

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」

バイオマス～TOSA 平成 29 年度成果の概要

- ◆ニラの赤い葉先枯れの原因を調査した結果、夜間の低温と日中の気温が深く関与していると示唆された（西村）。
- ◆食用カンナの根茎・デンプン収量の種系統間差異を明らかにし、軟 X 線照射により突然変異系統の作出を試みた（宮崎）。
- ◆施設栽培において GHP を活用した炭酸ガス供給システムを考案し、イチゴ栽培での品質・収量の向上効果を得た（宮内）
- ◆中・小規模架線用の簡易索張り方式において搬器係留力等の力学モデルを改良し、実地試験で精度を検証した。（鈴木）
- ◆産地の異なるコウゾを化学組成や繊維分析、製造した和紙の強度試験・官能試験を行い、和紙に適する因子ならびに消費者に好まれる和紙について検討した（大谷）。
- ◆野見湾のカンパチ主要養殖漁場で 10 月下旬の石灰散布以降、*Cryptocaryon irritans* の例年にない分布動態が明らかになった（今城）。
- ◆宿毛産ウツボの体成分の周年変化を調べ、脂がのる 9 月末から 3 月上旬がウツボの“旬”であることがわかった。（森岡）
- ◆イネの根に褐変を引き起こす因子としてアブラムシ水懸濁液に高極性の複数のエリシター存在を確認した（手林）。
- ◆セルロース粉末を用いた製パンの食感や味の品質評価を行い、無配合の製パンと遜色ない配合割合を求めた（河野）。
- ◆養殖魚の白点病の発生予察を目的として、野見湾奥における観測システムの構築と水温の連続測定を実施した（森）。
- ◆持続性のある農地環境保全技術構築のために、風蝕抑制について研究し、土壌水分制御による効果を確認した（佐藤泰）。
- ◆本邦における魚毒性中毒（シガテラ）の原因藻として、*Gambierdiscus silvae* が重要であることを明らかにした（足立）。

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	//
	大谷 慶人	//
	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 29,416 千円（うち年度計画実施経費 420 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	20		
	著書	2		
	紀要	0		
	報告書	0		
	学会発表	58		
	セミナー・講演会・シンポジウム等の開催	11		
地域貢献		13		
外部資金			科研費	10,150
			共同研究	2,945
			受託研究	11,815
			奨学寄付金	2,422
			その他	2,084
			合計	29,416
特許等		0 件		
その他特記事項		2 件		

低温の遭遇および気温較差がニラの生育ならびに葉先枯れに及ぼす影響

● 西村 安代（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

高知県の基幹品目のひとつであるニラでは、増収を目的に炭酸ガス施用や電照栽培などの普及が拡大している。その一方で、従来は葉先や葉の縁が黄変したり白っぽく枯れたりするなどの症状であった葉先枯れが、近年では炭酸ガス施用ハウスを中心にアントシアニン色素を伴う赤い葉先枯れが報告されるようになった。しかし、赤い葉先枯れの明確な発生原因は不明である。従来の葉先枯れの悪化によって発生するとの考えもあるが、栽培環境が深く関与していると推察される。昨年度の研究において湿度と気温との関係について検討し、赤い葉先枯れは再現できなかったが、気温、特に低温が深く関与しているものと推察された。そこで本研究では低温ならびに気温較差などから葉先枯れの再現実験を試みるとともに、生育および葉内無機成分含有率と葉先枯れに及ぼす影響について調査した。



第1図 従来の葉先枯れ(左)と赤い葉先枯れ(右)

2. 研究結果

(1) 成果

ニラ‘スーパーグリーンベルト’、‘タフボーイ’の2品種を供試し、プランターに育成苗を1プランター当たり2株定植し、太陽光利用型人工気象室4室を用いて試験を行った。なお、処理期間外は昼23℃、夜17℃で栽培管理した。

実験1) 昼夜温度較差：処理区は、温度差を15℃(昼35℃/夜20℃)、20℃(昼35℃/夜15℃)、25℃(昼35℃/夜10℃)、対照区として昼23℃/夜17℃の4区を設け、収穫前9日間に処理を行った。その結果、両品種とも葉先枯れは発生せず、また、生育においても大きな差異は認められなかった。

実験2) 夜間の低温遭遇と昼温①：処理は、収穫前の21日間において、昼温20℃、25℃、30℃、17時～翌8時にファイトトロンを切り、扉を解放して外気に曝した3区と、対照区(実験1と同)を設けた。外気に曝した試験期間中の夜温の平均は8℃であった。‘タフボーイ’は全処理区で白い葉先枯れが多かったが、‘スーパーグリーンベルト’の昼20℃区では葉先枯れ葉数の約7割が赤い葉先枯れであった。生育については両品種ともに夜間平均8℃の低温に遭遇すること

で草丈が低くなり、乾物率が高くなる傾向にあったが、昼温の違いによる際は認められなかった。**実験3) 夜間の低温遭遇と昼温②：**処理は収穫前11日間行い、昼30℃/夜10℃、昼20℃/夜15℃、昼温を30℃、20℃に設定し、夜間は外気に曝した2区を設けた。赤い葉先枯れは両品種ともに昼温20℃夜間外気区でのみ発生していた。生育に関しては一定の傾向は認められなかった。

実験4) 低温遭遇日数：収穫10日前の5日間、3日間、1日に5℃に設定した大型冷蔵庫に夜間保存し、日中は23℃、また低温処理をしていない夜間17℃で管理した。その結果、両品種とも低温保存期間が長いほど従来の葉先枯れは多くなる傾向はみられたが、赤い葉先枯れ症状はみられなかった。また、低温遭遇日数が5日間となると他の処理区よりも生育が劣った。

以上の結果から、夜間外気の低温に曝し、日中20℃設定で管理すると赤い葉先枯れが発生することが認められた。一方で同じ処理環境でも赤色の葉先枯れが発生しなかった実験がみられたが、これは処理期間中の最低気温と関係しており、3℃以下の低温に曝されることによって発現し、また、3℃以下の低温に遭遇しても日中高温になると赤くならないことが明らかとなった。

(2) 問題点等

今回の実験で赤色の葉先枯れは再現できたが、発生率は低い。同じような環境で一般農家では赤色の葉先枯れが発生するのに、本実験では少なかったのは、ファイトトロンはガラス製であるため、紫外線透過量が少ないことが起因していると考えられる。一般的に赤色となる葉菜類は紫外線が多いほうがアントシアニン含有量は多くなり、一方高温になると赤色にならないという報告が多数ある。そのため、一般的に栽培現場で利用させているPOフィルム下での再実験が必要である。

3. 今後の展望

アントシアニンの発現を伴う葉先枯れは、今回の実験により、発生の一因と考えられる条件が明らかとなったため、前述の問題点と今回の試験結果を踏まえ、圃場での実証実験が望まれる。また、原因の解明とともに予防対策についても今後検討していく。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

Analysis of essential macro-micro mineral content of twelve hosta taxa, Hasan Mehraj, Yasuyo Nishimura, Kazuhiko Shimasaki, *Annals of Agricultural Science*, 62, 71-74, 2017.

(2) 紀要 なし

(3) 報告書 なし

(4) 学会発表

1. 熱線反射フィルムがハウス内環境およびパプリカ栽培に及ぼす影響、西村安代・藤田珠果・武藤明日香・赤尾聡・森牧人・福元康文、農業生産技術管理学会平成 29 年度大会, 2017 年 9 月 11~12 日, 熊本県立大学.
2. 気温ならびに湿度がニラの生育および無機成分含有率に及ぼす影響、西村安代・赤尾聡・橋本和泉・和田絵理子、園芸学会平成 30 年度春季大会研究発表、2018 年 3 月 24-25 日、近畿大学農学部.

(5) セミナー等の開催

1. 「栽培の基礎と技術向上のための栽培管理」、2017 年 11 月 22 日、台湾
2. 「野菜の鮮度保持」、2017 年 11 月 23 日、台湾

(6) 地域貢献活動

1. 平成 29 年度高知県普及活動外部評価委員長
2. 高知県園芸品展示品評会審査員
3. 高知県農業技術センター・作物園芸課との連携研究 (H29 年 5 月 1 日~H30 年 3 月 31 日)

(7) 外部資金

「平成 29 年度科学研究費補助金」
基盤研究 C、分担、50 千円 (直接経費)

「共同研究」

「エチレンービニルアルコール共重合体系材料開発」、代表、100 万円 (直接経費 909,000 円、間接経費 91,000 円)

「受託研究」

1. 「新型調光フィルムのハウス展張試験」代表、20 万円 (直接経費 160,000 円、間接経費 40,000 円)
2. 「植物育成量に対するフッ素フィルムが及ぼす影響に関する研究」代表、1,504,568 円 (直接経費 1,157,360、間接経費 347,208 円)

「寄附金」

1. 「機能性被覆資材実証実験の助成金」代表、100 万円 (直接経費 930,000 円、間接経費 70,000

円)

2. 「トレハロースを利用した栽培試験の助成金」代表、318,720 円 (直接経費 296,410 円、間接経費 22,310 円)

「補助金」

「ファインバブルの革新的利用に基づく地方創生事業を目指した研究開発」分担、818,000 円

(7) その他

・著書

「機能性農業用フィルムの開発と市場」第 I 編 農業用フィルム・被覆資材の開発動向 第 1 章 機能性農業用フィルム、p. 3-p. 13、(株)シーエムシー出版

「バイオマス～TOSA」サブプロジェクト

食用カンナの多分野活用に関する研究

● 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多年生大型草本であり、肥大する根茎を食用に利用している種類の総称である。根茎は機能性の高い食用・デンプン資源として、地上部は飼料としての利用価値が期待される新規導入作物である(第1図)。カンナ属植物には多様な種間や種内の変異が存在し、デンプン生産性や地上部収量にも差異があるものと考えられる。本研究では食用カンナの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、異なるカンナ属植物を用いて生育および根茎・デンプン収量の種系統間差異を明らかにした。また、軟X線照射による突然変異系統の作出を試みた。

2. 研究結果

実験1：カンナ属13系統の種系統間差異

(1) 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13系統を供試した(第1表)。供試系統には *Canna discolor*, *indica*, *plurituberosa* 等の種を含み、根茎の形態には円筒型で匍匐性のあるもの(根茎形態E)や丸型で塊状のもの(同G)があった。種イモを10~50gに調整し、2017年5月24日に栽植間隔1m×1mのほぼ孤立状態で植え付けた。出芽調査および開花調査を行い、生育調査では草丈、茎数および主茎葉数を測定した。成熟期に草丈および茎数が平均的な1~3個体をサンプリングし、部位別に分け、生重および乾物重を測定した。根茎の乾物試料を粉碎し、糖およびデンプン含有率をアンスロン法により分析した。

(2) 結果と考察

系統①, ④, ⑤, ⑨, ⑩, ⑪では他の系統より、開花までの日数が短く、開花期間が長く、開花茎数が多く、観賞用カンナの特性を示した。このような特性を示さず、根茎の肥大が認められた系統を食用カンナ群とした。食用カンナ群では観賞用カンナ群より草丈が高く、茎数が少なく、主茎葉数が多かった。また、根茎および地上部の生重および乾物重が重かった。観賞用カンナ群の中でも、根茎の肥大が認められ、これまで食用カンナとして利用されてきた系統⑩を食用カンナ群に加え、食用カンナ群内の系統間差を比較すると、系統⑥

で草丈が高く、系統②で茎数、主茎葉数、地上部および根茎の乾物重が高い傾向があった。系統⑧では収穫指数が高かった。系統⑭ではデンプン含有率が19.3%と高い傾向を示した。デンプン収量は系統②で156.3g/株と最も高かった。食用カンナ群において、各形質間の相関関係を調べたところ、地上部乾物重は茎数と0.1%水準で有意な正の相関関係があり、デンプン収量は根茎乾物重と有意な正の相関関係があった。これらのことから、根茎を収穫する場合には根茎重の重い系統を選抜し、地上部を収穫する場合には茎数の多い系統を選抜する必要性が認められた。



