



ICAS 年報

2017

茨城大学

地球変動適応科学研究機関 (ICAS)

巻頭言

2016年度（平成28年度）は、設立から10周年を迎えたICASにとって、大きな節目の年となりました。2016年10月15日（土）、設立10周年記念シンポジウム「茨大発 持続可能な未来へ—ICAS 10年の軌跡と展望—」を水戸キャンパスで開催し、学内外から217名の来場者が集まりました。

シンポジウム前半には、ICASの10年の歩みを振り返るとともに、ゲストによる基調講演が行われました。国立環境研究所社会環境システム研究センターの亀山康子副センター長は、気候変動に対する国際的な取り組みについて、「炭素予算」といった考え方や環境に配慮しない企業に対する「ダイベストメント」（投資を引き上げること）の動きなど、最新の情報を紹介しました。また、京都大学防災研究所巨大災害研究センターの矢守克也センター長は、自然科学から得られる地震や津波の影響予測を避難などの行動に結びつけるための社会科学的なコミュニケーションについて、具体的な方策を示しながらその必要性を訴えました。さらに後半では、農業、生態系、防災・減災・地域連携、国際・海外問題、研究・教育ネットワークといったさまざまな切り口から、ICASの今後の取り組みへの提言をまとめる参加型ワークショップを実施しました。

ICASの初代機関長であり、当日講演も行った三村学長は、会場いっぱいの来場者にお礼を述べるとともに、「10年前は新しかったサステナビリティや文理融合の取り組みが今では普通になっている。それはこの10年の成果ともいえる。これまでの実績をベースにしながら、大学が生むコンセプトを社会の中で実現することと、俯瞰的な視野と能力をもった人材の教育をしていきたい」と決意を述べました。

ICAS10年目のこの年度、様々なことがありましたが、ICASにとっても大きなことのひとつとして6月にタイ・プーケットラチャパット大学の教職員と学生たちの来学がありました。そして茨城町での民泊などを体験していきました。ご存じの通り同大学は、私たちが毎年行っている大学院・国際実践教育演習のパートナーであり、これまでは私たちが先方に行くばかりでしたが、初めてこのような機会ができました。タイのみなさんにとって日本での民泊等は大変好評だったようで、今後の継続発展が期待されます。

2017年1月には、文部科学省の卓越研究員として堅田元喜さんをテニユアトラック講師として迎えました。ICASにとって念願だった2人目の専任教員ということになります。これからさらなる展望を開いていくために、次のICASを中心的に担う、堅田さんを含めた若手の積極的な関わりと活躍が期待されます。

環境省環境研究総合推進費S14（気候変動の緩和策と適応策の統合的戦略研究）、それに文部科学省のSI-CAT（気候変動適応技術社会実装プログラム）等への参加によるICASメンバーの活躍が続いています。日越大学気候変動・開発プログラムの幹事校としての位置づけがなされ、ベトナム側の遅れはあるものの、それに向けての準備も進めてきました。これに対応するために事務組織も一部変わり、学術企画部のなかにICAS日越大学係が新設されました。

昨年度・一昨年度の巻頭言でも書きましたが、これから私たちが目指すべきひとつの社会像は、レジリエントな社会でしょう。それは、強固なハードウェアと優れたソフトウェアによって守られている社会というよりも、そのなかで私たちが一市民として懸命に判断し行動できるような、一見「弱い」ように見えて実は「強い」社会なのではないでしょうか。極端な気象現象が頻発し、災害がこれからも私たちの生活を常に脅かすような可能性が高まるなか、現場・市民との信頼構築としなやかな協働をさらに進めていく必要があると考えています。平成 27 年関東・東北豪雨災害に対応してつくられた水害調査団は、常総市でなおアクションリサーチ的な活動を継続させています。この文章を書いている 2017 年 7 月には、九州北部豪雨の激甚な災害が発生しており、大変気にかかるところです。11 年目に入った ICAS は、これまでの歩みを土台にして、次なる 5 年 10 年を展望し活動していくことになるでしょう。対話を重視してきた ICAS の活動を、さらに着実に拡充させていきます。3 キャンパスに分かれるメンバーとの関係強化を図るべく「ICAS 懇話会」水戸 2 回、阿見 2 回、日立 1 回開催しました。今後もたくさんの対話を積み重ねて参ります。みなさまの一層のご指導・ご鞭撻、それにご支援をお願い申し上げます。

2017 年（平成 29 年）7 月

茨城大学地球変動適応科学研究機関 機関長
伊藤 哲司

A	概要	1
1.	ICAS とは	1
B	研究活動報告	5
1.	適応のための工学的手法開発に関する研究(第 1 部門)	5
1.1.	全球及びアジア太平洋地域広域評価	5
1.2.	アジア・太平洋地域における複合影響評価・適応技術に関する研究	11
2.	気候変動適応型の農業開発に関する研究(第 2 部門)	30
2.1.	適応型栽培技術の開発	30
2.2.	土壌・水系物質循環保全の研究	43
3.	適応のための生活圏計画・適応対策に関する研究(第 3 部門)	46
3.1.	気候・環境変動への適応計画と適応政策	46
3.2.	全球を対象とした堤防抽出プロセスの提案	54
4.	新しい安全・安心社会のあり方(第 4 部門)	58
4.1.	【戦略研究】東南アジアにおける『持続可能な開発 2030 アジェンダ』の実現にむけ ての課題と政策	58
4.2.	社会的安全に関する研究	61
4.3.	「共生の知」の創出	64
5.	その他研究業績一覧	66
C	教育・アウトリーチ活動報告	68
1.	教育プログラムの推進	68
1.1.	大学院サステナビリティ学教育プログラム	68
1.2.	AIMS プログラム	70
1.3.	その他の教育活動の広がり	71
2.	国際連携	72
2.1.	海外招聘による講義、シンポジウム、セミナー等の開催	72
2.2.	国際的水準の研究の遂行	72
2.3.	大学・研究機関連携	72
3.	地域連携、アウトリーチ	74
3.1.	地域サステナビリティ	74
3.2.	アウトリーチ	75
	表 3.2-(1) 2016 年度 ICAS イベント開催記録	78
	表 3.2-(2) 2016 年度 ICAS 招聘者リスト	81
	表 3.2-(3) 2016 年度 ICAS メールマガジン発行記録	83
	表 3.2-(4) 2016 年度 ICAS 活動記録	84

A 概要

1. ICAS とは

茨城大学では、文部科学省科学技術振興調整費(戦略的研究拠点育成)プロジェクトのサステイナビリティ学連携研究機構(IR3S: Integrated Research System for Sustainability Science)の参加大学の一つとして、2006年5月に全学の学内共同教育研究施設として「地球変動適応科学研究機関(ICAS)」を設立した。IR3Sは、東京大学が企画運営を統括し、本学、東京大学、京都大学、大阪大学、北海道大学の参加5大学に研究拠点を形成し、個別課題を担う7つの協力機関とともに世界トップクラスのネットワーク型研究拠点を形成し、サステイナビリティ学の構築を目指している。IR3Sは、2010年より一般社団法人サステイナビリティ・サイエンス・コンソーシアム(SSC)へ事業を継承している(図1-1)。

ICASは、地球変動適応科学研究機関規則によって全学委員会である研究プロジェクト推進委員会のもとで緊密な全学協調を図る運営体制とした(図1-2)。



図1-1) 一般社団法人サステイナビリティ・サイエンス・コンソーシアム(SSC)

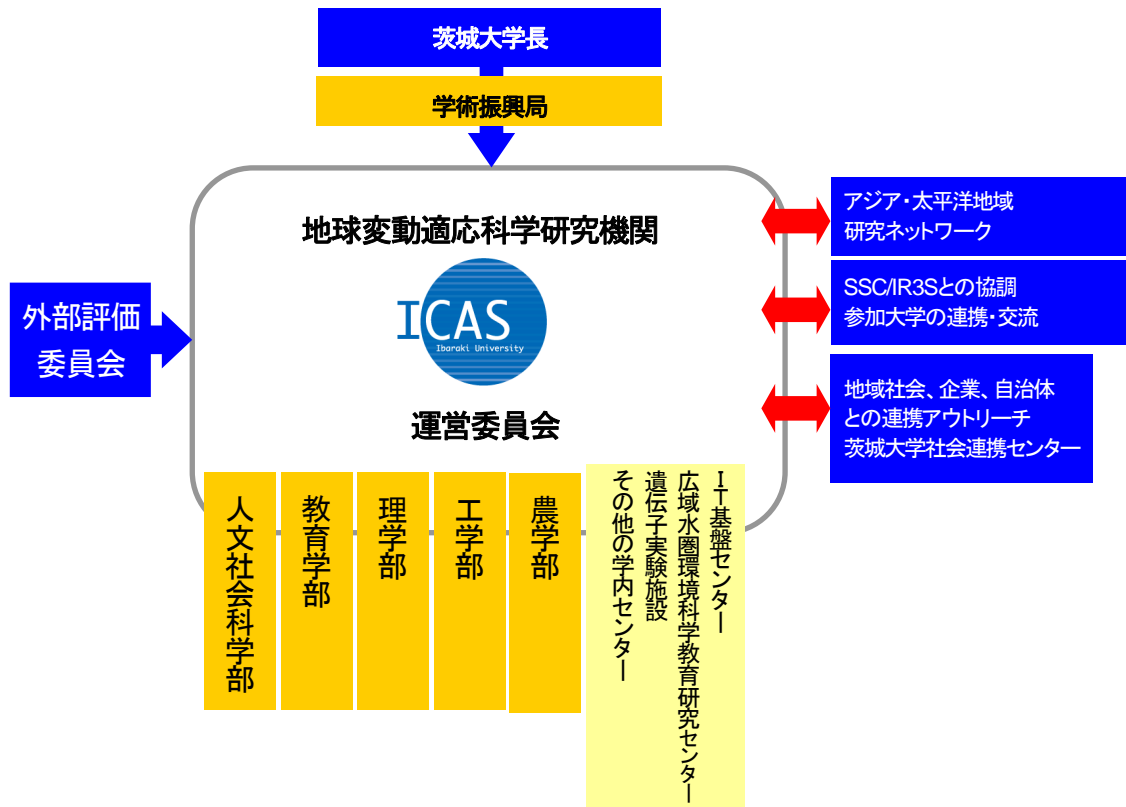


図 1-(2) 地球変動適応科学研究機関 (ICAS) の構成組織

ICAS は3つの目標を掲げている(図 1-(3))。すなわち、1) 気候変動の影響予測と適応技術・政策の提案、2) アジア各地域と茨城における持続可能ビジョンの研究、3) 気候変動適応科学およびサステナビリティ学の創生とそれを担う人材育成を目指している。これらの目標に基づき、気候変動適応科学の観点からサステナビリティ学関連分野の幅広い研究教育へと取り組みを進めていく。2010 年度より、第4 部門「新しい安全・安心社会のあり方」を設置し、従来の3 研究部門体制から拡充を図った。



図 1-(3) ICAS の3つの目標

表 A 地球変動適応科学研究機関 (ICAS) 兼務教員等

機関長	伊藤 哲司	人文社会科学部・教授		
人文社会科学部	添田 仁 渋谷 敦司 原口 弥生 小原 規宏 横溝 環 寺地 幹人 長田 華子	人間文化学科・准教授 現代社会学科・教授 現代社会学科・教授 現代社会学科・准教授 現代社会学科・准教授 現代社会学科・講師 法律経済学科・准教授	塚原 伸治 蓮井誠一郎 葉 倩璋 田中 耕市 野田 真里 井上 拓也 付 月	人間文化学科・准教授 現代社会学科・教授 現代社会学科・教授 現代社会学科・准教授 現代社会学科・准教授 法律経済学科・教授 法律経済学科・准教授
教育学部	伊藤 孝 上地 勝 木村 美智子 石島 恵美子 金丸 隆太 乾 康代	人間環境教育課程・教授 人間環境教育課程・准教授 学校教育教員養成課程・教授 学校教育教員養成課程・准教授 大学院教育学研究科・准教授 情報文化課程・教授	阿部信一郎 郡司 晴元 村野井 均 大津 展子 岩佐 淳一	人間環境教育課程・教授 人間環境教育課程・准教授 学校教育教員養成課程・教授 学校教育教員養成課程・講師 情報文化課程・教授
理学部	北 和之 山村 靖夫 及川 真平	理学科・教授 理学科・教授 理学科・准教授	小荒井 衛 若月 泰孝	理学科・教授 理学科・准教授
工学部	呉 智深 沼尾 達弥 藤田 昌史 榎本 忠夫 武田 茂樹 鎌田 賢 石田 智行 福元 博基	都市システム工学科・教授 都市システム工学科・教授 都市システム工学科・准教授 都市システム工学科・准教授 メディア通信工学科・教授 情報工学科・教授 情報工学科・講師 生体分子機能工学科・准教授	横木 裕宗 熊澤 貴之 一ノ瀬 彩 鈴木 智也 鈴木 徹也 外岡 秀行 北野 誉	都市システム工学科・教授 都市システム工学科・准教授 都市システム工学科・助教 知能システム工学科・教授 マテリアル工学科・教授 情報工学科・教授 生体分子機能工学科・准教授
農学部	小林 久 新田 洋司 増富 祐司 前田 滋哉 吉田 貢士 浅木 直美 戸嶋 浩明 西澤 智康	地域総合農学科・教授 地域総合農学科・教授 地域総合農学科・准教授 地域総合農学科・准教授 地域総合農学科・准教授 地域総合農学科・准教授 食生命科学科・教授 食生命科学科・准教授	中川 光弘 田附 明夫 木下 嗣基 西川 邦夫 内田 晋 成澤 才彦 長谷川 守文 小松崎 将一	地域総合農学科・教授 地域総合農学科・教授 地域総合農学科・教授 地域総合農学科・准教授 地域総合農学科・准教授 食生命科学科・教授 食生命科学科・准教授 附属フィールドサイエンス教育研究センター・教授
全学教育機構	木村 競	機構・教授		
広域水圏環境科学教育研究センター	桑原 祐史	センター・教授	増永 英治	センター・助教
IT 基盤センター	野口 宏	センター・講師		

地球変動適応科 学研究機関	田村 誠 堅田 元喜 安原 一哉 安島 清武 熊野 直子 滝本 貴弘 小寺 昭彦 福島 慶太郎	准教授・副機関長 講師 特命研究員 教務補佐員 研究員 研究員 研究員 補助金研究員	水永 啓子 栖原 紘子 鈴木 倫代 伊藤まどか 今澤 真紀 根本 彩織 金子 美幸	係長・支援職員 事務補佐員 事務補佐員 事務補佐員 事務補佐員 事務補佐員 事務補佐員
学術企画部	兜木 悠介 木村 保	企画課・学術推進係長 企画課・課長補佐		

(所属等は2017年6月末日現在)

B 研究活動報告

1. 適応のための工学的的手法開発に関する研究(第1部門)

1.1. 全球及びアジア太平洋地域広域評価

1.1.1. ツバル国フナフチ環礁ラグーン内の汚濁物質輸送シミュレーション

増永英治（広域水圏）、横木裕宗（工学部）

研究協力者：小池 海

[1] 研究目的

ツバル国フナフチ環礁では、近年人口の増加や経済成長に伴う環境への負荷の増大が問題視されている。人口が集中するフォンガファレ島においては下水処理施設の整備不足により発生した汚濁物質が、潮汐に伴う地下水変動によってラグーン内に流出していることが明らかとなっている(Fujita et al., 2013)。環礁の地形的特徴として、一般的にラグーンは数十 m～数百 m の幅で広がっている水深数 m 以下のリーフフラットと呼ばれるサンゴ基盤で囲まれており、その基盤上に有孔虫やサンゴ片から成る環礁州島が形成されている。ラグーンと外洋との間での海水交換が生じる場所は、環状リーフ間の切れ目や州島の形成がないリーフフラットなどにごく限られている。したがって、ラグーンは外洋から隔離されており閉鎖性が高く、海水交換が活発に行われにくい海域である。流出した汚濁物質は、環礁の形成を担っているサンゴ礁の劣化を引き起こし、国土の喪失につながる恐れがある。根本的な問題解決には、生活排水の適切な処理が必要であるが、技術的・経済的な理由から早急な実施は期待できない。ラグーン内の汚濁物質の動態を明らかにするためには、ラグーン内の長期的な流動場特性の解明を行うことが必要不可欠である。

そこで本研究では、フナフチ環礁ラグーンを対象にラグーン内の流動構造と汚濁物質輸送過程の再現を試みる。流動構造と物質輸送過程を解明することで、フナフチ環礁ラグーンにおける効果的な水質汚染対策に応用することを目的とした。

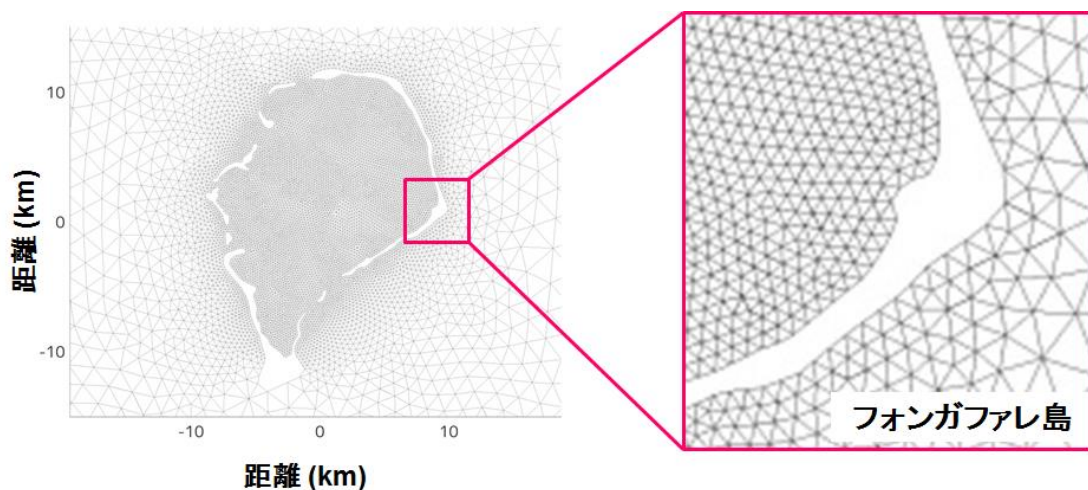


図 1.1-(1) ツバル国フナフチ環礁の数値計算領域

[2] 研究概要

フナフチ環礁ラグーン内の流動構造と物質輸送過程の再現には海洋数値モデル SUNTANS(Fringer et al., 2006)を用いた。本モデルはブシネスク近似した Navier-Stokes 方程式を解き、非構造格子を用いることで細かな地形追従が可能な海洋数値モデルである。本研究で用いた非構造格子を図 1.1-(1)に示す。

典型的な流動構造を再現するために、風速 5 m/s、北東・北西・南東の 3 パターンの風向及び風応力なし、計 4 パターンの風況を海面の風応力として与えた。またすべての計算ケースにおいて潮汐 M_2 周期の海面変動を振幅 0.5 m として計算領域の境界から与えた。図 1.1-(1)に示したフォンガファレ島居住域からの汚濁物質を想定したパッシブトレーサー(Masunaga et al., 2017)を用いて、モデル内での汚濁物質の輸送過程の再現を行った。

[3] 研究成果

(1)汚濁物質輸送過程の再現

図 1.1-(2)は北東、北西、南東、風速 5 m/s の風応力を与えた場合のフォンガファレ島居住域から流出した汚濁物質の鉛直積分値の 1 日毎の分布を示している。

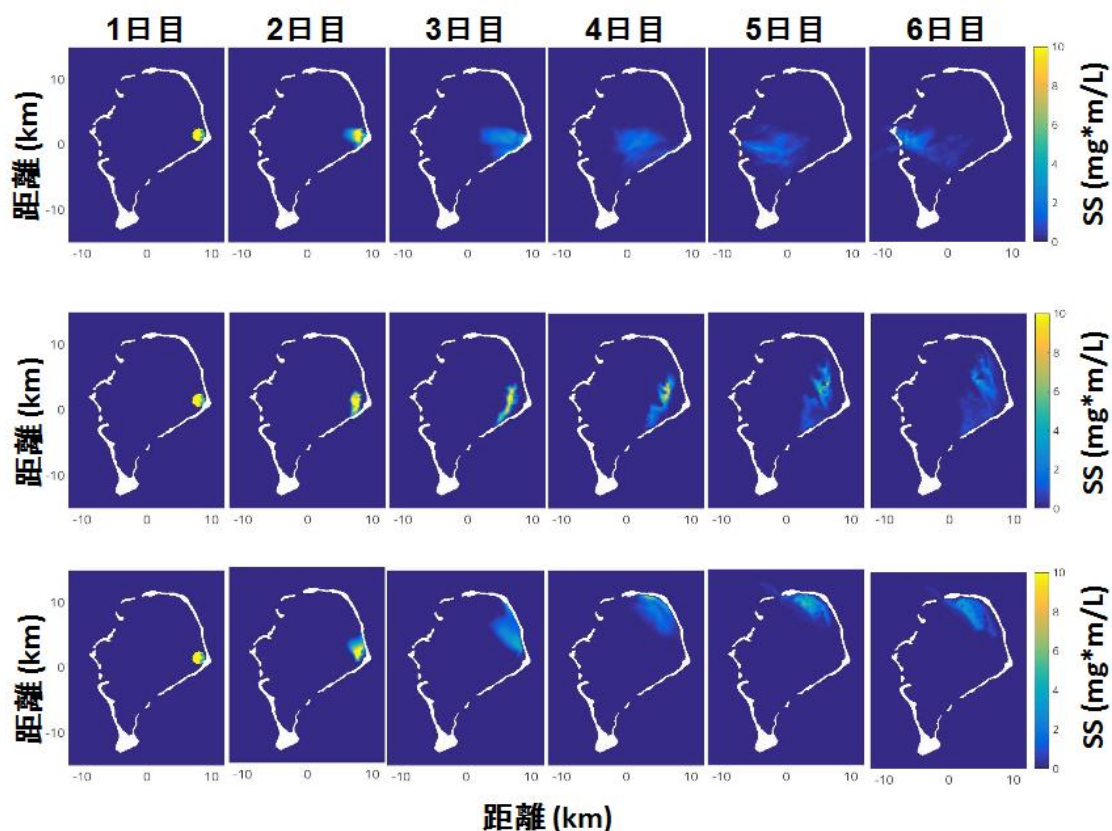


図 1.1-(2) 汚濁物質の輸送過程 (上段：北東風、中段：北西風、下段：南東風)

さらにラグーン内に残留している汚濁物質の割合の時系列を図 1.1-(3)に示した。図 1.1-(3)に示した汚濁部室残留率が 1 日以下の短周期で変動しているのは、潮汐によって汚濁物質がラグーン内外を出入りしているからである。この 3 パターンの風向条件による計算から、南東から風が吹いた場合に都市部から流出した汚濁物質

は最も強くラグーン外に輸送された。風速 5 m/s、南東風の場合、20 日間で 61 %の汚濁物質がラグーン外へ流出した。一方、北西方向から風が吹いた場合にはラグーン内に長時間汚濁物質が滞留し、風速 5 m/s の場合 20 日間経過時点で 65%の汚濁物質がラグーン内に残留する結果となった。

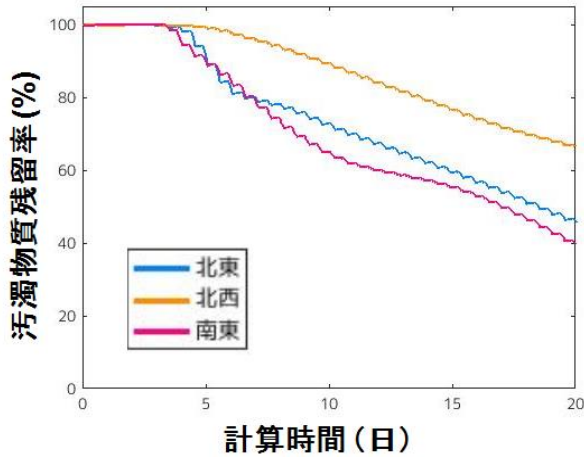


図 1.1-(3). ラグーン内の汚濁物質残留率の推移

(2)運動エネルギーの比較

潮流と風応力のラグーン内の流動場により影響を与えている強さ比較するために、計算結果から 20 日間平均した運動エネルギー(KE)を求めた。さらに、潮流のみを与えた場合と、風応力のみを与えた場合の運動エネルギーの比較を行った。

潮流のみを外力として与えた場合の鉛直積分及び時間平均した運動エネルギー(KE_{tide})を図 1.1-(4)に示した。図 1.1-(5)には北東、北西、南東それぞれの風のみを外力として与えた場合の運動エネルギー(KE_{wind})と、潮流と風応力によって発生する運動エネルギーの比率 (KE_{wind}/KE_{tide}) を示した。全ての風向条件においてラグーン内での運動エネルギーは風応力のみを外力として与えた場合の方が潮流によって発生する運動エネルギーより大きい、州島の切れ目においては潮流によって発生する運動エネルギーが卓越していることが分かった。

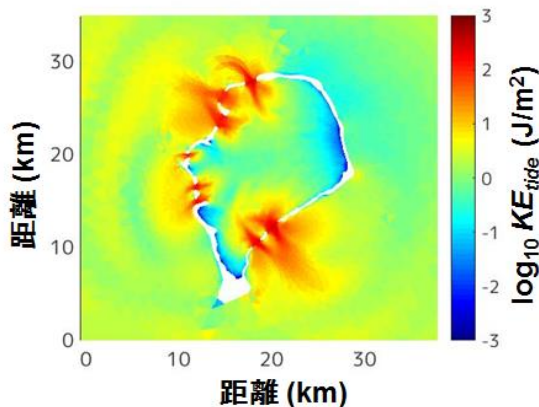


図 1.1-(4). 運動エネルギー (潮流のみ)

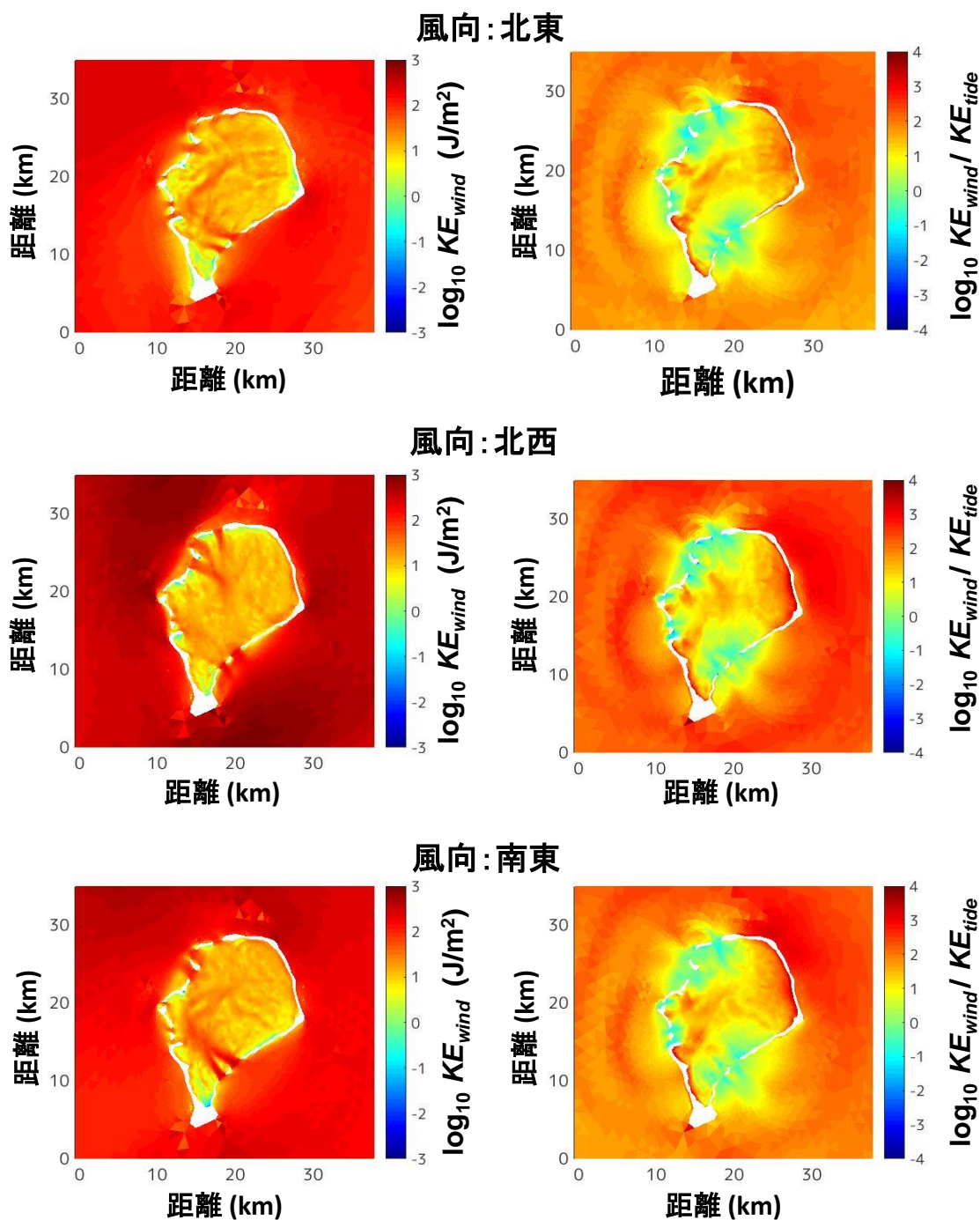


図 1.1-(5). 運動エネルギー (左) 運動エネルギーの比較 (右)

これらの結果から、どの風向条件においてもラグーン内における物質の移流は風の影響を強く受けるが、州島の切れ目部分においては潮汐による影響の方が大きいと考えられる。

<参考引用文献>

1. Fujita, M., Suzuki, J., Sato, D., Kuwahara, Y., Yokoki, H. Kayane, H. (2013): Anthropogenic impacts on water quality of the lagoonal coast of Fongafale Islet, Funafuti Atoll. Tuvalu. Sustainability Science, 8, 381-390.

2. Fringer, O. B., M. Gerritsen, and R. L. Street (2006), An unstructured-grid, finite-volume, nonhydrostatic, parallel coastal ocean simulator, *Ocean Model.*, 14, 139–173.
3. E. Masunaga, R. Arthur, O. Fringer, H. Yamazaki, 2017, *Journal of Marine Systems*, in press.
4. 佐藤大作・横木裕宗・有田正光(2014) : ツバル国フナフチ環礁ラグーンの流動特性に関する数値計算, 海岸工学講演会論文集, Vol.70, NO.2, I_431-I_435.

