

三重大学大学院生物資源学研究科の 博士学位と修士学位の提出論文, 2018年7月～2019年3月

**Titles of Doctor and Master Theses from the Graduate School
of Bioresources of Mie University,
July 2018 to March 2019**

博士（学術）学位論文 17名

課程修了博士学位

論文提出による博士学位

氏名	小松 謙介
学位記番号	生博 乙第 89 号
学位記授与の日付け	平成 30 年 7 月 18 日
学位論文題目	Anomalous atmospheric flows captured by multiple radiosonde sounding -Strong local wind from Iga to Tsu and Atmospheric Rivers from Siberia to the Arctic- （“局地”と“極地”でのラジオゾンデを用いた直接観測から捉える極端気 象現象－伊賀から津に吹く鈴鹿おろしと、シベリアから北極に流れる Atmospheric Rivers－）

論文審査委員

主査 教授・立花 義裕
教授・坂本 竜彦
教授・松村 直人
准教授・西井 和晃
准教授・飯島 慈裕
准教授・万田 敦昌
名古屋大学宇宙地球環境研究所
教授・檜山 哲哉
東京大学大気海洋研究所
特定事業研究員・斉藤 和雄

要 旨

近年のコンピュータ技術の発達に伴い、気象・気候研究の場において数値モデルや長期の大気状態を再現した再解析プロダクト、また衛星観測なども発展してきた。これらの数値モデルやデータ利用の敷居の低下、およびその有用性から多くの研究成果を生み出してきた一方で、現地での一時的な気象観測のみから新たな現象の発見および知

見を見いだす研究事例は減少の一途をたどり斜陽となりつつある。現場における直接的な気象観測は、現実に行き起きている現象の“真値”を捉えるという唯一無二の性質がある一方で、多大な費用・人的資源を必要とし、時空間方向へのデータ制約をもつ特性など、多くの研究者にとって実施する敷居は未だに高い。数値モデルの高解像度化の一途をたどる現代において、より高分解能になった

気象データの異分野への有効利用を求める社会の要請も大きい一方、温暖化に注目浴びる昨今、地球規模での変化がどのような影響を与えるのかを見積もるような、大規模かつ気候学的な知見を求める向きもある。しかし、使用している数値モデルや再解析プロダクトも未だ現実大気を完全に再現しているとは言えない。そのため、数値モデルの再現性の検証や問題のあぶり出しのパズルのピース埋めのためにも、現場観測による真値の取得および個々の現象の理解は未だ重要事項である。

本論文では実際に気象観測を行い、捉えた気象現象の理解に数値モデルを使用した2つの研究をまとめた。2つの研究は、観測目的・場所・対象・手法は違うが、その根底は直接観測によって数値モデルや再解析プロダクトでは解像が難しい、不確か性の高い気象場での現象を理解することにある。いずれの研究においても風船を用いて上空の大気を測る「ラジオゾンデ観測」を基本としており、ラジオゾンデ観測は世界各地で行われていることから再解析プロダクトの礎を築いている重要な観測である。

1つめの研究は三重県の局地風「鈴鹿おろし」を対象に、三重大学伊賀研究拠点、青山高原、三重大学農場、三重大学の4地点を用いた技巧的なラジオゾンデ観測手法を提案・使用して山を越える大気の流れを詳細に、かつ比較的安価に観測を行った研究である。長い歴史をもつ山岳波研究において、ラジオゾンデのみで大気鉛直水平方向の2次元構造をとらえるという世界に類をみない挑戦的な観測手法である。その結果、津に強風をもたらす時に2つの大気構造を持つ事を発見し、捉えられた大気鉛直構造が数値モデルでも再現可

能か否か、また強風をもたらす環境場の特徴などを明らかにした。

一方、2つ目は夏の北極海において、ロシア砕氷船から海水縁域を横断する形でラジオゾンデ観測を行い低気圧に伴う水蒸気輸送を調査した研究である。近年、温暖化に伴う北極海の変化は多くの注目を集めている一方、その地理的特徴から観測データの不足域としても知られている。特に本研究で観測行ったラプテフ海周辺はロシア領海であることから、観測データの取得には厳しい壁があり、また海洋から海水域にかけて連続的に観測をした事例は少なく、気象学的知見は未だ多くを得られていない。この観測結果を基にシベリアから北極海への水蒸気輸送及び、その時の海水の存在の影響に着目した。低気圧接近時に海氷上の大気下層にて維持される寒気層によって、シベリア由来の水蒸気が北極対流圏中層に持ち上げられ雲を形成する。この雲形成時の潜熱解放によって熱を放出し空気を暖め、さらに浮力を得ることで暖かい空気が上空に運ばれるというプロセスを観測と数値モデルから示した。また数値モデルを用いた感度実験（海水除去実験・シベリア乾燥実験）を行った結果、このプロセスは低気圧を通じた陸面－大気－海洋の相互作用の一つのシステムとして北極上空の加熱に寄与している可能性を示唆した。この成果は将来の温暖化進行に伴う北極増幅の理解の一助になる可能性がある。

以上の2つの直接観測を基軸にした研究によって得られた結果は、今後の数値モデル及び再解析プロダクトの精度向上のための知見に寄与するものと考えられる。

論文提出による博士学位

氏名	鈴木 寿之
学位記番号	生博 乙第 90 号
学位記授与の日付	平成 30 年 7 月 18 日
学位論文題目	日本産ヨシノボリ属魚類の分類学的再検討ならびに保全に関する研究 (A taxonomic review of the gobiid fish genus <i>Rhinogobius</i> Gill, 1859, from Japan and its conservation)
論文審査委員	主査 教授・木村 清志 教授・吉岡 基 教授・河村 功一 鹿児島大学大学院連合農学研究科 教授・本村 浩之

要 旨

日本産ハゼ科ヨシノボリ属魚類の分類学的研究を中心として、これに基づいて各種の分布の固有性および生活型の多様性を明らかにし、さらにこれらの知見から希少種に対する保全の問題について総括した。本属は淡水域に生息するハゼ科魚類の中では最も種数が多く、74 有効種が知られている。日本では未記載種も非常に多く、極めて深刻な分類学的混乱状態に陥っている。本属には絶滅危惧種も含まれているが、この分類学的混乱のために、十分な生息調査や保全活動が行われていないことも大きな問題となっている。このようなことから、本論文は日本産本属魚類の分類学的混乱状態を解決することを第一の目的とし、さらに喫緊の課題でもある希少種の保全対策について検討することも目的とした。

第 1 章「日本産ヨシノボリ属の分類学的研究史」では日本における本属の分類学的変遷を明らかにした。1845 年に始まり現在 (2017 年 3 月) に至るまでの間に、本属魚類がどのように分類され、どのような分類学的問題が生じたのかについて詳細に記述した。その結果、日本からは名義種 11 種 (うち 9 有効種) と未同定種 8 種の合計 17 種が知られていた。

第 2 章「日本産ヨシノボリ属の分類」は本論文の主要な部分で、詳細な形態観察に基づいて、日本産本属魚類の分類学的再検討を行った。まず属の形態的定義を行い、種については、日本には前述の 17 種を含めて 24 種が分布し、これらは 9 有

効種 (オオヨシノボリ *R. fluviatilis*, オガサワラヨシノボリ *R. ogasawaraensis*, カワヨシノボリ *R. flumineus*, クロヨシノボリ *R. brunneus*, クロダハゼ *R. kurodai*, ゴクラクハゼ *R. similis*, シマヨシノボリ *R. nagoyae*, ビワヨシノボリ *R. biwaensis*, ルリヨシノボリ *R. mizunoi*) と 15 未記載種 [アカーアオバラヨシノボリ (仮称), アヤヨシノボリ *Rhinogobius* sp. MO, ウラウチキバラヨシノボリ (仮称), オウミヨシノボリ *Rhinogobius* sp. OM, カズサヨシノボリ *Rhinogobius* sp. KZ, キタノトウヨシノボリ (仮称), キタノヒラヨシノボリ (仮称), キバラヨシノボリ *Rhinogobius* sp. YB, クガニアオバラヨシノボリ (仮称), シマヒレヨシノボリ *Rhinogobius* sp. BF, チンゼイトウヨシノボリ (仮称), トウカイヨシノボリ *Rhinogobius* sp. TO, ヒナイキバラヨシノボリ (仮称), ヒラヨシノボリ *Rhinogobius* sp. DL, ミナミノシマヨシノボリ (仮称)] から構成されていることを明らかにした。これら 24 種の検索表では、使用者の便宜を図るために、色彩が消失した博物館所蔵標本でも検索可能な色彩や斑紋以外の特徴を主に用いた検索表と、より検索が容易な生鮮時の色彩等を有効に利用した検索表の両方を作成した。さらに、未記載種を含む 24 種の記載を詳細に行い、近似種との比較や生息状況、生活史についても記した。

第 3 章「日本産ヨシノボリ属の多様性」では、上記の日本産 24 種について分布域や生活様式の多様性を述べた。24 種のうち 21 種が日本固有種であることを明らかにし、特にアカーアオバラヨ

