

自然科学系プロジェクト報告書

サブプロジェクト名称

「バイオマス～TOSA : Tosa-Oriented Sustainable Agricultureの
構築に向けたバイオマス利活用プロジェクト」

1 総括表

1-1 組織

	氏名	部門
代表	足立 真佐雄	自然科学系農学部門
分担	西村 安代	〃
	宮崎 彰	〃
	宮内 樹代史	〃
	鈴木 保志	〃
	今城 雅之	〃
	森岡 克司	〃
	手林 慎一	〃
	河野 俊夫	〃
	森 牧人	〃
	佐藤 泰一郎	〃

1-2 研究経費

総額 450.2 千円（うち年度計画実施経費 300 千円）

1-3 活動総表

事項		件数等	金額（千円）	
研究 活動	学術論文	15		
	著書	6		
	紀要	2		
	報告書	5		
	学会発表	41		
	セミナー・講演会・シンポジウム等の開催	6		
地域貢献		15		
外部資金			科研費	5358
			共同研究	3926
			受託研究	16443
			奨学寄付金	6675

		その他	660
		合計	33662.4
特許等	該当無し		
その他特記事項	7		

2 研究概要

2-1 研究目的

高知県では、温暖でありかつ日照時間の長さも全国有数である気象条件の下で、トマト・ナス・ピーマンなどの野菜やコメ等の農産物、木質バイオマスなどの林産物、さらにはブリ・カンパチやタイなどの水産物が生産されてきた。しかし、昨今の地球温暖化の進行と共に、温帯域である高知県も近い将来亜熱帯化することが予想されており、これによる農林水産バイオマスの生産に対する悪影響が懸念されている。このような状況のもとで、本プロジェクトは土佐発の持続的な農林水産業(Tosa-Oriented Sustainable Agriculture: TOSA)の確立に向けて、温暖化の最前線にも位置する高知において、温暖化の進行や気象変動の激化にも対応した、未来指向型の農林水産バイオマスの持続的生産技術やその加工・流通技術を開発する。

2-2 研究成果

- ・黄色 LED の夜間電照は、短日条件では生育が促進され、また、抽苔は抑制されたため、利用価値は高い。(西村)
- ・新規導入作物・食用カンナは、食用、デンプン、機能性食品、飼料用としての利用が期待される。根茎収量および収穫指数から有望系統の選抜、突然変異育種による選抜を行い、各系統を評価した(宮崎)。
- ・営農型太陽光発電における透過型太陽光発電パネルの利用可能性を探るため、パネル下の光環境と作物生育特性について明らかにした。(宮内)
- ・放置広葉樹林の収穫利用について長期的循環利用が経済的に可能で人工林施業に劣らない収益率があることを理論的に示し、演習林における実際の択伐収穫作業試験においても有効性を確認した。(鈴木)
- ・遺伝子レベルから推定した 3 定点の海水中の白点虫数に基づき、養殖漁場で生け簀避難が試行され、白点病被害が大幅に軽減した。(今城)
- ・高知県の特徴的な食材であるウツボ可食部(筋肉)のコラーゲンを調べたところ、筋肉湿重量当たりの総コラーゲン含量は、食用魚類中、最も高いことから、ウツボ筋肉はコラーゲンを効率的に摂取できる食材であることが明らかとなった。(森岡)
- ・イネのファイトアレキシンの発現を正に調節する DPF は、セロトニンの生合成を負に制御する事が判明した。(手林)
- ・豆から抽出した難消化性の食物繊維を餡の素材の一部として置換利用することで、食感は維持しつつ、消化性を遅くした新しいタイプの餡を試作することができ、食物繊維の多目的利用の可能性を広げることができた。(河野)

- ・野見湾（須崎市）の水環境（水温や溶存酸素）を対象に、インターネット経由水環境遠隔モニタリングシステムを試験的に構築した。（森）
- ・室内実験により、風蝕試験を行ったところ、風蝕は土壌水分の影響を受けることを明らかにした。また、土壌の種類により風蝕発生の水分が異なることを明らかにした。（佐藤泰）
- ・沖縄沿岸域より分離した渦鞭毛藻 *Gambierdiscus* 属藻各株の細胞抽出画分を、蛍光サンドイッチ ELISA 法に供した結果、*G. silvae* 株および *G. scabrosus* 株からシガトキシンが検出された。（足立）
- ・令和元年度「バイオマス～TOSA」プロジェクト中間報告会を開催し、進捗状況に関する報告を行った後、年度末に向けた取り組みについて打合せを実施(R1. 8. 8)。
- ・令和元年度「バイオマス～TOSA」プロジェクト年度末報告会兼令和2年度計画検討会を開催し、進捗状況に関する報告を行った後、来年度に向けた取り組みについて打合せを実施(R2. 3. 10)。

2-3 特筆すべき事項

- 1) 日本生物環境工学会四国支部貢献賞受賞（宮内）
- 2) 修士指導学生竹嶋一紗を筆頭著者とする共著論文「架線系システムの間伐作業による残存木損傷の回復状況」が 2019 年度森林利用学会研究奨励賞を受賞した。（鈴木）
- 3) 指導学生の優秀ポスター賞(Marine Open Innovation(MaOI) Institute Student Poster Award)受賞
本間千穂, Marine Biotechnology Conference 2019 (2019/9/12)
- 4) 平成 31 年度地方大学・地域産業創生交付金の交付対象事業である、高知県プロジェクト「“I o P (Internet of Plants)” が導く Next 次世代型施設園芸農業」への進化」への複数メンバーによる参加・取り組み(森、西村、宮崎、手林)。
- 5) 高 Impact factor の国際誌 (Harmful Algae、Impact factor: 5.012) への論文掲載
- 6) 足立真佐雄, 【高知大・水族環境学研究室】海のプランクトンで燃料, 朝日新聞 2020 年 1 月 19 日
- 7) 足立真佐雄, 温暖化と日本の海 15 (山本智之・科学ジャーナリスト・朝日新聞大阪本社記者) により「毒魚を生み出す藻類」として当研究室の研究が紹介された, グリーンパワー (森林文化協会) 2017 年 8 月号 P. 15.

ニラ施設栽培における電照の光質の影響について

● 西村 安代（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

ニラ施設栽培では、価格が高い冬季の増収を目的に低温伸張性の高い品種の利用や、電照、加温などの環境制御が行われている。しかし、電照により長日条件になることで生育促進と共に3月頃から抽苔が起るため、栽培時や出荷時に花茎を除去しなければならず、その手間がかかっている。そのため、生育促進しながら、抽苔を抑制する管理が課題となっている。最近では白熱電球からLED型白色電球に移行しつつある。LEDは光質が選べるため、ニラの増収に最適な波長を検討する余地があり、同時に抽苔に及ぼす影響も調査する必要がある。そこで本研究では、電照処理の光質がニラの生育ならび抽苔に及ぼす影響について検討した。

2. 研究結果

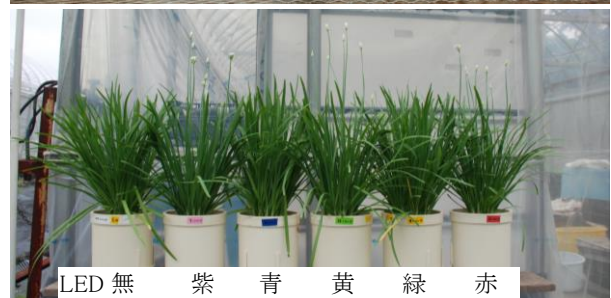
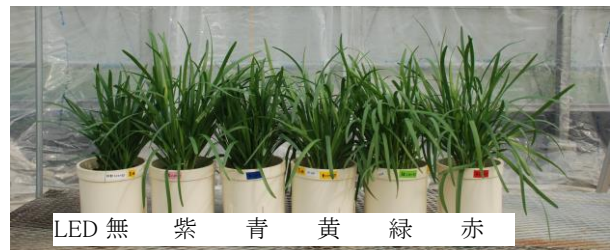
(1) 成果

・試験方法:ニラ‘スーパーグリーンベルト’（スーパー）と‘ミラクルグリーンベルト’（ミラクル）の2品種を供試し、2018年5月29日に播種120日目の苗をスーパーは2本、ミラクルは3本で1/5,000aワグネルポットに定植し、ハウス内で育成した。電照処理は、紫（発光波長660+460nm）、青（465nm）、緑（523nm）、黄（590nm）、赤（625nm）の5色のLEDと電照しない無処理を設け、2018年11月12日～2019年11月1日の23時～翌2時に3時間の光中断処理を毎日行った。収穫調査は、3月までは前回収穫後から45日目、それ以降は35日目に草丈、葉長、葉幅、葉厚、SPAD、茎数、1茎葉数、生体重、乾物重について計10回行った。抽苔後は毎日花茎数を調査し、花茎は収穫まで除去せずにおいた。なお、冬季の暖房の設定温度は5℃とした。

・結果:生育への影響:茎数は、抽苔開始が早かった紫、赤、緑では1年を通してほぼ変化がなかったが、それ以外の区では5月調査以降増加傾向にあった。1月と3月の調査における生体重、乾物重、草丈、葉長は、無処理と青で顕著に抑制されたが、4月以降は生育が良好となり、5月以降では他区よりも重くなった。葉幅は3～5月の調査では処理に関わらず広い傾向にあった。

抽苔への影響:抽苔は、ミラクルでは赤色と紫色

で3月下旬、緑色は4月中旬、青色は8月、無処理は8月中旬、スーパーでは4月中旬より紫、次いで赤で、緑は5月上旬、青は7月中旬、無処理は8月下旬より始まった(第1図)。また、黄は両品種ともに9月中旬より抽苔が始まり、ミラクルの無処理以外はいずれも9月調査時が最も抽苔率が高くなり、さらに一つの分けつから2本花茎が出ているところが赤、紫、黄で認められた。11月調査ではいずれも抽苔率は低下したが、無処理と青では抽苔がみられなかった。



第1図 ‘ミラクルグリーンベルト’の生育状況
(上:2019年3月2日、下:2019年6月14日撮影)

(2) 問題点等

赤色と紫色は抽苔を助長し、また抽苔開始まで生育促進効果が認められたが、それ以降は逆に抑制された。また、抽苔以降は花茎の除去に手間がかかる課題があり、抽苔開始を遅らせるための処理期間を検討する必要がある。一方、黄色は、抽苔を遅延し、低温短日期の生育も良好であったため、促成栽培では有効である。今後は波長の組み合わせや処理時間と期間等処理方法の検討により、抽苔を抑制しながら、さらなる増収を図る最適な電照処理を検討する必要がある。

3. 今後の展望

黄色LEDに関しては、防蛾灯として普及している黄色蛍光灯と同じ波長域にあり、蛾の幼虫の食害も抑制する効果も期待できるため、露地栽培

での利用拡大の可能性がある。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

(2) 紀要

1. 親水性樹脂の可能性 ― 培地利用 ―、西村安代、産学官連携ジャーナル Vol. 15 No. 4 2019.
2. 作物を逆境に強くするトレハロース、西村安代、現代農業 2019年10月号 p. 130-13

(3) 報告書

(4) 学会発表

・学会発表件数 3件

1. 高温期ナス施設栽培におけるトレハロースの効果、西村安代・筒井結夢・上野紗優果・森牧人、園芸学会令和元年度秋季大会研究発表、島根大学松江キャンパス、2019年9月15日-17日
2. 施設栽培におけるフィルムの散乱率の違いがトマトの生育・収量ならびに栽培環境に及ぼす影響、西村安代・貝柄佐織、濱田彩里、丸山美豊・森牧人、農業生産技術管理学会令和元年度大会、東京農業大学厚木キャンパス、2019年10月19日-20日
3. 電照処理の光質がニラの生育ならびに抽苔に及ぼす影響、西村安代・金子朋実・梅津満帆・和田絵理子・橋本和泉、園芸学会令和2年度春季大会研究発表

