

# 2020年度「総合理工学研究科（理学専攻）公募型研究」 成果報告書

研究課題名：ミヤマクワガタ類（昆虫綱・鞘翅目）に関する分子系統地理学的研究

報告者（申請者名）：清水 光太郎

報告日： 2021年4月15日

## 1. 研究過程の概要

現存する生物種の過去の分布動態と環境変化との関連性の追究を目的に、ミヤマクワガタ *Lucanus* 属（鞘翅目クワガタムシ科）昆虫類に焦点を当て、地域集団レベルの遺伝構造解析、分子系統解析を実施しました。特にミヤマクワガタは、「深山（みやま）」の和名に象徴されるように、山地帯から亜高山帯までの山岳域に適応した昆虫類であり、広葉樹林に依存した昆虫であることから、氷期-間氷期の気候変動サイクルに応じた広葉樹林域の分布変遷に応じた分布動態をしてきたものと考えられています。

このような背景から、本研究ではミヤマクワガタの遺伝構造解析を実施し、既存の広葉樹の遺伝構造との対応関係を理解することを目指しました。

北海道・本州・四国・九州にわたる広域でのサンプリングを実施しました。灯火めぐりやライトトラップによる採取を実施し、得られた標本試料からゲノム DNA を抽出し、ミトコンドリア DNA COI 領域や 16S rRNA 領域の解析を実施しました。

結果としては、それほど顕著な地域性は検出されなかったものの、南北に長い日本列島内における南北地域間での緩やかな遺伝構造が検出されました。ブナ林に強く依存するヒメオオクワガタや、亜高山帯のブナや他の紅葉樹に依存するアカアシクワガタなどに比べると、地域集団間での遺伝的分化のレベルは弱く、これら 2 種よりは比較的広い地理的スケールでの分散が生じており、その結果として遺伝子流動スケールも広域にわたるものと考えられました。

## 2. 研究成果の要点

本研究で得られた結果を、樹木依存性のより高いクワガタ類と比較することで、ハビタット依存性の強度と遺伝子流動スケールの比較が可能となりました。集団構造と遺伝構造の関係性、それらの植生との関連性を総合的に参照しながら、「棲み場所の連続性（分断強度）と移動分散および遺伝子流動の地理的スケール」の関係性について、ある程度の理解が深まったものと考えられます。

## 3. 研究成果発表（発表者名、年月日、テーマ、会合名）

## 4. 発表会等で得られたコメントや意見（重要だと思ったことのみで可）

当初は、日本昆虫学会（京都大会）にて成果を発表する計画でしたが、コロナ感染症の影響で、2020年の大会は中止となりました。そのため、2021年度以降に開催される学会等での成果報告を検討しています。

## 5. 成果の自己評価、残された課題や反省点など

日本列島の広域的なサンプリングを実施することができましたが、一度のサンプリングでまとまった個体数を採取することは難しく、一つの地域集団あたりの採取個体数が少なくなってしまったことから、解析できた個体の遺伝子型がその集団を代表する（特徴づける）ものと考えて良いのかどうかの見極めが困難となりました。キャンパスのある松本地域では、比較的多くの個体を得ることができましたが、集団内での遺伝的多型がそれほど大きくはないことから、おそらく全国的にも同様の傾向ではあると思われるものの、他のいくつかの地域集団に対して、まとまった個体数の解析をするべきでした。この点は今後の課題です。

また、全国各地の博物館等にも多くの標本が収蔵されており、当初は、これらの収蔵標本からの遺伝子解析についても計画をしていましたが、この作業については実施することができませんでした。この取り組みは、夏季のサンプリングシーズンに入る前に実施する計画でしたが、ちょうどコロナ感染症による非常事態宣言が発出され、博物館による協力を得にくい状況でもありましたので、これらの点についても今後の課題としたいと思います。

(行数などは適宜増やして下さい。1頁は目安です。後のページに図表をつけても可.)

# 2020 年度「総合理工学研究科（理学専攻）公募型研究」 成果報告書

研究課題名：汎世界的氷床拡大期における日本海の定量的水温と温度勾配の復元

報告者（申請者名）：中村彰男

報告日： 2021 年 3 月 5 日

## 1. 研究過程の概要

### 目的

- ・新潟県新発田市下石川～上荒沢地域と胎内市夏井地域の地質調査を行い、地層の広がりや積み重なりを明らかにする。
- ・貝形虫化石試料を採取し、貝形虫化石の群集解析を行う。

### 内容

野外調査は 10 日間実施した。夏井地域では胎内川右岸の夏井セクション、胎内川左岸ルートを、夏井セクションから北に約 10 km 離れた下石川～上荒沢地域は、上寺内の寺内川ルートの地質調査をそれぞれ行い、柱状図を作成した。また、地層の堆積年代を決定できる火山灰層は詳細な記載を行い、年代の対比を試みた。