シノボリとクガニアオバラヨシノボリは沖縄島北部、ヒラヨシノボリは石垣島と西表島の一部の河川に局所的に生息する種であることを明らかにした。生活型の多様性では、両側回遊性、河川陸封性、河川内回遊性、止水性、湖沼－河川回遊性の5型に区分した。

第4章「日本産ヨシノボリ属の保全」では、日本産本属魚類について、これまでに得られた分類学および生態学的知見に基づいて、希少種の生息状況、存続を脅かす要因、および保全事例を述べた。さらに生活型と減少要因、保全対策につい

て考察した。その結果、現在、最も保全の緊急性の高い種は分布域の狭い前述のアカアオバラヨシノボリ、クガニアオバラヨシノボリ、ヒラヨシノボリおよび西表島のウラウチキバラヨシノボリとヒナイキバラヨシノボリであることを明らかにした。さらに、日本産本属魚類のほとんどが希少種に指定されているにもかかわらず、それらの保全対策がほとんどなされていないのは、本属魚類の分類学的研究の遅れが最大の原因であり、最優先課題は未記載種の記載と分布域の公表であるとの考えを述べた。

資源循環学専攻

氏名	Rendi Febrianda
学位記番号	生博 甲第 301 号
学位記授与の日付	平成 30 年 9 月 19 日
学位論文題目	Empirical Study on the Innovation and Diffusion System by Mushroom Enterprise as a New Agricultural Development Strategy in Indonesia (インドネシアにおける新たな農業振興戦略としてのキノコ生産企業による開発・普及システムに関する実証的研究)
論文審査委員	主査 教授・徳田 博美 教授・波多野 豪 教授・常 清秀

要 旨

インドネシアは、天然生物資源が豊富な国である。その工業利用後の副産物を利用することで、効率的なきのこ生産が期待できる。一方、国民の健康への関心の高まりから、健康食品としてのキノコの需要が拡大している。これらのことから、キノコは、農民の経済的地位の向上のための有望な産品となっている。そこで、本論文では、独自のキノコ培地の開発と経営モデルによって経営発展に成功したキノコ生産企業を事例として、新たな農業振興戦略としての可能性を検証した。

事例対象は、現経営主が国外のキノコ生産企業をスピンアウトし、2003年に設立された。その後、急速な経営拡大に成功し、立地する地域では、流通しているキノコの大半を1社で供給している。同企業の経営拡大成功の要因は、同企業独自のイノベーションの実現にある。イノベーションとは、技術革新のみでなく、経営組織やマーケティングなどの経営に関わる広範な領域に関わる革新を示

す概念であるが、同企業のイノベーションは、生産性向上を実現したキノコの培地の開発という技術革新と農家とのパートナーシップ組織の構築という経営組織革新が中核となっている。技術革新成功の要因としては、経営主が築いた技術革新を支える公的研究機関などとのインフォーマルなネットワーク、技術革新を誘発する市場条件の発展が挙げられる。農家とのパートナーシップ組織の構築については、一般の契約農業と異なる自立性を持った組織原則、農家の参加を促進する農村社会との関係づくりという点に特長がある。

パートナーシップ組織に参加している農家の行動について、ヒヤリング調査に基づき、技術普及という観点から分析した。農家は、ロジャースの普及理論に依拠して、農家を技術導入時期によって、3つのグループに分類できた。また、先発のイノベーターへの企業の直接的働きかけと、そのあとのフォロワーへの農家間のインフォーマルな情報伝達が、農家の参加には重要な役割を果たし

ていることが明らかになった。

以上の分析に基づき、経済成長が進むインドネシアにおける新たな農村振興戦略として、技術革

新を促進するとともに、広範な農家への普及を進める自立性を持った社会的ネットワークの重要性が指摘できる。

資源循環学専攻

氏名	SITI HANGGITA RACHMAWATI
学位記番号	生博 甲第 302 号
学位記授与の日付	平成 30 年 9 月 19 日
学位論文題目	Environment-Friendly Ground Improvement Technique Using Waste Shell Husk (廃棄貝殻を用いた環境保全型地盤改良技術に関する研究)
論文審査委員	主査 教授・保世院座狩屋 教授・酒井 俊典 教授・加治佐隆光

Furthermore, the utilization of shell husk are purposed to improve agriculture land which need lightweight material. Effective ground improvement technique is normally needed in improving agriculture land condition. To enhance the soil-shell husk material properties, then shell husks are mixed with cement. Cement is a soil stabilizing agents which used widely, due to its quick process. Application soil-cement with a nominal dosage of cement also has a significant contribution to the environment and it is cost-effectiveness. In Japan, many terrace land uses cement-treated soil to prepare new cultivation paddy fields from unused land.

Then, to evaluate this concept, in this study was prepared several specimens which are control (only soil), soil-shell husk, soil-cement, soil-cement-shell husk. The specimen which has cement percentages was cured for seven days before laboratory testing. The laboratory testings are included direct shear test, CBR (California Bearing Ratio), UCS (Unconfined Compressive Strength), triaxial test. In this study, the properties of soil and shell husk also had been clarified. The parameters were a shear strength, the angle of internal friction (ϕ), cohesion (c), dilatancy behavior, bearing capacity, stress, strain, moduli deformation, axial strain (ϵ_a), and principal stress difference ($\sigma_a - \sigma_r$). The outcome of

this research indicated that shell husk has the capability as the recycle aggregate in ground improvement technique. Moreover, a combination of shell husk-cement is expected to improve agricultural earth structures.

Furthermore, the utilization of shell husk are purposed to improve agriculture land which need lightweight material. Effective ground improvement technique is normally needed in improving agriculture land condition. To enhance the soil-shell husk material properties, then shell husks are mixed with cement. Cement is a soil stabilizing agents which used widely, due to its quick process. Application soil-cement with a nominal dosage of cement also has a significant contribution to the environment and it is cost-effectiveness. In Japan, many terrace land uses cement-treated soil to prepare new cultivation paddy fields from unused land.

Then, to evaluate this concept, in this study was prepared several specimens which are control (only soil), soil-shell husk, soil-cement, soil-cement-shell husk. The specimen which has cement percentages was cured for seven days before laboratory testing. The laboratory testings are included direct shear test, CBR (California Bearing Ratio), UCS (Unconfined Compressive Strength), triaxial test. In this study, the properties of soil and shell husk also

had been clarified. The parameters were a shear strength, the angle of internal friction (ϕ), cohesion (c), dilatancy behavior, bearing capacity, stress, strain, moduli deformation, axial strain (ϵ_a), and principal stress difference ($\sigma_a - \sigma_r$). The outcome of

this research indicated that shell husk has the capability as the recycle aggregate in ground improvement technique. Moreover, a combination of shell husk-cement is expected to improve agricultural earth structures.

生物圏生命科学専攻

氏名	汪亜運
学位記番号	生博 甲第 303 号
学位記授与の日付	平成 30 年 9 月 19 日
学位論文題目	Studies on characterization of a novel hemicellulase Abf62A-Axe6A from <i>Ruminiclostridium josui</i> and development of its host-vector system (<i>Ruminiclostridium josui</i> の新規ヘミセルラーゼ Abf62A-Axe6A の酵素特性と宿主・ベクター系の開発に関する研究)
論文審査委員	主査 教授・木村 哲哉 教授・苅田 修一 教授・田丸 浩 三重大学 名誉教授・栗冠 和郎

要 旨

Ruminiclostridium josui はタイ王国のコンポストから分離された中温性の嫌気性細菌で、複雑な植物細胞壁を分解できることから、植物細胞壁を分解しバイオ燃料に変換するためのモデル微生物として期待される。本菌のセルロース及びセルロースを取り囲んでいるヘミセルロースを分解する酵素であるセルラーゼやヘミセルラーゼについて、学位取得申請者の所属する研究室から多くの報告がなされている。本菌の各種セルラーゼやヘミセルラーゼは、細胞表層の骨格蛋白質上にブドウの房のように並んだセルロソームという構造をとって効率的な分解を行う。最近、本菌のゲノム配列が明らかとなり、その情報から多くの新規ヘミセルラーゼ遺伝子の存在が予測され、複雑な植物細胞壁を分解する多様な酵素を生産することが推測された。本研究では、これら新規な酵素についてその性質を明らかとし、さらに、本菌の酵素生産性を遺伝子工学的に向上させるための宿主ベクター系の開発を目的とした。