[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

本研究成果は、フナフチ環礁ラグーンにおける効果的な水質汚染対策の検討を行う上で、風況がラグーン内の汚濁物質の動態に非常に強く関わっていることを示した。今後のフナフチ環礁ラグーン内における汚濁物質に起因する環境問題に対して将来的に有効なデータとなり得る。

[5] 発表及びアウトリーチ

- (1) 成果の発表
 - 1) 査読付き英文論文 なし
 - 2) その他査読付き論文 なし
 - 3) 著書 なし
 - 4) 国際会議論文 なし
 - 5) 大学・研究所等紀要 なし
 - 6) その他 なし
- (2) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの） なし
- (3) マスコミ等への公表・報道等 なし

1.1.2. 【戰略研究】

1.2. アジア・太平洋地域における複合影響評価・適応技術に関する研究

1.2.1. 有機物・窒素の除去が可能な創エネ型排水処理手法の開発

藤田昌史（工学部）
研究協力者：松原弘和

[1] 研究目的

現在の下 wastewater 処理に用いられている活性汚泥法は、エネルギー投入型の水処理手法であり、全国の約 2,200 の下水処理施設の電力使用量は、国内電力総使用量の約 0.7% に相当する¹⁾。使用される電力の約半分が曝気に費やされていることから、曝気に費やすエネルギーの低減化が望まれている。

一方、近年では微生物燃料電池(Microbial Fuel Cell; 以下、MFC)が注目されており、MFC は酸素供給を必要としない嫌氣的な有機物除去を行いながら、下 wastewater 処理過程で電力を回収することができる創エネ型の水処理手法である²⁾。MFC の研究は有機物除去や発電性能の向上に主眼が置かれており、窒素類の除去を想定した研究例は非常に少ない。^{3),4)}

生物学的に窒素を除去するためには酸素が必要であり、酸素供給方法としては曝気が一般的であるが、生物学的窒素除去では動力の約半分を曝気に費やしているとの試算もある⁵⁾。気体透過膜を利用した酸素供給方法も研究が行われてきたが、^{6),7),8)}いずれも外部エネルギー

を用いた手法であり、酸素の受動的な供給に着目した例はない。気体透過膜は高い通気性と水の浸透を阻止する性質を持ち、様々な種類のゴム膜がこれに該当する。なかでもシリコンゴムは非常に高い酸素透過能を持ち、生理的に不活性であることから水処理に用いられている⁹⁾。シリコンゴムの酸素透過能はゴムの密度や硬度を決定する際に投入される、シリカ等の配合物（フィラー）の割合に依存する。フィラーは任意の含有率で配合できることから^{10),11)}、シリコンゴムは用途に合わせ様々な種類が存在する。そのため、密度や硬度等の膜の物性が、受動的に輸送される酸素量にどのように影響するか検討する必要がある。エネルギーを投入せずに酸素を供給することができれば、MFC により電力を回収しつつ、排水中の有機物と窒素の除去が達成できる可能性がある。

そこで、本研究では、MFC による有機物除去と発電、気体透過膜を用いた硝化手法を組み合わせることで創エネルギー型の wastewater 処理手法(図 1.2-(1))を構築することを目的とした。後述する処理手法を構築するためには、正極槽における硝化速度と負極槽における有機物除去速度が概ね均衡する必要がある。そこで、各々槽式の装置を運転することで(図 1.2-(2)、図 1.2-(3))、各槽の微生物反応速度を明らかにした。正極槽においては、まず、密度と硬度、原料の異なる 8 種類のシリコンゴムの酸素供給性能を求め、膜の物性との関係を整理した。そして、膜に硝化細菌を付着させ、受動的に供給される酸素により得られる硝化速度を明らかにした。負極槽においては、海水の添加されたフェノール系 wastewater を処理し、電子受容体が酸素であるエアカソード型 MFC と、硝酸である二槽式 MFC、両運転における有機物除去速度と発電特性を明らかにした。最後に、図 1.2-(1)のような、連続的な運転を想定した実験を行い、構築した処理プロセスの有効性を検討した

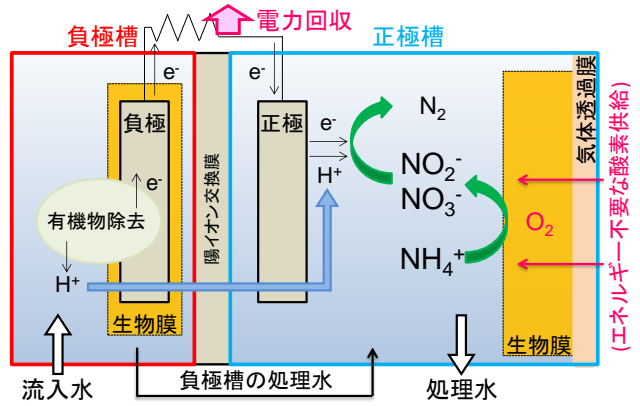


図 1.2-(1) 気体透過膜を導入した MFC の

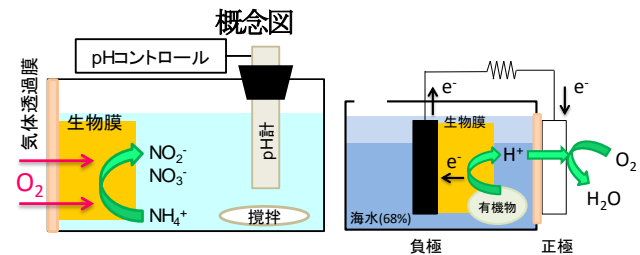


図 1.2-(2) 硝化実験装置

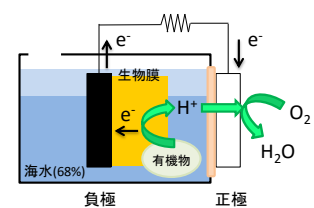


図 1.2-(3) エアカソード型 MFC

[2] 研究概要

2-1. 気体透過膜を導入した二槽式 MFC 廃水処理手法

まず、負極槽に廃水を流入させ、電極表面に付着した微生物により有機物除去と発電のための電子生成を行う。その処理水を正極槽に流入させ、気体透過膜に付着した生物膜が受動的に供給される酸素を用いて排水中のアンモニア態窒素(以下、NH₄-N)を硝化する。生成した硝酸性窒素(以下、NO₃-N)、亜硝酸性窒素(以下、NO₂-N)が負極槽由来の電子と水素を受容し、窒素ガスに還元されることで窒素除去を行う。本研究では高濃度のフェノールと NH₄-N を含有するコークス炉模擬廃水(フェノール系廃水)を処理対象とした。

2-2. 気体透過膜の酸素供給性能の評価

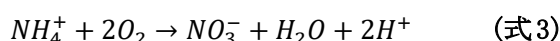
表 1.2-(1)に示した密度と硬度、原料の異なる 8 種類のシリコン膜(a-h)を用い有効容積 1L の装置を作成した。N₂ ガスで脱気した水を装置に流入させ、水面と外気が接触しないように密閉した。30℃の恒温室で各時間における溶存酸素(DO)濃度を測定し、下水試験方法 12)に従い、式 1、式 2 を用いて総括酸素移動容量係数(KLa)を算出した。また、KLa 算出後、式 1 を用いて DO=0 の際の酸素供給速度を算出した。式 3 より NH₄-N を 1g 硝化するのに 4.57g の酸素が必要となることから、供給された酸素がすべて硝化に使われると仮定して理論的な硝化速度を算出した。

表 1.2-(1) 8 種類の気体透過膜の詳細

膜	硬度 (デュロ A)	密度 (g/cm ³)	原料	製品名
a	13	1.08	液状	KE-1950-10
b	31	1.10		KE-1950-30
c	49	1.13		KE-1950-50
d	68	1.13		KE-1950-70
e	31	1.07	粘土状	KE-931-U
f	50	1.14		KE-551-U
g	78	1.24		KE-581-U
h	52	0.86	液状	X-30-1777-50

$$\frac{dDO}{dt} = K_L a (DO_s - DO) \quad (式 1)$$

$$K_L a = \frac{2.303}{t_2 - t_1} \log \frac{DO_s - DO_1}{DO_s - DO_2} \quad (式 2)$$



ここで、DO_s は飽和溶存酸素濃度(mg/L)、DO₁、DO₂ は t₁、t₂ 時間後の溶存酸素濃度(mg/L)である。

2-3. 気体透過膜を用いた硝化手法の硝化性能の評価

有効容積 600mL の装置を作成し、3-1 により選定したシリコン膜を導入した。そして、予め集積した硝化汚泥を接種しシリコン膜に付着させた(図 1.2-(2))。流入水には 3-3 の処理水を用いた。付着微生物のみ存在する系と、浮遊微生物が共存する系、両系において各時間における NH₄-N、NO₃-N、NO₂-N を定量し、硝化速度を算出した。また、膜表面に好気性微生物が存在することで酸素移動速度が増加することが知られている⁴⁾。酸素が受動的に輸送される場合、この効果がさらに期待できる。そこで、硝化汚泥を付着させた膜を用いて、初期 NH₄-N 濃度を 20、40、600mgN/L としたときの硝化速度、初期 NH₄-N 濃度を 600mgN/L とし槽内を曝気したときの硝化速度を算出し、上述の理論値と比較した。

2-4. MFC 装置の運転

(1) エアカソード型 MFC の運転 MFC には様々な形状があるが、一槽式 MFC の運転では簡便な運転が可能なエアカソード型 MFC を用いた(図 1.2-(3))。有効容積 500mL の装置に鉄鋼プラントの汚泥を接種し、温度 30℃、外部抵抗 1kΩ、初期 pH=7.5 とした。負極にはカーボンフェルト、正極には白金触媒を塗布したカーボンペーパー(0.5mgPt/m²)、陽イオン交換膜にはナフィオン膜を用いた。一般に、フェノール系廃水は 2-4 倍に希釈してから、生物学的処理が行われる¹³⁾。特に、沿岸部では希釈に海水を用いることから、本研究では流入水の 68%(v/v)を海水とした。模擬廃水の組成は既報¹⁴⁾と同様とした。

(2) 二槽式 MFC (1)の負極槽を二槽式 MFC の負極槽に移行し運転した。負極槽の運転条件は(1)と同様とし、正極槽には硝酸溶液(500mgNO₃-N/L)を流入させた。そして、正極槽に気体透過膜を導入した後、負極槽の排水を流入させ、有機物・窒素の同時除去について検討した。

2-5.MFC におけるフェノール分解特性

MFC 装置内では、フェノールに由来する有機物を発電微生物が摂取することにより発電が行われると考えられる。フェノールの嫌気分解は図 1.2-(4)に示したような経路を辿ると報告されているが¹⁵⁾、発電微生物や海水が関与する場合の経路は明らかでない。そこで、各時間におけるパラヒドロキシ安息香酸、安息香酸を高速液体クロマトグラフィー(Shimadzu 社)により定量し、MFC でフェノールを分解する場合、図 1.2-(4)におけるどの経路を辿るか推定した。

2-6.MFC 装置の発電性能と有機物・窒素除去の評価

MFC 装置の発生電圧は 5 分間隔でデータロガーを用い測定した。得られた電圧と外部抵抗から、オームの法則を用い電流と出力を算出した。発電特性は出力-電流曲線、電圧-電流曲線により評価した¹⁶⁾。最初に、5.1kΩ の外部抵抗を接続し、安定した電圧が得られた後、外部抵抗を徐々に小さくし(5.1kΩ-10Ω)、各々の電圧を測定した。また、各時間における溶存有機炭素(DOC)を測定し、有機物除去速度を算出した。二槽式の運転において、硝酸溶液を流入させた系では NO₃-N 濃度を、負極槽の処理水を流入した系では NH₄-N、NO₃-N、NO₂-N 濃度を分析した。そして、式 4 を用いクーロン効率(以下、CE)を算出した¹⁷⁾。

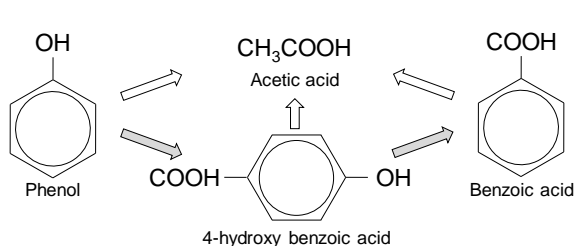


図 1.2-(4) フェノールの嫌気分解経路

$$CE = \frac{M \int_0^t Idt}{FbV_{an}(COD_0 - COD_t)} \times 100(\%) \quad (式4)$$

ここで、 M は酸素の分子量(=32)、 F はファラデー定数(=96,485 C/mol)、 b は 1 mol の酸素が受け取る電子量(=4)、 V_{an} は負極槽の有効容積(L)、 COD^0 は時間 0 における基質濃度(g/L)、 COD_t は時間 t における基質濃度(g/L)である。

[3] 研究成果

3-1.気体透過膜の酸素供給性能

図 1.2-(5)に膜 e を用いた際の装置内の DO の経時変化を示した。対照系の DO が上昇しなかったことから、装置は密閉された状態であり酸素はシリコン膜を介してのみ供給されたといえる。その他の膜についても同様の実験を行い($n=3$)、算出した K_{1a} を図 1.2-(6)に示した。膜 e の K_{1a} が 1.8d⁻¹ と最も高く、他の膜の K_{1a} と明確な差が見られた($p<0.01$)。この膜に硝化細菌が十分に付着したとき、理論的に算出される硝化速度は 387mgN/m²/d と見積もられた。

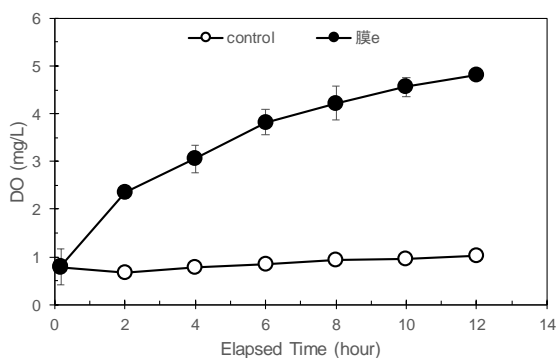


図 1.2-(5). 装置内 DO の経時変化

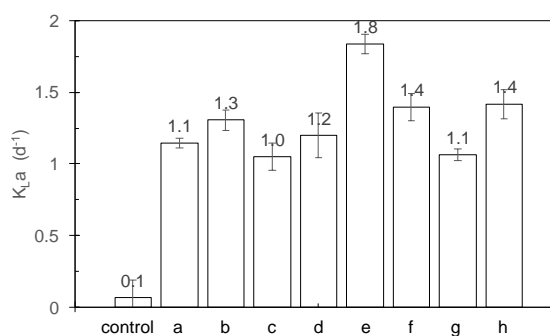


図 1.2-(6). 各膜の KLa

3-2. KLa と膜の物性の関係

各々の膜の KLa と膜の密度と硬度、原料の関係を図 1.2-(7)、図 1.2-(8)に示した。原料が粘土状である膜 e、f、g に着目すると密度、硬度が小さくなると KLa が大きくなる傾向があることがわかった。一方、原料が液状である膜は密度、硬度ともに KLa との対応は見られずほぼ一定の値となった ($p>0.005$)。このことから、槽内への酸素供給を目的とした場合、原料が粘土状のシリコンであれば膜の密度、硬度が小さくなるほど酸素供給性能が高くなる傾向があることがわかった。液状のシリコンでは、密度と硬度が異なっているにも係わらず KLa がほぼ同じ値となったが、その理由は含有されるフィラーにあると考えられた。酸素透過能に最も影響を与えるフィラーはシリカであるといわれ、一般に、シリカ量が増加すると酸素透過能は減少し、硬度が増加する。液状のシリコンはシリカ以外のフィラーによって、密度と硬度が調節されたため、KLa の値にほとんど変化が見られなかったと考えられた。以降の実験では、最も酸素供給性能が高かった膜 e を用いた。

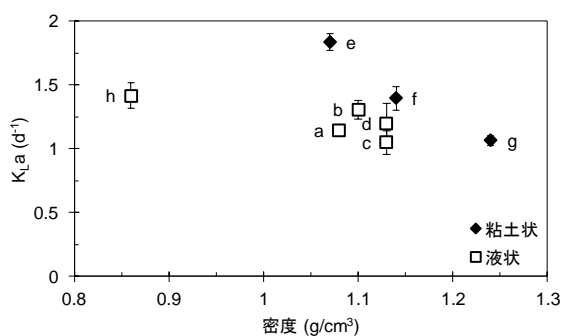


図 1.2-(7). KLa と密度の関係

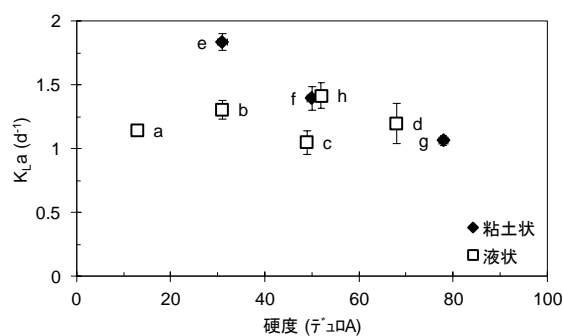


図 1.2-(8). KLa と硬度の関係

3-3. 受動透過による酸素を用いた硝化速度の評価

付着微生物のみ存在する系の槽内の窒素濃度を図 1.2-(9)に示した。硝化速度は 52.5mgN/L/d であり、浮遊微生物が共存する系とほぼ同様の硝化速度(56.6mgN/L/d)であった。このことから、受動的に輸送された酸素はほとんど付着微生物に消費されていると判断された。3-1 の結果から理論的に計算された硝化速度は 3.0mgN/L/d であったが、実際には約 18 倍の硝化速度が得られた。鈴木ら 4)は、膜表面に好気性微生物が付着すると、酸素移動速度が 1.5-2.0 倍になることを明らかにしたが、本研究ではさらに高い値が得られた。これは期待されていたとおり、付着微生物が呼吸を行うことで槽内の酸素が消費され、槽内と外気の酸素濃度勾配が大きくなり酸素の受動的な輸送が促進されたためだと考えられた。また、図 1.2-(10)に示したように継続して運転を行うと槽内に NO₂-N が

蓄積する傾向が見られた。これは、微生物の付着できる面積に制限がある状況で、亜硝酸酸化細菌(NO₂-N)よりアンモニア酸化細菌(AOB)が優先的に酸素を消費するためだと考えられた。

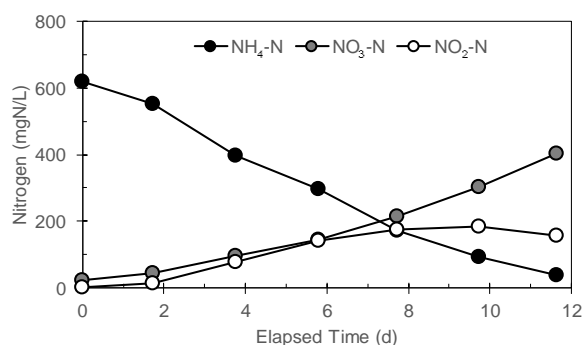


図 1.2-(9). 窒素濃度の経時変化

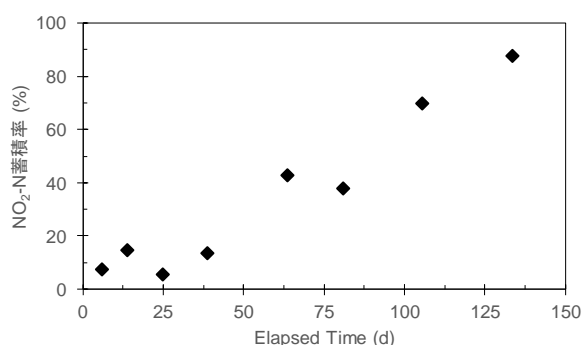


図 1.2-(10). NO₂-N 蓄積率の推移

3-4. 初期 NH₄-N 濃度と硝化速度の関係

図 1.2-(11)に初期 NH₄-N 濃度を 20、40、600mgN/L としたときの硝化速度、初期 NH₄-N 濃度を 600mgN/L とし槽内を曝気したときの硝化速度を示した。酸素を能動的に供給し、DO が制限されない状態における硝化速度は 153 mgN/L/d であった。このことから、気体透過膜を用いた酸素供給方法は、外部エネルギーを全く使用していないにも係わらず、曝気時の約 34%もの硝化速度を得られたことになる。また、膜を用いた酸素供給方法は曝気に比べると供給される酸素量が大きく制限されることも明らかとなった。初期 NH₄-N 濃度が高くなるにつれ、得られる硝化速度が大きくなったことから、付着微生物により多くの酸素が槽内に誘導されたと考えられた。

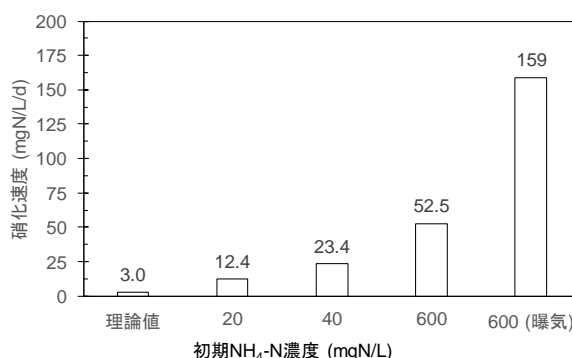


図 1.2-(11). NH₄-N 濃度と硝化速度の関係

3-5. MFC によるフェノールの分解経路

図 1.2-(12)に DOC とパラヒドロキシ安息香酸の経時変化を示した。各サイクルにおいて、DOC の減少にともないパラヒドロキシ安息香酸が生成していたが、安息香酸は生成していないことがわかった。パラヒドロキシ安息香酸の生成元であるフェノールが減少してからも濃度に変化が見られないことから、MFC 内の微生物群では除去できない物質であると考えられた。MFC により海水が含まれるフェノール系廃水を分解する場合、図 1.2-(4)に示した経

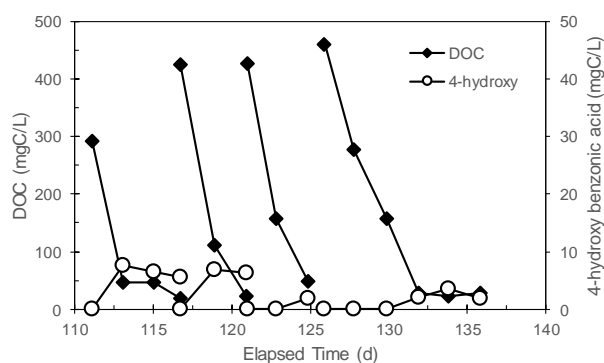


図 1.2-(12). DOC とパラヒドロキシ安息香酸の経時変化

路図において、多くは直接酢酸へと変換され、一部のフェノールのみパラヒドロキシ安息香酸に変換されることが明らかとなった。

3-6. MFC 装置の発電性能と有機物・窒素除去の評価

各運転条件における出力-電流曲線、電圧-電流曲線を図 1.2-(13)に示した。正極槽に硝酸溶液を用いた二槽式の最大出力密度(62mW/m²)はエアカソード型(11mW/m²)の約 6 倍高くなり、電圧-電流曲線から内部抵抗を算出すると各々 258Ω、470Ω であった。また、電子受容体に NO₃-N を利用できることがわかった。フェノール系廃水を MFC に適用した既往の研究^{18),19)}より高い出力が得られたが、これは、流入水に海水が含まれることで、溶液の電気伝導度が改善され、内部抵抗が低下したためだと考えられた。また、一般に、MFC は二槽式にすると正極溶液が増える分、エアカソード型よりも内部抵抗が高くなる²⁰⁾。しかし、本研究では逆の結果となった。CE は各々 0.5%、2.7% であり、二槽式の方が高い効率が得られた。このような結果が得られた理由としては、好気性微生物の影響が挙げられる。図 1.2-(14)にエアカソード型の運転から二槽式の運転に移行した際の電圧と酸化還元電位(ORP)の経時変化を示した。二槽式の運転では得られた最大の電圧が約 2 倍となった。また、ORP の最小値はエアカソード型の運転では-360mV 程度であったのに対し、二槽式の運転では-500 mV 程度まで減少した。このことから、エアカソード型の運転では酸素が完全に遮断できていないことがわかる。槽内に酸素が供給されると、好気性微生物が有機物を摂取し、相対的に発電微生物が獲得できる有機物量が減少する。よって、酸素の混入が遮断できた二槽式の運転の方が出力、CE ともに高い値が得られたと考えられた。また、有機物除去速度はエアカソード型(99mgC/L/d)より、二槽式(71.7mgC/L/d)の方が遅くなった。これは、前述したように好気性微生物が摂取した有機物量が減少したためだと考えられた。また、二槽式 MFC における正極溶液内の NO₃-N は、負極槽内の有機物の減少に伴い減少した。

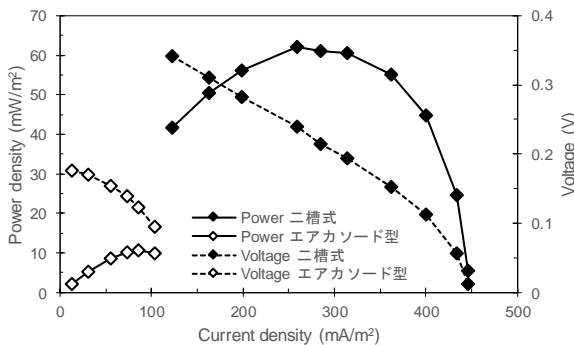


図 1.2-(13). 出力-電流曲線と電圧-電流曲線

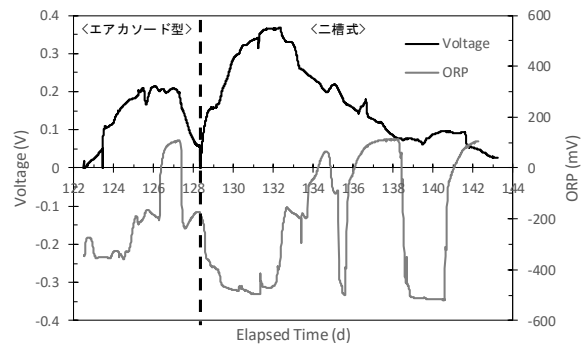


図 1.2-(14). 各運転における電圧と ORP の経時変化

3-7. 二槽式 MFC 廃水処理手法の有効性の検討

図 1.2-(15)に実際に負極槽の処理水を正極槽に流入させた際の窒素類と DOC の経時変化を示した。負極槽内の有機物減少にともない、正極槽内の窒素が除去された。有機物除去速度は 46.7mgC/L/d であり、二槽式の運転を続けることでさらに遅くなった。硝化速度は 38.8mgN/L/d、電子の受容による窒素除去速度は 4.0mgN/L/d であったことから、本処理プロセスでは電子受容による窒素除去速度が律速となることが明らかとなった。

有機物除去量は 233mgC であり、すべて発電微生物が摂取したと仮定すると、放出される電子は 0.091mol となる。一方、除去された窒素量は 23.4mgN であり、NO₃-N、NO₂-N とともに電子受容体となりえることから、受容した電子量は 5.01~8.38×10⁻³mol となる。理論的に得られる CE は 5.5~9.2% となるが、実際に外部回路で得られた電圧から算出した値は 2.7% であった。このことから、放出された電子量は理論値の 3-5 割程度であり、これは、エアカソード型の運転から移行した直後であり、槽内に競合微生物が多く存在していたためだと考えられた。

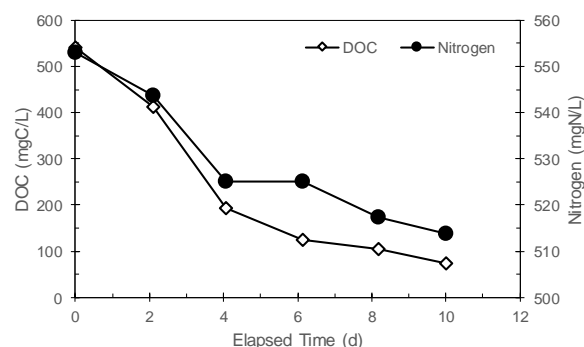


図 1.2-(15). 窒素類と DOC の経時変化

また、3-3 で述べたように、継続して運転を行うことで正極槽内に NO₂-N が蓄積する可能性が示唆された。NO₃-N を電子受容体とする場合、1mol の NO₃-N に対し 5mol の電子が必要となり、外部回路で回収できるエネルギーは 25.6kJ/gN となる。一方、NO₂-N を用いる場合は 1mol の NO₂-N に対し必要な電子は 3mol である。より少ない電子で窒素除去が達成できる反面、回収できるエネルギーは 20.0kJ/gN となる²⁾。つまり、NO₂-N を用いると処理水に残留する窒素濃度をより低くすることが可能となる。前述したように、選択的に NO₃-N、NO₂-N を生成できれば、高い出力を目的とした運転や高レベルの窒素除去を目的とした運転など、柔軟な水処理が実現できる。

[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

本研究では、気体透過膜を導入した二槽式 MFC を初めて開発し、有機物・窒素除去と発電を達成した。

[5] 発表及びアウトリーチ

(1) 成果の発表

- 1) 査読付き英文論文 なし
- 2) その他査読付き論文 なし
- 3) 著書 なし
- 4) 国際会議論文 なし
- 5) 大学・研究所等紀要 なし
- 6) その他

招待論文

藤田昌史・王峰宇(2016)「太平洋環礁国におけるエネルギー自立的な生活排水処理手法の開発」『用水と廃水』,58 10,pp.61-66.

学会発表 (国内・国際)

松原弘和・王峰宇・藤田昌史:気体透過膜を導入した二槽式微生物燃料電池による有機物・窒素の同時除去手法の検討,第 51 回日本水環境学会年会,2017/03.

Matsubara, H., Fujita, M.:Simultaneous removal of carbon and nitrogen from phenol wastewater in a microbial fuel cell reactor with submerged oxygen permeable membrane module, The 12th International Student Conference at Ibaraki University, 129, 2016/12.

- (2) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの) なし
- (3) マスコミ等への公表・報道等 なし

参考文献

- 1) 国土交通省 (2014) 新下水道ビジョン、第4章、第2節.
- 2) Logan (2006) *Environmental Science & Technology*, 40 (17), 5181–5192.
- 3) Feng et al. (2015) *Water Research*, 76, 160–170.
- 4) Viridis et al. (2010) *Water Research*, 44, 2970–2980.
- 5) Larsen & Gujer (1997) *Water Science & Technology*, 35 (9), 3–10.
- 6) 鈴木ら (1991) 衛生工学論文集、27 (7)、65–74.
- 7) Semmens et al. (2003) *Water Research*, 37, 4343–4350.
- 8) Hirasa et al. (1991) *Journal of Fermentation & Bioengineering*, 71 (3), 206–207.
- 9) 大矢 (1978) 膜利用技術ハンドブック、幸書房、785p.
- 10) 角野 (1973) 日本ゴム協会誌、46 (4)、295–313.
- 11) 角村ら (1988) 高分子、37 (6)、448–451.
- 12) 日本下水道協会 (1997) 下水試験方法 (上巻)、812p.
- 13) Sueoka et al. (2009) *FEMS Microbial. Let.*, 291, 169–174.
- 14) Shoji et al. (2014) *Process Biochemistry*, 49, 1176–1181.
- 15) Shinoda (2006) *Journal of Environment & Biotechnology*, 5 (2), 73–79.
- 16) Watanabe (2008) *Journal of Bioscience & Bioengineering*, 106 (6), 528–536.
- 17) Logan (2008) *John Wiley & Sons*.
- 18) Luo et al. (2009) *Chemical Engineering Journal*, 147, 259–264.
- 19) Song et al (2014) *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 37, 133–138.
- 20) Sevda et al. (2013) *Chemical Engineering Journal*, 228, 1–11.
- 21) Henze et al. (2008) *IWA Publishing*, 528p.