調査地域内から、貝形虫化石の解析用試料をおおむね層厚 1 m ごとに採取した。採取した試料は硫酸ナトリウム法とナフサ法を併用して処理を行った。残渣を 125  $\mu$ m, 250  $\mu$ m の篩で分け、250  $\mu$ m の粒子中に貝形虫化石が観察できたものを拾い出しの対象とした。拾い出しの対象となった試料は、貝形虫化石の産出個体数 200 個体を目安に簡易分割器で分割し、125  $\mu$ m 以上の残渣からすべての貝形虫化石を拾い出した。拾い出しには、双眼実体顕微鏡を用いた。

## 2. 研究成果の要点

ここでは、2021 年度の学会において発表予定の夏井地域の研究成果について述べる。胎内川を含む南北 7 km, 東西 4 km の範囲を調査地域とした。調査地域には下位より内須川層、鋳江層、下寺内層が分布し、鋳江層は調査地域北東～南西方向にかけて帯状に分布していた。夏井地域の鋳江層はほとんどの層準で貝殻片を含んでおり、岩相に基づくと 3 分された（ユニット i ; 塊状泥岩, ユニット ii ; 生物擾乱泥岩, ユニット iii ; 泥岩優勢砂岩泥岩互層）。岩相に基づくとこれらはいずれも外側陸棚を示し、岩相の違いは水深の違いを反映していると推察された。調査地域の胎内川左岸ルートから 35 試料, 坂井ルートから 5 試料, 夏井ルートから 14 試料を採取し、貝形虫化石群集を検討した。結果として少なくとも 58 属 130 種の貝形虫化石が産出した。最も優占した貝形虫のタクサは *Acanthocythereis dunelmensis* s.l., *Robertsonites tabukii*, *Krithe* spp. であり、これらは陸棚から陸棚斜面にかけての水深 150 m 以深の環境を示唆することから、当時の鋳江層は総じて陸棚の環境下で堆積したと推察された。岩相と貝形虫化石群集から、本調査地域の鋳江層堆積時は現在の日本海中層一固有水のような環境下で堆積し、少なくとも 2 回の古水深変動のサイクルが見出された。また、調査地域南西部から中心部にかけて比較的温暖な水塊が存在していた時期があったこ

とが明らかになった。

**3. 研究成果発表**（発表者名，年月日，テーマ，会合名）

中村彰男・山田桂，2021年6月4日

テーマ：新潟県北蒲原地域における鮮新統鍬江層の古環境

日本地球惑星科学連合で発表予定

**4. 発表会等で得られたコメントや意見**（重要だと思ったことのみで可）

これから発表予定

**5. 成果の自己評価，残された課題や反省点など**

修士論文で新たに設定した下石川～上荒沢地域の結果を出せていないのが問題点である。

今年9月に高知コアセンターで貝形虫化石の殻のMg/Ca比を計測する予定なので，貝形虫化石の拾い出し、群集解析は早急に終わらせたいところである。

（行数などは適宜増やして下さい。1頁は目安です。後のページに図表をつけても可。）

# 2020年度「総合理工学研究科（理学専攻）公募型研究」 成果報告書

研究課題名：穂高岳周辺に生息するタゴガエル小型集団の系統分類学的研究

報告者（申請者名）：村上実

報告日： 2021 年 3 月 30 日

## 1. 研究過程の概要

日本列島のアカガエル *Rana* 属の多くの種は平野部や山間部の水辺に生息しているが、同属のタゴガエル (*Rana tagoi tagoi* Okada, 1928) は山地の溪流沿いを生息地としている。タゴガエルは日本固有種で本州・四国・九州とその周辺の島々に生息するが、その体サイズなどの形態、鳴き声、産卵時期・場所などは地域でかなり変異がみられることが知られている。穂高岳周辺に生息するタゴガエルは、通常のタゴガエルと比較して小型であるという地域変異が知られてはいるものの、その形態学的比較検討や進化・遺伝学的な研究は行われていない。そこで本研究では、穂高岳を中心とした山岳地域のタゴガエル（高山系統）の遺伝学的・形態学的研究を行い、穂高岳周辺におけるタゴガエルの隠蔽種の有無、変異の地理的パターン、形態・生態の分化様式の究明を目的とした。