ゲノム解析から、本菌には新規ヘミセルラーゼ RjAbf62A-Axe6A 遺伝子が存在した。この酵素は、推定アミノ酸配列の N 末端側から順に、分泌シ

グナル、糖質加水分解酵素ファミリー62 (GH62) に属する活性モジュール (RjAbf62), ファミリー6 糖質結合モジュール (RjCBM6), ドックリンモジュール, ファミリー6 糖質エステラーゼ活性モジュール (RjAxe6A) をもつモジュラー酵素であることが推定された。この酵素の各モジュールの機能を明らかにするため、分泌シグナルを除く全長 (RjAbf62-Axe6A), GH62 と CBM6 (RjAbf62A-CBM6), Axe6A のみ (RjAxe6A) の組換え酵素を大腸菌で生産させて精製し、各酵素について性質を調べた。全長酵素 RjAbf62-Axe6A では、アラビノキシランに対して高い分解活性を示し、テンサイアラビナンにも分解活性を示した。主な分解物はアラビノースであった。アラビノキシオリゴ糖を基質に使った詳細な解析によって、 α -1,2 と α -1,3 アラビノフラノシド結合を切断し、アラビノースを遊離することが分かった。また、 α -1,5 アラビノフラノシド結合に対しても弱い分解活性を示した。さらに、予想に反してシラカバキシランやブナキシランに対してエンド型のキシラーゼ活性を示した。しかし、RjAxe6 を除いた RjAbf62-CBM6 はキシラーゼ活性が失われていたことから、RjAxe6 はキシラン分解に重要な役

割を果たすことが示された。また、RjAxe6 はアセチルキシランエステラーゼ活性を持ち、一方で RjAbf62-Axe6A は不溶性のアラビノキシランにも高い分解活性を示すことも分かった。以上の発見は GH62 をもつモジュラー酵素が、 α -L-アラビノフラノシダーゼ活性に加えてエンドキシラナーゼ活性を示す世界で初めての報告となった。

R. josui は上記のように、複雑な植物細胞壁を分解する多様な酵素を生産する。この能力を遺伝子工学的に高機能化し分解力を高めることは、本菌を用いたバイオエネルギー生産にとって重要なことである。そこで、本菌の遺伝子工学的な改良に必須となる宿主ベクター系の確立を行った。まず、細菌の形質転換実験において最も大きな障害となる制限酵素が本菌に存在するか生化学的な

解析を行ったところ、既知の *DpnI* と同じ配列を切断する酵素 *RjoI* が存在することを見いだした。*RjoI* はメチル化された配列を認識したことから、シャトルベクターをあらかじめメチル化活性のない大腸菌から抽出して、*R. josui* に電気穿孔法で形質転換を行ったところ 6.6×10^3 コロニー/ μgDNA の高効率で形質転換に成功した。このシャトルベクターと形質転換方法を応用して、骨格蛋白質遺伝子プロモーターとセルラーゼ *RjCel48A* 遺伝子を融合した遺伝子を本菌に導入したところ、RjCel48A 蛋白質の生産に成功した。このことは、本研究で開発した宿主ベクター系が、本菌の遺伝子工学的な改良に応用できることを示している。

資源循環学専攻

氏名	Behroze Rostami
学位記番号	生博 甲第 304 号
学位記授与の日付	平成 30 年 12 月 19 日
学位論文題目	Effects of compost produced from cyclical food resources on the growth and yield in rice plant (食品循環資源を原料とした堆肥が水稻の生育と収量に及ぼす影響)
論文審査委員	主査 教授・梅崎 輝尚 教授・平塚 伸 教授・奥田 均 准教授・長屋 祐一

要 旨

本論文は、食品循環資源を原料とした 2 種類の堆肥が水稻の生育および収量に及ぼす影響についての一連の研究である。堆肥は、主原料として食品循環資源（食品廃棄物、食品加工残渣、食品加工場の浄化槽汚泥など）と副資材として木質チップや戻り堆肥などを混和し、製造期間が 1.5 か月から 2 か月程度のものである。堆肥の原料に食品工場由来の下水汚泥を含む堆肥（以後、SSC と略す）と、含まない堆肥（以後、FWC と略す）を用いて、ポット栽培実験を行った。

実験 1 では、移植直前に基肥として堆肥を土壌に均一に混和した処理区（窒素含量を 4 水準作成）と、対照として標準的な窒素含量を含む化成肥料区ならびに無肥料区を設定して、慣行栽培を行い、

水稻の生育と収量に及ぼす堆肥の影響について検討した。実験は各処理区 3 反復で、2 年間の年次反復を行った。その結果、いずれの堆肥施用区も、生育初期において分げつの発生抑制がみられ、その抑制程度は SSC より FWC で大きかった。堆肥区は化成肥料区より分げつ数は少なかったが、一穂粒数が大きくなった。ポットあたり窒素含量で 11.0g 以上の堆肥を施用することで化成肥料区と同等の収量が得られた。また、堆肥の施用量が多くなるにつれ、化成肥料区より生育後期に堆肥の効果が大きくなり、出穂期および登熟期の遅延がみられた。

実験 2 では、堆肥による生育初期の分げつの発生抑制について詳細に検討するため、実験 1 で用いた堆肥を使用して同様の処理区を設定し、移植

時期を4月、5月、6月とした季節反復による2年間の年次反復をおこなった。全ての栽培時期において、堆肥施用による生育初期の分げつ発生の抑制がみられた。葉身と葉鞘の乾物重だけでなく根の乾物重が堆肥施用により抑制されたことから、分げつの発生抑制は主に根の生長抑制に起因することが示唆された。

実験1と実験2の結果から、食品循環資源を原料とした堆肥は、初期生育の抑制、特に分げつの発生抑制がみられたが、標準的な化成肥料と同程度の収量が得られた。三重県では、水稻生産は早期栽培であり、気温の低い時期に移植する。低温や寡照条件などの不良気象条件下では一般的に水稻の分げつ数は抑制されるが、堆肥施用により抑制程度が大きくなることで、生育初期の分げつ確保が難しくなり、穂数が不足する危険性がある。そのため、堆肥を利用した栽培では生育初期の分げつの発生抑制を緩和するための技術が必要である。実験3では、堆肥の施用方法に注目し、施用方法の違いが生育初期の分げつ数に及ぼす影響について、移植時期を4月と5月に設定して検討し

た。堆肥の施用は、これまで土壤に均一に混和(均一施用)していたが、ポットの側方に横幅の1/6に列状混和(側条施用)することで、堆肥の施用量が同一の条件で均一施用と側条施用とを比較すると、生育初期の分げつの発生抑制程度が緩和され、地下部および地上部の乾物生産量も増大した。この結果は、堆肥の施用方法により、生育初期の分げつの発生抑制が改善されことを示唆した。また、側条施用の収量は均一施用より有意に増加したことから、堆肥の側条施用は栽培に有効な施用方法であることが示唆された。

地域内での廃棄性有機物である食品循環資源を原料とした堆肥を用いた水稻の栽培実験によって、堆肥施用による生育・収量に及ぼす影響を明らかにし、さらに生育初期にみられる生育抑制の改善を期待できる堆肥の施用方法を開発した。これらから、環境保全型水稻栽培および廃棄性有機物の有効利用が可能であり、資源の有効利用と食料の安定生産のための基礎的な知見として重要な発見を含有する内容である。

生物圏生命科学専攻

氏名	川瀬 純也
学位記番号	生博 甲第 305 号
学位記授与の日付	平成 30 年 12 月 19 日
学位論文題目	Studies on genome evolution and gain of sex determination system in <i>Seriola</i> species (ブリ類のゲノム染色体進化と性決定様式の獲得に関する研究)
論文審査委員	主査 教授・河村 功一 教授・古丸 明 教授・田丸 浩 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 荒木 和男

要 旨

魚類は極めて多くの多様性を獲得した分類群であり、脊椎動物のゲノム進化を考える上で基盤となる分類群である。また、魚類は、XY型の安定した性決定様式を持つ哺乳類とは対照的に、種間のみならず種内でも異なる性決定様式を保つなど、性決定システムと性染色体の進化を研究するのに適した動物でもある。

遺伝子地図はショットガンシーケンスをアセンブルして得られた Scaffold 配列の順列決定や、ゲノム進化を研究する上で不可欠であるが、現行の次世代シーケンサーで得られる配列のアセンブル技術では、得られたゲノム配列を断片的に連結するだけで染色体レベルのアセンブリを構築することは不可能であり、配列を整列するためには高密度の遺伝子地図が必要とされる。

本研究で扱ったブリ類は、水産重要種であることから、本分類群のゲノムについての知見は水産業において非常に価値がある。また、非モデル生物であるブリ類は大型海産魚で、メダカやゼブラフィッシュといったモデル生物とは大きく異なる生態をもつため、脊椎動物の進化とゲノム進化の関係を理解する上でも役立つと考えられる。

第二章では、ブリのRHマップに新たに181マーカーをマッピングし、計1,713マーカーからなる遺伝子地図を作成した。この地図にブリのゲノムアセンブリ(200配列、計601Mbp)を位置づけ、さらにブリのESTの13,977配列をゲノム上にマッピングした。この遺伝子地図と統合されたゲノム配列を用いて、ブリゲノムと他5魚種のゲノム構造を比較した。ブリとメダカの染色体の間では、いくつかの遺伝子からなるブロックの転座が認められたが、染色体上のほぼすべての領域において発現遺伝子の並び(シンテニー)は保存されていた。硬骨魚類での全ゲノム重複(TGD)が起こる前のゲノム構造を持つスポットテッドガーをリファレンスとして、TGDを経験した4魚種(ブリ・メダカ・イトヨ・ミドリフグ)の進化の過程で生じた染色体構造の変化を推定した。その中で、ブリの染色体間の転座は他の3魚種と比べて、1.5から2倍の頻度で起こったと考えられた。また、本研究において作成された遺伝子地図と統合されたゲノム配列は今後のゲノムワイド相関解析などブリ育種において大いに役立つと考えられた。