(5) セミナー等の開催

・農業用高機能フィルムの新展開と評価・実証試験・応用展開 第1部 農業生産フィルムの耐候性・耐久性評価と栽培試験例、2019年7月31日、(株)AndTech 開催、カルッツかわさき(神奈川県川崎市)

(6) 地域貢献活動

1. 「ニラ栽培に関する連携研究」高知県農業技術センター作物園芸課、2019年6月~2020年3月
2. 「高知県普及活動外部評価会」委員長、2019年7月30日
3. 「高知県園芸品展示品評会」審査委員、2020年1月31日

(7) 外部資金

「共同研究」

1. 「波長変換材料を用いた農業用資材の研究」(継続・2019年度100万円)
2. 「エチレンービニルアルコール共重合体系材料開発の研究」(継続・2019年度50万円)
3. 「グリーンハウス用フィルムの開発」(継続・2019年度97.2万円)

「受託研究」

1. 「腐植酸液肥の作物に対する効果検証」(継続・2019年度169万円)

「奨学寄付金」

1. 「トレハロースを利用した栽培試験の助成金」(40万円)
2. 「機能性被覆資材実証実験の助成金」(70万円)

(8) その他

・書籍

1. 野菜園芸学 第2版「第2章 果菜類 ウリ科野菜」西村安代、p. 48-76、文永堂出版
2. 最新農業技術 土壌施肥 vol.12「トレハロースによるピーマン・ナスの低温・高温耐性効果、西村安代、p. 21-25、農文協

食用カンナの多面的利用開発に関する研究

● 宮崎 彰（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

食用カンナはショウガ目カンナ科の植物のうち、その肥大する根茎を食用に利用している種類の総称である。根茎は食用・デンプン・機能性食品として、地上部は飼料としての利用が期待される。カンナを飼料として給餌する場合、特に調整が難しいのがミネラルであり、カルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)、カリ(K)は粗飼料、濃厚飼料にトータルでどれだけ含有されているか検討する必要がある。本研究では食用カンナにおいて有望な種系統を選抜・育成するための基礎的知見を得るため、食用カンナの種系統間差異を地上部生育、根茎収量およびミネラル含量について明らかにし、種系統別に地上部、根茎利用に関する特性を検討することを目的とした。

2. 研究結果

(1) 成果

実験1：カンナ属植物 10 系統の根茎収量およびミネラル含量の比較

[材料と方法] 高知県立牧野植物園から譲渡されたカンナ属植物 10 系統を供試した。種イモを 50 g に調整し、切断面を消毒した。栽植間隔 1 m×0.5 m、深さ約 8 cm で 2019 年 5 月 22 日に植え付けた。成熟期に生育が各反復において平均的な各反復 2 個体、計 6 個体（系統⑥、⑩は 4 個体）を対象に、草丈、茎数および主茎葉数を測定した。このうち各反復 1 個体を 11 月 11 日～12 日にサンプリングし、各部位（葉身、葉軸、茎、花、枯死部、根、根茎）に分け、生重および乾物重を測定した。さらに残りの各反復 1 個体をサンプリングし、地上部および根茎の生重を測定し、同じ反復個体の生重/乾物重比から、地上部および根茎の乾物重を算出した。また、乾燥試料を粉碎し、濃硫酸で分解し、フレイム原子吸光光度計で K、Ca、Mg 含有率を分析した。

[結果と考察] 草丈は系統①で⑩、⑭より有意に低く、茎数は①および⑩で有意に多く、主茎葉数は①、⑩、⑪で有意に少なかった。これらのことから、系統①、⑩、⑪は観賞用カンナの特徴を示したが、このうち系統⑪は草丈が高く茎数が少な

いなど食用カンナの特徴を合わせ持つことが確認された。根茎乾物重は系統①、⑩で低く、⑧、⑭で高かった。⑧は根茎重が高く、地上部重が低い傾向があり、乾物重ベースの収穫指数が 54.3%と有意に高いことから、根茎を収穫対象とする場合には有望系統であると判断された。ミネラル含有率 (mg/g DW) は K において茎 (56.0) > 葉身 (41.0) > 根茎 (28.0)、Ca において葉身 (17.3) > 茎 (8.8) > 根茎 (2.6)、Mg において葉身 (4.7) > 茎 (4.1) = 根茎 (3.7) であり、K の多量集積が特に地上部において認められた。一方、葉身と茎を混合した場合、K 含有率は ②で有意に低く、飼料としては 2.2 以下が適切であるとされる K/(Ca+Mg) 当量比は②で 2.16 となり、適切なミネラル含量であることが示された。以上より、根茎を収穫対象とする場合には収穫指数および根茎収量が高い系統⑧が、地上部を飼料として給餌する場合には K/(Ca+Mg) 当量比が基準値を下回る系統②が有望であることが示された。

実験2：軟X線照射による食用カンナ突然変異系統の育成

[材料と方法] 種イモには食用カンナの系統、台湾赤を供試した。種イモを重さ 100 g に調整し、切断面を消毒した。軟X線処理として農業用軟X線照射装置 (Unit OM-B205, (株) オーミック, 照射線量 15 Gy/分) を用い、2018 年に種イモの芽に 25, 50, 100, 150, 200, 250, 300 Gy を照射した。このうち 2018 年の栽培で生存しなかった 300 Gy を除く処理区と軟X線を照射しなかった対照区の合わせて 7 処理区を設けた。また、2017 年に軟X線を照射し、1 年目の栽培を経過した 25, 50, 100 Gy の各処理区から 2018 年の栽培を経て根茎収量、デンプン収量および収穫指数から選抜した 9 個体および対照区について、系統として圃場に配置した (2017 年照射 3 年目個体)。軟X線 2018 年照射 2 年目の異なる親株から採取した群落内部の個体について、成熟期の 11 月 8 日に草丈および茎数を測定し、地上部を刈り取り後、生重を測定した。また、軟X線 2017 年照射 3 年目の群落内部 6 個体について、成熟期の 11 月 5 日に草丈および茎数を測定し、地上部を刈り取り後、生重を測定した。また、12 月 3 日に根

茎を採取、洗浄し、根を切除し、生重を計測した。

[結果と考察] 2017年照射個体の草丈はN100-7でN25-13より有意に低かった。同じくN100-7では主茎葉数がN-Cより有意に少なかった。茎数および花数には有意差はなかった。地上部生重はN100-7およびS25-7でN25-17より有意に低かった。根茎重はS100-9においてS25-7より有意に高かった。生重ベースの収穫指数はS100-13において有意に高く、有意ではないが続いてN100-7, S100-9の順となった。S100-13における高い収穫指数は後藤(2018)においても認められており、二か年共通の結果が得られた。耐倒伏性の観点から収穫指数が高く地上部が低い系統の育成が求められており、これらの100 Gyを照射した系統は有望系統として期待される。

2018年照射個体の草丈、主茎葉数、茎数、地上部新鮮重および花数について、処理と配置の二要因で統計解析を行った。この結果、主茎葉数はN-150でほかの系統よりも有意に少なかった。しかし、その他の形質には系統間差は認められなかった。茎数と地上部新鮮重には1%水準で正の相関があった。

(2) 問題点等

実験1,2とも、圃場実験において年次間の反復試験が必要である。特に、実験2の2018年照射実験では、地上部のみの評価であったため、本年の系統選抜が困難であった。次年度の圃場反復試験により、系統のスクリーニングを行う必要性がある。

3. 今後の展望

実験1では選抜系統の妥当性を再検証するとともに、早急な論文発表を要する。実験2では現時点の選抜指標である草丈や収穫指数から、さらに系統選抜を進めるとともに、次の評価項目であるデンプンの含有率や機能性の観点から、評価を進める予定である。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

Miyazaki, A., & Arita, N. 2020. Deep rooting development and growth in upland rice NERICA induced by subsurface irrigation. *Plant Production Science* (in press)

(2) 紀要

(3) 報告書

(4) 学会発表

1. 山本由徳・石間裕人・F. S. Rembon・Namriah・越知歩美・宮崎彰, インドネシア、南東スラウェシ州ムナ島と東ヌサ・トゥンガラ州クバンにおけるタラパヤシ (*Corypha utan* Lamk.) の葉形質とバイオマス生産. サゴヤシ学会, 東京都池袋, 2019年5月25日
2. 山本由徳・石間裕人・F. S. Rembon・Namriah・越知歩美・宮崎彰, インドネシア、南東スラウェシ州ムナ島と東ヌサ・トゥンガラ州クバンにおけるタラパヤシ (*Corypha utan* Lamk.) の全糖とデンプン生産性. サゴヤシ学会, 東京都池袋, 2019年5月25日
3. 宮崎彰・福永涼太・米丸淳一・森田敏, 水稲玄米における白未熟粒, 粒径および胚乳細胞内部形態の登熟期高温処理時期による変化. 日本作物学会, 鳥取県鳥取市, 2019年9月26日
4. Kamal Shrestha and Akira Miyazaki, Review of deep rooting in upland rice induced by the alteration of root structure. 日本作物学会四国支部, 香川県綾歌郡綾川町, 2019年11月28日
5. 宮崎彰・橋村結・シュレスタ カマル・上野大勢, 食用カンナにおける根茎収量およびミネラル集積の種系統間差異, 日本作物学会, 茨城県つくば市, 2020年3月27日
- 6.

(5) セミナー等の開催

市民公開講座「これからの食糧問題を考える～どうなる? これからの食糧問題 (2)」2019年12月8日, 高知県立大学永国寺キャンパス

(6) 地域貢献活動

1. 非常勤講師: 「作物園芸概論」高知県立農業大学校, 2019年6月28日~7月26日
2. 技術研修: 独立行政法人国際協力機構委託事業課題別研修生1名の受入, 2019年7月16日~8月6日
3. 技術相談: 2019年8月29日, 四国建設コンサルタント
4. ホームカミングデー学部イベント: 農業体験イベントの企画・実施, 2019年11月3日

(7) 外部資金

産官学連携事業「IoPが導くNext次世代型施設園芸農業への進化プロジェクト」小課題: 屋外環境の制御と管理による作物生産の最適化
2019年度: 840千円 (直接経費)

(8) その他

次世代施設園芸におけるバイオマス資源の生産・利用

● 宮内 樹代史（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

施設園芸生産では、生産性の向上とコスト削減が喫緊の課題となっている。高知県では、高度な環境制御システムを有した大規模な次世代型園芸ハウスの普及を図る一方、中山間地域をはじめとする中小規模園芸農家を支える仕組みを検討している。

このような背景から、本研究では以下の3つの課題について検討を行っている。①ガスヒートポンプ（GHP）を活用したハウス環境制御、②中山間地域の棚田を利用した新たな園芸ハウスの構築、③ソーラーシェアリング施設の環境解析と作物収量の評価。

これらは、高知県下における園芸生産を支える新たな形態として期待されている。本年度は、各施設における環境評価を進めるとともに、ソーラーシェアリングのスマート化を図るための基礎データの取得と、耕作放棄地対策としての経営モデルについて検討を行った。

2. 研究結果

（1）成果

① GHP を活用したハウス環境制御

GHP 排ガス循環システムの改良を進め、局所施用チューブによる炭酸ガス施用の効率化を図った。NO_x、SO_x 濃度が安全基準を満たしていることを再確認するとともに、果実収量、品質についての調査を行った。その結果、果実収量、果実糖度において、GHP 区が高い値となり、CO₂局所施用の効果が確認された。