## 2. 研究成果の要点

- 1) 小型のタゴガエルの生息域の解明
- 2) 小型のタゴガエルの形態計測情報
- 3) タゴガエルにおける遺伝子解析の手法の整理

項目 1) については、穂高岳を中心とする北アルプスに加え、中央アルプス・南アルプスエリアでの調査を実施し、高標高域に特異的な形質をもつタゴガエル（高山系統）のサンプルを確保した。合わせて、美ヶ原山系からもタゴガエル高山系統である可能性の高いサンプルを確保した。これらのサンプルに、典型的なタゴガエル系統（標準系統）のサンプルを加えて、項目 2) の形態形質の評価を実施したところ、当初の予想通り、標準系統と高山系統間には有意な形態形質の差異が認められた。これらの成果を受け、標準系統と高山系統間での遺伝的な分化の検討を進めているとことである。現時点では、ゲノム DNA の抽出・精製を済ませており、遺伝子配列を比較するための遺伝子領域の絞り込みまでを進めた段階である。今後の解析により、遺伝的分化が検出されることが予想され、そのような展開となった場合には、繁殖形質（求愛時の鳴き声）や実際に生殖的隔離の有無を実験的に検証することや、標準系統と高山系統間での遺伝子流動の程度を評価することで、タゴガエルの高山系統が独立した種として分化したものであるのか？ 複数の山岳域で並行的に高山適応・種分化したのものであるのか？ といった山岳形成と生物の種分化・多様化に焦点を当てた進化史の究明へと繋がる研究の端緒となる成果を得ることができた。

## 3. 研究成果発表（発表者名，年月日，テーマ，会合名）

## 4. 発表会等で得られたコメントや意見（重要だと思ったことのみで可）

当初は、日本動物学会（米子大会）にて成果を発表する計画であったが、コロナ禍につき大

会自体が延期となってしまった。そのため、2021 年度に延期された日本動物学会（米子大会）での発表を予定している。

## 5. 成果の自己評価、残された課題や反省点など

中部山岳域やその周辺地域でのタゴガエル高山系統と標準系統のサンプリング地点をもう少し増やしたいところであったが、コロナ禍により 2020 年春季の野外調査や研究室での活動が制限され、また 2020 年の山小屋の営業が中止となったり、夏季以降の営業であったりしたことから、タゴガエルのサンプリング好機における調査が十分には実施できなかった。これらの点については、2021 年の調査で挽回したいと考えている。

また、遺伝子解析の実験も当初計画からは遅延しているが、解析手法や解析領域の絞り込みは済ませられたので、今後の解析で成果を蓄積させられるものと考えている。

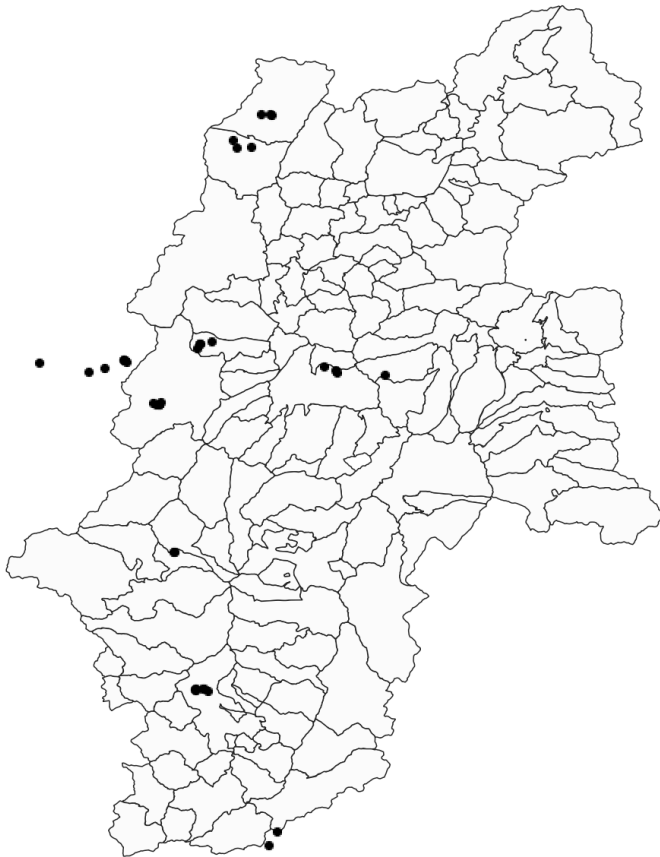


Fig.1 タゴガエルのサンプリング地点

Table.1 主なサンプリング地点の個体計測結果

(A: 岐阜県上宝町. B: 長野県松本市安曇 (高山系統), C: 長野県北安曇郡白馬村)

A

	SVL	HL	HW	LAL	3FL	HLL	FL	1TL	3TL
mean +SD, mm	38.8	15.4	14.9	18.4	5.5	70	22.2	4.6	6.5
	5TL	IMTL	UED	IOD	INL	S-NL	SL	EL	TD
mean +SD, mm	7	1.5	2.9	3.8	4	3.2	5.6	4.4	2.5

B

	SVL	HL	HW	LAL	3FL	HLL	FL	1TL	3TL
mean +SD, mm	31.23±2.3	11.8±0.9	10.4±1.0	14.9±1.0	4.5±0.4	56.0±4.1	17.6±1.5	3.5±0.5	6.0±0.8
	5TL	IMTL	UED	IOD	INL	S-NL	SL	EL	TD
mean +SD, mm	6.5±0.6	1.4±0.2	2.2±0.3	3.5±0.2	3.4±0.3	3.4±0.3	4.7±0.6	3.8±0.4	1.6±0.29