1.2.2. 持続可能な水環境創出のための抗酸化バイオマーカーの適用

藤田昌史 (工学部)

研究協力者：池田 雄

[1] 研究目的

我が国の湖沼の生活環境項目に係る水質環境基準の達成率は、平成27年度末現在で58.7%となっている。茨城県の中央部に位置する涸沼 (汽水湖)では、水質保全計画を策定し、それに基づいた対策を実施している。しかしながら、環境基準が達成できていない現状である。その要因の一つとして、生活排水の流入が挙げられる。涸沼の流域市町村の一つである茨城町の下水道普及率は、平成26年度末現在で22.0%、合併処理浄化槽普及率等を加えても62.7%にとどまっているため、生活排水が未処理のまま涸沼に流入している。この生活排水由来の栄養塩類によって藻類が増殖し、CODや全窒素等が基準値を大幅に上回っていると考えられる。しかし、環境基準の達成を目的とした水質汚染対策は、涸沼の優占種であるヤマトシジミの餌源 (藻類)を減少させる恐れがある。ヤマトシジミ漁で生計を立てる涸沼周辺の地域住民は、ヤマトシジミにとって良質な湖沼環境を望んでいることから、環境基準の達成が必ずしも良いこととは限らない。そのため、環境基準に加えて生態系保全や地域住民の満足度等も考慮した水環境の在り方を検討していくことが重要である。

近年、欧州を中心に海生二枚貝の生体内バイオマーカーを、沿岸海域の重金属モニタリングや水環境の評価に

利用した調査研究が精力的に行われている。先行研究では、特に海生二枚貝の生体内タンパクが持つ総抗酸化力をバイオマーカーとして利用した研究が多い。この中では、鰓等の組織を分取して分析を行っている。一方、ヤマトシジミ等の個体サイズが小さい二枚貝を対象とする場合には、軟体部を用いた方が簡易に分析できるうえ、個体全体の総抗酸化力を定量することができる。しかし、汽水性二枚貝の研究例は限られていることから、分析対象別の抗酸化応答の感度を評価した例は無い。また、明らかに環境ストレスが作用しているにも関わらず、総抗酸化力が応答しない場合がある。これでは、生物に対する外乱の影響を過小評価してしまう恐れがあるため、細胞損傷等で生体内の状態を把握することは重要である。これまで、重金属や医薬品に由来する細胞損傷を調べた例は多いが、都市下水を環境ストレスとして与えた例は無い。

そこで本研究では、汽水性二枚貝のヤマトシジミを対象に、組織（鰓）と軟体部の抗酸化応答の違いを調べ、総抗酸化力分析に適した分析対象を明らかにする。次に、汽水湖の水質汚濁を想定してヤマトシジミを都市下水に曝し、総抗酸化力 (ORAC) の応答、細胞損傷、生体内エネルギーの関係を整理することで、ヤマトシジミの総抗酸化力の応答機構を明らかにする。そして、都市下水曝露の外乱実験系から標準状態系に戻した際の抗酸化力の応答を調べることで、ヤマトシジミが受けた環境ストレスを評価する方法を検討した。

[2] 研究概要

2.1 軟体部と鰓の抗酸化応答の比較

実験開始前にヤマトシジミ (殻長 23.6 ± 1.48 mm) を水温 20°C 、塩分 10 psu で 6 日間馴致した。馴致後のヤマトシジミを、都市下水のろ水 (ろ過下水) に曝した 2 ケース (Run1-1、2-1) と、粒子態物質を含む未ろ過下水 (Run1-2、2-2) に曝した 2 ケースの計 4 ケースを設け、実験を開始した。都市下水は人工海水で 5 倍希釈した。分析対象として、Run1-1、1-2 ではヤマトシジミの鰓、Run2-1、2-2 では軟体部を用いた。馴致時と同様に、別途培養した珪藻類を給餌した。各ケース、ヤマトシジミを 35 個体投入し、約 1 週間にわたり総抗酸化力を後述する ORAC 法により分析した ($n=5$)。

2.2 都市下水に対する抗酸化応答と細胞損傷

実験開始前にヤマトシジミ (殻長 20.8 ± 0.90 mm) を水温 20°C 、塩分 10 psu で 6 日間馴致した。馴致後のヤマトシジミを人工海水で 10 倍希釈したろ過下水に曝し、珪藻類を 1.0 mg-SS/個体となるように給餌したケース (Run3-1) と無給餌のケース (Run3-2) を設けた。各ケース、ヤマトシジミを 50 個体投入した。ヤマトシジミの鰓の総抗酸化力を実験開始時と 7、11 日目に分析し ($n=5$)、コメントアッセイを実験開始時と 11 日目に行った ($n=5$)。

2.3 外乱実験系と標準状態系における抗酸化応答

室内水槽を水温 20°C 、塩分 10 psu (標準状態系) に調整し、珪藻類を 1.0 mg-SS/個体 (Run4-1)、 0.5 mg-SS/個体 (Run4-2) となるように給餌したケースと、無給餌 (Run4-3) の計 3 ケースを設けた。それぞれヤマトシジミ (殻長 20.6 ± 1.18 mm) を 70 個体投入し、1 週間馴致した。その後、人工海水で 10 倍希釈したろ過下水に 1 週間曝露した (外乱実験系)。ケース間における給餌量の違いで、ヤマトシジミの抗酸化応答が異なることを予想し、再び標準状態系に 1 週間戻した。この際には、3 ケースとも無給餌とした。ヤマトシジミの鰓の総抗酸化力と ATP を実験開始時と外乱実験系 2、7 日目、標準状態系に戻した 2、4、7 日目に分析した ($n=5$)。

[3] 研究成果

3.1 ヤマトシジミの鰓と軟体部の抗酸化応答の感度

図 1.2-(16)、図 1.2-(17) に都市下水 (5 倍希釈) に対するヤマトシジミの鰓と軟体部の ORAC の変化率を示した。ヤマトシジミの鰓と軟体部では、測定される ORAC の絶対値が異なるため、実験開始時の値を 100% とし、経

過日数ごとに変化率として表した。

ろ過下水に対しては、Run2-1 で実験期間を通じて変化がなかったのに対し ($p>0.05$)、Run1-1 では2日目で既に40%程度減少し ($p<0.05$)、その後は2日目と同様の値で推移した。未ろ過下水に対しては、Run2-2 で2日目に既に30%程度増加し ($p<0.05$)、その後、1週間程度で実験開始時とほぼ同じ値を示した。一方、Run1-2 では、2日目で既に30%程度減少し ($p<0.05$)、その後は2日目と同様の値で推移した。

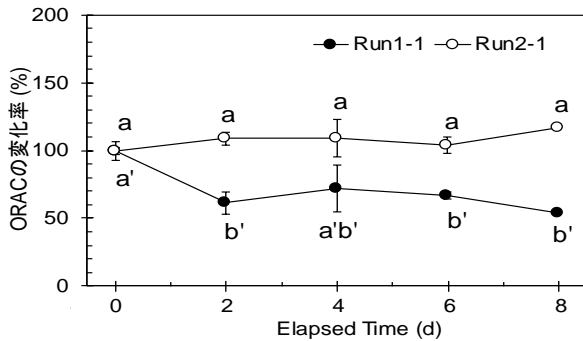


図 1.2-(16). ろ過下水 (5 倍希釈) に対する鰓と軟体部の ORAC の変化率

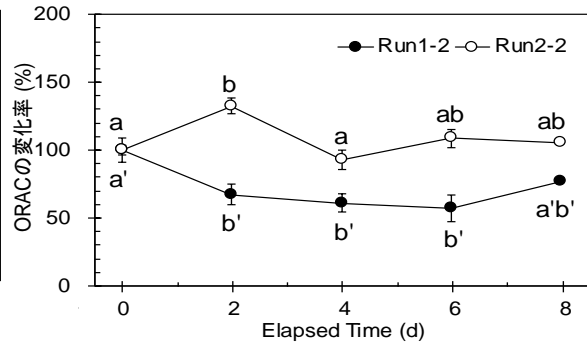


図 1.2-(17). 未ろ過下水 (5 倍希釈) に対する鰓と軟体部の ORAC の変化率

二枚貝の鰓は、水や水中の汚染に最初に接触する軟体部組織である。そのため、他の組織よりも外部からの影響を受けやすく、誘発される酸化ストレスに対して敏感に応答することが報告されている。Run1-1、1-2 においても、都市下水に曝露されたことで、生成した活性酸素種に対して速やかに防御機能が働き、抗酸化成分を消費したため、2日目で既に ORAC が減少したものと考えられる。一方、軟体部で変化がなかった要因の一つとして、外部からの影響に対する最初の防御組織である鰓で、誘発された酸化ストレスの大部分を除去することが出来た可能性が考えられる。つまり、生成された活性酸素種を鰓で合成した抗酸化成分によって除去出来たため、軟体部に影響するほどの酸化ストレスにはならなかったことが予想される。

Run1-1、1-2 で測定された総抗酸化力はろ過、未ろ過下水のどちらに対しても同様の変化を示したが、これは都市下水中の粒子態物質よりも溶存態物質の寄与が大きいことを意味している。二枚貝の鰓の細胞膜は透過性を持っていることから、溶存態物質を鰓細胞内で蓄積することが知られる。本実験においても、都市下水中のアンモニアが鰓を透過して、細胞内で蓄積した可能性がある。アンモニアに曝された二枚貝は活性酸素種の生成が促進することから、この蓄積が起因して活性酸素種が過剰に生成し、両ケースとも ORAC が減少したと考えられる。

以上の結果より、5 倍希釈の都市下水に対しては、軟体部よりも鰓の方が抗酸化応答の感度が高かったことから、環境ストレスとして都市下水を与える場合には、鰓を分析対象として用いた方が応答を捉えやすかったことが明らかとなった。抗酸化応答に対しては、粒子態物質よりも溶存態物質の寄与が大きいことが分かったので、次の実験は都市下水のろ液 (ろ過下水) を用いて行った。

3.2 都市下水に対する抗酸化応答と細胞損傷の関係

図 1.2-(18)、図 1.2-(16)にろ過下水 (10 倍希釈) に対する、ORAC と TailDNA%を示した。ORAC は、2 ケースともに実験期間を通じて変化しなかった ($p>0.05$)。一方、TailDNA%は、実験開始時に 13.3%であったのに対し、11 日目には Run3-1 で 37.8%、Run3-2 で 28.4%と増加していた ($p<0.05$)。これは、ろ過下水に曝露されたことで細胞が損傷したことを意味する。

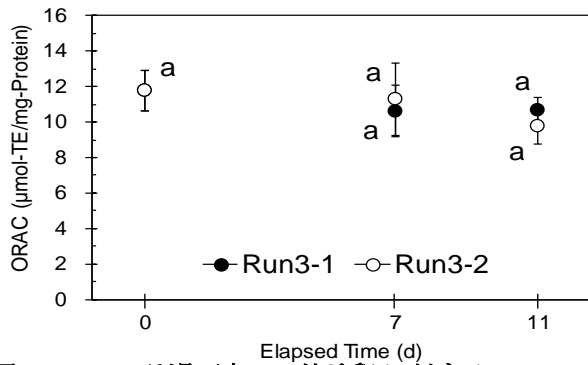


図 1.2-(18). ろ過下水 (10 倍希釈) に対する ORAC の推移

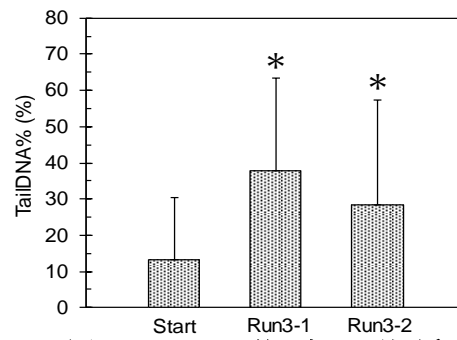


図 1.2-(19). ろ過下水 (10 倍希釈) に対する TailDNA%

したがって、10 倍希釈のろ過下水でもヤマトシジミの細胞は損傷するが、5 倍希釈の都市下水に曝した実験結果と異なり、抗酸化応答は示さないことが明らかとなった。また、給餌の有無に関係なく細胞は損傷することが分かった。ヤマトシジミの細胞が損傷した要因の一つとして、5 倍希釈の都市下水に曝した場合と同様に、下水中のアンモニアによって活性酸素種が過剰に生成されたことが可能性として考えられる。

以上の結果より、明らかなストレス要因であっても、濃度によっては ORAC で応答を捉えることが難しい場合があることが示された。ストレス要因が与えられたヤマトシジミは、細胞損傷からの回復や総抗酸化力の維持にエネルギーが費やされていることが予想されるため、生体内エネルギーの観点から評価することも重要である。そこで、ORAC に加えて ATP を併用することで環境ストレスを評価出来ると仮定して、以下の実験を行った。

3.3 外乱実験系と標準状態系における抗酸化応答と生体内エネルギーの関係

図 1.2-(20)、図 1.2-(21)に外乱実験系 (図 1.2-(20)、図 1.2-(21)の Exposure の期間)と、その後の標準状態系 (図 1.2-(20)、図 1.2-(21)の Depuration の期間)における ORAC と ATP の推移を示した。ORAC は外乱実験系では、変化しなかった ($p>0.05$)。その後の標準状態系においては Run4-2 と 4-3 の 4 日目、Run4-3 の 7 日目で有意差が生じたものの ($p<0.05$)、実験期間を通じて大きな変化は見られなかった。一方、ATP は、実験開始時に Run4-1、4-2 で約 $7.5 \mu\text{mol/g}$ 、Run4-3 で $34.9 \mu\text{mol/g}$ という値が示され、両者の間には有意差が生じ ($p<0.05$)。その後、Run4-1、4-2 は外乱実験系 2 日目で既に ATP が増加していた ($p<0.05$)。また、外乱実験系 7 日目には、Run4-2 と Run4-3 の間に有意差が生じた ($p<0.05$)。外乱実験系 2 日目以降は、全てのケースで変化が無かった ($p>0.05$)。

二枚貝は環境が悪化すると、殻を閉じる機構が知られ、ろ過水量や酸素を取り込む量が減少する。環境が悪化し、殻を閉じた中で生存し続けるには、エネルギーの消費を出来るだけ抑える必要がある。実際にミノガイ (*Lima hians*)をストレス環境に曝した実験では、ストレス曝露前と比較して ATP の消費量が 10 分の 1 に低下することが報告されている。本実験においても、餌が無い環境や下水曝露がヤマトシジミに環境ストレスとして作用し、ATP の消費量が低下したことが予想される。これにより、生体内でのエネルギー利用を最

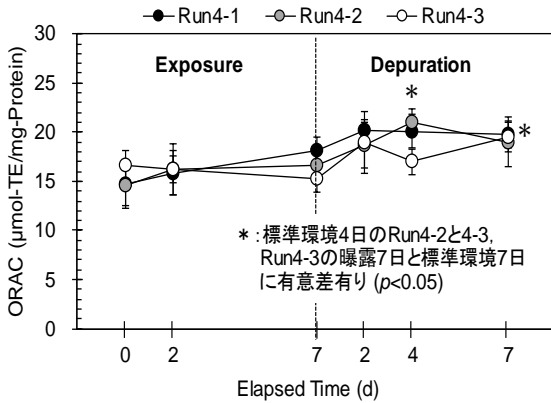


図 1.2-(20). 外乱実験系と標準状態系における ORAC の推移

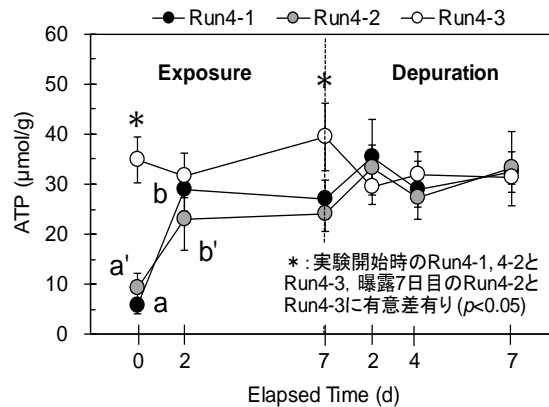


図 1.2-(21). 外乱実験系と標準状態系における ATP の推移

小限に留め、ATP を貯蔵した可能性が考えられる。一方で、ストレス要因が無い馴致時の環境では、珪藻類の摂餌によって得たエネルギーを代謝の維持や成長に利用したことで ATP が消費されたと考えられる。そのため、実験開始時の Run4-1、4-2 では ATP が既に減少していた可能性が考えられる。

本研究の結果より、ヤマトシジミが受けた環境ストレスを評価するうえで、ORAC のみでは過小評価してしまう恐れがある。したがって、ATP 等のバイオマーカーを併用することで、環境ストレスを適切に評価出来る可能性が示された。

[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

本研究では、都市下水に対する汽水性二枚貝の環境ストレスを初めて明らかにした。

[5] 発表及びアウトリーチ

(1) 成果の発表

1) 査読付き英文論文

池田雄・明石詢子・町田裕貴・鈴木準平・藤田昌史(2016) : 汽水湖の環境要因に対するヤマトシジミの抗酸化力応答, 土木学会論文集 B2 (海岸工学, 72 (2), I_1351-I_1356.

2) その他査読付き論文 なし

3) 著書 なし

4) 国際会議論文 なし

5) 大学・研究所等紀要 なし

6) その他

国内学会発表

池田雄・鈴木準平・藤田昌史: 汽水性二枚貝ヤマトシジミの都市下水に対する抗酸化応答と細胞損傷の関係, 第 51 回日本水環境学会年会, 2017/03 (熊本)

増子沙也香・鈴木準平・藤田昌史: 汽水性二枚貝ヤマトシジミの炭素収支に基づく成長余力評価手法の確立, 第 51 回日本水環境学会年会, 2017/03 (熊本)

(2) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの) なし

(3) マスコミ等への公表・報道等 なし

参考引用文献

1) 環境省 (2016) 平成 27 年度公共用水域水質測定結果, p13.

- 2) 茨城県 (2014) 平成 26 年度茨城県市町村別污水处理人口普及率.
- 3) 茨城町 (2014) 平成 26 年度水質調査報告書、p1.
- 4) Hagger *et al.* (2008) *Marine Pollution Bulletin*, 56, 1111–1118.
- 5) Regoli *et al.* (2002) *The Science of the Total Environment*, 289, 205–211.
- 6) 池田ほか (2016) 土木学会論文集 B2 (海岸工学)、72(2)、I_1351-I_1356.
- 7) Fang *et al.* (2008) *Marine Pollution Bulletin*, 56(12), 2052–2058.
- 8) Thompson and Bayne (1972) *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 9, 111–124.
- 9) Gäde (1983) *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 76 (1), 73–77.

1. 2. 3. 「大規模地震においてすら粘性土は安全か？：地震時地盤災害における粘性土の役割」

安原 一哉 (ICAS)

研究協力者：渡邊 大樹 (理工学大学院)

[1] 研究目的

1964 年の新潟地震以後の近年の大規模地震でも見逃されがちであった地震時災害における粘性土地盤の役割を明らかにし、体系化することによって地盤動力学の分野に貢献することを目指している。

[2] 研究概要

初年度は、全国 9 名（安原を含む）の研究者の密接な連携を図るための準備期間と位置づけたが、研究が始まった早々に熊本地震に見舞われたので、この地震がもたらした地盤災害に焦点を当てた。

[3] 研究成果

火山灰性粘性土上に構築された熊本県益城町の多くの住宅が火山灰性粘性土の地震動の非線形性によってもたらされた劣化に起因することを、現地調査、室内実験及び数値解析によって明らかにした。

[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

成果の一部は、熊本市や熊本県の宅地造成マニュアルに反映されつつある。

[5] 発表及びアウトリーチ

(1) 成果の発表 なし

- 1) 査読付き英文論文 なし
- 2) その他査読付き論文なし
- 3) 著書なし
- 4) 国際会議論文

Yasuhara *et al.* (2017): Instability of residences on volcanic ash cohesive soils during the 2016 Kumamoto Earthquake, Proceedings of the Japan-USA Joint Workshop on the 2016 Kumamoto Earthquake, pp. 139-146, March 6, 2017, Fukuoka, Japan

- 5) 大学・研究所等紀要
- 6) その他

- (2) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）
- (3) マスコミ等への公表・報道等

1.2.4. 気候変動に起因する大規模水害に対する適応策と限界

安原 一哉 (ICAS)

[1] 研究目的

低平地における気候変動の複合的な影響を定性的と定量的な適応策の評価と適応策の限界を明からかにかにすることを旨とした。特に、鬼怒川水害へ反映することを念頭に置いた。なお、本研究は科研費基盤 B「気候変動適応策の有効性と限界」（代表者：田村誠）の助成を受けた。

[2] 研究概要

2015 年鬼怒川水害の調査に基づいた大規模水害への適応策の考察を行った。

[3] 研究成果

- 1) 鬼怒川水害も低平地における気候変動によるもので典型的な複合災害（地盤沈下を受ける低平地における集中豪雨）であることを指摘した。
- 2) 適応策は、従来のハードウェア（堤防の強化）、ソフトウェア（防災教育）に加えて、ヒューマンウェア（自助、コミュニティ力の強化）、コマンドウェア（公助、情報伝達、避難所のマップ作りなど）を効率的な融合が必要であることを強調した。

[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

- 1) 河川沿岸域の低平地における土地利用計画の策定に反映する可能性を示唆した。
- 2) 河川沿岸域の大規模水害対応に関する防災教育材料に反映した。
- 3) 従来の reactive な適応策から、proactive な適応策に重点を置くべきことを強調し、その事例（関東地方における河川堤防の侵食しやすさの事前の定量表示）を紹介した。

[5] 発表及びアウトリーチ

(1) 成果の発表

- 1) 査読付き英文論文 なし
- 2) その他査読付き論文

安原一哉・村上哲・小荒井衛・小林薫(2016)：2015 年関東・東北豪雨災害における教訓と地盤工学的対応，第 60 回地盤工学シンポジウム 平成 28 年度（2015 年度）論文集，pp.85-94.

3) 著書 なし

4) 国際会議論文

Yasuhara, K., Murakami, S., Koarai, M., Ito, T. and Tsutsui, K(2016).: Lesson learned from flood damage in Kinu River during the Kanto-Tohoku localized torrential downpour in 2015, Proc. International Symp. Hanoi Geoenvironment 2016, pp. 16-23, Hanoi, Vietnam.

5) 大学・研究所等紀要 なし

- 6) その他 なし
- (2) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）なし
- (3) マスコミ等への公表・報道等 なし

1.2.5. 自治体災害対策本部のための防災情報システムの構築

石田智行（工学部）

研究協力者：柴田義孝（岩手県立大学）、内田法彦（福岡工業大学）

広原裕亮（理工学研究科）

[1] 研究目的

本研究では、あらゆる災害情報を登録・共有可能な対話型大規模超高精細ディスプレイを用いた災害対策用意思決定支援クラウドシステムを構築する。本システムでは、災害対策本部に集約されるあらゆる災害情報を直感的に登録可能な災害情報インプット機能、登録された情報を災害対策本部内で迅速に共有可能な災害情報アウトプット機能、登録された情報から専用アプリケーションへのリアルタイムな災害情報を発信する機能を実現する。さらには、省コスト性・高操作性を考慮した災害情報インタラクティブ共有機能を実現する。

[2] 研究概要

1) 災害情報インプット機能

住民から報告されたリアルタイムな情報、防災関係機関から報告された情報を災害情報毎にタブレット端末やPCを用いて登録することで電子化を図り、災害情報の迅速な収集と集約を可能とする。

2) 災害情報アウトプット機能

電子化された災害情報を整理し必要な災害情報やSNS等に投稿された有益なビッグデータ情報を、コンテンツごとに災害対策本部に設置された大型ディスプレイに映し出すことで、災害対策本部内での膨大な情報の整理と意思決定を支援する。大型ディスプレイは、様々なコンテンツを同時表示させるためのプラットフォームとして市販の安価な液晶ディスプレイを組み合わせた対話型大規模超高精細ディスプレイ環境を実現する。

3) 災害情報発信機能

本システムに登録された様々な災害情報から、住民へ発信すべき災害情報を専用アプリケーションへ送信する。

4) 災害情報インタラクティブ共有機能

情報の多様性（家屋倒壊情報、医療機関情報、配給物資情報、交通情報）、情報メディアの多様性（動画や静止画、HTML、文書データ）を考慮し、災害対策本部内の各自治体職員が、手元のノートPCやタブレット端末上のカテゴリごと（被害情報、避難所情報、ボランティア情報、支援物資配給情報など）の災害情報をワンタッチ・ワンクリックで対話型大規模超高精細ディスプレイ環境上に反映可能な機能を実現する。

[3] 研究成果

1) 災害情報インプット機能

大規模自然災害発生時、地方自治体の災害対策本部では各関係機関や住民から押し寄せる膨大な災害情報を集約し、被害状況を把握する必要がある。そこで、本研究では、各関係機関や住民から報告された災害情報を電子化し、情報整理を容易にするための災害情報登録システムを構築した。本システムは、災害情報を

登録する電気情報登録システム、水道情報登録システム、避難指示情報登録システム、公共交通機関情報登録システム、被害地点情報登録システム、通行止め情報登録システム、被害領域情報登録システム、臨時避難所情報登録システム、給水・物資拠点情報登録システム、遺体安置所登録システム、死傷者情報登録システム、住民問い合わせ情報登録システム、その他情報登録システムに加え、各自治体における部署情報等の自治体情報を登録する部署管理システムと新規災害管理システムから構成される。一例として、災害情報登録システムメイン画面を図 1.2-(22)に示す。



図 1.2-(22). 災害情報登録システムメイン画面

2) 災害情報アウトプット機能

災害発生時、地方自治体の災害対策本部では各関係機関や住民から押し寄せる膨大な災害情報を整理し、被害状況を的確に把握しなければならない。そこで、本研究では、災害情報登録システムにより登録された災害情報の整理を容易にし、情報共有と意思決定を支援するための災害情報共有システムを構築した。本システムは、基礎情報共有システム、被害情報共有システム、拠点情報共有システム、時系列情報共有システム、SNS 情報共有システム、過去災害情報共有システムから構成される。一例として、電気情報可視化画面を図 1.2-(23)に示す。

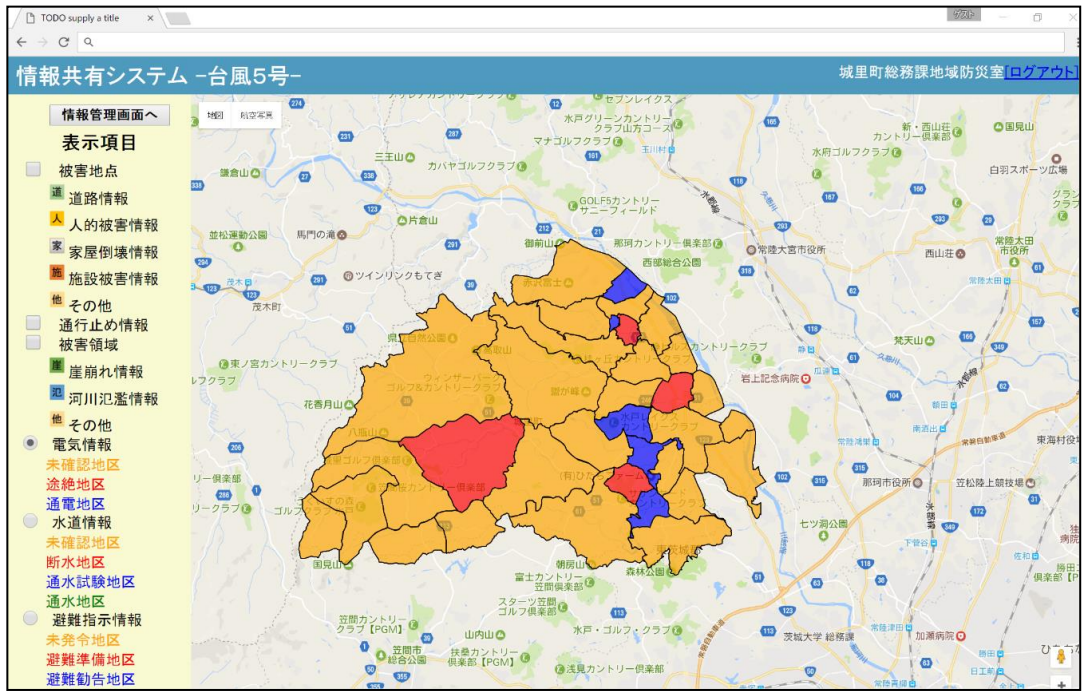


図 1.2-(23). 電気情報可視化画面

3) 災害情報発信機能

大規模自然災害発生時、地方自治体の災害対策本部では、住民が適切な災害対応を取れるよう、住民に対して災害情報を発信する必要がある。そこで、本研究では、災害情報登録システムにより登録された災害情報の中から、住民に発信すべき情報を専用アプリケーションへ発信する災害情報発信システムを構築した。災害情報発信画面を図 1.2-(24)に示す。



図 1.2-(24). 災害情報発信画面

4) 災害情報インタラクティブ共有機能

災害対策本部内の各自治体職員が、手元のノート PC やタブレット端末上のカテゴリごと（被害情報、避難所情報、ボランティア情報、支援物資配給情報など）の災害情報をワンタッチ・ワンクリックで対話

型大規模超高精細ディスプレイ環境上に反映可能なシステムを構築した (図 1.2-(25)).

