

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, 2016年7月～2018年3月

**Titles of Doctor and Master Theses from the Graduate School
of Bioresources of Mie University,
July 2016 to March 2018**

博士（学術）学位論文 19名

論文提出による博士学位

氏名	顧 楠
学位記番号	生博 乙第86号
学位記授与の日付け	平成28年7月20日
学位論文題目	シングルグロウサシューの推進力に関する研究 (Study on Thrust of Single Grouser Shoe for Tracked Vehicle)
論文審査委員	主査 教授・王 秀崙 教授・佐藤 邦夫 教授・陳山 鵬 教授・村上 克介

要 旨

この研究は、クローラ式オフ・ロードの走行装置であるクローラを構成するシングルグロウサシューを最も推進力が発揮できる形状にするために、土壌との相互作用によって発生する推進力に対するシングルグロウサシュー形状の影響を解析し、最大推進力を発揮できるグロウサシュー形状を見出すことを目的としている。推進力は、グロウサと呼ばれる突出部分の高さと厚さによって大きく変わると考えられる。従って、最も推進力を発揮させるために、最適なグロウサの高さとシューピッチに対するグロウサ厚さの比率を求める必要がある。

本研究では、グロウサ高さによる推進力への影響を調べるためにシングルグロウサシューの推進力、沈下量及びせん断変位量を計測して、沈下量とせん断変位量を用いて、実際の転がり抵抗と牽引力の計算を行った。同時に、構築した3次元せん断モデルの理論に基づき、グロウサシューの推

進力と転がり抵抗及び牽引力を計算するプログラムを作成し、土壌パラメータを用いて予測を行った。その結果、推進力と転がり抵抗及び牽引力の実測値と予測値の比較を行い、3次元せん断モデルの妥当性を確認した。推進力と転がり抵抗及び牽引力の予測では、3次元せん断モデルが使われた。3次元モデルによる解析ではグロウサシュー側面に発生する土壌反力を推進力として考慮に入れたことが大きな特徴である。土壌がグロウサシューに沿って壁をつくりながらせん断される場合を考える。グロウサシューによって発生する推進力はグロウサシュー底面、せん断面によるもののほか、グロウサシューの両側面に作用する反力もその一部である。3次元せん断モデルの理論に基づき、グロウサシューの推進力を予測するプログラムをC++言語で作成し計算を行った。グロウサシューに載荷する荷重、グロウサシュー寸法、供試土壌パラメータを設定し、まずグロウサ厚さ比率 λ の変化による推進力を計算した。次にグ

ローサ高さを変化させ、スペーシングの沈下量を算出し、推進力、転がり抵抗及び牽引力を計算した。スペーシングが接地しなくなった時点で計算を終了した。計測値と予測値の比較では、各々のグローサ厚さに対し、推進力の測定結果と3次元せん断モデルによる理論値の比較を行った。予測値と計測値はほぼ一致しており、グローサ厚さ比率 λ が小さいほど推進力が大きくなる結果が示された。すべての形状において、推進力の計測値が予測値より若干大きい傾向があった。特に、グローサ高さ h が大きい場合、グローサ厚さ比率 λ が大きいほど計測値と予測値の差が顕著になった。3次元せん断破壊モデルによる推進力の理論解析と実際の計測では、同じグローサ高さに対しグローサ厚さ比率が小さいほど推進力が大きいことが示された。

共生環境学専攻

氏名	張 瑾
学位記番号	生博 甲第 285 号
学位記授与の日付け	平成 28 年 9 月 21 日
学位論文題目	Development of biodegradable biomass board and its mechanical properties using rice straw (稲ワラを用いた生分解可能なバイオマスボードの開発及びその強度に関する研究)
論文審査委員	主査 教授・王 秀崙 教授・佐藤 邦夫 教授・陳山 鵬

要 旨

The research is based on the conception of sustainable development and circular economic, refers to describe the process of make an environment-friendly, complete degradation of biomass material from the agricultural waste rice straw as raw material. The making process of biomass board was cutting, soaking, refining, forming and drying. As a result, 5 pieces of biomass boards were made successfully under 5 kinds of experimental conditions. In addition, the densities and moisture contents of biomass boards were measured. The density was in the range of $0.785\text{g}/\text{cm}^3$ - $0.849\text{g}/\text{cm}^3$. The moisture content was in the range of 5.25%-7.16%.

以上のことから、次のような結論が得られた。

- 1) シングルグローサシューを用いた実験計測値より、代表的な土壌(砂質土壌, 一般土壌, 粘質土壌)に対し、最も大きな推進力を発揮できるグローサシュー寸法はグローサ厚さ 0.9cm で、グローサ高さ 4cm, 5cm, 6cm のものであった。
- 2) 計測値と予測値の結果から、グローサが薄いほど推進力が大きく、最大推進力を発揮できる最適なグローサ高さが存在し、グローサ厚さによって異なることが分かった。
- 3) 計測値と予測値を比較した結果、計測値が予測値の近傍でばらつくが、予測値とほぼ一致することが分かった。したがって、本研究で考案した3次元せん断モデルの妥当性が確認された。

In order to investigate the appliance scope of biomass board, experiments measured mechanical properties which were three-point bending test and tensile test were carried out in this study. The experimental results show that the rupture stress of bending test was in the range of 9.73MPa-20.28MPa and the rupture stress of tensile test was in the range of 6.43MPa-10.89MPa. The results of this study showed that the biomass board was made successfully using the proposed method without any chemical adhesives or chemical reagents and the biomass board had enough mechanical strength. And then, this study further explored the heating temperature influence of the strength of the biomass

board. The experimental condition was that the pressure was the same of 5MPa but the heating temperatures were 110°C, 130°C, 150°C, 170°C, 190°C. The results of this study showed that the densities were in the range of 0.83 g/cm³-0.91 g/cm³, the moisture contents were in the range of 3.78%-7.00%, the rupture stresses of bending test were in the range of 13.35MPa-19.62MPa and the rupture stresses of tensile test were in the range of 3.00MPa-17.22MPa. The results indicated that heating temperature affected the strength of the biomass board. The rupture stress increased with the increase of heating temperature. In addition, the effect of different fiber length on mechanical properties of biomass board was investigated. The fiber length 0mm<SF≤2.0mm, 2.0mm<MF≤4.0mm, 4.0mm<LF≤5.6mm. As in the above experimental conditions, the pressures were 2MPa, 3.5MPa, 5MPa, 6.5MPa, 8MPa and heating

temperatures were all 110°C. In the bending test, the SF biomass boards' rupture stresses were in the range of 15.15MPa-45.03MPa and the LF biomass boards' rupture stresses were in the range of 8.85MPa-35.97MPa. In the tensile test, the SF biomass boards' rupture stresses were in the range of 6.32MPa-33.11MPa and the LF biomass boards' rupture stresses were in the range of 4.54MPa-11.80MPa.

From the result of this study, the rice straw biomass board was made successfully using the proposal method. The biomass board made in this study is biodegradable and has enough mechanical strength, which is an environment-friendly material. Above all, the biomass board can replace wood products and plastic products in some place, and has broad application prospects in the production of plastic film, packaging, and building insulation.

生物圏生命科学専攻

氏名	A. M. SHAHABUDDIN
学位記番号	生博 甲第 286 号
学位記授与の日付け	平成 28 年 9 月 21 日
学位論文題目	Enzyme treated Nori (<i>Pyropia yezoensis</i>) as a new feed ingredient for aquatic animals in closed recirculating system (閉鎖循環系での水棲動物用新規飼料源としての酵素処理ノリの有効性)
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

本論文では、3種類の細胞壁構成多糖分解酵素(β-1,4マンナーゼ, β-1,3キシラーゼ, アガラーゼ)を用いてスサビノリ *Pyropia yezoensis* を単細胞化したスフェロプラストの水生動物養成用飼料源としての有効性について、閉鎖循環系飼育装置を用いた長期の飼育試験により検討した。供試動物としては水産上の重要種であるマナマコ *Apostichopus japonicus*, アサリ *Ruditapes philippinarum*, およびナイルティラピア *Oreochromis niloticus* を用い、飼育試験結果は成長, 生残, 体成分組成, 飼料成分の利用効率等から総合的に判定した。その

結果, ノリスフェロプラストを養成用飼料に添加した場合においても供試動物の成長や生残に悪影響が生じることはなく, また閉鎖循環系の飼育装置を用いた長期飼育の場合でも, 適正な量を飼料に添加した場合には, いずれの動物においても成長や生残, さらに飼料成分の利用効率が改善され, さらにティラピアでは肥満度も向上することが明らかとなった。すなわち, 酵素処理により単細胞化したノリスフェロプラストが将来的に有効な飼料添加物, あるいは重要な水棲動物育成用飼料の飼料源となりうることが本研究により明らかとなった。

