

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

富山県立大学工学部環境・社会基盤工学科 柿木里菜

この度は、第55回日本水環境学会年会において、年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）の最優秀賞という大変名誉のある賞をいただき、誠にありがとうございます。このような素晴らしい機会を与えてくださった年会関係者の皆様、ライオン株式会社の皆様、そして私のポスター発表をご覧いただいた皆様、ご質問をいただいた皆様に深く御礼申し上げます。

今回、「プール水の使用・非使用期間を通じた水質変動特性」と題して発表させていただきました。プール水は通常、水泳授業やレクリエーションに利用されますが、非常時には消火用水や生活用水に利用されます。よって、安全にプール水を利用するには、一年を通じたプール水の水質を把握する必要があると考え、水質的知見の多い使用時のプール水に加え、知見の少ない非使用時の屋外プール水を調査するとともに、医薬品類や人工甘味料の測定により人為的汚染のメカニズムを分析することを目的としました。屋内外含む計12カ所のプールの水質を1年半にわたり調べたところ、屋外プールにおいては、秋から春の間は非使用時であり塩素剤が投入されないため、藻類の増加などに起因すると考えられる濁度の増加やエンドトキシン（内毒素）の増加が見られました。人為的

汚染の指標となる医薬品類・人工甘味料は、使用時のプール、中でも屋内のプールで多く検出され、水浴者の糞便や尿がプール水に混入したことが示唆されました。とくに、摂取量のほとんどが尿中に排泄される人工甘味料のアセスルファムは屋内プールやジャグジーにおいて高濃度で検出されました。海外で測定された尿中のアセスルファム濃度を用いると、25 m プール水中に平均で約32 Lの尿に相当するアセスルファムが含まれる結果となりました。本研究で得られた使用時・非使用時を通じたプール水の水質の変動特性や人為的汚染の特性を踏まえて、今後はプールの立地・構造、水処理方法、水浴者の属性などの要素がプール水の水質に与える影響を明らかにすることで、より安全・安心なプール水の利用に繋げていければと考えています。

本研究を行うにあたり、ご指導いただいた富山県立大学工学部環境・社会基盤工学科の黒田啓介准教授には多大なるご助力をいただきました。その他にも、同大学の端昭彦先生、および同研究室の友人にも大きくご協力いただきました。ご指導、ご協力いただいた皆様に加え、研究に集中できるよう生活を支援いただいた家族に改めて感謝申し上げます。

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

北海道大学工学部環境社会工学科衛生環境工学コース 安藤 宏 紀

この度は、日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）の優秀賞という大変名誉ある賞をいただき、大変嬉しく思っております。ライオン株式会社の皆様、本会関係者の皆様およびポスター発表をご覧いただいた皆様に厚くお礼申し上げます。

私は「下水疫学に基づく都市内における COVID-19 感染者の都市内局在の把握に向けた実証調査」と題し発表しました。2019 年 12 月に中国で初めて確認された新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）は世界で感染を拡大させており、多くの死者と甚大な経済的損失を引き起こしています。SARS-CoV-2 は感染力が強く、一部の感染者は無症状であることから臨床検査では感染拡大対策に繋がる疫学情報を得ることが困難です。不顕性感染者も含めた COVID-19 感染者は糞便中に SARS-CoV-2 を排出することが知られており、下水を分析し安価かつ迅速に処理区域内の疫学情報を得る下水疫学調査（Wastewater-Based Epidemiology；WBE）が感染拡大防止対策に重要な寄与をすると期待されています。SARS-CoV-2 は、集団感染（クラスター）を引き起こすことが疫学的に明らかとなっており、クラスターおよび感染者の都市内局在を早期に把握することで効率的な医療検査・資源の分配が可能になり、感染拡大の予防を迅速に行うことができます。本研究では、処理区域内に COVID-19 感染者受入施設を含む処理場と当該施設を含まない処理場で下水

を採取し、分析をしました。また、下水疫学調査の社会実装に適した従来法に比べ 100 倍以上高感度な下水中 SARS-CoV-2 RNA の検出法を開発しました。その結果、WBE に基づき都市内における COVID-19 感染者の局在を把握できる可能性を示しました。また、開発した手法を用いることで、既存の手法よりも SARS-CoV-2 RNA を高頻度で定量検出することに成功しました。以上より、WBE が都市内における COVID-19 感染者の局在を把握できることを今回の実証調査を通して明らかにできたと考えています。

今回、初めての学会発表で、ポスターを作るにも何をするにも初めてで慌ただしく準備しているうちに気が付いたら発表当日になっていました。当日は、オンラインでの発表で緊張と不慣れな環境の中で、自分の研究を端的に分かりやすく説明することの難しさを知りました。大学院修士課程における研究活動では、今回の年会の経験を活かし、対面発表の際に端的に自分の研究を説明できるように一層精進していきます。最後に、学会直前までポスターの内容や発表に関して、親身に指導していただいた北海道大学大学院工学研究院環境工学部門の北島正章准教授をはじめ、岡部聡教授、共同研究者の塩野義製薬株式会社の岩本遼氏には大変お世話になりました。私の研究を支えていただいた研究室の皆様、いつも応援してくれる家族と友人に心より感謝申し上げます。

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

大阪大学工学部環境エネルギー工学科 内 畠 雅 希

この度は、日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）という素晴らしい賞をいただき、大変光栄に思っております。このような貴重な機会を提供していただいたライオン株式会社の皆様、学会関係者の皆様、本研究を評価してくださった皆様に厚く御礼申し上げます。

私は「様々な有機物が *Euglena gracilis* のバイオマス・パラミロン生産に及ぼす影響」と題した研究を行いました。*Euglena* は、パラミロン (β -1,3-グルカン) やワックスエステル、アミノ酸などの多様な有機物成分を豊富に含むことから、食品やサプリメント、燃料等の様々な用途での利用が進められており、有望なバイオマス資源として注目されています。しかし、現状の *Euglena* バイオマス生産では、培養に用いる人工培地が高価であることが実用化における重大な課題となっています。この課題を克服する方法の一つとして、多種多様な有機物を含む食品加工廃水を培地として用いることが構想されています。しかし、各有機物が *Euglena* の生育や細胞組成に与える影響は十分に明らかにされていません。そこで本研究では、食品加工廃水に比較的多く含まれる糖類および有機酸を対象として、*Euglena* のバイオマスおよびパラミロン生産性に及ぼす影響を明らかにすることを目的としました。