第1図 食用カンナの地上部および根茎の外観

系統番号	種名(学名)	採取国	種子の稔性 ¹⁾	根茎の形態 ²⁾
②	<i>Canna plurituberosa</i>	アルゼンチン	S	G
⑥	<i>Canna discolor</i>	ベトナム	S	E
⑦	<i>Canna discolor, plurituberosa?</i>	インドネシア	S	G
⑧	<i>Canna discolor</i>	ベトナム	S	E
⑫	<i>Canna discolor</i>	台湾	S	E
⑬	<i>Canna discolor</i>	ベトナム	S	E
⑭	<i>Canna plurituberosa</i>	バブアニューギニア	S	G
⑪	<i>Canna indica</i>	台湾	F	E
①	<i>Canna jacobiniiflora</i>	アルゼンチン	F	E
④	<i>Canna patens</i>	スリランカ	F	E
⑤	<i>Canna latifolia</i>	メキシコ	F	E
⑨	<i>Canna indica</i> cv.	日本	S	E
⑩	<i>Canna</i> sp.	ネパール	S	E

1) F: 稔性あり, S: 稔性なし
2) E: 円筒型で匍匐性, G: 丸型で塊状(野村ら, 1999)

実験2：軟X線照射による突然変異株の誘発

(1) 材料と方法

種イモには食用カンナ系統、台湾赤供試した。

種イモを 25 g, 芽が 1 個のみとなるように調整し, 切断面を消毒した. 軟 X 線処理を農業用軟 X 線照射装置 (Unit OM-B205, (株) オーミック, 照射線量 15 Gy/分) を用いて行い, 種イモの芽に 25, 50, 100, 500, 1000, 1500, 2000 Gy を照射した. また, 軟 X 線を照射しない対照区を設けた. 高知大学農林海洋科学部附属附属暖地フィールドサイエンス育種研究センター内の圃場において, 畦間 1 m×株間 0.5 m で 2017 年 5 月 26 日に植え付けた. 7 月 24 日に株を間引きし, 栽植間隔を畦間 1 m×株間 1 m が確保できる孤立状態とした.

出芽調査を植え付け後 32 日まで行った. 出芽調査では植え付けた全株について出芽日を記録した. 開花調査を 7 月 7 日から 10 月 25 日まで行った. 生育調査を間引き後の全株について 12 月 5 日に行い, 草丈, 茎数, 主茎葉数および地上部生重を測定した.

(2) 結果と考察

出芽は 500 Gy 以上の処理区で認められなかった. 出芽までの日数は照射量の増加に伴い有意に遅くなり, 最終出芽率は control, 25 Gy, 50 Gy, 100 Gy でそれぞれ 87.5%, 70.0%, 52.5%, 35.0% であった.

control から 100 Gy において, 開花までの日数および開花期間に明瞭な処理間差は認められなかったが, 照射量の増加に伴い開花茎数は有意に減少した (第 11 表). 主茎葉数には有意な処理間差が認められなかったが, 照射量の増加に伴い有意に成長形質 (草丈, 茎数, 地上部生重) の減少が認められた.

以上より, 軟 X 線照射量の増加により出芽率が低下し, 草丈, 茎数, 地上部生重は有意に減少した. 突然変異株の誘導には 500 Gy 未満の軟 X 線照射量が適当であると判断された.

3. 今後の展望

実験 1 の結果は圃場におけるほぼ孤立個体での結果である. このため, 群落内で同様の結果が得られるかさらに検討の余地がある. 実験 2 は軟 X 線照射当年の結果である. 遺伝的に安定な突然変異株が得られるか複数年の結果から検証する必要がある. 変異株の中から収穫指数が高く, 耐倒伏性の高い系統を選抜育成する予定である.

4. 業績リスト

(1) 学術論文

- 1) Akira Miyazaki, Yu Ishida, Yoshinori Yamamoto, Naimei Tu, Jing Ju, and Jing Cui 2017. Relationships between Kernel

Quality of Appearance and Yield Characters in Japonica and Indica Rice Cultivars. Abstract of 9th Asian Crop Science Association Conference. p297.

(2) 紀要

(3) 報告書

(4) 学会発表

- 1) 富田怜那・宮崎彰 乾燥条件下における陸稲の根系構造と深根性に及ぼす土壌部分圧縮の影響. 日本作物学会四国支部第 54 回講演会, 徳島県名西郡石井町 2017 年 11 月 30 日~12 月 1 日
- 2) 大岩亜希斗・宮崎彰・山本由徳・水上元 異なるカンナ属植物における生育および根茎収量の評価. 日本作物学会四国支部第 54 回講演会, 徳島県名西郡石井町 2017 年 11 月 30 日~12 月 1 日
- 3) 山下真里藻・宮崎彰・米丸淳一・森田敏 玄米の白未熟粒および完全粒における胚乳細胞の数および大きさの比較. 日本作物学会四国支部第 54 回講演会, 徳島県名西郡石井町 2017 年 11 月 30 日~12 月 1 日
- 4) 宮崎彰・大岩亜希斗・山本由徳・水上元 食用カンナ数種系統間の生育および根茎・デンプン収量の比較. 日本熱帯農業学会第 123 回講演会, 東京都町田市 2018 年 3 月 10-11 日
- 5) 宮崎彰・山下真里藻・米丸淳一・森田敏 高温登熟条件で白未熟粒が多発する水稻品種における粒径および胚乳細胞の数と大きさの特徴. 日本作物学会講演会, 栃木県宇都宮市 2018 年 3 月 29-30 日

(5) セミナー等の開催

(6) 地域貢献活動

非常勤講師 高知県立農業大学校「作物概論」

(7) 外部資金

「共同研究」平成 29 年度高知県産学官連携産業創出研究推進事業 945 千円 (直接経費)

「奨学寄付金」日本科学協会 平成 29 年度海外発表促進助成 142 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た。①GHP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る。

2. 研究結果

(1) 成果

① GHP を活用したハウス環境制御

GHP（ガスヒートポンプ）を利用した炭酸ガス施用を行うために、GHPによる環境制御、GHP排ガス循環システムの構築、炭酸ガス施用効果について検討を行った。

その結果、晴天日昼間のGHP冷房稼働により炭酸ガス供給ができることが明らかとなった。また、排ガスの成分分析により、導入排ガスは環境省の基準をクリアしており、排ガスを直接ハウス内に循環させても問題ないことを確認した。ハウス内に導入した排ガスは、局所施用チューブを用い、栽培作物（イチゴ）の株元に供給した。炭酸ガスの局所施用の結果、イチゴの収量・品質の向上が認められ、GHPを活用した炭酸ガス供給システムの有用性が示唆された。もに、

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

高知県吾川郡仁淀川町の山間地域に立地する、耕作を放棄された棚田に建設した、石垣蓄熱ハウスの特性を解析した。前年度に計測した小規模石垣蓄熱ハウスに加え、営農規模ハウスの環境解析を行った。

各ハウスの環境解析の結果、ハウス被覆面積に対して石垣面積が大きいほど、保温性能が良く、暖房に要するエネルギーを抑えられることを明

らかにした。これは石垣及び地表面への蓄熱効果が大きいためであるが、この効果を補助するために潜熱蓄熱材の利用を検討した。潜熱蓄熱材による蓄放熱効果も石垣同様であり、設置ハウスの熱負荷に応じて利用できることが確認された。

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

現在稼働しているソーラーシェアリング施設（高岡郡四万十町影野、計測地1）に加え、設置予定地（南国市立田、計測地2）において、光環境の調査を行った。

パネル下地上部1mの位置での1日当たり積算光量子量を比較したところ、計測地1に比して、計測地2の方が20%程度高い値を示した。これは、ソーラーパネル1枚あたりの面積が半分程度であり、パネル間距離がやや広く、太陽放射の入射時間が多いためであった。しかし、計測地1でのパネル下の栽培作物収量は、サトイモを中心に概ね良好であり、地域平均収量（JAしまんと）の8割を上回った。

(2) 問題点等

GHPを活用したハウス環境制御では、炭酸ガス施用手法、作物への効果については問題なかったが、GHP冷房稼働時においてもハウス内気温上昇は著しく、暑熱対策が必要である。

石垣蓄熱ハウスの環境解析により、被覆面積と石垣部分の割合に応じて、ハウスの暖房負荷が軽減されることが明らかとなった。しかし、ハウスごとにその値は異なるため、ハウスに応じた対策を行うことが必要となる。また、夏季には逆にハウス内気温上昇が著しいため、何らかの暑熱対策が必要となる。潜熱蓄熱材の利用に際しては、個々のハウスに応じた設定融解温度と設置量を把握する必要がある。

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では、前年同様に圃場内の環境計測ポイントの増加、生育・収量調査の精査が課題である。

3. 今後の展望

GHPを活用したハウス環境制御においては、炭酸ガスの局所施用により、イチゴ栽培の収量が増加傾向にあり、今後も施用条件と収量調査を継続して行う。中山間地域の棚田を利用した新たな園芸ハウスの構築では、新たな石垣蓄熱ハウスの

建設が予定されており、環境計測を継続して行うとともに、夏季利用のための暑熱対策を検討する。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では、設置予定地の環境計測結果を基に新たな栽培品目を検討する。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

Dynamic evaluation of natural ventilation characteristics of a greenhouse with CO₂ enrichment : Daisuke Yasutake, Hironobu Tanioka, Aya Ino, Akihiko Takahashi, Takayuki Yokoyama, Makito Mori, Masaharu Kitano¹, Kiyoshi Miyauchi, Academia Journal of Agricultural Research 5(10), 312-319, 2017

(2) 紀要

(3) 報告書

(4) 学会発表

- ・CO₂施用がピーマン果実への転流速度の日変化に及ぼす影響:安武大輔, 徐慧キョウ, 高橋昭彦, 猪野亜矢, 北野雅治, 宮内 樹代史, 日本生物環境工学会 2017 年松山大会, 2017.8.31, 松山市 (愛媛大学農学部)
- ・営農型太陽光発電における作物生育特性:宮内樹代史, 杉野直輝, 浜田好清, 松岡達憲, 日本生物環境工学会 2017 年松山大会, 2017.8.31, 松山市 (愛媛大学農学部)
- ・中山間地域における農業施設の有効活用に関する研究ーソーラーシェアリング施設による新たな営農モデルの確立ー:杉野直輝, 宮内樹代史, 浜田好清, 2017 年度農業施設学会, 2017.9, 藤沢市 (日本大学生物資源科学部)
- ・中山間地域における農業施設の有効活用に関する研究ー石垣蓄熱ハウスによる中山間地域の園芸モデルの構築ー:宮内樹代史, 杉野直輝, 野々宮益輝, 2017 年度農業施設学会, 2017.9, 藤沢市 (日本大学生物資源科学部)

(5) セミナー等の開催

- ・講演会「高知県の施設園芸とパイプハウスの強靱化」、2017.4.11、於：高知大学物部キャンパス 5-1 講義室
- ・未来農業検討会 in 福岡、2017.7.5、於：福岡国際会議場 501,502 会議室

