

# 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	〃
	守口 海	〃
	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 520 千円（うち年度計画実施経費 350 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	1		
	紀要	0		
	報告書	2		
	学会発表	7		
	セミナー・講演会・シンポジウム等の開催	2		
地域貢献		8		
外部資金			科研費	7690
			共同研究	2100
			受託研究	13009
			奨学寄付金	950

		その他	4930
		合計	28679
特許等			
その他特記事項	3		

## 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

- ・ニラの水耕栽培を試みた結果、低温期にハウス無加温でも培養液を加温することで生育が促進された。(西村)
- ・休耕田で栽培可能な食用カンナにおいて根茎および地上部を収穫目的とする場合の有望系統を選抜育成した。(宮崎)
- ・スポットヒーターによる局所加温の低コスト化、透過型パネル下でのブルーベリーの高付加価値化を図った。(宮内)
- ・作業道と小型機械による広葉樹林択伐伐出システムを位置と距離により定式化し、作業手順と生産性および経費を明らかにした。里山林整備で得られる竹材も含め、薪・燃焼利用の特性を明らかにした。(鈴木)
- ・室戸青少年自然の家において、ウバメガシの資源量、および成長特性を把握するための各種調査を行った。(守口)
- ・野見湾養殖漁場の水温と溶存酸素量のリアルタイム観測データの収集・解析が可能となり、白点虫簡易検出システムの開発も進展した。(今城)
- ・カンパチ養殖の盛んな野見湾(高知県須崎市)の表面水温を対象に、時系列予測型の人工知能技術を応用し、気象要素(気温・風速・降水量・気圧)を考慮した短期間水温再現を実施した。(森)
- ・ウツボの“旬”といわれる冬季には、可食部100g当たりの脂質含量が筋肉部で1.2%、皮下脂肪を含む脂肪組織で11.2%と、3~12月の値の中で最大値を示すことが明らかとなった。(森岡)
- ・セルロースの多目的活用の一環として、製パン素材への適用を行い、その品質評価、特に人工消化液

を用いた消化率評価を行い、セルロースの素材適用性を明らかにした。(河野)

・イネ根の褐変機構において ABA と JA はセロトニンの生合成を、Zi と iP は褐変自体を促進することを解明した。(手林)

・劣化した土壌の修復および持続性のある農地環境保全地に関して、除礫の必要性と風蝕抑制のための計測方法を検討した。(佐藤)

・シガテラ原因藻の 1 種である *Gambierdiscus silvae* について、その増殖に至適な水温・塩分条件を明らかにし、今後の地球温暖化の進行と共に本種が本州四国、九州にてより発生する可能性を指摘した。(足立)

・令和 2 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(R2.10.29)。

・令和 2 年度「バイオマス～TOSA」プロジェクト年度末報告会兼令和 3 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(R3.3.1)。

### 2-3 特筆すべき事項

・電子情報通信学会・信号処理研究専門委員会・第 35 回信号処理シンポジウムにおける信号処理特別功労賞を受賞(2021 年 11 月 5 日)(森)

・2020 年度「令和 2 年度 四国森林・林業研究発表会 奨励賞」：高知大学農林海洋科学部農林資源環境科学科 土居健太・森田大輔・守口海・早田佳史・浦部光治・今安清光「高知大学演習林における小型機械を用いた広葉樹択伐の試験作業」(学部指導学生の受賞；2021 年 1 月 20 日 高知県高知市四国森林管理局；[高知大学 Web「インフォメーション」2021 年 1 月 29 日])

・第 24 回日本藻類学会論文賞を受賞(2021 年 3 月 17 日)

<論文名>First report on okadaic acid production of a benthic dinoflagellate *Prorocentrum* cf. *fukuyoi* from Japan (責任著者：足立)

<著者名>Tomohiro Nishimura, Hajime Uchida, Toshiyuki Suzuki, Wittaya Tawong, Shota Abe, Shingo Arimitsu and Masao Adachi

## 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こっているが、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、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。

### 2. 研究結果

#### (1) 成果

沖縄沿岸域より分離した *G. silvae* 株の増殖特性に関して、水温・塩分条件が本種の増殖に与える影響について、その培養株を用いた増殖試験(Yoshimatsu et al. 2014)により検討した。その結果、本種の増殖至適水温ならびに塩分は、それぞれ25℃および塩分30であることが明らかになった。同時に、本種は20℃よりも低温では増殖できず、また塩分が25より低塩分の場合も増殖できないことが判明した。以上の結果から、本種は年平均水温が25℃である亜熱帯の沖縄海域における、塩分が低下しにくい比較的深い水深の環境条件に適応しているものと考えられ、地球温暖化の進行と共に、将来本州・四国・九州においても発生する可能性が考えられた。

(2) 問題点等  
特になし

### 3. 今後の展望

本年度までに得られた結果より、本邦沿岸域にて発生する *Gambierdiscus* 属藻類は *Gambierdiscus silvae* をはじめとして5種から構成されることを明らかにしたが、その5種の他にも未知なる種が存在する可能性も考えられる。そこで、来年度は次世代シーケンサーを用いた網羅的解析により、シガテラ原因藻に関してその存在を網羅的に検討する予定である

### 4. 業績リスト

#### (1) 学術論文

- 1) Tomohiro Nishimura, Yuki Kuribara, Ryo Fukuzawa, Katsuya Mimura, Hiroshi Funakia, Kouki Tanaka, Ryuichi Watanabe, Hajime Uchida, Toshiyuki Suzuki, Masao Adachi: First report of *Alexandrium* (Dinophyceae) associated with marine macroalgae off Japan: diversity, distribution, and toxicity. *Harmful Algae* in press 2020年10月
- 2) Takamichi Yoshimatsu, Haruo Yamaguchi, Akira Iimura, Tomohiro Nishimura, Takashi Kadono, Masao Adachi: Effects of temperature, salinity, and light intensity on the growth of the diatom *Rhizosolenia setigera* in Japan. *Phycologia* in press 2020年10月
- 3) Kenneth Neil Mertens, Masao Adachi, Donald M. Anderson, Christine Band-Schmidt, Isabel Bravo, Michael L. Brosnahan, Christopher, J.S. Bolch, António J. Calado, M. Consuelo Carbonell-Moore, Nicolas Chomérat, Malte Elbrächter, Rosa Isabel Figueroa, Santiago Fraga, Ismael Gárate-Lizárraga, Esther Garcés, Haifeng Gu, Gustaaf Hallegraeff, Philipp Hess, Mona Hoppenrath, Takeo Horiguchi, Mitsunori Iwataki, Uwe John, Anke Kremp, Jacob Larsen, Chui Pin Leaw, Zhun Li, Po Teen Lim, Wayne Litaker, Lincoln MacKenzie, Estelle Masseret, Kazumi Matsuoka, Øjvind Moestrup,

Marina Montresor, Satoshi Nagai, Elisabeth Nézan, Tomohiro Nishimura, Yuri B. Okolodkov, Tatiana Yu. Orlova, Albert Reñé, Nagore Sampedro, Cecilia Teodora Satta, Hyeon Ho Shin, Raffaele Siano, Kirsty F. Smith, Karen Steidinger, Yoshihito Takano, Urban Tillmann, Jennifer Wolny, Aika Yamaguchi, Shauna Murray: Morphological and phylogenetic data do not support the split of *Alexandrium* into four genera. *Harmful Algae* 98 101902 2020年9月

4) Takashi Kadono, Yuji Tomaru, Kengo Suzuki, Koji Yamada, Masao Adachi: The possibility of using marine diatom-infecting viral promoters for the engineering of marine diatoms. *Plant Science* 296 110475 - 110475 2020年7月

5) Kazuma Gomi, Yohei Nakamura, Masaru Kanda, Kentaro Honda, Masahiro Nakaoka, Chiho Honmma, Masao Adachi: Diel vertical movements and feeding behaviour of blue humphead parrotfish *Scarus ovifrons* in a temperate reef of Japan. *Journal of Fish Biology*, in press.

(2) 紀要

該当無し

(3) 報告書

該当無し

(4) 学会発表

内田肇、小澤真由、渡邊龍一、松嶋良次、及川寛、西村朋宏、本間千穂、足立真佐雄、鈴木敏之、*Prorocentrum* 属が生産する下痢性貝毒オカダ酸群の毒組成およびジノフィシトキシン1異性体の解析, 令和3年度日本水産学会春季大会, 東京 (2021/3/26-29)

(5) 講演会・セミナー等の活動

該当無し

(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」

「農林水産技術会議委託プロジェクト研究ー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」1617千円

「農林水産技術会議委託プロジェクト研究ー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」1320千円

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 1900千円

「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、43千円

(8) 特記事項

・第24回日本藻類学会論文賞を受賞 (2021年3月17日)

<論文名> First report on okadaic acid production of a benthic dinoflagellate *Prorocentrum* cf. *fukuyoi* from Japan (責任著者: 足立)

<著者名> Tomohiro Nishimura, Hajime Uchida, Toshiyuki Suzuki, Wittaya Tawong, Shota Abe, Shingo Arimitsu and Masao Adachi

## ニラの養液栽培における培養液の濃度と加温の影響

● 西村 安代（自然科学系農学部門）

### 1. 研究目的

ニラの冬季における施設栽培は、土耕で行われており、電照、加温などの環境制御されている。加温については、ハウス全体を温めるのが一般的であるが、イチゴなどでは畝の上に電熱線を設置したり、クラウン周辺を温める局所加温栽培なども行なったりしており、ニラにおいても同様に根域のみを温めることでコストを抑えることができると考えられる。また、省力化や作業効率を考えると、土耕栽培よりも高設の養液栽培が有効であると考えられる。そこで、ハウスは無加温とし、無加温もしくは加温した 2 濃度の培養液を灌水に用いた養液栽培を冬季に行い、収量に及ぼす影響を調査した。