27種の有機物の *E. gracilis* のバイオマス・パラミロン生産に対する有効性を調査した結果、糖類ではグルコー

スおよびフルクトース、有機酸ではピルビン酸、コハク酸、酪酸、酢酸および乳酸において対照系と比較して顕著に高い個体数、乾燥重量およびパラミロン生産量が確認されました。また、上記のうち、コハク酸を除く有機物を添加した系では、バイオマスあたりのパラミロン含有率が高く、これらの有機物を多く含む食品加工廃水ではパラミロン生産が優先的に生じ、パラミロンを豊富に含む高付加価値なバイオマスが生産可能であると考えられました。また、バイオマス・パラミロン生産に有効であることが確認されたグルコース、コハク酸、酢酸を対象とし、初期 pH (pH4~8) による影響について検討した結果、対照系およびコハク酸を添加した系においては酸性条件で、酢酸を添加した系においては弱酸~塩基性条件での培養が最適であり、グルコースを添加した系においては、初期 pH によらず極めて高いバイオマス・パラミロン生産性が確認されたことから、各有機物でパラミロン生産を高める初期 pH が異なることが明らかとなりました。

最後になりましたが、本研究の遂行にあたり、終始ご丁寧な指導をいただきました大阪大学大学院工学研究科の池道彦教授、井上大介准教授、そして日々の研究生生活において多大なる支援をいただいた研究室の皆様、本研究活動を陰ながら支えてくれた家族に心より感謝申し上げます。

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

北里大学医療衛生学部 萩野 瑞葵

この度、第55回日本水環境学会年会において、年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）という名誉ある賞を授与していただき、大変光栄に思っております。ライオン株式会社の皆様をはじめ、学会関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

私は、「相模川における薬剤耐性菌の存在実態と耐性プロファイルの調査」というテーマで発表させていただきました。

近年、薬剤耐性菌（anti-microbial resistant bacteria：以下、ARB）の環境中への拡散が問題となっており、2050年にはARBによる年間死者数が現在1位の要因である「がん」を抜き、1000万人を超えると推定されています。これは、抗菌薬の過剰使用や不適切な使用、新たな抗菌薬の開発の低迷などが要因であると考えられています。河川水は、水道水源や農業、水産養殖のほかレクリエーションなどにも利用されており、人の生活に関わりが深いことから、水環境のARB汚染は人の健康に直接的、間接的な影響をもたらします。WHO総会では、薬剤耐性に関する国際行動計画が採択され、日本でも薬剤耐性（AMR）対策アクションプランが決定されました。世界中でARBによる水環境汚染に関する調査研究が行われていますが、ARBの排出源や環境中挙動についてはほとんど解明されていません。そこで本研究では、神奈川県・

山梨県両県を流れる1級河川の相模川流域において採水を行い、河川水中から単離した従属栄養細菌について17種類の薬剤を用いて薬剤感受性試験を行い、ARBの存在割合と耐性プロファイルについて調査を行いました。

本研究の結果、95%以上の細菌株が2種類以上の薬剤に対して耐性を示す多剤耐性でした。相模川上流から下流に向かって、従属栄養細菌数は増加しましたが、薬剤耐性を示した細菌株の存在割合は減少傾向を示しました。また、17種類のうち13種類の抗菌薬に耐性を示した細菌株が1株検出されました。ARBの存在実態や耐性プロファイルは、河川流量や土地利用状況等の周辺環境、季節的変動などが影響していると考えられるため、畜産場や下水処理場等の影響因子との関連性についても、今後検討を行っていく必要があると考えております。

緊急事態宣言などにより、思うように研究が行えないことも多くありましたが、仲間と共に励ましあい、先生方や家族の支えもあり、ライオン賞をいただくことができました。

最後になりましたが、本研究を行うにあたり多くの御指導、御助言をいただきました。北里大学医療衛生学部の清和成教授、古川隼士講師、Mohan Amarasiri講師、山梨大学の亀井樹助教および本研究に協力して下さったすべての皆様に心より感謝申し上げます。

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

京都大学工学部地球工学科 北 地 優 太

この度は日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞できたことを大変光栄に思います。コロナ禍という困難な状況の中オンライン開催に尽力してくださった学会関係者の皆様、ライオン株式会社の皆様、そしてポスター発表の際にご意見をくださった皆様に心から感謝申し上げます。

ペルおよびポリフルオロアルキル物質（PFASs）は20世紀後半に米国で発明されて以来、優れた界面活性調整機能や化学的・物理的な安定性などの性質から防水剤、防油剤、消火剤をはじめとして幅広い製品に使用されてきました。しかし2000年代に入り、生物への毒性や環境中での残留性などが指摘されるようになり、ストックホルム条約により長鎖から短鎖へと段階的に規制されています。とくにフッ素化学工場や消火訓練施設といったポイントソース付近の高濃度汚染地域の一部ではレメディエーションが必要になる可能性があります。しかし比較的研究が進んでいる環境水中に対して底質や土壌中の汚染実態に関する知見は限られています。

そこで本研究では、それぞれフッ素化学工場または航空系消火訓練施設による影響が懸念されている2地域を対象とし、底質中の鉛直分布に着目することでPFASsの残留性や移動性を検討しました。その結果、フッ素化学工場付近の大阪府安威川では流域での生産が2008年に停止されたPFOAが底質の深さ0-30 cmの平均の推定半減期2年に対して深さ25-30 cmの区分に限定した推定