C

	SVL	HL	HW	LAL	3FL	HLL	FL	1TL	3TL
mean +SD, mm	38.0±3.5	13.1±1.4	13.7±1.3	16.7±1.5	4.5±0.7	66.3±7.9	20.3±2.2	3.8±0.4	6.2±0.7
	5TL	IMTL	UED	IOD	INL	S-NL	SL	EL	TD
mean +SD, mm	6.5±0.5	1.7±0.3	2.9±0.3	3.6±0.3	4.4±0.2	3.1±0.2	5.7±0.2	4.6±0.5	2.4±0.4

(SVL : snout-vent length, HL : head length, HW : head width, LAL : lower arm length, 3FL : 3rd finger length, HLL : hindlimb length, FL : foot length, 1TL : 1st toe length, 3TL : 3rd toe length, 5TL : 5th toe length, IMTL : inner metatarsal tubercle length, UED : upper eyelid distance, IOD : interorbital distance, INL : internarial length, S-NL : snout-nostril length, SL : snout length, N-EL : nostril-eyelid length, EL : eye length, TD : tympanum diameter)

# 2020年度「総合理工学研究科（理学専攻）公募型研究」 成果報告書

研究課題名：加速器実験における機械学習・AIを用いた新物理の探索

報告者（申請者名）：下島将太郎

報告日： 2021年 3月 日

## 1. 研究過程の概要

「ATLAS JAPAN 機械学習チャレンジ」とは日本の加速器研究グループである ATLAS JAPAN 内で行われたデータ分析を競うチャレンジのことである。

目的は ATLAS JAPAN 内での機械学習の利用促進と「新物理の発見」を可能にする新手法の開発である。本チャレンジでは以下のような流れで研究を行なった。

2020年7月~2021年2月：本格的にチャレンジに参加し、画像認識と多変量解析および異常検知を組み合わせた手法による新物理の探索を実行。

2021年3月：ATLAS JAPAN 会合にて成果の発表。

## 2. 研究成果の要点

2021年3月3日に行われた「ATLAS JAPAN 会合」にて2人の成果発表者のうちの1人として発表した。新物理の発見までは至らなかったが、様々な機械学習手法を提案することができた。具体的には、画像認識と多変量解析をベースにしたモデルに距離学習をベースにしたモデルを組み合わせたものを作成し、学習を行なった。その後そのモデルを使って分類タスクを行い、異常検知手法による新物理の探索を試みた。

## 3. 研究成果発表（発表者名，年月日，テーマ，会合名）

下島将太郎、2021年3月3日、「ATLAS JAPAN 機械学習チャレンジ」、ATLAS JAPAN 会合

## 4. 発表会等で得られたコメントや意見（重要だと思ったことのみで可）

1. 画像認識用の画像の正規化はどうなっているのか？  
（回答）いくつかの方法で正規化を試みたが、どれも性能改善は見られなかったため行っていない。
2. Meta Learning や Zero-Shot Learning をやってみると良いのではないか？  
（回答）今回は行っていないが参考にしたい。
3. CNN+MLP など個別のモデルに効果はあるのか？  
（回答）Test 用のデータで評価を行い、混合行列にその精度が表れているため一定



の効果はあると思っている。

## 5. 成果の自己評価, 残された課題や反省点など

手法を何度もやり直したりしてしまい非常に無駄が多かったように思うが、同時に様々な機械学習手法の調査や実装もすることができた。また、機械学習に使うデータの処理に関しても不勉強な点が多く、機械の学習自体よりもそちらに大半の時間を取られてしまったため、新物理の発見ができなかった点は非常に悔いが残る。

新物理を探索するにあたりデータセットの処理など機械学習以外の点が不勉強だったため、そもそも新物理探索に適したデータが作成できていたのか疑問が残るため、改善したい。

新物理の探索も質量のヒストグラムから発見を目指す伝統的な手法をとったが、統計的物理解析での知識不足な点が非常に目立ったため、改善したい。

(行数などは適宜増やして下さい。1頁は目安です。後のページに図表をつけても可。)

**2020 年度「総合理工学研究科（理学専攻）公募型研究」  
成果報告書**

**研究課題名：LHC-ATLAS 実験におけるミュオン検出器のトリガー開発研究**

**報告者（申請者名）：柳田 勲克**

**報告日：2021年 3月 5日**

**1. 研究過程の概要**

本研究では高輝度 LHC アップグレード計画に向けた実用可能な ATLAS 検出器のミュオントリガー開発を最終目標としている。高輝度 LHC では物理的に興味のある事象数だけでなく、背景事象数も増大するため、トリガーにはそういった環境下でも高い検出効率と背景事象の削減能力が維持できる性能が要求される。よって今回はシミュレーションによってトリガーが掛かる前のデータと後のデータで比較を行い、トリガーアルゴリズムの理解とトリガー性能の評価を行った。