②中山間地域の棚田を利用した新たな園芸ハウスの構築

前年度に引き続き、複数の石垣蓄熱ハウスの環境計測を行い、学内の試験ハウスと比較した。今年度は基本的な計測項目に加え、石垣を構成する石の内部温度について計測を開始した。また、設置規模に応じた建設コストを試算した。主要品目であるトマトの他、マンゴーについても一定程度の収穫を得た。環境計測の結果、石垣ハウスの構造的特性を生かした低コスト栽培が可能であることを確認した。一方、これら多々の情報を共有する仁淀川町内のネットワークを構築した。

③ソーラーシェアリング施設の環境解析と作物収量の評価

稼働中のソーラーシェアリング施設（サンビレッジ四万十）での環境計測の結果、ソーラーパネル下面の地上部 1m の位置での1日あたり積算光量子量は4～5 mol /m²/d程度であり、年間を通じて露地部の20～30%程度で推移することを確認した。このような光環境下において、ハスイモ及び万次郎カボチャを主要作物として栽培し、収量の調査を行ったところ、それぞれの収量は1,580kg/10a、755kg/10aで、地域平均収量の56%、61%であった。

また、透過型太陽光発電パネル下での光環境と作物生育調査を行ったところ、秋季晴天時の透過型パネル下の日積算光量子量は、2.3mol/m²/dであり、露地部に比べ、減光が見られた。しかし、透過型パネル下で栽培したリーフレタスの収量は、減光の割合に比して高い値となり、透過型パネルのソーラーシェアリングへの利用可能性が示唆された。

（2）問題点等

GHPによる環境制御においては、炭酸ガスの局所施用に加え、太陽熱を利用した株本の局所加温、飽差に基づく細霧冷房を組み合わせた制御を検討する。石垣蓄熱ハウスにおいては、石垣を構成する石の熱的特性を解析するとともに、夏季の暑熱対策について検討する。また、栽培品目の詳細な収量調査を行い、出荷コスト軽減のための生産物回収ネットワークの構築を図る。ソーラーシェアリングでは、透過型パネルのさらなる特性評価と規模に応じた発電システムの構築が課題となる。

3. 今後の展望

エネルギー自給率の向上、化石燃料依存度の低減に向けて、再生可能エネルギーとして太陽光発電への期待も大きい。買取価格の低下や出力抑制等 FIT 制度が揺らぎ、電力自由化が進むなかで、FIT 制度に依存しない地産地消型あるいは産消連携型の電力需給体制の構築が求められる。なお、太陽光は変動する自然エネルギーで、電力の安定供給のためには蓄電や他の自然エネルギーとの併用などの工夫が必要となる。このような展望の下、ソーラーシェアリングはそのスマート化

を含め、新たな方策となると考えられる。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

(2) 紀要

(3) 報告書

(4) 学会発表

- ・ソーラーシェアリング下の環境評価と作物生育特性(1): 宮内樹代史、濱田奈々子、藤井詩乃、浜田好清、松岡達憲、2019年農業食料工学会・農業施設学会・国際農業工学会第6部会合同国際大会、2019.9.4、札幌市
- ・ガスヒートポンプ稼働時のハウス内環境と作物生育特性: 嘉瀬井祥太、佃佳香、兼崎雅弘、宮内樹代史、2019年農業食料工学会・農業施設学会・国際農業工学会第6部会合同国際大会、2019.9.4、札幌市
- ・石垣蓄熱ハウスの環境特性と作物栽培に関する研究(1): 嘉瀬井祥太、野々宮益輝、杉野直輝、宮内樹代史、2019年農業食料工学会・農業施設学会・国際農業工学会第6部会合同国際大会、2019.9.4、札幌市

(5) セミナー等の開催

- ・日本植物工場学会四国支部セミナー(西条市地域創生センター)「施設生産における省エネルギー化の取り組み」、2019.7.13
- ・石垣ハウスに関する講演会(仁淀川町町役場1階会議室)、2020.1.23

(6) 地域貢献活動

- ・サンビレッジ四万十(営農型太陽光発電施設下の環境と作物生育評価)
- ・宮地電機(株)、(株)オネスト(営農型太陽光発電のスマート化に関する調査)
- ・(株)いぶき、仁淀川町、須崎農業振興センター(石垣蓄熱ハウスの特性評価と普及推進)

(7) 外部資金

- 「令和元年度科学研究費補助金」
- ・基盤研究C「ソーラーシェアリング下の光環境と作物生育特性の解明(18K05904)」、代表600千円(直接経費)180千円(間接経費)
- ・基盤研究C特設研究分野(次世代の農資源利用)「棚田石垣を活用した新たな園芸ハウス(18KT0091)」、代表500千円(直接経費)150千円(間接経費)
- ・研究成果公開促進費((ひらめき☆ときめきサイエンス~ようこそ大学の研究室へ~KAKENHI)「作物の栽培環境を知ろう!~環境

のコントロールと自然エネルギーを利用した野菜栽培~」、代表350千円(直接経費)
「共同研究」
「受託研究」
「奨学寄付金」

(8) その他

日本生物環境工学会四国支部貢献賞

高知の立地条件に対応した効率的かつ持続可能な森林資源の収穫利用

● 鈴木 保志（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

急峻な地形ではあるが、高い人工林率と温暖多雨という良好な生育条件を有する土佐の森林資源を、地形を克服する先進的の伐出技術と木質バイオマス利用も考慮した効率的かつ持続可能な収穫計画利用方法を研究・開発することにより、未来志向型の森林産業の確立を目指す。

収穫技術については、これまで特に急傾斜地の林業用架線技術に着目し、なかでも個人林家など小規模な経営形態の事業体に適したのものとして軽架線技術を中心に研究を進めてきた。昨年度から文科省科学研究費特設部門で「放置により劣化した里山広葉樹林の高度利用による生態系と地域経済の再生」として並行して開始した研究では、この軽架線に関する研究の成果を応用することに加えて、放置広葉樹林に適した路網と小型車両系機械による作業システムによる収穫方法も試みることにした。この研究では、資源内容と資源量の推定、放置広葉樹林に適した収穫方法の確立、放置広葉樹林の収穫等の施業による森林の生態的機能への影響評価、施業の採算性と地域経済貢献度の推算、といった項目を実施している。

2. 研究結果

(1) 成果

放置広葉樹林の整備について、広葉樹収穫を実施するための基盤として、路網整備という投資に見合う伐採量を判断する手法を定式化して小規模方式と中規模方式について検討し、針葉樹人工林に比べて蓄積の少ない広葉樹林では小規模方式が適していることを明らかにした（学術論文：鈴木ら 2019、学会発表：鈴木ら 2019a、Suzuki and Yoshimura 2019b）。個別の収穫方法については、小規模方式で短距離の集材に用いられるチェーンソーウインチ（学会発表：吉村ら 2019a）、中規模方式で短距離の集材にもちら入れるグラップルによる直接集材（学術論文：Suzuki et al. 2019）について実作業をもとに検討した。

次に、60年の回帰年あるいは経営期間を想定し、一般的な人工林施業、早生樹人工林としてコウヨウザン林、放置広葉樹林の択伐施業の3種類の森林経営収支を試算し、これらの中で放置広葉

樹林はキャッシュフローは少ないが、低投資のため内部利益率は最も高いことを示した（学術論文：Suzuki and Yoshimura 2019、学会発表：鈴木ら 2019a、Suzuki and Yoshimura 2019a）。放置広葉樹林の択伐施業については資源量の把握の精度向上と実作業による生産性と収支の検証が今後必要だが、資源量に関して暖温帯林は演習林、冷温帯林は島根県有林において調査を行い、また実作業については演習林で試験作業を開始している（学会発表：鈴木ら 2019b、2020）。

間伐や択伐では残存林分に損傷が発生する可能性があり、その事後経過の把握と対策の考案が必要である。高知県内の人工林において伐出作業から7～9年後の林分を調査し、損傷率と回復率、回復に影響する条件、在内部の変色の状況等について詳細に検討し、損傷の程度別に回復状況を定量化するなど一定の知見を得た（学術論文：竹嶋ら 2019、学会発表：竹嶋ら 2019a、2019b）。また収穫のために必要な林内道路の作設が周辺林分に与える状況についても調査を行い、幅員2m程度の作業道ならば作業道で開かれた空間は樹冠により5-7年程度で閉鎖することを確認した（学会発表：野口ら 2019）。

そのほか、収穫に関連する研究として、地形情報による最適伐出システムの選択（学会発表：山崎ら 2019）、低コスト機器による森林内のGNSS測量精度向上（学術論文：Yoshimura and Suzuki 2019、学会発表：Yoshimura and Suzuki 2019）、簡易な機器による樹高測定精度の検証（学会発表：吉村ら 2019）を進めた。

(2) 問題点等

昨年度の時点で問題点として挙げていた、広葉樹収穫に関する生産性の実績事例の不足については、作業道脇の集材については今年度の調査で補うことができた。ただし作業道から離れた箇所からの伐出については追加調査が、また伐開後の萌芽更新状況については継続調査が必要である。

収穫した広葉樹材は従来のパルプチップ材や燃料材としてのほか、より付加価値の高い有効利用により収穫による利益向上が望まれる。そのため、樹種別の有効利用方法や市場のニー

ズについて明らかにしていく必要がある。

3. 今後の展望

軽架線技術についてはこれまでの成果を待として学術誌に投稿するほか、控索の適切な配置方法について高知県立林業大学の架線シミュレータを用いて実験により検討する予定である。広葉樹林の収穫については、演習林に設けたプロットにおいて道から離れた材のウインチによる収穫生産性の調査、および萌芽を促すために小規模皆伐による手法の調査も実施したい。さらに、四国および中国地方における多種多様な広葉樹材の需要について、一般用材に加えて家具や木工品も含めて調査を行う予定としている。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

Suzuki, Y. and Yoshimura, T. : Assessment of broad-leaved stand management: Stock densities, thinning costs and profits over a 60-year rotation period. *Croatian Journal of Forest Engineering* 40:365-375. 2019

鈴木保志・吉村哲彦 : 経費と環境負荷低減のための森林作業の定式化および林地残材運搬と広葉樹収穫のための基盤整備への適用. *日本エネルギー学会誌* 98 : 246~253. 2019

Suzuki, Y., Kusaka, H., Yamaguchi, Y., Aoki, H., Hayata, Y. and Nagai, H. : Productivity of a harvesting operation for a small clear-cut block by direct grappling using a processor in the Kochi University Forest. *International Journal of Forest Engineering* 30:195-202. 2019

Yoshimura, T. and Suzuki, Y. : Evaluating the precision and accuracy of low-cost Global Navigation Satellite System (GNSS) receivers beneath a forest canopy positioned in a crisscross arrangement. *Journal of the Japan Forest Engineering Society* 34 : 197-204. 2019

竹嶋一紗・鈴木保志・山崎敏彦 : 架線系システムの間伐作業による残存木損傷の回復状況. *森林利用学会誌* 34 : 205~215. 2019

(2) 紀要

(3) 報告書

(4) 学会発表

鈴木保志・幸泉茉友・吉村哲彦・山崎真・渡辺靖崇・青木遥 : 未利用広葉樹と早生造林木としてのコウヨウザンの収穫利用可能性. *日本森林学会学術講演集* 130 : 77 (S1-12). 2019a

竹嶋一紗・鈴木保志・山崎敏彦 : 架線系システムの間伐作業による損傷発生状況と約 10-20 年後の事後経過. *日本森林学会学術講演集* 130 : 163 (P1-202). 2019a

山崎真・鈴木保志・渡辺直史 : 林業事業体における GIS の導入と活用について. *日本森林学会学術講演集* 130 : 165 (P1-211). 2019

吉村哲彦・瀬戸脩平・千原敬也・鈴木保志 : チェーンソーウインチによる集材作業の生産性と労働負担の評価. *日本森林学会学術講演集* 130 : 226 (K7). 2019a

Suzuki, Y. and Yoshimura, T. : Utilization potential of unused broadleaved tree stands harvested with simple rigging cable systems on mountainous area. *Brasilian Journal of Forestry Research* v.39, e201920403 Special issue: 36. (Presented in "Ale: Rising issues in mountain forests and mountain forest management" session at IUFRO 2019 World Congress, Curitiba, Brazil, 29 September 2019 - 5 October 2019a.