第三章では、カンパチのオス10個体とメス10個体の計20個体を用いて、性と相関のある一塩基多型(SNP)を特定した。それらのSNPsは主に第12連鎖群上のcontig43とcontig168に位置していた。これらのSNPsの遺伝子型はメスにおいてヘテロ接合であり、ハプロタイプの推定によりメス個体はすべてメス特異的なハプロタイプを保持していることが示されたことから、カンパチはZW型の性決定様式を持つことが推定された。また、カンパチの発現遺伝子のマッピングの結果から、性相関SNPsが位置する領域には、性分化に関わる遺伝子(estradiol 17-beta-dehydrogenase 1, Sox8, Sox9など)が存在することが確認された。カンパチの第12連鎖群とメダカの第8染色体は同祖的な染色体であるが、メダカの性決定因子は第1染色体に位置し、XY型の性決定様式を持つことから、メダカとは異なるメカニズムでカンパチの性決定が制御されている事が示唆された。カンパチとブリのシンテニー解析および第12連鎖群全体のアライメントでは、発現遺伝子領域のみならずノンコーディング領域も種間で良く保存されていた。ブリと同じ*Seriola*属の*S. dorsalis*においてもestradiol 17-beta-dehydrogenase 1が性決定に関与している可能性が報告されていることから、*Seriola*属の性決定領域は*Seriola*属の共通祖先において成立し、種分化後もそれぞれの種で保存され、魚類としては安定した性決定システムを保持していることが示唆された。

論文提出による博士学位

氏名	荒木健太郎
学位記番号	生博 乙第 91 号
学位記授与の日付	平成 30 年 12 月 19 日
学位論文題目	南岸低気圧による首都圏降雪現象の実態解明のための研究 (Study for Understanding of Snowfall Phenomena in the Metropolitan Areas in Japan Associated with the South-Coast Cyclones)
論文審査委員	主査 教授・立花 義裕 教授・葛葉 泰久 教授・渡邊 晋生 准教授・万田 敦昌 准教授・西井 和晃 准教授・飯島 慈裕 名古屋大学 大学院 環境学研究科 教授・西村 浩一

要 旨

冬季首都圏では、本州南岸を進む南岸低気圧と呼ばれる低気圧に伴って降雪がもたらされる。首都圏では少しの雪でも交通等に大きな影響があり、ひとたび大雪となると雪崩や集落の孤立、農業被害など多岐にわたる雪氷災害が発生するが、現状ではこの降雪現象の正確な予測は難しい。首都圏降雪現象を高精度に予測するためには、まずは現象の実態解明が必要不可欠である。そこで、本研究では、南岸低気圧による降雪現象の実態解明のために以下の研究に取り組んだ。

まず、これまで南岸低気圧が八丈島の北を通る場合は関東平野への暖気流入が強くなるために雨、南を通る場合は雪が降るといわれてきた。この経験則を確かめるため、1958～2015年冬季の東京都心における降雪・降雨事例について、気象庁55年長期再解析を用いて東京の雨と雪をわけると要因を統計的に調べた。その結果、南岸低気圧の進路、発達率、平均移動速度の各特性は、それぞれが単独で東京の雨雪に関係していないことが明らかとなった。また、東京における雨と雪の事例では、特に総観スケールの気温場が大きく異なり、大陸から吹き出す下層寒気や上層寒気は東京で降水が始まる2日間ほど前から有意な差が見られた。さらに、南岸低気圧の進路が八丈島の北で陸の近くを通過する降雪事例では、同様な降雨事例と比

べて暖気流入に大きな違いはなく、総観スケールで下層が低温であることに加え、低気圧の中心気圧が低く北からの下層寒気移流が強かった。このため、低気圧中心付近でも降雪に適した低温な環境となっていた。これらのことから、東京都心の雨雪は南岸低気圧の進路のみでは決まらず、総観スケールの環境場が重要であるといえる。

また、2017年3月27日に南岸低気圧に伴う大雪により、栃木県那須町で表層雪崩による災害が発生した。表層雪崩発生には短時間での多量の降雪が重要と言われているが、山岳域での大雪時の降雪強化メカニズムやその水平分布等の特性は理解が不足している。そこで、この大雪の事例解析を行うとともに、1989～2017年の那須における降雪事例について統計解析を行い、降雪・気象場の諸特性を調べた。事例解析の結果、3月27日の大雪事例では低気圧接近に伴い、湿潤な北～東風の強まりとともに形成された地形性上昇流が過冷却の水雲を下層で発生させていた。この下層雲と低気圧に伴う雲からの降雪が、Seeder-Feederメカニズムを通して那須岳の北～東斜面で降雪を強化し、局地的な短時間大雪をもたらしていたことが示唆された。統計解析の結果、この事例と同規模の大雪は3年に1度、3月としては約20年に1度発生していた。那須で大雪となる気圧配置は西高東低の冬型が63%、低気圧が30%であり、

いずれも日降雪時間が長いほど日降雪深が大きかった。しかし、低気圧による降雪の場合には例外的に短時間で大雪になることがあり、これらの事例の多くは閉塞段階の低気圧が関東付近を通過していたことがわかった。

さらに、降雪現象の高精度予測のためには、降雪雲の物理特性の実態解明が必要不可欠である。そこで、関東甲信地方で降雪時に市民から雪結晶画像を募集する「# 関東雪結晶 プロジェクト」を実施し、2016～2017年冬季観測結果により、シチズンサイエンスによる雪結晶観測の有効性を確かめ、降雪特性の実態把握を試みた。雪結晶の撮影にはスマートフォンのカメラを採用し、ソーシャル・ネットワークング・サービスを用いた画像収集を行った。これにより、ごく簡易な雪結晶観測手法を確立し、シチズンサイエンスとして効率的な観測データ収集を実現した。この結果、ひと冬を通して1万枚以上の雪結晶画像が集まり、そのうち解析可能なものは73%だった。この取り組みによって首都圏での時空間的に超高密度な雪結

晶観測が実現できた。観測結果は、現象の実態解明だけでなく、数値予報モデルの検証・改良や偏波レーダーを用いた降水種別判別手法の高精度化などにも応用可能である。一方、シチズンサイエンスデータの特性として、人口の多い都心部での現象では観測数が増えるものの、内陸部のみでの降雪の場合は観測数が少ない傾向が見られた。今後、シチズンサイエンスによる雪結晶観測のネットワークを拡充するために、自治体や教育機関との連携、効果的な広報・普及活動が必要である。

このように、本研究は南岸低気圧による首都圏降雪現象について、都心部での雨と雪をわける要因、山岳域での短時間大雪時の大気場の特徴や雲の構造を明らかにした。さらに、首都圏降雪現象のさらなる実態解明や監視・予測技術の高度化のために重要である新たな降雪観測手法を確立することができた。本研究で得られた知見は、予報担当者の診断的予測技術や降雪監視技術の向上を通し、気象庁の発表する雪氷災害に関わる防災気象情報の高精度化に貢献できる。

論文提出による博士学位

氏名	西川 盾士
学位記番号	生博 乙第 92 号
学位記授与の日付	平成 31 年 3 月 25 日
学位論文題目	Integrated species recognition of the genus <i>Alternaria</i> (統合的概念による <i>Alternaria</i> 属菌の種の類別)
論文審査委員	主査 教授・中島 千晴 教授・松田 陽介 教授・松井 宏樹

要 旨

Alternaria 属菌は、環境中に最も普遍的に存在する菌類の一つとして知られる一方、主に植物への寄生性を有する種によって構成される菌群である。特に野菜・花卉類において種子伝染性が認められることから、植物医科学上の重要度は高い。本属菌の分類体系においては、分生子の形態およびその形成様式が主な指標とされてきたが、本属の形態的変異性と多型性によって種の類別が困難である。さらに、宿主植物の違いのみによって提案された種も少なくなく、分類上のみならず実用上においても多くの混乱を招いている。近年では

分子系統解析に基づいた本属と類縁属の大幅な再編、ならびに種の整理が進められたが、未だなお分類と宿主範囲の関係については明らかでない。また、日本産種の網羅的な研究は行われておらず、その多様性も明らかではない。そこで本研究では、まず日本産 *Alternaria* 属菌の採集・調査により得られた単孢子由来の分離菌株 85 点について、分生子の形態およびその形成様式の観察、培養性状の調査、ならびに抽出した DNA より ITS 領域、*actin*, *Alt-a 1*, *endoPG*, *gapdh*, *RPB2*, *tef1* 遺伝子コード領域の部分塩基配列を得て分子系統解析を行なった。加えて、接種試験に基づく病原性(宿

