

## 2023年度博士学位論文

Doctor Theses in the 2023 Academic Year  
(April 2023 - March 2024)

博士（学術）学位論文 11名

### 課程修了による博士学位

#### 共生環境学専攻

氏名	OWINO ALEX OTIENO
学位記番号	生博 甲第 350 号
学位記授与の日付	令和 5 年 9 月 25 日
学位論文題目	DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE STRUCTURAL MATERIALS USING BASALT FIBER AND AGRICULTURAL WASTE IN CEMENTITIOUS SYSTEM FOR GROUND IMPROVEMENT (セメント系における玄武岩繊維と農業廃棄物を利用した持続可能な地盤改良用構造材料の開発)
論文審査委員	主査 教授・保世院座狩屋 教授・岡島 賢治 教授・渡辺 晋生

### 要旨

都市化や工業化による建築環境の増加に伴い、軟弱地盤におけるインフラ整備の需要が高まっている。粘性土は、弱いせん断強度と高い圧縮性を持つことから、土木技術者や地盤工学技術者が土木構造物を建設する際に多くの課題を引き起こしている。粘性土の不安定性は粘土含有量が高いためであり、水分含有量の変化にさらされると収縮または膨張する傾向がある。このような地盤の上に建物を建てると、基礎、堤防、舗装に重大な損傷を与える可能性があり、耐久性があり安全な構造物にするには建設コストが増加する。

これらの課題への対策には、地盤を安定化および補強して地盤工学的特性を改善することが不可欠である。従来、セメント、石灰、石灰セメント混合物などの添加剤を用いた地盤改良が広く行われてきた。しかし、セメントと石灰への過度の依存は環境の悪化を引き起こす。また、年間生産される 41 億トンの地球の人為的 CO<sub>2</sub> 排出量の 8～

10 パーセントがセメントや石灰の製造に寄与するなど、環境問題への懸念が高まっている。CO<sub>2</sub> の排出に加えて、セメントや石灰の生産も天然資源の枯渇につながる可能性がある。セメントの製造には、石灰石、粘土、砂などの大量の原料が必要である。これらの資源は有限であり、持続可能な管理方法が必要である。さらに、これらの原材料の採掘時の破碎や粉砕においても、人間の健康や地域の生態系に悪影響を与える可能性のある大量の粉塵が発生するため、環境に悪影響を与える可能性がある。

環境上の問題に加えて、セメントと石灰は大きな塑性収縮や亀裂を生じやすく、安定化された地盤の物理的強度に影響を与える。これらの懸念を軽減し、地盤の土質工学的特性を強化するために、セメントと石灰を、粉砕灰（RHA）などのポゾラン添加剤で部分的に置き換えることが研究の注目を集めている。粉砕灰は米の加工により世界中で豊富に生成されており、特に粉砕灰の製造プロセ

ス中に生成される高活性非晶質シリカ (SiO<sub>2</sub>) が地盤の安定化に RHA が注目される一つの理由である。ただし、添加剤と土壌の間のポゾラン反応によってセメント系が形成されても、大きな荷重がかかったときのひび割れや過剰な沈下の問題を避けるためにさらなる補強が必要である。

近年、安定化された地盤におけるせん断面の形成を阻止し、安定化された複合材料の強度に影響を与えるために、セメント系添加剤とともに繊維が使用されている。しかし、既往の研究論文では、補強材、土、および安定剤の種類が限られている。現在まで、このような地盤についてはほとんど研究が行われておらず、RHA、最小限のセメント投与量、玄武岩繊維の複合作用、特に圧密沈下、体積変化、せん断強度、浸透性、支持力、微細構造に対する RHA の影響に関する科学研究は行われていない。そこで、安定化補強した粘性土のさまざまな特定について、供試体の組み合わせの支持力、せん断強度、圧密係数、透水性、およびミクロおよびマクロ構造への影響を調査することを本研究では目的とされた。さまざまな長さの玄武岩繊維と、さまざまな分量の RHA セメントと

を組み合わせ、試料が作成された。そして、堤防、舗装、基礎などの工学構造の盛土または路盤材料として使用可能な優れた特性を備えた材料の組み合わせが試験結果に基づき検討された。

この研究では、粘性土に対して一連の締固め試験、圧密試験、圧密排水三軸試験、一軸圧縮強度試験、定水位透水試験、および微細構造解析試験 (SEM および XRD) が実施された。各試料は、異なる長さの玄武岩繊維 (3mm, 6mm, 12mm) で補強され、RHA (5%, 10%, 15%) とセメント (3%) の組み合わせで安定化した。さらに、電子顕微鏡 (SEM) テストと X 線回折 (XRD) 分析が実施され、安定化、強化された土複合材内の微細構造の変化と化学組成の変化が視覚的に確認された。

この研究で得られた実験結果に基づいて、RHA、最小限の用量のセメント、玄武岩繊維補強材を粘性土に添加すると、適合性、支持力、せん断強度が大幅に向上し、圧密沈下速度が低下し、土の強度、微細構造の発達が向上すると結論づけられた。強度が向上したことで、地盤工学用途で使用する際の安定性と適合性が向上した。

## 生物圏生命科学専攻

氏名	ASEP SAHIDIN
学位記番号	生博 甲第 351 号
学位記授与の日付	令和 5 年 9 月 25 日
学位論文題目	Population dynamics, reproduction, and shell nacre characteristics of an alien freshwater mussel, <i>Sinanodonta woodiana</i> , collected from different elevations in West Java, Indonesia (インドネシア Java 島西部の異なる標高に生息する淡水産二枚貝 <i>Sinanodonta woodiana</i> の個体群動態、繁殖、および貝殻真珠層の特徴)
論文審査委員	主査 教授・古丸 明 教授・河村 功一 教授・木村 妙子

## 要 旨

インドネシアは、多様性を持つ熱帯の国としてよく知られています。インドネシアでは合計 57 種の有効な淡水産二枚貝の種が記録されており、世界中の淡水二枚貝の種の多様性の 4.8% に相当し、12 種が外来種です。多様な生態系を保全す

るために、外来種の貝に関する研究と施策が緊急に必要とされています。50 年前、外来種の淡水貝 *Sinanodonta woodiana* が淡水魚とともにインドネシアに持ち込まれ、魚の移動に伴って急速に島々に広まった経緯があります。さらに、人々はこの貝は経済的に価値がないと考えているため、この