**2. 研究成果の要点**

今回は「パターンマッチング」アルゴリズムによるトリガー性能を調査の対象とし、モンテカルロシミュレーションを行った。パターンマッチングでは、あらかじめ粒子の通過パターンをリスト化しておき、実際の粒子が観測された際にリストと一致するデータを出力する仕組みになっている。このパターンマッチングでパターンの検出効率が低い場合、トリガーされないことになる。調査の結果、ミュオンの横方向運動量が大きくなるにつれて高い検出効率を持つということが分かった。

**3. 研究成果発表（発表者名，年月日，テーマ，会合名）**

研究はまだ進行中であり、新型コロナウイルスの影響もありまだ会合等で研究成果を発表したことはありません。

**4. 発表会等で得られたコメントや意見（重要だと思ったことのみで可）**

上記の理由から記述できません。

**5. 成果の自己評価，残された課題や反省点など**

私は大学院に入学してから、研究に対する基本的な知識をつけ、その後はプログラミングについて勉強を行ってきた。その結果、基本的ではあるがシミュレーションを用いたトリガー性能の研究ができるようになった。今後は横運動量が低いミュオンに対しても高い検出効率を得られる方法を模索し、加えてパイルアップがトリガー効率に及ぼす影響についても研究を行っていく。

(行数などは適宜増やして下さい。1頁は目安です。後のページに図表をつけても可.)

2020 年度「総合理工学研究科（理学専攻）公募型研究」  
成果報告書

研究課題名：モンシロチョウ - スジグロシロチョウ類の種間交雑による遺伝子浸透とそれに伴う食草置換に関する研究

報告者（申請者名）：佐藤 隆人

報告日： 2021 年 4 月 15 日

## 1. 研究過程の概要

### ・ 遺伝子解析

シロチョウ属の近縁種間での種間交雑の実態を究明するべく、遺伝子解析によるアプローチを実施した。チョウ類の系統解析に広く使われているミトコンドリア DNA の ND5 領域や COI 領域、核 DNA のマーカーとして EF1- $\alpha$  領域や 28S rRNA 領域を選定し、遺伝子解析を実施した。解析対象の試料については、国内広域のサンプルを採取した。また、研究室内に保管されていた大陸（中国など）の標本試料からの遺伝子解析を実施した。この結果、国内ほとんどの地域から採取された日本産モンシロチョウは単系統群を構成し、従来から予測されてきたようにアブラナ科の農作物に付随する形で日本に持ち込まれ、帰化した外来種である可能性が示唆された一方で、わずかにこれらの系統からは大きく外れる系統の存在が明らかとなった。また、南アルプスの高山帯に生息する高山集団については、食草も大きく異なっており、一般的なモンシロチョウが食するような農作物を利用せず、高山帯における在来のアブラナ科植物を利用していることも明らかとなった。

以上のような興味深い結果は、（1）外来（帰化）系統のモンシロチョウ以外にも、遺伝的に大きく分化した在来のモンシロチョウが存在する可能性が示唆される他、（2）日本国内において、近縁種であるスジグロシロチョウとの間での種間交雑が生じたことで、食草（寄主）の転換が生じ、特異な遺伝子型が検出された可能性が示唆された。

これらの結果から、モンシロチョウとスジグロシロチョウの種間交雑が実際に起こり得るものであるのか？について、実験的に検証を試みた。

### ・ 交雑実験

ケージペアリングが可能かどうか確認するために、スジグロシロチョウの成虫の雌雄を捕獲してケージ内に放し、交尾が行われるか観察した。このとき、メス 1 匹とオス 2 匹をケージ内に放した。しかし、メスは腹部を上に掲げる「交尾拒否」の姿勢をとり、交尾は観察できなかった。これは、メスのとった交尾拒否行動から、すでに交尾してしまっていたためだと考えられる。このことから、野外で成虫を捕獲しすぐに交雑実験を行うことは現実的ではなく、羽化後間もない成虫を用いて交雑実験を行う必要があることが分かった。

これらの人為的な交雑実験については、さらなる工夫が必要であり、2021 年度の課題とする。

## 2. 研究成果の要点

日本人にとっても最も身近で馴染みの深い昆虫種であるモンシロチョウについて、地域集団レベルでの遺伝構造をある程度理解することができた。一方で、従来考えられてきたような農作物に付随して人為移入に由来するような簡単なことでもないことが明らかとなった。従来、高山蝶や絶滅が危惧されるような蝶類に関しては、遺伝子解析も含めた詳細な研究の対象とされやすく、実際に多くの成果が蓄積されてきたものの、国内を網羅するように、いわゆる「普通種」として生息しているモンシロチョウでありながら、その進化史や生態（食性など）の実態が十分には把握されていないことを示す重要な知見を蓄積することができた。