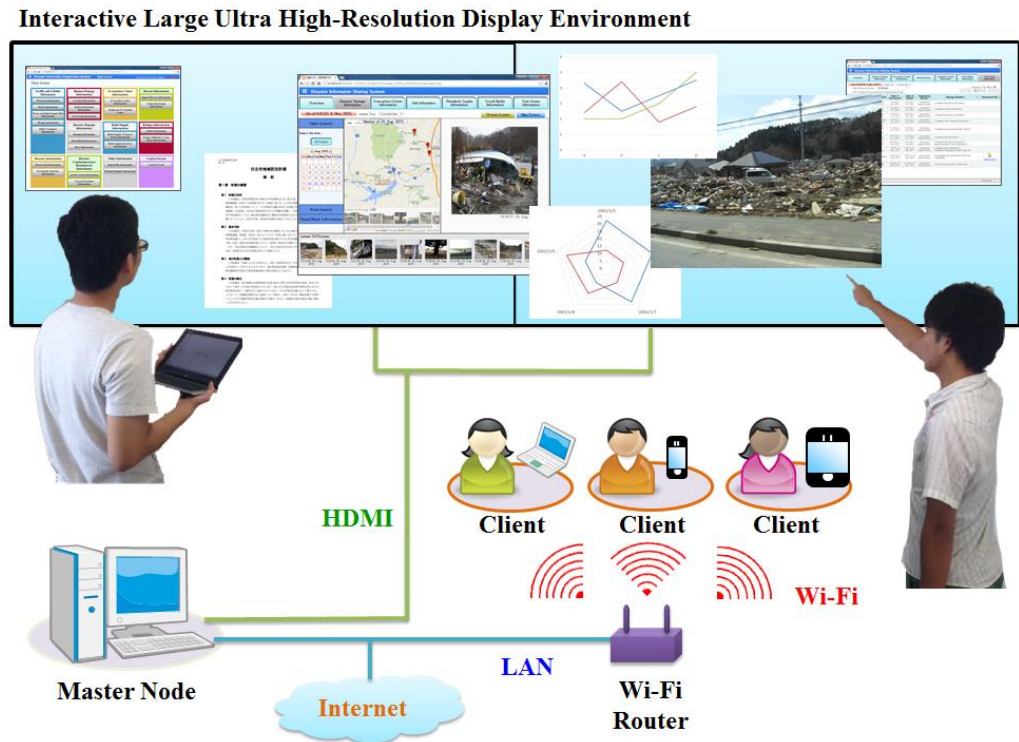


図 1.2-(25). 災害情報インタラクティブ共有機能

[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

災害情報共有可視化システムは、災害対策本部内で共有が必要な情報のみを自動で抽出するとともに、多種多様なコンテンツを同時に提示する新しい共有基盤であり、メタな臨場感の提示により、思考を中断しないインタラクティブな共有環境を実現する。大規模災害時に対応可能なネットワーク上での実証実験は、開発したシステムを実際の大規模災害を想定した劣悪通信環境下で性能評価する新しい実証実験法であり、大規模災害時環境下における情報伝達・情報共有を検証する。本研究の実用化により、災害対策本部における情報整理や被害対応等のボトルネックが解消され、防災対策の第一次的責務を有している災害対策本部活動の著しい改善が見込める。

[5] 発表及びアウトリーチ

(1) 成果の発表

- 1) 査読付き英文論文 なし
- 2) その他査読付き論文 なし
- 3) 著書 なし
- 4) 国際会議論文

Tomoyuki Ishida, Yusuke Hirohara, Nobuyuki Kukimoto, Yoshitaka Shibata, (January.2017) “Proposal of a Decision Support System for the Local Government’s Disaster Control Headquarters”, Proc. of the 22nd International Symposium on Artificial Life and Robotics, pp649-652.

Yusuke Hirohara, Tomoyuki Ishida, Noriki Uchida, Yoshitaka Shibata (March.2017) “Proposal of a Disaster Information Cloud System for Disaster Prevention and Reduction”, Proc. of the 31th IEEE International Conference

on Advanced Information Networking and Applications Workshops.

5) 大学・研究所等紀要 なし

6) その他

石田智行・広原裕亮:大規模高精細映像表示装置上における災害情報可視化システムの構築,日本バーチャルリアリティ学会第 21 回大会,21E-01,Sep.2016.

広原裕亮・石田智行:災害対策本部のためのクラウド災害情報共有システムの提案,可視化情報学会全国講演会(日立 2016)講演論文集,Vol.36,No.2,B106,Oct.2016.

石田智行・広原裕亮・内田法彦・柴田義孝:災害情報収集・共有クラウドシステムの研究開発,第 30 回テレイメージング技術研究会研究会,Dec.2016.

(2) シンポジウム、セミナーの開催(主催のもの) なし

(3) マスコミ等への公表・報道等 なし

2. 気候変動適応型の農業開発に関する研究(第 2 部門)

2.1. 適応型栽培技術の開発

2.1.1. 気候変動下での作物の品質低下および収量変動に関する要因の解明

新田 洋司、浅木 直美(農学部)

研究協力者：ズパール ノーリ、塩津 文隆、季 彪俊

[1] 研究目的

水稻栽培において出穂期および登熟期の高温は、粳・玄米の粒重や品質に影響をおよぼす大きな要因である。とくに近年は、登熟期の異常高温で、いわゆる「白未熟粒」とよばれる白色不透明部を有する米粒が多発し、品質の低下が指摘されている。本研究では、登熟期の高温による水稻穎果の粒重の変化を、穂上位置が異なる穎果で明らかにすることを目的とした。

[2] 研究概要

日本型水稻 5 品種を供試した(あきたこまち、コシヒカリ、日本晴、ヒノヒカリ、キヌヒカリ)。茨城大学農学部圃場内網室で栽培した。1/5000a ワグナーポットに水田土壌を充填し、基肥として硫酸アンモニウム、過リン酸石灰、塩化カリをそれぞれ 4、4、2g ずつ混入した。2016 年 5 月 9 日に催芽粳を円形に 20 粒ずつ播種し、出芽後、出現した分けつは適宜ハサミで切除して主茎 1 本立てで栽培した。出穂期に追肥として、硫酸アンモニウム、過リン酸石灰塩化カリをそれぞれ 4、4、2g ずつを水に溶いて(液体肥料)施用した。そして、各品種で半数のポットを昼(7時~18時)夜(18時~7時)温が 35/30°C の人工気象室に移し高温処理をした。環境温度、高温下のいずれも、成熟期に穂を採取し、粳重および玄米重を測定した。

本研究では、9つの異なる穂上位置の穎果(下記)を対象とした。まず、異なる穂上位置の穎果の呼称方法を以下のとおりとした(新田ら 1994)。1次枝梗穎果は、「1次枝梗番号」・「穎果番号」の2桁、2次枝梗穎果は、「1次枝梗番号」・「2次枝梗番号」・「穎果番号」の3桁とした。そして、「1次枝梗番号」は穂の頂部から求基的に数えてローマ数字で、「2次枝梗番号」はそれぞれの1次枝梗の頂部から求基的に数えてローマ数字で表した。また、「穎果番号」は、それぞれの1次枝梗または2次枝梗で、頂部穎果を1、最基部穎果を2とし、以降、求頂的に数えてアラビア数字で表した。そして、本研究では、つぎの穎果を対象とした：I 1、II I 1、III 1、III I 2、IV 4、IV I 2、V I 2、VI I 2、VIII 3。

[3] 研究成果

高温処理区では、全品種で、穂重、登熟歩合、粳重、玄米重が有意に低下した。とくに、キヌヒカリ、ヒノヒカリ、日本晴は登熟歩合がそれぞれ 34.6、32.9、33.5%低下し、高温感受性が強い(高温耐性が弱い)品種であることが明らかになった。なお、高温処理区で穂重、登熟歩合、粳重、玄米重が低かったのはコシヒカリ、あきたこまちであった。

高温処理区では、コシヒカリおよびあきたこまち以外の全品種で、穂上位置の異なる全穎果の玄米重が有意に低下した。一方、高温処理区でも、コシヒカリでは II I 1、IV 4、IV I 2、V I 2、VIII 3 の穎果の、あきたこまちでは III 1 の穎果の玄米重が環境温度区とかわらなかった。表 2.1-(1)には、高温感受性が弱い(高温耐性が強い)コシヒカリと高温感受性が強い(高温耐性が弱い)キヌヒカリの玄米重の結果を示した。

環境温度区および高温処理区のいずれにおいても、全品種で、開花日と粳重および玄米重との間に有意な負の相関関係が認められた(図 2.1-(1))。したがって、いずれの温度においても、開花日の早い穎果は粳重および玄米重が大きいことが明らかとなった。

以上より、水稻の穂上位置が異なる穎果では粳重および玄米重が異なることが明らかとなっ

た。とくに、環境温度および高温のいずれにおいても、開花日の早い穎果は籾重および玄米重が大きいことが明示された。また、高温感受性が強い品種では、穂重、登熟歩合、籾重、玄米重が低下すること、一方、高温感受性が弱い（高温耐性が強い）品種では、これらの形質への影響が低いことが明らかとなった。

[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

水稻では穂上位置の異なる穎果で籾重や玄米重が異なることが知られていた。しかしながら、近年多発する登熟期の異常高温によって、穂上位置の異なる穎果への影響の程度は明確になっていなかった。一方、登熟期の異常高温にたいして品種により耐性・感受性が異なることが知られている。本研究は、日本型水稻を用いて、穂上位置の異なる穎果にたいする高温の影響を品種間差異とともに明らかにすることを目的とした。

その結果、高温下でも開花日の早い穎果は籾重および玄米重が大きいことが明かとなった。また、高温感受性が強い（高温耐性が弱い）品種では、収量構成要素が低下して収量が低下することも明らかになった。

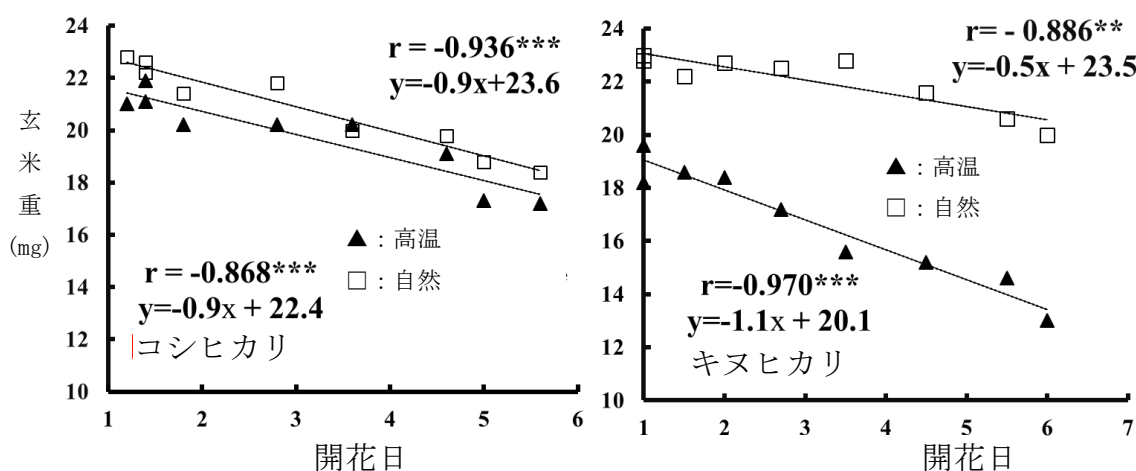
したがって、本研究により、穂上位置による開花日や登熟機作の差異が高温登熟下でも品質や収量に影響をおよぼすことが明確となり、栽培制御的ならびに品種育成で解決すべき課題であることが明確となった。

表 2.1-(1). 登熟期の気温が穂上位置を異にする穎果の玄米重 (g) におよぼす影響

品種	処理区	穎果位置								
		I 1	II I 1	III 1	III I 2	IV 4	IV I 2	V I 2	VI I 2	VIII 3
コシヒカリ	自然	23.5	21.9	22.8	22.0	22.6	20.2	19.8	18.1	18.4
	高温	21.0 *	22.6 ns	21.1 *	20.2 *	21.6 ns	20.0 ns	19.1 ns	16.5 *	17.2 ns
キヌヒカリ	自然	23.0	22.8	22.2	22.7	22.5	22.8	21.6	20.6	20.0
	高温	18.2 **	19.6 **	18.6 **	18.4 **	17.2 **	15.6 **	15.2 **	14.6 **	13.0 **

*, **: 処理区間でそれぞれ 5, 1% で有意差あり. ns : 有意差なし.

図 2.1-(1). 登熟期の気温が穂上位置を異にする穎果の玄米重 (mg) と開花日との間の関係におよぼす影響.



** , *** : それぞれ 1, 0.1% 水準で有意

2.1.2. 熱帯地域で栽培される作物におけるデンプンおよび糖生産性の検討とその利用法の開発

新田 洋司、浅木 直美（農学部）

研究協力者：季 彪俊，塩津 文隆，西澤 麻佑，ズパール ノーリ

[1] 研究目的

ハトムギ(*Coix lacryma-jobi* L.)は熱帯から温帯で自生または栽培されるイネ科の作物である。種子（穎果）は栄養価が高く機能性を有することが知られており、中国、日本、フィリピン、ミャンマー、タイなどのアジア諸国では、民間薬としても使用されている（Chung ら 2010）。また、種子は、装飾やバラと組み合わせたネックレスなどにも利用されている。

ハトムギ穎果は、やや堅い総苞に包まれ、外穎・内穎の内部に胚乳が含まれる。ハトムギ穎果については、これまで、抽出成分や抗がん成分、抗炎症作用に関する研究が散見されるが（Chung ら 2010, Do ら 2010, Li ら 2011）、デンプン生産性が高いにもかかわらず個体の生育や種子の生態学的特性に関する研究事例はあまり見当たらない。本研究では、ハトムギ種子の生態的特徴に加え、胚乳内の貯蔵物質の蓄積構造を明らかにすることを目的とした。

[2] 研究概要

ハトムギ3品種を供試した（あきしずく、とりいずみ、はとゆたか）。茨城大学農学部圃場内網室で栽培した。1/5000a ワグナーポットに畑土壌を充填し、基肥として窒素、リン酸、カリをそれぞれ0.84、0.70、1.21g ずつ混入した。2016年6月1日に1粒ずつ播種した。播種後36日目に、窒素、リン酸カリをそれぞれ0.06、0.00、0.04g ずつ追肥した。開花後70日目に収穫し、室温下で風乾後、種子の粒重、粒厚、粒幅を測定した。また、種子を急速凍結-真空乾燥法で凍結乾燥させ（-60℃, 10⁻³Pa）（Zakaria ら 2002）、表面または断面を白金でコーティングして走査電子顕微鏡（日本電子社製, JSM6360A）で観察した。

[3] 研究成果

あきしずくおよびとりいずみの種子の形質は、粒幅を除いてほとんど同じであった（表 2.1-(2)）。しかしながら、あきしずくとはとゆたかの間では、5つの形質で有意差が認められた。粒長は3品種で品種間差異は認められなかった。

走査電子顕微鏡で胚乳の貯蔵物質の蓄積構造を観察した結果、ハトムギ胚乳のデンプンは、1つのアミロプラストにデンプン粒が1つ蓄積する“単粒”であることがわかった。

あきしずくのアミロプラスト表面には、深い穴が多数認められた（図 2.1-(2)a）。アミロプラストとアミロプラストの間には、タンパク顆粒が多数認められた。とりいずみでは、多くのアミロプラストが分解し、空洞が認められるものもあった（図 2.1-(2)b）。アミロプラストとアミロプラストの間には、空隙が認められ、デンプンの蓄積密度が高くないことが判明した。はとゆたかでは、アミロプラストとタンパク顆粒が緻密に高密度に蓄積していた（Fig. 2c）。穴や空洞、分解像はほとんど認められなかった。一方、アミロプラストとアミロプラストの間には、多数のタンパク顆粒が認められた。

以上より、あきしずくととりいずみの種子の形態的特性は類似していることが判明した。これは、遺伝的に近縁であることが要因と考えられた。一方、はとゆたかとあきしずくの種子の形態的特性は大きく異なった。はとゆたかはアミロプラストとタンパク顆粒を緻密に高密度に蓄積するが、あきしずくととりいずみではアミロプラストに穴や分解像、空隙などがあることが判明した。はとゆたかは、デンプンやタンパク質の生産性が高いことが明らかになった。

[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

ハトムギはデンプン生産性が高く、比較的粗放的に栽培が可能であるにもかかわらず、機能的成分や民間薬としての研究事例が散見されたのにとどまっていた。

本研究では、ハトムギ種子の生態的特徴を明らかにすることができた。また、デンプンとタンパク質の蓄積の様相が明らかになり、品種間差も明確であることが判明した。

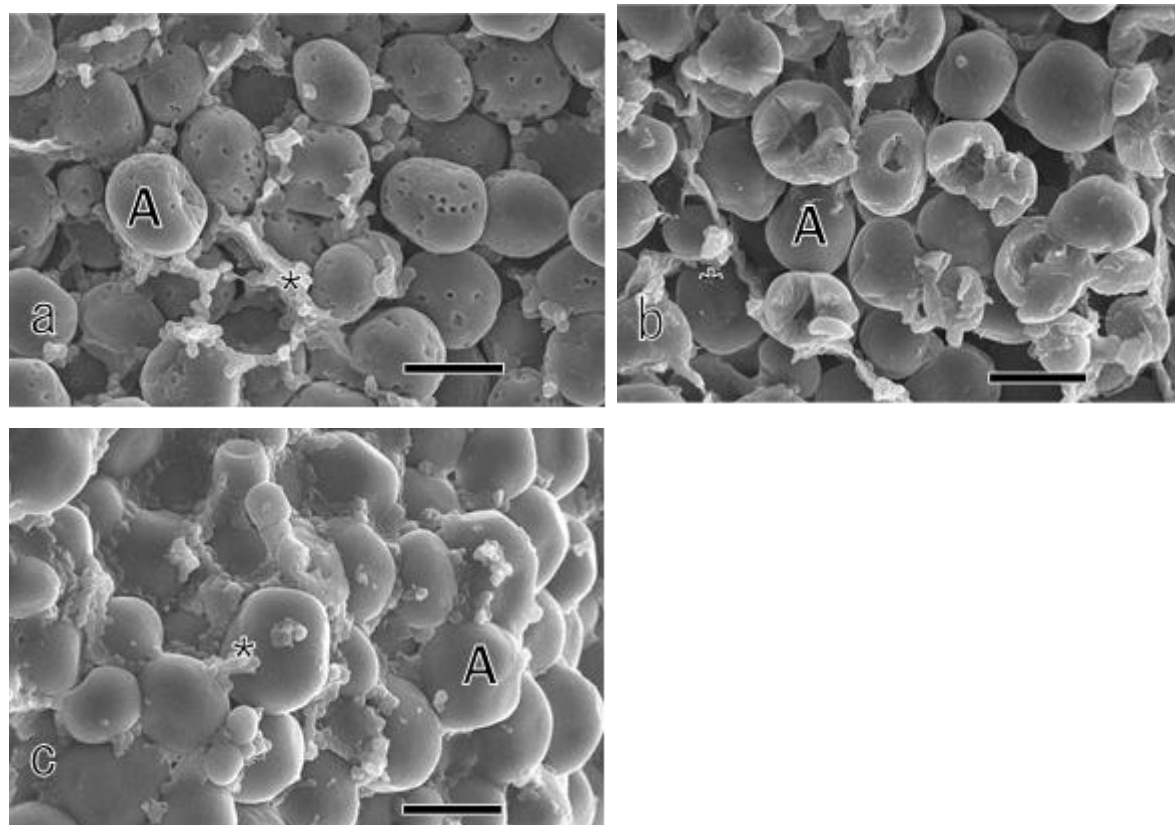
これらの知見は、今後、ハトムギを新たな高デンプン生産作物と位置づけ、積極的にデンプンを生産する資源作物として注目される。また、今回、胚乳の貯蔵物質の蓄積構造の品種間差の一端が明らかになったが、これらの知見は、機能的成分の比較と開発や、高デンプン生産を目指す栽培制御方法の開発に有用な情報となる。ハトムギの栽培の拡大と利用が期待される。

表 2.1-(2). ハトムギ品種における種子の諸形質

品種	100 粒重 (g)	100 粒重 (総苞を除く) (g)	種子の長さ (mm)	種子の幅 (mm)	種子の長さ/幅比	種子の長さ (総苞を除く) (mm)	種子の幅 (総苞を除く) (mm)	種子の長さ/幅比 (総苞を除く)
あきしずく	10.62 B	6.78 B	10.35 a	5.81 C	1.78 a	6.16 ab	4.72 B	1.30 A
とりいずみ	10.32 B	7.27 B	10.30 a	6.06 B	1.70 ab	6.08 b	4.73 B	1.38 A
はとゆたか	13.27 A	8.96 A	10.68 a	6.74 A	1.59 b	6.26 a	5.47 A	1.14 B

同一大文字または小文字アルファベットを含む品種間では 5, 1%水準で有意差がない (チューキー法)

図 2.1-(2). ハトムギ品種胚乳の走査電子顕微鏡写真



a: あきしずく, b: とりいずみ, c: はとゆたか.

A: アミロプラスト、*: タンパク顆粒. スケール: 10 μm.

[5] 発表及びアウトリーチ

(1) 成果の発表

1) 査読付き英文論文

K. Oyama, P. Sudiarta, F. Shiotsu, N. Sakagami, M. Komatsuzaki, Y. Nitta, Y. Kuruusu and D. Suprapta (2017) Benefits and difficulties of organic and conventional rice farming systems in Bali, Indonesia. *Tropical Agriculture and Development* 61: in press.

Zhao-hui Ma, Hai-tao Cheng, Y. Nitta, Naohiro Aoki, Yun Chen, Heng-xue Chen, Ryu Ohsugi and Wen-yan Lyu (2017) Differences in viscosity of superior and inferior spikelets of japonica rice with various percentages of apparent amylose content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*: in press.

Yamamoto, Y., Omori, K., Nitta, Y., Kakuda, K., Pasolon, Y. B., Rembon, F. S., Gusti, R. S., Arsy, A. A., Miyazaki, A. and Yoshida, T(2016) Dry matter production and distribution after trunk formation in sago palm (*Metroxylon sagu* Rottb.). *Tropical Agriculture and Development* 60,pp. 71-80.

Sakagami, N., Shiotsu, F., Agustiani, N., Komatsuzaki, M. and Nitta, Y(2016) Characteristics elemental composition and organic component of Indonesian rice. *Tropical Agriculture and Development* 60,pp.65-70.

2) その他査読付き論文

3) 著書

新田洋司 (2016)「葉面積拡大の仕組み」平沢正・大杉立編, 作物生産生理学の基礎,農文協,東京,pp.29-42.

4) 国際会議論文

Nitta, Y.(2016) Anatomical and morphological features on starch accumulation in sago palm stem. Pranamuda, H., Toyoda, Y., Osok, R. M., Chan, M. U. K. and Haska, N. eds., *Unleashing Sago: Hidden Treasure of the World (The Proceeding of the 11th International Sago Symposium, Manokwari, West Papua, Indonesia, 6-8 November 2013)*. 29-34.

5) 大学・研究所等紀要 なし

6) その他

Nitta, Y(2017)Accumulation structure of storage substances in organs of high-starch-yielding crops. Invited Keynote Speech. *Proceedings of The International Symposium on Agriculture and Environment 2017 (ISAE2017)*, University of Ruhuna, Sri Lanka at January 19, 2017. 3-6.

Nitta, Y., Asagi, N. and Shiotsu, F(2016) Morphological and anatomical characteristics of sago palm starch by electron microscopical observation. *Proceedings of the 12th International Sago Symposium: The Sago Supports Human Planet Welfare*, Rikkyo University, Tokyo, Japan at September 15-17, 2015. 31-34.

Nitta, Y(2016) Characteristics of ultra-fine structures of high-quality and -palatable rice grain observed by electron microscope. Invited Speech in International Summit Forum and Industry-University-Institute Cooperation Conference on Rice Palatability and Quality, Genva Grand Hotel, Tianjin, China at August 9, 2016. 66-68.

佐藤登代子・新田洋司・塩津文隆・浅木直美(2017)中国上海市で市販されている精米の理化学的および形態学的特性,日本作物学会第 243 回講演会要旨集,112.

- 浅木直美・松崎航・新田洋司・塩津文隆・小松崎将一(2017)緑肥とぼかし肥の施用が水稻の生育と収量におよぼす影響,日本作物学会第 243 回講演会要用旨集,107.
- Zubair Noori, Youji Nitta, Naomi Asagi, Fumitaka Shiotsu and Biaojun Ji (2017) Effects of high temperature during ripening period on grain weight within a panicle of japonica rice cultivars. Abstracts of the 243rd Meeting of the Crop Science Society of Japan, March 29 & 30, 2017, Tokyo, Japan. 31.
- 新田洋司・壺内里枝・高井政貴・浅木直美・塩津文隆・佐藤祐椰・西澤麻佑・渡邊さゆり(2016)軟化水で炊いた飯は米粒内部の孔が小型化し食感が向上する,日本水稻品質,食味研究会会報 8,44-45.
- 新田洋司・佐藤登代子・塩津文隆・浅木直美(2016)中国上海市で市販されている精米の粒質および理化学的特性,日本水稻品質,食味研究会会報 8,42-43.
- 新田洋司・壺内里枝・高井政貴・浅木直美・塩津文隆・佐藤祐椰・西澤麻佑・渡邊さゆり(2016)軟化水で炊いた飯は米粒内部の孔が小型化し食感が向上する,日本水稻品質,食味研究会第 8 回講演会講演要旨集,48-49.
- 新田洋司・佐藤登代子・塩津文隆・浅木直美(2016)中国上海市で市販されている精米の粒質および理化学的特性,日本水稻品質,食味研究会第 8 回講演会講演要旨集,46-47.
- Biaojun Ji, Youji Nitta, Naomi Asagi, Fumitaka Shiotsu, Fagang Xia and Feng Wu (2016) Effects of heavy metals on germination and early seedling growth of job's tears. Abstracts of the 242nd Meeting of the Crop Science Society of Japan, September 10 & 11, 2016, Otsu, Japan. 81.
- 高橋里佳・浅木直美・新田洋司・塩津文隆・小松崎将一・安江健・西脇淳子(2016)放射性 Cs を含む牛ふん堆肥を施用した土壌における交換性 Cs の経時的変化とデントコーンによる吸収,日本作物学会第 242 回講演会要旨集,65.
- Kakar Kifayatullah, Youji Nitta, Naomi Asagi, Masakazu Komatsuzaki, Fumitaka Shiotsu and Toshiaki Kokubo(2016) Effects of organic fertilizers on accumulation structure of reserve substances in rice grain based on scanning electron microscopic analysis. Abstracts of the 242nd Meeting of the Crop Science Society of Japan, September 10 & 11, 2016, Otsu, Japan. 45.
- 新田洋司・西澤麻佑・浅木直美・塩津文隆(2016)コムギ子実における貯蔵物質の蓄積構造の品種間差異,日本作物学会関東支部会報 31,52-53.
- 浅木直美・杉本祐李・塩津文隆・新田 洋司・上野秀人(2016)マメ科作物の緑肥施用がソルガムの生育と乾物収量におよぼす影響,日本作物学会関東支部会報 31,50-51.
- 新田洋司・渡邊さゆり・浅木直美・塩津文隆(2016)サツマイモ塊根および“サツマイモ蒸切干”における貯蔵物質の蓄積構造に関する形態学的解析,日本作物学会関東支部会報 31,48-49.
- Ji, B., Nitta, Y., Asagi, N., Shiotsu, F., Nishizawa, M. and Noori, Z(2016) Ecological characteristics and accumulation structure of storage substances in job's tears seed. Kanto J. Crop Sci. 31,46-47.

(2) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

高橋肇・横田修一・山口武視・吉弘昌昭・竹西多香子・大野達弘・黒瀧秀久・新田洋司(2017)あんなかたち、こんなかたち、地域それぞれ人それぞれの 6 次産業,日本作物学会第 242 回講演会シンポジウム,日本作物学会紀事 86,82-86.

(3) マスコミ等への公表・報道等 なし

2.1.3. 茨城県におけるコメの白未熟粒発生割合推定モデルの構築

滝本貴弘 (ICAS)、増富祐司 (農学部)、田村 誠 (ICAS)

研究協力者：田中研一

[1] 研究目的

コメの白未熟粒(以下、CRK と記す)は落等の基準であることから、その発生は生産者にとって経済的損失をもたらす。CRK の発生は、気温や日射量といった気象要素および肥培管理や灌漑水管理等に大きな影響を受ける。特に近年は、高温が原因とみられる発生が増加していることもあって、温暖化条件下における影響評価やそれに対する適応策立案が求められている。そのためには CRK 発生割合を定量的に推定するモデルが必要であるが、気象要素に対する発生機構は定性的理解にとどまっている。そこで本研究では茨城県において主要な品種である「コシヒカリ」と「あきたこまち」について、気象要素を説明変数とする CRK 発生割合の推定モデルを構築した。

[2] 研究概要

イネの栽培は茨城県龍ヶ崎市にある茨城県農業研究所で行われ、CRK は発現部位ごとに目視によって調査した。解析の対象年次は 2008-2015 年であり、毎年、約 10 日ずらして 2 回の移植を行った。肥培管理や栽植密度は対象年次を通して同じである。使用した気象要素は日平均気温と日積算日射量であり、圃場近傍にあるアメダスの観測値を整理・公開している作物気象 DB の値を使用した。モデルは Masutomi et al. (2015)の式(1)をベースにした。CRK の発生には日射量が影響するという報告があるが、これにはその影響が含まれていない。そこで、CRK が発生し始める気温を日射量の関数とすることでその効果を組み込んだ。CRK 発生割合 $I(\%)$ を表すモデル式は以下のようになる。

$$I(T, S) = \begin{cases} 0 & (T < aS + b) \\ k(T - aS - b) & (T \geq aS + b) \end{cases}$$

ここで、 $T(^{\circ}\text{C})$ と $S(\text{MJ}/\text{m}^2/\text{d})$ はそれぞれ出穂期を起点としたある期間の平均気温と日射量であり、 $a(^{\circ}\text{C}/(\text{MJ}/\text{m}^2/\text{d}))$ 、 $b(^{\circ}\text{C})$ 、 $k(\%/^{\circ}\text{C})$ はモデルパラメータである。平均化する日数を移動させながら、CRK 発生割合に合うように a 、 b 、 k を決定した。

[3] 研究成果

推定の結果、「コシヒカリ」では出穂期 5 日前から 34 日間の、「あきたこまち」では出穂期 5 日前から 37 日間の平均気温と日射量が最も精度が高かった。この期間はおおむね出穂始期から成熟期に相当する。図 1 に品種別の最適な CRK 発生割合のモデル式を示す。品種間でモデルを比較すると次の 2 点で特徴的な差が見られる。①低日射時に CRK が発生し始める気温は「コシヒカリ」でより低い、②気温に対する CRK 発生割合の感度を表す k は「あきたこまち」でより大きい。①については、「コシヒカリ」では 26°C 以下のときにそれより高い場合と比べて CRK 発生割合が高くなっていた。これは、このとき低日射で発生が助長される乳心白粒が多く(平均 7.7%)発生したためだと考えられる。一方、 26°C より大きい場合の乳心白粒の発生割合は 6.3%で、 26°C 以下の場合と比較して発生率が低くなっていた。高気温条件では高日射量がともなっており、そのために乳心白粒の発生割合が低下したものと考えられる。一方、「あきたこまち」は「コシヒカリ」と比較して乳心白粒の発生割合そのものが低かった(平均 3.9%)。以上の結果から「コシヒカリ」では「あきたこまち」に比べて気温に対する CRK 発生割合の感度が低下し、 k が小さくなったと推察される(②)。これまでの研究では、CRK 発生割合の品種間差が気温に対する感

度の違いによるものなのか、発生し始める気温の違いによるものなのかがわからなかった。本研究のモデルを利用することでCRK発生割合の品種間差がどちらの影響をより受けるのかを定量的に理解することが可能となる。

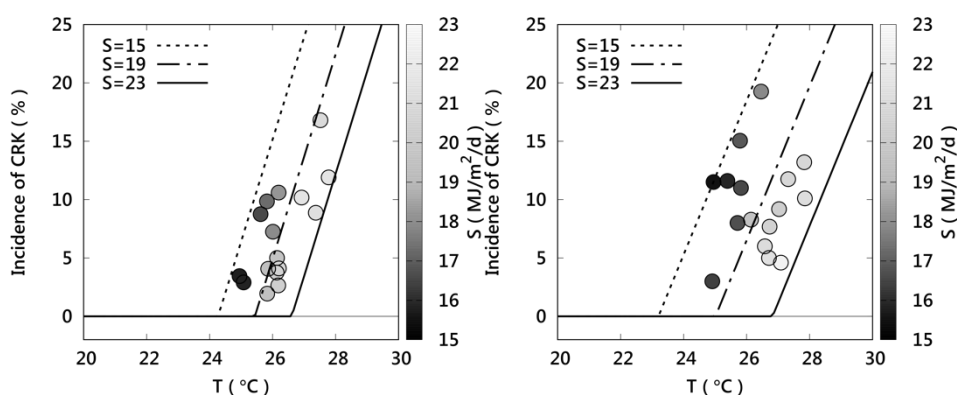


図 2.1-(3). コシヒカリ(右)とあきたこまち(左)における CRK 発生割合とモデル式

[4]

研究成果の学術的・社会的影響度

[5] 発表及びアウトリーチ

(1) 成果の発表

- 1) 査読付き英文論文 なし
- 2) その他査読付き論文 なし
- 3) 著書 なし
- 4) 国際会議論文 なし
- 5) 大学・研究所等紀要 なし
- 6) その他

増富祐司・田村誠・滝本貴弘(2015)茨城県農業における温暖化適応総合計画の策定,関東の農業気象,42,2-4.