主範囲)を検証することにより、種の境界をより実用的に再定義することを目的とし、これらの指標を統合的に用いる分類学的研究を行なった。

本属種内の多型性を明らかにするため、宿主植物属の異なる *A. cinerariae* 菌株について、詳細な形態的特徴の比較観察を行なった。その結果、分生子の連鎖数やその細胞の膨潤によるサイズ、および厚膜胞子の形成等について明瞭な菌株間差異を認め、本属同一種内における形態的変異幅の広さを示した。なお、本種の宿主範囲は、キク科のひとつの連(サワギク連)に限定的で、病原学的にも興味深い結果が示された。

品種特異的な毒素産生能を有し、*Alternaria* 属でも特に宿主特異性の高い病原菌のひとつであるイチゴ黒斑病菌について、分類学的再検討を行なった。本病菌の分類学的所属は混乱していたが、形態学的観察と分子系統解析の結果、本病菌は同じく一部のニホンナシ品種のみに病原性を有するナシ黒斑病菌と同一の形態種、即ち *A. gaisen* であることが示された。本種の epitype を新たに指定し再記載を行なうとともに、本種内にイチゴとニホンナシ病原それぞれに対応する分化型を提案した。

同様の手法を用いて、収集した日本新産種4種(*A. alstroemeriae*, *A. celosicola*, *A. crassa*, *A. petroselini*)について、統合的概念による種の類別の適用を検討した。これらの接種試験に基づく宿主範囲は、属に限定的であるもの、近縁な複数の亜科あるいは連に選択的な寄生性を有するもの、1つの科内に幅広く病原性を有するもの等、それぞれの宿主植物系統と多様な寄生関係を有することが示された。これらの結果より、これまで知られていない

各病原菌の潜在的な宿主が示され、また類似種との異同に関する有用な基礎資料が得られた。

さらに解析の幅を広げ、既知種に関しても、近縁種や形態的類似種、および共通宿主を持つ種を中心に、統合的概念による種間の分類学的異同について論じた。特に、*A. gomphrenae* と *Alternantherae* 節を構成するヒユ科植物への寄生菌群は、宿主範囲が菌群構成種間で明瞭に分化していることを明らかにした。一方、*A. brassicae*, *A. brassicicola*, および *A. japonica* は、形態学および分子系統学的にもそれぞれ独立種として定義できるが、アブラナ科植物に対する寄生性の分化は明瞭でなかった。このほか5種についても、接種試験の結果を基にそれぞれの潜在的な宿主を示唆するとともに、分類上の異名関係の整理を行なった。

以上、本研究で検討した日本産狭義 *Alternaria* 属菌は、本属内の14の節と2種の monotypic lineage に系統学的に類別され、新種3種および日本新産種5種を含む26種、2分化型を提案し、記載した。また、既知種5種について lectotype あるいは epitype をそれぞれ新たに指定、公的標本庫および菌株保存機関へ寄託した。また、広範な接種試験の結果、*Alternaria* 属菌のうち植物に病原性を有する種については、植物属、連、科などの宿主植物の系統群に沿った明瞭な宿主選択性が認められ、病原性を指標にした種の類別は分子系統解析結果をよく反映することを確認した。この形態的特徴、分子系統解析、および宿主範囲に基づく統合的な種概念は、*Alternaria* 属菌の種の境界をより鮮明にし、本属菌の種概念を再定義するものである。

論文提出による博士学位

氏名	市ノ木山 浩道
学位記番号	生博 乙第 93 号
学位記授与の日付	平成 31 年 3 月 25 日
学位論文題目	三重県東紀州地域のカンキツ産業活性化のための技術開発 (Development of technologies for citrus industry activation in the Higashi Kishu area of Mie Prefecture)
論文審査委員	主査 教授・奥田 均 教授・平塚 伸 教授・梅崎 輝尚

要 旨

東紀州地域のカンキツ産業振興のためカンキツ類の栽培管理の省力化技術，鳥獣害対策技術，高品質果実生産技術ならびに特産カンキツ‘新姫’ジュースの開発につながる研究をまとめた。

第 1 章では栽培管理の省力化技術として鉄砲ノズルを利用した水噴射による摘蕾法，畦畔ノズルを使った移動式農薬散布システムの開発ならびに糸や犬を利用した鳥獣害対策技術についてまとめた。カンキツ栽培において，収穫について労力が割かれる摘果作業の前段階にあたる摘蕾に着目し，選抜した鉄砲ノズルを使って水噴射することで従来の人為摘蕾より短時間で有効に摘蕾できることを明らかにし，摘蕾期間の延長と摘蕾作業の省力化を可能にした。

次に，水田で使用されている畦畔ノズルを装着した動力噴霧器を軽トラックの荷台に搭載し，移動しながら薬剤散布する防除システムを開発した。このシステムにより手散布の約 1/5 の時間で主要病害虫を防除できることを明らかにした。これら技術は造成により緩やかな斜面が多く広がる東紀州のカンキツ産地への導入が期待されている。

次に，東紀州地域でも大きな問題になっている収穫期の鳥害について，2つの簡便な軽減技術を開発した。一つ目はポリエステル製ミシン糸を釣り竿の中を通して繰り出す器具を考案し，糸を樹に蜘蛛の巣状にかけることで鳥による食害が軽減されることを明らかにした。もう一つは，高さ 2m 程度の鉄製ワイヤーメッシュを園の外周に設置，園内に犬を放飼し，鳥の飛来を監視させることで被害が大幅に軽減されることを見出した。さ

らに，犬による監視システムは猿の食害に対しても有効であることを見出し，犬が園全体を周回できる繫留装置を発明し，特許を取得した。

第 2 章ではウンシュウミカンの品質向上技術についてまとめた。東紀州地域は，干ばつ年を中心にキクミカンと称される凸凹した果面をもった高品質な果実が自然発生する。新商材として有望なキクミカンを天候に左右されずに意図して生産する技術を開発した。まず，アンケート調査によりマルチ栽培されたキクミカンがキク形状のない露地ミカンやマルチミカンより消費者に支持されることを確認した上で，キクミカンの発生し易い栽培条件を調査したところ排水性の良好な礫質土壌やマルチ栽培園に多いことを明らかにした。並行して 3 年実施した現地試験の結果からマルチ栽培と点滴灌水を組み合わせることでキクミカンが安定して生産されることを実証し，最適な土壤乾燥期間は 8 月下旬から 9 月中旬であることを明らかにした。さらに，樹冠上部の 1/3 の果実を全摘果し，それ以下の果実の摘果は間引き程度にとどめる摘果法によりキクミカンが発生しやすくなることを明らかにした。

第 3 章では，特産の香酸カンキツ‘新姫’を使ったジュース商材などの開発に資する研究をまとめた。カンキツ果実はフラボノイド，カロテノイド，リモノイドなどの機能性成分を多く含み，これらの機能性成分は健康維持や疾病予防に有効な食品素材と考えられている。そこで，機能性に関する研究が進んでいるフラボノイドに焦点をあて‘新姫’果実の 7 種のフラボノイド含量を定量したところエリオシトリン，ナリルチン，ネオポンシリ

ン、シネンセチンを、‘新姫’と同じ香酸カンキツに分類されるシークワサーやタチバナより多く含有すること、これら成分は果皮、じょうのう膜、維管束に多く分布することを明らかにした。また、近年注目されているポリメトキシフラボン (PMF) のシネンセチン、ノビレチン、タンゲレチンは成熟果実より未熟果に多く含まれることを明らかにした。さらに、未熟果の果皮に多く含まれる PMF のシネンセチン、ノビレチン、タンゲ

レチンをジュースに効率的に移行させるため、圧搾搾汁機を用いて搾汁圧と果汁中のこれらフラボノイド含量の関係を解明するとともに果汁の味やにおいを機器分析により評価した。これらの成果は搾汁機の選定、搾汁方法やジュース原料の採取時期などの決定に資するものである。

以上の成果は、いずれも導入コストが低い上に、東紀州地域のカンキツ産地に特性にあったものであることから導入が期待されている。

論文提出による博士学位

氏名	加藤 毅
学位記番号	生博 乙第 94 号
学位記授与の日付	平成 31 年 3 月 25 日
学位論文題目	Development of absolute quantification method by nuclear magnetic resonance using internal reference substance with SI traceability (内部標準を利用する NMR 分光法による絶対定量法の開発)
論文審査委員	主査 教授・稲垣 穰 副査 教授・奥村 克純 教授・寺西 克倫

要 旨

1 章

Absolute Quantification of Lipophilic Shellfish Toxins by Quantitative Nuclear Magnetic Resonance Using Removable Internal Reference Substance with SI Traceability

脂溶性貝毒オカダ酸 (OA) の定量用標準品を作製するために、内標準法による水素核定量核磁気共鳴スペクトル (qNMR) を用いて精確に定量した。OA のオキシ炭素及び不飽和炭素上のプロトンに由来するシグナルから精確に面積を求めて定量計算に使用した。良好な繰り返し精度は、OA を 4mg 以上使用して測定することで得られた。