Suzuki, Y. and Yoshimura, T. : Proposal of new formulation on investment and achieved cost or environmental load reduction: Trial applications on logging residue transportation and infrastructure development for broad-leaved tree harvesting. In: Czupy, Imre (Eds.) EXCEEDING THE VISION: FOREST MECHANISATION OF THE FUTURE Proceedings of the 52nd International Symposium on Forestry Mechanization 6-9 October 2019 - Sopron, Hungary/Forchtenstein, Austria: 316. 2019b.

Yoshimura, T. and Suzuki, Y. : Low-cost GNSS applications to area surveying under forest canopy: Possibilities and limitations. In: Czupy, Imre (Eds.) EXCEEDING THE VISION: FOREST MECHANISATION OF THE FUTURE Proceedings of the 52nd International Symposium on Forestry Mechanization 6-9 October 2019 - Sopron, Hungary/Forchtenstein, Austria: 431-437. 2019

竹嶋一紗・鈴木保志・山崎敏彦 : 架線系システ

ムの間伐作業による残存木損傷の回復状況および損傷部位の内部変色. 森林利用学会第26回学術研究発表会講演要旨集:6. 2019b
野口慶悟・土居健太・浅野峻・鈴木保志:作業道開設後の林内植生及び林冠状況の変化について. 森林利用学会第26回学術研究発表会講演要旨集:10. 2019
吉村哲彦・堂安雄斗・千原敬也・鈴木保志:スマートフォンによる樹高測定. 森林利用学会第26回学術研究発表会講演要旨集:20. 2019b
鈴木保志・長谷川琴音・長井宏賢・早田佳史・今安清光:高知大学演習林における低インパクト伐出(RIL)を考慮した広葉樹収穫の試み. 森林利用学会第26回学術研究発表会講演要旨集:25. 2019b
鈴木保志・吉村哲彦・千原敬也・長谷川琴音・長井宏賢・早田佳史・今安清光:高知県における木質バイオマスの小規模エネルギー利用の現状と課題. 日本森林学会学術講演集131:(印刷中)(T1-7). 2020

ウインチの評価試験から見えた課題と可能性. 山林 1622:38~41. 2019

広報活動:

流域ごとの地形特性による林業機械の選択手法(地形に適した作業システムの選択に関する研究)(発表者:山崎真・山崎敏彦・渡辺直史(高知県森技セ)・後藤純一・鈴木保志(高知大農)). 令和元年度 森林技術研究成果セミナー(ポスターセッション), 2019年11月13日, 高知城ホール 多目的ホール(高知県高知市).

竹林整備の生産性の評価(発表者:中野美穂・吉村哲彦(島根大生物資源科学部)・千原敬也(島根県中山間地域研究センター)・鈴木保志(高知大学農林海洋科学部)・岸忠明・富田節夫(特定非営利活動法人中山間地域問題研究会)). しまね大交流会 2019(ブースコード 979181 A-09), 2019年11月16日, くにびきメッセ 大展示場(島根県松江市).

(5) セミナー等の開催

(6) 地域貢献活動

令和元年10月 四国森林管理局 令和元年度 治山・林道工事コンクール審査委員(任期令和2年3月まで)

令和元年12月 四国森林管理局 地域管理経営計画等に関する検討会委員(任期令和2年12月まで)

令和2年1月 2019年度 林野庁補助事業「地域内エコシステム」構築事業 地域内エコシステム地域協議会勉強会における講演「広葉樹資源の有効利用に向けた作業システム」2020年1月10日, 東広島芸術文化ホールくらら(広島県東広島市).

(7) 外部資金

「平成31年度科学研究費補助金」

1. 基盤研究 C 鈴木保志代表 (直接経費) 800千円(間接経費)240千円
2. 基盤研究 C(特設分野) 鈴木保志代表 (直接経費)1000千円(間接経費)300千円

「共同研究」

「受託研究」

「奨学寄付金」250千円

(8) その他

雑誌寄稿:

吉村哲彦・千原敬也・鈴木保志:チェーンソー

海面養殖漁場における海水魚白点病の発生予測システムの確立・実用化に関する研究

● 今城 雅之（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

高知県須崎市の野見湾は、海域面積約 4 km²、平均水深 18 m の閉鎖性内湾で、湾全体が海面養殖場として利用され、養殖カンパチのブランド「極美勘八」や海外輸出向けの「空飛ぶカンパチ」等を展開している。その一方で、毎年秋に海水魚白点病（以下、白点病）が流行して、被害が繰り返している。本疾病はクリプトカリオン・イリタンス（以下、白点虫）による鰓・皮膚寄生症であり、寄生強度が重篤になると摂餌不良で極端に痩せ、透圧調整障害と呼吸機能低下に陥り死亡する。そのため、野見湾の養殖カンパチは、場合によっては品質確保と向上、安定生産等が難しくなり、養殖業者の経営を強く圧迫する。

現在主流の白点病対策は、養殖生け簀を潮通しの良い水域に一時避難させて、白点虫の生活環を遮断するものである。しかし、避難初動の客観的指標が不在で、もっぱら死亡事例発生後での対応に終始しており、現状では防除効果がほとんど得られていない。そこで、現場海域で海水仔虫を指標にした白点病発生予測システムを確立・機能させ、的確な養殖生け簀の早期避難を導き、本疾病の蔓延と養殖魚の大量死を未然防止することを目指す。

2. 研究結果

（1）成果

2018 年と同様、湾口部のカンパチ漁場内に 3 定点（St.1～St.3）を設けた。8 月 5 日から 11 月 29 日まで合計 38 回にわたり、3 水深（表層 1 m、表層 10 m、底上 1 m）から海水 1 L を採水し、当研究室で開発したリアルタイム定量 PCR（Q-PCR）法（今城ら 2016, 魚病研究, 51, 103-111）を用いて、現場海水に分布する感染仔虫数を 16S rRNA 遺伝子量から算出推定した。まず、養殖業者から聞き取りをした結果、流行シーズン中、白点虫の寄生を受けたカンパチは認められていたが、その一方で、死亡被害はほとんどなかった。また、生け簀避難が例年よりも早期かつ頻繁に実施されていた。次に、Q-PCR 法の結果、調査期間中、海水 1 L につき推定 100 虫体/L 以上の検出は St.1 で 6 回（15.8%）、St.2 で 8 回（21.1%）、St.3 で

2 回（5.3%）、1000 虫体以上の検出は St.1 と St.2 で 4 回ずつ（10.5%）、St.3 で 1 回（2.6%）であった。2018 年は合計 37 回採水が実施され、海水 1 L につき推定 100 虫体以上の検出は St.1 で 9 回（24.3%）、St.2 で 18 回（48.6%）、St.3 で 16 回（24.3%）、推定 1000 虫体以上の検出は St.1 で 5 回（13.5%）、St.2 で 12 回（32.4%）、St.3 で 9 回（13.5%）であった。これらのことから、2019 年の流行シーズンは、2018 年よりも海水中の虫体数が明らかに少なく推移したことが示された。

（2）問題点等

本研究成果で得られた海水中の推定白点虫数に基づき、生け簀の早期避難が試行されたものの、どの生け簀がいつどれくらいの期間の間避難していたのか、その詳細についてすべて正確に把握できていない。今後、この点を改善すべく、野見・大谷漁業協同組合に協力を依頼し、情報共有を図っていく予定である。

3. 今後の展望

これまで海水中の白点虫数を遺伝子レベルから算出推定していたが、代わって、自動セルカウンターを用いて直接カウントできる新しいシステムの開発に取りかかる。これにより、作業の簡素化、解析コストの大幅削減、エリアの拡充等が可能になり、白点病の発生予測の大幅な精度向上が期待できる。

4. 業績リスト

- （1）学術論文
該当なし
- （2）紀要
該当なし
- （3）報告書
該当なし
- （4）学会発表

池田拓司・加藤佑亮・門野真弥・山下はづき・森光一幸・久保栄作・西山慶・今城雅之 検出頻度を高めたリアルタイム PCR 法による高知県野見湾での *Cryptocaryon irritans* 検出 令和元年度

日本魚病学会秋季大会 2019年9月12日

- (5) セミナー等の開催
該当なし
- (6) 地域貢献活動
該当なし
- (7) 外部資金
該当なし
- (8) その他
科学研究費助成事業獲得のためのインセンティブ経費の配分(学内)

土佐湾で漁獲・養殖される水産物の品質評価並びに有効利用に関する研究
～土佐湾で漁獲される水産物の品質特性の把握～

● 森岡 克司 (自然科学系農学部門)

1. 研究目的

これまでに高知大学水産利用学研究室では、土佐湾産水産物の付加価値向上、水産物の6次産業化などに貢献する目的で、土佐湾には、東は室戸沖で漁獲されるキンメダイ、西は土佐清水沖で漁獲されるゴマサバ、メジカなどの栄養成分(脂質、タンパク質、遊離アミノ酸、脂肪酸など)の季節変動を明らかにした。

高知では、ウツボ(*Gymnothorax kidako*)がたたきや唐揚げに調理され、親しまれている。しかし、ウツボの栄養成分に関するデータは少なく、その食品化学的な特徴は把握されていない。これまでに本プロジェクトで、宿毛産ウツボ体成分の周年変化を明らかにし、脂がのる9月末から3月上旬がウツボの“旬”であると判断した。そこで本年度は、可食部である筋肉(背部、腹部)に焦点を当て、最も多く含まれるタンパク質、特にコラーゲンについて、その含量及び特性を明らかにする。

2. 研究結果

(1) 成果

タンパク組成は、7月の背肉で水溶性画分(WSP)は17.2%、アルカリ可溶性画分(ALSP)は73.3%、酸可溶性画分(酸可溶性コラーゲン、ASC)は1.7%、酸不溶性画分(酸不溶性コラーゲン、ISC)は7.9%、腹肉でWSPは15.9%、ALSPは68.2%、ASCは3.2%、ISCは12.7%であった。12月の背肉でWSPは18.3%、ALSPは72.2%、ASCは1.6%、ISCは7.9%、腹肉でWSPは16.9%、ALSPは67.7%、ASCは3.8%、ISCは11.5%であった。SDS-PAGEパターンでは、いずれの試料肉でも、ASCにコラーゲン特有の赤紫色を示す α 鎖、 β 鎖、 γ 鎖のバンドが確認できた。アミノ酸組成では、WSPでAsp、Glu、Gly及びAlaの割合が、ALSPではGlu、Asp、Ala及びLysの割合が高かった。またASC、ISCでは、部位及び季節にかかわらず、Glyが約3分の1を占め、次いでAla、Pro、Glu、Hypが多く含まれ

ており、典型的なコラーゲンのアミノ酸組成と類似していた。筋肉当たりの総コラーゲン含量で比較すると、7月の背肉で2.65%、腹肉で4.12%、12月の背肉で2.53%、腹肉で5.29%であり、魚類の中で比較的筋肉コラーゲン含量が高いウナギ背肉の1.99%に比べても高かった。以上の結果より、ウツボ肉の特徴的な歯ごたえは、筋肉の高いコラーゲン含量によるものと推察した。

(2) 問題点等

市場では、ウツボの取り扱いに交じって、コケウツボなど他のウツボ種の混入が認められ、これらの種を区別せずに、取り扱っているようであり、今後、ウツボの種の同定などを厳格にしていくとともに、食用に用いられる別種に関しても栄養成分を明らかにする必要がある。

3. 今後の展望

本年度、ウツボ筋肉のコラーゲン含量が食用魚類中、最も高いことが明らかとなった。新しいウツボ肉の食べ方として、“熟成”ウツボ肉が注目されている。今後は、熟成ウツボ肉中でコラーゲンを含むタンパク質などの栄養成分の挙動を明らかにする予定である。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

1. マダイ筋肉でのコラーゲン代謝関連遺伝子発現量と肉の物性及び筋肉コラーゲン含量との関係性

中辻伸嘉, 石川英利佳, 瀬戸口 梓, 川村 渉, 足立 亨介, 森岡克司

水産増殖, 67, 217-224, 2019.