貝を採取することはありません。低地から高地において、この貝の分布、成長パターン、ライフサイクル、真珠層の色と微細構造に関する知識は、漁業の利用と生態系の保全に役立ちます。本研究では、生態系におけるこの種の分布、生殖活動、および成長パターンを調査しました。さらに、真珠層で生産される半円真珠の品質を向上させ、効果的に養殖するために、真珠層の色と内殻の微細構造を分析しました。

私たちの研究では、いずれの標高全域でも *S. woodiana* のリクルートが年間を通じて継続し (3 ~ 4 回 / 年)、保育中の貝 1 個体あたりの幼生数が多かった ( $22.3 \times 10^4 \sim 90.2 \times 10^4$ ) ことが明らかになりました。彼らは、クロロフィル a 濃度が低く、懸濁物質の濃度が高い環境圧力下で、メスから雌雄同体に性別を変えました。中程度の高度域では、貝 1 個体あたりの幼生数が  $90.2 \times 10^4$  で最も多く、雌雄同体の割合がサンプル全体の 10% で最も少なかった。さらに、分布域データは、標高を越えた 56 の調査地点の 78.6% でイガイが見つかったことを示しました。中程度の標高で  $5.63 \text{ ind/m}^2$  という最高の密度を示し、100 ~ 150 mm の中程度の殻サイズと最大数のコホート (13 コホート) が大半を占めました。成長フォン・ベルタランフィの分析では、寿命が 12 ~ 15 年、最大殻長が 165.3 ~ 225.9 mm であることが記録されています。したがって、*S. woodiana* の継続的に成長を示し、生息地を占める種の密度が大幅に増加することになり、特に中地の標高で在来種が消滅する可能性があります。

それにもかかわらず、*S. woodiana* は、金、黄色、

銀の色をした真珠層の半円真珠を生産する潜在力を持っています。後殻領域は強い金色の真珠層であり、黄色度が高く、真珠層全体が厚く、真珠層の厚さが薄いです。中程度の標高地方の標高で採れた貝は、高い黄色度および高い輝度を備えた強い金色の真珠層を示しました。さらに、高い TSS 環境 ( $>10 \text{ mg/L}$ ) において貝殻は、真珠層内の豊富な freckle (斑点状の突起) と相関関係があり ( $R = 0.51; p < 0.001$ )、真珠層全体が薄く、黄色度指数と真珠層明るさが最も低く、freckle が発生する可能性があります。その結果真珠の品質が低下します。本研究の分析では、中程度の高度の標高において、後部の貝殻の位置、および低 TSS 環境 ( $< 10 \text{ mg/L}$ ) での半真珠養殖が最適であることが示されています。

私たちの調査結果は、環境圧力下で標高を越えて *S. woodiana* の加入が成功し、個体数が急速に増加していることを明らかにしています。したがって、私たちは、1) インドネシアへの侵入の影響を制限するために、定期的に収穫を行うことにより、個体群の拡散を制御することを推奨します。2) 経済的利益を追加し、自然環境の管理のために継続的な定期的な収穫 (6 か月または 12 か月) を維持するために、この種において淡水ハーフパールを生産します。3) 国民の意識を高め、種の拡散を最小限に抑えるための生態学的に実行可能な措置を規定する法律を制定します。4) インドネシアの淡水生態系でこの種を管理するには、国および地域レベルでの総合的な研究、管理、および実施が必要です。

## 生物圏生命科学専攻

氏名	ELDESOKY MARWA SAID ABDELHALEM
学位記番号	生博 甲第 352 号
学位記授与の日付	令和 5 年 9 月 25 日
学位論文題目	Studies on multiple vitellogenin genes in the kuruma prawn <i>Marsupenaeus japonicus</i> : identification of novel vitellogenin and hormonal regulation of gene expression (クルマエビのビテロジェニン遺伝子に関する研究：新規ビテロジェニンの同定とホルモンによる発現制御)
論文審査委員	主査 教授・筒井 直昭 教授・古丸 明 教授・松田 浩一

### 要 旨

エビ類の生殖過程を理解することは、持続的な水産業や養殖業にとって重要である。エビ類の卵は、他の卵生生物と同様に、栄養となる卵黄物質を細胞内に蓄えながら急速に成長する。これらの中でも、主要な卵黄タンパク質であるビテリン、およびその前駆体であるビテロジェニンは、卵黄形成の制御機構を研究する際に有効な指標となる。クルマエビ *Marsupenaeus japonicus* は、日本および東南アジア諸国において経済的に重要な水産種である。本種ではビテロジェニン 1 が肝臓と卵巣で産生されることや、卵巣のビテロジェニン 1 の産生を抑制するホルモンが眼柄内に位置する神経内分泌器官で産生されることが明らかになっているものの、卵黄形成過程の全容を把握するには情報が不足している。本論文では、クルマエビの新規ビテロジェニン遺伝子の同定、遺伝子の発現動態の調査、遺伝子発現に影響を及ぼすホルモンの探索等により、本種の卵黄形成機構の詳細な理解を試みた。

第 1 章では、肝臓のトランスクリプトーム解析により、ビテロジェニン 1 に類似するが一致はしない配列を得て、その配列を基に追加の cDNA クローニングを行い、ビテロジェニン 2 (Maj-Vg2) をコードする全塩基配列を新たに決定した。塩基配列から推定されるビテロジェニン 2 は、2,554 のアミノ酸残基からなり、2,587 残基からなるビテロジェニン 1 との配列の相同性は約 54% であった。両者をアミノ酸組成の割合で比較した場合の

差は 1% 以下であり、特に 10 種の必須アミノ酸ではいずれも 0.6% 以下であったことから、ビテロジェニン 1 と 2 は卵黄物質として補完的な関係にあると推測された。

第 2 章では、ビテロジェニン 1 と 2 の遺伝子発現動態を調べた。天然漁獲個体において、ビテロジェニン 1 は、肝臓と卵巣共に前卵黄形成期(未成熟期)では発現量が低く、卵黄形成期前期に発現量が上昇した。卵黄形成期後期になると発現量は減少したが、その減少は卵巣では明瞭で、肝臓では緩慢であった。ビテロジェニン 2 の発現は卵巣では確認されなかった。肝臓での発現は、前卵黄形成期で低く、卵黄形成期前期に上昇し、卵黄形成期後期に減少した。未熟な個体の眼柄を切除して卵黄形成を人為的に誘導した個体では、卵巣のビテロジェニン 1 と肝臓のビテロジェニン 2 の遺伝子発現が顕著に増加した。以上から、ビテロジェニン 1 と 2 の補完的な関係が支持された。また、眼柄の切除による卵黄形成と天然の卵黄形成とでは卵質が異なる可能性が考えられた。