(6) 地域貢献活動

- ・高知県次世代施設園芸団地推進協議会
- ・サンビレッジ四万十での環境、栽培調査、指導
- ・仁淀川町石垣蓄熱ハウス推進協議会

(7) 外部資金

「平成 26 年度科学研究費補助金」 基盤研究 C
代表 ○○○千円 (直接経費) ○○千円 (間接経費)
「共同研究」
「受託研究」

「奨学寄付金」

・営農型太陽光発電の光環境に関する研究に対する助成、クリーンエネルギー、500 千円

(8) その他

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

急峻な地形だ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。

特に急傾斜地の林業用架線技術に着目し、「大規模」として長距離架線技術、「中規模」として移動式中距離架線技術、「小規模」として軽架線技術のそれぞれについて研究を進めている。大規模架線は索と地上あるいは林冠との高低差が一定以上必要なため、山と谷の比高が大きく、かつ深い谷のすり鉢状の地形が多い四国山地に適した技術である。また、中規模および小規模架線では特に簡易な索張り方式において上げ荷集材で搬器の自重による降下を利用するケースが多いが、これは一定以上の傾斜がないと成立しない。急峻で複雑な地形という不利を有利に転換する技術開発を目指している。

2. 研究結果

(1) 成果

2017年7月24-28日に、国際会議“Joint Regional Meeting of IUFRO RG3.03.00 and RG3.06.00 in Asia - Productivity and Safety of Final Cutting on Mountain Forests”を愛媛大学と高知大学の共催で開催した。国内外から74名の参加があり、研究発表はプロシーディングとして発行され(Yamada and Suzuki 2017)、会期後半のエクスカージョンで愛媛と高知の林業現場を見学して山岳地における伐出技術について議論を深めた。特に、「大規模」すなわち長距離架線技術によるH型などの平面型架線の有効性と問題点について今後の研究の指針を得た。

「大規模」については残材運搬の際の丸太と枝条混載の有効性を示し(論文:鈴木ら 2017b)、木質バイオマス発電に関する学会誌特集号で数件の成果を出版した(論文:鈴木ら 2017a, 2017c, 當山ら 2017, 山本ら 2017)。また残材等の未利用材の発電利用を想定し、人工林と広葉樹林を同時に皆伐して架線で集材する手法の有効

性を、架線1架設あたりの伐出対象範囲における広葉樹林の割合を変数とする経費モデルを作成して検討した(発表:鈴木ら 2017b)。

「中規模」については作業道の改良によりタワーヤードを導入する方式の妥当性を事例により検証した(発表:山崎ら 2017, Yamasaki et al. 2017, 論文:山崎ら 2018)。いわゆる高性能林業機械ではスイングヤードの導入台数が多いが、活用されていない事例も多い。そこで、スイングヤードを有効に利用するための改良について、索張り方式に小規模架線の方式を導入した場合の有効性を検討した(発表:吉村ら 2017a, 2017b, 沢崎ら 2017, Yoshimura et al. 2017)。

「小規模」については、タワーヤードのような搬器係留機構を持たない簡易搬器による集材方法における搬器の安定性を推定する力学モデルの改良を進め(発表:青木ら 2017, Aoki et al. 2017)、普及段階での利用を考慮して昨年度のモデルよりも現場技術者により理解されやすい図示方法とした。「中規模」方式の装置(スイングヤード)を用いて実証試験を行い、モデルの妥当性を確認した。また、日本と発展途上国(ケニア)との森林管理方式の発展を比較する過程で(論文: Birundu et al. 2017)、発展途上国など資本規模が小さい地域における小規模方式の導入効果の有効性を議論した。

(2) 問題点等

大規模架線が適用される事例で、木質バイオマス発電用の燃料材供給のためには広葉樹の積極的な利用も今後必要になってくると考えられる。小面積の人工林(針葉樹林)皆伐に広葉樹林の皆伐を組み合わせることの有効性は示すことができたが、広葉樹林の伐出生産性についてのデータが不足していることがあきらかになった。小規模な伐出作業においても、里山整備や薪炭利用などの目的のためにも今後広葉樹林の利用の必要性は高くなると考えられ、広葉樹林の伐出や育林整備の生産性や経費についての信頼性の高いデータを今後集めていくことが必要である。

簡易搬器による小規模架線の実証実験では、機材の制限から索張力や搬器・材の移動については一部の計測にとどまった。最も生産性が高いと思

われる中規模架線の索張り方式を安価な装置で小規模架線に適用するためには、簡便で時間的な効率も高い係留装置を備えることは有効である。張力測定装置や位置計測装置を増やすことにより、実作業で搬器に働く力や実際の動きをより詳しく把握できれば、最低限必要な係留力を示すことができ、そうした装置の開発に貢献することができる。来年度以降の課題である。

3. 今後の展望

比較的高額な機械設備投資が必要な「大規模」および「中規模」の方式に関しては、収支がみあうためには架線一架あたり一定以上の集材材積が必要となる。これまでも多くの研究で議論されてきた点ではあるが、現在の状況で使用可能な架線装置と現在の森林資源状況においてこの問題を定量的に整理する必要性が高まっていると考えられる。今後取り組むべき課題として、まずその点を明らかにすることが挙げられる。そしてさらに、中規模架線の設備投資に見合う条件で、これまでは大規模架線でなければ適用できなかった平面型架線の中規模架線向きの地形・地域で実行可能にするような技術を考案し開発することも有効と考えられる。今後は、力学モデルと経費推定モデルの改良をすすめる、新しい装置や方式の考案・開発の基礎とする。また、問題点の項で明らかになった、今後必要性が高まると考えられる広葉樹林の有効利用のため、現在は不足している広葉樹林伐出の生産性や経費といった基礎データを得ることもあわせて実施していきたい。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

鈴木保志・杉尾真菜・山崎敏彦・山崎真・川久保宜幸・渡辺靖崇：林業用高強度合成繊維ロープの損傷程度と残存強度。森林利用学会誌 32：131～136。2017a

鈴木保志・福田雄治・山岡雄一郎・稲井康秀：発電利用を想定した林地残材のトラック輸送における形態別容積比重と混載による充填効率向上の可能性の検討。日本エネルギー学会誌 96：436～440。2017b

鈴木保志・有賀一広・吉岡拓如・當山啓介・斎藤仁志・白澤紘明・山崎真：高知県における木質バイオマス発電の現状と課題。日本森林学会誌 99：272～277。2017c

Birundu, A. O., Suzuki, Y., Gotou, J. and Matsumoto, M.: Analysis of the role of forest, biomass policy legislation and other factors that may affect the future of Kenya's forests: Use of Japanese

forestry as a model. Journal of Sustainable Forestry 36: 90-105. 2017

當山啓介・有賀一広・鈴木保志：木質バイオマス需要と最適伐期、最適間伐体系の関係ー栃木県北地域をモデルとしてー。日本森林学会誌 99：251～258。2017

山本嵩久・有賀一広・古澤毅・當山啓介・鈴木保志・白澤紘明：栃木県における木質バイオマス発電のための長期的な未利用材利用可能量推計。日本森林学会誌 99：266～271。2017

山崎真・山崎敏彦・鈴木保志・三谷幸寛・森本正延・長澤佳暁：業道の改良による伐出作業システムの生産性の向上と経費削減効果の検証。森林利用学会誌 33：25～35。2018

(2) 紀要

(3) 報告書

(4) 学会発表

鈴木保志・山崎真：高知県における木質バイオマス発電への材供給：残材利用と基盤整備。日本森林学会学術講演集 128：184 (T7-4)。2017a

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. In: Yamada, Y. and Suzuki, Y. (Eds.) Proceedings of Joint Regional Meeting of IUFRO RG3.03.00 and RG3.06.00 in Asia, "Productivity and Safety of Final Cutting on Mountain Forests", Matsuyama and Kochi, Japan 24th-28th July 2017

鈴木保志・福田雄治・大崎優・飯國芳明：木質バイオマス発電における広葉樹利用の検討ー針葉樹との同時伐採方式の導入ー。森林利用学会第24回学術研究発表会講演要旨集：20。2017b

吉村哲彦・沢崎元美・千原敬也・鈴木保志：スイングヤーダをどげんかせんといかん。日本森林学会学術講演集 128：102 (J7)。2017a

山口由葵・塚本次郎・長井宏賢・鈴木保志：森林管理道と森林性哺乳類の関係。日本森林学会学術講演集 128：131 (P1-117)。2017

沢崎元美・吉村哲彦・千原敬也・鈴木保志：スイングヤーダの簡易的搬器係留装置の開発。日本森林学会学術講演集 128：165 (P1-258)。2017

青木遥・鈴木保志・吉村哲彦・山崎真・山崎敏彦：軽架線集材の索張り方式。日本森林学会学術講演集 128：166 (P1-259)。2017

白澤絢明・斎藤仁志・有賀一広・鈴木保志：木質バイオマス資源における賦存量と利用可能量の比較。日本森林学会学術講演集 128：184 (T7-6)。2017

山崎真・山崎敏彦・鈴木保志・三谷幸寛・森本正延：作業道の改良と原木の運搬について。日本森林学会学術講演集 128：262 (P2-155)。2017

Yoshimura, T., Suzuki, Y., Sawazaki, M., Chihara, T. and Acar, H.H.: The Limits and Possibilities of Japanese Swing Yarders in Comparison with European Cable Systems. In: Yamada, Y. and Suzuki, Y. (Eds.) Proceedings of Joint Regional Meeting of IUFRO RG3.03.00 and RG3.06.00 in Asia, "Productivity and Safety of Final Cutting on Mountain Forests", Matsuyama and Kochi, Japan 24th-28th July 2017 (ISBN 978-4-9906725-1-5): 78-83. 2017.

Yamasaki, S., Yamasaki, T., Suzuki, Y., Mitani, Y., Morimoto, M. and Nagasawa, Y.: Improving Forestry Strip Roads and Assessing the Possible Introduction of Logging Operation Systems. In: Yamada, Y. and Suzuki, Y. (Eds.) Proceedings of Joint Regional Meeting of IUFRO RG3.03.00 and RG3.06.00 in Asia, "Productivity and Safety of Final Cutting on Mountain Forests", Matsuyama and Kochi, Japan 24th-28th July 2017 (ISBN 978-4-9906725-1-5): 202-207. 2017.

Aoki, H., Suzuki, Y., Yoshimura, T., Yamasaki, S. and Yamasaki, T.: Rigging methods of Simple Logging Cable Systems for Small-scale Forestry. In: Yamada, Y. and Suzuki, Y. (Eds.) Proceedings of Joint Regional Meeting of IUFRO RG3.03.00 and RG3.06.00 in Asia, "Productivity and Safety of Final Cutting on Mountain Forests", Matsuyama and Kochi, Japan 24th-28th July 2017 (ISBN 978-4-9906725-1-5): 247-252. 2017.

Watanabe, Y., Ochi, Y. and Suzuki, Y.: Effect of Variation of Canopy Openness after Thinning Understory Vegetation. In: Yamada, Y. and Suzuki, Y. (Eds.) Proceedings of Joint Regional Meeting of IUFRO RG3.03.00 and RG3.06.00 in Asia,

"Productivity and Safety of Final Cutting on Mountain Forests", Matsuyama and Kochi, Japan 24th-28th July 2017 (ISBN 978-4-9906725-1-5): 265-272. 2017.