2. Biochemical study of type I collagen purified from skin of warm sea teleost Mahi mahi (*Coryphaena hippurus*), with a focus on

thermal and physical stability

Akita, M., Kono, T., Lloyd, K., Mitsui, T.,
Morioka, K., Adachi, K.

Journal of Food Biochemistry, 43, e13013,
2019.

(2) 紀要

なし

(3) 報告書

なし

(4) 学会発表

1. 市販4業者の養殖マダイ肉の物性に対する組織学的特性の関与.

川村 渉・中辻伸嘉・林 芳弘・足立亨介・
森岡克司

平成 31 年度 日本水産学会春季大会講演要
旨集, 東京海洋大学・東京都(2019/3/26-30)

2. マダイ筋肉 RNA 安定性評価～簡易な肉質評価
を目指して～

中辻伸嘉・足立亨介・森岡克司

平成 31 年度 日本水産学会春季大会講演要
旨集, 東京海洋大学・東京都(2019/3/26-30)

(5) セミナー等の開催

なし

(6) 地域貢献活動

- ・高知市漁業振興審議会会長
- ・高知県産業振興計画(第3期)
フォローアップ委員会水産部会委員
- ・高知県漁業士認定委員会委員
- ・御豊瀬地域プロジェクト協議会委員

(7) 外部資金

「奨学寄付金」37万円

(8) その他

・著書：水産・食品化学実験ノート

(落合芳博・石崎松一郎・神保充 編)

著者：森岡克司. “第2章 化学実験の基礎 3.
一般成分分析”, pp. 16-20, “第7章 応用分析 1.
エキス窒素及び遊離アミノ酸の定量”,
pp. 122-124, 2019, 恒星社厚生閣, 東京.

植物を資源化するためのエリシターに関する研究

●手林慎一（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

有限である化石エネルギーに替わり、再生可能なバイオマスを利用した循環型社会の構築が求められている。そのような中、バイオマスを原料に低分子の糖や油脂を製造し、それらから燃料や化学製品を再構成するバイオリファイナリーが世界規模で推進されている。その結果、農作物の非食用利用が拡大し食料供給との間で競合が生じている。これの解決のために農作物の非食用部位を利用するバイオリファイナリーへの転換が進められているが、農作物の根圏は一部が堆肥として利用されているものの、殆どの農作物の根は廃棄されている。

このような中、申請者は害虫の一種オアカボノアカアブラムシ（以下アブラムシ）がイネの根に寄生するとアミノ酸や低分子有機酸が蓄積する現象を見出した。オミックス解析の結果からこの現象がイネ根におけるクエン酸回路（TCA回路）や解糖系、さらにはこれらに接続するアミノ酸生合成経路における生合成系と代謝系の遺伝子発現のバランス変動により生じていることを解明してきた。さらにこの現象の一部はアブラムシ水懸濁液をイネ根に処理することで再現することも確認した。そこで、この現象を人工的に再現することで、イネの根を有用物質生産の場としての利用を目指すべく、この現象を引き起こす機作を分子レベルで解明することを目的として研究を行った。本年度は病害抵抗性遺伝子の一つ *DPF* (ジテルペン型ファイトアレキシン因子) 遺伝子とセロトニン生合成-代謝の相関を調べることで、セロトニン蓄積機構の制御系の解明を目指した。

2. 研究結果

(1) 成果

イネのジテルペン型ファイトアレキシンの発現を一括的に調整する因子である *DPF* の過剰発現株 (*DPF*-OX) とノックアウト株 (*DPF*-KO) を用いて、アブラムシ寄生によるイネの応答を分子レベルで調査した。その結果、表1に示すように未寄生では根は褐変しないのに対して、アブラムシの寄生では褐変が誘導させることが判明した。

表1 アブラムシ寄生後のイネの褐変程度

	褐変度合			
	Intact		Aphid	
	4day	7day	4day	7day
WT(日本晴)	0.00	0.00	0.66	2.04
DPF-OX	0.05	0.13	0.31	0.13
DPF-KO	0.00	0.00	0.48	0.85

この時の褐変の程度は *DPF*-KO では WT と同程度であるものの、*DPF*-OX では褐変程度が明らかに弱いことが判明した。このことから *DPF* はイネ根の褐変機構に何らかの関与、例えば褐変の促進を負に制御していることが明らかになった。

そこで次にセロトニン (Ser) のイネ根における蓄積量を測定した (図1)。その結果、*DPF*-KO では WT と同様にアブラムシの寄生によってセロトニン蓄積が促進される傾向が観察され、その程度は WT よりも *DPF*-KO のほうが2倍以上強かった。このことから *DPF* が Ser 生合成を負に制御する可能性が示された。一方で、*DPF*-OX ではアブラムシの寄生により Ser の蓄積促進は観察されなかったものの、未寄生時には7日後に Ser が多量に蓄積することが判明した。

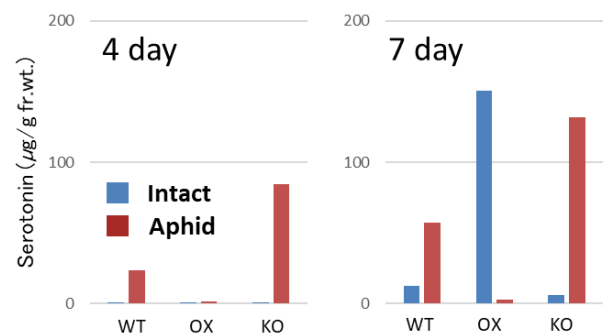


図1 アブラムシ寄生/未寄生によるイネ根における Ser 蓄積量

セロトニンの生合成と代謝に *DPF* が深く関与することが判明したことから、この時の遺伝子発現をマイクロアレイにより網羅的に解析を行った。その結果、図2に示すようにセロトニンの生合成-代謝に関わる遺伝子群において、アブラムシ

Relative expression ratio (aphid infection / intact)

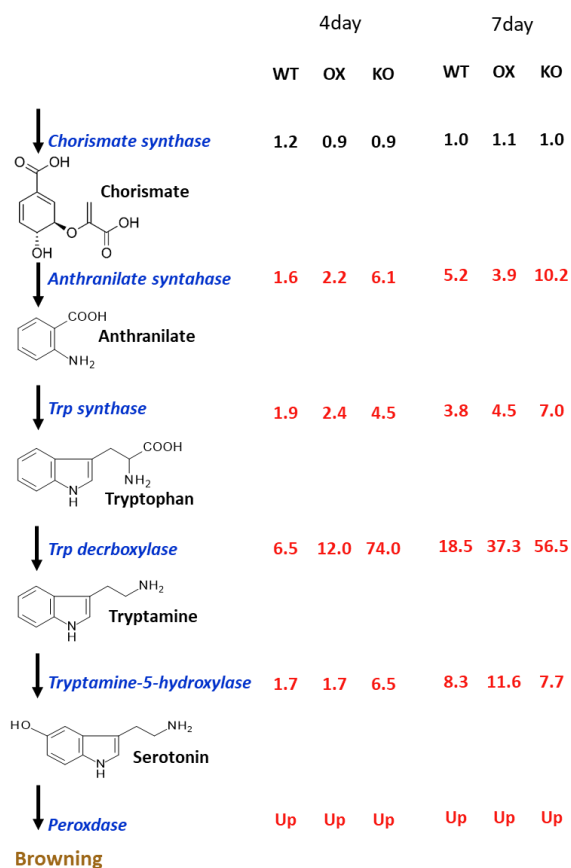


図2 セロトニン合成関連遺伝子の発現量

シ寄生時の遺伝子発現の変動程度はDPF-OXではWTとほぼ同程度である一方、DPF-KOでは明らかに誘導程度が大きかった。特に、セロトニン合成経路のカギとなる *Tryptophan decarboxylase (TDC)* の発現は50-70倍にも増大していた。以上のことからDPFはセロトニン合成経路を負に制御していることが予測された。

さらに抵抗性発現に関する遺伝子群の調節因子 WRKY の発現動態を解析した。DPF の発現を直接制御する WRKY45 と WRKY62 に着目すると、DPF-KO では寄生によって WT とほぼ同程度の発現増大が確認されたことから、アブラムシ刺激は WRKY45 と WRKY62 を直接発現誘導することが予想された。寄生7日後の DPF-OX では寄生による誘導量が WT に対して明らかに小さかったのは過剰発現によるフィードバック阻害と予想された。また、転写活性化因子である *WRKY53* の発現も同様の傾向が観察されたことからアブラムシの寄生は *WRKY53* の発現を通して生理変化を生じさせている可能性が示された。DF 生合成の抑制因子と目される *WRKY76* の発現は DPF-OX では誘導量がほぼ同程度である一方、DPF-KO では誘導量が WT に対して小さいことが判明した。即ちアブラムシの寄生によって DP の生合成は抑制されることが予想された。

表2 アブラムシ寄生後の WRKY の発現量の変化

Days	Geno type	Treatment	WRKYs			
			45	53	76	62
4	WT	Intact	1	1	1	1
4	WT	Aphid	1.4	1.9	1.3	1.5
4	DPF-OX	Intact	0.3	0.4	0.2	0.7
4	DPF-OX	Aphid	1.0	1.3	1.4	1.7
4	DPF-KO	Intact	0.3	0.4	0.3	1.0
4	DPF-KO	Aphid	0.7	0.8	0.5	1.3
7	WT	Intact	1	1	1	1
7	WT	Aphid	10.3	13.8	8.6	3.5
7	DPF-OX	Intact	2.2	1.4	1.0	1.5
7	DPF-OX	Aphid	5.0	2.8	4.0	2.0
7	DPF-KO	Intact	1.3	0.9	1.0	1.2
7	DPF-KO	Aphid	11.2	15.2	3.4	6.4

(2) 問題点等

Ser 生合成経路に対して DPF は負の制御因子として機能することが想定されたが、その制御機構は不明のままである。また正の制御因子も未明であり今後は両者の解明を行う必要がある。

3. 今後の展望

解析結果から予想された制御経路を確認するために DP の変動分析を行うとともに、Ser 生合成経路の正の制御システムの解明に取り組む。また、遺伝子発現のカギとなるアブラムシに由来するエリシターの探索を推進する。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

• Induction of defense responses by extracts of spent mushroom substrates in rice. Atsushi Ishihara, Kana Ando, Anna Yoshioka, Koichi Murata, Yu Kokubo, Noriko Morimoto, Naoki Ube, Yukinori Yabuta, Makoto Ueno, Shin-ichi Tebayashi, Kotomi Ueno, Kumiko Osaki-Oka Journal of Pesticide Science, 44(2), pp. 89-96, 2019.