共生環境学専攻

氏名	Alima Diawara
学位記番号	生博 甲第 287 号
学位記授与の日付	平成 28 年 12 月 21 日
学位論文題目	The role of global oceanic evaporation on Sahel rainfall from 1950 to 2012 (アフリカサヘル地域の 1950-2012 年の降水量変化に及ぼす全海洋からの水蒸気供給の役割)
論文審査委員	主査 教授・立花 義裕 教授・葛葉 泰久 教授・松村 直人 准教授・飯島 慈裕 准教授・万田 敦昌 講師・松尾奈緒子 首都大学東京大学院都市環境科学研究科 教授・松本 淳

要 旨

The Sahel region, the area of western Africa between 10 and 20 N, commonly suffers from severe drought and is synonymous with unstable climate. Many studies have shown that rainfall varies greatly in the Sahel. Over the last fifty years, the climate change has been observed in many parts of the globe. From 1970 to 1990, the Sahel has experienced a drought area through its low rainfall that promotes the degradation of the environment. Recently, the rainfall in the Sahel region seems to be recovering but the land is still dry. Folland et al. (1986) established a relationship between Sahel rainfall and hemispheric disparity in sea surface temperature (SST) on multi-decadal time scales, such that when SST is higher (lower) than normal in the southern hemisphere (SH) and lower (higher) than normal in the northern hemisphere (NH), the Sahel is drier (wetter) than normal. Several studies have shown that the Indian Ocean, the North and South Atlantic, the SH oceans and the Mediterranean Sea have, alone or together, some kind of remote influence on the distribution of Sahel rainfall.

Between 1950 and 2012, summer (rainy season) rainfall in the Sahel changed from a multi-decadal decreasing trend to an increasing trend (positive trend shift) in the mid-1980s. We found that this trend shift

was synchronous with similar trend shifts in global oceanic evaporation and in land precipitation in all continents except the Americas. The trend shift in oceanic evaporation occurred mainly in the SH and the subtropical oceans of the NH. Because increased oceanic evaporation strengthens the atmospheric moisture transport toward land areas, the synchrony of oceanic evaporation and land precipitation is reasonable. 10 Surface scalar winds over the SH oceans also displayed a positive trend shift. SST displayed a trend shift in the mid-1980s that was negative (increasing, then decreasing) in the SH and positive in the NH. Although SST had opposite trend shifts in both hemispheres, the trend shift in evaporation was positive in both hemispheres. We infer that because strong winds promote evaporative cooling, 15 the trend shift in SH winds strengthened the trend shifts of both SST and evaporation in the SH. Because high SST promotes evaporation, the trend shift in NH SST strengthened the NH trend shift in evaporation. Thus differing oceanic roles in the SH and NH generated the positive trend shift in evaporation; the southern Indian Ocean and the eastern Pacific Ocean play the key role in Sahel rainfall variation, however, the details of moisture transport toward the Sahel are still unclear.

論文提出による博士学位

氏名	Saifon SU-INDRAMEDI
学位記番号	生博 乙第 87 号
学位記授与の日付	平成 29 年 3 月 24 日
学位論文題目	Rural Socio-Economic Development: Sustainable Agriculture Dependent on Utilizing Regional Resources Comparing Japan and Thailand. (農村地域の社会経済開発：地域資源の活用による持続可能な農業の日タイ比較)
論文審査委員	主査 教授・徳田 博美 教授・後藤 正和 教授・波多野 豪 名古屋大学農学国際教育協力研究センター 教授・江原 宏

要 旨

Among the big problems in the rural communities of Asian Countries are both declining and aging. Both Japan and Thailand government have implemented various policies to revitalize socio-economic development in rural areas. Thus, the study of utilizing local resources to revitalize rural areas from Japanese and Thai experiences is necessary. This research aims to examine utilizing local resources to revitalize rural areas in Japan and Thailand regarding how to revitalize rural areas and what factors are important. This study has been carried out using qualitative research methodology including employing documentary analysis, in-depth interviews, and participatory observation in the field.

Many countries tried to implement various policies. Thai OTOP community enterprises follow Japanese OVOP community enterprises, with the understanding that Thailand adopted the OVOP concept for use in its own community economic development. It is not clear whether the OTOP movement in Thailand can solve the rural and urban community poverty and unequal income distribution, but it seems likely to be able to increase local social capital. Successful OTOP entrepreneurs whose businesses progress sustainably will inevitably develop social capital. They can develop human

resources and knowledge management, which are the most important factors in strengthening communities to be self-reliant and sustainable.

The study of agricultural farm park (Moku Moku farm) is in Iga city, Mie Prefecture followed the sixth industries agriculture policy of Japan government. This policy is a key to revitalize rural areas. The result founded that there are three major factors contributing to long-lasting community enterprises. Firstly, community products should be locally initiated based on sufficient local resources. Secondly, community products should have a strong local cultural base and unique characteristics of the area. Thirdly, the production, development, and marketing of local products should be carried out through a unified network among farmers, cooperatives, local government, local Chambers of Commerce and Tourism Associations, local tourism associations, universities, and consumers.

The ability of Moku Moku Farm to compete with other big businesses is not limited only in raw agriculture products. The successful Moku Moku Farm has ventured into farm products processing business and creative tourism. Such development give their business high value-added to their products. Thus, it is clear, Moku Moku Farm has become a

successful model of community enterprise, utilizing the strategies of farm product value-added, community based, green business, cultural and social capital and local government subsidies.

Organic farming is one of the survivals for rural communities both in developing and developed countries. Organic farming applied community-based solutions to create business activities using local resources - human resources, natural resources, and socio-cultural resources in their efforts to establish community-based businesses. Organic farming way is not only one alternative for rural socio-economic development, but also can revitalize rural community especially able to bring young generation back to hometown, increase per capita farmers income, decrease field abandoned and so on. Moreover, organic farming way can develop relationships among

family members and between families and can protect environment.

In Thailand, the attempt to define the rural areas and agricultural community problem for revitalizing was more than 4 decades. This study found various best practices of Japanese experience, especially the modern agricultural management and farmers aggregation by implementation smart village in Thai society. To create Smart Village should be based on kinship, physical and historical as socio-cultural capital in particular small community. The key factors of smart village is community-based, farmers aggregation, modern technology, relationship between community members, innovation and creativity, and modern agricultural management. Thus, it is an ongoing challenge in Thailand to find alternative ways to revitalize a Thai society in rural areas.

資源循環学専攻

氏名	松田 智子
学位記番号	生博 甲第 288 号
学位記授与の日付	平成 29 年 3 月 24 日
学位論文題目	高品質かぶせ茶生産技術の開発と骨の健康に資する茶成分に関する研究 (Improvement of production method for high-quality 'Kabuse-cha' and study on useful components of tea leaves on bone health)
論文審査委員	主査 教授・梅川 逸人 教授・栗冠 和郎 教授・奥村 克純 准教授・西尾 昌洋

要 旨

本研究は、全国第 3 位の荒茶生産量を誇る三重県茶業のさらなる振興，ならびに茶を通じた消費者の豊かな食生活，健康寿命延伸への貢献を目標とし，高品質かぶせ茶生産技術の開発と骨の健康維持に有効な茶成分について研究に取り組んだものである。

高品質かぶせ茶の生産技術開発において，本研究では茶品質の指標の一つである遊離アミノ酸含有量と遮光の関係に焦点を当て，三重県内で最も栽培面積の多い品種‘やぶきた’では遮光開始から約 5 日後に含有量がピークになることを見出し

た。この知見を生産現場で活用される技術とするため，慣行のかぶせ茶栽培法を踏まえ，技術導入のコストやリスクを最小限にした「二段階遮光法（85% 遮光 9 日間の後同資材 2 枚被覆（98% 遮光）5 日間）」を構築し，実用化に結びつけた。

骨の健康維持効果については，茶葉中のエピガロカテキンガレート（EGCg）とフィロキノン（ビタミン K₁）に注目した。これらはどちらも骨に対する有効性が示されている成分である。培養細胞を用いて茶抽出液の破骨細胞への分化に対する影響を調べたところ，分化マーカーである TRAP の mRNA 発現は抑制するが，分化の一段階であ

る細胞融合に関わる分子 DC-STAMP の発現は亢進することを新たに見出した。さらに、茶抽出液のこれら 2 つの効果の主体はどちらも EGCg であることを明らかにした。また、フィロキノンについては茶樹や茶葉中の変動に関する知見がほとんどなく、収穫前の遮光によって含有量が高まることを本研究で初めて見出した。これを起点としてフィロキノン含有量を最大化できる遮光方法、新芽の部位別含有量、茶期別含有量について明らかにし、高フィロキノン含有量茶葉の生産技術の土台を作った。さらに、脂溶性であるフィロキノンの生体利用効率を高めるために、茶中のフィロキノンの腸管での吸収に着目した。種々の茶粉末