吉村哲彦・鈴木保志・千原敬也・永見秀明・古賀良悟：高性能林業機械で消耗する日本林業に未来はあるのか？森林利用学会第 24 回学術研究発表会講演要旨集：18。2017b

(5) セミナー等の開催

Joint Regional Meeting of IUFRO RG3.03.00 and RG3.06.00 in Asia, "Productivity and Safety of Final Cutting on Mountain Forests", Matsuyama and Kochi, Japan 24th-28th July 2017 (国際学会, Chief Secretary [主事] として運営)

(6) 地域貢献活動

(7) 外部資金

「平成 28 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) 500 千円 (間接経費) 150 千円
2. 基盤研究 B 分担 (有賀一広代表) (直接経費) 190 千円 (間接経費) 57 千円

「共同研究」

1. 「本格架線集材システムに対応した機械開発に向けての研究」高知県立森林技術センター (直接経費) 0 千円 (間接経費) 0 千円
2. 一般社団法人林業機械化協会平成 28 年度林業機械化研究助成: 2016~2017 年度 (2016 年 5 月~2017 年 3 月) [100 万円 (代表者所属機関に配分)]; 吉村哲彦代表「新たな軽架線集材システムの導入によるスイングヤーダの生産性向上」(直接経費) 0 千円 (間接経費) 0 千円

「受託研究」

「奨学寄付金」 125 千円

(8) その他

著書:

Yamada, Y. and Suzuki, Y. (Eds.) (2017) Proceedings of Joint Regional Meeting of IUFRO RG3.03.00 and RG3.06.00 in Asia, "Productivity and Safety of Final Cutting on Mountain Forests", Matsuyama and Kochi, Japan 24th-28th July 2017. IUFRO RG3.03, Matsuyama, 297pp. (ISBN 978-4-9906725-1-5)

伝統的和紙原料であるコウゾの品質に関する研究

● 大谷 慶人（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

高知県は古くから和紙の産地であり、和紙の原料となるコウゾの生産地の1つである。最近、県内の三昭紙業株式会社ではハウス栽培により通直で欠点の少ないコウゾを栽培し、自社製品のフェイスマスク「リグル」に使用している。本製品はコウゾ繊維を紙層の表層に置くことで肌触りと薬品の保持・転着性の向上を謳っている。これらは繊維の性状をもとにして新たなコウゾの可能性を示したものである。一般に使用されるコウゾはカジノキとヒメコウゾの雑種でヒメコウゾに近いアカソとアオソの他に、カジノキに近いタオリヤクロカジ、タカカジ、マカジという変種がある。三昭紙業の栽培種はアオソであろうとのことであるが、製品の諸性質はコウゾの品質に大きく影響を受けるために、栽培地の環境によってコウゾ自体の性質や和紙の品質がどのように変化するかを明らかにすることは和紙の品質にとって重要である。本研究では日本産のコウゾと輸入コウゾの成分や繊維性状の分析、製造した和紙の強度試験・官能試験等を行った。

2. 研究結果

(1) 成果

土佐コウゾ、那須コウゾ、パラグアイ産コウゾ、中国・山東省産コウゾ、ベトナム産コウゾ、ネパール産コウゾ、タイコウゾの計7種をコウゾ試料とし各試験に用いた。各試料から9種（タイコウゾは処理法の違いで3種）の和紙を作製し、比較としてPPC用紙1枚を加えてシートの官能評価を行った。官能評価は被験者10名（年齢20代、男女各5名）で10項目（繊維の均一さ、表面の滑らかさ、見た目のきれいさ、コシなど）について5段階評価で評価を行った。結果について、統計的に有意差を確認するため、和紙の種類と評価者を要因とした2元配置の分散分析を行った。有意水準は5%に設定した。また官能検査に用いた項目を変数とし、各コウゾ和紙に対する主成分分析を行い、和紙の印象に関する新たな変数により、各和紙の印象を調査した。

2 次元配置分散より、評価者や和紙の p 値が

0.05 より小さくなる、すなわち評価者や和紙による差があると考えられる項目は、繊維の均一さや表面の滑らかさ、見た目のきれいさ、コシ、繊維のかたまり具合、光沢、明るさ、暖かみの8つの項目であった。また和紙の p 値のみが 0.05 より小さくなる、すなわち和紙による差があると考えられる項目は、やわらかさや好ましさの2項目であった。以上のことから、8つの項目では評価者による差はあり、10 種すべての和紙は評価に差があるといえる。

コピー用紙は、繊維の均一さや表面の滑らかさ、見た目のきれいさの項目は評価者すべてが最も良い評価をつけていた。また他の和紙よりも特徴的であったネパール産コウゾの和紙では、繊維の均一さや表面の滑らかさ、見た目のきれいさの項目で低い評価を受けた。

また繊維の均一さや表面の滑らかさ等、手漉きでは調節が難しい項目においてコピー用紙の評価が最も高く、次いでタイコウゾ NaOH 処理、タイコウゾの和紙の順に評価が高かった。このことから、これらの項目においては普段目にする機会が多い機械により製造されたコピー用紙の評価が高くなり、それを基準に評価しているということが推測される。暖かみや好ましさ等、個人の嗜好に関係する項目においては、前者では土佐コウゾやタイコウゾの和紙が、後者ではタイコウゾの和紙が高い評価を得た。

(2) 問題点等

和紙の品質は用いたコウゾの種類により大きく変化することは明らかであるが、コウゾの前処理等でも品質が変化することを明らかにしている。そこで、製品に必要とされる品質を達成するためにどのような品種または処理が必要であるかを更に検討する必要がある。なお、和紙と洋紙を比較する場合、大量の洋紙に慣れ親しんだ現状では和紙の良さを再確認することの難しさも感じた。

3. 今後の展望

コウゾの品質は和紙の品質を決める最も大きな因子である。今後コウゾ繊維の新たな用途が開発されることになると思われるが、コウゾの特性を詳細に明らかにしておく必要がある。

特にシート品質をコウゾ繊維の特性と関連づけて明らかにする必要がある。更にはシートとしての品質のみならず、コウゾ特有の性質を発掘していく必要がある。

4. 業績リスト

- (1) 学術論文 合計2編
森林バイオマス利用学会誌, 12 巻 1 号 17-22 (2017)
International Journal of Forestry Research, Volume 2018, Article ID 2315329, pp. 1-6
- (2) 紀要 なし
- (3) 報告書 なし

- (4) 学会発表 合計4件
日本木材学会発表 2件
日本木材学会中国四国支部研究発表会 2件
- (5) セミナー等の開催 合計2件
機能紙研究会 (松山市) 1件
森林バイオマス利用セミナー (広島市) 1件
- (6) 地域貢献活動

- (7) 外部資金 なし
「平成 26 年度科学研究費補助金」 基盤研究 C
代表 0 千円 (直接経費) 0 千円 (間接経費)
「共同研究」
「受託研究」
「奨学寄付金」

- (8) その他

高知県須崎市野見湾における海産白点病の発生予測に関する研究

● 今城 雅之（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

高知県中央部の須崎市に位置する野見湾は昔から海面養殖が盛んで、特にカンパチ養殖発祥の地として全国的に知名度が高く、現在同カンパチのブランド「極美勘八」を展開している。しかし、その一方で毎年秋になると織毛虫 *Cryptocaryon irritans* による海産白点病の被害に悩まされ、カンパチの安定供給が難しい状況にある。本研究では、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、現場海水から遺伝子レベルで *C. irritans* を検出・定量し、野見湾内での本虫の分布動態を把握するとともに、調査期間中に実施した発酵竹液投与と石灰散布による海産白点病発生の抑制効果も検討した。また、12 月のカンパチ中間魚搬入の際に輸送船の水槽検査を行った。

2. 研究結果

(1) 成果

Q-PCR の標的遺伝子の 5.8S rRNA 遺伝子は 4 月 21 日から 9 月 5 日までの計 6 回で全く検出されなかったが、9 月 26 日に B 地点、C 地点、D 地点の各水深 10 m で初めて検出され、同遺伝子数から推定された海水 1 L あたりの虫体数は 0.5 ~ 4.8 虫体/L であった。その後、10 月中旬から推定虫体数の顕著な増加が認められるようになり、10 月 14 日に C 地点水深 1 m で 3,020 虫体/L、10 月 19 日に A 地点水深 1 m で 788 虫体/L、B 地点水深 1 m で 3,020 虫体/L、C 地点水深 1 m で 10,474 虫体/L、D 地点水深 1 m で 1,122 虫体/L、C 地点水深 10 m で 539 虫体と推定され、例年通り、湾口中央のガラク漁場での検出が目立っていた。10 月 21 日には台風 21 号の接近に伴い、B 地点のカンパチ生簀が F 地点付近まで避難し、そのタイミングに合わせて B 地点と C 地点の広範囲で複数業者による石灰散布が実施された。10 月 26 日には避難先で海産白点病により数十尾のカンパチの死亡が確認され、同生簀は直ちに沖出し移動を行ったが、移動先でもさらに死亡が続き、2 日間で計 20,000 尾が死亡した。また、同日に台風 22 号の接近に伴い、再び生簀が F 地点付近に避難した。これら一連の生簀移動の期間中、10 月 26 日

に移動先の F 地点で 228,947 虫体/L と調査期間中で最も高い虫体数が推定され、B 地点のカンパチ生簀の台風避難に伴う F 地点への持ち込みが強く疑われた。また、同日に B 地点水深 1 m で 69,702 虫体/L、E 地点水深 1 m で 14,145 虫体/L となり、後者は F 地点からの流れ込みによるカンパチ由来と考えられた。11 月になると 5.8S rRNA 遺伝子の検出頻度が例年になく顕著に低下し、C 地点水深 1 m、または底上 1 m での検出に限定され、その中で、11 月 12 日の C 地点水深 10 m で 47,456 虫体/L と唯一高い虫体数が推定された。これらの検出結果の推移から、生簀の台風避難に伴った石灰散布により、海底シストの発生が抑制された可能性が示唆された。ただし、11 月の間も B 地点と C 地点のカンパチで海産白点病による小規模の被害は散発的に発生しており、よって、これらの状況は上記に述べた海水中の *C. irritans* の分布動態と必ずしも一致するものではなかった。

9 月 30 日に C 地点の 1 生簀分のカンパチ当歳魚に対し発酵竹液をエサに混ぜて経口投与したが、後に同生簀も例外なく海産白点病の被害を受けたことから、投与量や投与回数等の条件をあらためて検証する必要がある。

10 月 19 日の B 地点水深 1 m と C 地点水深 10 m、10 月 26 日の B 地点水深 1 m と F 地点水深 1 m、11 月 12 日の C 地点底上 1 m からそれぞれ検出された *C. irritans* の rRNA 遺伝子 18S-ITS1 領域の塩基配列を決定した。得られた配列情報から、全て分子系統学的に中国南部由来株を主とする中国系統に属し、また、昨年海産白点病の主因タイプと同型であることが明らかになった。

12 月にカンパチ中間魚の輸送船の水槽で採水した海水 4 L から *C. irritans* の 5.8S rRNA 遺伝子は検出されなかった。

(2) 問題点等

11 月以降にガラク漁場で *C. irritans* の検出頻度が顕著に低下した結果は、過去 3 年間の調査で見られなかった現象であり、石灰散布による海底でのシスト発生抑制との関連が期待されるものの、まだ不明な点が残る。その理由として、今回は特定業者のみの石灰散布であったために、実際に散布が行われていないエリアもあったこと、さらに、10 月下旬に台風避難によりカンパチ生簀が短期

間で2回も移動しており、それに伴い*C. irritans*の分布動態が大きく変化した可能性があることが挙げられた。

3. 今後の展望

来年度は、野見漁協と大谷漁協との連携で石灰散布エリアの指定と把握をしっかりと行い、また、水槽実験によっても石灰のシスト発生抑制効果を再検討する。引き続き、3月から6月にかけて中国から輸入されるカンパチ種苗の輸送船の水槽検査を実施し、持ち込みの可能性について検証する。

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
- (6) 地域貢献活動
該当なし
- (7) 外部資金
該当なし
- (8) その他

「バイオマス～TOSA」サブプロジェクト

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、水産業の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。昨年度は、2016年6月に漁獲された徳島産ウツボの栄養成分について明らかにした。本研究では、宿毛産ウツボの体成分の周年変化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78.4%(3月)から80.7%(7月)、粗タンパク質は19.4%(7月)から20.6%(9月)、粗脂質は0.67%(7月)から0.85%(5月)、粗灰分は1.26%(5月)から1.38%(3月)を示した。腹肉では、水分は80.0%(3月)から81.3%(5月)、粗タンパク質は17.4%(7月)から19.0%(3月)、粗脂質は0.81%(7月)から1.12%(9月)、粗灰分は1.05%(5月)から1.17%(7月)を示した。また背肉、腹肉ともいずれの成分も各月間に有意差は見られなかった。一方、皮下の脂肪組織中の粗脂質は3.47%(7月)から6.63%(3月)を示し、大きく変動した。脂肪酸組成は、周年、殆ど変わらず、背肉でDHAが年平均24.6%、パルミチン酸が23.3%、オレイン酸が11.6%の順で、腹肉でパルミチン酸が23.1%、DHAが21.5%、オレイン酸が12.3%の順で、脂肪組織ではパルミチン酸が23.6%、オレイン酸が15.3%、DHAが13.7%の順であった。遊離アミノ酸含量では、背肉、腹肉とも5月でそれぞれ700.2mg/100g、690.0 mg/100gと最大値を、7