(2) 紀要, 該当なし

(3) 報告書, 該当なし

(4) 学会発表

• Induction of resistance against the tobacco cutworm, *Spodoptera litura*, by jasmonic acid in sweet pea. R. Moriyama, S. Tebayashi, M. Sato. The 23rd International Plant Growth Substances Association, Paris, France.

(5) セミナー等の開催, 該当なし

(6) 地域貢献活動, 該当なし

(7) 外部資金

「受託研究」

• 新農薬実用化試験に関する研究 (日本植物防疫協会) 代表 1,713 千円 (直接)

• IoP 研究, 分担 700 千円 (直接)

(8) その他, 該当なし

豆類由来の難消化性素材(食物繊維)の置換導入が小豆餡の食感品質および消化性に与える影響に関する調査研究

● 河野 俊夫 (自然科学系農学部門)

1. 研究目的

阪神淡路大震災や東日本大震災など、我が国は近年、自然災害が多発しており、非常時の食の確保は益々重要になっている。災害時の非常食と言えば、長期保存性と消化吸収性が重要視される。健常者用の非常食であれば、長期保存性があり、消化性の良い高カロリーな保存食を用意すればよい。しかし糖尿病患者の場合は、非常時に常備薬を失う場合や、医療機関への移動が困難になる場合があり、健常者向けの非常食では、消化性が良いため、血糖抑制が効かずたいへん危険である。非常食にも血糖上昇を抑制した保存食の提供が求められる所以である。

小豆は少量で高品質のタンパクを摂取できることから、糖尿病患者にとっても非常食の素材として極めて有用であるが、その多くは糖質を含む菓子での利用が中心となっている。糖尿病患者は、血糖上昇を抑制できれば、健常者となんら変わらない食事ができるために、一般に、糖質の少ない食品を食べることを指導されるが、かえって糖質の多い食品を好む傾向がある。被災時のお年寄りには特にそうであるが、被災ストレスの緩和には「甘い食品」が何よりも効果的である。その点で、甘くなりがちな小豆を素材とした非常食を、糖尿病患者にとっても安心して食べられるものへと変えることが、被災した糖尿病患者を心の面から救う1つの方法である。いまや糖尿病患者の数は1,000万人を突破しており10人にひとりの割合である。被災時も、条件が同じなら、被災者に含まれる糖尿病患者の数はその割合に応じて相当数に上るものと推定される。被災時にこそ、心の安定を得られる甘い食品を糖尿病患者が安心して食べられれば、多くの患者が食を通して心の癒やしを得られるものと考えられる。

そこでこの調査研究では豆類の代表的な食品として「小豆餡」を取り上げ、糖尿病患者が、被災時を含め、日常的に安心して食べられる新しい食感・消化性の餡について検討した。糖尿病患者の場合、食べたあとの血糖上昇速度を抑えることがポイントとなる。その点で、糖尿病患者向けの食品は「難消化性」のある素材を添加・混合することが多い。難消化性を食品の機能性として謳う

食品の多くは、「デキストリン」を添加物として導入することが多い。デキストリンは水溶性であるため飲料食品への応用には適するが、適用量に対する難消化性の程度は比較的弱い。また、その適用量も、添加する食品の重量に比して非常に少量であるため、「腹持ちが良い」ほどの難消化性ではなく、食後の満腹感には繋がらない。糖尿病患者の場合、血糖制御のために少食指導を受けているため、この食後の満腹感は食品選びの重要ポイントとなる。「難消化性の機能があつて食べられればそれで良い」のではなく、食べて満足の得られる程度の食後満腹感が必要である。

そこでもう一方の選択肢として、同じ難消化性であっても、水溶性でない素材を利用することが考えられる。水溶性でない難消化性素材を用いれば腸管吸収は劇的に遅くなるため、実質的な腹持ちは良い。その候補素材として、小豆を始めとする豆類から抽出し得る難消化性素材(不溶性食物繊維)の活用を検討した。

2. 研究結果

(1) 成果

小豆、大豆、金時豆および赤えんどう豆の、「全粒粉」、種皮を粉砕した「種皮粉」、それぞれの豆から抽出した「難消化性食物繊維」を、餡の素材の一部として利用し、その素材としての物性、試作餡の食感品質や消化性などについて測定と評価を行った。

まず、「全粒粉」、「種皮粉」および「食物繊維」それぞれの含水率、乾燥特性、吸水特性、比熱特性を測定した。その結果、乾燥特性では種皮粉の乾燥特性はほぼ同じ傾向であるが、全粒粉ではそれぞれの豆固有の内部構造を反映して、乾燥速度に違いが見られ、金時豆の見かけ乾燥定数が0.032(1/min.)であるのに対して小豆粉末の0.175(1/min.)や赤えんどう豆の0.156(1/min.)に比較して乾燥速度が、その18.2%~20.5%程度にとどまっていることが分かった。また、全粒粉と種皮粉の試料で吸水性の比較を行った結果、種皮粉の吸水率(%)は、大豆の472%を最大値として、最低値の小豆の329%まで、いずれの豆についても全粒粉に比較してきわめて高い数値を示した。

また、種皮粉の吸水率と全粒粉の吸水率との間には豆の種類による相似関係があり、全粒粉の吸水率に対する種皮粉の吸水率の比(相似倍率)は、小豆 2.67 倍、金時豆 2.83 倍、大豆 2.34 倍、赤えんどう豆 2.75 倍と、2.3 倍から 2.8 倍程度の狭い範囲を記録した。DSC(示差走査熱量計)を用いた全粒粉と種皮粉の比熱測定の結果、乾物で比較した各供試豆の粉末比熱は、全測定域に亘って全粒粉の方が、種皮粉よりも高くなり、種皮粉の乾物比熱に対する全粒粉の比熱の比(%)は、金時豆全粒粉が 123%で最も高く、降順に小豆 121%、赤えんどう豆 120%、大豆 114%となった。

粘弾性計を用いた試作餡の食感品質の評価を行った結果、赤えんどう豆と金時豆の種皮粉を置換した試験区では基準餡の約 2N よりも大きく、食感として硬めであることが推測された。しかし、小豆や金時豆、赤えんどう豆から抽出した豆類由来の難消化性素材(不溶性食物繊維)で 10%置換した試作餡は、基準餡よりもかなり柔らかく、口当たりの良い、高齢者向けの餡になることが分かった。粘弾性計による総合的な評価指標となる「咀嚼性」は、「硬さ(H)」、「凝集性」、「弾力性」を乗じたものとなるが、比較検討の結果、種皮粉で置換した餡は、咀嚼の点で、普通の餡よりも、もぐもぐと咀嚼に時間のかかる餡であり、反対に、小豆や金時豆から抽出した難消化性素材(不溶性食物繊維)で 10%置換した餡は、普通の餡よりも食べやすく、感触としてはややもったりした餡となっていることが明らかとなった。

人工胃液(豚由来ペプシン使用)を用いて、3種の豆由来食物繊維置換の餡の消化試験を行った結果、供試した豆由来の難消化性素材(不溶性食物繊維)で置換した餡のなかでは、小豆由来の難消化性素材で置換した餡がもっとも消化性が低く(5.37%)、ついで赤えんどう豆由来(9.05%)、金時豆由来(12.3%)の順であった。

通常、胃内部での食物の滞留時間は、食物の種類によって異なり、米飯で 2 時間半、うどんでは 3 時間など、繊維質のないものでは早いですが、繊維質の多いものではさらに数時間かかるものもある。その点では、通常の餡は練り製品で消化されやすい食品の部類に入るわけだが、豆類から抽出した難消化性素材(不溶性食物繊維)を加えることで、胃の内部では 1 時間経過しても完全消化には至らず、結果として、腹持ちの良い餡になっていることが推定された。

(2) 問題点等

今年度の試験では、豆からの食物繊維抽出量が技術的に少量であったため、試験では 10%までの置換量にとどまった。今後、抽出効率を高めた抽出法を用いることで、さらに置換率を高めた試験を行うことで、豆由来の食物繊維の菓

子類への応用範囲が広がるものとする。

3. 今後の展望

豆類に含まれる食物繊維の活用は、健康志向の社会的な高まりのなかで、糖質制限のある糖尿病患者だけでなく、健康志向の人々のニーズに対応するものと思われる。それぞれの豆から抽出した食物繊維には、抽出した豆そのものの固有性があり、それを導入した食品の食感に違いとして現れることがわかった。今後は、食品繊維のもたらす有用性に注目して、様々な食品への適用可能性を探りたいと考える。

4. 業績リスト

(1) 学会発表

1) 河野俊夫: 食用パルプ粉体を用いた糖尿病患者向けインスタント麺の試作とその品質評価に関する研究、粉体工学会 2019 年度春期研究発表会(2019 年 5 月 9 日、早稲田大学国際会議場、東京都)。

2) 篠原亜里紗、森田彩水、伊藤大晃、河野俊夫: セルロースを活用した高齢糖尿病患者向け新触感和菓子に関する研究—素材物性について—、日本調理科学会 2019 年年度大会(2019 年 8 月 26 日、中村学園大学、福岡市)。

3) 河野俊夫、篠原亜里紗、森田彩水、伊藤大晃: 豆類由来の難消化性素材を利用した新食感小豆餡の研究—素材の熱水分特性—、日本調理科学会 2019 年年度大会(2019 年 8 月 26 日、中村学園大学、福岡市)。

(2) 外部資金

「科学研究費補助金(分担)」1 件、400 千円

「共同研究」1 件、454 千円

「奨学寄付金」4 件、5,200 千円。

野見湾における水環境遠隔モニタリングシステムの試験構築

● 森 牧人（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

野見湾は高知県の須崎湾の湾奥東部に位置する海域面積4平方km、平均水深18mの半閉鎖性湾であり、高知県における代表的な海面養殖漁場として、タイ・ハマチ・カンパチ・シマアジなどの養殖が盛んである（上野ほか，2002）。上野ほか（2002）は同湾を対象に「赤潮・貧酸素をリアルタイムに観測する野見湾漁場環境情報システム（nomi BAY WATCH SYSTEM）」を開発し、同システムを湾内の3点に配置することにより水温、塩分、溶存酸素、クロロフィル、濁度の5項目について海面から海底までの鉛直分布を1時間間隔で連続モニタリングすることを可能にした。同システムにより、以前は困難であった水質項目の鉛直分布に関する連続モニタリングが可能になり、かつ、インターネットなどを通じてリアルタイムで情報取得が可能となり、赤潮や貧酸素化の発生や消滅などの動態把握ができるようになった。しかし、現在においては稼働していない。

本研究担当者は、2017年6月、カンパチなどにみられる白点病の発生予察を目的として、既設の小型ブイを基盤として活用することにより、ブイ上に気象・水温の連続観測システムを構築した。ただし、途中、センサーケーブルの断線などにたびたび見舞われ、気象要素を除き連続的にデータを取得することが十分にはできず、長期間の欠測を余儀なくされた。この原因のひとつとして、インターネットによるデータ取得状況の可視化ができておらず、現場における欠測を即時に発見できなかったことが挙げられる。

本2019年度は洋上のインターネットを介した水温モニタリングのシステムを新たに構築するとともに、溶存酸素モニタリングのためのセンシングシステムを付加するための準備（センサーのキャリブレーション）を行ったので、その結果についても簡単に報告する。