半減期は5.7年と3倍近い値をとり、本調査時点でも4 ng g-dry⁻¹とより浅い部分よりも高い値をとりました。PFHxAは工場排水を処理する浄水処理場放流口よりも下流側の平均が71 ng g-dry⁻¹と2014年時点の約4倍高い含有量で検出され、排水の影響を受け続けていた可能性が示唆されました。一方、航空関連消火訓練施設周辺の比謝川流域では主にPFOSが上流地点の0.15 ng g-dry⁻¹に対して施設からの流出河川である大工廻川で平均19.5 ng g-dry⁻¹、さらに下流で3.56 ng g-dry⁻¹とそれぞれ130倍、24倍高い含有量で検出され、施設から下流へPFOSが移動し、残留していた可能性が示唆されました。酸化可能前駆体や代替物質も考慮した、より包括的な汚染実態の評価を行っていくことが今後の課題となっています。

学部時代の研究活動の締めくくりとしてライオン賞をいただき、挫折を感じながらも周りの助けを借りてもがいてきた日々は無駄ではなかったのだと思えました。修士課程に進学してもこの研究を続け、研究内容とともに自分自身も成長し、次回の年会に帰ってきたいと思いません。今後ともよろしく願いいたします

最後にいつもお忙しい中丁寧に指導してくださった、京都大学地球環境学堂の藤井滋穂教授、田中周平准教授、雪岡聖博士ならびに研究を手伝っていただいた研究室の皆様に感謝申し上げます。

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

北海道大学大学院工学院環境創生工学専攻 高橋大河

この度は日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を授与いただき、誠にありがとうございました。

このような素晴らしい機会をご用意してくださったライオン株式会社の皆様、学会関係者の皆様、ポスターをご覧になってくださった皆様に厚くお礼申し上げます。

私は今回、「ウイルスの水道水質基準制定に向けた塩素処理の有効性評価：ヒト腸管系ウイルスおよびヒトコロナウイルスの不活化特性の把握」というテーマで発表させていただきました。水道水の病原ウイルスに対する安全性を担保するには、浄水処理により病原ウイルスを除去・不活化することが重要です。しかし、実浄水処理場における病原ウイルスの処理性に関する知見は限定的であることが一因となり、日本の水道水質基準にはウイルスに関する項目が設定されていないという現状があります。一方、当研究室で調査を行った実浄水場におけるウイルスの除去性を考慮すると塩素処理においては、最大9 logの不活化が達成される必要があることが明らかになってきました。しかし既往研究では、ウイルスの不活性化の評価は、4~5 log程度に留まっており、同じウイルス株を用いた場合であっても既往研究毎に不活性化が大きく異なる場合もあります。このような中で本研究では、代表的なヒト腸管系ウイルスおよびヒトコロナ

ウイルスを対象として、同一条件下での塩素処理実験を実施し、これらの病原ウイルスの塩素耐性を比較しました。また、対象としたウイルスの中で最も塩素耐性が高かったウイルスを使用し、濃縮法を組み合わせた大容量の塩素処理実験を行うことにより、病原ウイルスの9 log不活化に必要な塩素処理条件を調査しました。

その結果、対象としたウイルスの中でコクサッキーウイルスが最も高い塩素耐性を持ち、コクサッキーウイルスが9 log不活化するのに必要なCT値は約40 mg min L⁻¹であることが明らかになりました。そして、実浄水場で実施される塩素処理により、9 logの病原ウイルスの不活化は十分に達成されているものと判断されました。

オンラインで行われたポスター発表および質疑応答では、時間が限られていたため、少数の方としかお話することができませんでしたが、議論を交わすことで知識を深めることができることを実感しました。このような経験を糧に、今後ともさらに努力を重ねて参ります。

最後に、本研究を遂行するにあたり、多大なるご指導を賜りました、北海道大学大学院工学研究院環境創生工学部門 松井佳彦教授、松下拓准教授、本研究の指導教官である同部門 白崎伸隆准教授、研究室の先輩方と同期、遠方から支えてくれた家族に心から感謝申し上げます。

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

長岡工業高等専門学校環境都市工学専攻 永井孔明

この度は、第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）という名誉ある賞に選出していただき、誠にありがとうございます。このような素晴らしい機会を与えてくださった学会関係者の皆様、ライオン株式会社の皆様、そして審査員の皆様に厚くお礼申し上げます。

私は、「MALDI-TOF/MSを用いた溶存無機体窒素の安定同位体比の測定 ～複合系内の窒素動態を簡便かつ迅速に評価する革新技术の開発～」という題目で発表させていただきました。排水処理で我々に馴染みが深いアンモニア NH_3 が硝酸 NO_3^- まで酸化される硝化反応や窒素ガス N_2 が生成する脱窒反応など、窒素化合物は様々な形に姿を変えながら水圏環境を循環しており、これを理解することは重要です。しかし、窒素循環には様々な形が存在し同時に進行するため、濃度を測定するだけでは動体を把握することは困難です。こうした場合に自然界にほとんど存在しない ^{15}N 安定同位体を添加し、消長をトレースする手法は極めて強力です。しかし、溶存無機体窒素 (NH_3 , NO_2^- , NO_3^- , N_2H_4 , NH_2OH) の安定同位体比を測定することはかなり厳しいのが現状です。具体的には、同位体比の測定に用いる同位体マス自体が極めて高価であることに加え、一般的に同位体マスは自然界の安定同位体比をパーミルオーダーで測定するために運用されており、人工的に安定同位体を添加し同位体比が

パーセントオーダーを超えるような我々の測定試料はそもそも施設への持ち込みすら断られてしまいます。さらに、同位体マスは外注分析を依頼すると1検体で数万円以上、分析には数ヶ月待ちとなることも多々あります。そこで我々は溶存無機体窒素の安定同位体比をパーセントオーダーで、簡便かつ安価に定量分析できる新たな手法を開発することを目指しました。水質分析で汎用される比色分析法では比色試薬が各態窒素と結合し、発色しますが、この色素の質量をMALDI-TOF/MSを用いて測定することにより、安定同位体比を区別するという方法です。我々はこの方法で安定同位体比が測定できることをアンモニア、亜硝酸、硝酸、ヒドロキシルアミン、ヒドラジンを用いて実証し、簡便かつ安価な分析が可能であることを確認しました。例えば、亜硝酸の同位体分析であれば、測定試料は数マイクロリットルあれば十分です。また、消耗品には発色試薬が必要なだけで、1円以下で分析できます。さらに、我々はこの技術の汎用性をアンモニア酸化細菌と亜硝酸酸化細菌を用いて実証しました。