月にそれぞれ425.7 mg/100g、349.1 mg/100gと最小値を示した。各アミノ酸では、各月ともTau含量は最も高く、次いでロイシン、シスタチオニンの順に含量が高かった。

(2) 問題点等

今回のサンプリング中、26匹をウツボとして購入したが、2匹がウツボ(*Gymnothorax kidako*)ではなく、コケウツボなど他のウツボ種であり、市場では、これらの種を区別せずに、取り扱っているようであった。この2匹のうち、1匹について分析したところ、同時期に漁獲されたウツボに比べ、脂質含量が低かった。今後、ウツボの種の同定などを厳格にしていく必要がある。

3. 今後の展望

本年度、宿毛産ウツボ体成分の周年変化が明らかとなり、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。来年度は、可食部である皮や筋肉に焦点を当て、その主成分であるコラーゲンについてその特性を明らかにする予定である。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

1. Effects of replacing fish oil with canola oil on the growth performance, fatty acid composition and metabolic enzyme activity of juvenile yellowtail *Seriola quinqueradiata* (Temminck & Schlegel, 1845)

Fukada, H., Taniguchi, E., Morioka, K., Masumoto, T.
Aquaculture Research, 48, 5928–5939, 2017.

2. Effects of graded levels of taurine supplement to the no-fishmeal diet on the growth and physiology in juvenile yellowtail *Seriola quinqueradiata*
Matsumoto, Y., La X. Thao, K. Morioka, H. Fukada and T. Masumoto *Aquaculture Science*, 64, 239, 2017.

(2) 紀要

なし

川和嗣

II 07-10, 日本畜産学会第 123 回大会, 信
州大学, 平成 29 年 9 月 4 日-8 日.

(3) 報告書

なし

(4) 学会発表

1. Biochemical characteristics of
type I collagen of seven fish species
from various habitat temperatures
and its role in adaptation to water
temperature

M. Akita, Y. Nishikawa, Y. Ohuchi, Y.
Shigenobu, D. Ambe, T. Morita, K.
Adachi and K. Morioka

SP10-24, the 85th Anniversary
-Commemorative International
Symposium "Fisheries Science for
Future Generations", Tokyo, Japan,
22-24 Sept., 2017

2. Expression of collagen metabolism
-related genes and its relation to
texture and collagen content of red
seabream (*Pagrus major*) meat

N. Nakatsuji, K. Adachi and K.
Morioka

SP10-25, the 85th Anniversary
-Commemorative International
Symposium "Fisheries Science for
Future Generations", Tokyo, Japan,
22-24 Sept., 2017

3. 柚子果皮給与が褐毛和種高知系肥
育牛の肉質に及ぼす影響

久保里加・岩佐茜・森岡克司・岩本侑
希子・藪本美月・宅谷はるこ・竹中由
布・竹村泰雄・垣渕和正・石田豊・松

(5) セミナー等の開催

なし

(6) 地域貢献活動

なし

(7) 外部資金

なし

(8) その他

なし

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が判明した。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できることも確認した。そこで、本研究では、この現象の契機となる化学刺激（エリシター）を分子レベルで解明することを目標とした。エリシターとは遺伝子発現調節を経て生体に防御反応を引き起こす外来性の化学物質の総称であり、生体内調節機構の「ON」と「OFF」を制御する外因性の「スイッチ」としての利用が期待されている。最終的にはエリシターの利用によるイネ根におけるTCA回路の制御技術構築を目指す

2. 研究結果

1. エリシターの存在確認：

アブラムシがイネ根に寄生した際に生じる褐変が、単なる物理刺激ではなく、化学物質（エリシター）の介在により引き起こされることを確認するため、アブラムシの抽出物の褐変促進活性を調査した。即ち、アブラムシの水もしくは MeOH との懸濁液を調整し、水懸濁液はそのまま、MeOH

懸濁液は溶媒を減圧下で留去した後に水に懸濁し、イネ断片に塗布して 27°C に保持した。褐変程度を色見本帳をもとに 5 段階（0~4）に評価した所、水懸濁液および MeOH 懸濁液ともに強い褐変活性(++)を示した。濃度依存活性を調べると水懸濁液では濃度 25 mg fr wt / mL まで強い活性を示したのに対して、MeOH では濃度 25 mg fr wt / mL では中程度の褐変活性(+)しか示さなかったことから、エリシターの抽出には MeOH よりも水が適していることが判明した。

この時のイネに含まれる二次代謝産物の動態を蛍光検出器を設備した HPLC により分析した。その結果、セロトニンの蓄積は確認されない一方で、一部のピークの減少が観察された。該当ピークに蛍光吸収、紫外線吸収があることから、褐変など細胞壁強化反応の基質になっている可能性が推測され、アブラムシ由来のエリシターがイネに様々な抵抗性反応を引き起こすことが示唆された。

併せて、エリシターの安定性評価を行った。即ち、60°C 2 時間および 90°C 2 時間の加熱処理、凍結後 -20°C での保存および解凍処理による褐変誘導活性の変化を調べたところ、90°C 2 時間加熱処理では活性の顕著な低下が確認され、60°C 2 時間加熱処理では若干の活性の低下が確認された。また、凍結後 -20°C での保存および解凍処理では活性の低下は確認されなかった。このことから通常の精製操作は可能であると判断された。

2. エリシターの特性調査：

エリシターの極性を調べるために、アブラムシ水懸濁液を Hexane, Diethyl ether, Ethyl acetate, 1-Butanol で順次液-液分配分画を行った。すべての画分を減圧下で濃縮・乾固し水に転溶したのち褐変活性を調べたところ、褐変活性は Ethyl acetate 層, 1-Butanol 層, 水層に確認され（図 1）、エリシターが比較的高極性の物質であることと複数成分からなることが示唆された。

さらに小型カラムを用いたエリシターの特性解析を行った。陽イオン交換樹脂には活性物質は吸着されないものの、陰イオン交換樹脂には一部活性が吸着することから、主要な活性物質はアニオン性の物質であることが判明した（表 1）。さらに ODS カラムで活性が水で溶出されることか

ら、高極性物質であることが再確認された。一方、順相系のフロリジルカラムでは一部の活性のみが MeOH で溶出されたことから、一部の活性物質が非酸性であることが判明した（表 2）。また、シリカゲルカラムや NH カラムでは MeOH で活性が溶出されたことから高極性物質であることが再確認された。以上のことからエリシターは陰イオン性の、高極性であることが明らかになった。

以上のことからアブラムシに由来する褐変誘導エリシターは高極性物質であり、複数存在することが判明した。さらにその一部はアニオン性の物質であり、カルボニル基を持つ可能性が示唆された。

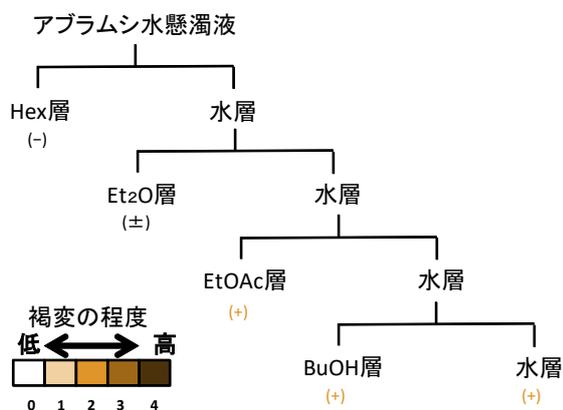


図1 エリシターの液液分配分画と褐変活性

表1 エリシターの極性試験 ①

各処理	褐変程度	
	H ₂ O溶出	MeOH溶出
水懸濁液	++	++
陰イオン交換樹脂	+	+
陽イオン交換樹脂	++	-
ODS	++	±
無処理	-	-

表2 エリシターの極性試験 ②

各処理	褐変程度	
	MeOH溶出	H ₂ O溶出
水懸濁液	++	++
フロリジル	+	-
シリカゲル	++	±
NHカラム	+	±
無処理	-	-

(2) 問題点等

アブラムシ水懸濁液には複数のエリシターが存在することが判明したが、それらのエリシター作用の差異は未解明のままであり、今後は、どの分画部分のエリシターを研究対象にするかを検討する必要がある。

3. 今後の展望

アブラムシに由来する複数のエリシターそれぞれの作用を解明するため、部分精製されたエリシターをイネ根に処理した後オミックス解析を行う。その結果に基づき、対象エリシターの優先順序を決定したのち、アブラムシを大量に飼育することで、エリシターの単離同定を目指す。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

Induced accumulation of tyramine, serotonin, and related amines in response to *Bipolaris sorokiniana* infection in barley. A. Ishihara, S. Tebayashi, (他7名, 8番目), Biosci Biotechnol Biochem, 査読有, 81(6), 1090-1098, 2017.

(2) 紀要

該当なし

(3) 報告書

該当なし

(4) 学会発表

きのこ廃菌床抽出物によるイネの防御応答の誘導、安藤郁奈, 手林 慎一, (他7名, 8番目), 日本農芸化学会中四国支部例会、20180127, 広島

(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

「平成 28 年度科学研究費補助金」 挑戦的萌芽研究代表 1,100 千円 (直接経費) 330 千円 (間接経費)

「共同研究」 該当なし

「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 2,200 千円 (直接経費)

「奨学寄付金」 該当なし

(8) その他

該当なし

パルプ抽出物の食品への応用とその品質評価に関する研究

● 河野 俊夫（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

厚生労働省による「平成 26 年国民健康・栄養調査結果の概要」（同省 HP 公開資料）によれば、糖尿病が強く疑われる者の割合が、男性 15.5%、女性で 9.8%もの高い数値となってきた。いまや国民の 6 人～8 人に 1 人は糖尿病患者である可能性が高い時代である。食の欧米化に伴い、日本人は魚食から肉食へと変化し、また、現代生活のスピード化に伴って、食の時間短縮が進んだことにより、「高カロリー・高脂質の食品を早く食べる」食習慣が日本人の広い年代層に浸透してきたことが一つの要因であろう。これに並行するように、日本人の食生活は米の御飯から、小麦粉を素材とするファーストフードのパン食が、若い世代を中心に広がっている。

小麦粉を素材とする食品は消化性が良く、すぐにエネルギーに変換される。これは、健常者にとっては極めて効率的に活動エネルギーを獲得するのに好都合である。しかし、糖尿病罹患者にとっては消化性の良い食品は、血糖値の急速な上昇招くことを意味しており、小麦粉を素材とする食品には消化性を遅くするような工夫が必要である。

そこで本研究では、パルプから抽出されるセルロースを製パンへ応用し、その製パン品質への影響を調査した。

2. 研究結果

(1) 成果

セルロース粉末には、公称粒径の異なる B120, B250, B350, B600, C20, C50, D20, D50 の 8 種類を用いた（特許に関わるため具体的な具体的な名称は表記しない）。小麦粉 200g、水 136g、砂糖 10.1g、イースト 6.0g、食塩 2.6g、マーガリン 10.0g の質量構成で得た製パンを基準製パン（コントロール）とし、このうち、200g の小麦粉の質量を 10%、15%、20%だけセルロース粉末で置換して試作したものをセルロース配合製パンとした。