2. 研究結果

（1）成果

本研究では、カンパチなどにみられる白点病の発生予察を目的として、既設の小型ブイを利用し、ブイ上に簡単な観測システムを新たに構築し、10

分間隔で環境データ（ロガー内部温度・水温・気圧）をロガー上のメモリに収録し、インターネット回線を介してデータを無線で回収した。

まず、ロガー内部温度（その日平均値は日平均気温とみなしても概ね差し支えないと思われる）であるが、日平均値は明瞭な季節変化を示し、その最小値（日最低気温ではないので注意）は7.5℃（2020年1月17日）であった（図略）。昨年度（2018年度）の同値は6.0℃（2019年1月26日）であり、一昨年度（2017年度）は同温度が5.0℃を下回ることもしばしばであったことから（2017年度の最小値は2018年2月6日に1.2℃を記録）、昨年度に増しても暖冬の影響が強かったこととなる。水温はインターネット経由で10分ごとにモニタリング可能であるが（図略）、日平均値の変動は緩やかであり、一時的に上昇した気温の包絡線にみなせないこともない。また、日平均ベースでも、水温が気温を下回ることもなく、その傾向は従来の結果とも整合する。気圧についてみると、絶対値がやや高いが（図略）、精度については今後検討の必要がある。ただし、気圧の変動自体はよく捉えられており、安価なセンサーでもその応答性能は十分であると判断できる。期間中、ロガーのバッテリーは期間の初期を除き、ほぼ100%であり、商用電源がない場合でも、太陽電池を援用したインターネットによるデータのモニタリングやダウンロードが十分可能であるといえる。周囲に遮蔽物のない海上では、中山間地等に比べて電源の確保が圧倒的に有利といえよう。

野見湾の表層と底層の溶存酸素濃度を同様に連続的にモニタリングするための準備として、ケーブル長約7mの有線DOセンサー（4本）を用意し、高精度のDOセンサー（DOメーター）を併用して校正を行った。5段階に溶存酸素濃度を変化させた環境を設定し、両者の関係を調べたが、概ね良好な関係が得られた（図略）。前者の仕様は単純な電圧出力であり、上述のモニタリングシステムに容易に組み込むことが可能であり、今秋以降の設置に向けて、ハード面について特に検討していく必要がある。

（2）問題点等

前年度と同様、今年度も水温センサーに予期せ

ぬトラブルに見舞われ、1月下旬より水温のデータが取得できていない。これは何らかの原因による断線と思われる。溶存酸素濃度についてはセンサーがさらに大型化するので、水温センサーと併せて設置方法に大きな工夫が必要になる。

3. 今後の展望

現地での観測は非常に重要な意味をもつ。2020年度は研究の定量化をより図るべく、観測体制を十分に整え、秋季に向けて備えたいと考えている。また、水温や溶存酸素量の季節変化を記述可能なシミュレーションモデルの構築などにも取り組む予定である。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

なし

<教科書>

森 牧人, 2020 (4月5日): 大気の動き (第1章 気象の仕組み 1.3節). 農業気象・環境学 第3版 (朝倉書店), 16-23頁 (全199頁).

森 牧人, 2020 (4月5日): 降水現象 (第1章 気象の仕組み 1.4節). 農業気象・環境学 第3版 (朝倉書店), 23-27頁 (全199頁).

森 牧人, 2020 (4月5日): 局地気候 (第2章 転機と気候 2.3節). 農業気象・環境学 第3版 (朝倉書店), 40-46頁 (全199頁).

(2) 紀要

なし

(3) 報告書

【科研】(平成28~30年度)

基盤研究(C) 代表: 森 牧人、作物体温と氷核形成温度の相対関係に基づいたGPS援用広域霜害予測システムの開発.

(4) 学会発表

西村安代・筒井結夢・上野紗優果・森牧人, 2019: 高温期ナス施設栽培におけるトレハロースの効果, 園芸学研究, 第18巻 別冊2, 395頁.

西村安代・貝柄佐織・濱田彩里・丸山美豊・森牧人, 2019: 施設栽培におけるフィルムの散乱率の違いがトマトの生育・収量ならびに栽培環境に及ぼす影響, 農業生産技術管理学会誌, 第26巻 別冊1, 21-22頁.

(5) セミナー等の開催

IoP研究会オープンカンファレンス 分科会1
テーマ: 「農業×情報~AI/IoT/ICT技術を暖地の農業生産にいかにかかすか~」(日時: 2020年3月1日(日曜日)13:20~16:45, 会場: 高知大学物部キャンパス農林海洋科学部3号棟1階11番教室)

http://www.cc.kochi-u.ac.jp/~morimaki/IoP_0penConf_KU_2020/index.htm

(6) 地域貢献活動

なし

(7) 外部資金

「平成31年度(令和元年度)科学研究費補助金」
【科研1】(平成29~31年度)

基盤研究(B)(海外) 代表: 森 牧人, Air Irrigation: 乾燥地の大気由来の未利用水資源で実現する節水農業、配分額(平成31年度:直接経費1,360,000円)

【科研2】(平成30~32年度)

基盤研究(C) 分担: 森 牧人(代表: 安武大輔), 温室作物の光合成昼寝現象を引き起こす環境生理学的要因の動態解明と改善技術の確立、配分額(直接経費68,000円)

「受託研究」

・高知大学防災推進センターのプロジェクト(平成31年度)「高知大学偏波レーダーによる豪雨・突風監視システムの構築」(分担)150,000円

・産学官プロジェクト「IoP(Internet of Plants)」が導く「Next次世代型施設園芸農業」への進化」(代表/分担)課題別研究予算(直接経費1,700,000円)

「共同研究」

なし

「受託研究」

なし

「奨学寄付金」

なし

(8) その他

なし

劣化した土壌の修復および持続性のある農地環境保全のための技術の構築

● 佐藤泰一郎（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

農業の基盤となる農地（土壌）は、利用とともに劣化する。そのため、劣化速度の低減、劣化農地の修復・農地の保全についての研究・技術の発展が求められる。本研究では農地の土壌構造に着目し、劣化の原因を検討し解明する。そして、土壌構造の修復技術・持続性のある農地の整備の技術の構築について研究する。

本年度は、畑地において課題となる侵蝕の中で、肥沃度の低下、環境汚染、生活・健康被害が懸念される風蝕について、発生機構を明らかにすることを検討した。

2. 研究結果

(1) 成果

火山灰土の水分は、疾風の30秒まではほとんど変化がなかったが、240秒では最大 -8.00MPa まで乾燥した。風蝕量は、火山灰土に疾風を与えた場合では、土壌中の水ポテンシャルが毛管連絡切断点近傍の -0.02MPa より低くなると増加し、暴風を与えた場合では、 -0.02MPa と高くとも 0.10kg/m^2 を超えた。一方、豊浦砂に疾風を与えた場合では、空気侵入点近傍の -0.004MPa 以下になると 0.10kg/m^2 を超え増加した。豊浦砂は保水性が低くため乾燥が急激に進み、火山灰土は高いため、時間をかけて乾燥し風蝕した。風蝕は、時間による水分の蒸発で土壌中の水ポテンシャルが低下し発生した。(Fig. 1)

風蝕は、土粒子同士を結び付けていた水分が、風の持つエネルギーにより蒸発し結びつきが弱くなり発生する。風力が弱い場合、土壌中の水ポテンシャルが高いと風蝕は発生しないが、低いと発生する。また、豊浦砂のような粒径が大きい場合、水分が少なくても発生しにくく、火山灰土のような粒径は小さくても、水を引き付ける力が強いと発生しにくい。粒径は大きいが保水性の低い豊浦砂の方が風蝕しやすいことから、風蝕は土壌水分の影響を大きく受けると考えられる。このことから、風蝕の発生は風の持つエネルギーにより土壌水分が乾燥した後、土粒子が飛ばされ発生することが示唆された。

同じ風の持つエネルギーでも、土壌が湿って

いれば風蝕量の差はわずかだった。しかし、土壌が乾燥すると、風速が大きい 20m/s で風蝕量が急激に増加し、 10m/s の場合と比較して2倍以上となった。また、土壌の乾燥は、試験前の土壌が乾燥しているほど、あるいは風速が大きいほどその影響は顕著だった。風と土壌水分が風蝕に与える影響は、風速の大きさまたは土壌の乾湿によって大きく左右されることが明らかとなった(Fig. 2)。

土壌が湿っていると風蝕がほとんど発生しなかったのは、風の大部分が土壌水分の蒸発に作用し、土壌の乾燥にはほとんど作用しなかったことが考えられる。土壌が乾燥しないと風蝕の発生は妨げられるため、結果として風蝕量は少なくなった。また、土壌が乾燥するほど風蝕量は多くなり、特に風速が大きいほど顕著だったのは、土壌の乾燥によって土壌水分がなく、風蝕が発生しやすい状態になったことが考えられる。同じ風の持つエネルギーでも風速が大きいほど風の剪断力が強くなるため、風速 10m/s よりも 20m/s のほうが、風蝕量が多くなった。

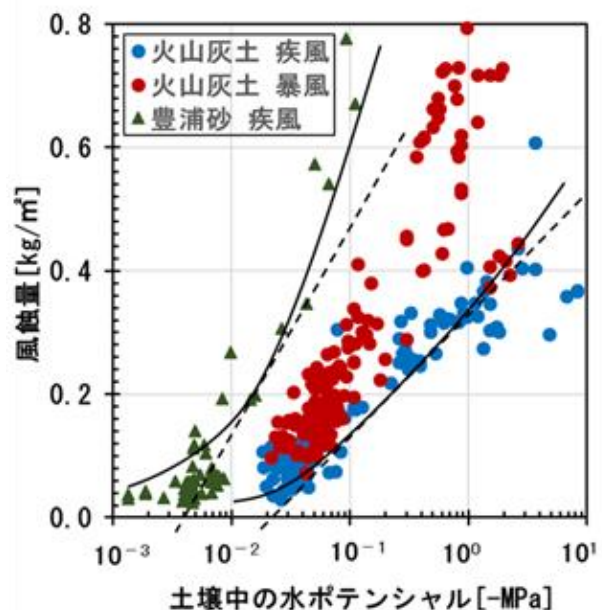


Fig. 1 風蝕が発生する土壌水分

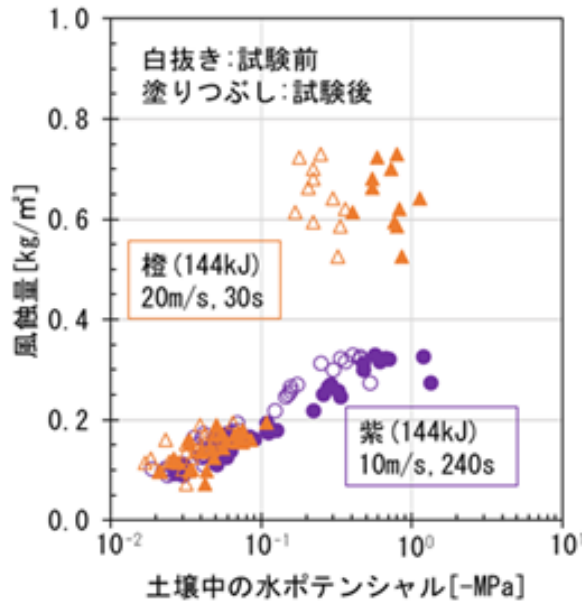


Fig. 2 土壌水分が風蝕に与える影響 (火山灰土)

