(雑則)

第8条 この内規に定めるもののほか、委員会の運営に関し必要な事項は、委員会が定める。

附 則

- 1 この内規は、令和4年5月25日から施行する。
- 2 この内規の施行後最初に委嘱される第3条第1号及び第2号の委員の任期は、第4条第1項の規定にかかわらず、令和5年3月31日までとする。

○北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会生物試料
保管部門専門委員会内規

令和4年5月25日

ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会決定

(設置)

第1条 北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター規程（平成20年海大達第150号。）第7条第1項第3号の規定に基づき、ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会に生物試料保管部門専門委員会（以下、「委員会」という。）を置く。

(任務)

第2条 委員会は、緊急時における細胞・遺伝子・染色体などの研究材料の破損・損失を防ぐため、自家発電による電源と保管設備を提供することを目的とし、そのために必要な設備機器類の整備、管理業務、利用料金に関する審議を行う。

(組織)

第3条 委員会は、次に掲げる者の内から5名の委員をもって組織する。

- (1) ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会委員長（以下、「運営委員会委員長」という。）が指名したゲノムダイナミクス研究センター運営委員会委員の教授又は准教授
- (2) その他運営委員会委員長が必要と認めた者

(任期)

第4条 前条の委員の任期は、1年とする。ただし、補欠の委員の任期は、前任者の残任期間とする。

- 2 前項の委員は、再任されることができる。

(委員長)

第5条 委員会に委員長を置き、運営委員会委員長が指名する委員をもって充てる。

- 2 委員長は、委員会を招集し、その議長となる。

(議事)

第6条 委員会は、委員の3分の2以上が出席しなければ議事を開くことができない。

- 2 委員会の議事は、出席委員の過半数をもって決するものとする。

(委員以外の者の出席)

第7条 委員会が必要と認めたときは、委員会に委員以外の者の出席を求め、説明又は意見を聴くことができる。

(雑則)

第8条 この内規に定めるもののほか、委員会の運営に関し必要な事項は、委員会が定める。

附 則

- 1 この内規は、令和4年5月25日から施行する。
- 2 この内規の施行後最初に委嘱される第3条第1号及び第2号の委員の任期は、第4条第1項の規定にかかわらず、令和5年3月31日までとする。

理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センター利用内規

令和4年5月25日
ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会決定

(趣旨)

第1条 この内規は、北海道大学大学院理学研究院附属ゲノムダイナミクス研究センターの共同利用設備・機器等の利用に関し、必要な事項を定めるものとする。

(定義)

第2条 この内規において「共同利用設備・機器等」とは、北海道大学における生物科学分野の研究の進展に寄与することを目的として、ゲノムダイナミクス研究センター東棟に設けられた飼育栽培スペースと設備、消耗品等、同東棟内共通機器室に設置された共同利用機器、同西棟に設けられた共通フリーザー室スペース、共同利用ディープフリーザー、大型液体窒素タンクをいう。

(利用の範囲)

第3条 共同利用設備・機器等の利用を申請することができるのは、北海道大学の教員とする。

2 前項の申請に基づき、共同利用設備・機器等を利用できるのは、北海道大学の教職員および学生とする。

(利用の申請及び許可)

第4条 共同利用設備・機器等を利用しようとする者は、別記様式第1号の利用申請書（この条及び次条において「申請書」という。）および別記様式2号の利用者名簿をゲノムダイナミクス研究センター長（以下「センター長」という。）に提出し、その許可を受けなければならない。

2 センター長は、前項の申請書の提出があったときは、ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会専門委員会の審査を経て、利用の目的が適当であると認められるときはこれを許可し、別記様式第3号の利用許可書を交付するものとする。

(利用期間)

第5条 共同利用設備・機器等の利用期間は、原則として1年以内とするが、更新を申請することができる。

2 前項の利用期間を更新しようとする場合には、あらかじめ前条に規定する申請書を提出し、その許可を受けなければならない。

(利用料)

第6条 共同利用設備・機器等の利用の許可を受けた者（以下「利用代表者」という）は、経費の振替により、別表1に定める利用料（電気、水道等の維持管理費を含む。以下「利用料」という。）を納付しなければならない。

(利用の停止)

第7条 センター長は、次の各号のいずれかに該当する場合には、共同利用設備・機器等の利用許可を取り消し、又は利用を中止させることができる。

- (1) 利用代表者、利用代表者と共同して共同利用設備・機器等を利用する者又は利用代表者の指導監督の下に共同利用設備・機器等を利用する者（第9条において「利用者」という。）が、この内規又は北海道大学が定める安全、衛生及び管理に関する諸規程に違反し、又は違反するおそれがあると認められる場合
- (2) 利用代表者が、利用申請に当たり虚偽の申告をしていることが発覚した場合
- (3) 管理上、やむを得ない事由が生じた場合