滝本貴弘・増富祐司・田村誠・田中研一(2017)茨城県におけるコメの白未熟粒発生割合推定モデルの構築と広域推定,日本農業気象学会 2017 年全国大会(発表予定).

田村誠(2016)「地域における気候変動影響とその適応策」 行方市環境問題講演会,行方市北浦公民館,2016 年 11 月 9 日.

- (2) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの) なし
- (3) マスコミ等への公表・報道等 なし

2.1.4. 適応型栽培技術の開発

長谷川守文（農学部）

研究協力者：武山恵典、勝間田駿（茨城大学大学院農学研究科）

大橋佳奈、西脇 萌（茨城大学農学部）

[1] 研究目的

減農薬栽培システムを構築する上では、植物自身の持つ自己防御能力を最大限に利用することが重要である。その自己防御反応の一つとして、植物が病原菌による感染を受けたときに新たに蓄積する抗菌活性物質であるフィトアレキシンの利用開発を検討する。

[2] 研究概要

イネいもち病菌などのイネの病原菌によるフィトアレキシンの分解やこれらの菌に対する抗菌活性についての検討を行った。

[3] 研究成果

- ・イネのフィトアレキシンのモミラクトン A のイネいもち病菌による新規の代謝産物を発見し、これを既知の代謝産物のエピマーである 15,16-dihydroxy-3,6-dioxo-18-nor-9 β -pimar-7-ene と同定した。
- ・イネいもち病菌に対しては弱い抗菌活性しか示さないモミラクトン A がイネ紋枯病菌やイネを宿主としないいもち病菌に対しては高い抗菌活性を示すことを明らかにした。
- ・イネのアミド系フィトアレキシンである *N*-ベンゾイルトリプタミンや *N*-シナモイルトリプタミンがイネいもち病菌によって代謝されることを明らかにした。

[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

[5] 発表及びアウトリーチ

(1) 成果の発表

1) 査読付き英文論文

Katsumata, S., Hamana, K., Horie, K., Toshima, H., and Hasegawa, M. (2017). Identification of sternbin and naringenin as detoxified metabolites from the rice flavanone phytoalexin sakuranetin by *Pyricularia oryzae*. *Chem. Biodiversity*, in press. DOI: 10.1002/cbdv.201600240

2) その他査読付き論文 なし

3) 著書 なし

4) 国際会議論文 なし

5) 大学・研究所等紀要 なし

6) その他 なし

(2) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの） なし

(3) マスコミ等への公表・報道等 なし

2.1.5. 【戦略研究】「持続的な畑作物輪作体系の開発と地域農業の活性化」に関する研究
 マメ科作物の緑肥利用がソルガムの生育におよぼす影響

浅木直美、新田洋司(農学部)
 研究協力者：杉本祐李

[1] 研究目的

作物の収量を低減させず化学肥料の施肥量を削減できれば、環境への負荷を軽減できると考えられる。根粒菌と共生関係にあるマメ科植物を緑肥として利用することで、主作物は根粒菌が固定した空気中の窒素を吸収利用することができる。また、マメ科植物は菌根菌の宿主でもあるため、土壌中の菌根菌の密度や主作物への菌根菌感染率を増加させる。その結果、主作物によるリン酸の吸収量を増加させることができる。緑肥としてマメ科植物(シロクロバ)を利用すると主作物(トウモロコシ)へのアーバスキュラー菌根菌の感染率の増加と窒素とリン酸吸収量が増加することが報告されている(Deguchi et al. 2007)。このように根粒菌や菌根菌の宿主であるマメ科作物の緑肥利用により、大気中の窒素や土壌中に蓄積したリン酸の主作物による吸収利用が促進され、化学肥料の施肥量削減につながる可能性がある。

そこで、大気中の窒素や土壌に固定されたリン酸を積極的に利用することで、収量を維持しつつ化学肥料の施肥量を削減する栽培技術を確立することを目的として、マメ科緑肥作物であるシロクロバの利用が主作物ソルガムの生育におよぼす影響を解析した。

[2] 研究概要

茨城大学農学部附属フィールドサイエンス教育研究センター内圃場のビニールハウスで1/2000aワグナーポットを用いて栽培実験をした。土壌は同センター内圃場の黒ボク土を用いた。緑肥区として、緑肥作物の地上部(T)と地下部(R)を土壌に混和したTRすきこみ区、地下部のみを混和したRすきこみ区、刈り取った地上部を土壌表面に敷いてマルチとしたTR不耕起区、地下部のみを残して耕起しなかったR不耕起区の計4処理区を設けた(表1、2)。また、無緑肥区として、何も施用しない無施肥区、リン酸の施肥水準が異なる施肥0区(リン酸無施肥)、施肥0表面区(リン酸無施肥、リン酸以外の肥料を土壌表面に施肥)、施肥1区(P_2O_5 : 10 gm^{-2})、2区(P_2O_5 : 20 gm^{-2})の計5処理区を設けた。なお、緑肥区と無緑肥区の無施肥区以外の全処理区に窒素とカリウムを同量(N : $K_2O=20$: 20 gm^{-2})施肥した。緑肥区では、2016年3月8日にシロクロバを播種し84日間栽培した。本実験では主作物として、ポットでも栽培実験ならびに処理や調査、試料採取が容易なソルガム品種三尺ソルゴーを供試し、同年6月3日に播種した。

[3] 研究成果

緑肥区のソルガムの草丈と葉色値は播種後約60日間、無緑肥区よりも高く推移した。収穫時の全乾物量は、TRすきこみ区とTR不耕起区で施肥0区よりも重く、リン酸を施肥した施肥1区、2区と同程度であり、リン酸無施肥であってもリン酸を十分量施肥した場合と同程度の乾物重量であった(表3)。播種後95日目に計測した葉身の $\delta^{15}N$ 値は、緑肥区で無緑肥区(無肥区、表面0区)に比べて有意に低かった。初期土壌の $\delta^{15}N$ 値が5.30‰であったのに対して、施肥した化学肥料窒素と緑肥として施用したシロクロバ茎葉の $\delta^{15}N$ 値が-2.11‰から-10.8‰であったことから、TR不耕起区で化学肥料もしくは緑肥由来の窒素の吸収が盛んであったことが推察された。

以上のことから、シロクロバの緑肥利用は、ソルガムの栽培においてリン酸および窒素肥

料の施肥量削減に有効であり、なかでも緑肥作物地下部は不耕起とし、地下部をマルチとする方法（TR 不耕起区）がもっとも有効であると考えられた。

[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

マメ科緑肥の利用により主作物への菌根菌感染率が向上し、主作物のリン酸や窒素吸収量が増加することが過去に報告されている。しかし、緑肥の施用方法（すき込み、マルチなど）が主作物の窒素やリン酸の吸収量、乾物重におよぼす影響に関する知見は不足している。

本研究の結果、マメ科作物を緑肥としてすき込むよりも不耕起条件下で地上部を敷設することで、主作物の乾物重を栽培制御的に増加することできた。この技術を栽培現場に普及することがまたれる。

[5] 発表及びアウトリーチ

(1) 成果の発表

- 1) 査読付き英文論文 なし
- 2) その他査読付き論文 なし
- 3) 著書 なし
- 4) 国際会議論文 なし
- 5) 大学・研究所等紀要 なし
- 6) その他

浅木直美・杉本祐李・塩津文隆・新田洋司・上野秀人 (2016) マメ科作物の緑肥施用がソルガムの生育と乾物収量におよぼす影響, 日本作物学会関東支部会報, 31, 50-51.





- (2) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）なし
- (3) マスコミ等への公表・報道等 なし

表 2.1-(3). 処理区と施肥量

	処理区 (反復数:3)	化学肥料 (g/m ²)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
緑肥区	TRすきこみ区*	20	0	20
	Rすきこみ区*	20	0	20
	TR不耕起区*	20	0	20
	R不耕起区*	20	0	20
無緑肥区	無施肥区(無肥区)	0	0	0
	施肥0区(0区)	20	0	20
	施肥0表面区(表面0区)*	20	0	20
	施肥1区(1区)	20	10	20
	施肥2区(2区)	20	20	20

* 化学肥料を土壌表面に施肥しその他の処理区は土壌中に混和した。
T: 緑肥作物地上部, R: 緑肥作物地下部

表 2.1-(4). 緑肥区の処理方法

緑肥 施用方法	TRすきこみ	Rすきこみ	TR不耕起	R不耕起
				
緑肥作物 地上部(T)	○	×	○*	×
緑肥作物 地下部(R)	○	○	○	○
耕起	○	○	×	×

* 緑肥地上部を土壌表面に敷きマルチとした。T：緑肥作物地上部，R：緑肥作物地下部

表 2.1-(5). ソルガム葉身の $\delta^{15}\text{N}$ 自然存比（播種後 95 日目）と
収穫時の乾物重（播種後 102 日目）

処理区	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})^*$	乾物重(g/pot)				
		根	茎	葉	穂	合計
TRすきこみ区	-3.11 b	22.0 ab	13.9 a	14.5 a	18.5 ab	68.9 abc
Rすきこみ区	-3.21 b	10.7 b	11.2 a	11.0 a	8.7 b	41.6 bc
TR不耕起区	-5.05 c	13.2 b	13.1 a	15.0 a	32.0 a	73.3 a
R不耕起区	-3.43 b	10.9 b	11.3 a	11.1 a	15.8 ab	49.0 abc
無施肥区	-1.58 a	11.9 b	9.8 a	10.3 a	9.3 b	41.3 c
施肥0区(0区)	-	17.6 ab	12.0 a	13.7 a	10.3 b	53.6 abc
施肥0表面区(表面0区)	-1.65 a	21.6 ab	14.5 a	9.6 a	6.5 b	52.2 abc
施肥1区(1区)	-	27.4 a	14.0 a	14.8 a	13.6 b	69.9 abc
施肥2区(2区)	-	31.7 a	14.7 a	13.3 a	10.6 b	70.3 ab

同一アルファベットを含む処理区間ではTukey法(5%水準)で有意差がないことを示す。

* 初期土壌 $\delta^{15}\text{N}=5.30\text{‰}$ ，硫酸アンモニウム(化学肥料)の $\delta^{15}\text{N}=-7.55\text{‰}$

2.1.6. キュウリ奇形果の発生に及ぼす環境要因に関する研究

田附明夫（農学部）

[1] 研究目的

キュウリ奇形果の発生に及ぼす環境ストレスの影響を遺伝子レベルで調べる。

[2] 研究概要

キュウリ奇形果の発生に関わる光合成産物欠乏で発現するマーカー遺伝子を検索し、その機能を調べる。

[3] 研究成果

これまでに有望なマーカー候補遺伝子として CsSEF1 を見出し、詳細な発現解析を行ってきたが、今回さらに RNA-seq によって多数の候補遺伝子を得た。

[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

キュウリは世界的に重要な野菜であり、園芸作物の商品性は品質に大きく依存するので、野菜生産にとって奇形果発生抑制は重要である。また、果実における光合成産物代謝についての遺伝子レベルの知見はまだ乏しく、学術的にも重要である。

[5] 発表及びアウトリーチ

(1) 成果の発表

1) 査読付き英文論文 なし

2) その他査読付き論文 なし

3) 著書

「理工系のための生物学入門 メンデルからシステムバイオロジーまで」 デザインエッグ社.

4) 国際会議論文 なし

5) 大学・研究所等紀要なし

6) その他

「キュウリ果実の糖飢餓マーカー候補遺伝子 CsSEF1 の発現解析」(園芸学会 28 年度春季大会)

(2) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの) なし

(3) マスコミ等への公表・報道等 なし

2.2. 土壌・水系物質循環保全の研究

2.2.1. 水資源のサステナビリティ指標を用いた農業生産の評価

内田 晋 (農学部)

[1] 研究目的

水資源に関して、エコロジカルフットプリントと同様に空間的・時間的な希少性の違いを考慮し、かつ様々な活動による水資源消費の度合いを積算し、ローカルからグローバルまで評価することのできる指標を開発する。また、それを用いて農業生産による水資源消費のインパクトを評価する。

[2] 研究概要

水資源消費について、微分型ウォーターフットプリントと積分型ウォーターフットプリントという 2 つの新しい指標を開発した。これらは、猶予期間という仮想的な水利用の時間を導入することにより定義された水利用フローがベースとなっており、微分型ウォーターフットプリント利用量フローと利用可能量フローの比を対象の面積に乗じることでエコロジカルフットプリントと同様に水資源消費のインパクトを面積で表すことを可能にしたものである。また、それを時間で積分し、ストックとしての水利用量の負荷を表したものが積分型ウォーターフットプリントである。

[3] 研究成果

開発した 2 つの指標を水田における稲作に適用し、日本各地の稲作の水資源消費の状況を解析中である。

[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

本研究で開発された指標により、エコロジカルフットプリントに近い概念でのウォーターフットプリントを評価することが可能となり、さらには農業以外の産業や消費活動についても評価してそれらを積算することでグローバルレベルでの水資源消費に関する議論が可能になった。

[5] 発表及びアウトリーチ

(1) 成果の発表

- 1) 査読付き英文論文 なし
- 2) その他査読付き論文 なし
- 3) 著書

Susumu UCHIDA (2016) Promotion Policies for Sustainable Energy Technologies: Case Studies in Japan, Socioeconomic Environmental Policies and Evaluations in Regional Science, Shibusawa, H., Sakurai, K., Mizunoya, T., Uchida, S. (Eds.), pp.711-729, Springer,

- 4) 国際会議論文 なし
- 5) 大学・研究所等紀要 なし
- 6) その他
- (2) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの) なし
- (3) マスコミ等への公表・報道等 なし

2.2.2. 農業用排水路の乱流特性に着目した環境配慮工の有効性評価

前田滋哉（農学部）

研究協力者：飯田 睦、石崎 周、安齋諠子、吉田貢士、黒田久雄

[1] 研究目的

我が国の農業水路は治水・利水を重視してコンクリート化が進んだため、かつての土水路より高流速で植生が減少してきた。その結果、水路に生息する魚類が減少したが、近年では農業水路での魚類保全も重視されるようになり、魚道、魚巢、魚溜といった環境配慮工が水路に導入される事例が増加した。しかし、それらの魚類保全への有効性や最適な設計法についての研究は、十分にはなされていない。特に、水の乱れ（乱流）に対する魚の応答はこの問題の本質部分の一つだが、水理と魚類生態といった関連分野の学際性のため、世界的にも研究が始まったばかりと言える。そこで本研究では茨城県の農業水路にある魚巢と魚溜を対象とし、水路における乱流特性と魚の消費エネルギーを指標とし、魚巢と魚溜の設置効果の定量化を試みた。

[2] 研究概要

茨城県常陸大宮市岩崎地区の農業用排水路において、魚巢が設置されている特定区間を研究対象に選んだ。瞬間流速を魚巢の内・外の複数地点で連続観測することを繰り返した。得られたデータから乱れエネルギー、乱れ度、レイノルズ応力、渦径といった乱流特性値を推定した。さらに各観測点での魚体への抗力から魚類の消費エネルギーを推定した。これらの値を用いて魚巢内と魚巢外の相違を統計的に調べた。また、この結果を、魚巢が魚溜とともに設置されている茨城県稲敷郡美浦村興津地区の農業用排水路における調査結果と比較し、魚溜が単独で設置された場合との相違を分析した。

[3] 研究成果

岩崎地区の農業用排水路に 14 箇所の観測点を設け、計 4 回水理観測を行った。上記方法により乱流特性を求め、魚巢内、魚溜外におけるそれらの中央値を比較したところ、ほとんどの変数で有意差があった。魚巢内では魚の消費エネルギーが有意に小さく、魚巢は魚が休息場として有益であることが定量的に示された。しかし、乱れエネルギーなどいくつかの特性値は、明確には低下していなかった。また、これらを興津地区の魚巢と比較したところ、魚溜があるほうが顕著に消費エネルギーを減少させており、魚巢を魚溜と組み合わせるほうが有効であること示唆された。

[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

[5] 発表及びアウトリーチ

(1) 成果の発表

- 1) 査読付き英文論文 なし
- 2) その他査読付き論文 なし
- 3) 著書 なし
- 4) 国際会議論文

Maeda, S., Iida, M., Yoshida, K., Kuroda, H.(2016)Turbulence and energetic characteristics of water regions created by eco-friendly physical structures in an agricultural drainage canal, E-proceedings of 12th International Conference on Hydrosience & Engineering, Tainan, Taiwan, 6 to 10 November 2016, 13-0001.pdf.

- 5) 大学・研究所等紀要 なし
- 6) その他 なし
- (2) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの） なし
- (3) マスコミ等への公表・報道等 なし

3. 適応のための生活圈計画・適応対策に関する研究(第3部門)

3.1. 気候・環境変動への適応計画と適応政策

田村誠 (ICAS)、横木裕宗 (工学部)、桑原祐史 (広域水圏)、
安原一哉、熊野直子、安島清武 (ICAS)
研究協力者：四栗瑞樹、川嶋良純

[1] 研究目的

本研究では、1) 世界の沿岸域における適応策の費用便益分析、2) ベトナムの紅河デルタにおける気候変動の脆弱性評価と適応策の検証、を実施する。これら適応策の研究事例を通じて、持続可能な気候変動対策への指針づくりを行う。

[2] 研究概要

(1) 世界の沿岸域における適応策の費用便益分析

気候変動リスクに対処するためには、緩和策と適応策それぞれの長短を的確に捉え、限られた資源でリスクを最小限に抑え込んでいく総合的な戦略が必要である。しかし、2014年に発行された IPCC AR5 でも適応策の費用便益に関する確信度の高い研究はまだ少なく、政策決定者要約への記載も大半が見送られた。つまり、地球規模の気候変動適応策の効果と費用便益に焦点をあてた研究が必須となる。そこで本研究は、世界の沿岸域を対象とした気候変動による複合影響の把握と適応策にかかる費用便益の提示を目指す。

本年度は、1)海面上昇と潮汐を考慮した将来の浸水影響評価、2)防護費用の計量経済分析(一次推計)、3)堤防データ抽出プロセスの開発と試行、などを実施した。

本研究は、環境省環境研究総合推進費 S-14「気候変動の緩和策と適応策の統合的戦略研究」および科研費基盤 B「気候変動適応策の有効性と限界」の助成を一部受けている。

(2) ベトナムの紅河デルタにおける気候変動の脆弱性評価と適応策の検証

ベトナムの紅河デルタにおいて海面上昇や海岸侵食の現地調査を実施し、現地の実情に合わせた望ましい適応策の提案と検証を行う。

本研究は、科研費基盤 B「気候変動適応策の有効性と限界」、環境省環境研究総合推進費 S-14「気候変動の緩和策と適応策の統合的戦略研究」の助成を一部受けている。

[3] 研究成果

(1) 世界の沿岸域における適応策の費用便益分析

(1)-1 海面上昇と潮汐を考慮した将来の浸水影響評価

海面水位は、満潮・干潮、また大潮・小潮といった潮汐でも変動しており、これらに将来の気候変動に伴う海面上昇が加わると予想されている。図 3.1-(1)は RCP シナリオ毎の海面水位変化に潮汐変動(M2、K1、S2、O1 の主要四分潮)も加味した場合の潜在的面積の時系列変化、図 3.1-(2)はその中でも最も影響が大きい RCP8.5 シナリオにおいて海面上昇および潮汐を考慮した場合の 2100 年の潜在的浸水域を示している。

図 3.1-(1)、図 3.1-(2)の浸水計算は、横木他(2013)が計算した海面水位変化と潮汐の空間分布を考慮し、陸地と海底地形は ETOPO1 のデータを用いた(Amante and Eakins, 2009)。陸域では標高値、海域では水深値を持った 1 分間隔の全球のグリッドデータを、2.5 分グリッドデータに重み付け平均化して、モデル上の陸域と海域の判定を行った。潮汐は、Egbert and Erofeeva(2002)による TPXO7.2 の潮位データから主要四分潮を重ねた大潮の満潮時のような水

位を想定した。今回の推計には高潮などの一時的だが局地的に甚大な浸水影響は考慮せず、海面上昇に加えて潮汐による恒常的な浸水影響のみを考慮している(潮汐での水位が 3m 以上になる箇所も含まれる)。ここでの潜在的浸水域とは護岸などの海岸・港湾構造物を考慮せずに海水面の変化と標高を比較して算出したものであり、図は実際の浸水域ではなく「もし構造物がなければ」浸水する領域を示している。総じて見れば潮汐変動が海面上昇よりも浸水影響は大きく、現在のところは堤防などで防護される地域も存在する。

海面上昇と潮汐の両方を考慮した場合、21 世紀末には RCP4.5 シナリオで約 39 万 km²、RCP8.5 シナリオで約 42 万 km² が世界全体の潜在的浸水域になると推計される。このうち、海面上昇による潜在的浸水域は 21 世紀末の RCP4.5 シナリオで約 14 万 km²、RCP8.5 シナリオで約 16 万 km² である。地域別には中国の長江デルタ、メコンデルタ、バングラデシュの低地、アマゾン河口等に潜在的に大きな浸水リスクがあると推計される。これらの潜在的浸水域は海面上昇と潮汐を含めた場合で陸地面積の約 0.3% だが、沿岸域の人口密度が内陸域よりも高いことは問題をいっそう複雑にしている。図 3.1-(3)は、社会経済シナリオ(SSP シナリオ)の 0.5 度グリッドデータ(Murakami and Yamagata, 2016)に基づく浸水影響人口を示している。RCP8.5 シナリオでの 2100 年の浸水影響人口は約 6,300 万人(SSP1)~1.06 億人(SSP3)と推計され、これは 2100 年の推計総人口の約 1% に上る。

ところで、Nicholls et al.(2011)は 2100 年に全球で一様に 50cm の海面上昇を仮定して最大 88 万 km² が浸水すると報告したが、本研究は海面上昇の空間分布や標高データを精緻化した結果として先行研究よりは小さな推計値となっている。それでもなお、海面上昇に伴う浸水影響は甚大となることが懸念される。

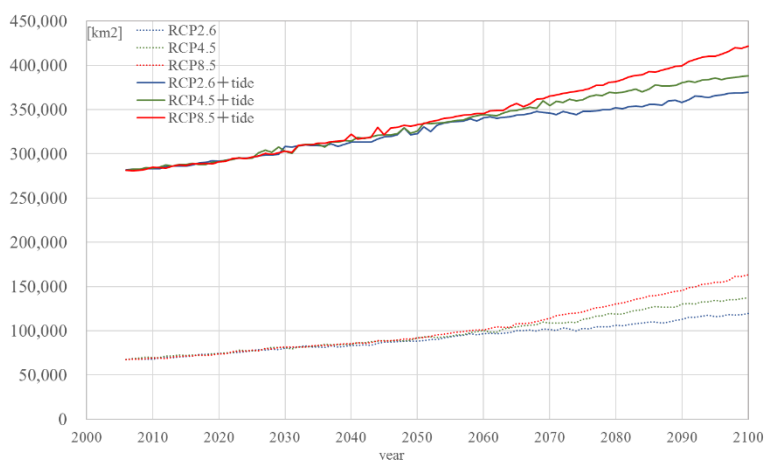


図 3.1-(1). 海面上昇および潮汐による潜在的浸水面積の推計(四栗, 2017 より作成)

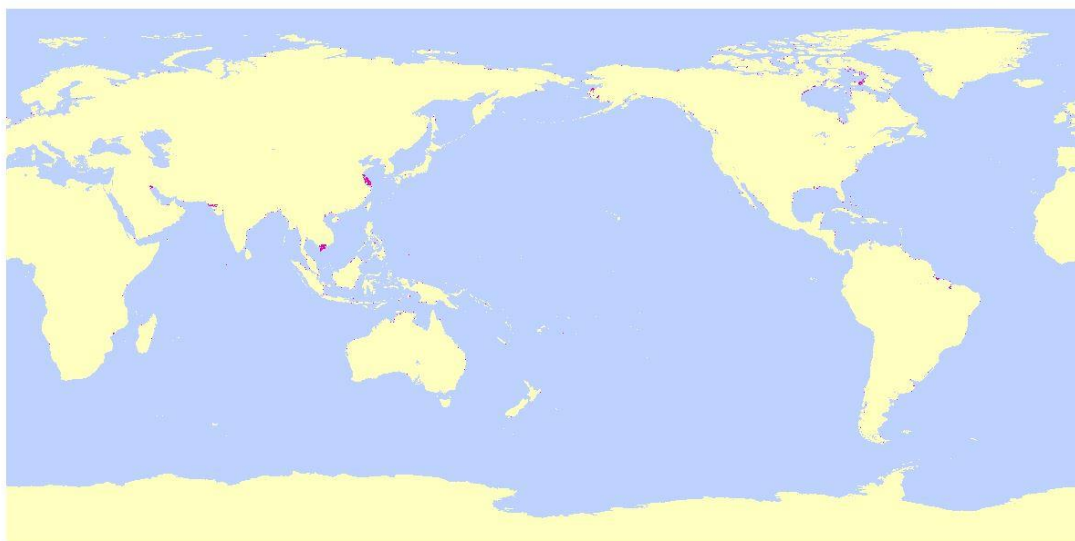


図 3.1-(2). 海面上昇および潮汐による 2100 年の潜在的浸水域 (RCP8.5 シナリオ)

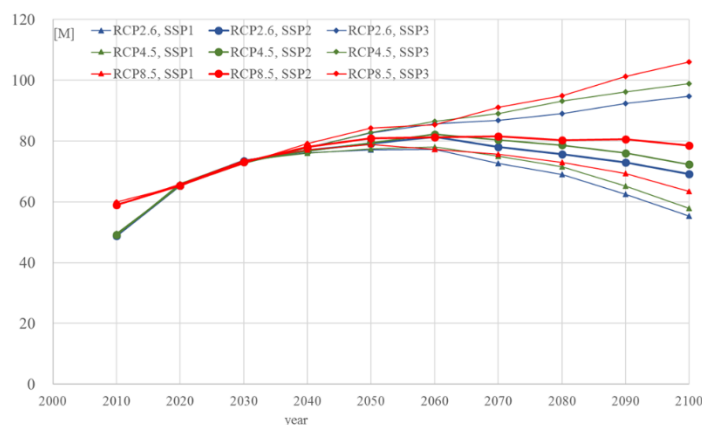


図 3.1-(3). 海面上昇および潮汐による影響人口

(1)-2 防護費用の計量経済分析(一次推計)

沿岸域には主要な産業拠点や資産が集積しているため、陸地面積や人口の比率以上に大きな社会・経済的影響が及ぶことが予想される。まず、全球での海面上昇等の浸水被害額を推計するために、過去のデータから地域、国、経済水準などと浸水被害との相関を検証した。ここでは、EM-DAT の災害データベースのうち、Hydrological disasters に分類される 1980-2013 年までの世界 171 か国の被害額と一人当たり GDP、影響人口を抽出した。水害被害額と国の経済の水準にはある程度の相関性と個別性がある。それゆえ、世界全体とともに世銀の区分に従い各国の経済水準を 3 段階(2005 年の一人当たり GDP ; Low: 4,125\$以下、Middle: 4,126-12,735\$、High: 12,736\$以上)に分けてそれぞれの重回帰分析から被害額推計式を導出した。経済指標は 2005 年基準で実質化している。

そして、図 3.1-(3)の浸水影響人口と SSP シナリオの一人当たり GDP をこの被害額推計式に当てはめて被害額を求めた。図 3.1-(4)は、世界一律と 3 つの経済水準に分けて推計した場合の浸水に伴う被害額をそれぞれ示している。被害額は RCP シナリオの違いよりも SSP シナリオの一人当たり GDP の違いによる影響が大きく、また経済水準に分けた方が先進国への影響が強調されるため総被害額が大きくなるという結果となった。

次に、適応費用を沿岸域の適応策は、撤退、順応、防護の3つに大きく分類される。撤退は、非常に脆弱な地域から内陸部や高台などへ移ることである。順応は、浸水が起きても大きな被害にならないように生活様式や土地の利用方法を工夫することであり、高床式住居、遊水池などの土地利用の変更、ハザードマップ、保険などが含まれる。防護は、構造物による外力の保護、養浜を用いた海岸侵食対策、低緯度地域でのマングローブ植林などが含まれる。

Tamura et al.(2016)は、日本、アメリカ、ベトナムなど世界 10 カ国 469 件の沿岸堤防や護岸等の防護費用データを収集し、地域、国、経済水準等との相関を検証し、概ね国の経済水準が高くなれば防護基準も上がり、単位当たりの防護費用も高くなる傾向があることを明らかにした。図 3.1-(5)は、Tamura et al.(2016)で求めた世界各国の堤防等建設費用(1km あたりの単位費用)の平均値と社会経済シナリオ(SSP シナリオ)の一人当たり GDP を加味した 2100 年の堤防等建設費用の予測値を示している。各国とも国内の地方ごと、あるいは建設年代によってその傾向に幅があるものの、主として新興国では経済発展に伴って防護水準と防護費用が今後上昇すると推察される。海面上昇等の外力が増大すれば、その防護基準が今後見直される可能性がある。

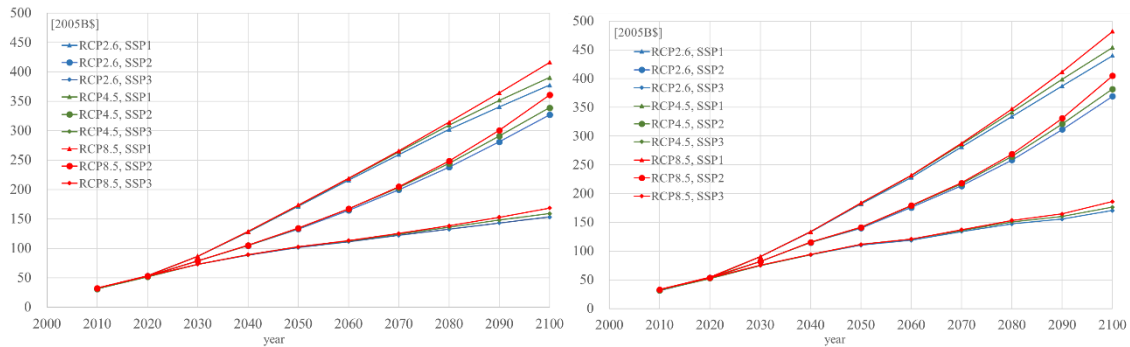


図 3.1-(4). 海面上昇および潮汐による被害額 (左：世界一律の推計、右：経済水準別の推計)