### 2. 研究結果

#### (1) 成果

・試験方法：ニラ‘タフボーイ’と‘ミラクルグリーンベルト’の 2 品種の育成苗を 2020 年 10 月 4 日に定植し、同 6 日より肥料濃度処理を、さらに 11 月 7 日より培養液の加温処理を開始した。肥料濃度は全窒素量 84.7ppm、リン酸 45ppm、加里 153.2ppm を 1 倍濃度とし、これの 1.5 倍濃度の 2 区を、また、培養液の加温は、無加温区と 20℃に設定した加温区の 2 区を設置し、併せて 4 処理区とした。

・結果：2020 年 12 月 1 日～2021 年 1 月 23 日のハウス内平均気温は 12.6℃であったが、培養液平均温度は、加温区で約 21℃、無加温区で約 16℃であった。生育については、11 月 20 日に 1 回目の収穫を行い、それから 40 日おきに計 3 回収穫調査を行った。その結果‘ミラクルグリーンベルト’の 1 株当たりの生体重は 12 月 30 日では培養液濃度 1.5 倍区が 1 倍区よりも有意に重くなったが、2 月 8 日と 3 月 20 日の調査においては、1.5 倍区の無加温区と 1 倍の加温区では有意差はみられなかった。‘タフボーイ’では、2 月 8 日と 3 月 20 日において無加温区よりも加温区で有意に重くなった。各調査日の両品種の分けつ数はいずれも 1 倍無加温区で少なくなったが、その他の区

では大きな差異は認められなかった。草丈はいずれの調査日ならびに両品種で 1.5 倍加温区において最長となった。



第 1 図 ニラ養液栽培の試験実施状況

第 1 表 培養液の濃度と加温の有無がニラ‘ミラクルグリーンベルト’の生体重に及ぼす影響

濃度	加温	12月30日	2月8日	3月20日
1.5倍	加温	49.9 b <sup>2</sup>	77.2 c	121.4 b
	無加温	43.2 b	57.3 b	103.8 b
1倍	加温	29.7 a	54.0 b	101.6 b
	無加温	25.0 a	39.5 a	75.4 a

<sup>2</sup> 同列の同アルファベットはチューキー多重検定において有意差無し

第 2 表 培養液の濃度と加温の有無がニラ‘タフボーイ’生体重に及ぼす影響

肥料濃度	加温	12月30日	2月8日	3月20日
1.5倍	加温	77.6 b	114.4 b	203.9 b
	無加温	60.1 a	77.4 a	160.9 a
1倍	加温	60.9 a	100.2 b	194.3 b
	無加温	50.1 a	70.8 a	149.6 a

<sup>2</sup> 同列の同アルファベットはチューキー多重検定において有意差無し

以上より、品種差は認められたが、いずれも培養液を加温することで生育が促進され、低温寡日射期においては肥料濃度を高めるよりも根域温度を確保する方が重要であることが明らかとなった。

#### (2) 問題点等

ニラの養液栽培は従来の土耕栽培よりもコストがかかることが予想されるが、省力化と作業効率の向上と自動化を進めるうえで有効であると思われる。今回は養液栽培での研究結果ではあるが、低温期の根域温度の影響は土耕栽培でも重要であり、マルチを用いた保温の重要性が再確認されたとともに、ハウス全体の加温でなくても、土壌加温ならびにイチゴのような局所加温も有効

であることが示唆された。

### 3. 今後の展望

初夏からの培養液の冷却の影響について引き続き調査検討していく。今後の課題としては、ニラに合わせた培養液組成ならびに栽植密度と栽植株数を考えていく必要がある。また、ニラの安定的収量確保のための試験を今後も継続していく予定である。

### 4. 業績リスト

#### (1) 学術論文

Nondestructive Mineral Imaging of Chinese Chive Leaves Withered by Physiological Damages Using Microbeam Synchrotron Radiation X-Ray Fluorescence Analysis, Yoshinori NISHIWAKI, Tomoya TAKAHASHI, Eriko WADA, Yasuyo NISHIMURA , DOI:10.2116/analsci.21N002 (2021)

#### (2) 紀要

なし

#### (3) 報告書

なし

#### (4) 学会発表

なし

#### (5) セミナー等の開催

なし

#### (6) 地域貢献活動

・「高知県普及活動外部評価会」委員長、2020年9月8日

#### (7) 外部資金

「共同研究」

・波長変換材料を用いた農業用資材の研究、1000千円（直接経費）、100千円（間接経費）

「受託研究」

・腐植酸液肥の作物に対する効果検証、900千円（直接経費）、270千円（間接経費）

#### (8) その他



## 温暖化の進行に対応した新規資源作物の導入

### 食用カンナの地上部・根茎形質における有望系統の選抜

● 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す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、旺盛な生育を示す地上部は飼料としての利用が期待される。根茎を利用する場合は毎年の新植が必要になるが、茎葉を飼料として利用する場合は地上部の刈り取りによる再生栽培が省力的である。カンナを飼料として給餌する場合、特に調製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根茎および地上部茎葉を収穫する上で、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、地上部生育、根茎収量およびミネラル含有量の種系統間差異を新植および再生栽培の年次間で比較した。

#### 2. 研究結果

##### (1) 成果

[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。種イモの植え付けによる新植を 2018, 2019 年に行い、地上部の刈り取りによる再生栽培を 2020 年に行った。新植では、圃場を耕うんし、作畦し、シルバーマルチで被覆した。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 2018 年 5 月 6 日および 2019 年 5 月 22 日に植え付けた。施肥として牛糞堆肥、苦土石灰を施し、化学肥料を単肥により N, P, K 成分でそれぞれ 1.5, 1.3, 1.3 kg/a 作条施肥した。再生栽培では 2019 年の成熟期に株基部から地上部を刈り取り、翌年 2020 年に再生させた。施肥として 2020 年 5 月 28 日に再生した各個体に緩効性肥料を N, P, K 成分でそれぞれ 1.5 kg/a 施用した。3 年とも成熟期に草丈、茎数を計測した。各年とも 11 月に平均的な個体をサンプリングし、地上部と根茎に分け、それぞれ生重を測定した。その一部サンプルの生重を測定し、80℃で 3 日間乾燥させ、

乾物重を測定した。また、乾燥試料を粉碎し、濃硝酸で分解し、フレイム原子吸光度計で K, Ca, Mg 含有率を分析した。

[結果と考察] 3 年間の分散分析の結果、系統①は他の系統より有意に草丈が低く、茎数が多く、観賞用カンナの特徴を示した。食用カンナの中でも系統⑧は草丈が低く、系統⑩, ⑫は茎数が少なかった。再生させた 2020 年は新植の 2018, 2019 年より茎数が有意に多かった。乾物ベースの根茎重および収穫指数は系統⑧で他の系統より有意に高く、地上部重は系統⑭で有意に高かった。これらの系統はそれぞれ根茎および地上部を収穫目的とする場合の有望系統であると判断される。年次間では 2020 年で 2018, 2019 年より有意に根茎重、地上部重および収穫指数が高かった。再生による根茎重の増加は前年と再生年の積算量によるものであるが、地上部重の増加は生育期間が新植と比べ長かったことによるものと推察される。地上部を飼料として給餌する場合、2.2 以下が適正であるとされる  $K/(Ca + Mg)$  当量比は、系統間に有意な差がなかったが、2020 年に 2019 年より有意に低く、適正範囲となり、いくつかの系統で 2.2 以下となった。これらのことから、飼料を栽培目的とする場合の再生栽培の有効性が示唆された。

##### (2) 問題点等

再生の影響は収量、品質にインパクトの強い栽培管理であるが、異なる年次間の比較は、気象環境の違いなど多くの要素の違いも含むため、今後は同一年次の処理間で再生の効果が得られるか、再検討する予定である。

#### 3. 今後の展望

食用カンナを飼料として利用する場合には再生栽培により増収、高品質化、低コスト化・省力化が見込まれる。再生栽培に適した種系統の選抜を今後検討する必要がある。また、軟 X 線照射による突然変異育種において系統選抜を継続しており、収穫指数および根茎収量が高く、デンプン形質に優れる系統の育成が今後期待される。

## 4. 業績リスト

### (1) 学術論文

1. Yamamoto, Y., Yanagidate, I., Yoshida, T., Miyazaki, A., Pasolon, Y. B., Darmawanto, S., Limbongan, J., Jong, F. S., Irawan, A. F., and Arsy, A. A. 2020. Characteristics of Growth and Starch Productivity of Wild Sago Folk Variety 'Manno' Grown near Jayapura, Papua, Indonesia. *Tropical Agriculture and Development* 64(3): 135-145.
2. Yamamoto, Y., Yoshida, T., Yanagidate, I., Polonaya, F. J., Siahaya, W. A., Jong, F. S., Pasolon, Y. B., Miyazaki, A., Hamanishi, T., and Hirao, K. 2020. Studies on Growth Characteristics and Starch Productivity of the Sago Palm (*Metroxylon sagu* Rottb.) Folk Varieties in Seram and Ambon Islands, Maluku, Indonesia. *Tropical Agriculture and Development* 64(3): 125-134.
3. Yamamoto, Y., Katayama, K., Yoshida, T., Miyazaki, A., Jong, F. S., Pasolon, Y. B., Matanubun, H., Rembon, F. S., Nicholus, and Limbongan, J. 2020. Changes in Leaf and Trunk Characteristics Related to Starch Yield with Age in Two Sago Palm Folk Varieties Grown near Jayapura, Papua, Indonesia. *Tropical Agriculture and Development* 64(2): 61-71.
4. Yamamoto, Y., Yanagidate, I., Yoshida, T., Pranamuda, H., Fauzan, Y. S. A., Suryadi, U. E., Indrayani, Y., Miyazaki, A., and Haska, N. 2020. Growth Characteristics and Starch Productivity of Sago Palm (*Metroxylon sagu* Rottb.) Grown in Pontianak, West Kalimantan, Indonesia. *Sago Palm* 28: 12-21.
5. Yamamoto, Y., Omori, K., Jong, F. S., and Miyazaki, A. 2020. Methods for Estimating the Leaf Area of Sago Palm (*Metroxylon sagu* Rottb.). *Sago Palm* 28: 1-4.