加えて、近縁種間での交雑や、種間交雑に起因する食性の転換（寄主転換）などといった進化生態学的にも興味深い課題に発展させることができた。

## 3. 研究成果発表（発表者名，年月日，テーマ，会合名）

### 4. 発表会等で得られたコメントや意見（重要だと思ったことのみで可）

当初は、日本昆虫学会（京都大会）にて成果を発表する計画であったが、コロナ禍につき大会自体が中止となってしまった。そのため、2021年度に開催される予定である日本昆虫学会（東京大会・オンライン大会）での発表を予定している。

## 5. 成果の自己評価，残された課題や反省点など

コロナ禍での行動制限などもあり、当初予定していたようなフィールド調査や、その調査により採取した試料を用いた遺伝子解析の実施が、かなり限定的なものとなってしまった。特に、食草が異なるとして寄主転換研究において注目していた高山域での調査・研究が、重要な初夏シーズンの山小屋利用ができず、実施することができなかった。結果として、最も重要視していた、種間交雑実験に供試するためのモンシロチョウ高山集団の確保ができなかった。

種レベルでの種間交雑実験については、それぞれの種の山地集団（松本周辺地域の集団）などを用いて試行してみたものの、実験そのものがうまくいかず、さらなる工夫が必要であることが明らかとなった。また、交種間雑の有無を確認するためには、両種が同所的に生息しているような地域でのサンプリングを行う必要がある。多化生のシロチョウ属といっても発生時期は限られているので、交雑実験に関しては1化目の成虫から採卵し、2化目以降で行う必要がある。

一方で、国内の地域集団を広域的に対象とする系統解析などについては、成果を蓄積することができた。また、遺伝子解析の対象領域についても、ほぼ計画通りに拡大させることでより頑健な知見を得ることができた。

(行数などは適宜増やして下さい。1頁は目安です。後のページに図表をつけても可。)

# 2020年度「総合理工学研究科（理学専攻）公募型研究」 成果報告書

研究課題名：流動スズ粉末電極を用いた塩化物イオンの実ポテンシャルの測定

報告者（申請者名）：砂川 泉月

報告日： 2021年4月13日

## 1. 研究過程の概要

当研究室ではこれまで、グラファイト粉末および銀粉末を水銀の代わりに用いて水溶液中の塩化物イオンの実ポテンシャルの測定を行ってきた。その結果、得られた塩化物イオンの実ポテンシャルは銀粉末電極のときは水銀電極での文献値に近い値が得られたが、グラファイト粉末電極のときは水銀電極での文献値より  $20 \text{ kJ mol}^{-1}$  ほど正の値が得られた。そこで、これらの結果の正しさを検証するために、

- ・水銀、グラファイト粉末、銀粉末に続く第4の電極材の検討
- ・第4の電極としてスズ粉末を用いて同様の測定

を行った。

## 2. 研究成果の要点

- ・銅、アルミニウム、ビスマス、スズの4種類の金属粉末を電極材として検討した結果、スズ粉末のみが流動性・導電性ともに良好であったため、スズ粉末を採用した。
- ・流動スズ粉末電極を用いた測定系でも塩化物イオンの実ポテンシャルを求めることができ、その値は炭素電極よりも水銀や銀電極を用いて測定された値に近い  $-308 \text{ kJ mol}^{-1}$  となった。
- ・測定を繰り返していくとスズ表面が黄色っぽく変色し測定される電位も大きく変化した。これはスズ表面に形成された酸化皮膜によるものだと考えられるため、酸化が進行しにくいように、湿気がない乾燥した場所に保管することを徹底し、溶液中における長時間の浸漬や高温での乾燥を避けて測定を行なった。

## 3. 研究成果発表（発表者名，年月日，テーマ，会合名）

発表者名：○砂川 泉月、坂巻 麻理子、巽 広輔

年月日：2020/11/26~2020/11/27

テーマ：流動スズ粉末電極を用いるボルタ電位差測定

会合名：第66回ポーラログラフィーおよび電気分析化学討論会

## 4. 発表会等で得られたコメントや意見（重要だと思ったことのみで可）

- ・ゲルマニウム（Ge）の合金は室温で液体であるので電極として使えるのではないかと。
- ・真空中で測定した水銀の仕事関数の値と大気中光電子分光法で測定した炭素や銀、スズの仕事関数の値を比較するのはどうなのか。測定方法を統一したほうがよいのではないかと。
- ・スズの表面状態はどのように評価しているのか。

## 5. 成果の自己評価, 残された課題や反省点など

- 測定値 (特に低濃度) に大きなばらつきがみられるため、測定回数を増やし再現性を高めていきたいと考えている。
- 初めての学会発表の場でたくさんの質問をいただいたが、質問者の意図をすばやく汲み取って的確に回答することが難しかったため、発表者のスキルを磨く観点から今後の課題にしたいと考える。

(行数などは適宜増やして下さい。 1 頁は目安です。 後のページに図表をつけても可.)