最後になりましたが、本研究の遂行にあたり手厚いご指導と多大なるご助言をくださいました本校の荒木信夫教授、北海道大学大学院の押木守准教授、共に励まし合った研究室の皆様、そして陰ながら支えてくれた家族に感謝申し上げます。

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

千葉工業大学創造工学部 中村 至 克

この度は、第55回日本水環境学会年会において年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）という名誉ある賞を受賞させていただき、誠にありがとうございます。新型コロナウイルスによる影響が懸念される中、リモートという形で年会を開いてくださった関係者の皆様、ライオン株式会社の皆様、ポスターを見ていただいた皆様に厚くお礼申し上げます。

私は今回、多摩川河川水中マイクロプラスチックの降雨時流出特性に関する研究を行いました。降雨により陸から河川へマイクロプラスチック（MPs）が流出すると考えられていますが、雨天時における河川水中の微小粒径を含む MPs 汚染特性は研究事例が少ないのが現状です。そこで本研究では、雨天時と晴天時に神奈川県丸子橋付近にてそれぞれ複数回採水を行い、顕微 FT-IR にて 20 μm 以上の MPs を対象にポリマー別計 17 種類を自動で同定定量することで河川水中 MPs の存在特性の時間変化の把握とポリマー別の流出特性の推定を行いました。

実験の結果、雨天時と晴天時の MPs 濃度を比較すると最大 9.9 倍濃度が上昇していること、また全試料において Alkyd resin, Polyethylene (PE), Polypropylene (PP), Polymethyl methacrylate (PMMA) が 70% 程度占めていることがわかりました。このことから雨天時は晴天時よりも MPs 濃度が増大することが明らかになりま

した。また、実験結果を用いて主成分分析を行ったところ、ポリマーによって流出特性が異なることが示唆されました。主成分スコア図、負荷因子プロットより各ポリマーを降雨直後に流出する成分（ファーストフラッシュ成分）、降雨後しばらく時間がたった後流出する成分（セカンドフラッシュ成分）、潮の満ち引きによって流出する成分に特徴付けられ、負荷因子プロットより Alkyd resin, PE, PP はファーストフラッシュ成分、PMMA はセカンドフラッシュ成分であることが考えられました。Alkyd resin, PE は路面塗料やロードダストに含まれていることからファーストフラッシュ成分は降雨のあった周辺陸地の利用状況によって左右されることが示唆されました。今後は採水地点を変更し同様の調査を行うこと、またセカンドフラッシュ成分に重点をおいた調査と考察が必要であると考えています。

研究や学会発表等初めてのことづくしの一年間でした。学んだことは多く充実した日々だったように思えます。この経験を糧に来年度より社会人として精進していきたいと思います。

最後となりますが、本研究を実施するにあたり多大なご指導を賜りました亀田豊先生、手厚いご支援をいただきました亀田研究室の皆様、そして今まで支えてくれた家族に、心より感謝申し上げます。

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

大阪大学工学部環境・エネルギー工学科 西 峯 隆 悟

この度は、日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）という素晴らしい賞をいただき、大変光栄に思っております。このような貴重な機会を提供していただいたライオン株式会社の皆様、学会関係者の皆様、および本研究を評価して下さった皆様に厚く御礼申し上げます。

私は「*Pseudonocardia* sp. D17による塩素化エチレン類の好氣的代謝機能の評価」と題した研究を行いました。近年、有害汚染物質として知られている塩素化エチレン類（CEs）を除去する技術として、細菌を利用したバイオレメディエーションが注目されています。しかし、CEsを分解する好気性細菌の大半は、CEsを分解する際に一次基質と呼ばれる追加の化学物質を必要とする共代謝菌であり、この時、CEsと一次基質の競合阻害によってCEsの浄化効率が低下する恐れがあります。そのため、CEsを分解する際に一次基質を必要としない新たな好気性細菌を発見する必要があります。他方で、一部の1,4-ジオキサン分解菌が可溶性鉄（II）モノオキシゲナーゼという分解酵素を発現し、CEsを共代謝するという事例が報告されています。これより、1,4-ジオキサンの構成的な分解が確認されている *Pseudonocardia* sp. D17（以下、D17株）も同様に、SDIMOに属する酵素であるテトラヒドロフランモノオキシゲナーゼ（Thm）を発現し、CEsを共代謝によらず分解可能であると推測しました。

そこで本研究では、バイオレメディエーションにおけるD17株の有用性を明らかにすることを目的として、一連のCEs分解試験を実施しました。

D17株を用いた分解試験の結果、D17株はテトラクロロエチレン（PCE）を除く5種類のCEsを共代謝によらず分解可能であるということが判明しました。この結果から、D17株は一次基質による弊害が不安視されている共代謝を行わずに5種類のCEsを好氣的に分解可能な新たな細菌株であり、バイオレメディエーションでの有効利用が期待される浄化触媒であると考えられました。また、Thm高発現形質転換体を用いた分解試験の結果、D17株が発現するThmはシス-1,2-ジクロロエチレン（*c*-DCE）、1,1-ジクロロエチレン（1,1-DCE）、クロロエチレン（VC）に対して分解能を示す一方で、トリクロロエチレン（TCE）およびトランス-1,2-ジクロロエチレン（*t*-DCE）に対しては分解能を示さないということが明らかとなり、D17株によるTCEと*t*-DCEの分解には、D17株が保有するThm以外の分解酵素が関与しているということが推測されました。

最後となりましたが、本研究の遂行に当たって、常に親身にご指導いただきました大阪大学大学院工学研究科の池道彦教授、井上大介准教授、そして日々の研究生活において多大なる支援をいただいた研究室の皆様および家族に心より感謝申し上げます。

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

東京大学工学部都市工学科 箱 島 卓

この度は日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）をいただき、大変光栄に思います。このような素晴らしい機会をご用意してくださいましたライオン株式会社様および日本水環境学会の関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