(原状回復)

第8条 共同利用設備・機器等のうち、飼育栽培スペースおよび共通フリーザー室スペース（以下「利用スペース」という）を利用する利用代表者は、その利用を終了したとき（前条第1号又は第2号の規定により利用を取消し、又は利用を中止させた場合を含む。）は、直ちに当該利用スペースを

原状に回復して返還しなければならない。ただし、センター長が特に認めた場合は、この限りではない。

(損害賠償)

第9条 利用代表者は、利用者がその責に帰すべき事由により共同利用設備・機器等を滅失、破損又は汚損したときは、その損害を賠償しなければならない。

2 共同利用設備・機器等の故障や事故等により、飼育栽培している生物体や保管する生物試料が死滅した場合でも、その理由にかかわらず利用者は損害に対する賠償を請求することはできない。

(立入)

第10条 共同利用設備・機器等の管理を担当する教員及び職員は、その管理上必要と認める場合には、利用スペースに立ち入り、当該利用スペースの利用状況について調査することがある。

2 前項の規定により利用スペースに立ち入る場合には、事前に利用代表者に通知するものとする。ただし、緊急の場合はこの限りでない。

(内規の改正)

第11条 この内規の改正(利用料の変更を含む)は、ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会専門委員会の発議に基づき、ゲノムダイナミクス研究センター運営委員会の議を経て、センター長が行う。

(事務)

第12条 共同利用設備・機器等の利用に関する事務は、ゲノムダイナミクス研究センター事務において処理する。

(雑則)

第13条 この内規に定めるもののほか、共同利用設備・機器等の利用に関し必要な事項は、センター長が別に定める。

附 則

この内規は、令和4年5月25日から施行し、令和4年6月分として請求する利用料から適用する。

附 則

この内規は、令和4年8月1日から施行し、令和4年6月分として請求する利用料から適用する。

附 則

この内規は、令和4年10月28日から施行する。

附 則

この内規は、令和4年12月14日から施行する。

附 則

この内規は、令和5年6月30日から施行する。

別表 1 (第 6 条関係)

1. 実験生物飼育栽培施設部門

飼育栽培スペース(室内, 月単位利用)

| 室名, 設備名 | 室面積(m ²) | 月額利用料金 | 備考 |
|--------------|----------------------|-------------|---|
| 小生物飼育室(1) | 14.1 | ¥24,000 | 単価 ¥1,700/m ² /月 |
| 小生物飼育室(2) | 14.1 | ¥24,000 | |
| 小生物飼育室(3) | 14.1 | ¥24,000 | |
| 小生物飼育室(4) | 14.1 | ¥24,000 | |
| 小生物飼育室(5) | 13.0 | ¥22,100 | |
| 小生物飼育室(6) | 6.3 | ¥10,700 | |
| 小生物飼育室(7) | 12.3 | ¥20,900 | |
| 培養室(1)低温向け | 11.9 | ¥20,200 | |
| 培養室(2)低温向け | 14.7 | ¥25,000 | |
| 培養室(3) | 14.7 | ¥25,000 | |
| 培養室(4) | 14.7 | ¥25,000 | |
| 植物栽培室(1) | 15.8 | ¥26,900 | |
| 植物栽培室(2) | 16.7 | ¥28,400 | |
| 植物栽培室(3) | 10.8 | ¥18,400 | |
| 植物栽培室(4) | 14.0 | ¥23,800 | |
| 植物栽培室(5) | 9.4 | ¥16,000 | |
| 昆虫育成室 | 15.4 | ¥26,200 | |
| 小型魚類飼育室 | 15.4 | ¥30,000 | 小型魚類用飼育装置込み |
| げっ歯類飼育室 (1) | 14.2 | ¥32,700 | 単価 ¥2,300 /m ² /月 |
| げっ歯類飼育室 (2) | 15.1 | ¥34,700 | |
| げっ歯類飼育室 (3) | 15.1 | ¥34,700 | |
| げっ歯類飼育室 (4) | 13.8 | ¥31,700 | |
| げっ歯類飼育室 (5) | 14.1 | ¥32,400 | |
| げっ歯類飼育室 (6) | 17.0 | ¥39,100 | |
| げっ歯類飼育室 (7) | 14.6 | ¥33,600 | |
| げっ歯類飼育ラック | | ¥2,000/台 | 平棚仕様 |
| ウサギ飼育ケージ | | ¥1,600/ケージ | |
| 1 階ガラス温室 A~D | | ¥4,000/区画 | 11 月~4 月は暖房費¥2,000/ 区画が別途 |
| 2 階ガラス温室東, 西 | | ¥1,000/テーブル | 11 月~4 月は暖房費¥500/ テーブルが別途 |
| 大型水槽 | | ¥13,000 | 海水で使用する場合、海水 料金が別途 |
| 円形水槽 | | ¥13,000 | |
| P1A 実験室 | 16.1 | ¥29,000 | 単価 ¥1,800/m ² /月 マニピュレータ、顕微鏡の 利用料込 |