に対して人工消化処理を行ったところ、粒度の細かい茶粉末のほうが、腸管から吸収される形態となるフィロキノンの割合が高くなることを明らかにした。

以上のように本研究では、高品質化技術に関する研究成果を生産現場において実用化し、また、健康機能性農産物開発については有効成分の含有量の最大化から生体利用効率まで考慮に入れることで、効果の高い食品の開発をより円滑に進められることを示唆する知見を得た。本研究の成果は、今後、実用化や製品開発を最終目標とした農業研究、農産物の健康機能性研究の発展に貢献できると考えている。

共生環境学専攻

氏名	宋 瀏陽
学位記番号	生博 甲第 289 号
学位記授与の日付	平成 29 年 3 月 24 日
学位論文題目	Study on Smart Condition Diagnosis Based on Feature Extraction and Pattern Recognition for Plant Machinery (特徴抽出とパターン認識によるプラント設備のスマート状態診断法に関する研究)
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

要 旨

In recent decades, rapid technological progresses carried out in industrial and agricultural area. Machinery and manufacturing process became automatic, integrated, precise, and effective. Unplanned stops or defects of equipment or components will lead to unfavorable impact in the availability of systems, the safety of operators, the efficiency of the production, and the environment. The need of condition monitoring and fault detection of rotating machinery is critical and extensive. If problems of plant machinery can be diagnosed at an early stage, equipment and components can be better protected from the danger of breaking.

The procedures for fault diagnosis can be roughly divided into the feature extraction step and the pattern recognition step. Effective feature extraction analysis can acquire useful information from large amounts of raw data and facilitate fault diagnosis. Pattern recognition is the key point for the realization of modern fault diagnosis, which is more automatic and adaptive. This thesis focuses on the smart condition diagnosis based on feature extraction and pattern recognition for plant machinery as follows:

(1) Feature extraction includes canceling noise and calculating symptom parameter. Operating conditions of different machinery are vary widely, therefore the fault detection for plant machinery is

complicated. When energy generated during operation is weak, the component defect signals and the related fault symptoms can easily be buried under machine operation noise and go undetected. Effective methods for feature extraction must be used for processing the raw data.

a) In this thesis, an adaptive filter method called SF, and a novel application of wavelet package transform (WPT) for feature extraction in fault diagnosis are introduced. Initial SF composed by genetic algorithm (GA) and statistical tests in the frequency domain. Because of the processing time cost, a speed algorithm of SF is proposed by introducing selecting discrimination index (SDI).

b) After noise-cancelling, symptom parameters (SPs) will be calculated to reveal the feature of signals. Dimensional symptom parameters (DSPs) and non-dimensional symptom parameters (NSPs) commonly used for diagnosis are represented in this thesis. DSPs can express the magnitude of signals, NSPs can reflect the shape of signals. However, other special symptom parameters (SSPs) must be introduced to detect the specific type of failure with an appropriate accuracy. This thesis proposed SSPs for roller bearing and structure fault of rotating machinery. Moreover, the methods to obtain

integrated symptom parameters (ISPs) with good performance are proposed and explained.

(2) Recent progress in computational intelligence, sensor technology and computing performance permit the realization of pattern recognition technique in fault diagnosis. This thesis presents pattern recognition methods for fault type identification in plant machinery fault diagnosis. Since lots of classification methods are based on distance, this thesis introduced the briefly theory of Euclidean Distance (ED) and Mahalanobis Distance (MD). In addition, the development and application of new research methods, including decision tree, principal component analysis, ant colony optimization, and canonical discriminant analysis for pattern recognition in fault diagnosis are also be discussed.

(3) In order to verify the effectiveness of the proposed methods, verification experiments are conducted on different objects, which are widely used in industrial production. The experimental results of fault diagnosis for a centrifugal pump system, gears in turbine machine, centrifugal blower, and roller bearings in low speed rotating machinery are represented and discussed in the thesis after explanation of the theory.

生物圏生命科学専攻

氏名	額田 夏生
学位記番号	生博 甲第 290 号
学位記授与の日付	平成 29 年 3 月 24 日
学位論文題目	コイ科魚類を用いた抗体生産方法の開発 (Research and development of antibody production using Cyprinidae)
論文審査委員	主査 教授・田丸 浩 教授・奥村 克純 教授・幹 渉

要 旨

抗体は、免疫を担う主たる生体分子である。1970 年代にハイブリドーマ技術が確立し、単一の抗原認識能を有するマウスモノクローナル抗体の作製が可能となって以来、抗体の実用化が急速に進んだ。抗体はその高特異性や高親和性から、様々な分析試薬、診断薬や治療薬として幅広く利用され、バイオ医薬品開発のみならず基礎生物学の研究ツールとしても必要不可欠な存在となっている。特に、7 回膜貫通型タンパク質 G-protein coupled receptor (GPCR) を含む膜タンパク質は、既存および開発中の医薬品のほぼ半数が標的としており、治療・診断薬やタンパク質の結晶化に用いる有用抗体の新規開発が期待されている。その他にも抗体作製が困難な分子は多数存在するが、これらの原因の一つとして、生体の獲得免疫が保有する自己と非自己を識別する免疫寛容と呼ばれる仕組みが挙げられる。これにより、自己反応性の抗体を産生する B 細胞は不活性化、軽鎖の再構成による抗原特異性の変化、アポトーシスおよび食細胞の取り込みによる除去により積極的に排除される。そのため近縁種において、種間でよく保存されたタンパク質抗原や糖質、脂質など、既に宿主動物の生体内に存在する物質に対しては特異性や力価の高い抗体が得られにくい場合が多い。解決策としては、系統的に離れた動物種を利用すること、抗原投与法を工夫すること、免疫系に欠陥を持つマウス (SCID.MRL/lpr など) を利用すること、抗原相同タンパク質遺伝子を利用することなどが挙げられる。本研究では、哺乳類と類似の獲得免疫系を保有し、進化的にも遠縁なコイ科魚類を免疫宿主動物と

して抗体作製法の検討を行った。

ゼブラフィッシュ (*Danio rerio*) に human leucine repeat-containing G-protein coupled Receptor (hLGR3) を抗原として免疫を行った。hLGR3 タンパク質を発現した大腸菌を餌と混合して経口投与し、ドットプロット法による抗原抗体反応を検出した結果、免疫をしていないゼブラフィッシュと比較して有意に hLGR3 特異的抗体の産生が確認された。しかしながら、ゼブラフィッシュを用いた場合には、一頭から採取できる血清の量が少なく、多くの個体をひとつのサンプルとして用いなければならないことや、個体毎の応答を観察できないといった問題があった。そこで、ゼブラフィッシュと同じコイ科に属するキンギョ (*Carassius auratus*) に着目した。キンギョの中でもスイホウガン (水泡眼) という品種は眼下に角膜が肥大化した水泡を持ち、この水泡は抗体を含むリンパ液で満たされている。キンギョ抗体についての詳細は未解明であったため、キンギョの脾臓および腎臓から goldfish Immunoglobulin M (gIgM) の重鎖遺伝子のクローニングを行った。重鎖全長 cDNA の塩基配列を決定した結果、取得した gIgM 遺伝子の一つは 1725 bp, 575 アミノ酸をコードしていた。さらに、取得した塩基配列をゼブラフィッシュなどの魚類抗体遺伝子配列と比較して分類した結果、gIgM の重鎖は少なくとも V 領域に 6 サブグループ、J 領域に 4 ファミリー存在すると考えられた。定常領域の相同性をアミノ酸レベルで比較すると、コイ (*Cyprinus carpio*) の定常領域とおおよそ 83% の相同性が、ゼブラフィッシュとは 63% の相同性がそれぞれあることが確認された。次いで、得られた重鎖定常領域

の配列をもとにして CH3 領域に対するウサギ抗体（抗 gIgM ポリクローナル抗体）を作製することで、スイホウガンの血清や水泡液中の gIgM を検出することができた。作製した抗 gIgM ウサギポリクローナル抗体はコイ由来 IgM に交差反応を示したが、ゼブラフィッシュには交差反応を示さなかった。一方、抗ゼブラフィッシュ IgM ポリクローナル抗体を用いて同様の検出を行った結果、キンギョやコイの IgM とは交差反応を示さ

なかった。

最後に、スイホウガンの抗原特異的な抗体生産を確認するために、緑色蛍光タンパク質 (Enhanced Green Fluorescent Protein:EGFP) を抗原として水泡内に直接注入することで免疫を行った。免疫後に採取した水泡液を用いて Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay (ELISA) による検出を行った。その結果、水泡液内に EGFP に対する特異的な gIgM を確認することに成功した。