この研究では、難消化性があり、カロリーのないセルロースを小麦粉の代替素材として多量に用いることで、血糖上昇の抑制を図ることを目標としていた。しかし小麦粉に比較して、セルロー

ス粉末は、その物質内にはなく、その団粒的構造のために水分の吸収保持容量が大きく、かつ見かけの吸収速度が早いこと、および質量比で 20%を超える置換の場合には得られる製パンが硬くなったことから、20%を上限として添加する試験とした。

セルロース粉末添加が生地発酵力に与える影響

1 次発酵時の生地膨張容積は、どの試料においてもセルロース粉末 15%配合までであれば、有意差は認められなかった。しかし、20%配合時においては、B350 と D20 以外の試料はコントロールよりも生地膨張容積が有意に小さくなった。

2 次発酵については、セルロース粉末 C20、C50、D20、D50 を 10%配合したパン生地は、基準パンの生地との間に有意差を示さなかったが、その他のセルロース粉末配合製パンの生地については、生地発酵力が有意に低下した。

セルロース粉末添加が比容積および製パン高さに与える影響

B250 10%配合パンおよび B600 10%配合パン以外のセルロース粉末配合パンの比容積は、基準製パンよりも有意に低下した。一般に、比容積が 3mL/g 未満になると、消費者がパンの膨らみが足りないと感じるレベルとなるが、測定の結果、15%までの配合ではこの数値以上の値を示した。

焼成直後の製パン高さは、B250 と B350 が 10%および 15%配合時、B600 は 10%配合の場合に、基準パンの間に有意差がなく、製パンとしての膨らみがあった。

セルロース粉末の添加による製パン表色に与える影響

製パンの表色は、 $L^*a^*b^*$ 表色系にもとづき、色差計を用いて比較計測した。以下、 L, a, b と略する。クラスト（製パン外面）色調の b 値は、D50 20%配合パンのみが有意に高かった。表色の明るさ（Lightness）を示す L 値については、B120 と B600 が 20%配合のとき、C20、C50、D20 が 15%および 20%配合のときに、基準と比較して有意に白さが増した。彩度（ a, b ）のうち、 a 値については、B250 と B350 10%配合パン以外は、いずれの配合量のセルロース配合パンも、基準製パンより有意に小さな値を示した。一方、クラム（製パン内部）

色調については、B250 と B600 を 20%配合した製パンの L 値が、基準製パンに比較して有意に大きな値を示し白かったが、それ以外のセルロース製パンでは有意差が認められなかった。

基準製パンとの色調比較は、対象とするセルロース製パンの基準標準白板との色差ベクトル As と、基準製パンの基準標準白板との色差ベクトル Ac との差ベクトル ΔE の大きさの大小により行った。

ΔE が熟練パネルの識別閾とされる 2.5 を超えると、一般消費者の肉眼でも識別できる色調の変化が認められる。クラストの ΔE は、すべてのセルロースおよびその配合割合の組み合わせにおいて 2.5 以上となり、基準製パンとの色調の差が明らかであった。また、B250 10%配合パンと B350 10%配合パン以外は、基準製パンとセルロース粉末配合パンとの間の色調差は顕著であった。

一方クラムの場合は、B250 15%と 20%、B350 20%、B600 20%の ΔE が 2.5 以上であったが、それ以外のセルロース種類と配合割合の組み合わせにおいては 0.5~2.4 であり、基準製パンと粉末セルロース配合パンとの間の差は、肉眼では識別できないレベルであった。

セルロース粉末配合がクラムの硬さに与える影響

保存によって、製パンは通常硬くなっていき、これを「パンの老化」と呼んでいる。その老化の速度指標には、製パンの上部クラムから押した場合の反力の経日変化をもって「硬化速度」と定義した。

その硬化速度については、基準製パンとセルロース粉末配合パンとの間に有意差は認められず、セルロース粉末配合パンは、基準製パンと老化の早さに変わりはない。焼成直後のクラム硬さは、D50 10%配合、C20 20%配合、D50 20%配合の場合に有意に硬かったが、3 日目、6 日目では、いずれの配合量でも有意差は認められなくなり、基準製パンと同程度の硬さであった。

セルロース粉末配合がクラム(内相)の空隙組織に与える影響

セルロース粉末 10%配合パンよりもセルロース粉末 20%配合パンのほうがクラム内の気泡数が少なく、かつ、気泡の断面積も不均一であった。気泡数や気泡面積は食感の重要な因子の 1 つであり、気泡数が少なくなると、気泡膜が厚くなり、噛み応えのある、いわゆるフランスパンの食感に近くになる。20%配合時の焼成直後のクラム硬さはセルロース粉末 10%配合時よりも硬い結果を示した。

セルロース粉末配合パンの摂取カロリー評価

文献によれば、小麦粉、セルロース粉末、砂糖、

ドライイースト、砂糖、食塩、バターそれぞれの 100g 当たり換算エネルギー量は、366kcal、0kcal、384kcal、313kcal、0kcal、754kcal である。したがって、基準パン、セルロース粉末 10%配合パン、同 15%配合パン、同 20%配合パンそれぞれの実質的な摂取カロリー量は、864.8kcal、791.6kcal、755.0kcal、718.4kcal となる。例えば消費者に受け入れられる膨らみを有し、硬さも基準製パンと同程度であったセルロース粉末 15%配合パンであれば、基準製パンよりも 109.8kcal のカロリー摂取を抑制できることになる。

(2) 問題点等

難消化性を示す食品素材には、水に溶解性のあるものと、不溶性のものがある。水溶性の難消化性物質の典型はデキストリンであるが、その使用量は食品全体の質量に比してそう多くはない。本研究で用いた、パルプからの抽出物であるセルロースは、もう一方の不溶性のタイプである。水に不溶であるため消化されない。このため、食品素材に加えることで、消化をダイレクトに抑制する効果をもつことになる。一方で、不溶性であるがために、食品素材との混和の際に、その混入割合が多い場合に全体が混ざらないことが起こる。本研究の場合も、小麦粉との混和がうまくいかない配合があった。セルロースそのものは不溶性であっても、その多孔質性や団粒的構造から水分保持力はある。このため、セルロースそのものには水分は入らないが、セルロースの多孔質構造が水分を多量に保持する。このため、本試験では、小麦粉とセルロースとの間で、加えた水分の奪い合いを生じ、結果として、小麦粉に加えた水分が行き渡らずに混和しない結果となった。

この点を解決する一つの手段としては、セルロース材料の方に先に水分を提供し、混和の際の急激な水分吸収を抑えることが考えられる。今後、そのような改良を行うことで、20%以上のセルロース配合であってもよく混和し、成形しやすい生地を作成できるものと考えられる。また、そのことによって、現状よりも食感の面で大きな改善がなされるものと思われる。

3. 今後の展望

パルプから得られ、食用に応用可能な物質はセルロースに限らない。世界的な小麦粉価格の高騰や消費者の健康志向に対応すべく、新しい素材探求を行い、食品への応用について今後も継続的に研究していく予定である。

謝辞 本研究を実施するにあたり、研究室の学生諸氏に多大なる協力を得た。特に、本学大学院修士課程農学専攻の柏野由加里氏には、製パン実験とそのデータ分析で尽力いただいた。ここに記して厚く謝意を表す。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

- 1) 柏野由加里、河野俊夫、篠原亜里紗、張夏：セルロース粉末を活用した低カロリー製パンの品質評価に関する研究、日本調理科学会誌、Vol. 50、No. 6、pp. 222-227 (2017)。
- 2) Kamimukai M., M. Bhattarai, B. B. Rana, K. Maeda, H. B. KC, T. Kawano, M. Murai. A High Amylose-content and High-Yielding Elite Line is Favorable to Cook "Nanhan" (Semi-soft Rice) for Nursing Care Food Particularly for Serving Senescent Persons. Proceedings of 19th International Conference on Food and Beverage Science, pp. 604-608 (2017).
- 3) Rana, B. B., M. Yokota, Y. Shimizu, Y. Koide, T. Kawano, M. Murai. Effects of Lateness Gene on Yield and Related Traits in indica Rice. International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering Vol. 11:pp. 718-723. (2017)

(2) 学会発表

- 1) 篠原亜里紗、河野俊夫、柏野由加里、張夏：「パルプ抽出素材を活用した新食感菓子類の試作とその品質評価」、高知県立大学永国寺キャンパス、2017年6月24日。
- 2) 上向井美佐・Mukunda Bhattarai・Birendra Bahadur Rana・梶田啓・河野俊夫・村井正之：「軟飯(介護食用)の水稻新品種における食味官能試験、ならびに、アミロースおよびタンパク質含有率」、高知県立大学永国寺キャンパス、2017年6月25日。
- 3) 上向井美佐、B. B. Rana、M. Bhattarai、河野俊夫、村井正之：イネの早生遺伝子が穂形質に及ぼす作用、日本育種学会四国談話会第82回講演会プログラム、徳島県立農林水産総合技術支援センター、2017年12月1日。

(3) セミナー等の開催

平成29年度第15回シーズ・研究内容紹介、「食品の異物検出・真贋判定への光活用と、新素材の食品への応用」、高知県産学官民連携センター・コプラ、2017年11月29日。

(4) 外部資金

「科学研究費補助金」

基盤研究 C、河野俊夫、代表、「近赤外分光法による非金属・生物系異物検出法に関する研究」(継続)、代表、500千円(直接経費)150千円(間接経費)

「奨学寄付金」

- 1) 河野俊夫：発泡スチロール協会、3,364千円。

「その他」

- 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、粉体工学情報センター、1,000千円。
- 2) 河野俊夫：食品・農畜産物に混入する異物の非破壊検査技術の開発研究、平成29年度高知大学学長裁量経費、代表、3,000千円(直接経費)。
- 3) 河野俊夫：農学専攻における異分野融合の先端研究を知るプロジェクト、平成29年度高知大学総合人間自然科学研究科長裁量経費、代表、200千円。

小型ブイを利用した野見湾奥における水温の連続測定

● 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 4km²、平均水深 18 m の半閉鎖性湾である（上野ほか，2002）。同湾は高知県における代表的な海面養殖漁場であり、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）は野見湾を対象に「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。同システムでは、ケーブルテレビ、インターネット、携帯電話を通じてリアルタイムな情報発信が可能となり、従来困難であった水質項目の鉛直分布連続データが取得できるようになり、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。

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構築した（2017 年 6 月）。本報では同システムの概要を示すとともに、2017 年中に得られた観測結果の一部について水温を中心に示す。

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構築し、30 分間隔で環境データを取得できるシステムを構築した。

水温（深さ 1 m）の日平均値は明瞭な季節変化を示した。すなわち、6 月上旬（約 23℃）から 8 月（30℃以上）にかけて増加傾向を示した。しかし、9 月上旬からは減少傾向に転じ、12 月上旬には 20℃を下回った。気温の減少率は約 3℃/月であった。

水温の日較差は高々数℃であり、気温（最高で 9℃ほど）に比べると小さかったが、日変化は顕著であり、内湾の環境がある程度反映されたも

のと解釈される。なお、水温を測定するにあたり、30 分毎の瞬間値と 30 分平均値の 2 種類のデータについて比較・検討されたが、両者の間に大きな差は見られず、消費電力の少ない前者の使用で十分であることも確認された。

表層水温は特に台風などの強風の影響を受け、その絶対的は変化するとともに、水温－気温間の相対的大小関係にも変化が観測された（いずれも日平均値）。6 月 7 日から 8 月 8 日までの両者の差を ΔT としてその変化を解析した結果、ほとんどの場合 $\Delta T < -1^\circ\text{C}$ で推移した。すなわち、暖候期は水温が気温に比べて 1～4℃ほど高いことが多く、海水からは大気に対して平均的に放熱していたことが明らかとなった。ただし、 $\Delta T = 0^\circ\text{C}$ が数日継続した日（6 月 8 日、7 月 1～3 日、8 月 7 日）も計 5 日ほどあった。 $\Delta T > 0^\circ\text{C}$ の日は特異的に出現したが（6 月 21 日と 8 月 8 日）、いずれも前日にかけての大雨や強風が観測されており、極端に水温が低下したことがその原因と考えられた。いずれにしても、突発的な気象現象は水温や水温－気温間の大小関係を大きく変化させる可能性がある。比較的精度の高い温度の日平均値を得るためには、1 時間ないし 30 分間隔の連続観測は不可欠である。

（2）問題点等

今年度は、現地における観測システムの構築・運用に集中したため、十分にデータを解析するには至らなかった。また、水温に関して観測点数が 1 点のみであったことも問題点であった。白点病の理解には、底層の温度環境の把握もより重要である。今後は観測点数を増やすとともに、全層的な温度構造の解析を行う必要がある。また、観測システムの耐風については十分に

3. 今後の展望

上述のように、2017 年度は深い深度での水温測定が実現できなかったため、2018 年度は前年度の計測を継続するとともに、10 m 深度での水温測定を新たに実施予定である。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にも併せて取り組み、それら

の動態を予測する予定である。

引用文献

上野 成三, 永田 良助, 山崎 英活, 中山 哲巖, 2002: 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) の開発, 海岸工学論文集, 49, 1531-1535.