各室 20A ブレーカー分の電源使用料金は室料金に含む。ただし別に電源を追加する場合は
ブレーカーごとに¥1,000/10A・月を別途徴収する。

飼育栽培スペース利用に関する消耗品、サービス等

| 品名 | 単価 |
|------------------------|----------|
| げっ歯類区画内消耗品 (餌、床敷、他) | 実費 |
| 動物焼却処分料 | 実費 |
| 冷凍処分費 | ¥1,000/月 |
| 海水 | 実費 |
| 純水 | ¥100/L |

飼育栽培スペース(屋外、年単位利用)

| 場所 | 面積 | 年間利用料金 |
|-------|--------------------|-----------|
| 圃場 | 約 10m ² | ¥7,350/区画 |
| 林、植込区 | 約 10m ² | ¥7,350/区画 |

屋外コンセントを使用する場合は¥1,000/10A・月が別途

2. 研究機器等共同利用部門

共同利用機器(月単位利用)

| 利用機器名 | 設置場所 | 月額利用料金 |
|---|---------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ● 遺伝子銃 チューピングプレッ プステーション ● 微量高速冷却遠心機 2台 ● エレクトロポレーションシステ ム (一式) ● パルスフィールド電気泳動シス テム ● 簡易型クリーンベンチ ● 実体顕微鏡 ● 大型バイオシェーカー 2台 ● 小型バイオシェーカー ● 卓上 CO₂ インキュベーター ● 卓上多本架遠心機 ● 高速冷却遠心機 (アングルロー ター付) ● ドラフトチャンバー ● ガス滅菌器 ● UV クロスリンカー ● 人工気象器 ● MinION | 共通機器室 1 | <p>¥500/台 (4台まで) ¥2,500 (5台以上一律)</p> <p>センター利用者は以下の機器は無 料で使用可</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 一般冷蔵庫 (各共通機器使用時の試料の一 時保管のみ) ● 製氷機 ● 純水製造装置 (純水の料金¥100/L は別途) |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 乾熱滅菌器 ● CO₂ インキュベーター ● クリーンベンチ ● 簡易型オートクレーブ | 共通機器室 2 | |

| | | |
|-----------------------|---------|---------------------------------------|
| • 簡易型オートクレーブ | P1A 室 | |
| • 小動物用麻酔器 | げっ歯類飼育室 | |
| • 中央実験台（半面 150×75 cm） | 共通機器室 2 | ¥3,200 （20 A ブレーカー分の 電源使用料金を含む） |

3. 生物試料保管部門

共通フリーザー室(月単位利用)

| 内容 | 内訳 | 月額利用料金 | 備考 |
|---------------|------------------------|-----------|----------------------------------|
| フリーザー設置料 | 約 10m ² | ¥1,000/区画 | 2m ² /区画, 単独電源を 専有 |
| フリーザー稼働料 | 定格電力 | 実費 | |
| | 850-950W | | |
| | 750-849W | | |
| | 650-749W | | |
| | 550-649W | | |
| | 450-549W | | |
| | 350-449W | | |
| | -249W | | |
| フリーザー貸出料 | MDF-394-PJ | ¥17,500 | 内容量約 309L, 専有 |
| | CLN-50CD1 | ¥21,000 | 内容量約 507L, 専有 |
| フリーザー内スペース貸出料 | 標準トレー (TN-3550C) | ¥1,000/本 | CLN-50C1 台に 21 本 |
| | フリーズボックストレー (TF-3550C) | ¥700/本 | CLN-50C1 台に 30 本 |
| | 細胞保管用トレー | ¥700/本 | 細胞保管用フリーザー MDF-594-PJ に 23 本 |