資源循環学専攻

氏名	織田 拓
学位記番号	生博 甲第 291 号
学位記授与の日付	平成 29 年 9 月 20 日
学位論文題目	<i>Ruminiclostridium josui</i> の骨格タンパク質 CipA を中核とするセルラーゼ・ヘミセルラーゼ複合体に関する研究 (Study on cellulolytic/hemicellulolytic complexes formed with <i>Ruminiclostridium josui</i> scaffolding protein CipA)
論文審査委員	主査 教授・栗冠 和郎 教授・木村 哲哉 教授・苅田 修一 教授・田丸 浩

要 旨

近年、エネルギー需要の増加が深刻な問題を引き起こしている。20 世紀後半から、大量の化石燃料消費と大量の二酸化炭素 (CO₂) 排出に連動し、地球温暖化が進んでいる。この問題を解決する方法の 1 つとしてバイオマスエネルギーの利用があげられる。そこで、稲わらや木材などの未利用バイオマス資源であるリグノセルロースを利用することを目標に、強固な植物細胞壁を分解することの出来る微生物に着目した。

微生物起源のセルラーゼやヘミセルラーゼについては様々な研究が行われており、特に *Trichoderma* 属などの糸状菌が生産する酵素は工業的にも利用されている。糸状菌は強い遊離型のセルラーゼを生産するのに対して、*Ruminiclostridium* 属などの嫌気性細菌は生産したセルラーゼやヘミセルラーゼを複合体にするシステムを有しており、その複合体は「セルロソーム」として知られている。セルロソームは、触媒活性を持たない骨格タンパク質中に存在する繰り返し配列 (コヘシン)

に触媒サブユニット (セルラーゼ等) に含まれるドックリンが特異的に結合することにより形成される。

これまでのセルロソームに関する研究では、小型のキメラ骨格タンパク質を用いて、人工的に小さなセルロソームを作成することで、酵素活性の相乗効果や、酵素同士が近接することにより活性が高まる近接効果、CBM による標的基質へのターゲティング効果などが報告されている。しかし、骨格タンパク質の全長を用いたセルロソームの研究は例が少ない。そこで、本研究では *R. josui* の持つセルロソームに着目し、その骨格タンパク質 RjCipA の全長タンパク質とセルラーゼ RjCel5B、ヘミセルラーゼ RjXyn10C および RjAxxh43B を組換え酵素として発現させ、バイオマスの分解活性や相乗効果について検討した。また、*R. josui* の骨格タンパク質 RjCipA はファミリー 3 の糖質結合モジュール (CBM3) と 6 つのコヘシンから構成されているので、RjCipA と触媒サブユニットの比率を変えて複合体を形成させることにより、

酵素間の近接効果や CBM のターゲッティング効果についても検討した。

本研究では、*R. josui* の RjCipA の全長を大腸菌の発現系で発現させることに初めて成功した。また、セルロソームの構成成分であるセルラーゼ RjCel5B, キシラナーゼ RjXyn10C 及びアラビノキシランアラビノフラノシダーゼ RjAxx43B も発現させ、酵素特性を調べた。RjCel5B はセルロース鎖の内部を切断するエンドグルカナーゼであった。また、RjXyn10C はエンドキシラナーゼであり、キシランに活性を示したがセルロースには活性を示さなかった。RjAxx43B はアラビノキシランからアラビノフラノースを遊離する酵素であり、キシラン主鎖のキシロピラノシド残基の 2 と 3 の両方の位置にアラビノースを持つものから 3 の位置のアラビノースのみを遊離するアラビノキシランアラビノフラノヒドロラーゼであった。これらの酵素と RjCipA との複合体を形成させ、遊離の酵素と複合体の酵素活性を比較した。

セルラーゼ RjCel5B と RjCipA のモル比を 6:1, 6:3, 6:6 として作成した複合体の稲わら粉末に対する分解活性は、骨格タンパク質の割合を高めるにつれ増加した。しかし RjCipA から CBM を除いた RjCipA Δ CBM との複合体では、いずれの割合においても活性に変化は見られなかった。RjCel5B は CBM を持たず、また RjCipA には結晶性セルロースに結合する CBM3 が含まれているため、複合体を形成することで不溶性セルロースへの結合が可能となり、そのターゲッティング効果により、酵素活性が増加したと考えられる。

また、RjCel5B:CipA 比が 6:1 複合体の活性は 6:6 複合体の活性よりも低かったことから、複合体形成による酵素の近接効果はなく、逆に負の近接効果が見られた。

一方、RjXyn10C と RjCipA の複合体を形成させたところ、稲わら粉末への酵素活性は低下した。この結果は、RjXyn10C の持つキシラン結合性 CBM6 と RjCipA に含まれる結晶性セルロースに結合する CBM3 の標的基質の違い及びそれらの結合力の違いが負のターゲッティング効果(隔離効果)を生じさせたと思われる。また近接効果も見られなかった。

RjAxx43B と RjCipA の複合体の不溶性アラビノキシランに対する活性は、RjAxx43B 単独の活性と比べて大きな差は見られず、RjAxx43B においても近接効果は見られなかった。RjXyn10C と RjAxx43B を混合するとアラビノキシランに対して相乗的に作用し、分解活性は両酵素の単独での活性から予想される値の 1.7 倍に上昇した。さらに、RjXyn10C:RjAxx43B:RjCipA を 3:3:6 の割合で複合体を形成すると稲わらに対して最大 3 倍の分解活性が得られた。この結果は、ヘミセルラーゼがセルロソーム成分として含まれることの有意性を示唆する。

R. josui の全長骨格タンパク質 RjCipA の発現とセルロソーム関連酵素との複合体の形成については本研究が初めての成功例であり、RjCipA がセルロソームの多様性や機能を研究するためのよい材料となることが示された。

共生環境学専攻

氏名	MARJU BEN SAYED
学位記番号	生博 甲第 292 号
学位記授与の日付	平成 29 年 9 月 20 日
学位論文題目	Landform Effectiveness Assessment for Flood Mitigation in Flood Plain behind the Brahmaputra River (ブラマプトラ川の氾濫原低地における災害軽減に向けた地形効果アセスメント)
論文審査委員	主査 教授・春山 成子 教授・酒井 俊典 教授・松村 直人 教授・保世院座狩屋 教授・大野 研

要 旨

The flood plain of the Brahmaputra River was suffered by cyclones with storm surges and Greater Dhaka and surroundings have been affected by the severe floods. The flood vulnerability is still high because of their geomorphologic location in the study area. In the view of engineering prevention works, the central government has been implementing risk reduction in Greater Dhaka to protect against sea level rise under the rapid population increasing. Considering social problem with disaster, structure measures with early warning system was strongly recommended for regional planning, however, flooding risk reduction should be needed on this fluvial plain planning with non-structure measures. Re-evaluation of both structure and non-structure measures is demanded in this study area and reviewed the previous papers of disaster risk assessment, the new flood mitigation idea should be necessity. The objective is to clarify the stage of disordered land use change, to assess socio-economic change and to prove micro-landform effectiveness for flood mitigation in this fluvial plain after the structure measure in Greater Dhaka. In this study, remote sensing data between 1989, 1999, 2009 and DEM data are key data for clarifying land-use change and the geomorphologic land classification mapping. The micro-landform classified utilized

satellite data was prepared for the ground truth. Arc Map 10 was used for analysis of land cover change with statistical data. Socio-economic factors were processed with former disaster prevention and flood records considering physical condition.

The research results are as followings;

- 1) Land covers change; The disordered urban land use in Greater Dhaka has been expanded by 12% during 1989 to 1999, and 22% from 1999 to 2009 and urban sprawl pushed decreasing agricultural land use which resulted in losing flood buffer zone under huge cyclone and storm surges. The population of ignorant disaster has been increased by 50% in urban land use area and the relationship between urban growth and population increasing was inspected for the finding of strong correlation.
- 2) The relationship between landform and flood risk on landform; The fluvial factors as meandering paleo-channels, back swamps played a pivotal role in built-up zones and urbanization initially occurred in the elevated areas. Once all the elevated lands developed, the land rising demand in urban sprawl expansion has been generated by transformation of low-lying farmlands and water surface, flood magnitude differences between urban and sub-urban areas have been diminished as flood return period increased. After the flood return period calculation, the following results were clarified that a) 80% of a

common flood, flood magnitude was four times greater in urban than sub-urban area, b) for 27% built up land use condition in 1989, c) the percentage of average annual rainfall for 1-year return period was 136mm and for 47% built up condition in 1999, the percentage of average annual rainfall for 5-year return period was 198mm, d) It was observed that in 2007 for 40year return period it was 240mm. According to the calculation, e) urban area had higher flood magnitudes up to two years return period compared to sub-urban areas, and this trend continued for five and 10 years return period floods. f) Flood magnitude differences between urban and sub-urban areas diminished as return period increased. g) For 27% built up land use condition in 1989, the percentage of average annual rainfall for one year return period was 136mm and for 47% built up land use condition in 1999. Furthermore, the farmland where is elevation ranging below three m has rapid disordered land use changing and increase built-up area is due to

shrinkage of transformation into the residential and commercial zone in recent 30years.