### (2) 紀要

### (3) 報告書

### (4) 学会発表

1. Kamal Shrestha, Akira Miyazaki and Mitsukazu Sakata, Effect of localized fertilizer application on root development of upland rice seedlings grown under drought condition. 日本作物学会 四国支部, メール審議, 2020年12月4日~18日
2. Rodolphe Noubiap Watchou, Akira Miyazaki, Yoshimi Sokei, Yield characters of different plant-type rice varieties grown with different planting density in Cameroon. 日本作物学会 四国支部, メール審議, 2020年12月4日~18日

3. 坂本あかり・宮崎彰・野村宏晃・福永涼太, 水稲玄米の異なるタイプの白未熟粒における胚乳細胞内部形態および粒径の変化. 日本作物学会 四国支部, メール審議, 2020年12月4日~18日
4. 宮崎彰・小島歩未, 土壌・植物における水分状態のモニタリングとそれに基づく灌水自動制御技術の開発. 日本作物学会 四国支部, メール審議, 2020年12月4日~18日
5. 宮崎彰・柳川大我・Shrestha Kamal・阪田光和・上野大勢・山本由徳, 新植・再生した食用カンナ種系統における生育・根茎収量の年次間比較. 日本熱帯農業学会, オンライン, 2021年3月17日
6. Kamal Shrestha, Akira Miyazaki and Mitsukazu Sakata, Effect of localized fertilizer application on root development and deep rooting of upland rice seedlings under drought condition. 日本作物学会, オンライン, 2021年3月30日

### (5) セミナー等の開催

IoP 塾 web オンライン講座「NEXT 次世代の作物栽培における水管理」2021年3月2日

### (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. 高知県食の安全・安心推進審議会委員, 2020年10月27日~2021年3月31日
3. 生産米の食味向上研究グループ顧問, 2020年3月23日~2021年3月31日

### (7) 外部資金

1. 「令和2年度科学研究費補助金」 基盤研究 B: イネのストレス耐性は水と養分の局所コントロールで向上するか. 代表 1900 千円 (直接経費) 570 千円 (間接経費)
2. 「受託研究」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. 2020 年度: 1200 千円 (直接経費)
3. 「奨学寄付金」四国建設コンサルタント助成金 2020 年度: 494 千円 (直接経費) 26 千円 (間接経費)

### (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、各施設での環境評価を継続するとともに、栽培品目の拡大、エネルギーコストの削減を中心に検討を行った。

### 2. 研究結果

#### （1）成果

##### ① GHP を活用したハウス環境制御

GHP 排ガス循環による炭酸ガス施用とともに、太陽熱温水器、スポットヒーターによる局所加温を行い、イチゴ栽培への効果とエネルギーコストについて評価した。

スポットヒーター（瀬戸電子、SR05 UA-006-060）は、栽培作物の特定部位をピンポイントで加熱することが可能であり、夜間（12h）稼働させることで、株元部分を 20℃程度に維持することができた。稼働時の消費電力は 0.45 kWh と非常に低い値となり、太陽熱温水器稼働消費電力の 1/4 程度であった。炭酸ガス施用と局所加温を組み合わせた結果、1 果当たりの重量と果実糖度が対照区と比較して高い結果となり、炭酸ガス局所施用と株元局所加温併用の優位性が示唆された。

##### 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

石垣蓄熱ハウスの環境計測を継続するとともに、蓄熱補助資材の活用と夏季の暑熱対策についての試験を行った。

蓄熱補助資材として用いた潜熱蓄熱材の表面温度は、ハウス内気温の推移に伴って変化し、表面の熱流束も日射の影響を受けながら変化したため、潜熱蓄熱材の蓄放熱効果が確認された。また、暑熱対策として屋根散水のモデル試験を行った結果、屋根散水時の被覆表面の温度と熱流束は、散水時に大幅に低下した。さらに、散水間隔が短いと被覆面が乾くことなく、常に気化熱による冷却効果が得られたため、昇温抑制効果が大きかった。

一方、栽培品目については、トマトマンゴーに加え、パイアの栽培可能性が示唆され、今後の品目拡大が期待される。

##### 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

四万十町の施設（サンビレッジ四万十）での環境計測に加え、徳島市の施設（サンパワーアグリ）での遠隔計測を開始した。パネル上部に対するパネル下部の月平均日積算光量子量の割合は、四万十町で約 30%、徳島市で約 40%であったが、パネル下栽培作物（万次郎カボチャ）収量は、742kg/10a、269kg/10a となり、大きな差が生じた。

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においては、ブルーベリーを新たな品目として栽培した。その結果、透過型モジュール下での収穫ピーク時期が対照区より 2 週間ほど遅れ、供給過多の時期を避けて出荷できるメリットが見込め、販売価格の上昇に繋がるのが期待された。

#### （2）問題点等

GHPによる環境制御においては、飽差に基づく細霧冷房を組み合わせた制御法の検討、石垣蓄熱ハウスにおいては、石垣構成素材の熱的特性解析、及び生産出荷体制の構築が課題となる、また、ソーラーシェアリングでは、電力自家消費の施設栽培型システムの構築に向けた課題の検討が必要となる。

### 3. 今後の展望

施設園芸の方向性は、大規模化、スマート化に向かっているが、中小規模園芸施設の省力化、省エネ化も不可欠である。特に中山間地域の園芸生

産は、規模拡大は望めず、零細な中小規模施設がほとんどである。無加温栽培をはじめとする低投入型生産体系の一助として、石垣蓄熱ハウスは有用であり、この方式を都市部でも行える形態を考案中である。また、エネルギー利用の観点から、ソーラーシェアリングは今後も普及が進むと考えられており、新たな展開が望まれている。

#### 4. 業績リスト

##### (1) 学術論文

##### (2) 紀要

##### (3) 報告書

- ・中小規模園芸ハウスを対象とした複合エコ環境制御技術の確立、宮内樹代史、基礎的研究業務追跡調査委託業務追跡調査報告書、研究成果の普及優良事例（農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業）、7-8、2020.6

##### (4) 学会発表

##### (5) セミナー等の開催

- ・農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業 報道機関向け研究成果発表会、複合エコ環境制御技術の確立、2020.7.30

##### (6) 地域貢献活動

- ・サンビレッジ四万十（ソーラーシェアリング施設の環境計測、作物生育特性の評価）
- ・宮地電機（ソーラーシェアリング下の環境計測、栽培指導）
- ・いぶき（石垣ハウスでの環境計測、栽培指導）

##### (7) 外部資金

- 「令和2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 700千円（直接経費）210千円（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）

「共同研究」

「受託研究」

「奨学寄付金」

##### (8) その他

- ・「燃料使わず蓄放熱 棚田の石垣ハウスで活用」日本農業新聞記事、2021/1/7
- ・「仁淀川町の棚田を利用した園芸ハウス」テレビ高知、からふる、2021/1/22、18:00台放

## 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ものとして軽架線技術を中心に研究を進めてきた。2018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ている。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する。

### 2. 研究結果

#### （1）成果

放置広葉樹林の整備における個別の収穫方法について、作業道に隣接して収穫対象の立木がある場合にはグラップルによる直接集材、作業道下方に離れたところに立木がある場合は林内作業車搭載のウインチ（チェーンソーウインチも併用）による単引き集材、作業道の上方に離れたところに立木がある場合には林内作業車搭載のウインチによる伐倒方向規制を行い上方に伐倒してウインチ単引き集材、の3種類により試験作業を実施し生産性と経費を算出した。なお以上の伐出作業は、林分への影響が少ない択伐方式とし、あらかじめ毎木調査を行って利用価値が高い大径木をhaあたり100本程度の択伐率で選木した。

このような方式で収穫の試験作業を行った結果、道下からのウインチ集材は、より距離に近い上方伐倒を含む道上からのウインチ集材と同等の生産性が見込めること、雇用労働では収支は厳

しいが自家労働の自伐方式ならば単価の低いバイオマス材としても赤字は回避できる可能性が高いことが示された（学会発表：鈴木ら2020）。また、暖温帯の高知県と冷温帯の島根県との調査から、放置広葉樹林の資源量は、公的資料である森林簿では一律100～150 m<sup>3</sup>/haとされているが、実測するとそれよりも多く200～300 m<sup>3</sup>/ha程度はあり、用材生産に適する胸高直径25 cm程度以上の大径木もhaあたり50～200本程度存在すること、などが明らかとなった（学会発表：鈴木ら2021）。収益性を高めるためには、薪等への加工を自ら行うことなどが、個人林家にとっては有効と考えられる。