持ち込みフリーザーを共通フリーザー室に設置する場合、設置料+定格電力ごとの稼働料が必要。ただし年単位で使用する場合は、10ヶ月分とする。

大型液体窒素タンク(月単位利用)

| 内容 | 内訳 | 月額利用料金 | 備考 |
|---------|-------|--------|-------------------------------------|
| 凍結試料保管料 | ラック単価 | 実費 | ラック 1 本にてフリー ズボックス 8 個まで収 納可能 |

別記様式第1号（第4条関係）

北海道大学 大学院理学研究院附属 ゲノムダイナミクス研究センター 利用申請書

ゲノムダイナミクス研究センター長 殿

年 月 日

ゲノムダイナミクス研究センター利用内規を確認し、下記の通りセンターの利用を申請します。
利用にあたり、利用内規と関連する法律、規定を遵守します。

申請者（経費の支払責任者）

所属 _____ 署名 _____
氏名 _____
電話（内線） _____ e-mail _____

利用者（実験）代表者（実験内容および利用内容を把握している方：申請者の場合は省略可）

所属 _____ 署名 _____
氏名 _____
電話（内線） _____ e-mail _____

利用部門（利用を希望するすべての部門に○をつけてください。）

- ・ 実験生物飼育栽培施設部門 (・ 新規 ・ 継続)
- ・ 研究機器等共同利用部門 (・ 新規 ・ 継続)
- ・ 生物試料保管部門 (・ 新規 ・ 継続)

研究課題名

研究の概要：

※以下について記入

| | |
|------------------|--|
| 関連する動物実験許可番号 | |
| 関連する遺伝子組換え実験承認番号 | |
| 使用を希望する飼育栽培スペース | |
| 使用を希望する共同利用機器台数 | |
| 使用を希望する試料保管設備 | |

センター記載

受理年月日

受理番号

使用期間 年 月 日 ~ 年 月 日

別記様式第2号 (第4条関係)

北海道大学 大学院理学研究院附属 ゲノムダイナミクス研究センター

_____年度 利用者名簿

- 利用部門 実験生物飼育栽培施設部門 (東棟)
 研究機器等共同利用部門 (東棟)
 生物試料保管部門 (西棟)

月 日 提出

| | 氏名 | 所属 | 職・学年 | 新規・継続 | センター ノ 欄 |
|----|----|----|------|-------|----------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |
| 16 | | | | | |
| 17 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | | | | | |
| 20 | | | | | |
| 21 | | | | | |
| 22 | | | | | |
| 23 | | | | | |
| 24 | | | | | |
| 25 | | | | | |
| 26 | | | | | |
| 27 | | | | | |
| 28 | | | | | |
| 29 | | | | | |
| 30 | | | | | |

北海道大学 大学院理学研究院

附属ゲノムダイナミクス研究センター 利用許可書

年 月 日付けで申請されたゲノムダイナミクス研究センターの利用について、下記の条件を付して許可します。

| | |
|--|---------------|
| 所属部局・職名 | |
| 申請者（経費の支払責任者） | |
| 使用期間 | 年 月 日 ～ 年 月 日 |
| <p><input type="checkbox"/> 実験生物飼育栽培施設部門 使用する飼育栽培スペース：</p> <p><input type="checkbox"/> 研究機器等共同利用部門 使用する共同利用機器（水等を含む）：</p> <p><input type="checkbox"/> 生物試料保管部門 使用する試料保管設備（フリーザー設置スペース，ラック使用を含む）：</p> <p style="text-align: center;">上記の使用を許可します。</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p> <p style="text-align: center;">北海道大学 大学院理学研究院 附属ゲノムダイナミクス研究センター長 ○○ ○○ （公印省略）</p> | |
| 許可番号 | ○○○○ |
| 備考： | |

実験生物搬入申込書

提出日： 年 月 日

責任者名： _____

所 属： _____

連 絡 先： _____

※三種（系統）以上を搬入する場合は各項目の行および番号を追加してください。

| |
|---------------------|
| 生物種（系統名）： ① ② |
|---------------------|

個体数：
① _____ ② _____

| |
|--------------------------|
| 由来（譲渡元または採集地）： ① ② |
|--------------------------|