2 章

Quantification of Representative Ciguatoxins in the Pacific using Quantitative Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy

シガテラ魚中毒に関与するシガトキシン (CTX) -1B ほか計 5 種の毒素を qNMR により定量した。定量計算に用いた CTX のプロトンシグナルは、不純物のシグナルから十分に分離しており、有効

な強度を示すものを注意深く選択した。CTX1B およびその同族体を定量する上で、側鎖中のオレフィンプロトン由来のシグナルが定量計算に適切であると判断した。定量化はナノモル溶液で達成可能であった。

3 章

Quantitative ^{31}P NMR Method for Individual and Concomitant Determination of Phospholipid Classes in Polar Lipid Samples

リン脂質クラスを個別に定量するために ^{31}P NMR 法を検討した。EDTA を含むコール酸ナトリウム溶液にリン脂質標準物質もしくは健康食品を分散させ、試験溶液を調製した。各リン脂質クラスは、pH 及び測定温度を厳密にコントロールすることで再現性のある化学シフトを示した。 ^{31}P NMR により求めた各リン脂質クラスの総量は、モリブデンブルーによる比色定量によって得られたものと良好に一致した。 ^{31}P NMR は試験操作が簡便であり、分析者を選ばないだけでなく、既存の 2D-TLC 法よりも有益な情報を得られるなどの優位性を有していた。

論文提出による博士学位

氏名	桑原 雅之
学位記番号	生博 乙第 95 号
学位記授与の日付	平成 31 年 3 月 25 日
学位論文題目	ビワマスの保全遺伝学的研究 (Study on conservation genetics of Biwa Salmon)
論文審査委員	主査 教授・河村 功一 教授・木村 清志 教授・古丸 明 教授・松田 陽介

要 旨

日本列島およびその周辺には亜種の関係にあるサクラマス *Oncorhynchus masou masou*, サツキマス *Oncorhynchus masou ishikawae*, ビワマス *Oncorhynchus masou subsp.*, タイワンマス *Oncorhynchus masou formosanus* が生息し、総称してサクラマス群と呼ばれている。このうちビワマスは琵琶湖固有亜種であり、その生息域はサツキマスの分布域に含まれる。これまでビワマスは他亜種と異なり、河川残留型や初夏に河川に遡上する早期遡上群は存在しないとされてきた。また、琵琶湖流入河川の上流にはサツキマスの河川型であるアマゴが生息するが、ビワマスは産卵期に流入河川の上流まで遡上しないことから両者の遭遇はなく、同一水系内での両亜種の共存は可能と考えられてきた。しかし、過去の文献の精査から琵琶湖水系にも早期遡上マスが存在し、ビワマス幼魚とアマゴが混同されていた可能性が明らかとなった。このことは、琵琶湖水系における両亜種の共存様式が従来の学説とは異なる可能性を示唆する。そこで本研究では、琵琶湖水系に生息するサクラマス群魚類について形態と遺伝情報を元に両亜種の間関係を明らかにすると共に、ビワマスの保全に向けた提言を行った。

第 1 章ではビワマス幼魚とアマゴを形態的に区別するための判別式を作成し、これを用いてビワマスの産卵場付近で採集されたパ一個体の亜種判別を試みた。その結果、雄雌各 1 個体を除き全てビワマスに判別された。また、雄の約 4 割は成熟していたことから、ビワマスにおいても他亜種と同様、河川残留型成熟雄の存在が確認された。

第 2 章では早期遡上個体について形態判別と mtDNA 分析による亜種の同定を試みた。その結果、7 割がビワマス、2 割がアマゴに同定され、残りの 1 割は両亜種の交雑個体の可能性が示唆された。このことから、過去の文献に見られる早期遡上マスは、ビワマスの可能性が高いことが明らかになった。

第 3 章では琵琶湖内に生息するビワマスと降湖型アマゴについて、mtDNA 分析と AFLP 分析により両亜種の交雑状況を調査した。その結果、ビワマスから降湖型アマゴへの遺伝子浸透は示唆されたが、逆方向の遺伝子浸透はほとんど認められなかった。これは、ビワマス放流個体由来の河川残留型早熟雄と放流アマゴの雌の交雑に因るものと考えられた。また、mtDNA のハプロタイプ分析の結果から、降湖型アマゴは醒井養鱒場産アマゴに由来する可能性が高いことが明らかになった。

第 4 章では琵琶湖流入河川の上流域に生息するパ一について、第 3 章と同様に遺伝的集団構造の推定を行なった。その結果、ビワマス型、放流アマゴ型 (2 タイプ)、由来不明型の計 4 タイプのゲノムの存在が示唆された。由来不明型については、分布状況等から判断して琵琶湖流入河川在来のアマゴ (在来アマゴ) の可能性が高く、過去にビワマスと交雑を経験した可能性が考えられた。

第 1 章と第 2 章の結果からビワマスにも河川残留型と早期遡上群の存在が明らかになった。しかしながら、ビワマスの多くは降湖型で晩期遡上を行い、他亜種より降河時期が早く、湖内での生活期間も長い。サケ科魚類では、一般に河川より海域の生産性が高い高緯度地方ほど海への依存度が

高いとされている。そこで、既報のデータを用い、琵琶湖とほぼ同緯度に位置する伊勢湾との間で基礎生産量を比較したところ、琵琶湖は伊勢湾の約30倍であった。このことから、ビワマスは生活史多型を残しつつ、琵琶湖への依存度を高めたことが考えられる。第3章でアマゴからビワマスへの遺伝子浸透がほとんど見られなかった理由として、ビワマスの河川残留型においては成熟雌が確認されなかった事に加え、初夏に遡上する降湖型アマゴは堰堤等により上流への遡上が不可能なため夏期の高温期にほとんどが死亡し、秋期に遡上するビワマス晩期遡上群とは産卵期に遭遇しないことによると考えられた。第4章で明らかとなった在来アマゴは、ビワマスとの交雑個体を含めて降湖していなかったと思われる。

以上のことから、琵琶湖水系に生息するサクラマス群魚類の遺伝的関係ならびにビワマスの保全について以下の事が考えられる。ビワマスは過去

に河川残留型や早期遡上群を介して琵琶湖流入河川の上流域で在来アマゴと交雑群を形成していたが、主群となる晩期遡上群は在来アマゴと遺伝的交流がなく遺伝的特徴を保持してきた。しかしながら、1970年の他水系産のアマゴの放流開始により降湖型アマゴが出現し、ビワマスと同所的に生息するようになったことから、今後両者の間で交雑が進む危険性は極めて高い。このため、琵琶湖固有亜種であり重要水産資源でもあるビワマスを保全していくためには、まずビワマスの種苗放流をアマゴと遭遇しない地点で行う必要がある。併せて、遊漁のための他水系産アマゴの放流を禁止すると共に、放流種苗を琵琶湖水系の在来アマゴに変える必要がある。その上で、河川の連続性を回復することが重要である。加えて、ビワマスの分類学的位置付けを明らかにし、早急に学名を決定することが肝要である。

資源循環学専攻

氏名	吉村 英翔
学位記番号	生博 甲第 306 号
学位記授与の日付	平成 31 年 3 月 25 日
学位論文題目	セグロアシナガバチにおけるカースト決定と女王位維持の機構 (Mechanisms for caste-fate determination and maintenance of the queen's status in the paper wasp <i>Polistes jokahamae</i> (Hymenoptera: Vespidae))
論文審査委員	主査 教授・山田 佳廣 教授・平塚 伸 教授・奥田 均 准教授・塚田 森生

要 旨

本研究では、セグロアシナガバチ *Polistes jokahamae* を用いて、真社会性を成り立たせるために必要な2つの機構、カースト決定と女王位（産卵権）維持の機構を解明した。特にカースト決定における日長の役割と女王位維持における優劣順位の役割に焦点を当てた。

Polistes 属アシナガバチは、カースト（女王とワーカー）間の明瞭な形態的差がなく、ワーカーも潜在的な繁殖能力を持つ原始真社会性に属する。原始真社会性は真社会性の初期の状態を表すと考えられている。*Polistes* 属におけるカースト決定機構

と女王-ワーカー間の繁殖分業を維持する機構を調べることは、真社会性進化の解明のため重要である。

現在、温帯性アシナガバチのカースト決定に関して最も支持されている仮説は「未成熟期のエサ量と振動などの刺激により形態的・生理的なバイアスが生じ、成虫期の社会的要因と環境要因によって最終的にカーストが決定する」である。Bohm (1972) は成虫期日長の影響を最初に示したが、その後、日長に関する研究は行われていない。

Polistes 属の女王位維持について、女王は物理的攻撃を用いて決まる優劣順位の最優位となり、女

王位を独占する。産卵は、通常、優劣順位の最上位の個体しかできず、ワーカーの産卵は抑えられる。しかし、近年、アシナガバチの2種の女王において、物理的攻撃ではなく、化学的もしくは機械的なシグナルを用いて、女王位を維持していることが示唆あるいは暗示された。