第 3 章と 4 章では、ビテロジェニン遺伝子の発現に影響を及ぼすホルモンの探索を試みた。まず、肝臓の *ex vivo* 培養系を新たに構築し、組織片を 6 時間程度培養できる培地組成と培養条件を決定した。これと、既存の卵巣 *ex vivo* 培養系を用いて、ビテロジェニン遺伝子の発現に対するホルモンの影響を検討した。その結果、第 3 章では、インスリン様ペプチド 1 が、幼若個体の肝臓や卵巣のビテロジェニン遺伝子の発現を有意に増加させる

ことが示された。このインスリン様ペプチド1の発現部位は卵巣であることから、傍分泌的な作用様式が推定された。第4章では、魚類等においてビテロジェニン遺伝子の発現制御に関わる、脊椎動物の雌性ステロイドホルモンであるエストラジオールの作用を検討したが、クルマエビのビテロジェニン遺伝子の発現に影響はみられなかった。また、ある種の昆虫でビテロジェニン遺伝子の発現制御に関わることが知られている幼若ホルモンの、甲殻類における類似物質であるファルネセン酸メチルの作用についても同様に検討したが、ビ

テロジェニン遺伝子の発現に影響はみられなかった。

本論文において、既存のビテロジェニン1とは別のビテロジェニン2という卵黄タンパク質前駆体を明らかにするとともにその遺伝子発現動態を明らかにしたこと、これまで難しかった肝臓の *ex vivo* 培養系を構築したこと、それを用いてビテロジェニンの遺伝子発現に影響を及ぼすホルモン様物質を見出したことは、クルマエビ類の持続的、効率的な種苗生産技術を今後検討していくうえで極めて有意義であるといえる。

### 資源循環学専攻

氏名	松永 寛之
学位記番号	生博 甲第 353 号
学位記授与の日付	令和6年3月25日
学位論文題目	外樹皮形態の異なる広葉樹2種における外樹皮表面での水分の吸収と放出 (Water absorption and emission on the outer bark surface in two hardwood species with different outer bark morphologies)
論文審査委員	主査 教授・松村 直人 教授・木佐貫博光 教授・中井 毅尚 連携教授・安部 久 准教授・松尾奈緒子

### 要 旨

樹木の幹枝表面での水分の獲得と損失は樹木生理学や森林水文学分野において注目されてこなかったが、近年いくつかの樹種で幹枝を覆う外樹皮表面からの雨水の吸収や水蒸気の吸放出が生じること、そうした水分の獲得と損失が樹幹内の水ポテンシャルや森林流域からの流出量に関与することが発見された。この幹枝表面での水分の獲得と損失の解明が樹木の水動態や森林の水循環の理解に貢献するとして重要視され始め、この現象が多くの樹種で生じることの証明や水分の吸収と放出の経路の特定が必要とされている。

数少ない先行研究において幹枝を覆う外樹皮の形状と組織構造が水分の獲得と損失に影響を及ぼす可能性が示唆されていたことから、本学位論文では外樹皮の形状と組織構造が樹木の幹枝表面での水分の獲得と損失に及ぼす影響の解明を目的と

し、代表的な外樹皮形態として大別されるリチドームと周皮単層構造の外樹皮をそれぞれ有する広葉樹2種を対象として乾燥樹皮片を用いた室内実験を行った。

①先行研究が少ない生きた樹木における幹枝表面での水分の獲得と損失の観測を目標とし、タイ北部の熱帯季節林に生育する落葉広葉樹チークの立木を対象として樹幹周囲長を計測して樹幹貯水量の変動を把握するとともに、樹液流速と樹冠葉枚数を計測して幹内の通水状態を把握した。その結果、樹液流速が停滞しており根からの吸水がほぼ停止している乾季の落葉時期において、一時的降雨に対する幹の貯水量の増加とその後の減少が観測された。この現象が幹枝表面での水分の吸収と放出に起因することを示すため、別個体の幹より剥がした樹皮を切片に加工し、外樹皮表面より液相水を吸収または水蒸

気を吸放出させる室内実験を行った。その結果、外樹皮表面での液相水の吸収および水蒸気の吸放出が確認できた。以上より、チークの生きた樹木において幹枝表面での水分の獲得と損失が生じ、樹幹の貯水量の変動に関与することが示唆され、世界で初めて熱帯樹種での幹枝表面における水分の獲得を観測により示すことができた。

②剥離頻度が高いリチドームの外樹皮表面における水分の吸収・放出経路の解明を目標とし、チークを対象として外樹皮の形状と外樹皮表面での水分の吸収・放出の関係を解析した。外樹皮の形状は樹皮片の2次元画像処理や3次元形状計測により定量評価した。外樹皮表面での液相水の吸収と水蒸気の吸放出は室内実験における樹皮片重量の経時変化より定量評価した。その結果、外樹皮の剥離量と液相水の吸収速度に正の相関が見られ、染色水を吸収させた際には剥離部分からの浸入が観測された。このことより、リチドームの樹種では外樹皮の剥離部分が液相水の吸収経路であることが示された。

③剥離頻度が低く、ガス交換を担う組織とされる皮目が存在する周皮単層構造の外樹皮表面における水分の吸収・放出経路の解明を目標とし、冷温帯落葉広葉樹ブナを対象として②と同じ手法で外樹皮の形状と外樹皮表面での液相水の吸収、水蒸気の吸放出の関係を解析した。その結果、外樹皮表面の皮目量と液相水の吸収速度・吸収量には有意な相関が見られず、皮目からの染色水の浸入も観測されなかった。このことより、皮目が液相水の吸収経路ではないことが示された。また、皮目量と水蒸気の吸収速度・吸

収量との間にも有意な相関が見られなかった。これは、吸湿実験において樹皮片の初期条件を揃えるために行った乾燥処理により、ガスの出入口である皮目内部の細胞間隙が収縮して水蒸気透過性が低下したことが原因である可能性が示唆された。

④②と③の結果に基づいて、外樹皮の組織構造が異なるチーク樹皮とブナ樹皮の外樹皮表面での水分の吸収と放出を比較した。チーク樹皮では剥離が生じた樹皮片で液相水の浸入が見られ、ブナ樹皮では全ての樹皮片で液相水の浸入が見られなかった。このことより、外樹皮の剥離頻度の樹種間差が外樹皮表面での液相水の吸収に影響を及ぼす可能性が示唆された。また、チーク樹皮の方がブナ樹皮より樹皮片の含水率の減少に伴う外樹皮の収縮が大きく、かつ外樹皮表面の水蒸気透過性の低下が大きかった。リチドームの樹皮では乾燥による外樹皮の収縮により表面や内部の孔隙や亀裂が縮小したため、水蒸気透過性が低下したものと考えられる。このことより、樹皮の含水率の変化による外樹皮の膨潤乾縮が外樹皮表面の水蒸気透過性に影響を及ぼす可能性が示唆された。