今回私は「定量的画像解析による運転条件の異なる活性汚泥フロックの形状評価」というテーマで発表させていただきました。下水処理においては、技術者の高齢化や省エネ化、低炭素化が課題となっており、そこでこうした課題に対応するべく、水質センサーから得た情報と最新の情報処理技術を用いて下水処理を高度化する研究が多くなされています。しかし、汚泥画像を情報として用いた研究例はまだ多くありません。そのため汚泥画像にはこうした高度化に寄与する余地はないのかという疑問が湧き、本研究を行いました。

本研究では、まず国内の13処理場から汚泥を採取し、顕微鏡とカメラを用いて汚泥画像を作成しました。そして得られた汚泥画像から汚泥フロックの形状指標を測定し、フロックサイズや採取した処理場毎の形状指標の違いを検討しました。検討の結果から、同じ処理場のフロックからでもフロックサイズ毎に違った形状指標を取ること、処理場毎にフロックの形状指標には違いがあること、小さいフロックより大きいフロックから得た形状指

標の方が処理場間の差をよく示すことがいえました。一方でこうしたフロックの形状差に影響を与える因子は明らかにはなりませんでした。

今後は定量的画像解析以外の画像解析手法も活用しつつ、本研究で明らかにならなかった点を解明し、少しでも下水処理分野の発展に寄与したいと考えております。

当日の発表では多くの専門家の方々に足を運んでいただき、また有難い質問もいただき、大変刺激になりました。誠にありがとうございました。また新型コロナウイルスの流行にともない、ありとあらゆるものが例年通りとはいかない中で、こうした機会に恵まれたのは学会関係者の皆様のご尽力の賜物です。心より感謝申し上げます。

最後になりましたが、この研究を行うにあたって多くの方のご協力とご厚意に支えられました。まず下水処理場の職員の皆様には多くのサンプルやデータをいただき、これは研究の大きな材料となりました。東京大学の飛野智宏講師と中島典之教授からは多大なるご指導を賜りました。黒木颯さんをはじめとする研究室の先輩方からは詳細に実験の方法や結果を引き継いでいただきました。加えて多くの大学関係者の皆様から実験のサポートやアドバイスをいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

都城工業高等専門学校物質工学専攻 前田 稜 太

この度は日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）という名誉ある賞をいただき、大変光栄に思っております。今回は新型コロナウイルスの影響によりオンラインでの開催となりましたが、このような素晴らしい機会を与えてくださったライオン株式会社の皆様、学会関係者の皆様に心より御礼申し上げます。

私は「緑色凝灰岩の施用がミニトマト栽培土壌団粒の微生物群集構造へ与える影響評価」と題して発表させていただきました。本研究で着目した緑色凝灰岩は、一般に建築石材として利用される天然鉱石ですが、石材加工の際に加工端材として生じる石粒や砂粒は土壌改良資材として利用されています。緑色凝灰岩を土壌改良資材として用いた既往の研究では、緑色凝灰岩施用区において無施用区と比較してミニトマトの収量が有意 ($p < 0.05$) に増加し、土壌中のマイナーな微生物群集構造に違いが見られたことが報告されています。一方で、土壌は様々な団粒から構成されており、団粒ごとでの物質循環が行われているという観点から、土壌の物質循環を理解するためには団粒中の微生物群集構造を評価する必要がありますと考えられます。そこで本研究では、緑色凝灰岩の施用が土壌団粒中の微生物群集構造形成と物質循環、作物の生育に与える影響の評価を目的として緑色凝灰岩を用いたミニトマトの栽培試験を行い、得られた土壌試料をふるい分けにより 1) ふるい分けなし、2) 5.6 mm - 1 mm、

3) 1 mm - 250 μm 、4) 250 μm 未満に区分しました。そして、異なる粒径の土壌団粒で 16S rRNA 遺伝子解析に基づいた微生物群集構造解析を行いました。その結果、NMDS 解析では緑色凝灰岩の有無によって優占微生物の群集構造の変化が異なることが明らかになり、団粒中の種多様性を評価すると、緑色凝灰岩施用区の種多様性が無施用区と比較して上昇していることが確認されました。そこで、各団粒中の優占微生物のうち、緑色凝灰岩施用区と無施用区の間で検出数に有意差がある微生物を評価しました。その結果、緑色凝灰岩施用区ではすべての粒径の団粒において *Bacillales* 目細菌の存在割合が有意 ($p < 0.05$) に高くなっており、緑色凝灰岩の施用により団粒中の *Bacillales* 目細菌を優占化可能であることが示唆されました。

今回は例年とは異なり、オンラインでの開催となりましたが、多くの方々に本研究に興味を持っていただき、発表を通じて大変貴重な経験をすることができました。私のポスター発表をご覧いただいた皆様に厚く御礼申し上げます。今後はこの発表の経験を活かしてより一層研究活動に励みたいと思っております。

最後になりましたが、本研究を遂行するにあたり日頃より熱心にご指導いただきました産業技術総合研究所の黒田恭平先生、数々のご指導やご助言を賜りました共著者の皆様に心より感謝申し上げます。

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

東洋大学生命科学部応用生物科学科 町田 紗 英

この度は第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）という名誉ある賞をいただき大変光栄に思います。昨今の流行病拡大により、大変困難な状況の中、web発表という機会を設けてくださった本年会の関係者の皆様、ならびにライオン株式会社の皆様に厚く御礼申し上げます。