3) Socio-economic change; the past development project for strengthening prevention got the following problems that Greater Dhaka has its flood management policies which are involved in structural measures as embankments, floodwalls, pumping stations and land use without appropriate capacity of pumping. In this study, socio-economic status of living people inside and outside of floodwall in Greater Dhaka has been changed. Regarding new disaster risks by advanced these construction measures, the author found that disaster prevention and mitigation system should be needed by the new regional planning with non-structural measures including the new land use policy to strengthening society against the flood. In conclusion, the author indicated that the appropriate land use policy for mitigation should be needed for regional linkage with satellite cities.

生物圏生命科学専攻

氏名	高橋 和宏
学位記番号	生博 甲第 293 号
学位記授与の日付	平成 29 年 9 月 20 日
学位論文題目	洗浄・殺菌プロセスにおける塩素系酸化剤を用いた海洋性細菌の制御に関する研究 (Studies on the Control of Marine Bacteria using Chlorine-Based Oxidizing Agents in Cleaning and Disinfection Processes)
論文審査委員	主査 教授・福崎 智司 教授・粟冠 和郎 教授・橋本 篤

要 旨

本論文は、水産加工業をはじめとする食品産業全般における洗浄・殺菌技術の最適化を目的として、食品添加物に指定された塩素系酸化剤である次亜塩素酸ナトリウム (NaClO) および亜塩素酸ナトリウム (NaClO_2) の固液界面における作用機序の解明と効率的な利用技術の開発に取り組んだ研究である。

次亜塩素酸 (HClO ; $\text{p}K_a=7.5$) と亜塩素酸 (HClO_2 ;

$\text{p}K_a=1.9$) は弱酸であり、水溶液の pH に依存して非解離型 (HClO , HClO_2) とイオン型 (ClO^- , ClO_2^-) の存在割合が変化する。本研究では、 HClO と HClO_2 の解離状態の変化と洗浄・殺菌効果の因果関係に着目し、pH を関数として作用機序の解明を進めた。また、洗浄・殺菌効率を図る因子に時間がある。酸化反応は熱によって促進されることから、洗浄・殺菌効果に及ぼす温度の影響を速度論的に解析した。

魚介類由来の代表的な食中毒菌である *Vibrio parahaemolyticus* は、製造機器に付着して二次汚染の原因となる。メカニズムは不明であるが、微生物は固体表面に付着することにより次亜塩素酸ナトリウムに対する抵抗性が向上することが知られているため、付着菌の制御が重要になる。従来、付着菌の生菌数を測定するためには、水溶液中に一度回収する脱着操作が必要であり、測定誤差を生じる原因となっていた。

そこで、微生物熱量計を用いて *V. parahaemolyticus* の浮遊菌数および付着菌数を回収操作なしに直接測定する研究を行った。増殖中に発生する代謝熱から増殖サーモグラムを取得し、これが任意の熱生成量に達するまでの時間の変化から生菌数を概算した。その結果、希釈平板法および微生物熱量計で測定した生菌数に良好な相関関係が得られることを確認し、洗浄・殺菌操作後の固体表面上の生残菌数を測定する評価系を確立した。また、本測定系を用いて *V. parahaemolyticus* の $g(t)$ 曲線に及ぼす NaCl 濃度と pH の影響を調べ、静菌作用を示す場合は $g(t)$ 曲線の形状が変化することを確認するとともに、NaCl 濃度が *V. parahaemolyticus* のアルカリ pH に対するストレス耐性に寄与していることを示した。

V. parahaemolyticus のステンレス鋼表面への付着・脱着挙動は、界面現象に焦点を当てるため、ステンレス鋼の微粒子を用いた液相微粒子分散系にて検討した。まず、電位差滴定法により *V. parahaemolyticus* およびステンレス鋼の表面電荷密度を測定した後、種々の pH において付着・脱着挙動における静電的相互作用の影響を検討した。その結果、*V. parahaemolyticus* は静電的斥力が働く pH 領域でも自発的かつ不可逆的にステンレス鋼に付着すること、最大付着量は *V. parahaemolyticus* の零電荷点 (6.1) 付近の pH で得られること、洗浄における脱着量は洗浄液のアルカリ濃度 (OH^-) の上昇とともに増大することを明らかにした。さらに、タンパク質やムチン、また *V. parahaemolyticus* に対する NaClO の洗浄効果は、アルカリ性で存在割合が多い ClO^- の濃度に依存することを示した。

次に、*V. parahaemolyticus* の浮遊菌および固体表面付着菌に対する pH 調整 NaClO 水溶液の殺菌効果を速度論的に解析した。その結果、pH が低く非解離型 HClO の存在割合が高い弱酸性の

NaClO 水溶液ほど一次殺菌速度定数が増大すること、付着により 6~7 倍も HClO に対する耐性が向上することを明らかにした。

続いて、NaClO よりも穏和な殺菌剤である NaClO₂ を用いて、*V. parahaemolyticus* に対する NaClO₂ の殺菌効果を速度論的に解析した。pH 4.0 以下の NaClO₂ 水溶液中には準安定性の非解離型 HClO₂ が存在し、時間経過とともに揮発性の高い二酸化塩素 (ClO_2) に変換されて水溶液から失われる。そこで、 ClO_2 が生成しない pH 4.0~6.5 の範囲で比較的高濃度 (100~2,000 ppm) の NaClO₂ 水溶液を調製して殺菌作用を調べた。その結果、NaClO₂ 水溶液の殺菌力は pH が低いほど増大すること、主たる殺菌因子が非解離型 HClO₂ であること、弱酸性 NaClO₂ 水溶液が、*Pseudomonas* 属をはじめとした他の細菌に対しても殺菌効果を示すことを確認した。また、*V. parahaemolyticus* の殺菌曲線から得られた一次殺菌速度定数は Arrhenius 型の温度依存性を示し、見掛けの活性化エネルギー (E_a) は 43.5 kJ/mol と概算され、殺菌速度は 10°C 毎に約 1.8 倍増加することを示した (化学反応律速)。

最後に、ステンレス鋼表面に付着したタンパク質と *V. parahaemolyticus* を対象に NaClO₂ の洗浄効果を速度論的に解析した。その結果、NaClO₂ 水溶液の洗浄力は、pH が低いほど増大し (HClO₂ が洗浄因子)、脱着したタンパク質は低分子断片に分解されていることを確認した。タンパク質および *V. parahaemolyticus* の脱着曲線から得られた一次脱着速度定数は Arrhenius 型の温度依存性を示し、 E_a は 100~120 kJ/mol と概算され、洗浄速度は 10°C 毎に約 3.0~3.7 倍増加することを示した (化学反応律速)。また、これらの洗浄過程においてステンレス鋼に対する NaClO₂ の腐食性は NaClO よりも著しく低いことを確認した。

以上の通り、本研究では、微生物熱量計を用いて浮遊菌および付着菌の生菌数を測定する評価系を確立し、NaClO の洗浄力 (アルカリ性) と殺菌力 (弱酸性) は異なる pH 領域に最適条件が存在することを示す一方で、NaClO₂ の洗浄・殺菌力においてはいずれも HClO₂ (弱酸性) が主たる活性因子であること、そして温度の併用が極めて効果的であることを明らかにするなど、製造現場で効率的な洗浄・殺菌操作を実施するための学術的かつ実用的な知見の取得に成功した。

論文提出による博士学位

氏名	Aldilla Sari Utami (アルディラ・サリ・ウタミ)
学位記番号	生博 乙第 88 号
学位記授与の日付	平成 30 年 3 月 26 日
学位論文題目	Studies on the utilization of sago residue (サゴ残渣の有効利用に関する研究)
論文審査委員	主査 教授・栗冠 和郎 副査 教授・梅川 逸人 副査 教授・木村 哲哉 副査 准教授・磯野 直人 副査 本学 地域拠点サテライト 社会連携特任教授・久松 眞 副査 名古屋大学アジア共創教育研究機構 教授・江原 宏