以上より、外樹皮の表面剥離の頻度が大きく、かつ乾燥時の外樹皮の乾縮が大きいリチドームの樹種の方が、周皮単層構造の樹種よりも幹枝表面における降雨時の水分獲得能力と乾燥ストレス下の水分損失抑制能力が高い可能性があることが示唆された。本研究で確立した乾燥樹皮片を用いる室内実験を多くの樹種に適用することで、外樹皮の形状・組織構造と幹枝表面での水分の獲得・損失の関係の一般化が実現すると考えられる。

## 資源循環学専攻

氏名	ANYSIA HEDY BINTI UJAT
学位記番号	生博 甲第 354 号
学位記授与の日付	令和 6 年 3 月 25 日
学位論文題目	Systematics studies of plant pathogenic Coelomycetes (植物病原性分生子果不完全菌類の分類学的研究)
論文審査委員	主査 教授・中島 千晴 教授・塚田 森生 教授・松井 宏樹

## 要 旨

分生子果不完全菌類は、真菌、または真菌と宿主組織で覆われた空洞内に分生子を形成する無性真菌類からなる。このグループ分けは、菌類の大規模分子系統関係が明らかになる以前の形態学的特徴による分類体系を反映している。菌類の分子系統関係は、真菌の分類を一変させ、これまでの菌類分類学をより客観的で信頼性の高い真菌系統学へと移行させた。これを機に、菌類命名法も有性世代と無性世代にべつべつに種名を認める二重命名法から、1種の真菌に1つの名前を適用する方法、すなわち“One fungus, one name”に変更された。本研究では、現在の分類基準に従い、分生子果不完全菌類のうち植物病原性を持つ属を再調査した。多遺伝子座系統解析、形態学的特徴、培養特性を統合的に用い、多様性の解明と日本の菌類相に関する情報を更新することを目的とする。

第1章では、作物や観葉植物などの様々な植物にそうか病や葉の奇形などを引き起こす *Elsinoë* 属 (*Elsinoaceae*, *Myriangiales*) について概観する。*Elsinoë* 属菌の無性時代は、*Sphaceloma* として知られるポリフィアライド型の分生子形成細胞を持つ、分生子層状の分生子形成様式を持つ分生子果不完全菌類である。23株の日本の *Sphaceloma* と *Elsinoë* 属菌が再調査され、その結果、*E. hydrangeae*, *E. tanashiensis*, *E. sumire* の3新種と、*E. akebiae* の新組み合わせが提案された。さらに、標本に基づく分類学的処理により、*E. catalpa*, *E. japonicum*, *E. padariae*, *E. peucedani*, および *E. zelvovae* の新組み合わせが提案された。

第2章では、木本植物やときに草本植物の葉に斑点症状を引き起こす *Sphaerulina* 属 (*Mycosphaerellaceae*, *Mycosphaerellales*) について調査した。かつて一部の

*Sphaerulina* 属の種は形態学的基準により、*Septoria* 属として分類されていた。しかし、近年になって多遺伝子座分子系統解析により、*Sphaerulina* 属は *Septoria* 属から独立した属に分類された。そこで *Septoria* 属として記録されている計 27 株の日本分離株を再調査し、7 新種 (*Sph. Farfugii*, *Sph. hydrangeicola*, *Sph. idesiae*, *Sph. lapsanastri*, *Sph. miurae*, *Sph. styracis*, および *Sph. viburnicola*) を提案し、2 種 (*Sph. duchesnea* および *Sph. manbuana*) の新組み合わせを提案した。

第3章では、*Septoria* 属 (*Mycosphaerellaceae*, *Mycosphaerellales*) について述べる。*Septoria* 属は、葉の斑点病に関連して広く分布している病原菌類で、有性時代は *mycosphaerella-like* である。*Septoria* 属は従来、感染した宿主植物によって区別されていた。しかし、分子系統解析で構築された系統樹のデータによると、複数の種が同じ宿主に感染する可能性があり、実際 *Septoria* 属菌の中には広い宿主範囲を持つものもある。結果、アサから分離された *Septoria* 属菌はアメリカ産の同じ宿主植物から分離された *Septoria cannabis* とは異なることが示され、新種 *Septoria cannabicola* が提案された。

また、日本の無病徴のサクラの樹から分離した *Diaporthe* 属を調査した。従来、新種の同定には、宿主特異性、病徴、子嚢果、胞子形状などの形質が用いられてきたが、多遺伝子座分子系統解析により、*Diaporthe* 属の類別が困難な同質性が明らかとなった。この研究では、日本広義サクラ類から分離された計 31 株を調査した。多遺伝子座分子系統解析とは別に、この章では種の区分を補強するため、合意系統樹を用いた種仮定を用いた。その結果、2つの新種 *D. endoprunicolo* と *D. pseudoamygdali* が同定され、既知の3種の *Diaporthe* 属と3種の広

義 *Diaporthe* 属菌が同定された。

分生子果不完全菌類は、子囊菌門の無性時代の分類群の一つである。この研究は、系統解析、形

態学的特徴、分布、宿主といった異なる形質からなる総合的な基準により、分類学的の種境界への理解が向上した。

## 共生環境学専攻

氏名	井上 啓
学位記番号	生博 甲第 355 号
学位記授与の日付	令和 6 年 3 月 25 日
学位論文題目	モータ相電流を用いた回転機械系の異常検知手法に関する研究 (Research on Fault Detection Method of Rotating Machinery Systems Using Motor Phase Current)
論文審査委員	主査 教授・陳山 鵬 教授・王 秀崙 教授・森尾 吉成 教授・福島 崇志 准教授・鈴木 哲仁