また、里山整備における竹林利用に関して、チェーンソーウインチを用いた竹材搬出の試験作業により実用性を確認した（学会発表：千原ら2020）。その他、生産性算出におけるこれまで一般に用いられてきた手法に対する問題提起（学会発表：吉村ら2020）、早生樹種であるコウヨウザン林分の土砂移動抑制効果（学会発表：渡辺ら2020）、地形データから適した伐出システムを選択する手法の高知県への適用と有効性の確認（山崎ら2021）などの成果を得た。

#### （2）問題点等

広葉樹の収穫について、択伐では高い確率でかかり木となるため、伐倒方法の工夫や、小面積皆伐を取り入れるなどの対策が必要と考えられる。また、択伐の場合は残存木に損傷が発生するため、その程度の把握と対策も検討しておく必要がある。さらに、小規模機械で生産性を確保するために必須となる高密度な作業道路網を、林地への影響や浸食・崩壊を防ぎつつ確実にを行うための技術的支援も必要である。

収穫作業全体の収支については、材の販売をいかにするかが肝要である。特に単価の高い用材は、販路に左右されるところが大きい。他地域の情報を得るなどして対策を考える必要がある。利益率を高めるためには、低質材についても薪などの自家生産を行うことが有効と考えられる。

### 3. 今後の展望

残存木の被害と対策については、収穫の試験作業

のために演習林に設置したプロットにおいて被害状況の調査を行い、萌芽更新の状況も含めて継続して調査を実施する。作業道の作設と維持管理については、演習林で継続して開設されている作業道路網を対象に、継続調査も含めて今後検討していく予定としている。また、伐出方法の改良については、かかり木を回避する手法の提案とその効果を検証する試験作業を、行っていきたいと考えている。

広葉樹収穫の収益性については、薪の自家生産と販売を、演習林で収穫された広葉樹材を素材として採算から販売までひととおり実践することで、現場普及への可能性を追求することを考えている。単価の高い用材としての販売については、高知県内では公開された流通経路はないが、家具生産で歴史と実績のある広島県府中市において聞き取り調査を行うことで、高知県における広葉樹材の少量販売の可能性を見出していきたい。

#### 4. 業績リスト

##### (1) 学術論文

山崎真・鈴木保志・後藤純一・渡辺直史：地形に適した作業システムの選択－高知県における流域別適用事例にもとづく検討－. 森林利用学会誌 35 : 13~20. 2021

##### (2) 紀要

##### (3) 報告書

##### (4) 学会発表

鈴木保志・吉村哲彦・森田大輔・守口海・早田佳史・浦部光治・今安清光：小型機械による広葉樹択伐伐出の試験作業. 森林利用学会第27回学術研究発表会講演要旨集：10. 2020

千原敬也・吉村哲彦・中野美穂・鈴木保志：竹材搬出速度と労働負担の評価. 森林利用学会第27回学術研究発表会講演要旨集：9. 2020  
吉村哲彦・鈴木保志・千原敬也：素材生産の生産性に関する諸考察. 森林利用学会第27回学術研究発表会講演要旨集：11. 2020

鈴木保志・吉村哲彦・森田大輔・守口海・早田佳史・浦部光治・今安清光：小規模伐出システムによる広葉樹収穫の経済性と未利用材供給可能性. 日本森林学会学術講演集 132 : 86 (T1-6). 2021

渡辺靖崇・鈴木保志・涌嶋智・坂田勉・古本拓也・東敏生：コウヨウザン人工林における3年間の表土移動量. 日本森林学会学術講演集 132 : 199 (P-258). 2021

##### (5) セミナー等の開催

##### (6) 地域貢献活動

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

令和2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3年3月まで)

令和2年度 四国森林・林業研究発表会 における指導学生の発表：高知大学農林海洋科学部 農林資源環境科学科 土居健太・森田大輔・守口海・早田佳史・浦部光治・今安清光「高知大学演習林における小型機械を用いた広葉樹択伐の試験作業」

##### (7) 外部資金

「平成31年度科学研究費補助金」

基盤研究C (特設分野) 鈴木保志代表 (直接経費) 500 千円 (間接経費) 150 千円

「共同研究」

「受託研究」

「奨学寄付金」 430 千円

##### (8) その他

広報活動：

高知県における木質バイオマス発電の現状と課題. 令和2年度第1回高知県木質バイオマスエネルギー利用促進協議会, 2020年11月17日, 高知市春野文化ホールピアステージ (高知県高知市).

Challenges of forestry in Kochi and timber production technologies. "International seminar on advanced research in agriculture, forestry and marine science at Kochi University, Japan 2021", 2021年3月3-5日, Webinar (高知大学 IoP 事務室からの配信) (高知県南国市).

2020年度「令和2年度 四国森林・林業研究発表会 奨励賞」：高知大学農林海洋科学部 農林資源環境科学科 土居健太・森田大輔・守口海・早田佳史・浦部光治・今安清光「高知大学演習林における小型機械を用いた広葉樹択伐の試験作業」(学部指導学生の受賞；2021年1月20日 高知県高知市 四国森林管理局；[高知大学 Web「インフォメーション」2021年1月29日])

2020年度 高知大学農林海洋科学部学生表彰：農林資源環境科学科 土居健太・森田大輔 (「令和2年度 四国森林・林業研究発表会 奨励賞」受賞を受けての学部指導学生の表彰；2021年2月17日)

## 土佐備長炭の持続的生産に向けたウバメガシ資源管理体系の確立

● 守口 海（自然科学系農学部門）

### 1. 研究目的

高知県における備長炭の生産量は近年急激に増加しており、その主原料であるウバメガシ資源を持続的に利用できるか、不透明な状態にある。現状では、当地におけるウバメガシの時系列的成長や単位面積あたり利用可能材積を算定できるモデルがなく、利用可能資源の空間的な分布も不明であり、その結果として、持続的と言えるウバメガシ資源の年利用(伐採・収穫)量や最適施業スケジュール、必要な新規植林面積等も不明である。

本年度はまず、一時点におけるウバメガシの空間的分布を効率的に把握するため、航空写真からウバメガシ林分を抽出するための手法の開発を目指した。なお本課題は、学内研究助成「令和2年度自然科学系（農学部門）個人・グループ研究プロジェクト」と併せて実施した。

### 2. 研究結果

#### (1) 成果

ウバメガシ林を有する室戸地域の民有林において、市販ドローンを用いて航空写真を取得した。同時に、RTK 測位により複数の GCP(地上基準点)を設定したうえで、SfM ソフトを用いて地上解像度 2.5cm・10cm のオルソ画像をそれぞれ作成した。解像度 2.5cm のオルソ画像から目視でウバメガシ林分を抽出し、ポリゴンデータとして記録したほか、10cm のオルソ画像からランダムに 64×64 ピクセルの画像を生成して学習・テストデータとした。なお、航空写真は撮影日時が異なるために露光条件が一定しない場合があることを考慮し、切り出した各画像(64×64 画像)の RGB ピクセル値で標準化し、色の絶対値情報を消去した。正解ラベルはウバメガシ林とそれ以外の 2 値とした。ニューラルネットワーク(NN)の作成方法の一種である ELM(Extreme Learning Machine)を学習器として、7 種類の前処理と 3 種類の ELM の実装の組み合わせから、テストデータにおいて最も高

い判別性能(F 値: 再現率と適合率の調和平均)を持つものを探索した。その結果、前処理として若干の修正を加えた多重解像度解析(ハールウェーブレットを使用)を用い、3 つの隠れ層を持つ NN を構成したときに、テストデータにおける F 値は最大となった。

#### (2) 問題点

ウバメガシの樹形と色には特徴があり、解像度 2.5cm のオルソ画像を用いれば目視で判別可能であると予想したが、ウバメガシ林分とそれ以外の、目視による判別が難しい場合があった。これは、競合樹種の多くが常緑照葉樹であること、航空写真の撮影時の天候が晴れ時々曇りであり、環境光が時間変化したことの2つに起因するものと思われる。

### 3. 今後の展望

地上調査により精度の高い樹種-位置データを蓄積することで、目視判別の品質を向上させる必要がある。また、地域によって条件が異なることも容易に想定されるため、高知県西部においてもデータの蓄積を行う必要がある。

### 4. 業績リスト

#### (1) 学術論文

1. Kai Moriguchi, Tatsuhito Ueki & Masashi Saito (2020) Establishing optimal forest harvesting regulation with continuous approximation. *Operations Research Perspectives* 7: 100158.
2. Kai Moriguchi (2020) Estimating polymorphic growth curve sets with nonchronological data. *Ecology and Evolution* 10: 9100-9114.
3. Kai Moriguchi (2020) Acceleration and enhancement of reliability of simulated annealing for optimizing thinning schedule of a forest stand. *Computers and Electronics in Agriculture* 177: 105691.