今回、私は「水素供与体無しでの脱窒現象の検討」というテーマで研究を進めてまいりました。現在、日本で主流の窒素除去法は循環式硝化脱窒処理法であります。生物学的に窒素を除去するために生物反応槽を無酸素槽、好気槽の順に配置し、好気槽の硝化液の一部を無酸素槽へ返送し循環させる処理方式です。無酸素槽では脱窒菌により硝酸、亜硝酸が窒素ガスへと変換されます。好気槽では硝化細菌の酸化反応により、アンモニアが硝酸、亜硝酸へと生成されます。生成された硝酸、亜硝酸は無酸素槽へ返送され脱窒されます。しかしこの循環式硝化脱窒処理において、窒素の収支が合わない場合がございます。好気脱窒などが考えられますが、それだけでは説明できない現象がございます。私達は高濃度尿素/硝酸含有廃水の処理において、水素供与体が極めて少ない条件下で脱窒が生じる現象を見出しました（特開番号2018-174839）。これは尿素と硝酸から脱窒されている可能性のある新規な脱窒現象です。この反応メカニズムを解明できれば脱窒を行う際に用いられる水素供与体を低減するシステムを構築できると考えました。そこで本研究では

MBR（UF膜使用）での処理性能の明確化とバイアル回分試験と安定同位体トレーサー試験での反応メカニズムの解明を行いました。

本研究の結果、MBR処理では水素供与体無添加でT-N除去率40~60%を得、安定して処理ができることが分かりました。バイアル回分試験では、アリルチオ尿素添加により脱窒が進行しづらくなったことから硝化が関与している傾向を得ることができました。また、安定同位体の重窒素（ ^{15}N ）を用いた回分試験でのヘッドスペースの窒素を分析した結果、硝酸からの窒素は検出されず、尿素的窒素が検出され、尿素が脱窒に関与している可能性を見出しました。考えられる反応メカニズムとして、ウレアーゼ活性を持つ硝化細菌による脱窒が考えられました。今回得ることができた知見を、処理コストを大幅に低減できるシステムの解明に繋げることができればと考えております。

最後になりましたが、本研究を進めるにあたり、多くのご支援、ご助言を賜りました角野立夫教授、研究を進めていく上でご協力いただいたヴェオリアジェネッツ株式会社の野引政芳様、株式会社西原環境の和田真澄様、友清陽子様、研究のみならず日常生活など様々な面で大変お世話になりました生命科学部環境工学研究室の皆様方および応用生物科学科の皆様方そしていつも支えてくださった家族に心より感謝申し上げます。

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

広島大学工学部第三類化学工学プログラム 松村 実乃里

この度は、日本水環境学会年会ポスター発表賞（ライオン賞）という名誉ある賞を授与いただき、大変光栄に存じます。ライオン株式会社の皆様をはじめ、審査員の皆様、Web開催という初めての試みの中で尽力してくださいました年会関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

今回、私は「沿岸域における浮遊系と底生系の低次生物生産構造の評価」という題目で発表しました。陸域の影響を強く受ける沿岸域では、陸域からの豊富な栄養塩流入にともない、植物プランクトンによる活発な一次生産が行われています。生産された有機物の一部は浮遊系の二次生産者である動物プランクトンへエネルギー転送され、また一部は海底へと沈降し、堆積した有機物を底生系の二次生産者である底生生物が利用します。これらの二次生産者は食物連鎖を通して上位栄養段階の生物生産を支えています。また沿岸域は浅く、浮遊系と底生系が密接に関わる生産性の高い海域であるものの、採泥等の調査労力が多大であることから浮遊系と底生系の二次生産を実測ベースで比較し評価した研究はほとんどありません。

そこで本研究では、瀬戸内海の広湾をモデルに季節ごとに水質および底質調査を実施し、低次生物生産を支える栄養塩マスバランスを把握した上で、浮遊系と底生系の二次生産速度の比較を行いました。

本研究の結果、広湾における栄養塩供給源として夏季に堆積物からの栄養塩溶出の寄与が大きくなることが分かりました。これは、夏季には、河川流入量の減少にともなう栄養塩負荷の減少が起こる一方で、堆積物からの溶出量は増大するためだと考えられます。また生産速度については、一般的な沿岸域における浮遊系の一次から二次への転送効率に近い約19%となり、本研究で得たデータの妥当性が示されました。これまで明らかにされていなかった浮遊系と底生系の二次生産速度については、動物プランクトンおよび底生生物ともに水温の上昇にともない生産量が増加し、広湾においては動物プランクトンが底生生物の約7~10倍高い生産性を示しました。

また初めての研究生活においては、専攻分野とは異なる生物学の基礎知識を一から学ぶことから始まり、不安や焦りを感じることも多々ありました。それでも優しく寄り添い、生物学や研究の楽しさを教えてくださいました広島大学梅原亮助教にこのような受賞報告ができることを大変嬉しく思います。

最後になりますが、本研究を行うにあたって数多くのご指導や助言をいただきました広島大学西嶋渉教授および中井智司教授、日頃から支えていただきました研究室のメンバーならびに環境安全センターの皆様、そして陰ながら支えてくれた家族に心より感謝申し上げます。

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

東北大学工学部建築・社会環境工学科 三 浦 耀 平

この度は、日本水環境学会年会において年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）という名誉ある賞をいただき、心より嬉しく思っております。初のオンラインでの開催ということで、本年会を開催していただいた京都大学の関係者の皆様、日本水環境学会関係者の皆様、ライオン株式会社の皆様、そしてこの年会のすべての関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

私は、「水道管路網の時空間ピンポイント劣化予測に用いる水質情報の同定に関する研究」と題しまして発表致しました。高度経済成長期に埋設された水道管の劣化が社会問題化してきており、現在の管路更新率では耐用年数を超えた水道管をすべて適切に交換することは不可能です。水道管の多くは地中に埋まっているため、劣化レベルを目視で判断することができません。そこで、もし劣化の進んだ水道管の位置をピンポイントで特定することが可能となれば、維持管理および更新の効率を上昇させることができると考えました。古い水道管内部では、細菌が生息可能なバイオフィームが形成されやすいことが報告されています。そこで、水道管路網の複数の箇所採取した水道水中から細菌由来遺伝子配列を取得し、採取した場所の水道管により得られる遺伝子配列が異なるか否かを確認しました。