# 2020 年度「総合理工学研究科（理学専攻）公募型研究」 成果報告書

研究課題名：ゼニゴケの **riccionidin A** 蓄積機構の解明

報告者（申請者名）：山本 巧

報告日：2021 年 3 月 5 日

## 1. 研究過程の概要

ゼニゴケ (*Marchantia polymorpha*) はコケ植物タイ類に属する植物であり、およそ 4 億 5000 年前に植物が陸上進出した後に、高等植物と分岐して独自の進化を遂げたと考えられている。ゼニゴケを貧栄養条件下に植えて、栄養ストレスを与えると **riccionidin A** という二次代謝産物とその配糖体が、アポプラストと呼ばれる細胞外領域に蓄積され、植物体は赤色を呈する。**Riccionidin A** はフラボノイド化合物であり、高等植物のアントシアニンと類似した構造を有し、赤色を呈するといった特徴からアントシアニンであると長らく考えられてきた。しかしながら、直近の **riccionidin A** 生合成経路の検証により、**riccionidin A** はアントシアニンとは異なるフラボノイド化合物であるオーロンと示唆された。アントシアニンやオーロンなどのフラボノイド化合物は紫外線耐性や抗酸化作用、抗菌作用、植物体の彩色に寄与している。しかし、これらの二次代謝産物が有する高い生理活性は植物体にとっても細胞毒性を示す。そのため、植物は様々な輸送機構によって二次代謝産物を細胞質から隔離することで細胞毒性を回避しつつ、植物体内に蓄積する。二次代謝産物の輸送機構の解明を目指した研究は世界中で行われており、アントシアニンなどの二次代謝産物に関しては多数の輸送体が同定されて、その輸送機構が明らかにされつつあるが、オーロンの輸送機構については全く明らかになっていない。本研究ではゼニゴケを用いて細胞膜局在型オーロン輸送体の同定を試みている。

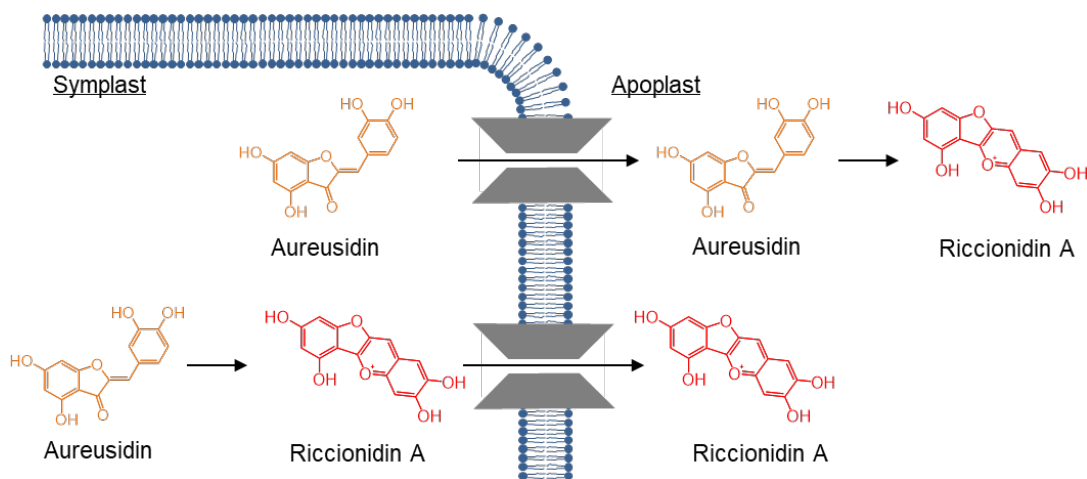


図 本研究の概要

図中の上段と下段は細胞膜輸送体が **riccionidin A** もしくはその前駆体である **aureusidin** を輸送する様子をそれぞれ表している。どちらが正しいかも含めて **riccionidin A** がどのようにゼニゴケのアポプラストに蓄積するのかを解明する。

# 2020年度「総合理工学研究科（理学専攻）公募型研究」 成果報告書

研究課題名：カラマツ林におけるシュートと細根のフェノロジーの解明

報告者（申請者名）： 田村梓

報告日： 2021年 3月 5日

## 1. 研究過程の概要

カラマツのシュート（枝葉）と細根の季節変化を調査するため、フィールドにて1年を通じた画像撮影を行った。撮影と並行して画像解析を行い、カラマツの季節変化と、環境要因の季節変化のパターンを比較した。さらに、シュートと細根の成長パターンの比較を行い、両者の関係を調査した。