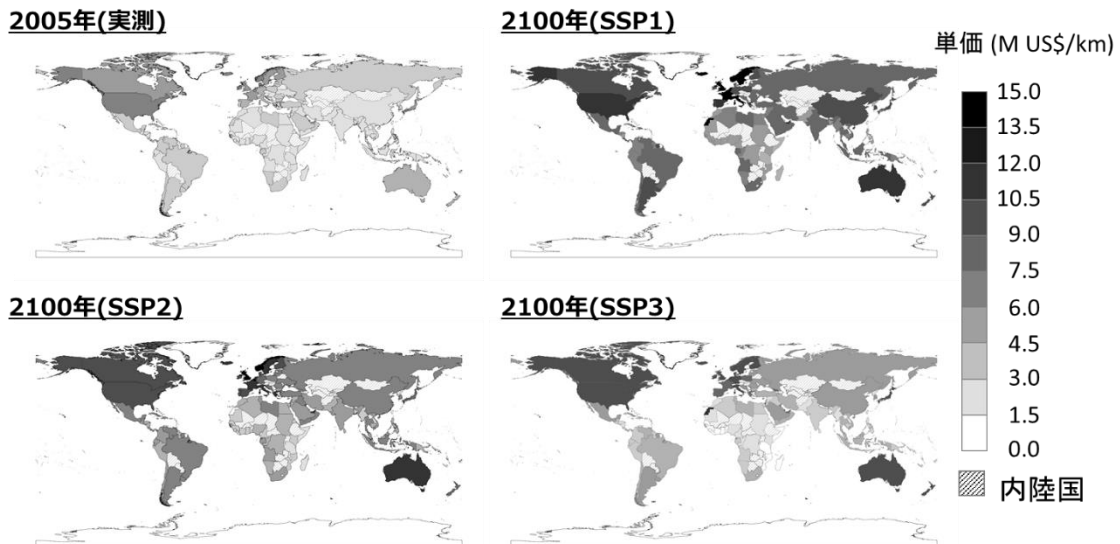


図 3.1-(5). 世界の堤防等建設費用推計(2005 年 US\$基準)

(1)-3 堤防データ抽出プロセスの開発と試行

沿岸域における気候変動に対する適応防護策を考える上で、世界の既存堤防の設置場所を把握する必要がある。しかしながら、安全保障等の理由から我々がアクセス可能な世界の堤防データベースは存在しない。そこで、リモセンデータ(ALOS World 3D や Google Earth 等)から全球

図 3.1-(8)は、ナムディン省ハイハウ(Hai Hau)海岸における海岸線の変化を示している。2011年8月の Google Earth の画像、2017年2月の無人飛行機(UAV)による空撮画像を示している。海岸侵食により、図 3.1-(4)左の写真中央に見える教会が崩壊しつつある。Do et al. (2012)は、Hai Ly 地区の後退速度が 1965-1985 年で 21m/年だったと推計し、将来的にハイハウ海岸での侵食が台風強度の変化、海面上昇、上流のダム建設等によって加速する可能性を指摘している。2015年6月、11月、2017年2月は UAV による海岸侵食の簡易モニタリングに加えて、現地行政と住民へのヒアリングを行った。行政は堤防や護岸の修復や建設を続けているものの、それらだけでは限界がある。住民たちは海岸侵食の深刻さに対して、内陸への移住や農作物の変更といった適応策を既に講じている。沿岸域では塩水浸入が進んだ結果、マングローブ、水田、塩田を換金性の高いエビ養殖池に改変する動きがある。現地の住民にとっては貴重な収入源ともなる適応策の一種ではあるが、病害の発生や土地利用の変化によって環境保全や生態系保全の面では「悪適応」になる恐れがある。予測に基づく長期的な視点から持続可能な開発と適応の調和を図ることが重要となる。



図 3.1-(8). ナムディン省ハイハウ (Hai Hau) 海岸での海岸線の変化

ベトナムの堤防は、「20年に1回の越波、越水に耐える」ことを設計基準に置いている(Van et al., 2010)。しかし、1980年代までに作られたベトナムの堤防は構造様式が単純で容易に侵食される場合が多く見受けられる。すなわち、経済、技術などの要因から防護や適応の水準が不十分な地域も多い。図 3.1-(9)は、ハイハウ海岸における T 型突堤や建設中の堤防だが、これだけ大規模な構造物の施工事例はまだそれほど多くない。したがって、現地の気候、土壌、植生、伝統的技術を生かしてできるだけ安価で実践しやすい適応技術の開発や移転が求められる。例えば、メコンデルタでは、マングローブの保全に加えて、サンドマットレス、メレルーカによる侵食対策、セメントを添加して地盤改良する方法、堤防の堤体材料に現地で入手可能なヤシ繊維や竹などを使う方法が提案されている(図 3.1-(10))。技術の複合化に加えて、マングローブ植栽のような伝統的な防災技術を組み合わせる「多重防護」も始まりつつある。このように、現地のニーズや実情に応じて技術を調整することが必要である。



図 3.1-(9). ハイハウ海岸での T 型突堤(左)と建設中の堤防(左)

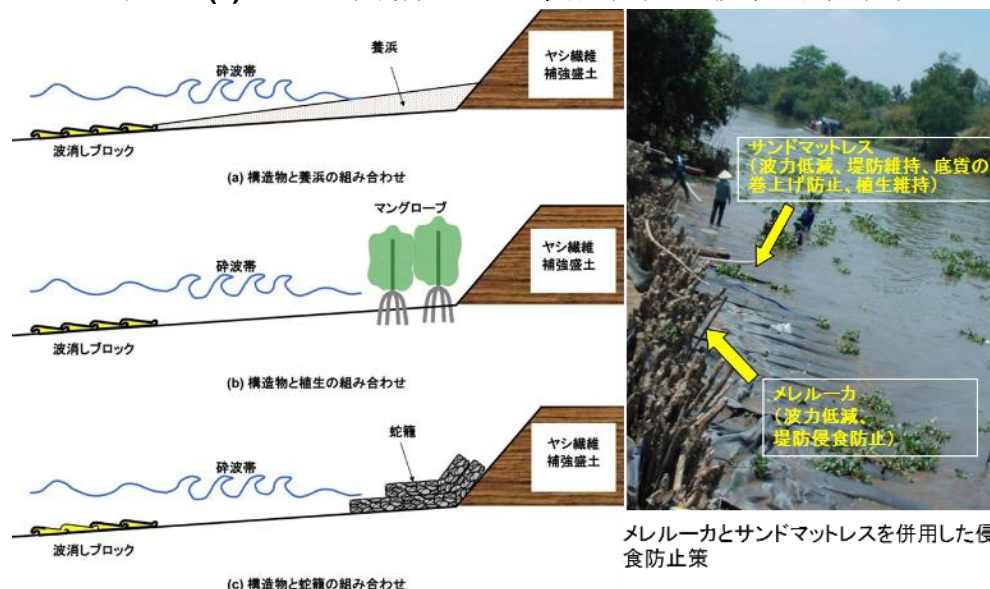


図 3.1-(10). 現地の事情に合わせた多重防護

[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

9月にベトナム社会科学院東北アジア研究所(INAS)主催の国際シンポジウムで招待講演を行った様子が現地メディアを通じて報道された。

[5] 発表及びアウトリーチ

(1) 成果の発表

1) 査読付き英文論文

Yasuhara, K., M. Tamura, V.C. Trinh, M.D. Do (2016) "Geotechnical Adaptation to the Vietnamese Coastal and Riverine Erosion in the Context of Climate Change," *Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA*, 47(1), pp.7-14.

2) その他査読付き論文

3) 著書

田村誠・安原一哉(2016)「メコンデルタにおける適応策」池田駿介・小松利光・馬場健司・望月常好編『気候変動下の水・土砂災害適応策—社会実装に向けて—』近代科学社, pp.262-267.

4) 国際会議論文

Tamura, M., N. Kumano, H. Yokoki, Y. Kuwahara, K. Yasuhara (2016) "Coastal adaptation to climate change in Vietnam and Japan: A socioeconomic analysis", Proceedings of Hanoi Geoengineering 2016 on "Energy & Sustainability", Hanoi, Vietnam, October 21, 2016, pp.93-98.

Kumano, N., M. Tamura, H. Yokoki, Y. Kuwahara (2016) "Coastal dike cost analyses based on

socioeconomic scenarios in Vietnam”, Proceedings of Hanoi Geoengineering 2016 on “Energy & Sustainability”, Hanoi, Vietnam, October 21, 2016, pp.30-36.

Tamura, M., K. Yasuhara, N. Kumano, H. Yokoki, Y. Kuwahara (2016) “Climate change and resilient adaptation in coastal areas, Vietnam,” Proceedings of International Conference on “Building Sustainable Development Society: Vietnam-Japan Cooperation to Ensure the Sustainable Development”, Institute for Northeast Asian Studies, Vietnam Academy of Social Sciences, Hanoi, Vietnam, September 28, 2016, pp.292-303.

5) 大学・研究所等紀要

田村誠・安島清武・阿部信一郎・石島恵美子(2016)「茨城県・涸沼のワイズユースおよび地域資源の有効活用に向けて:ラムサール条約登録前後における茨城町住民意識調査」『茨城大学人文学部紀要(社会科学論集)』, 62, pp.13-23.

坂上伸生・佐藤達雄・小谷博光・田村誠・加藤亮・太田寛行(2016)「農業の持続可能性をテーマとしたインドネシア短期研修の実践と国際共同教育の推進」『茨城大学留学生センター紀要』, 14, pp.67-75.

6) その他

田村誠・熊野直子(2017)「海面上昇等による沿岸域の浸水影響と適応策」『沿岸域学会誌』, 29(4), pp.1-7.

Green, P./田村誠訳(2016)「危機的状況に適応できるコミュニティを築く」ワールドウォッチ研究所編『地球白書 2013-2014:持続可能性確保の最終機会を活かす』, 33章, ワールドウォッチジャパン, pp.284-291.

(2) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）なし

(3) マスコミ等への公表・報道等

「INAS 国際シンポジウム:ベトナムにおける気候変動の沿岸影響と適応策」 The Gioi Vietnam(ベトナム現地新聞「世界とベトナム」), 2016年9月29日.

3.2. 全球を対象とした堤防抽出プロセスの提案

熊野直子、田村 誠 (ICAS)、桑原祐史 (広域水圏)

研究協力者：川嶋良純、箭内春樹

[1] 研究目的

沿岸域の災害リスクを評価するには標高データ（以下：DSM）や土地利用データ、海岸堤防データが必要である。DSM や土地利用データは全球規模のデータが公開されているが、全球規模の海岸堤防データは整備されていない。また、海に面している国は、自国の堤防データを所持しているものの、国民に対してデータを公開していない国が多い。日本では、海岸堤防の総延長や大まかな位置情報が公開されているが、堤防の高さや構造などは公開されていない。また、アメリカ合衆国では、河川堤防の長さや大まかな位置は公開されているものの、海岸堤防に関しての情報は公開されていない。大韓民国も堤防のデータは存在するが、それを国民に対して公開していないのが現状である。このように、多くの国が堤防データを所有しているが、国防などの面から公開はしていない。しかし、沿岸域の災害リスクや、適応費用を試算する上で堤防データは重要である。全球規模の浸水予測に用いる DSM は堤防の大きさと比較してメッシュサイズが大きいため、堤防部分の標高値は周囲の地盤高さの値で平均化される。したがって、DSM のみで氾濫シミュレーションを行った場合、堤防高さよりも標高値が低くなるため、本来堤防で防護されている地域であっても災害のリスクがあると判断され、過大にリスクを評価する可能性がある。

本研究では、全球で整備されている DSM から作成した堤防抽出支援情報と目視判読と組み合わせ、それらを用いた全球規模の海岸堤防データ抽出プロセスを提案することを目的とした。

[2] 研究概要

2.1 堤防抽出プロセス

抽出プロセスは堤防抽出支援情報の作成と目視判読の 2 つの手順から構成され、以下に本プロセスの詳しい内容について述べる。

(1)堤防抽出支援情報の作成

本研究では、DSM から読み取れる情報である標高値と傾斜角に注目して堤防位置を推定する方法を考案した。傾斜角とはある標高面が地球中心に対する鉛直線となる角を計算した結果である。図 3.2-(1)に注目すると、堤防を含むセルは、周囲よりも標高値が高く、かつ周囲よりも標高値が低いということが分かる。そこで、標高値が周囲よりも高く、かつ傾斜角が周囲よりも小さいという特徴をもつセルを抽出するために、3 点の DSM から生成される TIN により、微小平面を求め、その法面の傾きから地形の傾斜角を求めた。しかし、これらの地形的特徴は、尾根線などにも当てはまる特徴である。そこで堤防位置を推定する範囲を標高値と汀線からの距離により限定し、堤防があると考えられる部分のみに計算範囲を限定することで、抽出精度の向上と作業時間の短縮を図った。

標高値は、日本における過去最大の高潮潮位偏差と潮汐による潮位偏差、IPCC による海面上昇量予測を合計した値以下の範囲に限定した。高潮潮位偏差は、伊勢湾台風時に名古屋港で観測された 3.45m¹⁾。潮汐による潮位偏差は、カナダのファンディ湾で観測された 14m²⁾。IPCC による海面上昇量予測値は 0.82m³⁾。これらの値を合計すると 18.27m となった。よって本研究では標高値 20m 以下の地域に限定して堤防を抽出した。

また、汀線からの距離による抽出範囲は伊勢湾台風で浸水した範囲に基づいて決定した。伊勢湾台風の浸水範囲に関する分析を行った結果、汀線から約 14km まで浸水していた。よって、本研究では汀線より 15km 以内の地域に限定して堤防を抽出した。

以上より、堤防位置推定結果を標高値 20m 以内かつ汀線から 15km 以内の範囲で抽出し、堤防抽出支援情報とした。

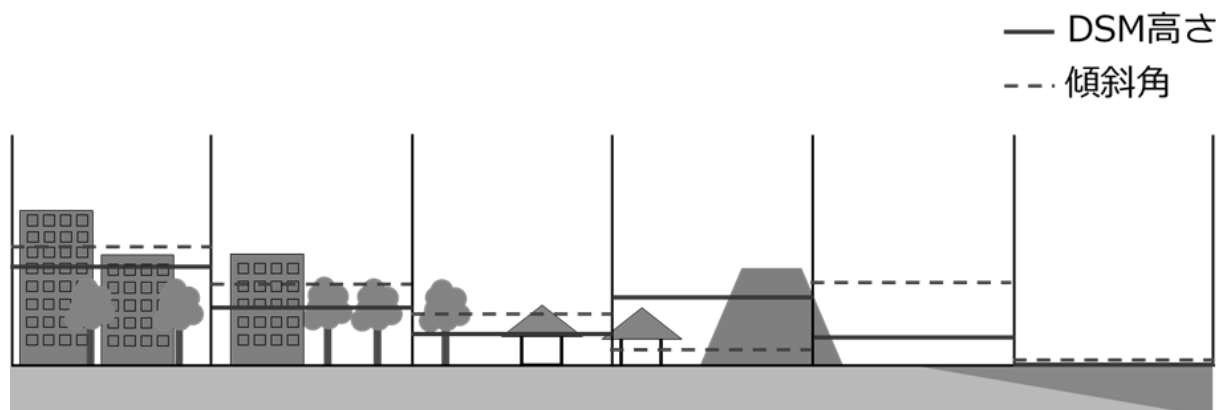


図 3.2-(1). 堤防を含むセルの特長

(2)目視による堤防抽出

作成した堤防抽出支援情報を用いて見落としが無い様にチェックしながら、Google Earth や Arc Map 内のベースマップ等の衛星画像から、目視判読により堤防を抽出した。目視判読は、堤防を判読する上で重要な点をまとめた判読キーを用いて行った。茨城県の海岸を対象として数回に渡るプレ画像判読を行った。異なる土地被覆の海岸毎に注目点や抽出制度を確認し、良く堤防が判読できた事例を集積した。その結果を整理すると以下の 7 項目の判読キーとなった。

①堤防の立地：堤防は背後の人家や田畑、工場などを守るために汀線付近に位置している。また、汀線に沿って平行に位置している場合がほとんどである。しかし、干拓などによって埋め立てられた土地の背後に位置する古い汀線付近に古い堤防が位置する場合がある。また、都市部など人口が集中している地域には直立堤防が多く、人口が少なく汀線付近に広い土地のある地域には緩傾斜堤防が多い傾向がある。

②堤防の形状：堤防は汀線に平行して後背地を守るために位置しているため、空中写真や衛星画像では線状または帯状の構造物に見える。直立堤防は特に線状に見え目視のみでの判読が困難であるため、堤防抽出支援情報や他の判読キーに注目して判読する必要がある。

③コンクリート：堤防の多くはコンクリートによっておおわれている。コンクリートで覆われた緩傾斜堤防は、道路や階段など他の構造物が付随する 경우가多く画像のみでも判読が容易であるが、直立堤防は堤防周囲のコンクリートで覆われた地面と同化するため目視のみの判読は困難である場合がある。

④植物、土など表面の色調：コンクリート以外にも土や植物に覆われた堤防も存在する。これらの堤防は緩傾斜堤防であり、比較的大きな構造物であるが周囲の土や植物と同様のものでも覆われているため目視のみでの判読は非常に難しい。しかし、法面の方位により影に覆われている法面は覆われていない法面と比較して暗いため色調が異なる。このような色調が異なる法面や堤防抽出支援情報を基に抽出を行う。

⑤道路、鉄道：堤防は後背地を水害から守るだけでなく同時に道路や鉄道などの基礎部となっている場合がある。汀線付近に道路や鉄道がある場合は注目し堤防の判読を行う必要がある。

⑥階段：堤防は周囲よりも標高が高い構造物であるため、堤防の天端に上がるための階段が造られる場合がある。これは緩傾斜堤防の判読を行う上で重要なキーとなる。

⑦影：堤防は周囲よりも標高が高いため、堤防周囲に影が生じる場合がある。直立堤防は堤防幅が小さいため堤防周囲に生じる影が重要な判読キーとなる。

以上のような判読キーと堤防抽出支援情報を比較して堤防の抽出を行う。

[3] 研究成果

提案方法に基づき、茨城県および愛知県の海岸抽出を行い、精度検証を行った。

3.1 茨城県沿岸の抽出結果

茨城沿岸とは福島県境から千葉県境までの約 194km の海岸である。茨城沿岸は東日本大震災で大きな被害を受けた地域であり、かつ調査も行きやすいため対象地域とした。また、茨城県沿岸は崖海岸や海岸に面した都市など多様な種類の海岸やその周囲の土地被覆があり、本手法の抽出精度を確認する対象地域として適している 2)。茨城沿岸の基準データセル数は 322 であり、本プロセスを用いてそのうち 268 セルを抽出した。したがって茨城沿岸の堤防抽出率は 83.2% である。堤防の形状毎に抽出率を確認したところ、緩傾斜堤防は全 178 セルのうち 146 セルを抽出し、直立堤防は 187 セルのうち 161 セルを抽出したため、抽出率はそれぞれ 82.0%、86.1% であった。以上から、直立堤防の方が良い抽出結果となった。緩傾斜堤防の抽出率が低い理由としては、茨城県南沿岸には土で覆われた土堤が多く存在し、周囲の土地被覆と同化しているため、目視判読ができなかったということが挙げられる。また、抽出できなかった堤防は、地形の変化量が大きい地域に位置する堤防、または堤防よりも高い構造物や樹木が周囲にある堤防であり、堤防抽出支援情報が生成できない場所であるという点も挙げられる。抽出に失敗した 54 セルを分析したところ、54 セル中 28 セルは、目視判読のミスにより本来抽出できる堤防を抽出であった。この 28 セルが抽出していた場合、茨城沿岸の抽出率は約 91.9% であった。

3.2 伊勢湾・三河湾の抽出結果

三河湾と伊勢湾とは愛知県田原市にある伊良湖岬から三重県境までの約 549km の海岸である。伊勢湾は昭和 28 年の台風 13 号、昭和 34 年の伊勢湾台風で甚大な被害を受けたため、高潮対策事業が進んでいる。また、名古屋港付近や西尾市付近は埋立地が多く、ゼロメートル地帯が広がっている。そのため、堤防の抽出精度を評価するための対象地域として適している 4)。伊勢湾・三河湾の基準データセル数は 1227 であり、本プロセスを用いてそのうち 842 セルを抽出した。したがって伊勢湾・三河湾の堤防抽出率は 68.6% である。堤防の形状毎に抽出率を確認したところ、緩傾斜堤防は 555 セルのうち 447 セルを抽出し、直立堤防は 806 セルのうち 517 セルを抽出した。伊勢湾・三河湾では直立堤防の抽出率が低いという結果になった。伊勢湾・三河湾には名古屋港や衣浦港、三河港など合計 15 の港湾がある。これらの港湾は周囲を直立堤防で囲まれているが堤防抽出支援データ、目視判読のどちらからも直立堤防を確認できなかったため、直立堤防の抽出率が低くなったと考えられる。また、抽出できなかった 385 セルのうち 41 セルは目視判読ミスにより抽出できなかった堤防であった。これらのセルを抽出できていた場合、伊勢湾と三河湾の堤防抽出率は 72.0% となった。

【参考文献】

- 1) 東京都港湾局、<http://www.kouwan.metro.tokyo.jp/yakuwari/takashio/shisetsu/gogan/>、(2016.02.29 閲覧)
- 2) 愛知県、伊勢湾台風災害復興誌
- 3) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis IPCC Working Group I Contribution to AR5, SUMMARY FOR POLI-CYMAKERS*, 2013.
- 4) カナダ水産海洋省、<http://www.dfo-mpo.gc.ca/index-eng.htm>、(2016.11.21 閲覧)

[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

現状、上記の研究成果が取りまとめられた段階である。今後、学術誌論文等に投稿して行く予定である。

[5] 発表及びアウトリーチ

(1) 成果の発表

- 1) 査読付き英文論文 なし
- 2) その他査読付き論文 なし
- 3) 著書 なし
- 4) 国際会議論文 なし
- 5) 大学・研究所等紀要 なし
- 6) その他 なし

(2) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの） なし

(3) マスコミ等への公表・報道等 なし

4. 新しい安全・安心社会のあり方(第4部門)

4.1. 【戦略研究】東南アジアにおける『持続可能な開発 2030 アジェンダ』の実現にむけての課題と政策

野田真里（人文社会科学部）、蓮井誠一郎（人文社会科学部）、中川光弘（農学部）

研究協力者：Dr.Chet Chealy(Rector, Royal University of Phnom Penh),

Dr. Sok Soth(Dea, Faculty of Education, RUPP)

Dr. Rath Sethik (Executive Acting Dean, Faculty of Development Studies, RUPP)

Dr. Dy Samsideth (Deputy Director-General for Education Ministry of Education, Youth and Sport, the Royal Government of Cambodia)

Mr. Sor Sokny(Director, the Buddhist Institute, Ministry of Cult and Religious Affairs, RGC)

Mr. Ros Sam An(Acting Director, Santi Sena)

[1] 研究目的

2015年国連総会において可決され、グローバルに取り組む課題となった「持続可能な開発 2030 アジェンダ」およびこれに含まれる「持続可能な開発目標」(以下、SDGs)の実現にむけて、東南アジアのメコン地域、カンボジアを事例に、どのような課題があり、政府、NGO/市民社会等のマルチステークホルダーがどのように協働して取り組んでいくかについて明らかにする。

[2] 研究概要

研究のスタートアップにあたり、研究分担者間で本研究にかかるブレインストーミングを行い、野田が取りまとめた。

これを踏まえて、代表者の野田が、カンボジアにて以下の内容で現地調査等を行った。首都プノンペンでは、以下の研究活動を行った。第1に、王立プノンペン大学(RUPP)開発学部および教育学部において「カンボジアの持続可能な開発」にかかる研究打ち合わせ、意見交換を行い、特別講演会を開催した。第2に、カンボジア政府教育青年スポーツ省(MOEYS)にて「カンボジアの持続可能な開発と教育」にかかる意見交換、研究打ち合わせを行った。第3に、カンボジア政府宗教省仏教研究所にて、「カンボジアの持続可能な開発と仏教・文化」にかかる意見交換、研究打ち合わせを行った。

次に、カンボジア東部のスバイリエン州にてフィールド調査をおこない、農村地域における持続可能な開発について聞き取り調査等をおこなった。特に、現地NGO, Santi Sena を訪問し、仏教に根ざした持続可能な地域開発の活動を視察するとともに、住民、寺院、学校、NGO、行政等へのヒアリングを行った。

[3] 研究成果

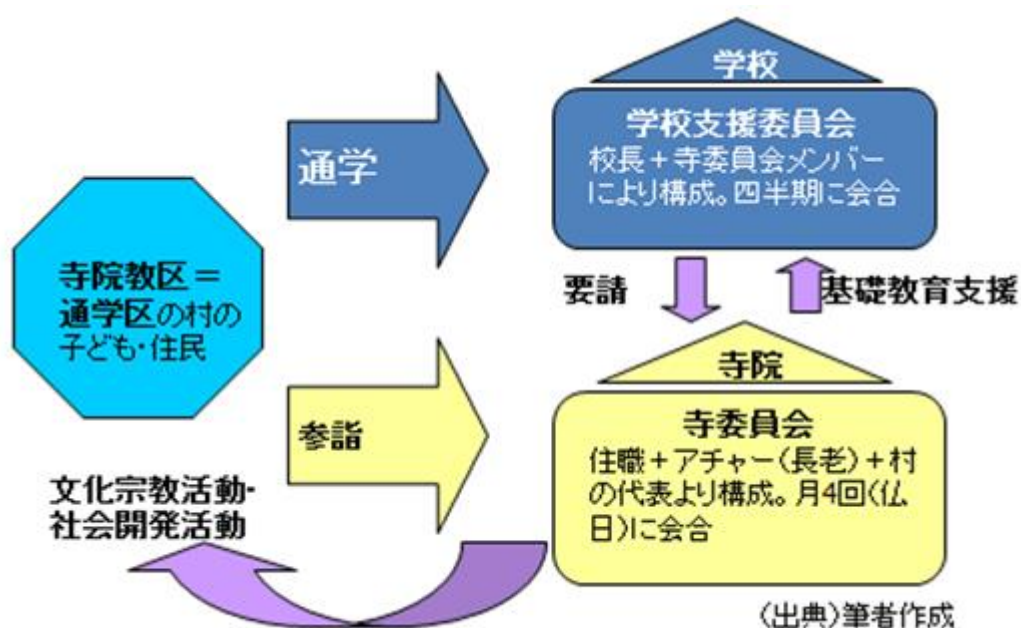


図 4.1-(1). カンボジア農村における住民参加と仏教寺院による地域開発モデル

研究分担者間のブレインストーミングにより、本研究のリサーチクエスチョン、研究方法、分析視角等がふかまった。

これを踏まえて実施した、カンボジアの現地調査等においては、次の成果を得られた。プノンペンでの研究活動においては、第 1 に、王立プノンペン大学(RUPP)での研究活動により、カンボジアの最高学府における、持続可能な開発研究の現在の到達点が明らかとなり、今後の研究の方向性が明確となった。第 2 に、カンボジア政府教育青年スポーツ省 (MOEYS) での研究活動により、カンボジア政府における国連 SDGs 全体への取り組みにおける目標 4「質の高い教育」にかかる現時点での政策とその課題が明らかとなり、今後の研究の方向性が明確となった。そして、第 3 にカンボジア政府宗教省仏教研究所での研究活動により、カンボジア政府における国連「2030 年アジェンダ」で強調されている SDGs にかかる現時点での政策とその課題が明らかとなり、今後の研究の方向性が明確となった。

次に、カンボジア東部のスバイリエン州におけるフィールド調査では次の点が明らかとなった (図 4.1-(1)参照)。第 1 に、農村地域における持続可能な開発において、仏教が social capital として重要な役割を果たしており、仏教寺院がコミュニティの中心的存在として住民参加型開発の要となっている、第 2 に、特に基礎教育分野において学校、寺院、および寺院教区を中心とする地域社会の連携が重要であり、政府だけでは不十分である教育サービスの提供において、人材、資金、物的資本等の開発資源を、寺院がコミュニティの中心となって集積し、地域社会や人材の開発に投資するメカニズムが明らかとなった。

これらにより、以下に述べる今後の学術的・社会的な高い影響が期待されるとともに、科研費等の競争的資金への応募にむけて、研究の方向性が明確となった。

[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

第 1 に、現地の最高学府との共同研究・学術連携が深まった。王立プノンペン大学において、

継続して当該テーマにかかり、共同研究をおこなうこととなった。また、セミナー・特別講義・論文等でその研究成果を公表することとなった。野田が定期的に客員教授として訪問し研究を継続する。

第 2 に、カンボジア政府機関との共同研究および政策立案等との連携が深まった。教育青年スポーツ省(MOEYS)において、政策立案のシンクタンクである教育研究評議会 (ERC) に野田が上席研究員またはアドバイザーとして定期的に招聘されることとなった。これにより、今後、共同研究等をつうじて、カンボジアの持続可能な開発と教育にかかる政策立案に貢献する。また、カンボジア宗教省仏教研究所において、野田が上席研究員として定期的に招聘されることとなった。これにより、今後、共同研究等をつうじて、カンボジアの持続可能な開発と仏教・文化にかかる政策立案等に貢献する。

第 3 に、現地の市民社会 (NGO/NPO) や地方政府、住民組織等との共同研究や政策立案等との連携が深まった。カンボジア、スバイリエン州の NGO、Santi Sena において、野田がアドバイザー定期的に招聘されることとなった。これにより、今後、アクションリサーチ等をつうじて、カンボジアのスバイリエン州の地域社会における持続可能な開発にかかる事業に貢献するとともに、関係各省庁やマルチステークホルダーとの連携をつうじて政策立案等に貢献する。

最後に、本学および地域社会に対するフィードバックとして、本研究成果を活用し、本学の地球変動適応研究機構等の研究活動および授業等教育活動、課外教育活動、社会貢献活動に貢献する。また、これらにより、今後の科研費等の競争的資金への応募にむけて、研究体制や研究成果の政策への反映、地域社会への貢献等の方向性が明確となった。

[5] 発表及びアウトリーチ

(1) 成果の発表

- 1) 査読付き英文論文 なし
- 2) その他査読付き論文 なし
- 3) 著書 なし
- 4) 国際会議論文 なし
- 5) 大学・研究所等紀要 なし
- 6) その他 なし

*ただし、平成 29 年度またいで成果発表の予定

(2) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの) なし

*ただし、平成 29 年度に開催の予定

(3) マスコミ等への公表・報道等 なし

4.2. 社会的安全に関する研究

4.2.1. 常総市立小中学校での防災訓練ワークショップの実施協力

—平成 27 年関東・東北豪雨災害調査団の活動の一環として—

伊藤哲司（人文社会科学部）

研究協力者：郡司晴元（教育学部）

[1] 研究目的

2015 年（平成 27 年）9 月 10 日に発生した関東・東北豪雨災害に際して、ICAS のメンバーを中心に調査団（以下「茨大水害調査団」）を編成し、活動を継続させてきた。そうしたなかで常総市立小中学校の校長会から、2016 年 9 月 1 日（防災の日）の始業式に実施する防災訓練への協力要請があった。その際、防災ゲーム「クロスロード」（以下「クロスロード」）をやってみてはどうかと提案し、もともと計画されていた保護者への児童・生徒の引き渡し訓練に先だって、各校で「クロスロード」を実施することになった。「クロスロード」をこれほど大規模で一斉に行う例はあまりなく、その実施を通してその有効性について検証を行うことを目的とした。

[2] 研究概要

まずそもそも、この「クロスロード」とはどのようなものであるかということ、常総市立小中学校の校長会を通じて、各学校の防災担当の先生方に理解していただく必要があった。そのような研修を 2016 年 7 月に実施し、さらに 8 月上旬には、常総市立小中学校の大方の先生方が集まる場で、伊藤が講演をさせていただくことを通じて、その周知を図った。一方で、19 校すべてでの実施のためには人手が必要であり、2016 年度当初から水害体験の聞き書き活動をしてきた学生グループ「茨大聞き書き隊 Notes」の学生たちを中心に、十数名の学生たちの協力を得ることになった。各学校の実情に合わせてつくられた「クロスロード」の問題のかたちを整え、学生たちには当日、そのゲームを動かすファシリテーターの役割を担ってもらえるよう、事前トレーニングを繰り返した。そして当日、19 校中 12 校に学生たちが派遣され、各学校の教員らと協力して防災訓練ワークショップが実施された（学生が派遣されなかった学校では、当該学校の教員らで実施された）。なおこの一連の活動については、「クロスロード」を作成した研究者グループの 1 人である矢守克也先生（京都大学防災研究所）の了解とアドバイスを得ながら行われた。

[3] 研究成果

「クロスロード」がどのようなものであるかの詳細は、ここでは割愛するが、ある想定人物と想定場面が提示され、そこに生じているジレンマ場面を想像して、Yes を選択するか No を選択するかをまず自分 1 人で考え、そのあと他の人と意見を交わすという手順をとる。その場合、いずれかが「正解」であるとは考えず、いずれもあり得るという前提があり、自分とは異なる意見、あるいは少数派の意見にも耳を傾け、そのジレンマ状況を多面的に理解し考え、災害に対する身構えを構築していくという狙いがある。今回は、小学生も参加するということであつたので、言葉遣いも含めて事前に慎重な検討がなされた。小学校低学年の子どもたちにはさすがにやや難しかったようであるが、保護者と一緒に参加し、約 1 年前の水害に思いを馳せながら、真剣に考え発言する姿があちこちで見られた。また参加した学生たち自身も「クロスロード」の問題を考えてみるのみならず、子どもたちへのファシリテーターとしての働きかけを通して、それ自体の経験を踏まえつつ、多くの気づきを得ていったようである。各学校からは、学生たちのそのような関わりについてきわめて好意的な評価をいただくことができた。次年度以降もぜひ継続してやってみたいという声が、いくつも聞かれる結果となつた。

実際に使用した ppt のスライドの一部を掲載する。


【常総市立〇〇小学校 2016年9月1日】

ぼうさい
防災ゲーム「クロスロード」




ぼうさい
防災ゲーム「クロスロード」って？

- もしまた水害がおこったらどうしますか？ここでは、とてもまよってしまうような場面があるでしょう。「クロスロード」は、そんな「分かれみち」を考えるゲームです。
- わたしたちといっしょに、1年前の水害をふりかえり、どうすればこれからの災害にそなえられるかを考えてみましょう！



ぼうさい
防災ゲーム「クロスロード」って？

- 「クロスロード」にたっしこたえはありません。
- じぶんとはちがう はなし もよくきいてみましょう。ほかの人の話を「まちがっている」と言っははいけません。
- にんずうが少ない人の話は大事です。ひとりだけちがう意見の人がいたら、その人の話をよくきいて考えてみましょう！



Yes? No?