本研究では、4ヵ所の水道管からサンプルを取得しま

した。得られた細菌由来遺伝子配列と採水地点の水道管の埋設年を考慮した結果、サンプルは比較的古い水道管グループと比較的新しい水道管グループに分けられました。それぞれのグループで遺伝子配列をもとに細菌科を推定したところ、古い水道管グループにおいて *Bacillaceae* が特徴的に検出されました。*Bacillaceae* に含まれる *Bacillus* 細菌には金属腐食能力を有する種が含まれていることが報告されており、今回はそれが理由となって古い水道管グループでの検出率が高かったと考えております。

この年会はすべてオンラインで開催されました。今後オンラインによる学会が多くなることが予想されるため、とてもよい経験となりました。一方、実際に現地に行き学会に参加するというのも一度は経験してみたいと思っています。今後そうなることを期待し、これからも研究に精を出していきたいと考えています。

最後に、研究をまったく知らなかった状態の私をご指導くださった東北大学工学研究科佐野大輔教授、久保田健吾准教授、水谷大二郎助教、丸尾知佳子技術職員に心より感謝申し上げます。また、本研究を遂行するに当たり、フィールドを提供いただいた水道事業体、およびクボタ若手研究者研究奨励制度（水道分野）のご支援に厚く感謝申し上げます。

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

香川高等専門学校創造工学専攻 三宅元生

この度は、第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）という名誉ある賞をいただくことができ、大変光栄に思っております。新型コロナウイルスの感染拡大により年会はオンライン開催となりましたが、このような状況の中で審査ならびに授賞して下さったライオン株式会社の皆様、日本水環境学会関係者の皆様、そして審査員の皆様に、厚くお礼申しあげます。

私は今回「傾斜土槽法を用いたコスタリカ共和国にて持続可能な適正下水処理システムの開発」というタイトルで執筆させていただきました。タイトルに記載されているコスタリカ共和国は環境先進国として海外から注目を集めている国で、中南米でも唯一水道水が飲用できる国としてリゾート地としても有名です。しかしながら、コスタリカ共和国は首都圏外の地方下水処理場では未処理の下水が河川に流入する水質汚濁に関する問題を有しています。本研究では底面が傾斜した容器に浄化担体を充填した発展途上国向けの水質浄化方法である傾斜土槽法をコスタリカ共和国に導入、設置、現地実験を行いました。その結果から日本国内では窒素除去性能の改善に着目し、各段で浄化担体のレイアウトを変更した傾斜土槽法を作成し、連続通水実験を行いました。

まず、各段に散布する植液を好気性、嫌気性の条件下で作成し散布を行いました。そしてペプトンを用いてコスタリカ共和国の下水に近い人工下水を作成し、通水実験を行いました。その結果、有機物の高い除去率を確認することができましたが、窒素除去性能を確認することはできませんでした。そこで、人工下水にアンモニア性窒素を添加し実験を行いました。アンモニア性窒素に対する硝化を確認することはできませんでした。しかし、硝酸態窒素を人工下水に添加したところ脱窒を確認することができました。これらの結果から各段でレイアウトを変更した傾斜土槽法は有機物除去性能と脱窒性能を有していることが判明し、硝化性能を向上させることで傾斜土槽法の窒素除去の可能性が示唆されました。

最後になりましたが、本研究を行うにあたって留学準備から研究のご指導いただきました香川高等専門学校 多川正先生、四電技術コンサルタント生地正人様、コスタリカ大学 Paola 教授、研究をお手伝いいただいた研究室の皆様、留学をするにあたって支援していただいたトビタテ留学 JAPAN 様、新型コロナウイルス禍でもご支援していただいたタウスカラシップ事務局の皆様、支えて下さった友人に心からの感謝を申しあげます。

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

東北大学工学部建築・社会環境工学科 森山桃子

この度は、第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）という名誉ある賞を授与いただき、大変嬉しく思っております。ライオン株式会社の皆様をはじめ、本年会関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。

今回私は、「水環境条件下における薬剤耐性遺伝子の接合伝達効率に関する研究」というテーマで発表いたしました。今日、畜産農場や病院では大量に抗菌薬が使用されていますが、そのうち約80-90%が尿や糞便から下水中に排出されています。しかし、下水処理施設は抗菌薬や薬剤耐性遺伝子（antibiotic resistance gene: ARG）を除去する目的で設計されていないため、水環境中に放出されているのが現状です。また、海洋においても養殖魚場が薬剤耐性のホットスポットとされ、水環境は薬剤耐性遺伝子のリザーバーとなっています。水環境中でARG伝播が頻繁に生じているのであれば、下水処理場からのARG放出を抑える必要がありますが、水環境中でのARG伝播効率はこれまで十分に評価されていませんでした。そこで今回の研究では、水環境条件下におけるARGの接合伝達効率の評価を試みました。

実験では、ARGの供与菌として多剤耐性プラスミドを保有する海洋細菌を、受容菌として下水から単離した4菌株と大腸菌を使用し、抗菌薬としてテトラサイクリンを用いました。供与菌と受容菌について菌数の割合を一定に調整して混合し、フィルターを用いて吸引ろ過を実

施した後、水環境中のバイオフィーム環境を想定し、フィルターをLB寒天培地上に25℃で、18時間放置しました。その後、フィルター上の細菌を1mLのPBS溶液中に懸濁させ、段階希釈後にLB寒天培地とテトラサイクリン入りLB寒天培地に塗抹しました。45℃で一晩静置培養し受容体と接合体のコロニー数を計測し、接合伝達効率を算出しました。その結果、すべての菌株に薬剤耐性遺伝子が伝達したことが確認され、接合伝達効率は各受容菌株により異なり、さらに同じ菌株同士においても 7.5×10 倍の差が存在することが確認されました。今後は接合伝達に影響を与える環境因子について研究を進めていきたいと考えています。

今回初めて年会に参加しましたが、多くの発表を拝聴することができ、大変刺激を受けました。質疑応答の際は、多くのご意見をいただき、大変勉強になりました。また今回、自身の研究を評価していただけたことは今後の研究活動の大きな励みとなります。修士課程においても引き続き研究に努めて参ります。

最後になりましたが、本研究の遂行にあたり、長い時間にわたり親身にご指導賜りました佐野大輔教授、ご協力を賜りました鈴木聡教授、モハン先生、研究に取り組みやすい環境を整えていただいた小田砂織様、研究をお手伝いいただいた環境水質工学研究室の先輩と同期、いつも温かく応援してくれた家族に心から感謝申し上げます。