## 要 旨

運転管理・保守業務は人手作業が多いことから省力化や高度化が求められている。そこで、センサデータを活用した予知保全技術による保守省力化のニーズが増加している。モータは工場やプラントの様々な生産ラインで、動力伝達機構を介して負荷設備を駆動させるために使用されている。生産ラインの停止を防ぐため、点検員による日常点検が行われていたが、近年はモータの物理量に着目した自動的な異常検知手法が導入されている。モータの自動診断手法のうち、電流センサ (CT) をモータのケーブルに接続し、モータ駆動電流波形を用いた手法がある。この手法はモータの異常を低コストかつ容易に検知できるメリットがある。一方、負荷設備である真空ポンプやベルト等の動力伝達機構を電流による異常検知手法は確立されていない。負荷設備としてドライ真空ポンプ、動力伝達機構として V ベルトは診断ニーズが高いため、これらの機器の異常検知を常時監視で実現させるために主に以下の内容について提案した。

- (1) 真空ポンプの異常発生を検知する簡易診断手法と異常部位を特定する精密診断手法の確立。
  - (2) V ベルトの異常発生を検知する簡易診断手法と異常の程度を特定する精密診断手法の確立。
- 本論文は上記の諸提案および研究成果をまとめ

たものであり、具体的内容は次の通りである。

- (1) 真空ポンプの異常検知に関して
  - 1) 簡易診断手法として特徴パラメータの主成分分析を提案した。シールリング摩耗とベアリング摩耗に提案した手法を適用した結果、両異常でそれぞれ異常識別率が 98%, 100% となり、異常検知可能であることが確認された。
  - 2) 精密診断手法として統計フィルタを適用した電流波形に対して特徴パラメータを計算し、その特徴パラメータをラフ集合化した後、Partial Linear Neural Network (PLNN) を適用し、識別率 98.7% 異常で部位特定を可能とした。
- (2) V ベルトの異常検知に関して
  - 1) 簡易診断手法として、複数の特徴周波数の信号強度の正常との差分絶対値合計を異常検知に用いる手法を提案した。この手法を 6 パターンの負荷条件に適用し、適正張力比 79% から検知可能であることを確認した。
  - 2) 精密診断手法として正常との差分絶対値合計を 1 次関数フィッティングすることで、ベルトの適正張力比を推定する手法を提案した。この手法を適用し、適正張力比 49% 以上では 90% の条件で実測とフィッティングの差が 20% 以下となり、提案した手法は有用であることが示された。



## 生物圏生命科学専攻

氏名	寺田 知功
学位記番号	生博 甲第 356 号
学位記授与の日付	令和 6 年 3 月 25 日
学位論文題目	スナメリの社会性に関する生物音響学のおよび行動学的研究 (Bioacoustic and behavioral studies on sociality in narrow-ridged finless porpoises)
論文審査委員	主査 教授・森阪 匡通 教授・神原 淳 教授・木村 妙子 教授・吉岡 基 准教授・船坂 徳子 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科 教授・天野 雅男

### 要 旨

本論文では、これまで知られていなかったスナメリの3つの音声タイプを発見し、これらの定義づけを行い、さらに母仔間を含む個体間のコミュニケーション音として機能していることを初めて報告した。また本種は野生下にて、これらの鳴音によって他個体との個体間距離を調整していたため、これまで単独生活者とされてきた本種が、単独性と群居性が共存する社会機構を持つ可能性を示した。

第1章では、スナメリのコミュニケーションの音声タイプと機能について、飼育個体を対象に調査を行った。まず、伊勢・三河湾個体群に属する鳥羽水族館の6頭から鳴音を記録して解析を行ったところ、狭いパルス間隔の鳴音を、無音期間を挟みながら繰り返し発する「パケット音」と、パルス間隔が極端に狭く、周波数変調を伴わない鳴音を単体で発する「バーストパルス」、パルス間隔が極端に狭く、狭帯域で周波数変調を伴う「周波数変調バーストパルス」の3つの音声タイプに分類できた。このうち、パケット音は隔離時に発せられ、それ以外の2つの鳴音は親和的行動や性行動に伴って発せられることが多かったため、パケット音には個体間関係を維持するためのコンタクトコールの機能、それ以外の2つには、親和的な関係の維持や性行動に関わるコミュニケーションの機能があると考えられた。つまり、これら3

つの音声タイプはコミュニケーションの鳴音であると考えられた。次に、これらの音声タイプが特定的水族館および個体群に限られるのかを調べるため、宮島水族館の伊勢・三河湾個体群に属する1頭と、海響館の瀬戸内海・響灘個体群に属する4頭の、計5頭（メス2頭、オス3頭）の鳴音を収録して解析を行ったところ、水族館、個体群を問わずこれらの3つの音声タイプがみられた。続いて、鳥羽水族館の母仔において、並泳頻度が高い生後3ヶ月間はパケット音の発音頻度が高かったことから、パケット音は母仔の近接性を維持する時期に重要であることが示された。

第2章では、鳴音の個体や性別による違いについて、伊勢・三河湾個体群の個体を対象に、パケット音のパルス間隔の変化パターンを比較したところ、メス1頭、オス2頭で有意な個体差があり、スナメリはパケット音で個体情報を伝達している可能性が示された。また、エコーロケーション（反響音から周囲の環境を把握する能力）に用いるクリックスのピーク周波数が体長と逆相関を示し、かつ雌雄差がみられたことから、クリックスには性別の情報が含まれている可能性が高いことが示唆された。このように第1章、第2章において、本種が個体や性別の情報を含んだ鳴音で他個体とコミュニケーションを行っている可能性を示した。

第1章、第2章は飼育下での研究であったため、野生下におけるスナメリの鳴音についての研究を

第3章で行った。まず、津市沿岸域にて小型船舶から録音調査を行い、野生下のスナメリが、飼育下で記録されたパケット音とバーストパルスを発することを確認した。その後、個体間距離と可聴範囲の関係から、本種がどのような社会機構（単独性か群居性か）を持つのかを調べた。鳥羽エリア（鳥羽市・伊勢市）沿岸域にて、複数の水中マイクを用いて本種の鳴音を録音し、音源までの距離を計算後、音源音圧を推定した。この音源音圧と、本種の聴覚閾値および同調査海域中の背景雑音を用いて可聴範囲を算出した。また、ドローンによる上空からの映像を用いて鳥羽エリアおよび津市沿岸域の本種の個体間距離を測定し、可聴範囲内に複数頭がいる場合はその行動も調べた。その結果、可聴範囲の中央値は70 mであり、両調査地とも可聴範囲よりも有意に短い分布と有意差のない分布に分かれ、調査地間では分布に有意な違いはなかった。また、各個体の近接距離（15 m）内の頭数は平均1.3頭であり、可聴範囲内の複数個体は接触行動や並泳などの親和的な社会行動を