要 旨

サゴヤシは東南アジアやオセアニアのデンプン産業にとって重要な作物である。サゴデンプンの需要向上に伴い、デンプン抽出の副産物であるサゴ残渣が大量に生じており、これらの多くは利用されることなく、工場近くの川に廃棄されているのが現状である。サゴ残渣はセルロース、ヘミセルロース、リグニンを含む繊維質の物質であるが、抽出後であっても多量のデンプンを含んでおり、その量は乾物量の 50% 以上に達する。現在、環境へ排出する廃棄物量の削減だけではなく、サゴ残渣からバイオ燃料などの有用物質を産生するための技術開発が期待されている。このような背景のもと、申請者はサゴ残渣から有用産物への変換方法について検討し、サゴ残渣が高分子発泡体およびバイオエタノール製造のための原材料となることを見出した。

近年、環境および経済的観点から、石油化学ポリマーに代わる生物由来素材の創出が盛んに試みられている。このうち生分解性発泡体は発泡スチロールなどの石油由来製品の代替となる梱包素材である。申請者はサゴ残渣から発泡体を作製し、その性質を調べた。すなわち、サゴ残渣、セルロース、ポリビニルアルコールおよびステアリン酸マグネシウムの混合物を加圧しながら焼成し、生分解性発泡体を作製した。サゴ残渣から調製した発泡体は市販の発泡スチロールよりも高密度であり、

高い曲げ弾性係数と破断係数を示した。このことから、サゴ残渣由来発泡体は重量のある物品の包装に適していると考えられた。一方、酸処理されたサゴ残渣を用いて発泡体を作成したところ、サゴ残渣中のデンプンが部分加水分解されたことにより、厚さの薄い発泡体が生成した。曲げ弾性係数は通常のサゴ残渣を使用した時よりも高かった。本研究は、サゴ残渣から生分解性発泡体を製造した初めての報告である。

バイオマスから生産されるエタノールは、温室効果ガスの削減に効果があることが認められ、すでに世界各国でガソリンへ添加されて使用されており、廃棄物系バイオマスや木質系バイオマスからの生産が求められている。サゴヤシ残渣に含まれるデンプンはバイオエタノール生産の魅力的な原料であるが、サゴヤシ残渣からのエタノール生産に関する報告はほとんどない。デンプンを原料とするアルコール発酵を行う場合、デンプンの糖化後に発酵を行う「糖化発酵分離方式 (SHF)」と糖化と発酵を同時に行う「同時糖化発酵 (SSF)」の 2 つの方式が考えられる。これまでに報告された方法では、高濃度のエタノールを得るために複雑な操作を必要とするほか、SSF に応用できないという技術的課題があった。申請者はサゴヤシ残渣と α -アミラーゼの重量比を最適化し、90°C で酵素反応させることにより効率的にデンプンを分解・液化できることを見出した。この液化溶液(約

100 g/L の糖を含む) を原料として SHF と SSF の両方の方式を試みた。SHF では、液化溶液をアミログルコシダーゼ処理することによって得られた糖化液を、醸造用として広く用いられている協会 7 号酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) で 37°C, 36 時間発酵させたところ、34.2 g/L のエタノールが得られた。また、液化後にアミログルコシダーゼと酵母を同時添加して発酵を行う SSF では、43.2 g/L のエタノールが得られた。このエタノール濃

度は、これまでに報告されているサゴヤシ残渣由来バイオエタノールの中で最も高い値であり、エタノール収率も 86.4% と比較的高い値が得られた。この研究により、SSF を含む簡便な操作でサゴ残渣をエタノールに変換できることが示された。

以上のように本研究ではサゴヤシ残渣が有用な生分解性発泡体に変換可能であることを見出した。また、簡便かつ効率的にバイオエタノールを生産する方法を開発した。

資源循環学専攻

氏名	Mochamad Candra Wirawan ARIEF
学位記番号	生博 甲第 294 号
学位記授与の日付	平成 30 年 3 月 26 日
学位論文題目	Damage assessment and recovery monitoring of coastal vegetation after the 2004 Indian Ocean tsunami (2004 年スマトラ沖地震による津波の沿岸植生への影響と回復の観測)
論文審査委員	主査 教授・石川 知明 副査 教授・徳田 博美 副査 教授・松村 直人 副査 准教授・板谷 明美

要 旨

大規模な自然災害後の土地利用・被覆を観測することは、災害の規模と回復過程を明らかにする上で重要である。一方、自然災害後の土地利用・被覆の回復過程では、特に人口増加の著しい発展途上国で無秩序な開発が行われることもある。それゆえ、災害後も長期にわたり土地利用・被覆を観測し、適切な管理を行うことが必要である。リモートセンシングデータは、長期の広域的な土地利用・被覆の観測に有効であるが、高解像度の画像は高価であり、時系列で観測することはコスト面で課題がある。そこで、本研究では、自然災害後に適切な土地利用・被覆の管理を行うための基本的な情報を得るために、無料で高解像度衛星画像を閲覧できる Google Earth を活用し、インドネシアのバンダアチェを対象に、2004 年スマトラ沖地震による津波の沿岸植生への影響と回復の観測を行った。本研究で得られた成果を以下に示す。

1) 時系列衛星画像を用いた目視判読による津波後の沿岸植生の回復過程の把握

本研究では、スマトラ沖地震による津波後の河

口や沿岸領域の植生の回復過程を 4 時期 (2004, 2009, 2011, 2013 年) の Google Earth 衛星画像を用いた目視判読により明らかにした。植生領域は、Google Earth 衛星画像の目視判読により高精度 (80%~100%) で検出することができた。ほとんどの領域でマングローブを含む植生が比較的順調に回復していることが明らかとなった。一方、津波前に広い面積であった植生領域は十分に回復しておらず、津波前と比較して面積が半分以下 (2013 年時点) である箇所も見られた。津波後に養殖池の周辺では小さな植生のパッチ (0.1 ヘクタール未満) が急速に増加した。2013 年に津波前の 2 倍になっている箇所も見られた。養殖業者が、養殖池に日陰や養分を供給したり、水質を維持したりするために、マングローブを植林した可能性が考えられた。スマトラ沖地震による津波から十年以上が経過し、沿岸生態系やバイオシールドの役目の視点から、広い面積の植生領域の回復にもっと焦点を当てるべきと考えられた。

2) 衛星画像を使用した緑地の検出 - ピクセルベースとオブジェクトベースの画像解析の比較

スマトラ沖地震による津波被害後の緑地の回復過程を広域で観測するために、ダウンロードした Google Earth 衛星画像に対してピクセルベースとオブジェクトベースの画像解析の適用を試み、その精度を比較した。2004 年, 2009 年, 2013 年に取得された衛星画像を Google Earth pro から最大解像度でダウンロードし、教師付きのピクセルベースおよびオブジェクトベースの画像解析によって土地利用・被覆を 9 クラスに分類した。ピクセルベースの画像解析による全体精度は 0.65-0.71 であった。オブジェクトベースの画像解析では 0.65-0.71 であった。緑地は水田, 池および草地に誤分類される場合もあったが、オブジェクトベースの画像分析による user's と producer's 精度は、ピクセルベースよりも高精度となった。

3) スマトラ沖地震による津波が土地利用・被覆に及ぼした影響

2004 年, 2009 年, 2013 年の Google Earth 衛星画像にオブジェクトベースの画像解析を適用し、広域の土地利用・被覆の変化を沿岸部と内陸部で比較した。観測初期 (2004 年~2009 年) では、内陸部の土地利用・被覆が裸地と緑地から建物に変化した箇所が多くあった。沿岸から遠いより安全な内陸部に一時的に人々が避難し、仮設住宅が建設された可能性が考えられた。この期間に内陸

部で土地利用・被覆のパッチ密度の増加が見られた。仮設住宅の建設により農村景観が分断化されたためと考えられた。観測後期 (2009~2013 年) では、裸地から建物へ変化した箇所が沿岸部で多かった。沿岸部の住民であった避難者が帰村し、住宅再建をした可能性が考えられた。内陸部における土地利用・被覆の Shannon Diversity 指数は、観測した全ての年で沿岸部よりも小さく、沿岸部は内陸部よりも均質であることが示された。また、沿岸部と内陸部のどちらも均質化が進んでいる傾向を示した。本研究の結果、災害直後の直接被害を受けた領域だけでなく、その周辺の土地利用・被覆にも災害の影響が長期にわたって残存することが明らかとなった。

これらの一連の研究から Google Earth を活用することにより土地利用・被覆の経年的な観測を低コストで行うことができることが示された。また、災害直後の直接被害を受けた領域だけでなく、その周辺の土地利用・被覆にも災害の影響が長期にわたって残存することが明らかとなった。沿岸植生や農村景観は生態系、また最近では Eco-DRR の役割として重要であり、災害後も長期にわたり土地利用・被覆を観測し、適切な管理を行うことが必要であることが示された。