4. 業績リスト

(1) 学術論文

Daisuke Yasutake, Hironobu Tanioka, Aya Ino, Akihiko Takahashi, Takayuki Yokoyama, Makito Mori, Masaharu Kitano and Kiyoshi Miyauchi: Dynamic evaluation of natural ventilation characteristics of a greenhouse with CO2 enrichment. *Academia Journal of Agricultural Research*, 5(10), 312-319 (2017). DOI: 10.15413/ajar.2017.0164

(著書)

森 牧人, 2018: 中国地方各県の気候 (高知県の気候). *日本気候百科* (第7章3節), 丸善出版株式会社 (印刷中)

(2) 紀要

なし

(3) 報告書

なし

(4) 学会発表

Momoko Nishitani and ○Makito Mori, 2018: Reduced freezing tolerance of the tea plant (*Camellia sinensis* L. var. Yabukita) during a late frost season. *International Symposium on Agricultural Meteorology 2018* (to be held at Kyushu University, Fukuoka, Fukuoka, Japan, on 13-16 March, 2018).

○森 牧人, 門田晃誠, 佐々浩司, 2018: 降水効率及び標準雨量指数を用いた高知市の気候解析. 日本農業気象学会 2018 年全国大会 (2018 年 3 月 13 日~3 月 16 日・九州大学伊都キャンパス)

古川 亨・○森 牧人・西村安代・一色隆太郎・安武大輔, 2017: 葉の水ポテンシャルと電解質漏出率に着目したチャの耐凍性評価とその季節変

化. 平成 29 年度日本農業気象学会中国・四国支部大会 (平成 29 年 12 月 7 日~8 日; 鳥取大学鳥取キャンパス)

原田理紗子・○森 牧人・谷岡紘亘・安武大輔, 2017: 夜間冷却条件下の結露生成に関する基礎研究—観測とシミュレーション—. 平成 29 年度日本農業気象学会中国・四国支部大会 (平成 29 年 12 月 7 日~8 日; 鳥取大学鳥取キャンパス)

(5) セミナー等の開催

なし

(6) 地域貢献活動

(高知県長岡郡大豊町怒田地区住民向けの) ニュースレター「ぬたた」2018 年 3 月号への記事「怒田の気象—2017 年 1 月~11 月—」(現在印刷中).

(7) 外部資金

「平成 29 年度科学研究費補助金」
基盤研究(C) (No. 16K07958) 「植物の再帰的夜間冷却機構を考慮したGPS支援型広植生域最低気温予測システムの構築」(2016-04-01~2019-03-31) (代表) 100 千円 (直接経費) 45 千円 (間接経費) [平成 29 年度]

基盤研究(B) (海外) (No. 17H04634) 「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」(2017-04-01~2020-03-31) (代表) 3,200 千円 (直接経費) 870 千円 (間接経費) [平成 29 年度]

「受託研究」

平成 28 年度京都大学防災研究所地域防災実践型共同研究 (特定) 「レーダーネットワークを活用した総合防災システムの構築; 課題番号 28R-01」 (分担) 100 千円

高知大学防災推進センターのプロジェクト (平成 28 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) 300 千円

(8) その他

「バイオマス TOSA」サブプロジェクト

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

風蝕エネルギーが土壌水分に影響する深度

風蝕の発生機構を明らかにするため、表1に示すエネルギーを真砂土（粘土13%）および火山灰土（粘土26%）に与え、室内で実験を行った。その結果、風蝕エネルギー最も大きい709Jで、真砂土、火山灰土共に土壌表面から10mm程度まで水分の低下が見られた(図1)。また、土壌中の水ポテンシャルが低い（乾燥状態）における水分勾配が大きくなる傾向にあった。このことから、風蝕による水分低下は土壌表面に留り、土壌全体の水分低下は見られなかった。

風蝕に対する土壌中の水ポテンシャルとエネルギーがおよぼす影響

土壌中の水ポテンシャルを変化させた条件で、表1に示すエネルギーを与えた結果を図2に示す。

真砂土では、すべての風エネルギーで土壌中の水ポテンシャルが高い領域では風蝕が抑えられ、乾燥が進むと風蝕量が増加傾向にあったが、さらに乾燥が進むと風蝕が低下する傾向にあった。風蝕エネルギーが最も大きい709Jのときの風蝕量が大きくなった。

一方、火山灰土に、エネルギーが709Jのときには、乾燥によりも風蝕量が増加し、さらに乾燥が進むと風蝕量が減少する傾向にあったものの、土壌水分ポテンシャルの変化よりは、エネルギーによる差が、風蝕に影響を与えた。

表1 風速・時間と風蝕エネルギーの関係

風速(m/s)	時間(s)	エネルギー(J)
0	60	0
0	180	0
0	300	0
0	600	0
5	60	9
5	180	27
5	300	44
5	600	89
10	60	71
10	180	213
10	300	355
10	600	709

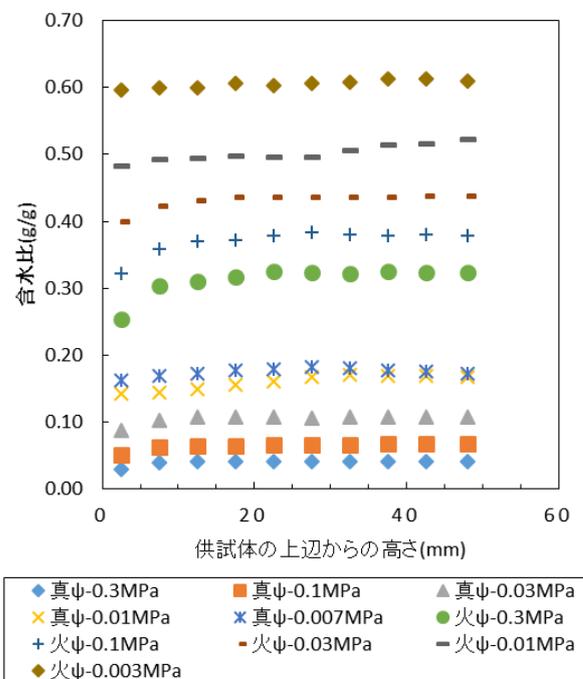


図1 風蝕エネルギー 709J のときの深さ方向の土壌水分分布

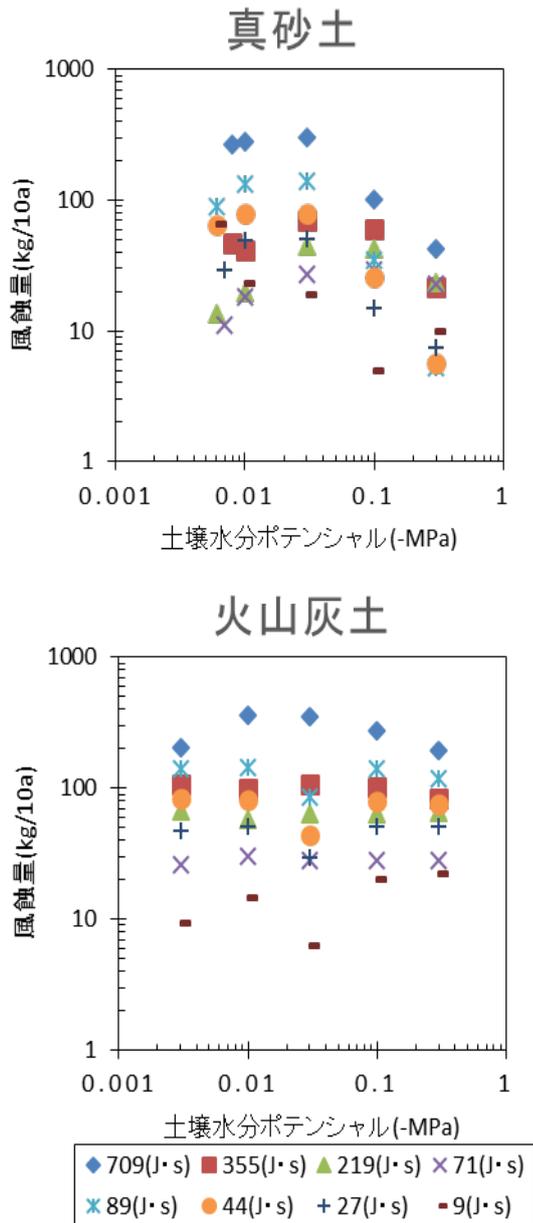


図 2 土壌中の水ポテンシャルとエネルギーが風蝕に与える影響

特に火山灰土の風蝕は、真砂土と比較し土壌中の水ポテンシャルの低下による影響が少なく、侵蝕量が大きくなった。

しかし、風蝕エネルギーが最大と最小のときを除いて、風蝕量とエネルギーとの関係が明確に示されなかった。これは、風速だけではなく時間による影響が関与していることを示唆する。

(2) 問題点等

・本年度は、風蝕エネルギーとして取りまとめを行ったが、風速と時間についての検証が十分ではない。したがって、次年度以降より綿密な、風速と時間に関するデータの積み重ねが必要である。また、風向に関する検討を加える必要がある。

3. 今後の展望

我が国における土壌侵蝕は、水蝕による研究が主に行われてきたが、風蝕に関する研究は、手法を含め十分ではない。本件研究は、風蝕研究に関する知見を加えることで、風蝕防止に関する対策の一助となることが期待される。

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・川谷真輝 (2017) : 土壌の粒径分布と土壌の水ポテンシャルが風蝕に与える影響について、平成 29 年度農業農村工学会大会講演会、一般講演 (2017.08.31 藤沢市)

佐藤泰一郎 (2017) : 農地保全分野における研究動向、農業農村工学会農地保全研究部会第 38 回農地保全研究部会研究集会、自由講演 (2017.11.16 福山市)

(5) セミナー等の開催

(公社)農業惣村工学会農地保全研究部会 第 1 回農地保全研究部会勉強会、主催 (2017.08.31 藤沢市)

(公社)農業農村工学会農地保全研究部会 第 38 回研究集会、主催(福山市, 2017.11.16)

(6) 地域貢献活動

土壌肥料畑作における土づくりの基礎、2017 年大豊町立 山村農業実践センター研修会 講師 (2017.06.05, 06.12 大豊町)

食の安定・安全・安心を創出する農業基盤整備の育成、第 4 回稲生びわも祭り、講演 (2017.06.11 南国市)

高知県農業農村整備事業計画審査会、平成 29 年度高知県農業農村整備事業計画審査会、委員 (議長) (2016.11.28 高知市)