行っていた。これらのことから、本種は、鳴音によって個体間距離が近くならないように維持する単独性と、他個体の鳴音が明確に聞こえる範囲にとどまって社会行動をする群居性が共存する社会機構を持つことが示唆された。

以上の研究から、スナメリは鳴音によって母仔を含む個体間の親和的な関係の維持や、個体および性別情報の伝達を行っていること、そして鳴音によって、他個体との距離を調整していることを示し、これまで考えられてきた本種の単独生活者としての一面と共に、他個体と様々な社会関係を持つ群れ生活者としての一面を明らかにした。また本種にとって鳴音は社会関係の維持や繁殖などを行ううえで重要であると考えられた。本種は絶滅危惧種であり、生息域である沿岸域において近年増加している船舶などの人工騒音の影響が強く懸念されている。本研究は、こうした人工騒音がどの程度、個体に影響を及ぼし得るかを評価する上でも重要な知見を提供することができた。

## 生物圏生命科学専攻

氏名	八木 原風
学位記番号	生博 甲第 357 号
学位記授与の日付	令和6年3月25日
学位論文題目	ミナミハンドウイルカの非侵襲的年齢推定法の開発と繁殖停止メスに関する生態学的研究 (Development of non-invasive age estimation methods and ecological studies on post-reproductive females in Indo-Pacific bottlenose dolphins)
論文審査委員	主査 教授・森阪 匡通 教授・河村 功一 教授・塚田 森生 教授・吉岡 基 准教授・船坂 徳子 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科 教授・天野 雅男

## 要 旨

本論文は、御蔵島周辺海域に棲息するミナミハンドウイルカを対象に、イルカに触れない年齢推定法の開発と、メスの一部の個体でみられる長期的な繁殖停止現象の解明を目的としたものである。

二つの非侵襲的な年齢推定法を開発し、御蔵島個体群の年齢構成と高齢メスにおける繁殖停止現象の普遍性、ならびに繁殖停止現象がみられる個体の子孫を通じた包括適応度の向上を検証した。

本論文は2章から成り、第1章では、年齢推定

法を開発した。まず、加齢に伴う体表面に現れる斑点の出現度合いと、DNAのメチル化率の変化を糞由来のDNAから調べる方法の二つを検討した。斑点を用いた方法では、斑点の出現度合いと年齢の相関関係を確認した。体側を五つの部位に分け、3段階で斑点の密度を評価した計41個体の観察結果と年齢の関係から数量化I類を用いた推定モデルを作成した。得られた推定モデルの平均絶対誤差は2.3歳であり、予測精度が高かった。糞由来のDNAを用いた年齢推定法では、年齢とメチル化率が相関する遺伝子としてGRIA2とCDKN2Aを対象とした。計36個の試料から、年齢を目的変数、二つの遺伝子のメチル化率を説明変数として、サポートベクター回帰による年齢推定モデルを作成した。得られた推定モデルの平均絶対誤差は5.6歳であった。斑点を用いた方法と比較して精度が低いため、使用できる解析の用途は制限される。しかし、この精度は遺伝子から年齢推定を行った先行研究と同等であり、一定の成功を収めたと言える。斑点のみを用いた方法、糞由来のDNAのメチル化率を用いた方法、そしてその二つの方法を組み合わせた方法の三つのうち、年齢推定の精度が最も高かった斑点を用いた方法により、御蔵島個体群全体の年齢推定を行った。その結果、2020年までに識別された個体の85%以上に当たる315個体の年齢の把握に成功し、ミナミハンドウイルカにおいて初めて1年毎の人口ピラミッドを作成することができた。

第2章では、御蔵島個体群の高齢メスにみられる繁殖停止現象の生態学的解明を試みた。初めに、本種の繁殖停止現象がヒトの高齢な女性などにみられる老齢期に相当する可能性、つまり個体群のほとんどのメス個体で繁殖停止現象が存在し、生活史の中で長期にわたる繁殖停止期間がみられるかを調べた。続いて、祖母の存在する孫が祖母の存在しない孫よりも生存率が高くなるという祖母効果の有無を検討した。本個体群の出産間隔の頻度分布とCohen(2004)の計算式から、繁殖停止現象の閾値を6年と定義したところ、繁殖停止現象が11個体で確認された。繁殖停止した時の年齢は比較的高齢であり、本個体群の人口ピラミッ

ドの上位約50%に相当した。繁殖停止現象がみられた期間は、本種の寿命の1/5以上に相当する平均10年であり、最大で15年にわたった。過去23年間の調査期間の全ての年で繁殖停止現象がみられる個体が確認されており、個体群内に定常的に存在することが示唆された。しかし、2020年に観察された36歳以上の8個体中6個体では繁殖停止現象はみられず、高齢まで生きたメスの内、繁殖停止現象が個体群内の一部の個体においてのみみられる点で、ヒトなどの老齢期とは異なることがわかった。次に祖母効果について、孫の生存率を祖母が存在する場合と存在しない場合で比較した結果、有意差は認められなかった。祖母と同じ群れで発見される頻度が「自身の孫に当たる個体」と「血縁外の親離れ前の子ども個体」の間で異なるか比較したところ、有意差は認められなかった。最後に祖母と孫の間での直接的な社会行動が存在するかについて、3年間の観察記録を調べたが、1例も確認できなかった。このように、本種において祖母効果が存在する証拠は得られなかった。

本論文では捕獲を伴う従来法と比べ、侵襲性やコストが極めて低い年齢推定法を開発した。御蔵島個体群の年齢構成の把握に成功した本論文は、今後の本種の生活史研究の発展に寄与するだけでなく、人口動態パラメータや年齢組成の解明にも繋がる情報を提供できた。このことで将来的に本個体群の絶滅リスクの客観的評価が可能となり、本個体群の保全にも貢献する成果となった。また、本種の繁殖停止現象の記載と生態学的な検証に初めて取り組み、ヒトの繁殖停止現象とは異なることが示された。これまで祖母仮説が繁殖停止現象の進化経路として有力だった中、適応度と関係を見出せない繁殖停止現象の例を記載した。本論文において、マイルカ科という一つの分類群の中に、シャチやコビレゴンドウなどのヒトと類似した繁殖停止現象を有する種とともに、本種のようなヒトとは異なる繁殖停止現象を有する種の存在が明らかとなり、複雑で動的な繁殖停止現象の進化を解明する上で基盤となる知見が得られた。