**(2) 紀要**

なし

**(3) 報告書**

なし

**(4) 学会発表**

1. 鈴木保志・吉村哲彦・森田大輔・守口海・早田佳史・浦部光治・今安清光. 小型機械による広葉樹択伐伐出の試験作業.第 27 回森林利用学会学術研究発表会 (2020/10/31)
2. 鈴木保志・吉村哲彦・森田大輔・守口海・早田佳史・浦部光治・今安清光. 小規模伐出システムによる広葉樹収穫の経済性と未利用材供給可能性. 第 132 回日本森林学会大会 (2021/03/18-23)

**(5) セミナー等の開催**

なし

**(6) 地域貢献活動**

1. 室戸市とのウバメガシ調査打合せ (6/11)
2. 室戸青少年自然の家とのウバメガシ調査打合せ (7/20)

**(7) 外部資金**

1. 令和 2 年度科学研究費補助金 若手研究「高信頼性・高速性を両立する最適伐採スケジュールの探索手法」  
代表 1,100 千円 (直接経費) 330 千円 (間接経費)

**(8) その他**

1. 土居健太・森田大輔・守口海ほか・早田佳史・浦部光治・今安清光. 高知大学演習林における小型機械を用いた広葉樹択伐の試験作業. 令和 2 年度 四国森林・林業研究発表会 (2021/01/20)



## 海面養殖漁場における海産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

海面養殖業における魚類疾病対策はワクチン予防と投薬治療であるが、コストや労力の高負担ゆえに経営を強く圧迫する要因ともなり、省力・低コスト化の新しい防除体系の確立が求められている。そこで、従来の対策に先進的な ICT/IoT 技術を活用することで、防除効率の向上と防除経費の低減を図ることを目指し、世界中で被害が拡大している海産白点病(以下、白点病)から検討した。本疾病は原虫クリプトカリオン・イリタンスの重篤寄生を原因とするため、対策として、被害場所から生簀を遠ざける避難が広く普及しているが、被害はほとんど軽減されない。本対策の防除効果を十分発揮させる重要なポイントは、養殖業者の主観に頼らない、海水の感染仔虫数を客観的指標にした避難体制を確立させることにあると考える。

そこで、(1)海水の感染仔虫数を迅速に把握できる簡易検出システムの開発と、(2)同虫の大量発生を予測する漁場環境のリアルタイム観測データの収集・解析をそれぞれ行った。前者は、免疫抗体法を応用した自動セルカウンターを用いて特異的に仔虫を検出するものであり、その開発の第一段階として、野見湾の罹患カンパチから回収したクリプトカリオン・イリタンスのゲノムで、繊毛タンパク質のひとつである GDCI3 不活化抗原をクローニングし、人工的に組換えタンパク質を大量発現した。後者は、野見湾内にある海洋観測ブイ傍水深 1 m に定点を設け、7 月 21 日から 12 月 17 日までデータロガーを取り付け、水温と溶存酸素を連続測定することで、漁場環境をモニタリングした。

### 2. 研究結果

#### (1) 成果

野見湾で白点病に罹患した養殖カンパチ体表から回収したクリプトカリオン・イリタンスのゲノムにコードされた GDCI3 不活化抗原遺伝子の完全長塩基配列を初めて決定した。得られた塩基配列をもとにアミノ酸配列を推定し、GenBank データベース上のものと BLAST 検索した結果、前者で 85.9%～98.7%、後者で 49.5%～97.3%の

相同性が示され、国内外を問わない地域や魚種間でかなり違うことが明らかになった。解読した同遺伝子を発現ベクターにクローニングし、大腸菌を用いて過剰発現させた結果、GDCI3 不活化抗原組換えタンパク質は不溶性画分に大量発現したため、6 M 尿素を用いて可溶化させることで粗精製することに成功した。現在、本組換えタンパク質のウサギポリクローナル抗体を作製中である。

データロガーによる漁場水温の連続測定から、クリプトカリオン・イリタンスの至適増殖水温域とされる 20～25℃は 10 月 5 日～11 月 11 日の間で記録され、水温の観点から同期間が白点病の流行盛期と位置づけられた。しかし、本疾病によるカンパチの死亡事例は 11 月 11 日に初めて報告され、現場では生簀避難が 12 月上旬まで続いた。よって、実際の被害は上記の流行期間内ではなく、遅れたタイムラグで発生しており、避難初動の不適切さを指摘する知見が示された。データロガーによる漁場溶存酸素の連続測定から、10 月 8 日～12 日、10 月 17 日～20 日、11 月 5 日～9 日の計 3 回にわたり、海水の鉛直混合現象を示唆した溶存酸素の推移が見つかった。これは、海底シストの活性化で感染仔虫を大量発生させる、低溶存酸素から高溶存酸素状態への環境変化が想定される可能性があった。実際、養殖業者の依頼で 11 月 17 日のみになるが、現地調査を実施し、海水 1 L あたり遺伝子レベルで推定約 5,000 虫体を検出したことから、少なくとも 9 日以降で一時的に大量発生していたことは間違いなしとの確信は得た。

以上より、漁場水温と溶存酸素のリアルタイム観測データから、白点病の流行期の予測と、感染仔虫の大量発生の予兆の両方を捉えられる可能性が大きく前進した。

#### (2) 問題点等

コロナ禍の影響から研究活動の自粛や外部接触の制限があり、海洋観測ブイへのデータロガーの取り付け作業と定期的なメンテナンスは問題なく行うことができたものの、その他について、養殖業者とのやり取りを十分行うことができなかった。特に、白点病の流行シーズン中、養殖業者の協力で行う養殖漁場の採水はほとんど実施

できておらず、結果的に、得られた水温と溶存酸素のリアルタイムデータを、実際の海水仔虫と相関させることができなかった。これまでの研究で、海水の感染仔虫は断続的に大量発生することと、それによる魚への大量寄生の繰り返しで発症に至るとの見解を示している。今回だけでは、漁場水温・溶存酸素と海水仔虫数との双方の変動が一致するのかがまだ不明であり、早急に海水仔虫の簡易検出システム開発を進めることで、引き続き検証を続けていかなければならない。

### 3. 今後の展望

引き続き、野見湾内の漁場水温・溶存酸素のリアルタイムデータを取り続け、実際の海水仔虫数との相関関係を明らかにしていく。

### 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

渡邊勇歩・How Kah Hui・善家孝介・今城雅之・白樫正・伊藤直樹・良永知義 海産白点虫プロテアーゼの感染防御抗原としての有効性 令和3年度日本魚病学会春季大会 2021年3月20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

「令和2年度学長裁量経費」代表 800千円

(8) その他

該当なし

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。しかし、“旬(しゅん)”の中心である冬季(12月下旬から2月上旬)の栄養成分については不明である。そこで本研究では、冬季ウツボの栄養成分及びコラーゲン含量を明らかにすることを目的とした。

## 2. 研究結果

### (1) 成果

背肉では、水分は76.7%、タンパク質は20.6%、脂質は1.1%、灰分は1.3%、腹肉では、水分は77.4%、タンパク質は20.1%、脂質は2.3%、灰分は1.1%であり、背肉・腹肉とも脂質含量が3~12月の平均値(背肉0.78%で、腹肉で0.95%)に比べ、高い傾向であった。可食部100g当たりの脂質含量は、筋肉部で1.2%、皮下脂肪を含む脂肪組織で11.2%と、3~12月の値(筋肉部で0.5%、脂肪組織で5.0%)の中で最大値を示した。遊離アミノ酸含量は、背肉及び腹肉で100g当たり332.0mg及び282.5mgでこれまでの値の中で最も少なかった。またアミノ酸組成では、タウリン含量が最も多く、次にロイシン、シスタチオニンの順が多かった。抽出したコラーゲンのアミノ酸組成では、グリシンが1000残基当たりの1/3を占め、ヒドロキシプロリンが多いというコラーゲンの特徴を示した。各部位のコラーゲン量は、背肉で1.25%、腹肉で1.71%、皮で14.25%であり、可食部100g

当たりのコラーゲン含量は、背肉で0.4g、腹肉で0.6g、皮で4.2gであった。

### (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ついても栄養成分を明らかにする必要がある。

## 3. 今後の展望

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

Correlation of proline, hydroxyproline and serine content, denaturation temperature and circular dichroism analysis of type I collagen with the physiological temperature of marine teleosts  
Akita, M., Nishikawa, Y., Shigenobu, Y., Ambe, D., Morita, T., Morioka, K., Adachi, K.  
Food Chemistry, 329, 126775, 2020

### (2) 紀要

なし

### (3) 報告書

なし

### (4) 学会発表

なし

### (5) セミナー等の開催

なし

## (6) 地域貢献活動

- ・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  
第1回 9月15日 産業振興計画(水産関連)  
の進行状況の説明及び審議
  
- ・御豊瀬地域プロジェクト協議会委員  
第1回 10月26日 昨年度のプロジェクトの進  
行状況の説明及び審議、その他  
第2回 2月22日 本年度のプロジェクトの進  
行状況の説明及び審議、今後の予定
  
- ・高知県産業教育審議会水産検討委員会  
第1回 9月2日 審議内容の検討  
第2回 10月29日 審議内容及び答申案の検討  
第3回 メール会議(1月17日) 最終答申案の  
確認
  
- ・田ノ浦漁港製氷貯氷施設指定管理者検討委員会  
委員  
8月25日 有識者意見伺い
  
- ・田ノ浦漁港製氷貯氷施設指定管理者候補者選定  
委員会委員  
1月26日 指定管理者の選定

## (7) 外部資金

- 「学長裁量経費」(教育研究基盤設備の整備)  
食品テクスチャー解析システム  
313万円

## (8) その他

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（図1）。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できることや、この経路が iP（イソペンテニルアデニン）や SA（サリチル酸）によって活性化する事実も確認してきた。さらに Ser（セロトニン）から褐変物質への重合経路には複数の経路が存在することも見出してきた。本年度はこの経路における植物ホルモン類の関与を詳細に検討し、褐変の人工的な再現を目指した。