また、細根の画像解析において、従来は手作業で行われていた解析の自動化に取り組んだ。

## 2. 研究成果の要点

シュートの季節変化については、落葉樹のため展葉・成熟・落葉のパターンが明確に表れる一方で、細根は特に夏季に成長がみられた。季節変化の制御要因については、シュートでは気温、細根では土壌温度との正の相関がみられた。さらに、細根を機能により2種類に分類すると、土壌温度に対する成長の仕方が異なることが明らかとなった。シュートと細根の成長のタイミングを比較すると、シュート成長は細根成長に先行しており、シュートの光合成による炭素供給が細根成長を制御している可能性が示唆された。

細根の画像解析については、これまで手作業で行っていた作業を自動化したことで、解析に必要な時間の短縮や、調査者による解析精度のばらつきの改善が期待される。

## 3. 研究成果発表（発表者名，年月日，テーマ，会合名）

田村梓，2020/12/6，「カラマツ林のシュートと細根のフェノロジー観測：シュートと細根の色の変化はいつ起きるのか？」，第10回中部森林学会（学生発表奨励賞）

田村梓，2021/3/19-23，「カラマツのシュートと細根のフェノロジーは同期するのか？」，第132回日本森林学会（発表予定）

## 4. 発表会等で得られたコメントや意見（重要だと思ったことのみで可）

画像解析の精度を確認し、先行研究との比較等を行うとよい。

細根成長と土壌温度との関係が見られるという結果は、他の環境で生育するカラマツにも応用できそうであるか、先行研究との比較をするとよい。

幹の成長も調査することで、より葉と細根の繋がりを理解できる可能性がある。

## 5. 成果の自己評価，残された課題や反省点など

概ね計画通りに研究を進めることができた。細根の画像解析を自動化したことで、細根の成長を日単位で観測することが可能になり、環境要因との関係性を詳細に解析できたことは良い



成果であった。課題としては、野外での画像撮影を自動で行っているため、雨水や湿度で画像の品質が低下することが発生した。今後、機材の設置についても一度調整を行うだけでなく、画像解析の過程でのノイズの検出・処理方法について検討していきたい。

# 2020年度「総合理工学研究科（理学専攻）公募型研究」 成果報告書

研究課題名：タケノコモノアラガイにおける赤殻変異の遺伝システムの解明

報告者（申請者名）： 西村 悠

報告日： 2020年3月1日

## 1. 研究過程の概要

赤殻変異が野生集団に見つかるのは、殻を赤くする遺伝的変異が維持されているからか否かを知るために、殻の色が個体の成長過程でどのように変化し、個体間でどのように異なり、世代間で遺伝するのかを調べた。次に、赤殻変異がもたらす遺伝子型の間で幼生の生存率（孵化率）が異なるか、すなわち自然選択の一種である生存選択が生じているかを調べた。

## 2. 研究成果の要点

野生型の殻は赤い色素をもたない。その色素を殻にもつ変異体は、殻色により野生型とは明瞭に識別できることをつきとめた。赤い色素は殻の表面にあるタンパク質の層ではなく、その内側に形成される石灰質の層にある。巻きを増やす成長過程で、殻は巻きが増えるだけではなく、殻の内側に石灰質が蓄積して殻が厚くなる。赤殻変異体の赤い色素は、この石灰質の外側の層に偏在し、日齢とともに厚くなる部分の石灰質の層にはふくまれないことを発見した。これは、赤い色素が殻の伸長成長の過程でつくられることを示唆する。したがって、赤殻変異の原因遺伝子は、殻の巻きを増やすバイオミネラル化の過程で殻の先端（口）付近の外套膜で発現すると考えられる。赤殻変異の原因となる対立遺伝子は、野生型の対立遺伝子に対して遺伝的に顕性であることがわかった。この遺伝的変異により生じる遺伝子型の間には、孵化前の生存率の差異は見つからなかった。

## 3. 研究成果発表（発表者名、年月日、テーマ、会合名）

西村悠、2021年2月1日、赤殻変異の遺伝システム、研究室セミナー

## 4. 発表会等で得られたコメントや意見（重要だと思ったことのみで可）

1. 孵化率の差異は、内的淘汰の有無を探るうえで役に立つかもしれないが、生涯適応度の差異（生存選択や繁殖選択の有無あるいは強さ）を検討するには、捕食圧も含めた環境の外的要因に依存するかを探る実験的アプローチが必要である。
2. 殻が厚くなる過程では赤くならないと結論できるか。
3. 赤殻変異は、本種や近縁種の分布域にわたり、どのくらい普通にあるいはまれに記録されているか。

## 5. 成果の自己評価、残された課題や反省点など

赤殻変異が生態遺伝学の研究対象として最適の単純な遺伝システムにあることを発見することができた。世界で初めてのこの研究基盤の学術的価値を学ぶことができた。