## 論文提出による博士学位

氏名	VINA RIZKAWATI
学位記番号	生博 乙第 104 号
学位記授与の日付	令和 5 年 7 月 19 日
学位論文題目	Oviposition and Nymphal Performance of the Chrysanthemum Lace Bug <i>Corythucha marmorata</i> (Hemiptera: Tingidae) on Newly Acquired Host Plants, <i>Ipomoea batatas</i> Cultivars (新規寄主植物サツマイモの各品種におけるアワダチソウゲンバイ <i>Corythucha marmorata</i> (カメムシ目: ゲンバウムシ科) の産卵および幼虫発育)
論文審査委員	主査 教授・塚田 森生 教授・中島 千晴 教授・長菅 輝義

## 要 旨

アワダチソウゲンバイ *Corythucha marmorata* (カメムシ目: ゲンバウムシ科) は、米国から日本に侵入した害虫で、日本では寄主範囲をキク科からヒルガオ科, ナス科に広げている。本論文では、キク科とヒルガオ科の植物が幼虫のパフォーマンスと雌の反応に与える影響を理解しようとした。主な結果は次の4つである: 1) 本種は羽化後に卵成熟を開始し、それは成虫期の餌資源に大きく依存する。その結果、産卵数は寄主植物と母親の日齢に大きく影響された。2) 植物は幼虫の生存率に有意な影響を与えた。また、雌の産卵数には

植物間で有意差があり、幼虫の生存率と正の相関があったことから、母親の選択が子の発育に大きく影響する可能性が示唆された。3) 産卵数、産卵前期間、産卵後期の卵の大きさは、寄主植物に影響された。特に、質的に劣る植物では産卵後期の卵が大きくなっていた。このことから、雌は寄主植物の質に応じて卵の大きさを変え、幼虫が質の劣る植物で生き残るために補助的な栄養を与えていることが示唆された。4) 葉の柔毛密度は幼虫発育との相関は見られなかった。炭素および窒素含有量が発育により重要かも知れない。

氏名	中嶋 香織
学位記番号	生博 乙第 105 号
学位記授与の日付	令和 6 年 3 月 25 日
学位論文題目	三重県における園芸作物病害の発生生態の解明と対策に関する研究 (Studies on epidemiology and control of plant diseases on horticultural crops in Mie Prefecture, Japan)
論文審査委員	主査 教授・中島 千晴 教授・奥田 均 教授・名田 和義 名誉教授・平塚 伸

## 要 旨

本研究では、三重県の園芸作物等で発生している病害の発生状況を明らかにするとともに、その対策技術の確立を試みた。

第1章では、カンキツの温州萎縮病の三重県における系統分布とカラタチ苗への感染率を調査した。カンキツの温州萎縮病は、温州萎縮ウイルス (Satsuma dwarf virus, SDV) によって引き起こさ

れる土壌伝染性病害であり、カンキツ樹に感染すると舟型葉やさじ型葉と呼ばれる葉の萎縮や枝の叢生、樹全体の萎縮、果実品質や収量の低下を生ずる。2010年から2012年にかけて、調査した69圃場のうち43圃場で温州萎縮病の発生が確認された。三重県における各系統の発生状況は、カンキツモザイクウイルス (CiMV sub-strain) がもっとも多く、次いでSDV strainであり、ネーブル斑葉モザイクウイルス (NIMV strain) に属する分離株も認められた。NIMV strainは三重県において発生が初確認され、CiMV sub-strainとNIMV strainの複合感染はこれが初めての報告である。本研究の結果、CiMV sub-strainは和歌山県外に広く分布していることが明らかになった。さらに、三重県では果実にモザイク症状を示さないCiMV sub-strainが広く分布している可能性が示唆された。極早生ウンシュウの特徴である樹勢の矮化や葉の小型化などが、CiMV sub-strainの軽微な病徴と似ており、感染初期の罹病樹の特定を困難にしていると考えられた。SDV strainおよびCiMV sub-strain、NIMV strainに感染した罹病樹周辺にカラタチ実生苗を定植した結果、定植1年以内に温州萎縮病がカラタチに感染することが明らかになった。カラタチはカンキツの台木として広く使用されており、温州萎縮病の汚染圃場へのカンキツ苗の定植後に同様の感染が生じる可能性が示唆された。

第2章では、ウンシュウミカンにおける茎頂接ぎ木による3種ウイロイドの効率的無毒化法について検討した。極早生ウンシュウ‘みえ紀南3号’は、育成段階で3種類のウイロイド (ホップ矮化ウイロイド (HSVd)、カンキツ矮化ウイロイド (CDVd)、カンキツウイロイド VI (CVd-VI)) に感染したため、普及にはウイロイドの無毒化が必要となった。断続熱処理を行った‘みえ紀南3号’から0.2mm程度の茎頂を切り出し、茎頂接ぎ木を行い、ウイロイド除去が可能か検討を行った結果、断続熱処理を行わずに0.2mm茎頂を利用した茎頂接ぎ木により、効率よく無毒化できることが明らかになった。

第3章では、三重県の主要トマト産地では、葉かび病抵抗性遺伝 cf-9 を有する品種が栽培され、*Fulvia fulva* によるトマト葉かび病は大きな問題ではなかったが、調査した施設トマト15圃場のうち7圃場でトマト葉かび病の発生が確認された。

2016年10月～2019年3月にかけて、7圃場から83菌株を採集し、SDHI剤に対する薬剤感受性検定を行った。ボスカリド耐性菌、ペンチオピラド耐性菌の発生が確認され、ペンチオピラド耐性菌はすべてボスカリドと交差耐性を示した。また、イソピラザムおよびピラジフルミドに対する耐性菌が発生していることを確認した。菌採取した圃場は、イソピラザムおよびピラジフルミドの使用履歴はないため、ボスカリドおよびペンチオピラドの散布による交差耐性が生じている可能性が示唆された。SDHI剤の総使用回数が増加するほど、ボスカリドおよびペンチオピラドの耐性菌率が有意に増加した。耐性菌率に関して殺菌剤間にも有意な差が認められ、ボスカリドに対する耐性菌はペンチオピラドに対する耐性菌よりも多く出現した。

第4章では、岐阜大学流域圏科学研究センターと連携し、*Pythium myriotylum* が黒ウコンの立枯症状を引き起こすこと病因学的に明らかにし、黒ウコン立枯病として報告した。