クロスロード
あなたはどっちを選ぶ？

もんだい①

あなたはしょうがくせいです。

なつやすみ、家でひとりでおるすばんをしています。大雨がつづいてましたが、いまはふっていません。おかあさんから「もうすぐかえるね」とれんらくがありました。大雨のせいで川の水がふえてきました。放送で「避難してください」と言っています。あなたはどうしますか？

Yes (すぐに避難する) or No (おやが帰ってくるのをまつ)

もんだい① あなたはしょうがくせいです。

どうしてそれをえらんだの？
じぶんのかんがえをはなしてみよう
おともたちのいけんもよくきいてみよう
あたらしく気づいたことはありますか？

Yes (すぐに避難する) or No (おやが帰ってくるのをまつ)


もんだい① あなたはしょうがくせいです。

Yes (すぐにひなんする)

- 放送で「避難してください」と言っているから避難しなさい。
- 水がふえているから家にいるのはキケンだ！

No (おやが帰ってくるのをまつ)


- ひとりで出歩いたらあぶない
- 雨もやんでるし家ならだいじょうぶかも
- ひとりで出歩くのはこわいな



もんだい① あなたはしょうがくせいです。

【まんでみよう！】

ひとりしているとどうすればいいかわからなくて不安になるよね。いま雨がやんでいても川の水はすぐに少なくなります。もし避難の放送がでたらどうすればいいか、日ごろからお父さんお母さんと一緒に話しておきましょう。また近所のがたやしんせきとも声かけをしていざという時に困らないようにしましょう。



[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

当日の成果については、NHK 水戸のローカルニュースで取り上げられたほか、複数の新聞が茨城版の紙面で報道した。また、2016年9月10日（水害から1周年）に常総市地域交流センターで開かれた「常総市復興祈念まちづくりシンポジウム—常総再生へ若い世代が動く—」でも、参加した学生たちおよび伊藤が報告を行った。2017年3月24日に常総市役所市民ホールで開いた茨大調査団の報告会でも報告した。また、この動きを受けて、常総市立小中学校の校長会は防災教育委員会を新たに立ち上げ（2017年1月）、2017年9月1日にも、再び防災教育ワークショップを各学校で実施したいとしている。国土交通省下館河川事務所が中心となっていて行っている「みんなでマイタイムラインプロジェクト」などとも連携し、「クロスロード」以外にも使えるツールを増やし、さらに充実した防災訓練ワークショップにつながっていく見込みである。

一種のアクションリサーチ（協働と研究）の実例として、本研究の実践を位置づけることもできるだろう。この水害に関わる茨大水害調査団の活動は、いくつかの分野にまたがっているが、すべてで活発な動きが起こせているわけでは必ずしもなく、その中において、このアクションリサーチが、今後も牽引役になっていくのではないかと考えている。かねてから作成を公言している「防災教材」については、やや立ち後れているものの、この動きと連動させていければと考える。また学生グループ「茨大聞き書き隊 Notes」の活動も継続しており、学生たちとの連携もさらに強化したい。筑波大学の教員からも、この防災訓練ワークショップに学生とともに参画したいという声も届いている。

なお、茨大水害調査団の他の調査の成果については、すぐに公表できないものもあり、次年度の年報で報告する予定である。

[5] 発表及びアウトリーチ

(1) 成果の発表

- 1) 査読付き英文論文 なし
- 2) その他査読付き論文 なし
- 3) 著書 なし
- 4) 国際会議論文 なし
- 5) 大学・研究所等紀要 なし
- 6) その他

(2) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

報告会「常総水害への取り組み —これまでとこれから—」2017年3月24日（金）、常総市役所市民ホール（国交省下館河川事務所との共催）

(3) マスコミ等への公表・報道等

毎日新聞 2016年9月2日「豪雨から1年常総市 水害に学ぶ 全小中一斉に初の訓練」

東京新聞 2016年9月2日「常総の小中19校が防災訓練 水害時の判断力養う」

茨城新聞 2016年9月2日「親子で避難場所確認 全小中学校で水害訓練」

東京新聞 2016年10月4日「被災者の声 後世に残す「茨大聞き書き隊」が冊子作成・配布へ」

東京新聞 2017年3月25日「被災者の肉声 多くの人へ「茨大聞き書き隊」証言集が完成」
「災害時の判断力養う 防災ゲーム「有効な手段」茨大など調査報告会」

4.3. 「共生の知」の創出

木村 競（全学教育機構）

伊藤哲司、蓮井誠一郎、金 光男（人文社会科学部）

中川光弘（農学部）

[1] 研究目的

この研究は地域コンフリクトの緩和や予防のための「共生の知」を見出すことを目的として始まった。「地域コンフリクト」は、政治的・宗教的・民族的対立およびそれらが原因と見られる明示的な紛争のみならず、必ずしも顕在化していない、人々に共有された心理的葛藤をも包含する。現地の社会的・文化的状況を十分に踏まえてコンフリクトの実態を的確に把握し、その地域にふさわしい「共生の知」を見出すことをめざした。

平成 23 年度以降は、そこに東日本大震災及び福島第一原発事故災害が生み出す多様な社会的ジレンマと地域コンフリクトの理解、緩和、予防が加わった。

現在の研究目的は、人々の生活の複合性・複次性を前提とし、予測不可能性を含む事態の中で、共通理解と信頼関係（「安心」）を築き、互いに手を差しのべあって生き延びることができる（「安全」）ための「共生の知」を作り出すことである。

[2] 研究概要

当初の作業は、第一に、既存の平和学や共生に関する哲学・倫理的思考の中から、地域コンフリクトの緩和と予防、共生の知の構想に関わる概念・アイデア・考え方を抽出すること、第二に、現地調査によって地域コンフリクトの多様性を整理し質的差異を明確化することであった。

震災、原発事故災害以降は、震災被害を大きく／小さくした社会のあり方、原発事故を起こした社会のあり方、原発事故災害との向き合い方、防災のあり方等について語られた多様な言説の分析を加えた。

[3] 研究成果

地域コンフリクト研究の重要な知見はコンフリクトの「動性」の解明である。フィリピン、インドネシアおよびベトナム各地域の調査結果から、コンフリクトが継続・激化している「状況の変化の仕方」およびコンフリクトが緩和している「状況の変化の仕方」の「動的構造」を取り出した。この視点は震災、原発事故災害についての研究に継承された。

震災、原発事故災害以降の研究成果の第一は、不確実性の中のコンフリクトという視点からの、確率的な予測と二値論理的な行動の対立、「てんでんこ」と共同体の存続、「不安」から生じる「不満」等の分析である。

「安全」についての科学的予測は確率的にしか示せない。しかし、行動はするか、しないかである。この確率的な予測と二値論理的な行動の齟齬が適切に解決されなければ、科学的専門知は意思決定の手助けにならず、かえってコンフリクト（科学者 vs 一般人、予測の「解釈」間）の原因となる。

「津波てんでんこ」は生き残るものさえいれば村落共同体は再建できることを前提としている。しかし、原発事故災害の「放射線てんでんこ」では事情は異なる。生き残ってもすぐには戻れず、戻っても生業を復活できない。一方、「てんでんこ」の避難生活が続けば、新たな地域共同体に組み込まれていく。放射線災害特有の「未来の見通しが立たない」という不確実性は共同体自治の根底を揺るがすコンフリクトを生じさせる。

原発事故・放射線災害に関して特徴的な言説は「子どものことが心配」である。これは、どうなるかわからないことに責任をもつことへの「不安」も含意している。対人交渉においては「不

満の背後には不安がある」とされる。「不安」から自分が置かれている状況への「不満」が生じ、その状況に責任を持つと思われる者とのコンフリクトが生じることになる。これも不確実性の中のコンフリクトと言える。

震災、原発事故災害以降の研究成果の第二は、片田敏孝氏の避難三原則及びセルフ・ヘルプ・グループのあり方をコンフリクトの乗り越えの方法としてとらえ直すことによる、予測不可能性を含む事態の中での共生の知の提案である。

片田敏孝氏の避難三原則から以下のような社会を想定できる。その社会のメンバーは、予測できない災厄が生じる可能性の中で目的-手段関係を十分に想定できずに生きているが、危機回避行動について共通理解があるので、或る者の自愛行動が結果として利他行動になるという社会である。これを「避難行動者が形成する社会」と呼ぶなら、原発事故災害下の社会は、数百年にわたって「避難行動者が形成する社会」であり続ける。この社会において「三原則」のもとで人々が関わるなら、人々が、自分が「放射線による危害」から逃れようとする活動の当事者であることの複雑な意味を、当事者間の関わりの実践によって理解していく「セルフ・ヘルプ・グループ」的なプロセスである。

このような考察から見出されたのは、＜対話に基づく「安心」と「安全」の形成＞という共生の知である。コミュニティの中で「対話が継続している／していくこと」に当事者として参加することが「安心」であり、一方、対話の継続が図られ、人々が互いに関わり、それぞれの違いを変化させながら維持しているコミュニティでのみ、「安全」のための意味のある具体的な策を検討し実行していける。また、このような動的な共生の知にとって「当事者性」、「相互性」、「コンテクスト」という概念が有効であることも見出した。

このような対話が成立するためには、「私はこう考え、相手はああ考えている」という俯瞰的把握による理解の相対化が必要である。しかし、それにとどまって始めに持った自らの理解（意見、考え）から動かないのであれば、ディベートではあるが対話ではなく、そこには共生の知は実現／創出しない。他者から問いかけられて自分の理解（意見、考え）が動く、変わっていく、自分の問いかけで他者の理解（意見、考え）が動く、変わっていく、そのような経験が重要であり、その積み重ねによって共生の知は実現／創出していく。

[4] 研究成果の学術的・社会的影響度

[5] 発表及びアウトリーチ

- (1) 成果の発表 なし
 - 1) 査読付き英文論文 なし
 - 2) その他査読付き論文 なし
 - 3) 著書 なし
 - 4) 国際会議論文 なし
 - 5) 大学・研究所等紀要 なし
 - 6) その他 なし
- (2) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの） なし
- (3) マスコミ等への公表・報道等 なし

5. その他研究業績一覧

1) 査読付き英文論文

Shimpei Oikawa, Elizabeth A. Ainsworth (2016) Changes in leaf area, nitrogen content and canopy photosynthesis in soybean exposed to an ozone concentration gradient. *Environmental Pollution* 215: 347-355

Kouki Hikosaka, Niels P.R. Anten, Almaz Borjigidai, Chiho Kamiyama, Hidemitsu Sakai, Toshihiro Hasegawa, Shimpei Oikawa, Atsuhiko Iio, Makoto Watanabe, Takayoshi Koike, Kazuya Nishina, Akihiko Ito (2016) A meta-analysis of leaf nitrogen distribution within plant canopies. *Annals of Botany* 118: 239-247

Takahiro Ogawa, Shimpei Oikawa, Tadaki Hirose (2016) Nitrogen-utilization efficiency in rice: an analysis at leaf, shoot, and whole-plant level. *Plant and Soil* 404: 321-344

Hiroshi Noguchi, Yasuhiro Ohtaki and Masaru Kamada (Nov. 2016): A university information system made robust against natural disasters by taking advantage of remotely distributed campuses, *International Journal of Space-Based and Situated Computing*, Vol.6, No.3, pp.147-154.

Xiaolei Li, Osamu Saitou, Erjing Zhou and Masaru Kamada (Nov. 2016) A low cost library navigation system by using Android devices and FeliCa cards, *International Journal of Space-Based and Situated Computing*, Vol.6, No.3, pp.155-164.

2) その他査読付き論文

野口 宏・大瀧 保広・高橋 幸雄・鎌田 賢(Sep. 2016) Office365 と Shibboleth の多要素認証対応 SSO 環境の構築, *学術情報処理研究*, Vol.20, pp.82-89.

4) 国際会議論文

Ryosuke Iiya, Erjing Zhou, Michitoshi Niibori, Masaru Kamada, Osamu Saitou, Susumu Shibusawa (Sep. 2016) A handy real-time location system for community bus service, *The 5th International Workshop on Web Service and Social Media (WSSM 2016)*, *Proceedings of the 19th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS 2015)*, Ostrava, Czech, pp.506-509.

Daiki Ito, Michitoshi Niibori, Masaru Kamada (Sep. 2016) A real-time web-cast system for classes in the BYOD style, *The 5th International Workshop on Web Service and Social Media (WSSM 2016)*, *Proceedings of the 19th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS 2015)*, Ostrava, Czech, pp.520-525.

5) 大学・研究所等紀要

阿部信一郎・郡司晴元(2016/05/06)イメージマップ・テストを用いた「水俣まち歩きフィールドワーク」のふりかえり, *茨城大学大学教育センター紀要*, 6, 1-9.

郡司晴元(2016/06/03)環境からみる自然史～いま感じている自然の歴史を知ろう、「人と自然をつなぐ研究」ネイチャーゲーム大学講義録, 能條歩編著, *日本シェアリングネイチャー協会*, 175-196.

6) その他

原著論文

遠藤雅実・鯉淵幸生・藤田昌史・飯村晃(2016) 東京湾における貧酸素化時の底質微生物群集が酸素消費に与える影響, *土木学会論文集 B2(海岸工学)*, 72 (2), I_1297-I_1302.

- 朝原大貴・江口三希子・佐藤大作・藤田昌史・横木裕宗 (2016) フナフチ環礁における移流拡散解析と汚濁物質の除去による水質保全対策, 土木学会論文集 G (環境), 72 (5), I_173-I_178.
- Mishima, I., Ishiwatari, Y., Kato, K., Fujita, M (2016) Analysis of the chemical form of iron in water pipes using XAFS measurements, Water Science and Technology: Water Supply, 16 (4), 1094-1101.

研究論文

- Usui E, Takashima Y, Narisawa K (2016) *Cladophialophora inabaensis* sp. nov., a New Species among the Dark Septate Endophytes from a Secondary Forest in Tottori, Japan. *Microbes and Environments* 31:357-360,. DOI: 10.1264/jsme2.ME16016
- 太田寛行・西澤智康・松岡勇人・高島勇介・成澤才彦(2016)土壌微生物が創る共生の世界-その先端的研究事例と農業への応用的研究展開, 4.糸状菌に共生する細菌その機能と生態, 日本土壌肥料学雑誌 87(4), 254-259.

学会発表 (国内・国際)

- Guo Y., Matsuoka Y., Nishizawa T., Ohta H. and Narisawa K., Genome analysis of a DSE-commensal bacterium *Rhizobium* sp. Y9 associated with *Veronaeopsis simplex* Y34. 日本土壌微生物学会 2016 年度大会, 2016 年 6 月 11 日-12 日, 岐阜大学
- Guo Y., Nishizawa T., Ohta H. and Narisawa K., A dark septate endophyte *Veronaeopsis simplex* Y34 alters the root-endospheric community and suppresses *Fusarium* crown and root rot disease of tomato. 日本微生物生態学会第 3 1 回大会, 2016 年 10 月 22 日-25 日, 横須賀文化会館
- 猪瀬有美・郭永・高島勇介・坂上伸生・成澤才彦, 駒止湿原開墾跡地におけるブナ外生菌根菌の分布菌根研究会 2016 年度大会, 千葉, 千葉市, 2016 年 12 月 10 日
- Wang, F., Fujita, M., Phosphorus removal method using wasted clam shells: Optimization of Ca^{2+} dissociation and PO_4^{3-} deposition, Water and Environment Technology Conference 2016 (WET2016), 2016/8.
- Ikeda, Y., Fujita, M., Oxidative stress responses of *Corbicula japonica* to environmental factors in brackish lakes, The 12th International Student Conference at Ibaraki University, 114, 2016/12.
- Mashiko, S., Fujita, M., Development of a simple method for assessment of scope for growth of *Corbicula japonica*, The 12th International Student Conference at Ibaraki University, 116, 2016/12.
- Bui, T.H., Fujita, M., Development of wastewater pipe system with novel functions: wastewater treatment and electric energy generation, The 12th International Student Conference at Ibaraki University, 131, 2016/12.
- Machida, H., Fujita, M., Response of total antioxidant capacity of *Corbicula japonica* exposed to municipal wastewater, The 12th International Student Conference at Ibaraki University, 130, 2016/12.

特許

「海水を利用した下排水処理方法」
 発明者：藤田昌史・横木裕宗・桑原祐史・佐藤大作
 出願人：国立大学法人茨城大学
 特許第 5999598 号 (2016.9.9)

C 教育・アウトリーチ活動報告

1. 教育プログラムの推進

1.1. 大学院サステイナビリティ学教育プログラム

ICAS では大学院サステイナビリティ学教育プログラムおよび学部教育「サステイナビリティ学入門」等のサステイナビリティ学教育の企画運営補助を行っている。

2009 年度から開始した大学院修士課程サステイナビリティ学教育プログラムでの教材開発と講義の開講を行った(表 1.1-(1))。本大学院教育プログラムは、2008～2010 年度まで環境省環境人材育成事業「アジアのサステイナビリティを担う環境人材育成のための大学院教育プログラム—俯瞰力と人と環境を結ぶ実践力を備えた地域リーダーの育成」の支援を受け、それ以降に茨城大学の自主運営へと移行した。大学院サステイナビリティ学教育プログラムでは、主専攻型の「サステイナビリティ学コース」(理工学研究科)および副専攻型の「サステイナビリティ学プログラム」(人文、教育、理工学、農学)が設置され、基盤科目、演習科目、専門科目が開講される(図 1.1-(1))。

本教育プログラムは、「心技知にわたるサステイナビリティ学教育」を標榜し、課題解決に向けて俯瞰的な知識、専門性、そのためのマインドを醸成することを目指している。基盤科目の一つとして、SSC 共通コア科目「サステイナビリティ学最前線」を開講し、SSC の 5 大学 5 キャンパス間で遠隔講義システム(VCS)を使った講義が行われた。その他の基盤科目は、2013 年度からサステイナビリティ学教育プログラムの大学院共通カリキュラムへの提供科目へ倍増し(3 科目から 6 科目)、茨城大学全体の大学院教育の拡充に貢献した。演習科目では国内実践教育演習として茨城県大洗町(2009-11 年度)、霞ヶ浦(2012 年度-13 年度)、茨城町(2014 年度～)、国際実践教育演習(2009 年度～)としてタイ・プーケットにおいてフィールド演習を実施した他、山岸裕氏(大阪経済大学)を招聘し、「ファシリテーション能力開発演習 I・II」を開講した(図 1.1-(2)、(3))。

2015 年度から大学院サステイナビリティ学教育プログラムの履修対象者を拡大するための制度見直しを行った。2015 年度から理工学研究科工学系では副専攻型プログラムが設置され、理学系では指定科目が拡充されることになった。

表 1.1-(1). 大学院サステイナビリティ学教育プログラム(GPSS)コア科目受講者数

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
サステイナビリティ学最前線	42	51	20	32	26	14	23	19
地球環境システム論 I	120	132	128	112	80	61	84	104
地球環境システム論 II	10	7	3	36	24	34	48	60
持続社会システム論 I	93	77	82	70	20	35	45	51
持続社会システム論 II	17	19	9	5	29	44	45	77
人間システム基礎論 I	63	61	57	44	23	21	63	81
人間システム基礎論 II	14	20	11	(休講)	17	19	34	58
国際実践教育演習	12	20	11	14	15	12	12	13
国内実践教育演習	20	24	23	22	20	9	11	7
ファシリテーション能力開発演習 I	20	41	16	21	15	11	17	19
ファシリテーション能力開発演習 II	-	-	10	18	15	9	16	20
サステイナビリティ学インターンシップ	-	1	5	7	3	11	3	7

注) 表は GPSS だけではなく、大学全体の受講者数を示している。

大学院サステナビリティ学教育プログラムは、教育研究としても成果を挙げた。本教育プログラムを「心技知にわたるサステナビリティ学教育」として、その素養を規定し、効果的なカリキュラム開発、学生への教授法などを検討した(Nakagawa et al., 2011; Otsuji and Gunji, 2011; Tamura and Uegaki, 2012; 田村, 2012、田村, 2014 等)。こうして、その意義を環境人材育成コンソーシアム(EcoLeaD)や SSC、UN-CECAR、さらに Sustainability Science などの学術誌や書籍を通じて国内外へアピールした。

2014 年 1 月にサステナビリティ学教育プログラム修了者 91 名(2010-12 年度修了生)を対象としたアンケートを実施し、修了生が本教育プログラムから高い満足度を得ていることが確認された。

以上を通じて、2010 年度からサステナビリティ学教育プログラムの修了生が卒業し、所属研究科及びサステナビリティ・サイエンス・コンソーシアム(SSC)が発行する 2 種類の修了認定証が授与されるようになった(表 1.1-(2)、(3))。5 大学で構成される SSC 共同教育プログラム修了者の全体の約 5 割を占める修了者を輩出しており、SSC 共同教育プログラムの推進にも大きく貢献した。なお、2012 年度までの修了生 91 名(SSC 修了者 86 名)の卒業生の進路は、公務員 9 名、教員 19 名、民間企業 40 名等となっている。

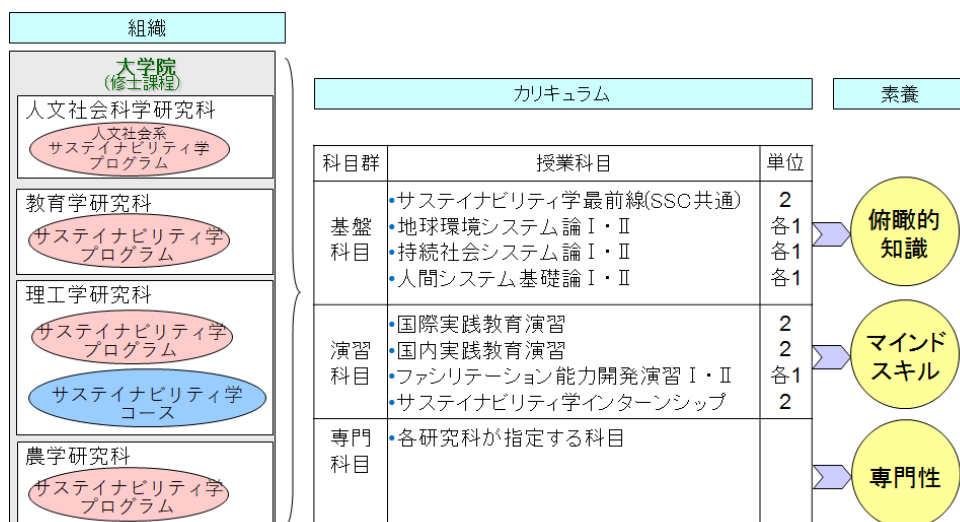


図 1.1-(1). 大学院サステナビリティ学教育プログラムの実施体制、カリキュラム、および目標となる素養



図 1.1-(2). 国際実践教育演習(左)と国内実践教育演習(右)

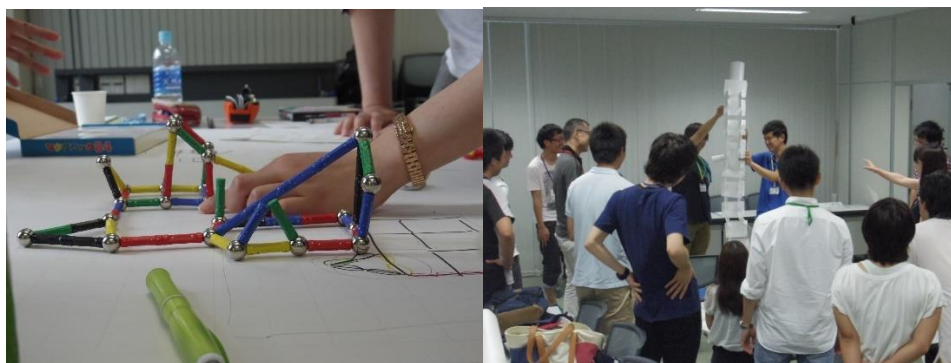


図 1.1-(3) ファシリテーション能力開発演習 I・II

表 1.1-(2). 大学院サステナビリティ学教育プログラム(GPSS)の履修者数

年度	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
合計人数(コース+プログラム)	49	54	26	37	33	12	30	25
サステナビリティ学コース	4	5	6	6	3	3	5	9
サステナビリティ学プログラム (小計)	45	49	20	31	30	9	24	16
(人文系)	3	8	0	2	2	0	4	2
(教育系)	15	12	4	9	12	1	7	0
(理学系)	11	8	8	13	12	5	6	7
(工学系)	-	-	-	-	-	-	4	2
(農学系)	16	21	8	7	4	3	4	5

表 1.1-(3). 大学院サステナビリティ学教育プログラム(GPSS)の修了者数

年度	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
合計人数(コース+プログラム)	-	30(30)	40(35)	21(21)	30(30)	18(17)	12(13)	19(16)
サステナビリティ学コース	-	4(4)	4(4)	6(6)	6(6)	3(3)	3(3)	5(5)
サステナビリティ学プログラム (小計)	-	26(26)	36(31)	15(15)	24(24)	15(14)	9(10)	14(11)
(人文系)	-	0(0)	5(0)	1(1)	1(1)	1(0)	0(0)	3(0)
(教育系)	-	11(11)	8(8)	4(4)	9(9)	10(10)	3(3)	3(3)
(理学系)	-	8(8)	7(7)	5(5)	10(10)	4(4)	6(6)	2(2)
(工学系)	-	-	-	-	-	-	(-1)	4(4)
(農学系)	-	7(7)	16(16)	5(5)	4(4)	0(0)	0(0)	2(2)

注) (カッコ)は SSC 共同教育プログラム認定者数を示している。

1.2. AIMSプログラム

AIMSプログラムは東京農工大学、首都大学東京とのコンソーシアム型教育プログラムである。2013年度に文部科学省「大学の世界展開力強化事業」に農学部、理学部と共同申請して採択された。日本の大学とAIMS参画大学とで1学期間の交換留学を行う。茨城大学AIMSプログラムでは20単位を修得した学生に修了認定を行う。ICASメンバーも講義やAIMS運営委員としてプログラム運営に参画し、大学の国際化の拡充に貢献した。8月から12月のAIMSプログラムでは、AIMS運営委員会委員として参加し、農学部以外のICASメンバーも4単位分の講義を担当した。2016年度はタイから3名、インドネシアから4名の学部生合計7名が履修した。また、茨城大学からは、インドネシアへ6名、タイへ4名の学部生合計10名がプログラムを履修した。



図 1.2-(1) AIMS プログラム

1.3. その他の教育活動の広がり

1. 学士課程教養教育では 2006 年度より「サステナビリティ学入門」を継続し、毎年数十名の学生が受講している。12 名の講師とパネルディスカッションで構成され、サステナビリティ学を学部生に理解してもらうのに役立っている。さらに本講義は茨城高専、福島高専などの単位互換、一般の公開講座としても活用されている。2006 年度(H18)80 名で開講し、以下 180 名、201 名、159 名、140 名、45 名、69 名、85 名、71 名、50 名、2016 年度は 32 名の受講者があった。2017 年度からはクォーター制の導入に伴い、前期第 2Q で 1 単位分の基盤教育科目となる。
2. 環境人材育成コンソーシアム(EcoLeaD: 環境省環境人材育成事業後継の人材育成ネットワーク)、SSC、UN-CECAR など国内外の環境、サステナビリティ学に関するネットワークに参加している。
3. サステナビリティ学教育を通じて茨城大学における教育の国際化に貢献している。特に、インドネシア、ベトナム、タイ等との連携が進展した。特に、日越大学気候変動・開発プログラムの開講準備を行った。
4. 毎年、3 キャンパス 5 学部 4 研究科の学生の研究交流を目的に「学生サステナ・フォーラム」を開催してきた。2016 年 3 月に水戸キャンパスで開催されたフォーラムには 3 キャンパスから 38 名の学生および 2 つの学外機関がポスター発表に参加し、全体では一般の参加者 13 名を含む約 80 名の参加があった。今年度は学内の社会連携センターおよび全学教育機構、学外の地域知求人ネットワークと共催、NPO 環～WA が後援で広く学外の方にも参加を呼びかけ開催した。本学では学部、研究科を超えた学生の研究交流が従来少なく、本フォーラムによって学生同士が大きな刺激を受けている。