本研究では、まず、カースト決定に関する未成熟期のバイアスの存在を検証した。野外から採集した巣より羽化したメスを3グループに分けた。第1ブルード、女王にのみに世話を受ける。第2ブルード、女王とワーカーに世話を受けるが、オス羽化前に羽化。第3ブルード、オス羽化後に羽化。羽化直後に頭幅と生体重を測定後、脂質蓄積量を調べた。温帯性アシナガバチは、新女王のみが越冬休眠に入ることから、体内の脂質量と卵成熟を調べることによってワーカーとの識別が可能である（単独飼育すると新女王は脂質量を増やすが、成熟卵は持たない。一方、ワーカーは脂質量を増やさず成熟卵を持つ）。第1ブルードは第2、第3ブルードより小さく、軽かった。また、第1ブルードの脂質蓄積量は第2、第3ブルードより体サイズのわりに低かった。このバイアスは越冬に必要な脂質の確保を困難にする、もしくは越冬を完全に諦めさせるかもしれない。その可能性を調べるため、秋から春にかけて野外から採集した個体の頭幅と脂質蓄積量を調べた。越冬前個体の頭幅は第1ブルードより大きく、羽化後脂質蓄積量の7~8倍にあたる約30mgを蓄積していた。脂質蓄積量は春にかけて直線的に減少し、越冬中に約20mgを消費した。この減少はバイアスをかけられた第1ブルードにとって越冬に必要な脂質の確保を困難にさせると考えられた。

次に、日長がカースト決定に及ぼす影響を検証

するため2つの実験をした。実験1では、創設期コロニーを採集し、室内で維持した。これらのコロニーを長日期間が異なる3処理区（12, 6, 2週間）に分けた。これにより、未成熟期に異なる日長を経験させた。その後、羽化メスの半分（1個体おきに）を羽化直後に長日（LD 16:8）もしくは短日（LD 12:12）で2週間個別飼育した。その後、卵巣発育状態と脂質蓄積量を測定した。この実験から、成虫期日長がカースト決定に影響することが発見された。長日下では繁殖ワーカーに、短日下で新女王となった。さらに、蛹期に長日に曝された日数がカースト決定に影響したことから、蛹期日長も重要であることが示された。しかし、この実験では野外のような日長の緩やかな変化を再現できていない。そこで、実験2では、野外採集コロニーから羽化した成虫を、長日もしくは短日下で2週間個別飼育後、卵巣発育状態と脂質蓄積量を測定した。第1ブルードは成虫期日長の影響が見られなかったが、第2ブルード以降は成虫期の短日が新女王になることを促した。これにより、第1ブルードは成虫期日長に関わらずワーカーになりやすいことが示唆された。

最後に、女王位維持機構を解明するために、野外に自然営巣した4コロニーの行動観察を行った。いずれのコロニーでも女王は産卵を独占もしくは優先的に行った。しかし、社会的優劣順位の最優位とはならず、優位行動頻度も低いことから、物理的攻撃を用いた女王位維持機構を持たないと考えられた。代わりに、腹部左右横振動は産卵能力、腹部擦り付け行動は卵巣発育状態を示すシグナルとして機能していることが示唆され、女王はこれらのシグナルで女王位を維持していると考えられた。

共生環境学専攻

氏名	関 照議
学位記番号	生博 甲第 307 号
学位記授与の日付	平成 31 年 3 月 25 日
学位論文題目	Study on Condition Monitoring and Diagnosis Method of Rotating Machinery -Vibration Mechanism Clarification and Intelligent Diagnosis Method for Structural Faults of Rotating Machinery- (回転機械設備の状態監視・診断法に関する研究—構造系異常振動のメカニズム解明と知的診断法—)
論文審査委員	主査 教授・陳山 鵬 教授・佐藤 邦夫 教授・村上 克介 教授・王 秀崙 教授・鬼頭 孝治

要 旨

21 世紀の地球環境時代においては、限りのある地球資源を有効に活用し、持続的な発展が強く求められる今日、設備の安全、安心を確保するメンテナンス技術の重要性はますます高まっている。設備診断技術は、設備メンテナンスの中核技術であり、設備の安全を確保する技術として一段と注目されている。回転機械は工業と農業の生産プラントに最も常用されている重要な設備で、そのトラブルや故障は生産や品質に与える悪影響が大きなものである。

構造系異常の種類はアンバランス、ミスアライメント、緩みなどがあり、回転機械において最も発生しやすい異常状態である。構造系異常の発生は設備性能や製品品質に直接的な悪影響を与えるだけでなく、回転軸周囲の部品（ベアリングやギアなど）にも過度なストレスを与え、二次的な故障を引き起こす恐れもある。したがって、構造異常の早期検出および異常種類の早期識別は回転機械の安全・安定運転を確保するために非常に重要なことである。

回転機械の構造系異常は、他のタイプの異常に比べて、比較的低い周波数帯域に特徴が現れ、特に低回転速度時に発生する構造系異常種類間の特徴スペクトルが類似し、異常特徴の抽出および異常種類の識別には大きな困難がもたらされる。したがって、本論文では、回転機械の構造系異常を

早期に発現し、異常種類を早期に判明するために、構造系異常の振動メカニズムの解明、および多変量解析や深層学習などの手法による構造系異常の知的診断法に関する研究成果をまとめたものであり、その内容を要約すると次の通りである。

- (1) 回転軸ミスアライメント状態が最も発生しやすい構造系異常の一つで、その振動信号やスペクトルの特徴が理論的に解明できれば、異常の検出・識別に重要な理論根拠を与える。しかし、回転軸ミスアライメントの異常振動メカニズムの理論的解明は難しく、異常検出と異常種類の判別は、過去蓄積されたデータによって経験的、統計的に行われていた。経験的あるいは統計的に求められた異常振動の特徴は不確実な部分もあるので、異常程度の判定および他の異常種類との区別が難しく、診断精度も高くない。したがって、本研究では、回転軸の各種ミスアライメント状態による回転軸系の動特性変化、および異常振動の発生メカニズムを解明するために、回転軸ミスアライメント状態の振動モデルを提案し、その振動特徴を力学的に解析した結果に基づくシミュレーション波形と実際の測定波形との比較によって本手法の有効性が検証できた。
- (2) コンピュータによる構造系異常の自動診断の時には、特に早期異常の場合、診断のために測定した信号の SN 比（異常信号とノイズと

の比)が低いため、従来の統計学で良く使われる特徴パラメータ(尖度, 歪度, 波高率など)を用いると異常識別感度が低い。また、従来の構造系異常の自動診断法ではノイズなどの影響により学習・診断データが曖昧性をもつため、実用的な診断システムの構築が困難である。したがって、本研究では、回転機械の構造系異常を効果的かつ自動的に検出・識別するために、多方向で測定した振動信号を活かした新しい構造特徴パラメータを提案し、マルチバンドフィルターによる異常信号抽出法、および多変量解析(主成分分析法)による回転機械の構造系異常を逐次的に診断する方法を提案した。さらに、実験により提案した手法の有効性について検討・確認した。

(3) 従来の知的設備診断に関する研究では、ニューラルネットワークによる一部の設備異常の自動診断が実現しているが、ニューラルネット

ワークによる構造系異常診断法の研究はほとんど行われていない。サポートベクトルマシン法のような他の知的診断法では、構造系異常の特徴を抽出することが困難であり、知的精密診断に有効な手法がまだ確立されていない。したがって、本研究では、まず経験的モード分解法と標本エントロピー法を組み合わせた異常特徴の抽出法を提案し、この方法により異常特徴を含む信号成分を抽出して新たな振動信号に再構成した後、再構成の特徴データのスペクトルを用いて、ディープラーニング法(深層ニューラルネットワーク(DBN))により学習・診断を行い、構造系異常状態の自動精密診断を高精度に行うことができた。また、この方法による診断結果と他の方法による診断結果と比較して、本研究で提案した方法が最も優れていることも確認できた。

共生環境学専攻

氏名	Homayoon Ganji
学位記番号	生博 甲第 308 号
学位記授与の日付	平成 31 年 3 月 25 日
学位論文題目	Hydrological Modelling for the Conservation of the Niger Inner Delta in Mali (マリ国ニジェールインナーデルタ保全のための水文モデリング)
論文審査委員	主査 教授・加治佐隆光 教授・成岡 市 教授・大野 研 准教授・岡島 賢治

要 旨

Reference evapotranspiration (ET_0) can be either measured directly or calculated using empirical models. Different models have been developed for calculating ET_0 based on their daily performance under the given climatic conditions in the world. The FAO proposed a model for estimating ET_0 , known as the Penman-Monteith model.

In this study, the Penman-Monteith model was selected as the base model for examining a location which is exposed to relatively strong windy semi-arid conditions, i.e. Afghanistan, especially with alternative data. This study focuses on error

estimation using an error propagation approach. Furthermore, the effective distance for sharing the climatic data relating to ET_0 in cases when some data are missing was proposed.