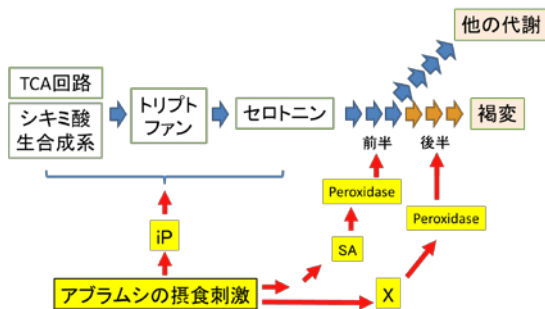


図1. アブラムシ寄生によるイネの褐変経路

2. 研究結果

(1) 成果

イネ根の断片に各種植物ホルモン類（表1）を単独で処理し Ser の蓄積量と褐変誘導能を調べた。その結果、図2に示すように無処理に対してアブラムシ抽出液処理区では非常に強い褐変を誘導する一方、セロトニンの蓄積は確認されなかった。これは誘導生合成された Ser が重合褐変で消費されたものと考えられた。一方、ABA 処理では Ser 蓄積量は無処理区およびアブラムシ抽出液処理に対して有意に増加が確認された。この時、若干の褐変が誘導されたがその程度は低く無処理区に対して有意差は確認されなかった。すなわち ABA は抵抗性機構の前半部分（Ser 生合成）を誘導するものの、Ser 消費（重合褐変化）には影響を与えないことが判明した。ABA 以外の植物ホルモン類の処理では Ser の有意な蓄積は確認されなかったものの、Zt や iP 処理では若干の増加が確認された。一方で、Zt, iP, Spd, Put の

表1 試験に使用した植物ホルモン類

植物ホルモン類	生理作用
ABA:アブシシン酸	成長抑制, 環境ストレス応答 サイトカニン 細胞分裂の促進 代謝促進
Zt:ゼアチン	
iP:イソペンテニルアデニン	
JA:ジャスモン酸	傷害応答, 老化と離層形成
SA:サリチル酸	病害応答, エチレン生成阻害
Spd:スベルミジン	ポリアミン ストレス応答低分子
Put:プトレスシン	
蒸留水	ネガティブコントロール
アブラムシ抽出液	ポジティブコントロール

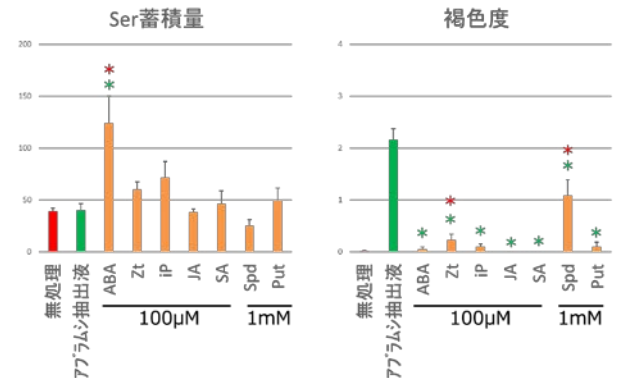


図2. 植物ホルモンのイネ根への処理結果

処理では褐変の深化が確認され、特に Zt と Spd では無処理に対して有意な深化が確認された。ただし、Spd 処理では処理根は黄色を呈し色合いが全く異なることから、研究対象とは異なる現象が生じているものと判断し、以後の検討は行わなかった。

次に、アブラムシ抽出液と各植物ホルモン類を同時に処理することで、褐変経路の誘導が生じている状態での植物ホルモンの影響を調査した(図3)。その結果、Ser の蓄積量はいずれの植物ホルモン処理でも増大し、特に ABA と JA 処理では無処理区に対して有意な増大が確認された。一方で、Zt と iP 処理では褐変の深化が確認された。

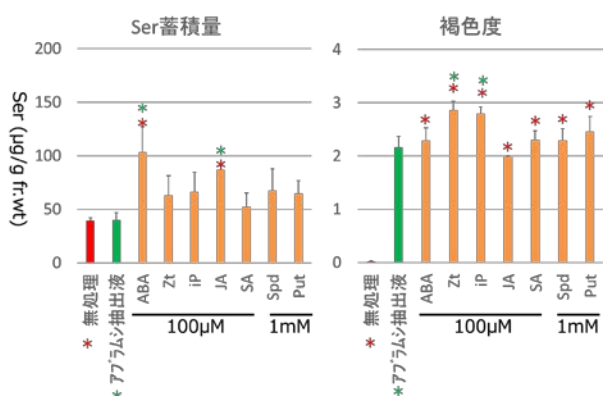


図3. アブラムシ抽出液と植物ホルモンのイネ根への同時処理の結果

両試験結果からABAは褐変経路の前半(Ser 生合成)を促進し、Zt, iP は後半(Ser 消費・褐変化)を制御しているものと考えられた。

そこで次に両ホルモンの同時処理による褐変への影響を調べた(図4)。その結果、ABA 単独処理に比べて iP 単独処理では試験した3濃度で Ser 蓄積量が若干増えるにとどまり、褐変も若干進行するに過ぎなかった。しかし ABA と iP を同時処理すると濃度依存的に Ser 蓄積量が減少することが判明したうえ、iP の濃度依存的に褐変が深化する現象が確認された。

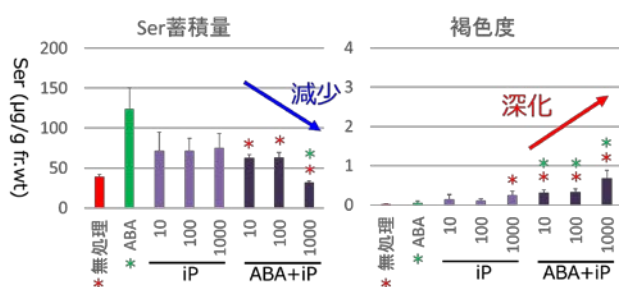


図4. ABA と iP のイネ根への同時処理の結果

以上のことから、アブラムシがイネ根に寄生した際に生じる褐変は、ABA と iP がそれぞれ生合成経路の別々の作用点、即ち、ABA は Ser の生合成経路を、

iP は Ser の消費・褐変化経路を、制御することによって生じていることが判明した。

## (2) 問題点等

2種の植物ホルモン処理で褐変を再現することによく成功した。しかしながらアブラムシ抽出液処理にくらべてその褐変程度は低く、他の作用因子の存在が予想された。

## 3. 今後の展望

Ser の生合成制御が ABA によって行われていることから、ABA を利用した Ser 蓄積技術の端緒が開かれた。今後は具体的な Ser 蓄積技術を開発するとともに、アブラムシ加害による ABA の動態や、ABA によるイネ根の遺伝子発現動態を調査する必要がある。さらにこれら植物ホルモンの誘導を引き起こすアブラムシ由来のエリシターの探索を推進する必要がある。

## 4. 業績リスト

### (1) 学術論文

Induction of 2-cyanoethyl-isoxazolin-5-one as an antifeedant against the tobacco cutworm (*Spodoptera litura*) by jasmonic acid in sweet pea leaf, Tebayashi, S., Moriyama, R., Arakawa, R., Sato, M. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 84(6), 1105-1112, 2020.

### (2) 紀要, 該当なし

### (3) 報告書, (INSECTS REPORTS)

植物の誘導抵抗性と害虫防除, 手林慎一・森山瑠理, *昆虫と自然*;55(8),33-36, 2020.

### (4) 学会発表

きのこ腐菌床熱水抽出物に含まれるファイトアレキシン誘導物質の探索, 西村 純美, 宇部尚樹, 福島えみ, 手林慎一, 上野琴巳, 大崎久美子, 石原亨, *植物化学調節学会*, 2020. 11.15, 福井県立大学(リモート形式)

### (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

「科研費」

- 基盤研究(C); 研究代表者, 1,800 千円(直接)

- 基盤研究(B); 研究分担者, 700 千円(直接)

「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) 研究代表者 3,586 千円(直接)

- IoP 研究一般経費, 研究代表 1,000 千円(直接)

- IoP 研究リーダー裁量経費, 研究代表, 200 千円(直接)

### (8) その他, 該当なし

## 人工胃液による難消化性素材入り製パンの評価

● 河野 俊夫（自然科学系農学部門）

### 1. 研究目的

難消化性素材の食品への適用は、食品の摂取に伴う血糖上昇が気になる糖尿病患者や、カロリー摂取を積極的に抑制しようとする健康志向の人にとって、期待されることである。

しかし、食品へ何か新しい素材を適用しようとする場合には、1)その添加物の安全性と、2)その添加物が目的とする効果、について実験的に検証の必要がある。1)は化学物質として、体内に入った場合に安全かどうかを検証するものであり、2)は、その添加物が目的に適った性能を持つかどうかを検証するものである。

この研究では、2)のうち、ヒトを対象とせず、難消化性素材の適用による消化効果を間接的に知る指標として、人工胃液を使った実験を行った。間接的な測定であり、結果をそのまま、ヒトの消化結果と一致するわけではないが、難消化性素材を添加した製パンの消化のし易さの程度を推し量る材料となるものと考えられるため、人工胃液に対する溶解率をもって消化性を定義して、その効果を評価した。

### 2. 研究結果

#### (1) 成果

食用の難消化性素材には、デキストリンのような水溶性のものと、セルロースのような不水溶性のものがある。この研究では、後者のセルロースを採用した。セルロースは、抽出・加工によって粉末になったものを利用したが、化学純物質のように粒状性が揃っていない場合が多い。そこで本研究では、目開き 1mm の篩(ふるい)を用いて、粒径 1mm 未満とした粉末を供試した。