資源循環学専攻

氏名	Siska Arie Santy Siahaan
学位記番号	生博 甲第 295 号
学位記授与の日付	平成 30 年 3 月 26 日
学位論文題目	Biodiversity and taxonomy of powdery mildews in East Asia and Indonesia (東アジアとインドネシアにおけるウドンコカビの多様性と分類)
論文審査委員	主査 教授・平塚 伸 教授・木佐貫博光 教授・松田 陽介 准教授・中島 千晴

要 旨

東アジアは世界で多くのウドンコ病菌の種が記録されている北半球に位置する。それでも今日なお多くのウドンコ病菌がこの地に隠されたままに存在している。本研究で新たに見いだされた *Erysiphe aucubae* は東アジア地域にて最近記載され

た固有種の例としてあげられる。

一方、宿主の生物多様性にもかかわらずインドネシア産のウドンコ病菌は比較的顧みられることが少なかった。これまでの研究のほとんどが従来 の分類学システムに沿ったものであり、種の同定に関しては、そのシステムにおける重要な分類形

質である有性世代の欠如により混乱と誤同定が度々起っている。本研究はインドネシア産ウドンコ病菌の従来の分類システムと現行の分類システムの間にあるギャップを、形態的特徴のみならず、宿主域、分子系統関係を用いることにより埋めることを企図する。

本研究では、インドネシア産ウドンコ病菌の調査を2013年から2017年にかけて実施した。調査では無性世代107サンプルと有性世代2サンプルの計109サンプルを北スマトラ州、西ジャワ州、

バリ州より採集した。これらのうち、*Erysiphe baliensis*, *E. sidae*, *Phyllactinia poinsettiae* と *Podosphaera perseae-americanae* の4種を新種として提案した。加えて *Podosphaera perseae-americanae* は、さらに検討を加え新属に転属、*Amanoa perseae-americanae* を提案する予定である。また、*Erysiphe quercicola* に6つの新宿主を見だし、北半球に分布する菌が熱帯性樹木にその宿主を拡大した仮説を提示した。この他の種についても詳細な形態的特徴、分子系統関係と宿主範囲について記載した。

共生環境学専攻

氏名	亀岡 慎一
学位記番号	生博 甲第 296 号
学位記授与の日付	平成 30 年 3 月 26 日
学位論文題目	フードシステム最適化のための定量性指標構築に関する基礎的研究 (Practical Studies on the Construction of Quantitative Indices for Food System Optimization)
論文審査委員	主査 教授・立花 義裕 教授・橋本 篤 教授・亀岡 孝治 東京大学大学院農学生命科学研究科 教授・二宮 正士

要 旨

現代の食を取り巻く環境は、大量の食料廃棄物やエネルギー集約型農業による環境負荷の問題、食のバリューチェーンにおける小売業の影響力に起因する原料生産者の経済的不安定の問題、食品流通のグローバル化に伴う病原微生物およびウイルスによる食品衛生問題等、挙げればきりのないほど多くの深刻な問題を抱えている。

そこで、「栽培・生産」「保蔵」「輸送」「加工」「流通」「消費」「再資源化」というサブシステムから構成される食の循環系を「フードシステム」と定義し、このシステムを「食料安全保障」および「生産者への利益還元」という観点から最適化することを試み、食の「安全」および人々の「健康」に大きく関わる食料品の「品質」という概念に着目した。

はじめに、「栽培・生産」サブシステムに対しては、対象作物としてワイン用ブドウと柑橘を用いて果実の「品質」定量や栽培管理に役立つ栽培

指標の構築を目指した。具体的には、ワイン用ブドウ圃場にウェザーステーションと土壌水分センサを導入し、圃場環境をモニタリングすることで、植物の生育ステージおよび植物生理学的状態を推定するための圃場内無線センサネットワークを構築した。さらに、将来的に「品質」に関する指標をフードシステム全体で共有するために、IoT技術に基づく水平方向のつながりを意識した共通基盤クラウドに、圃場環境情報を格納するシステムを確立し、それらのデータを利用した栽培支援webアプリケーションを開発した。

さらに、果樹の直接診断による果実品質および樹勢の推定を行うために、温州みかんとワイン用ブドウを対象作物として葉の色素量およびミネラル量を定量する手法を確立した。この手法を用いて、生育期間を通じた樹勢モニタリングを行った結果、どちらの樹体においても、樹勢の違いを分類できる可能性が示された。

「保蔵」サブシステムに対しては、カット野菜

としての需要が高まっているレタスを対象作物とし、経時的な変化をモニタリングすることで「品質」評価指標の作成を試みた。そのために、レタスにおける有機物とミネラルの経時変化および、

画像解析による経時的な収縮の可視化を可能とした。さらに、それらの値を機械学習し、分類することが成功したことで、分光センシングデータを用いた品質定量に意味を見出すことに成功した。

共生環境学専攻

氏名	中山 紘之
学位記番号	生博 甲第 297 号
学位記授与の日付	平成 30 年 3 月 26 日
学位論文題目	社会人基礎力を指標とした森林環境教育の有効性評価 (Evaluation of effectiveness of forest environmental education measured by the Fundamental Competencies for Working Persons)
論文審査委員	主査 教授・松村 直人 教授・石川 知明 教授・葛葉 泰久 教授・立花 義裕 講師・松尾奈緒子

要 旨

森林を地域資源として地域創生に活用する例も少なくなく、社会人基礎力を指標とした森林環境教育の有効性を評価する。森林環境教育の事例として広島経済大学（広島県広島市）の「武田山まちづくりプロジェクト」と岡山県新見市で実施される「環境保全型森林ボランティア」を対象に、活動の事前、事後で社会人基礎力の能力伸長を測定し、その能力伸長の特徴から森林環境教育の有効性を検証する。研究に先立ち、能力伸長を測定するために事前に社会人基礎力について、その力がない「レベル 0」から社会人レベル「レベル 3」までの評価基準を基に、0.5 単位 7 段階のレベルについて事前評価を行い、評価シートに記入させた。事後にも同様に自己評価を行い、レベルの再検討を行った。また、事前評価と事後評価の自己評価レベルと伸長率との関係分析から能力伸長の特徴を検証した。次に参加者の属性と伸長値を基に相関比の判定 ($\eta^2 \leq 0.10$) を行い、属性に起因しない純粋な森林環境教育の能力伸長の特徴を検討した。さらに、能力伸長の要因を検証するため

に主成分分析を行った。森林環境教育に参加した参加者の伸長率の特徴として、武田山まちづくりプロジェクトは、「ストレスコントロール力」210%で、次いで「創造力」154%、「働きかけ力」が153%で高く、森林ボランティア活動は、「働きかけ力」280%、次いで「創造力」220%、「課題発見力」200%であったが、共通して「働きかけ力」と「創造力」の伸長率が高いという特徴が表れた。次に相関比の判定 ($\eta^2 \leq 0.10$) では、「武田山まちづくりプロジェクト」においては、学年において相関が表れ、「森林ボランティア活動」においては、参加日数、リピート回数において相関が表れたが、これは活動によって得られる経験知が能力伸長に影響することを示しているものと判断した。主成分分析では、寄与率を能力伸長の影響度としてとらえ、第 1 主成分を「達成感要因」とし、第 2 主成分を「活動内容要因」としたが、「達成感要因」は、体験学習における共通の能力伸長の傾向としてとらえ、「活動内容要因」が純粋な森林環境教育の特徴と位置づけた。

生物圏生命科学専攻

氏名	石川 達也
学位記番号	生博 甲第 298 号
学位記授与の日付	平成 30 年 3 月 26 日
学位論文題目	磯焼け海域においてガンガゼの摂食圧が海藻群集に及ぼす影響に関する研究 (Studies on grazing effects of <i>Diadema setosum</i> on algal community in barren grounds)
論文審査委員	主査 教授・石川 輝 教授・河村 功一 教授・吉松 隆夫 准教授・倉島 彰

要 旨

磯焼けとは、大型の海藻・海草が密に繁茂する藻場が衰退もしくは消失する現象である。磯焼けが持続する大きな要因の一つとしてウニ類による摂食圧が挙げられる。ウニ類が優占する磯焼け海域においては、ウニ類を除去すれば海藻の被度や現存量が増加することが報告されている。ウニ類は岩礁生態系において重要な生態学的役割を持つ。しかし、日本においては暖海性のウニ類であるガンガゼが海藻群落に与える影響についての知見は乏しい。本研究では、三重県尾鷲市早田浦および賀田湾を研究海域とし、野外におけるガンガゼ類除去試験およびガンガゼ個体群の殻径組成および密度の調査、ケージを用いた野外飼育実験、室内飼育実験とスケールの異なった手法を用いた。これにより、ガンガゼが海藻群集に与える影響を多面的に明らかにし、ガンガゼ類除去による藻場再生が可能かを検証することを目的とした。