2. 国際連携

2.1. 海外招聘による講義、シンポジウム、セミナー等の開催

2016年6月には、日越大学「気候変動・開発」プログラムの幹事校になるのに伴い、日越大学関係者が6名来学し、工学部を訪問、関係教員との打ち合わせや研究室等の学内視察を行った。

また、9月には、ベトナムのハノイにて ICAS と協定を結ぶベトナム社会科学院東北アジア研究所主催の国際シンポジウムにて3名（伊藤機関長・田村副機関長・安原名誉教授）が招待講演を行った。

2.2. 国際的水準の研究の遂行

環境省環境戦略研究 S-14「気候変動に伴う沿岸地域の脆弱性評価と適応策の費用便益分析」、文科省科研費基盤 B「適応策の有効性と限界」、環境省委託業務「インドネシアにおける地方適応計画策定のための気候変動影響評価支援業務」などを通じて、アジア太平洋地域、とりわけベトナム、インドネシアにおける気候変動影響と適応策に関する共同研究を継続している。

2.3. 大学・研究機関連携

2011～2016年度に、茨城大学重点国際交流事業に認定されたハノイ科学大学・ベトナム国家大学、タイ・プーケット・ラチャパット大学と研究、教育交流を継続した。インドネシアのボゴール農科大学、ガジャ・マダ大学、ウダヤナ大学とは農学部を中心にダブルディグリープログラムを推進している。ベトナム社会科学院北東アジア研究所とは国際人ポジウムにて招待講演を行った。なお、2014年度より開始した AIMS プログラムは上述の通りである。

1. ベトナム・ハノイ科学大学

工学部とも連携し9月にベトナム・ハノイ科学大学の学生5名に対して一週間のショートコースを企画、運営した。2016年10月には Hanoi Geoengineering 2016 で三村学長の他に3名が研究報告を行った。2017年2月にベトナム・ナムディン省ハイハウ海岸での現地調査を行った。

2. ベトナム水資源大学

環境省 S-8-3(2010-14年度)の一環で現地の調査を毎年実施してきた。2014年6月のソクチャン省での海岸浸食等の現地調査の様子は、NHK スペシャル「メガディザスター」でも放映された。2014年11月にはホーチミンでメコンデルタの気候変動と適応策に関する WS を開催した。環境省 S-8-3 終了後もベトナムで合同調査を継続している。

3. ベトナム社会科学院北東アジア研究所(INAS)

INAS とは以前より気候変動研究等の分野で協働を行ってきており、2015年1月に学术交流協定を締結した。2016年度は、INAS 主催の国際シンポジウムで ICAS の教員3名が招待講演を行った。その模様は地元の新聞（「世界とベトナム」）にも取り上げられた。10月に INAS 研究員1名の来学を受け入れた。

4. ボゴール農科大学、ガジャ・マダ大学、ウダヤナ大学

ボゴール農科大学、ガジャ・マダ大学、ウダヤナ大学とは農学系研究科を中心にダブルディグリープログラムを推進し、ICAS メンバーも協力した。この3大学とは2009-10年にかけて大学間協定を締結し、年2回のショートコース(派遣および受入、毎回20名規模)、修士課程のダブルディグリー制度を実施している。ボゴール農科大学、ガジャ・マダ大学は2014年度から AIMS プログラムにも参加し、2016年度は8-12月にかけてボゴール農科大学の学部生2名の受入れ、本学から3名の派遣、ガジャ・マダ大学の学部生1名の受入れ、本学から3名の派遣を行った。

5. プーケット・ラチャパット大学

2009 年度より大学院サステナビリティ学教育プログラムの国際実践教育演習(9 月)を継続している。併せて、気候変動に関する現地調査も継続している。2009 年 2 月に ICAS とラチャパット大理工学部と学部間交流協定を締結したが、これまでの実績が認められ 2013 年 10 月に大学間交流協定の締結へと格上げされた。また、2016 年度は初めてプーケット・ラチャパット大学の学生が来日し、国内実践教育演習の連携先である茨城町でフィールドワークを行った。

6. タイ・カセサート大学

AIMS プログラムを開講し、3 名の学生を受入れた。本学からは 4 名の学生を派遣した。

7. ISCIU(International Student Conference at Ibaraki University)

茨城大学学生国際会議を、大学院生のための教育と研究促進の一環として 2005 年度より開催している。学生にとっては、学生主催の国際会議として研究と運営の両方での教育機会となっている。

8. 日越大学

2017 年度にハノイで開講予定の日越大学気候変動・開発プログラムの幹事校としてその準備を進めた。

3. 地域連携、アウトリーチ

3.1. 地域サステナビリティ

地域レベルのサステナビリティを検討していくにあたって、茨城県における住民、企業、行政などの各主体がどのような取り組みを行っており、どのような課題を抱えているのか現状を把握する必要がある。同時に地元地域内の各主体の活動内容に関する情報をお互いが共有できるプラットフォームを構築することが重要である。

1. 大学院サステナビリティ学教育プログラム「国内実践教育演習」は、2014 年度より茨城町で実施している。2014～2015 年度には涸沼のラムサール条約登録前後の住民意識調査、実践をテーマとして、演習を行い社会連携センターの戦略的地域連携プロジェクトの一翼を担った。2 単位の演習に留まらず、2015 年 10 月には 2014 年度に引き続き茨城町と連名で涸沼に関する住民 1000 件へのアンケート調査や、ラムサール条約向けパンフレット「ひぬまっぶ」の作成協力を行った。調査結果は、2015 年 11 月 28 日の「ひぬま環境フォーラム」にて地域住民や行政関係者に向けて発表した。これらの成果を受けて、2016 年 3 月 25 日に茨城町と従来の人文学部との学部間協定から全学協定を締結することになった。2016 年度には、茨城町に代々受け継がれてきた食を探るインタビュー調査や郷土料理である「つと豆腐」をテーマにパンフレット「いばらきまちで暮らす 郷土料理“つと豆腐” de ひとしな」を作成した。また、「つと豆腐」に関するアンケート調査を茨城町役場、茨城東高校生と共同で実施した。アンケートには 238 名の方に回答いただいた。その他、2016 年 5 月には、国際実践教育演習を協同で開講しているプーケット・ラチャパット大学の学生・教職員 16 名が来日し、茨城町にて民泊体験プログラムを体験した。茨城町での演習も 3 年目を終え、地域連携や PBL を充実させてきている。
2. 2012 年 3 月に発足した「いばらき自然エネルギーネットワーク」を通じて、県内の自然エネルギーに関心を持つ自治体、企業との連携を図った。環境省地球環境基金や茨城県の助成を受けて、いばらき自然エネルギーネットワーク (REN-i)、茨城県、茨城大学社会連携センターは、地域主導型再生可能エネルギーの開発推進を担う人材を養成するための研修プログラム「いばらき自然エネルギー開発コーディネータ養成プログラム」(10-12 月、現地見学を含む全 7 回)を実施した。行政・公益団体からの受講者 6 名を含む 14 名が参加し、修了証が授与された。
3. 2015 年 9 月 10 日の豪雨により常総市など県内各地にもたらされた大規模な水害を受けて、伊藤哲司 ICAS 機関長を団長とする「茨城大学 平成 27 年度関東・東北豪雨調査団 (略称：水害調査団)」を立ち上げた (調査団 HP <http://www.icas.ibaraki.ac.jp/20150910suigai/> を 2015 年 10 月 2 日開設)。地元大学としての地域の復興に資する協働のあり方について調査・研究を行っている。2015 年 11 月 13 日に中間報告会(水戸キャンパス)を開催し、2016 年 3 月 25 日には常総市役所で防災教育 WS、成果報告会を開催した。2016 年 5 月 21 日には、取手市・利根川で行われた利根川水系水防演習に筑波大学、ものづくり大学とともに協力した。2016 年 9 月 1 日には、常総市小中学校一斉防災訓練に協力した。2016 年 12 月 17 日には、常陸太田市総合福祉会館で「みんなで学ぼう水防災」の事業協力を行った。2017 年 1 月 20 日～2 月 2 日には、水戸キャンパス図書館にて、特別展・茨城の水害

一水防災意識社会の再構築に向けて一を開催した。会期中の1月23日には、下館河川事務所長の里村真吾氏をお招きし講演会「水面を見つめて」を開催した。2017年3月24日には、常総市役所にて、「常総水害への取り組み—これまでとこれから—」を主催した。一連の調査、地域貢献が評価され、2016年7月には常総市より茨城大学に対して感謝状の表彰を受けた。

4. 茨城大学図書館主催の土曜アカデミーで「[くるま座]談会 21世紀のサステイナビリティ学を語ろう！」と「新著を語る」を企画した。「[くるま座]談会 21世紀のサステイナビリティ学を語ろう！」の詳細は以下の通り。2016年5月7日「PM2.5やオゾン：広域・越境大気汚染と気候変動」北和之・理学部教授。2016年7月2日「有機農業について語ろう！」小松崎将一・農学部教授。2016年11月19日「太平洋のサンゴ礁島を海面上昇から守れるか？」藤田昌史・工学部准教授。2017年1月7日「水俣旅行ガイド」郡司晴元・教育学部准教授。「新著を語る」の詳細は以下の通り。「『990円のジーンズがつくられるのはなぜ？』著者によるトーク&「ザ・トゥルー・コスト - ファスト・ファッション 真の代償」上映会」長田華子・人文学部准教授

3.2. アウトリーチ

ICASでは、地球変動適応科学およびサステイナビリティ学の研究成果を他の研究機関や地域社会に広く情報発信することで積極的なアウトリーチに努めている。

1. ICAS10周年シンポジウムを2016年10月15日に水戸キャンパスで開催し217名が参加した(図3.2-(1))。シンポジウムでは、これまでのICAS10年の歩みと研究成果を振り返り、これからの課題をどうとらえていくか、茨城という地域社会の視点とグローバルな地球社会の視点双方から議論を行った。後援には、茨城県、常総市、茨城町、茨城県産業会議、文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)、一般社団法人サステイナビリティ・サイエンス・コンソーシアム(SSC)が入った。午前は、基調講演として以下の3講演を行った。三村信男(茨城大学学長・ICAS前機関長)「持続可能な未来と大学の役割」、亀山康子・国立環境研究所社会環境システム研究センター副センター長「温暖化国際交渉から考えるグローバル・サステイナビリティ」、矢守克也・京都大学防災研究所巨大災害研究センター「文理工融合の防災・現在研究の現場から」。午後は5つのグループに分かれ、ワークショップ「持続可能な社会の実現に向けたICASの取り組みへの提言」を開催した。第1グループ：持続可能な農業(人文学部講義棟11番教室)[ファシリテーター：増富祐司農学部准教授]。第2グループ：持続可能な生態系(人文学部講義棟12番教室)[ファシリテーター：及川真平理学部准教授]。第3グループ：「防災・減災・地域連携(人文学部講義棟13番教室)[ファシリテーター：伊藤哲司人文学部教授]。第4グループ：国際・海外問題(人文学部講義棟14番教室)[ファシリテーター：藤田昌史工学部准教授/長田華子人文学部准教授]。第5グループ：研究・教育ネットワーク(人文学部講義棟10番教室)[ファシリテーター：田村誠ICAS准教授]。
2. ICAS10周年記念シンポジウムに合わせ、ICAS10周年記念誌を2016年10月10日に発行した(図3.2-(2))。10年間の歩みを振り返ると共に、今後の課題について論じた。
3. 水害調査団として、2016年12月に開催された第11回茨城大学人文学部地域史シンポジウム「自然災害に学ぶ 茨城の歴史—被災の記憶と教訓を未来へ—」の企画運営に協力した。添田仁人文学部准教授が「茨城大学平成27年関東・東北豪雨調査団」の

活動の一環として、資料レスキュー活動を紹介した。2016年3月には、常総市役所にて「水害調査団調査報告会」を開催し、水害発生からの約半年間における調査・支援活動の成果を報告した。2016年5月21日には、取手市・利根川で行われた利根川水系水防演習に筑波大学、ものづくり大学とともに協力した。多数の参加者を得て、土嚢の運搬の実施・体験を行い「水防活動の重要性」を学ぶ機会となった。2016年9月1日には、常総市小中学校一斉防災訓練に協力した。12校・200名の生徒を対象に、茨城大学より計20名の学生を派遣し、児童・生徒、消防団、PTA等と共に非常災害時の対応を学ぶ「クロスロード」を活用した防災教育を行った。2016年12月17日には、常陸太田市総合福祉会館で「みんなで学ぼう水防災」の事業協力を行った。200名の参加者を前に久慈川・那珂川の概要や水害、治水対策、防災などの講演と共に防災ゲーム「クロスロード」を実施。災害時の対応を考え、ディスカッションを行った。2017年1月20日～2月2日には、水戸キャンパス図書館にて、特別展・茨城の水害—水防災意識社会の再構築に向けて—を下館河川事務所のご協力をいただき開催した。会期中 662名の観覧者が訪れた。1月23日には会場にて、下館河川事務所長の里村真吾氏をお招きし講演会「水面を見つめて」を開催した。2017年3月24日には、常総市役所にて、「常総水害への取り組み—これまでとこれから—」を主催した。50名の参加者を前に、下館河川事務所と共同で水害調査団の報告及び学生・聞き書き隊 Notes が作成した冊子の配布及び今後の展開について報告を行った。

4. 国内実践教育演習や戦略的地域連携プロジェクトの成果として論文2本、口頭発表1本を発表した。田村誠・安島清武・阿部信一郎・石島恵美子(2016)「茨城県・涸沼のワイズユースおよび地域資源の有効活用に向けて—ラムサール条約登録前後における茨城町住民意識調査」,茨城大学人文学部紀要社会科学論集 石島恵美子・安島清武・田口眞一・櫻井輔・田村誠・阿部信一郎(投稿中)「茨城町の郷土料理「つと豆腐」の購入意向に関連した消費者特性」,日本調理科学会誌 「茨城町郷土料理「つと豆腐」の伝承状況とその関連要因」(2016)石島恵美子・阿部信一郎・田村誠・安島清武,日本調理学会(口頭発表)
5. 書籍『人と自然をつなぐ研究』の第9章を執筆した。郡司晴元(2016)環境からみる自然史 ～いま感じている自然の歴史を知ろう,「人と自然をつなぐ研究」ネイチャーゲーム大学講義録,能條歩編著,日本シェアリングネイチャー協会, pp175-196.
6. 教育学部で行った熊本県水俣市でのフィールドワークを論文にまとめた。阿部信一郎・郡司晴元(2016)イメージマップ・テストを用いた「水俣まち歩きフィールドワーク」のふりかえり,茨城大学大学教育センター紀要
7. WEBサイトの更新、ICASパンフレットの日本語版および英語版の発行、大学院サステイナビリティ学教育プログラムのパンフレットの日本語版および英語版の発行、TV・新聞等のマスメディアへの掲載や、学内広報誌「iUP」など複数の媒体を通じて広報活動を行っている。学内広報誌「iUP vol.7」では、ICAS10設立10周年特集「茨城大学で描く未来予想図「知的に、熱く、サステイナブルに」」が組まれた(図3.2-(3))。



図 3.2-(1). ICAS10 周年記念シンポジウム



図 3.2-(2). ICAS10 周年記念誌を発行



図 3.2-(3). 学内広報誌「iUP vol.7」で ICAS10 周年特集

表 3.2-(1). 2016 年度 ICAS イベント開催記録

開催日時	イベント名	参加人数	開催場所	テーマ・内容	主催・その他
4月6日～4月20日	学生サステナポスター展示会	385名	茨城大学 水戸キャンパス	「持続可能な世界へ」をテーマとした、茨城大学発のポスター展を開催した。サステナ学を多くの人に知ってもらい良い機会となった。	主催
4月18日	ICAS セミナー	15名	茨城大学 水戸キャンパス	ICAS 協力教員に新規参加した ICAS 研究員の滝本貴弘（農学部）と熊野直子（水戸）のセミナーを開催した。	主催
5月7日 6月4日 7月2日 11月19日 1月7日	土曜アカデミー	10名	茨城大学 水戸キャンパス	①5/7:「PM2.5 やオゾン:広域・越境大気汚染と気候変動」 ◆6/4:「新著を語る」 ②7/2:「有機農業について語ろう!」 ③11/19:「太平洋のサンゴ礁島を海面上昇から守れるか?」 ④1/7:「水俣旅行ガイド」	後援
5月11日 6月1日 6月29日	第1回 ICAS 懇話会	15名 15名 10名	茨城大学 水戸・阿見・日立 キャンパス	ICAS 教員同士が交流を深め、ICAS の活動を知ってもらい、また互いの研究分野を共有し共同研究に繋げていく目的で各キャンパスにて懇話会を開催した。	主催
5月21日	利根川水系水防演習	参加者 多数	茨城県取手市 利根川	「住民の水防活動支援」として茨城大学、筑波大学、ものづくり大学等の協力の下、土嚢の運搬の実施・体験をすることにより「水防活動の重要性」を学ぶ機会となった。	協力
5月21日 5月28日 6月4日	サステイナビリティ学入門	32名	茨城大学 水戸キャンパス	ICAS の教員による、サステイナビリティ学をテーマにした全学部生対象の集中講義。各日最後の時間は講師全員が一堂に会して質疑応答・パネルディスカッションを行った。	教育
5月22日～30日	プーケット・ラチャパット大学訪問団・訪日	15名	茨城大学・ 茨城町 潤沼	タイのプーケット・ラチャパット大学は、今年初めて教職員及び学生合わせて15名が4日間に亘り本学や茨城県を訪問した。学生達と共に茨城町での民泊体験も行った。5/23 に国際交流ワークショップを開催、両大学の学生・教職員30名が参加した。	教育
6月11日、 12日	ファシリテーション能力開発演習 I	19名	茨城大学 水戸キャンパス	大学院サステナ教育プログラム演習科目として、問題解決に向けて、関係者間の利害を調整し、共通の理解を形成することを目的としたファシリテーション能力開発プログラムを実施。山岸裕氏を非常勤講師として招いた。	教育

ICAS 年報 2017

6月14日	日越大学関係者・訪日研修	6名	茨城大学 日立キャンパス	日越大学「気候変動・開発」プログラムの幹事校となるに伴い、日越大学関係者が工学部を訪問、関係教員との打ち合わせや研究室等の校内視察を行った。	教育
6月25日、 26日 7月2日	サステナビリティ学最前線講義	19名	茨城大学 水戸キャンパス	SSC 共通教育プログラムの集中講義。茨城大学が幹事校を務め、5大学(東大、京大、阪大、国連大、茨大)の遠隔講義システムにより実施した。	教育
7月30日、 31日	ファシリテーション能力開発演習Ⅱ	20名	茨城大学 水戸キャンパス	大学院サステナ教育プログラム演習科目として、問題解決に向けて、関係者間の利害を調整し、共通の理解を形成することを目的としたファシリテーション能力開発プログラムを実施。山岸裕氏を非常勤講師として招いた。	教育
9月1日	常総市小中学校一斉防災訓練	200名	常総市小中学校	常総市の小中学校 12校に計 20名の学生を派遣し、児童・生徒、消防団、PTA 等と共に非常災害時の対応を学ぶ「クロスロード」を活用した防災教育を行った。	協力
9月1日 ～9日	GPSS 国際実践教育演習	13名	タイ・パンガー 県 コクライ村	演習協力: プークット・ラチャパット大学、コクライ村地元の方々。大学院サステナ教育プログラム科目として、現地の村にホームステイをして、廃棄物、エコツーリズム、防災の3班に分かれての演習を行った。	教育
9月9日～ 10日	GPSS 国内実践教育演習	7名	茨城町	演習協力: NPO 環～WA、茨城町、ひろうら田舎暮らし体験推進協議会、茨城東高等学校。茨城町潤沼でのフィールドワーク、郷土で受け継がれた食を探るインタビュー調査、民泊体験のプログラム、郷土料理「つと豆腐」のアンケート調査を行った。	教育
9月10日	つと豆腐試食会・調査	250名	茨城町 イオンタウン水戸南	茨城町の郷土料理「つと豆腐」について、今後の伝承等を模索するため、茨城大学・茨城東高・茨城町役場共催で試食・意識調査を行った。調査は国内実践演習及びサステナビリティ学プログラムの大学院生が中心となった。	主催
9月26日 ～10月1日	ベトナム・ハノイ科学大学サマーセミナー	5名	茨城大学 日立キャンパス	ハノイ科学大学から5名の学部生を迎え、自然災害、最新の科学技術、気候変動等に関する短期セミナーを開講した。	主催
9月28日	ベトナム社会科学院東北アジア研究所主催・国際シンポジウム	3名	ベトナム・ハノイ	ベトナム・ハノイにて、ベトナム社会科学院東北アジア研究所主催の国際シンポジウムで伊藤・田村・安原が招待講演を行った。	協力

ICAS 年報 2017

10月7日	茨城自然エネルギーセミナー	20名	茨城大学 水戸キャンパス	いばらき自然エネルギーネットワークのセミナー及び茨城県本学社会連携センターとの共催による「いばらき自然エネルギーコーディネーター開発養成」プログラムの第1回講座。国及び茨城県の再生エネ関連の制度・政策・施策について講演を行った。	共催
10月15日	ICAS設立10周年記念シンポジウム	217名	茨城大学 水戸キャンパス	地球温暖化に伴う「気候変動」に対する適応策や持続可能性について、分野の垣根を越えて協働しながら調査・研究・実践を行った。シンポジウムでは、その ICAS の 10 年の歩みを振り返るとともに、亀山康子氏・矢守克也氏を迎え基調講演をお願いし、後半は農業、生態系、防災・減災・地域連携、国際・海外問題、研究・教育ネットワークの分野で ICAS の今後の取り組みへの提言をまとめる参加型ワークショップを実施した。	主催
11月6日	いばらきまつり	参加者 多数	茨城町総合福祉センター「ゆうゆう館」駐車場	茨城町の郷土料理「つと豆腐」復興を目指し、いばらきまつりにて試食会を行った。	主催
12月9日	茨城自然エネルギーセミナー	20名	茨城大学 水戸キャンパス	いばらき自然エネルギーネットワークのセミナー及び茨城県本学社会連携センターとの共催による「いばらき自然エネルギーコーディネーター開発養成」プログラムの第7回講座。再エネを地域に広げるをテーマに県内のソーラーシェアリング事業や京都府の環境まちづくりについて講演を行った。	共催
12月15日	第2回 ICAS 懇話会	7名	茨城大学 水戸キャンパス	ICAS 教員同士が交流を深め、ICAS の活動を知ってもらい、また互いの研究分野を共有し共同研究に繋げていく目的で、懇話会(水戸)を開催した。	主催
12月17日	みんなで学ぼう水防災	200名	常陸太田市総合福祉会館	久慈川・那珂川の概要や水害、治水対策、防災などの講演と共に防災ゲーム「クロスロード」を実施。災害時の対応を考え、ディスカッションを行った。	事業協力
1月21日	第3回 ICAS 懇話会	10名	茨城大学 阿見キャンパス	ICAS 教員同士が交流を深め、ICAS の活動を知ってもらい、また互いの研究分野を共有し共同研究に繋げていく目的で、懇話会(阿見)を開催した。	主催
1月24日	ICAS セミナー	15名	茨城大学 水戸キャンパス	ICAS に新規参加した ICAS 卓越研究員の堅田元喜講師が、研究分野についてセミナーを開催した。	主催

ICAS 年報 2017

1月20日～ 2月2日	特別展・茨城の水害 (常総市水害図書館 展示)	662名	茨城大学 水戸キャンパス	常総水害のパネル展示を下館河川事務所のご協力の下、行い下館河川事務所の里村氏をお招きして講演会を図書館にて開催した。	主催
3月14日	第10回記念学生サ ステナ・フォーラム	80名	茨城大学 水戸キャンパス	講演者に秋山智代氏を迎えると共に、サステイナビリティ学研究に関わる茨城大学学部生、大学院生による研究成果のポスター発表および研究交流を日立キャンパスで行った。	主催
3月24日	常総水害への取り 組み —これまでとこれ から—	50名	常総市役所	常総市市役所にて下館河川事務所と共同で水害調査団の報告及び学生・聞き書き隊 Notes が作成した冊子の配布及び今後の展開について報告を行った。	主催

表 3.2-(2). 2016 年度 ICAS 招聘者リスト

	氏名	所属・国	地区	招聘期間	業務内容
--	----	------	----	------	------

ICAS 年報 2017

1	亀山 哲 Satoshi Kameyama	国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター	ICAS(水戸)	2016.6/13～18	International Workshop on Appropriate Technology Solutions for Water, Energy and Management in the Mekong delta への出席
2	加藤 ひで子 Hideko Kato	茨城県農業総合センター	ICAS(水戸)	2016.6/29	SI-CAT モデル自治体横断 WG 会合への出席
3	眞部 徹 Toru Manabe	茨城県農業総合センター	ICAS(水戸)	2016.6/29	SI-CAT モデル自治体横断 WG 会合への出席
4	亀山 康子 Yasuko Kameyama	国立環境研究所社会環境システム 研究センター	ICAS(水戸)	2016.10/15	10 周年記念シンポジウムでの講演
5	矢守 克也 Katsuya Yamori	京都大学防災研究所 巨大災害研究センター	ICAS(水戸)	2016.10/15	10 周年記念シンポジウムでの講演
6	木村 さおり Saori Kimura	フリーアナウンサー	ICAS(水戸)	2016.10/15	10 周年記念シンポジウムでの総合司会
7	加藤 ひで子 Hideko Kato	茨城県農業総合センター	ICAS(水戸)	2017.1/30	SI-CAT 農業 WG 会合への出席
8	眞部 徹 Toru Manabe	茨城県農業総合センター	ICAS(水戸)	2017.1/30	SI-CAT 農業 WG 会合への出席
9	小寺 昭彦 Akihiko Kotera	神戸大学先端融合研究環	ICAS(水戸)	2017.3/7	日越大学の打合せ
10	秋山 智代 Tomoyo Akiyama	助産師	ICAS(水戸)	2017.3/14	第 10 回記念茨城大学学生サステナ・ フォーラムでの講演

表 3.2-(3). 2016 年度 ICAS メールマガジン発行記録

号数	主要記事	配信日	
Vol.0	2016 年 4 月号	ICAS10 周年記念事業のお知らせ、ICAS 懇話会（各キャンパス）開催について	4 月 29 日
Vol.1	2016 年 5 月号	図書館土曜アカデミー企画のお知らせ、プーケット・ラチャパット大学の教職員・学生が来日	5 月 31 日
Vol.2	2016 年 6 月号	ICAS10 周年記念事業 WG の活動報告、日越大学 WG が「気候変動」分野カリキュラムを作成	6 月 30 日
Vol.3	2016 年 7 月号	学内誌『iUP』の ICAS10 周年特集の発刊、国文学研究資料館からの共同研究提案について	7 月 31 日
Vol.4	2016 年 8 月号	常総市より感謝状授受、事務体制変更「ICAS・日越大学係」の新設	9 月 5 日
Vol.5	2016 年 9 月号	日越大学開校、国際演習・国内演習を実施、ICAS 戦略研究公募に 3 件が採択	9 月 30 日
Vol.6	2016 年 10 月号	10 周年記念シンポジウムと祝賀会盛大に開催、図書館後期「土曜アカデミー」の開催	10 月 31 日
Vol.7	2016 年 11 月号	第 5 回 ICAS 運営委員会開催、科研費補助金「新学術領域」に申請	11 月 30 日
Vol.8	2016 年 12 月号	2016 年 ICAS 五大ニュース、ICAS 懇話会（水戸キャンパス）の実施	12 月 30 日
Vol.9	2017 年 1 月号	第 6 回 ICAS 運営委員会開催、図書館展示「茨城の水害」の開催	1 月 31 日
Vol.10	2017 年 2 月号	第 10 回記念「学生サステナ・フォーラム」を開催、国文学研究資料館を訪問	2 月 28 日
Vol.11	2017 年 3 月号	阿見キャンパス懇話会、本年度の SSC プログラム修了生の報告、常総水害についての報告会	3 月 31 日

※2016 年 10 月号より「ICAS サポーターズメールマガジン」として、サポーターズの皆様へも配信。

表 3.2-(4). 2016 年度 ICAS 活動記録

<p>4 月 新年度スタート H28年度サステナプログラム履修登録開始 4/8 第 1 回運営委員会、水害調査団 MTG 4/6-19 「茨城大学発持続可能な世界へ」ポスター 4/18 ICAS セミナー(ICAS 研究員 滝本・熊野) 4/26 国際、国内実践教育演習ガイダンス</p>	<p>10 月 10/15 ICAS 10 周年記念シンポジウム</p>
<p>5 月 5/11 ICAS 懇話会(水戸) 5/21 利根川水系水防演習 5/21, 28, 6/4 サステナビリティ学入門 5/22-30 ブーケット・ラチャバット大訪日 5/23 ブーケット・ラチャバット大学-茨城大 学国際交流ワークショップ 5/26 ICAS10周年イベント第1回WG会合 5/30 日越大学WG会合</p>	<p>11 月 11/28 第5回運営委員会</p>
<p>6 月 6/1 ICAS 懇話会(阿見) 6/9 ICAS10 周年イベント第 2 回 WG 会合 6/11-12 ファシリテーション能力開発演習Ⅰ 6/14 日越大学関係者・訪日研修(日立キャンパス) 6/23 ICAS10 周年イベント・第 3 回 WG 会合 6/25-26,7/2 サステナビリティ学最前線講義 6/29 ICAS 懇話会(日立)</p>	<p>12 月 12/2 第 1 回日越大学プログラム委員会 12/15 ICAS 懇話会(水戸) 12/17 みんなで学ぼう水防災</p>
<p>7 月 7/13 国際演習オリエンテーション 7/15 ICAS10 周年イベント第 4 回 WG 会合・ 第 3 回運営委員会 7/27 国内演習オリエンテーション 7/30-31 ファシリテーション能力開発演習Ⅱ</p>	<p>1 月 1/20-2/2 特別展・茨城の水害 (常総市水害図書館展示) 1/21 ICAS 懇話会(阿見) 1/24 第 6 回運営委員会 ICAS セミナー(ICAS 堅田)</p>
<p>8 月 8/5 ICAS10 周年イベント第 5 回 WG 会合 8/17 国内演習事前学習発表会 8/18 国際演習事前学習発表会 8/28-9/5 国際実践教育演習(ブーケット)</p>	<p>2 月 平成 28 年度計画・予算案</p>
<p>9 月 9/1 常総市防災ワークショップ 9/9-10 国内実践教育演習(茨城町) 9/14 第4回運営委員会 9/26-10/2 ベトナムサマーセミナー(工学部)</p>	<p>3 月 3/14 学生サステナフォーラム 3/22 第7回運営委員会 3/24 常総水害への取り組み (水害調査団報告会)</p>