製パンは、ホーム・ベーカリー(SANYO 社、SPM-MP31)の標準製法にもとづいて生地を作成し、50g ずつに分割して、庫内温度 35°C で 35 分間発酵後、180°C に設定した乾燥機で 15 分間焼成することで得た。セルロースの添加量は、主材料の強力粉 380g の全量に対する質量割合で 1%(3.8g)から最大 12%(45.6g)までとした。

人工胃液は、ペプシン(豚胃由来)3.2g、塩化ナトリウム 2.0g、塩酸 7.0mL を蒸留水に溶解し、1L にメスアップしたものをを用いた。

供試製パンの消化率は、固形の製パン試料が人工胃液に浸漬して溶解した量をもって定義した。人工胃液 20mL に対して 2.5g または 5.0g の試料製パンを投入し、37°C で保温消化(溶解)処理後、130rpm で 10 分間震とうしたあと、0.5mm の篩にかけて、篩上に残ったものを未消化物と考え、次の定義により消化率[溶解率]D(%)を算出した。

$$D = \frac{W_{s0} - \{W_s - (MW_s - M_0W_s)\}}{W_{s0}} \times 100 \quad \dots (1)$$

Ws0: 試料製パン質量(g)

Ws: 篩上に残った試料製パンの質量(g)

M: 人工胃液投入後の試料含水率  
(wet basis, decimal)

M0: 人工胃液投入前の試料含水率  
(wet basis, decimal)

#### [試験結果]

人工胃液を用いたセルロース単体の消化率も参考のために測定したが、人工胃液 20mL に対する投入量が 0.5g から 3g と増えるにしたがって、消化率(溶解率)は 89%(0.5g の場合)から 38%(3g の場合)まで減少し、単体としての難消化性の傾向は予想どおりであった。しかし、製パンの強力粉への一部置換適用の場合は、セルロースの添加量の増加に対して、単純減少するのではなく、置換率が 3%のときに最大となることが明らかとなった。例えば、人工胃液 20mL に対する試料投入量が 5g の場合、難消化性セルロースを「置換添加しない」、標準製パンの消化率は 36%だが、強力粉 380g の 3%をセルロース置換した製パンの消化率は 56%に上昇した。しかし、6%置換、12%の添加置換になると、消化率は低下し、それぞれ 45%と 36%となった。

当初の予想では、難消化性セルロースを添加した製パンは、無添加の標準製パンよりも消化率は下がるものと考えていたが、3%程度の置換添加では、無添加よりも消化(溶解)を促進する結果を得た。

#### (2) 問題点等

成果の最後で述べたように、本来、難消化性

と考えられるセルロースが、添加量の割合によっては、消化(溶解)を助ける傾向となる結果を得た。この傾向は、製パンの人工胃液への投入量が2.5gの場合でも同様であり、人工胃液とセルロースとの間の化学的な結合が関連するのか、あるいはセルロース置換添加した製パン内での人工胃液の物理的浸透性の影響によるものなのかは不明である。この点に関しては、今後さらに、化学分析など詳細な測定を行う必要がある。

### 3. 今後の展望

セルロースと一口に言っても、構造の違いにより多種多様なものがある。また、そのこともあり、ここでの結果は、セルロース全般に共通するものではない。セルロースの構造の違いや、性状の違いによって食品への適用性変わり得る。今回の試験に用いたタイプのセルロース以外にも、それぞれに食品素材として適用した場合の効果や利点が異なることから、構造系統的にセルロースを食品素材として適用して、その食品の品質への影響(効果)を引き続き実験的に明らかにする予定である。

### 4. 業績リスト

#### (1) 外部資金

「共同研究」1件

※成果の学会口頭発表については、本年度は COVID-19 の影響により、所属学会の年次大会がすべて「中止」となったため無し。



● 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、南国市の圃場整備事業における土層改良による排水性の改善について、風蝕に強い農地整備と保全のための風蝕試験について検討した。

## 2. 研究結果

### (1) 成果

南国市圃場整備事業対象地区内である国分、廿枝の農地に 17 箇所の調査地点を設け、レキ分布および浸透能の計測を行った。その結果、レキはすべての農地に分布し、5%を超える農地が 11 箇所、10%を超える農地が 3 箇所にあった。浸透能は、農地間でばらつき 200 倍以上異なり、レキ率が 10%を超える農地では 1000 倍異なる結果になった（図 1）。これらのことから、レキ分布が排水性に影響する浸透に関与することを示唆した。また、室内における飽和透水結果は、浸透能のばらつきよりもさらに大きく  $10^{-7}\text{cm/s}$  から  $10^{-2}\text{cm/s}$  の不透水から漏水の間をとった。以上のことから、浸透や透水は、圃場の間隙の量（固相率の逆数）に強く影響され、固相率の増加が、排水不良に強く関与していることを示した（図 2）。そのため、排水不良の改善のためには破碎による土層改良により固相率を  $0.4\text{cm}^3/\text{cm}^3$  から  $0.5\text{cm}^3/\text{cm}^3$  に制御することで、適正な  $10\text{mm/h}$  程度の浸透が期待できることを示した。一方で、レキ率が 10%を超える農地では浸透能が 1000 倍近く変動するため、排水性を正しく評価することができない。したがって、レキ率を適正な範囲にする改良（除レキ）を行ったのち、破碎や転圧の土層改良する必要になることを示した。このように、国営農地再編整備事業実施計画における、除レキや破碎を含めた土層改良を行うことで、事業目的である農業生産性の高い基盤を確立することが期待できる。

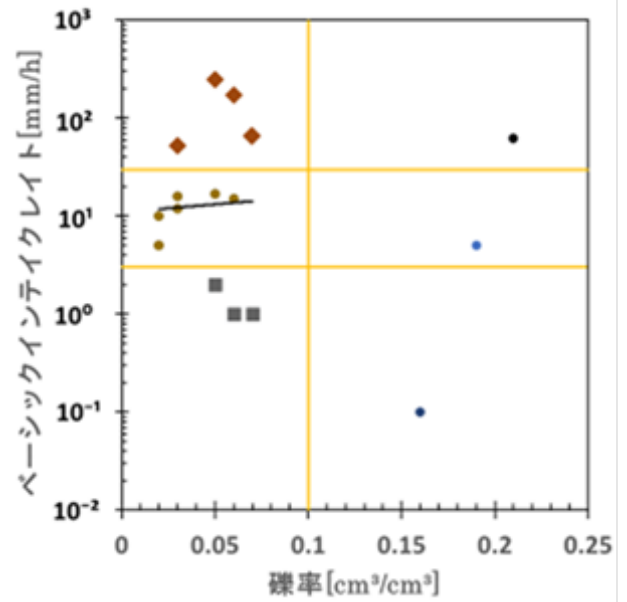


図 1 浸透能とレキ率の関係

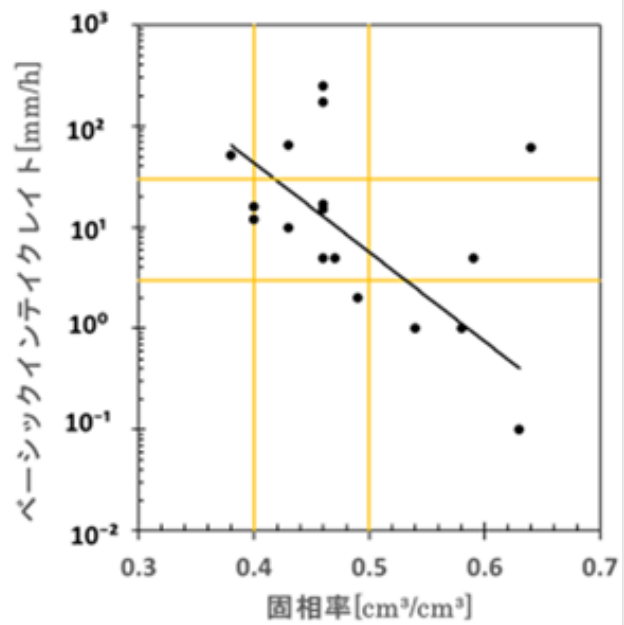


図 2 浸透能と率固相率の関係

風蝕試験は、試料を圧縮充填した供試体に対して垂直方向から風を与えた。風は、ブローの出力が一定で送風口の高さを変え、 $4\text{m/s}$  の軟風、 $8\text{m/s}$  の疾風、 $20$  の疾強風を 2 秒から 1200 秒間与えた。風蝕

量は、試験前後の固相質量差を試験面積で表し、 $\text{kg}/\text{m}^2$  で表した。試料には豊浦砂を用い、土壌の密度を  $1.4\text{g}/\text{m}^3$  とし、水分量を調整して供試体とした。土壌の物性は水分量に影響するため、土壌中の水ポテンシャルで表した。土壌水分を考慮した風蝕量と風の持つエネルギーの関係から、風蝕の発生について検討した。その結果、見かけの風蝕量と実際の風蝕量の差は、供試体に風を短時間与えた場合、ほとんど差がなく、長時間与えると差が生まれた。また、同じ時間で実験した場合、風速が大きくなればなるほど風の持つエネルギーが大きくなり、風蝕量が増加した(図 3)。また、風蝕は、含水比  $0.0286\text{g}/\text{g}$  の時に  $1\text{kJ}$ 、 $0.0429\text{g}/\text{g}$  の時に  $30\text{kJ}$  で顕著になった(図 4)。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始動するため、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、風力が弱い場合でも、長時間供試体に当て続けると、風の持つエネルギーが大きくなり風蝕が始動する。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、風蝕始動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。