From the results, the ET_0 given by the Penman-Monteith model showed the best fitting compared with that given by using the pan evaporation among the six well-known models in the investigated semi-arid areas in Afghanistan. However, its accuracy decreased in the high rates ($>10 \text{ mm d}^{-1}$). A serious limitation to this model is the high data demand, which limits its utility in data-sparse areas. Some alternative procedures have been proposed by the

FAO to overcome the challenges of missing data. However, the alternative procedures to compensate the missing data on relative humidity and wind speed were found to be erroneous in a season with 120 days of strong wind. To overcome the problem of missing data, this study suggested an effective distance which is the upper limit of the distance for data sharing between the stations. This is the distance within the range where the shared data leads to smaller error than when using the FAO's procedures for obtaining the alternative data. The effective distance could be established in the cases of solar radiation and actual vapour pressure data along the investigated distance at which the standard error was smaller than the error resulting from the alternative data. No effective distance could be established in the case of wind data.

To confirm the validity of ET_0 when calculated with alternative data in a certain area, the root mean square error ($RMSE$) needs to be calculated. However, the $RMSE$ does not explain the source of error in a model equation. In this study, the error propagation approach was used to estimate the $RMSE$ and to quantify the source of error. It was found that the error in the ET_0 estimation is not only related to the alternative data, but also to the combination of the variables in the model equation. This approach will be essential when improving meteorological data obtained using alternative proposals or when discussing the FAO-56PM formula. These two merits correspond to the two components that constitute the theoretical formula of error propagation.

共生環境学専攻

氏名	CHO MANSU
学位記番号	生博 甲第 309 号
学位記授与の日付	平成 31 年 3 月 25 日
学位論文題目	廃植物油混合燃料を用いるエネルギー変換システムの環境負荷に関する研究 (Environmental assessment for biomass-composite-fuels with waste vegetable oil concerning energy conversion systems)
論文審査委員	主査 教授・佐藤 邦夫 教授・王 秀崙 教授・陳山 鵬 准教授・福島 崇志

要 旨

本研究は、軽油に廃植物油を混合した燃料を用いる小型ディーゼルエンジンの駆動と、A 重油に固形廃植物油を混合した代替燃料を用いるボイラーの運用において、排気ガスの健康リスク評価と、温室効果ガスの排出に関するライフサイクルアセスメントを実施し、現在の産業を維持するうえで必要とされるエネルギー変換システムにこれらの代替燃料が実用可能かどうか確認しようとするものである。

実証実験とその考察を中心とする研究の結果、次のことが分かった。

(1) 廃植物油混焼小型ディーゼルエンジンの排気

ガスに関する健康リスク評価とライフサイクルアセスメント

1.1 健康リスク評価による発癌率

本研究で基準とする 2.511MJ のエネルギーを発生させるにあたり、排気ガスの TVOCs 濃度に関しては、軽油 (WCO0) は 310.16, WCO10 は 219.17, WCO15 は 450.95 および WCO20 は 613.29 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] となり、WCO10 が一番少なかった。発癌物質による健康リスク評価値 (50 年間暴露) は軽油 (WCO0) の 4.46E-04 に対して WCO10 は 3.62E-04 となり、WCO10 の健康リスク評価値が最も小さい結果となった。

1.2 燃料使用におけるライフサイクルアセスメ

ント

トルクを一定に制御する条件下、小型ディーゼルエンジンを20分間駆動し、軽油発生エネルギーと等価の仕事をする廃植物油混合燃料のカーボンニュートラルによるGWP削減率を計算した。その結果、WCO10、WCO15およびWCO20の順に、軽油に対し、GWPの値でおよそ10%、13%および16%の削減率となることが分かった。

1.3 廃植物油混焼小型ディーゼルエンジンのLCA費用便益分析

地球温暖化に対する経済的な被害額は、2.511MJのエネルギーを発生させるにあたり、WCO0は0.252円、WCO10は0.228円、WCO15は0.22円およびWCO20は0.212円となり、エンジン駆動面でも安定していたWCO10を用いるときでも、約9.7%の社会コストを節減できることが分かった。

1.4 廃植物油混焼小型ディーゼルエンジンの健康費用便益分析

VOCsが存在する現場に1年間勤務したと仮定した場合WCO0基準で肺癌の病院治療費用は63744円（排気環境の整っていない工場における勤務者1人あたりの統計的な金額、以下同様）であった。同様にWCO10の場合は51733円でありB/C ratioは1.23であった。

なお、供試した廃植物油混合燃料は、少量の添加剤のもとに廃植物油を軽油と混合するもので、複雑なエステル化を必要とせず、エンジンやボイラーを利用するサイトで燃料を混合することなど使用条件を選べば、精製過程が単純であるためいくつかの長所を持つ。

(2) 固形廃植物油を混合したボイラー用代替燃料の環境負荷

2.1 ライフサイクルアセスメント

代替燃料（NEF）の使用はA重油と比較してGWPを10.7%削減できる。なお、廃植物油の混合によりボイラー効率が低下していないので、現在の20%から更に廃植物油の割合を高めることができる可能性が高い。

2.2 健康リスク評価

健康リスクについて、TVOCsなどを計測した結果、非発癌物質による発癌リスクに関しては、代替燃料（NEF）による排気ガスはA重油による排気ガスに比べ、5.90%高い結果となったが、逆に発癌物質については代替燃料（NEF）がA重油に比べて9.27%低くなった。

(3) 実用性に対する考察

廃植物油を既存の軽油や重油とリサイクル的に混合する形で形成する代替燃料が、現在の熱機関に対し実用的に利用可能かどうか確認した結果、軽油と混焼させるディーゼルエンジンの場合は廃植物油の割合が10%の事例が最も良い環境性能を達成した。またA重油と混焼させるボイラー代替燃料の場合、20%の混合率でもボイラー効率などは低下せず、期待された環境負荷の低減も得られている。

結果を詳細に検討した結果、20%の廃植物油をA重油に混合するボイラーの代替燃料は実用性がきわめて高いものと言えることが分かった。

以上のように、本研究は健康リスク評価とライフサイクルアセスメントという、従来別々に検討されてきた手法を統合し、環境負荷を社会コストにより計算する新たな手法を提案することができた。

生物圏生命科学学専攻

氏名	Novi Arisman
学位記番号	生博 甲第 310 号
学位記授与の日付	平成 31 年 3 月 25 日
学位論文題目	Impact of temporal change of salinity stress in Marine shellfish (海洋性貝類に対する一時的塩分変化ストレスの影響)
論文審査委員	主査 教授・吉松 隆夫 教授・神原 淳 教授・古丸 明

要 旨

Scientific consensus confirmed that coastal marine system is being threatened by anthropogenic global climate change. Several drivers of climate change including water bodies warming, sea level rise, ocean acidification and weather pattern change are directed to the coastal system. Aside from those drivers, increasing evens of low salinity due to extreme heavy rains events and freshwater runoff may also be affecting marine organisms. It has been well documented that the increasing precipitation was linked with climate change and there is potential of lowering salinity during periods of rainfall and runoff rivers or estuaries in coastal water.

In the present study, the effect of temporary hyposalinity stress on three kinds of high commercially values of marine shellfish were conducted. In the first experiment, growth, survival and lysozyme activity of adult Manila clam, *Ruditapes philippinarum* were investigated. In the second experiment, adult Akoya pearl oyster, *Pinctada fucata* were studied for its growth, survival, lysozyme and phenoloxidase activity. In the last experiment, growth, survival, lysozyme and phenoxidase activity were checked on adult giant abalone, *Haliotis gigantea*; and time required for hatching and hatching succesful rate were checked on eggs stage of giant abalone.

In general, tested animals were exposed to 3h per day for 30 days of hyposaline stress, followed by recovery period mimic conditions typical for culture site at bays or estuaries experiencing heavy

freshwater input, with a quick return to initial salinity (34 psu). As for giant abalone's eggs, hyposalinity exposure started after 5 h post fertilization, and carried out after 24h recovery period until two days after the first egg hatched.

One-way ANOVA showed that clams exposed to temporary salinity stress of 14 psu had a lower lysozyme activity compare to control (34 psu) and 24 psu temporary salinity ($P<0.05$). On the oyster, mean values of lysozyme and phenoloxidase activity of oyster exposed to temporary hyposalinity 14 psu were lower than control (34 psu). However, lysozyme and phenoloxidase activity on adult stage of abalone kept at 20 psu temporary salinity had a lower values than control (34 psu). Investigation on the eggs stage, 100% of eggs exposed to 20 psu salinity for 3 h did not hatch. Moreover, temporary hyposaline stress postponed the time required to hatch and reduced hatching succesful rate of giant abalone eggs. In addition, there were no significant different on growth and survival between treatments for adult stage of three marine shellfish investigated in this studies.

External stress factor such as salinity is known can affect the immune parameters of marine bivalve species. Under the scheme of environmental factors alteration due to climate changes, our result showed that the immune parameter of three tested marine shellfish were affected by the temporary hyposalinity due to low lysozyme activity and low phenoloxidase activity. Considering the importance of marine shellfish in ecosystems and aquacultures, this result

will be a valuable information to develop the adaptation and mitigation program in the future under climatic change scenarios.