(2) 問題点等

本年度報告における風蝕試験で風の持つエネルギーについて言及が十分ではなかった。これは、計測精度との関係に原因があるため、改善がのぞまれる。

3. 今後の展望

これまで、土壌の風蝕の発生については、水分の影響が十分検討されてこなかった。また、風の持つエネルギーに着目した研究が行われてこなかった。本研究は、水田から畑地への転換が求められる圃場整備事業において、懸念される風蝕について、発生機構と計測法を確立することを合わせて、劣化した土壌の修復および持続性のある農地環境保全のための技術の構築につながる。

4. 業績リスト

(1) 学術論文 該当なし

(2) 紀要 該当なし

(3) 報告書 該当なし

(4) 学会発表

佐藤泰一郎・上柿佳菜, 高知南国地区の農地に分布する礫が生産性に与える影響について, 2019年度(第68回)農業農村工学会大会講演会(2019.09.04~06 府中市)

(5) セミナー等の開催 該当なし

(6) 地域貢献活動

高知県, 令和元年度高知県農業農村整備事業計画審査会, 委員(2019.11.15 高知市)

高知県, 令和元年度高知県農業農村整備事業環境情報協議会, 座長(2020.01.20 高知市)

(7) 外部資金

「平成26年度科学研究費補助金」 該当なし

「共同研究」 該当なし

「受託研究」 該当なし

「奨学寄付金」 該当なし

(8) その他 該当なし

熱帯・亜熱帯性魚毒の原因となる微生物の発生状況ならびに発生条件の解明

● 足立 真佐雄（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

本研究は、熱帯・亜熱帯性魚毒であるシガテラの発生機構の解明とそれらの発生予察を目指して、原因となる微生物の特定と、それらの発生状況ならびに発生条件の解明を目的とする。本食中毒は、現在沖縄県沿岸海域にてしばしば起きているが、地球温暖化の進行とともに、本州・四国・九州沿岸域における発生リスクの増大が懸念されており、サンゴの生息域の拡大など海水温上昇の最前線に位置している土佐湾沿岸域は、そのモデル海域として重要と考えられる。本中毒は、これまでに底生性微細藻類 *Gambierdiscus* 属等により引き起こされる可能性が指摘されており、我が国の沿岸表層(水深0～3m 地点)において、これらの発生状況やその種組成について検討され、*Gambierdiscus scabrosus* をはじめとする4種の発生が報告された(Nishimura et al. 2013)。しかし、最近沿岸表層水域に加えて、水深15～30m 地点において本属藻の発生調査が行われ、これらの水深の地点では、表層では見られなかった *Gambierdiscus silvae* が存在することが明らかになった。しかし、本種の毒性や増殖に至適な環境条件は未だ明らかにされていない。

そこで本年度は、本種の毒性や毒成分を解明し、本種がシガテラの発生に関与している可能性について考察する。

2. 研究結果

(1) 成果

沖縄沿岸域より分離した *G. silvae* 株の毒性に関して、マウスバイオアッセイ法(Nishimura et al. 2013)により再検討した結果、シガテラの原因毒とされるシガトキシンを含む可能性のある脂溶性画分が、強い毒性を示した。本毒性は、これまでに本邦にて発生が報告されている本属4種の中で2番目に強いものであった。*G. silvae* 株に加えて *G. scabrosus* 株をELISA法に供することによりシガトキシン類(CTXs)の産生能について検討した結果、*G. silvae* 2株および *G. scabrosus* 1株からCTX1Bが、*G. silvae* 1株からCTX3Cがそれぞれ検出された。

(2) 問題点等

特になし

3. 今後の展望

本年度得られた結果より、*Gambierdiscus silvae* はシガテラの原因毒であるシガトキシン類の産生能を有することが明らかとなり、本種はシガテラ原因種として重要であると考えられた。しかし、本種の増殖特性については、昨年度明らかにした光条件に関する特性以外については未解明である。よって、次年度以降に培養試験を行うことによって、水温・塩分条件が本種の増殖に与える影響を明らかにする予定である

4. 業績リスト

(1) 学術論文

1) Wittaya Tawong, Pongsanat Pongcharoen, Tomohiro Nishimura, Masao Adachi: Molecular characterizations of Thai *Raphidiopsis raciborskii* (Nostocales, Cyanobacteria) based on 16S rDNA, rbcLX, and cylindrospermopsin synthetase gene. *Plankton & Benthos Research* 14(4) 211–223 2019年

2) Tomohiro Nishimura, Hajime Uchida, Ryoko Noguchi, Hiroshi Oikawa, Toshiyuki Suzuki, Hiroshi Funaki, Chiho Ihara, Kyoko Hagino, Shingo Arimitsu, Yuta Tanii, Shota Abe, Kana Hashimoto, Katsuya Mimura, Kouki Tanaka, Ippei Yanagida, Masao Adachi: Abundance of the benthic dinoflagellate *Prorocentrum* and the diversity, distribution, and diarrhetic shellfish toxin production of *Prorocentrum lima* complex and *P. caipirignum* in Japan. *Harmful Algae in press* 2019年 (<https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.101687>)

3) Shuntaro Tsubaki, Kiriyo Oono, Ayumu Onda, Takashi Kadono, Masao Adachi, Tomohiko Mitani: Microwave-assisted solubilization of microalgae in high-temperature ethylene glycol. *Biomass and Bioenergy* 130 105360 2019年

4) Tomohiro Nishimura, Hajime Uchida, Toshiyuki Suzuki, Wittaya Tawong, Shota Abe, Shingo Arimitsu, Masao Adachi: First report on okadaic acid production of a benthic dinoflagellate *Prorocentrum* cf. *fukuyoi*

from Japan. Phycological Research 68(1) 30-40 2019 年

5) Patricia. Tester, Lisa Wickliffe, Jonathan Jossart, Lesley Rhodes, Henrik Enevoldsen, Masao Adachi, Tomohiro Nishimura, Francisco Rodriguez, Mireille Chinain, Wayne Litaker: Global distribution of the genera *Gambierdiscus* and *Fukuyoa*. Proceedings of ICHA2018 in press 2019 年

(2) 紀要

該当無し

(3) 報告書

該当無し

(4) 学会発表

1) Kadono. T., Tomaru, Y., Watanabe, Y., Suzuki, K., Yamada, K., Adachi, M., Characterization of *Chaetoceros lorenzianus*-infecting DNA virus promoter of the VP4 gene in *Phaeodactylum tricornutum*. Marine Biotechnology Conference 2019 (Joint Conference of the 12th International Marine Biotechnology Conference and the 12th Asia Pacific Marine Biotechnology Conference), Shizuoka city, (2019/9/9-13)

2) Kadono, T., Adachi, M., Tomaru, Y., Expression patterns of predicted viral ORFs of diatom-infecting DNA viruses. EMBO workshop "5th Molecular Life of Diatoms Conference", Norwich, (2019/7/14-19)

3) Homma. C., Inokuchi. D., Yamaguchi. H., Nakamura. Y., Ohnishi. K., Adachi. M., Effectiveness of blocking primer and PNA clamp for metabarcoding of herbivorous fish diet. Marine Biotechnology Conference 2019 (Joint Conference of the 12th International Marine Biotechnology Conference and the 12th Asia Pacific Marine Biotechnology Conference), Shizuoka city, (2019/9/9-13)

4) Nishimura T., Uchida H., Suzuki T., Funaki H., Arimitsu S., Ihara C., Hagino K., Hashimoto K., Tanaka K., Yanagida I., Adachi M. Diversity, diarrhetic shellfish toxin production, and distribution of benthic dinoflagellates *Prorocentrum lima* complex and *P. caipirignum* in Japan. Australasian Society for Phycology and Aquatic Botany, Wellington, New Zealand, (2019/11/11-13)

5) 角野貴志, 外丸裕司, 佐藤尚, 渡邊夢実, 鈴木健吾, 山田康嗣, 足立真佐雄, 海産珪藻感染

DNA ウイルスのゲノム上の機能未知遺伝子のプロモーター解析, 第 6 回分子珪藻研究会, 兵庫 (2019/12/22)

6) 角野貴志, 足立真佐雄, 外丸裕司, 海産珪藻感染性 DNA ウイルスゲノムに存在する機能不明遺伝子の発現, 日本微生物生態学会 第 33 回大会, 山梨 (2019/9/10-13)

7) 西村朋宏, 栗原祐貴, 福澤凌, 三村克哉, 船木紘, 田中幸記, 柳田一平, 足立真佐雄, "海藻付着性"新奇有毒渦鞭毛藻 *Alexandrium* 属藻の発見: 分子系統、形態学的特徴、毒性および本邦沿岸域における分布, 2019 年日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会, 静岡 (2019/9/18-21)

8) 橋本佳奈, 西村朋宏, 船木紘, 内田肇, 及川寛, 鈴木敏之, 山口晴生, 足立真佐雄, 下痢性貝毒を高生産する本邦産 *Prorocentrum lima* 株の毒生産に適した培養条件の解明, 令和元年度日本水産学会秋季大会, 福井 (2019/9/8-10)

9) 赤木俊亮, 三村克哉, 船木紘, 本間千穂, 山口晴生, 長崎慶三, 西村朋宏, 谷口越則, 足立真佐雄, 赤潮原因藻 *Alexandrium leei* を特異的に検出する定量 PCR 法の開発, 令和 2 年度日本水産学会春季大会, 東京 (2020/3/26-30)

(5) 講演会・セミナー等の活動

足立真佐雄、「魚と貝に含まれる毒についてのお話し」、令和元年度給食関係者研修会（高知県中央東福祉保健所）、香南市野市町青少年センター、2020 年 10 月 9 日

(6) 地域貢献活動

第 20 期高知県内水面漁場管理委員会委員（高知県水産振興部）

(7) 外部資金

「受託研究」

「戦略的イノベーション創造プログラム（次世代農林水産業創造プログラム）未利用藻類の高度利用を基盤とする培養型次世代水産業の創出に向けた研究開発」4 7 5 0 千円

「農林水産技術会議委託プロジェクト研究－有害プランクトンに対応した迅速診断技術の開発、包括課題」1 4 0 0 千円

「農林水産技術会議委託プロジェクト研究－有害プランクトンに対応した迅速診断技術の開発、個別課題」1 3 0 0 千円

平成 30 年度農林水産省戦略的プロジェクト研究推進事業「有害化学物質・微生物の動態解明によるリスク管理技術の開発」海洋微生物毒生成藻類と海洋生物毒に関する研究 2 2 0 0 千円

「共同研究」

「ユーグレナや海産珪藻を含む組換え体藻類の効率的な作出」、理化学研究所、1000千円

「文科省特別経費プロジェクト」

「海洋性藻類を中心とした地域バイオマスファイナリーの実現に向けた新技術の創出」、分担、200千円

「学系サブプロジェクト」

バイオマス～TOSA、熱帯・亜熱帯性魚毒の原因となる微生物の発生状況ならびに発生条件の解明、代表、41千円

(8) その他

1) 指導学生の優秀ポスター賞 (Marine Open Innovation (MaOI) Institute Student Poster Award) 受賞, 本間千穂, Marine Biotechnology Conference 2019 (2019/9/12)

2) 高Impact factorの国際誌 (Harmful Algae, Impact factor: 5.012) への論文掲載

3) 足立真佐雄, 【高知大・水族環境学研究室】海のプランクトンで燃料, 朝日新聞2020年1月19日

4) 足立真佐雄, 温暖化と日本の海15 (山本智之・科学ジャーナリスト・朝日新聞大阪本社記者) により「毒魚を生み出す藻類」として当研究室の研究が紹介された, グリーンパワー (森林文化協会) 2017年8月号P. 15.