## (2)問題点等

南国市の圃場整備事業における土層改良による排水性の改善について、除レキをすることで適切な浸透能を把握することができるため、効率的な除礫の方法を考える必要がある。風蝕に強い農地整備と保全のためには、土壌水分を適切に制御することで、風蝕を抑制することが可能であるが、必要とする水源および水量の確保のためにより、詳細なデータの蓄積が求められる。

## 3. 今後の展望

これまで、圃場整備事業における土層改良工では、除礫が重要視されなかった。本研究は、農地の経年劣化として考慮されてこなかった、水田の表土流出による礫の頭在化を明らかにしようとしている。また、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 該当なし
- (5) セミナー等の開催 該当なし

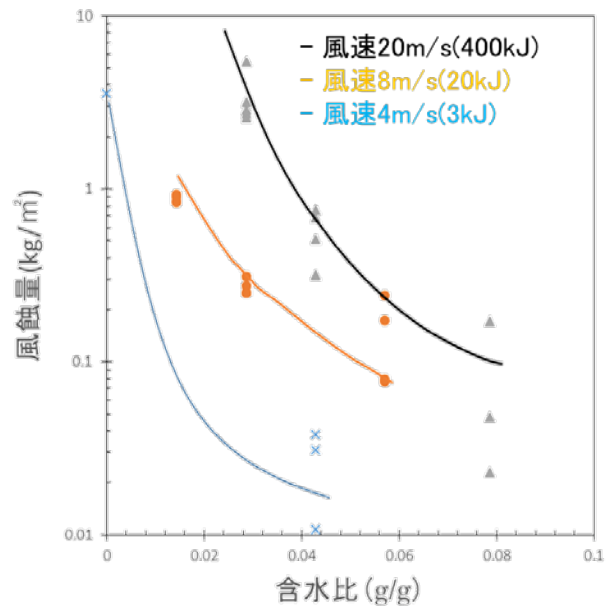


図 3 風蝕量と土壌水分の関係

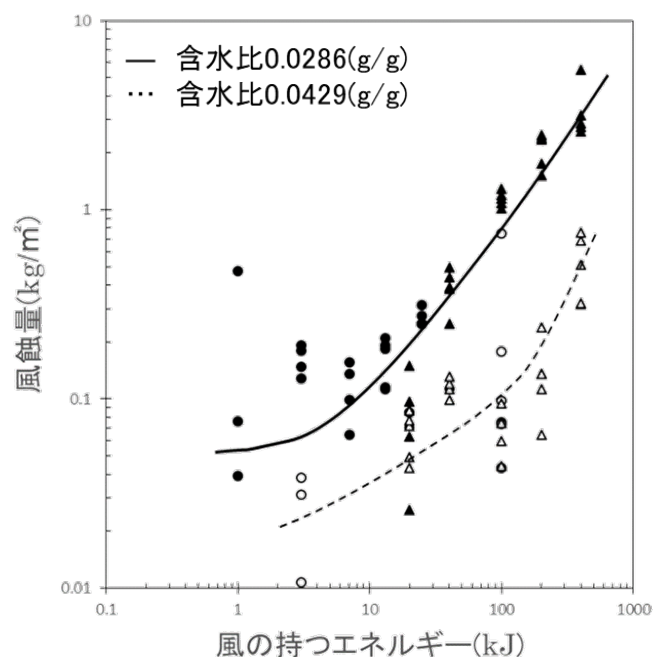


図 4 風蝕量と風の持つエネルギーの関係

## (6) 地域貢献活動

令和 2 年度高知県農業農村整備事業計画審査会、委員(2020. 11.06 高知市)

## (7) 外部資金

「平成 30 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

## 人工知能を用いた野見湾（高知県須崎市）における水温再現の試み

● 森 牧人（自然科学系農学部門）

### 1. 研究目的

海面水温は漁業において最も基本的な海洋環境要素である。しかしながら、気温のように気象官署・アメダスなどの多数の公設観測点で日常的に観測されているわけではなく、定点観測の場所は限られる。また、気温等と比べても水温の直接観測とその維持には莫大なコストがかかり、人工衛星によるリモートセンシングに頼らざるを得ない現状もある。

本研究では、まず、時系列データとしての表面水温に改めて注目し、昨年（2020年）の7月から12月にかけて野見湾で得られた特別の水温について調べた。同湾は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）。野見湾は須崎湾の湾奥東部に位置し、海域面積4平方km、平均水深18mの半閉鎖性湾である。

次に、人工知能技術のひとつとして注目を集めつつある再帰型ニューラルネットワークRNN/LSTM（Recurrent Neural Network/Long Short Term Memory）を用い、水温以外の他の気象要素（気温・日射量・降水量・気圧）を援用することにより、水温の時間変化について再現を試みたので、その結果について報告する。

### 2. 研究結果

#### （1）成果

データとしては、野見湾のブイで観測された30分間隔のデータを用いた。すなわち、水温（深度1m）、気圧、温度（データロガー内部）、アメダス須崎のデータ（1時間間隔）、気温、日照時間、風速／風向、降水量である。解析期間は2020年7月15日～12月18日である。

学習の概要は次のとおりである。学習期間を7月15日～9月13日とした。期間中のデータ数は1要素当たり1440個＝1440時間である。次に、再現（予測）期間は9月14日～12月18日である。水温を目的変数として、前3日間の水温・温度・気圧（以上ブイ）・気温・風速（以上、アメダス須崎）を用いて水温変動のパターンを学習（トレンド除去無し）した。学習回数は100回である（epoch=100）。計算の際には平均絶対誤差

（mae : mean absolute error）を出力した。

RNN/LSTMによる学習であるが、具体には、Googleより提供されている人工知能ライブラリーKeras/tensorflowを用いた。同ライブラリーの構成は

```
• keras.models import Sequential
• keras.layers import Dense, LSTM
• keras import metrics
• sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
```

である。

ニューラルネットワークによる計算の際の損失と誤差は、繰り返し回数20回にかけて急激に減少したが、その後、減少率の絶対値は小さくなり、損失・誤差ともに漸減した。結果的にいずれも繰り返し回数100回で最小となった。水温データの再現値の変動は観測値も同調したが、前者は後者を過大評価した。

#### （2）問題点等

過大評価の原因として、学習期間が短かったことが原因として考えられる。年間を通じて水温変動の良好な再現を目指すには、学習期間も1年は必要であろう。RNN/LSTMの特性（過去のデータの記憶）が十分に活かされていなかったと考えられる。

### 3. 今後の展望

現地での水環境と大気環境の計測は非常に大切である。2021年度は研究の定量化を進めるために、観測体制をさらに整え、秋季に向けて準備をする予定である。また、今年度でできなかっ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

KoichiNomura, DaisukeYasutake, Takahiro Kanekoa, Akihiro Takada, Takashi Okayasu, Yukio Ozaki, Makito Mori, Masaharu Kitano, 2021: Long-term compound interest effect of CO2 enrichment on the carbon balance and growth of a leafy vegetable canopy, Scientia Horticulturae, Volume 283, 1 June 2021, 110060,

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110060>

## (2) 紀要

なし

## (3) 報告書

IoP プロジェクト 小課題 研究成果報告書(2019年度)(小課題番号=A2、課題名:IoP クラウド/園芸農業情報 LAN を援用した作物生育-温室環境動態モデルの結合による収量ポテンシャルの評価)

## (4) 学会発表

・ Kensuke Hanada, Koichi Nomura, Kensuke Kimura, Makito Mori, Daisuke Yasutake, Tomoyoshi Hirota, and Masaharu Kitano, 2021: Leaf-Convection Sensor for Measuring Leaf Boundary Layer Conductance in Low Airflow, International Symposium on Agricultural Meteorology, 18-31 March 2021 Online conference(日本農業気象学会)

・ Koichi Nomura, Takahiro Kaneko, Makito Mori and Masaharu Kitano, 2021: Hybrid AI Model for Estimating Canopy Photosynthesis I. Application to Fruit Vegetable Canopies. International Symposium on Agricultural Meteorology, 18-31 March 2021 Online conference(日本農業気象学会)

## (5) セミナー等の開催

IEICE 電子情報通信学会信号処理研究専門委員会 第35回信号処理シンポジウム

企画幹事: 森 牧人(高知大学)

日時: 令和2年11月4日(水) 16:50~18:20

場所: 高知大学農林海洋科学部他

URL:<https://www.ieice.org/~sip/symp/2020/?cmd=program>

演題:「高知の施設園芸農業とバーチャル見学会@高知大学農林海洋科学部」

## (6) 地域貢献活動

・ 令和2年度 IoP 塾(南国教室) Web オンライン講座. テーマ: IoP 気象学: (1) 南国・高知の気候. 日時: 2020年8月6日(木) 19:00~  
会場: 高知大学農林海洋科学部ほか

・ 令和2年度 IoP 塾(南国教室) Web オンライン講座. テーマ: IoP 気象学: (2) 地球温暖化  
日時: 2020年8月6日(木) 19:00~  
会場: 高知大学農林海洋科学部ほか

・ 令和2年度 IoP サロン

テーマ: IoP、気象よもやまばなし. 日時: 2020年

10月21日(水) 16:30~. 会場: zoomによる遠隔ライブ

## (7) 外部資金

【科研1】(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(令和2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) 100,000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 2,500,000円)

「共同研究」

なし

「受託研究」

なし

「奨学寄付金」

なし

## (8) その他

・ 電子情報通信学会・信号処理研究専門委員会・第35回信号処理シンポジウムにおける信号処理特別功労賞を受賞(表彰式の日時: 11月5日(木) 17:00~ 表彰式へのアクセス方法下記のリンクをクリックしてウェビナーに参加)