中国四国農政局四国土地改良調査管理事務所、平成 29 年度 第 1 回 高知南国地区環境検討委員会、委員 (2017.10.06 南国市)

中国四国農政局四国土地改良調査管理事務所、平成 29 年度 第 2 回 高知南国地区環境検討委員会、委員 (2018.01.31 南国市)

(7) 外部資金

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、本種の毒性やその沿岸海域における動態の詳細は明らかになっていない。そこで本研究では、調査対象水域としてシガテラがしばしば起こっている沖縄沿岸域と、水温上昇が進行し、今後その発生リスクが上昇すると考えられる土佐湾沿岸域に注目して本種の動態調査を行うと同時に、その毒性について明らかにしようとした。

2. 研究結果

(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(207×10^{-4} MU/1,000 cells)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。さらに、定量PCR法により *G. silvae* の現場動態を求めた結果、本種はいずれの海域においても浅い地点から深い地点まで鉛直的に幅広く分布し、とりわけ沖縄県の深い地点にて発生密度が高かった。また、本種は高知県よりも沖縄県にて高密度に発生した。以上のことから、本種は水深10–30m 地点の現場環境条件

に適応して活発に増殖・発生すること、さらに強い毒性を有することから、沖縄の沿岸域におけるシガテラ毒魚の毒化原因種として重要であると推察された。

3. 今後の展望

本年度得られた結果より、本邦の沿岸域、とりわけシガテラが頻発する沖縄県沿岸域において、鉛直的に広範囲に *Gambierdiscus silvae* が発生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。よって、本種がどのような環境条件にて発生し、魚類を毒化させるかを明らかにすることは、毒化の予知を行う上でも重要である。しかし、本種の増殖特性は未解明である。よって、次年度以降に培養試験を行うことにより本種の増殖特性を明らかにする予定である

4. 業績リスト

(1) 学術論文

Yihua Lyu, Mindy L. Richlen, Taylor R. Sehein, Mireille Chinain, Masao Adachi, Tomohiro Nishimura, Yixiao Xu, Michael L. Parsons, Tyler B. Smith, Tianling Zheng, Donald M. Anderson (2017) LSU rDNA based RFLP assays for the routine identification of *Gambierdiscus* species. Harmful Algae 66, 20–28.

Victor Marco Emmanuel N. Ferriols, Ryoko Yaginuma-Suzuki, Kazunari Fukunaga, Takashi, Kadono, Masao Adachi, Shigeki Matsunaga, Shigeru Okada (2017) An exception among diatoms: unique organization of genes involved in isoprenoid biosynthesis in *Rhizosolenia setigera* CCMP 1694. Plant Journal 92, 822–833.

Tomohiro Nishimura, Wittaya Tawong, Hiroshi Sakanari, Takuji Ikegami, Keita Uehara, Daiki Inokuchi, Masashi Nakamura, Takuya Yoshioka, Shota Abe, Haruo Yamaguchi, Masao Adachi Abundance and seasonal population dynamics of the potentially ciguatera-causing dinoflagellate *Gambierdiscus* in Japanese coastal

areas between 2007 and 2013. Plankton Benthos Research, in press.

(2) 紀要
該当無し

(3) 報告書
該当無し

(4) 学会発表
本間千穂・井口大輝・山口晴生・佐藤弘泰・足立真佐雄. 次世代シーケンサーを用いたアオブダイの胃内容物の網羅的解析. 第19回マリンバイオテクノロジー学会仙台大会, 演題番号PG-3. 東北大学 (6月3日~4日・平成29年) (ポスター)

Takashi Kadono, Arisa Miyagawa-Yamaguchi, Yuji Tomaru, Takuma Okami, Takeshi Ohama, Masanori Okauchi, Haruo Yamaguchi, Kohei Ohnishi, Masao Adachi. Characterization of a *Chaetoceros salsugineum*-infecting DNA virus promoter of a replication-associated protein gene in *Phaeodactylum tricornutum*. The 4th International Conference "Molecular Life of Diatoms" (The 73rd Fujihara Seminar), Oral presentation, Kobe, Japan (from 9 to 13 July 2017). (ポスター)

Nozomu Kira, Kohei Ohnishi, Arisa Miyagawa-Yamaguchi, Takashi Kadono, Masao Adachi. Nuclear transformation of the diatom *Phaeodactylum tricornutum* using PCR-amplified DNA fragments by microparticle bombardment. The 4th International Conference "Molecular Life of Diatoms" (The 73rd Fujihara Seminar), Poster presentation P63, Kobe, Japan (from 9 to 13 July 2017). (ポスター)

Yumi Watanabe, Takashi Kadono, Nozomu Kira, Kengo Suzuki, Osamu Iwata, Haruo Yamaguchi, Masao Adachi. Development of endogenous promoters driving high-level expression of introduced genes in the model diatom *Phaeodactylum tricornutum*. The 4th International Conference "Molecular Life of Diatoms". The 73rd Fujihara Seminar, Poster presentation P62, Ikuta Shrine Hall, Kobe, Japan (from 9 to 13 July 2017).. (ポスター)

Masao Adachi, Takashi Kadono, Arisa Miyagawa-Yamaguchi, Yuji Tomaru, Takuma Okami, Takeshi Ohama, Masanori Okauchi, Haruo Yamaguchi, Kohei Ohnishi. Development of novel promoters and genetic transformation using PCR amplified fragments. The 4th International Conference "Molecular Life of Diatoms" (The 73rd Fujihara Seminar), Ikuta Shrine Hall, Kobe, Japan (from 9 to 13 July 2017).「招待」

Alvin P. Monotilla, Tomohiro Nishimura, Masao Adachi, Masanori Hiraoka. Prezygotic and postzygotic reproductive isolation of tropical sea lettuce *Ulva*. 11th International Kuroshio Science Symposium, Oral presentation O1-02, Kochi, Japan (from 24 to 26 July 2017). (口頭)

西村朋宏・内田肇・鈴木敏之・Wittaya Tawong・阿部翔太・有光慎吾・足立真佐雄. 底生性渦鞭毛藻 *Prorocentrum emarginatum* complex に属する下痢性貝毒原因毒産生株の初報告. 2017年度日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会, 滋賀県立大学(9月3日~5日・平成29年). (口頭)

Chiho Homma, Daiki Inokuchi, Tomohiro Nishimura, Haruo Yamaguchi, Hiroyasu Sato, Kouhei Onishi, Masao Adachi. Determining the diet of parrot fish (*Scarus oviifrons*) using a 18S metabarcoding analysis. The Japanese Society of Fisheries Science 85th Anniversary-Commemorative International Symposium, Poster presentation SP08-13, Tokyo University of Marine Science and Technology, Tokyo, Japan (from 22 to 24 September 2017). (ポスター)

Hiroshi Funaki, Shouta Yoshii, Yuta Tanii, Kana Hashimoto, Tomohiro Nishimura, Kouki Tanaka, Ippei Yanagida, Haruo Yamaguchi, Masao Adachi. Vertical and horizontal species composition of ciguatera-causing dinoflagellate *Gambierdiscus* spp. (Gonyaulacales) in southern coastal areas of Japan. The Japanese Society of Fisheries Science 85th Anniversary-Commemorative International

Symposium, Poster presentation SP05-01, Tokyo University of Marine Science and Technology, Japan (from 22 to 24 October 2017). (ポスター)

Philipp Hess, Francesco Pisapia, Manoëlla Sibat, Véronique Sécheta, Korian Lhaute, Ryuichi Watanabe, Toshiyuki Suzuki, Pierre-Jean Ferron, Valérie Fessard, Catherine Roullier, Santiago Fraga, R. Wayne Litaker, William C. Holland, Silvia M. Nascimento, Masao Adachi, Tomohiro Nishimura, Christine Herrenknecht. Chemical diversity in the genus *Gambierdiscus*, with a focus on Ciguatoxins and Maitotoxins. 6th International Symposium Marine and Freshwater Toxins Analysis, Oral presentation No number, Baiona, Spain (from 22 to 25 October 2017) (ポスター)

谷井勇太・三村克哉・橋本佳奈・船木紘・西村朋紘・田中幸記・柳田一平・山口晴生・足立真佐雄. *Gambierdiscus* 属新奇種に特異的な定量 PCR 法の開発ならびに本邦沿岸域におけるその発生状況の検討. 平成 29 年度日本水産学会中国・四国支部例会, オルガビル 4 階会議室(12 月 2 日~3 日・平成 29 年). (口頭)

Masao Adachi, Takuya Yoshioka, Shota Yoshii, Natsuki Kimoto, Tomohiro Nishimura, Hiroshi Funaki, Chiho Honma, Kouki Tanaka, Ipei Yanagida, Haruo Yamaguchi, *Gambierdiscus* species composition at deep sites (15-30 m depths) in Japanese coastal waters and the effect of irradiance on the growth of a dominant species at the sites, 10th EASTHAB Symposium, Hakodate, Japan(12 月 13 日~14 日・平成 29 年). (口頭)

角野貴志・外丸裕司・渡邊夢実・鈴木健吾・岩田修・足立真佐雄. 海産珪藻における珪藻感染ウイルス由来遺伝子産物のサイレンシング抑制効果の検証. 第 4 回分子珪藻研究会, 関西学院大学大阪梅田キャンパス (12 月 23 日・平成 29 年).

船木紘・吉岡拓也・吉井将太・西村朋宏・柳田一平・山口晴生・足立真佐雄. シガテラ原因藻 *Gambierdiscus silvae* の本邦沿岸域か

らの初報告. 平成 30 年度日本水産学会春季大会, 東京海洋大学(3 月 26 日~30 日・平成 30 年).

角野貴志・外丸裕司・渡邊夢実・鈴木健吾・岩田修・足立真佐雄. ウイルス由来の遺伝を導入した海産珪藻におけるサイレンシング抑制に関する研究. 平成 30 年度日本水産学会春季大会, 東京海洋大学(3 月 26 日~30 日・平成 30 年).

Victor Marco Emmanuel Ferriols・Masao Adachi・Shigeki Matsunaga・Shigeru Okada. Investigation into the substrates involved in highly branched isoprenoid biosynthesis in *Rhizosolenia setigera*. 平成 30 年度日本水産学会春季大会, 東京海洋大学(3 月 26 日~30 日・平成 30 年).

(5) 講演会・セミナー等の活動

平成 29 年度有害・有毒プランクトン種名問題検討会における講義、於：水産庁瀬戸内海漁業調整事務所、平成 29 年 10 月 11 日

農林海洋科学部公開セミナー、微細藻による CO₂ 固定と有用物質の生産、於：高知大学物部キャンパス、平成 30 年 3 月 19 日

(6) 指導学生の受賞

第 19 回マリンバイオテクノロジー学会 特別賞、本間千穂・井口大輝・山口晴生・佐藤弘泰・足立真佐雄. 次世代シーケンサーを用いたアオブダイの胃内容物の網羅的解析. 第 19 回マリンバイオテクノロジー学会仙台大会, 演題番号 PG-3. 東北大学 (6 月 3 日~4 日・平成 29 年)

平成 29 年度日本水産学会中国・四国支部例会 優秀賞 谷井勇太. *Gambierdiscus* 属新奇種に特異的な定量 PCR 法の開発ならびに本邦沿岸域におけるその発生状況の検討. 平成 29 年度日本水産学会中国・四国支部例会, (12 月 2 日~3 日・平成 29 年).

(7) 外部資金

「科研費」

「平成 28 年度科学研究費補助金」 基盤研究 B 代表 3 1 0 0 千円(直接経費) 9 3 0 千円(間接経費)

「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」 5 0 0 0 千円

「農林水産技術会議委託プロジェクト研究一

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 2 1 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

「共同研究」
「異種由来遺伝子の導入によるフコキサンチン大量生産海産珪藻の創製」、株式会社ユーグレナ、1 0 0 0 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、2 0 0 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、4 6 千円