遺伝子改変の有無：

ある ない

搬入予定年月日： _____ 年 _____ 月 _____ 日

なお、げっ歯類を搬入する場合は、本書式に加えて微生物モニタリング検査書を提出すること。

備考欄：

| |
|--|
| |
|--|

| |
|-----------|
| 専門委員会記入欄： |
|-----------|

共同利用機器等利用申込書

提出日： 年 月 日

責任者名： _____

所 属： _____

連絡先： _____

利用を希望する機器にチェック☑し、使用期間（利用申請期間を超えないこと）を記入してください。

共同利用機器（月単位利用）

| 設置場所 | 利用機器名 | 使用を希望する期間 |
|--|---|---------------|
| 共通機器室 (1) GE-223 | <input type="checkbox"/> 遺伝子銃チューピングプレップステーション BIO RAD | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| | <input type="checkbox"/> 微量高速冷却遠心機 MR-150 | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| | <input type="checkbox"/> エレクトロポレーションシステム (一式) BIO RAD | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| | <input type="checkbox"/> 簡易型クリーンベンチ NK system MB-851 | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| | <input type="checkbox"/> 実体顕微鏡 Olympus SZ61 | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| | <input type="checkbox"/> 高速冷却遠心機 (アングルローター付) TOMY Suprema21 | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| | <input type="checkbox"/> ドラフトチャンバー DALTON DF-17CK (特) | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| | <input type="checkbox"/> 微量高速冷却遠心機 MRX-150 | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| | <input type="checkbox"/> UVクロスリンカー Funakoshi FS-800 | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| | <input type="checkbox"/> MinION Nanopore Protocol Mk1C | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| | <input type="checkbox"/> 人工気象器 TOMY CLE-305 | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| | <input type="checkbox"/> バイオシェーカー TAITEC BR-180LF | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| | <input type="checkbox"/> バイオシェーカー TAITEC 23FP | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| | <input type="checkbox"/> バイオシェーカー BR-3000LF | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| | <input type="checkbox"/> 簡易型オートクレーブ LBS-245 | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| <input type="checkbox"/> 卓上多本架遠心機 TOMY LC 06 | 年 月 日 ~ 年 月 日 | |
| 共通機器室 (2) GE-224 | <input type="checkbox"/> 乾熱滅菌器 タバイ LC-110 | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| | <input type="checkbox"/> CO2インキュベーター エスベック BNA-111B | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| | <input type="checkbox"/> クリーンベンチ SHOWA S-1300 | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| | <input type="checkbox"/> 簡易型オートクレーブ TOMY LBS-245 | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| P1A室 | <input type="checkbox"/> 簡易型オートクレーブ TOMY BS-235 | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
| 共通機器室 (2) | <input type="checkbox"/> 小動物用麻酔器 夏目製作所 NARCOBIT-E II KN-10711 | 年 月 日 ~ 年 月 日 |

| | | | |
|-----------|--|-----|---------------|
| 共通機器室 (2) | <input type="checkbox"/> 中央実験台 1500mm×750mm (半面) | No. | 年 月 日 ~ 年 月 日 |
|-----------|--|-----|---------------|

備考欄：

専門委員会記入欄：

生物試料保管申込書

提出日： 年 月 日

責任者名： _____

所 属： _____

連 絡 先： _____

利用形態：(該当に☑を記入してください。)

- 資料委託
 持ち込みフリーザー設置

※試料委託の場合は以下について記入してください。

| | | |
|------|------|------|
| 組 織： | 細 胞： | その他： |
| | | |

試料の由来生物種：

| |
|--|
| |
|--|

試料由来生物の遺伝子改変：(該当に☑を記入してください。)

- ある ない

●試料委託の場合

委託先設備：(該当に☑を記入してください。)

- ディープフリーザー
 大型液体窒素タンク

委託量： _____

使用を希望するトレー形式と台数：(該当に☑を記入してください。)

- 標準トレー 台
 フリーズボックストレー 台
 細胞保管トレー 台

●持ち込みフリーザー設置の場合(複数台の場合は行を追加して記入してください。)

| フリーザー型式： | 定格電力量： | 設置床面積： |
|----------|--------|--------|
| | | |
| | | |

※フリーザーの仕様書(コピー)を併せて提出願います。

搬入予定日： _____ 年 月 日 年単位での使用を希望する (希望する場合に☑)

備考欄：

| |
|--|
| |
|--|

専門委員会記入欄：

| |
|--|
| |
|--|

北海道大学 大学院理学研究院
附属ゲノムダイナミクス研究センター 概要2024

令和6年7月発行

〒060-0810 札幌市北区北10条西8丁目
〔Tel〕 011-706-3580 〔Fax〕 011-706-2984
〔E-mail〕 cepa@sci.hokudai.ac.jp
〔URL〕 <https://www.sci.hokudai.ac.jp/gdynamics/>