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

鹿児島大学工学部化学生命工学科 山下 優輝

この度、第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）という大変名誉ある賞を受賞することができ、大変光栄に存じます。新型コロナウイルスの感染拡大の中、オンライン発表の機会をご提供いただきました学会関係者の皆様、ご出捐いただきましたライオン株式会社様に厚く御礼申し上げます。

私は、「生ぐさ臭を呈する水道原水から発見されたカルボニル化合物の構造推定」という演題で発表させていただきました。生ぐさ臭は、水道原水における異臭味被害の中で二番目に被害件数が多い臭気ですが、未だに原因物質は解明されていません。前任者により、原因物質はカルボニル基2個、シクロヘキセン1個、メトキシ基1個を有し、分子式が $C_{13}H_{20}O_3$ と推定されています。本研究では、これらの情報を基に、核磁気共鳴（NMR）分光法を用いて原因物質の全体構造を明らかにすることを最終目標に、必要な試料調製条件を検討しました。

水道原水を濃縮した試料には、分析を妨害する夾雑物が多く共存しています。NMRで解析するためには、夾雑物を除去して、単離に近い純度で生ぐさ臭原因物質を精製する必要があります。これを実現する手段として液体クロマトグラフィーに着目しました。原因物質を誘導体化し、物性を大幅に変えることで、取り扱いが容易で精製効果が高い液体クロマトグラフィーを適用可能になると考えたためです。誘導体化試薬の構造に鑑みてカラ

ムの充填剤を選択し、原因物質の保持時間などを高分解能質量分析計でモニターしながら精製条件を決めていきました。その結果、未反応の誘導体化試薬と実験室で使用しているアセトンが誘導体化試薬と反応した物質のみが共存する状態まで精製することに成功しました。また、一連の精製操作における原因物質の回収率は、ピーク面積基準で61.8%と想定定の3倍程度でした。満を持してNMR測定を行いました。原因物質のピークは得られませんでした。原因物質の絶対量不足が原因と考えられるため、修士課程ではさらなる濃縮・精製に励みたいと思います。

今回、初めてのポスター発表で、不安を抱きながら年會に参加しました。しかし、同年代の学生たちの優れた発表を目の当たりにして、自分も負けていけないという気持ちになり、とてもよい刺激を受けました。大学院進学後も、今回の受賞を励みに、研究に取り組んでいこうと思います。

最後に、本研究を進めるにあたり、鹿児島大学の高梨啓和准教授、共同研究者の鹿児島大学／東京大学の新福優太氏には、多くのご助言、ご協力をいただきました。さらに、試料採取にご協力いただいた共同研究者の皆様、苦しい日々を共に乗り越えてきた研究室の同僚の皆様、友人、そして陰ながら応援してくれた家族に深く感謝いたします。

第55回日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）を受賞して

立命館大学理工学部環境システム工学科 YANG XIAO

日本水環境学会年会学生ポスター発表賞（ライオン賞）をいただき、大変光栄に思います。新型コロナウイルスの影響で会場における発表は実現しませんでした。このような機会を与えてくださったライオン株式会社および学会関係者の皆様にお礼申し上げます。

私の研究は従属栄養脱窒と Anammox を組み合わせた連続式ラボリアクターによる常温窒素除去です。下水からの窒素除去プロセスは、硝化のための曝気エネルギーや、脱窒のための炭素源の供給のためにコストが大きくなる問題があります。この問題を解決するため、従属栄養脱窒反応と Anammox 反応の同時進行プロセス、SAD と略称する方法が提案されています。SAD プロセスの窒素除去に影響を及ぼす重要な因子は C/N 比であり、硝酸性窒素が亜硝酸性窒素に還元されるだけの有機物があればプロセスは理想的に進行し、低 C/N 比での窒素除去は従来の脱窒反応に優ります。一方、高 C/N 比では、SAD プロセスは通常の脱窒反応に近づき、硝酸性窒素の除去率は高くとも、Anammox 細菌が亜硝酸性窒素をめぐる競合で従属栄養脱窒細菌に負けるため、SAD プロセスの長期維持は困難となります。本研究では、耐久性の高い PEG ゲルで包括固定化した Anammox 汚泥と、PVA 担体で固定化した活性汚泥を用いて連続式 SAD リアクターを構築し、その窒素除去に及ぼす C/N 比の影響を検討しました。結果としては、C/N 比が 0.5 から 1.75 に増加

すると、硝酸態窒素の除去率も 32% から 92% に増加しました。一方、Anammox 反応に依存するアンモニア態窒素の除去率は 94% から 47% に減少しました。C/N 比が高くなると、生成され亜硝酸態窒素を従属栄養脱窒菌自身が利用し、Anammox 反応に消費される割合が抑制されたと考えられます。全窒素除去率は、C/N 比が 0.5-1.75 の範囲で 43-80% に維持され、低 C/N 比でも Anammox 反応によって比較的に高く保つことができました。

本研究の結果、PEG ゲルに包括固定化した Anammox 細菌と、PVA ゲルに固定化した従属栄養脱窒細菌を用いて、20 °C における連続式 SAD リアクターの運転に成功しました。C/N 比が低いときは Anammox 細菌が、C/N 比が高い時は従属栄養脱窒細菌が窒素除去に大きく貢献し、幅広い C/N 比に対応できることが明らかになりました。

最後になりましたが、本研究を行うにあたり数多くの御指導と御助言、ならびに大変貴重な Anammox 汚泥をいただきました立命館大学理工学部環境システム工学科教授惣田訓教授、および研究室の皆様、ならびに本研究を行うにあたり、大変貴重な PEG ゲルと Anammox 汚泥を貸与してくださった東洋大学井坂和一准教授、PVA ゲルを提供してくださった（株）クラレアクア高見優子氏に深く感謝の意を表します。本研究活動に理解を示し、多大なる支援を賜りました家族に心より感謝申し上げます。