第5章では、三重県におけるムギ類赤かび病のチオファネートメチル耐性菌の発生推移を調査した。ムギ類赤かび病 (FHB) はコムギおよびオオムギの主要な病害である。ベンズイミダゾール系殺菌剤 (MBC) の一つチオファネートメチルは、三重県ではFHBの主要防除剤の一つだが、薬剤耐性系統の蔓延が懸念されている。そこで2008年から2021年にかけて、437圃場において穂にスポロドキアを形成したコムギおよびオオムギから*Fusarium graminearum* 種複合体 (FGSC) 1,280菌株を分離し、FGSC分離株の薬剤抵抗性は最小発育阻止濃度 (MIC) 法およびMBC抵抗性発現に関連する $\beta$ 2- チューブリン遺伝子コード領域の一塩基多型により抵抗性の有無を判定した。分離株は $\beta$ 2- チューブリン遺伝子コード領域に複数のアミノ酸変異を有しており、高度耐性株ではF200YおよびF167Y変異が、中度耐性株ではE198Q変異が検出された。日本でE198Q変異が検出されたのは中国以外では初めてである。チオファネートメチルに対して高度耐性示すF200Y変異株は、2008年と2018年にのみ検出された。三重県では、分生子による二次感染の頻度が低く、変異株の淘汰の機会が少ないこと、2年3作体系による一次宿主植物の残渣量が少ないことなどから、MBC抵抗性株の個体数がまだ少ないと考えられた。

氏名	丸山 裕慎
学位記番号	生博 乙第 106 号
学位記授与の日付	令和 6 年 3 月 25 日
学位論文題目	地域資源を活用した清酒およびクラフトビールの開発研究 (Development of <i>sake</i> and craft beer using regional resources)
論文審査委員	主査 教授・刈田 修一 教授・田丸 浩 教授・木村 哲哉

## 要 旨

日本では少子高齢化や若年層の都市部への流出等により、地域の活力低下が問題視されている。この問題に対して、地域経済の活性化が急務とされ、その役割を地域に根付いた酒類産業が担うことが期待されている。しかし、酒類の国内市場は全体として縮小し、酒類の課税移出数量は平成 11 年度をピークとして減少していることから、日本産酒類では輸出拡大などのグローバル化の促進および高付加価値化によるイノベーションが課題とされている。そこで、本研究では、三重県産清酒ならびにクラフトビールの地域ブランドとしての価値向上を目的として研究開発を行った。なお、本論文では、「地域資源」を「地域内に存在し、地域内で利用可能なもの」と定義し、三重県工業研究所で独自開発された三重県清酒酵母も地域資源として扱った。

第 1 章では、日本の清酒やクラフトビールが置かれている現状を把握し、輸出やインバウンドを意識したグローバル化戦略の重要性や、地域性の付与による付加価値形成が地域経済復興の鍵となることを示した。

第 2 章では、三重県清酒酵母 5 株 (MK1, MK3, MK5, MK7, MLA12) について、遺伝的特性ならびに醸造特性について包括的に解析を行った。国税庁は日本産酒類の「GI 保護制度を活用した地域ブランド化」を推進しており、三重県は、三重県産清酒について 2020 年に GI「三重」の指定を受けている。清酒では、一般に主原料である米に含まれる香味特性が乏しいので、酵母が生成する有機酸や香气成分が、清酒の香味特性に大きな影響を与えることから、酵母の特性を明確にすることは高品質な清酒醸造に資するとともに、地域独自の酒質の確立につながる。その為、三重

県清酒酵母の発酵特性を明確にし、日本醸造協会で頒布されている清酒酵母「きょうかい酵母」で発酵した清酒との違いを明らかにした。本章では、三重県清酒酵母のゲノム解析を実施し、遺伝的背景が不明であった MK1, MK3, MK5 を含むすべての三重県清酒酵母が、優良な清酒酵母グループに属することを明らかにした。さらに、三重県清酒酵母と「きょうかい酵母」の醸造特性を主成分分析により詳細に比較し、すべての三重県清酒酵母は「きょうかい酵母」のいずれの菌株とも異なる、独自性のある酒質を形成することを明らかにした。これら三重県清酒酵母により醸造される清酒が、三重県独自の特徴を持ち、他県の酒とは異なる価値を持つことを示した。

第 3 章では、日本オリジナルクラフトビールの輸出力を強化するため、清酒の吟醸香を特徴とするビール醸造技術を開発した。清酒酵母ではビール原料の麦汁の主要糖類であるマルトースを発酵する能力が著しく低いことから、そのままではビール醸造に活用できない。第 2 章の研究で、三重県清酒酵母 MK3 が主要吟醸香のカプロン酸エチルを高生成が明らかになったことから MK3 を親株とし、マルトースの発酵性が向上したビール醸造用三重県清酒酵母を育種した。選抜した MK3 育種株では、マルトース発酵性が改善し、かつ、麦汁発酵条件においても清酒の吟醸香である酢酸イソアミルとカプロン酸エチルを高生成した。またビールとして十分なアルコール発酵能をもつことも確認し、高い吟醸香生成能を合わせもつ新規ビール醸造用酵母を得ることに成功した。得られた育種株により醸造したビールは「果実様の吟醸香」を特徴とし、「甘み」が残存し、「ボディ感」はありながらも「すっきりキレがある」という特徴的な酒質となり、清酒の香味を有したビール醸

造が可能となった。

2018年の酒税法改正によりビールに使用できる副原料が追加され、地域資源を活用したビール醸造が可能となったことから、第4章では、三重県特産果実を副原料として使用したビールについて、各果実の醸造適性と、ビールにもたらす香味特性について評価した。三重県の特産果実である、柑橘類3品種（カラ、みえ紀南4号、サマーフレッシュ）とパッションフルーツ、アテモヤを副原料として使用したところ、果実を活用したビールでは、果実のクエン酸やリンゴ酸などの有機酸がビールに残存し、特徴的な酸味を与えるとともに、香り成分では、柑橘由来のテルペン類やパッションフルーツの特徴的な香気を付与できることを示した。限られた副原料についてではあるが、地域資源の特徴を活かしたクラフトビールが醸造できる

ことを示した。

以上のように、三重県産清酒ならびにクラフトビールの地域ブランド化を促進させる為、三重県清酒酵母の差別化および新規クラフトビールの開発研究を行った。清酒業界においては、地域資源である三重県清酒酵母を活用した清酒の製造量が増加し、結果として、三重県に特徴のある品質の清酒製造を促進し、県内酒造メーカーの輸出の増加につながっている。クラフトビールにおいても、開発した新規ビール醸造用清酒酵母を活用したビールが県内クラフトビール会社により商品化され、また、県内産果実などの地域資源を活用したクラフトビールの商品化を促進することができおり、清酒ならびにクラフトビールへの地域特性の付与に貢献を果たすことができた。