ガンガゼ類除去試験では、三重県尾鷲市早田浦のガンガゼ類が優占する磯焼け海域において、継続的なガンガゼ類除去による磯焼けからの回復と除去効果を評価した。加えて、早田浦全域において海藻植生の調査を行い、過去の調査と比較することで、ガンガゼ類除去による磯焼け状態からの藻場の回復過程を分析し、その前後にわたる海藻植生の長期変化を明らかにすることを試みた。野外飼育実験では、ケージ内のガンガゼ個体密度を人為的にコントロールすることで、異なるガンガゼ密度が海藻群集に与える影響を評価した。室内水槽実験では、水温やガンガゼの殻径とガンガゼ

の摂食量との関係を測定し、野外におけるガンガゼ個体群の殻径組成および密度と組み合わせることで、磯焼け海域におけるガンガゼ個体群の摂食圧を推定した。

ガンガゼ類除去試験では、8年間にわたり対象区域内のガンガゼ類を継続的に除去することで、ガンガゼ類個体密度が低下し、ホンダワラ類をはじめとした大型海藻が安定的に増加した。ガンガゼ除去後の海藻植生を過去の調査と比較した結果、磯焼けの主な持続要因がガンガゼ類の摂食圧である磯焼け海域においては、ガンガゼ類除去を行うことで、藻場構成種だけでなく多様な小型海藻が増加することが示された。

野外飼育実験では、ガンガゼは1個体/m²という低い密度でも海藻の被度・現存量やホンダワラ類の個体密度を減少させた。一方で、ガンガゼ個体密度が2個体/m²以下ならば、海藻の種数には大きな影響を与えず、海藻が生育できることが示された。これらの結果から、磯焼けから藻場が再生するガンガゼ個体密度の閾値が実験的に明らかにされ、ガンガゼの摂食圧は藻場生態系において大きな影響を持つことが示された。

室内飼育実験からガンガゼ個体レベルの摂食量は水温と殻径に大きく依存することが明らかとなった。野外調査からは、磯焼け海域におけるガンガゼ個体群の殻径組成および密度が明らかとなり、個体群の殻径は年間を通して安定的であった。これらの結果からガンガゼ個体群の摂食圧を推定したところ、個体群の摂食圧は夏季に高く、冬に低くなる明瞭な季節変動を示すことが明らかになった。

本研究はガンガゼ類が優占する磯焼け海域において、継続的な除去によってガンガゼ密度を低く保つことで、磯焼けから藻場再生が可能であることを実証した。加えて、異なるガンガゼ個体密度が海藻群集に与える影響を解明し、ガンガゼ個体密度が2個体/m²以下で海藻が生育可能であるという除去時の密度指標を明らかにした。また、ガンガゼ個体群摂食圧の推定に用いる殻径組成や水

温データを変えることで、多様な環境下での摂食圧の推定が可能となり、この手法は他のウニ類を含むベントス個体群の摂食圧の評価にも応用できると考えられる。本研究の成果は、ガンガゼ類の摂食圧が海藻群集に与える影響を多面的に明らかにし、ガンガゼ類除去による藻場造成手法の確立に寄与できるものである。

生物圏生命科学専攻

氏名	Debasish Saha
学位記番号	生博 甲第 299 号
学位記授与の日付	平成 30 年 3 月 26 日
学位論文題目	Effects of supplemental vitamins C, E and B ₉ on growth and innate immunity of Nile tilapia and common carp (ビタミン C, E および B ₉ のナイルティラピアとコイに対する飼料添加効果)
論文審査委員	主査 教授・吉松 隆夫 教授・神原 淳 教授・古丸 明 准教授・一色 正

要 旨

淡水域における重要な養殖対象魚であるナイルティラピア *Oreochromis niloticus* とコイ *Cyprinus carpio* を用いて、飼料へのビタミン C, E および B₉ のそれぞれの添加の有効性と過剰投与の影響について、閉鎖循環系飼育装置を用いた長期の飼育試験により検討した。飼育試験結果は成長、生残、体成分組成、飼料成分の利用効率、体表粘膜、腎臓

および肝臓のリゾチーム活性等の生体防御能に与える影響等から総合的に判定した。その結果、ビタミン C, E および B₉ を至適とされる添加量以上に飼料に添加した場合には、いずれの魚種においても成長や生残、さらに飼料成分の利用効率や生体防御能が向上することはなく、むしろさまざまな悪影響が懸念されるために至適添加量のレベルに止めるべきと考えられた。

生物圏生命科学専攻

氏名	Fittrie Meyllianawaty Pratiwy
学位記番号	生博 甲第 300 号
学位記授与の日付	平成 30 年 3 月 26 日
学位論文題目	Studies on the Feeding Behavior and Growth Performance of Nile Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) using Self-feeding System (自発摂餌システムを活用したナイルティラピアの摂餌行動と成長に関する研究)
論文審査委員	主査 教授・神原 淳 教授・吉松 隆夫 教授・古丸 明

要 旨

ナイルティラピア (*Oreochromis niloticus*) は、世界的に重要な養殖対象魚種であり、2014 年の世界生産量は、367 万トンに達している。一方、1990 年頃の 10 万トン台の生産から、それ以降の急激な生産量の増加に伴い、養殖活動による環境負荷問題も少なからず引き起こされている。したがって、本種の養殖技術向上は、生産性向上の面から、環境負荷軽減の面から、世界的に見て水産養殖業における重要課題である。以上の背景から、申請者の博士論文では、ナイルティラピア養殖への自発摂餌式給餌法の導入を目的として、以下の研究を行った。

自発摂餌は、魚類の学習能力 (オペラント学習) を利用した給餌方法である。魚類の食欲に応じた給餌を可能とするため、養殖魚の成長向上が期待できるのみならず、残餌の軽減も可能とし、養殖コスト削減と環境負荷の軽減にも寄与できる給餌技術である。加えて、自発摂餌による給餌を ICT 化することにより、魚類養殖の効率化と労力軽減にも寄与できる。屋内に設置した水槽に個別に収容したナイルティラピア (LD 12:12, 水温 25°C)、および屋外の 1t コンクリート水槽で約 30 尾の集団で収容したナイルティラピアに対し本給餌法を適用した結果、容易に自発摂餌を学習し、継続的な摂餌活動が見られたことから、ナイルティラピアは自発摂餌式給餌法による養殖が可能であることを明らかにした。また、屋内実験ではその摂餌周期は設定した光周期に同調し、明期摂餌型を示すこと、一方、屋外での飼育では、その摂餌日周

期性は、夏期には昼行性を示すものの、晩夏から秋にかけての水温低下・日長短縮期には活動が昼行性から夜行性に変化し、ナイルティラピアは、その摂餌活動において二相性を示すことを明らかにした。また、屋内実験においては、夏の実験では、ナイルティラピアは明期摂餌型の傾向があり、初冬の実験では暗期摂餌型の傾向があることを明らかにし、実験を開始する時期によって本種の摂餌活動型が異なることを見いだした。すなわち、屋外実験の季節的な摂餌パターンの変化が屋内実験により確認されたことになる。さらに、ナイルティラピアを恒常条件下 (恒明または恒暗、一定水温) で自発摂餌飼育したところ、摂餌パターンにフリーランニングリズムが見られたことから、ナイルティラピアの摂餌日周期性が生物時計により制御されていることを明らかにすると共に、暗期摂餌型での周期性は 24.4 時間、明期摂餌型での周期性は 23.6 時間であり、ナイルティラピアは少なくとも 2 種類の生物時計を体内に有しており、季節的な二相性は生物時計の関与による可能性が高いことを示唆した。以上の結果は、ナイルティラピア養殖における給餌プラン立案において有効な知見となると考えられた。

自発摂餌によるナイルティラピアの成長成績を日間成長率、飼料転換効率等を指標として検討した。屋内での個別別飼育での日間成長率は 2.49-2.81%、飼料転換効率は 103.23-109.67% であった。屋外での集団飼育では、水温が 25~30°C の期間で日間摂餌量は増加傾向を示し、日間成長率は 3.45%、飼料転換効率は 118.90% となり最も良い

成績を示した。本研究で得られた結果は、ナイルティラピアを手撒き給餌により飼育した先行研究のそれと比して高い成長成績となった。一方、水温が20°Cを下回ると摂餌量・飼育成績とも低下した。また、雌よりも雄の成長が有意に優れており、タンパク源としてナイルティラピアに着目す

る場合は、雄のナイルティラピアを優先的に飼育することが効果的であることも示唆した。本研究によって自発摂餌式給餌法はナイルティラピア養殖において有効な給餌技術となることが明らかとなり、今後の本給餌法の導入が期待される。