

# 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」

(令和3年度)

# 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	19		
	著書	2		
	紀要	0		
	報告書	0		
	学会発表	18		
	セミナー・講演会・シンポジウム等の開催	2		
地域貢献		12		
外部資金			科研費	10,611
			共同研究	6,412
			受託研究	11,090
			奨学寄付金	4,420

		その他	243
		合計	30,926
特許等	0		
その他特記事項	5		

## 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

- ・ニラの養液栽培において、培養液が高温になりやすい時期に適温に冷却することで、生育が良好となり、収量が落ちやすい高温期でも増収が可能であると示唆された。(西村)
- ・食用カンナを増加する休耕田で稲わらの代替家畜飼料として導入する場合、地上部の収量向上には新植栽培より再生栽培が有効であること、耐倒伏性の向上には強稈の系統を選抜する必要性が示された。(宮崎)
- ・GHP 排ガスと局所加温による生産性の向上、建築物壁面を利用した園芸ハウスの構築、ソーラーシェアリング下の新たな栽培品目について実証した。(宮内)
- ・広葉樹材の収穫技術について、軽架線を用いた試験作業により小規模機械による一連の方式を提示できた。基盤となる中山間地の公道を含めた路網整備について、現況把握から研究を着手した。(鈴木)
- ・国立室戸青少年自然の家において、土佐備長炭の原材料として用いられるウバメガシの立木を9本伐倒して材積を測定し、立木の利用材積推定式を作成した。(守口)
- ・高知県野見湾で養殖生産されるカンパチについて、その遊泳行動に関するデータ収集活動を、7月から12月の間に実施し、連鎖球菌症の流行期において、撮影の場所と位置を検討することができた。(今城)
- ・ブリ幼魚は冬季において12月が最もコラーゲン含量が高くなること、遊離態及びペプチド態のヒドロキシプロリン含量の変動から、コラーゲン合成及び分解は11月から12月にかけて亢進しているものと推察した。(森岡)
- ・アブラムシに由来シイネに褐変を誘導するエリシターの探索を行い、活性画分の主要ピークとして非

芳香族物質 A (分子量 434) と芳香族性物質 B (分子量 234) を特定した。

- ・食用昆虫の乾燥特性に関する研究を行い、その特性の乾燥区分を特定して、これをシミュレーションするためのモデルについて検討した。(河野)
- ・風のせん断力と土のせん断力との関係から風蝕量の変化を検討し、広く利用される土壤硬度計を利用した風蝕抑制のための指標について言及した。(佐藤泰)
- ・本研究では予報後の GPV データ (気温と日射量) の漁業の現場における有効活用を視野に入れ、野見湾 (高知県須崎市) に設置されたブイの観測データとの比較を行った (森)。
- ・本邦沿岸域にて発生するシガテラ原因藻の 1 種である *Gambierdiscus* 属藻について、既報 5 種に加えて、未報告な 4 つの新規系統型を新たに発見し、これらが本邦におけるシガテラ原因種である可能性を指摘した。(足立)
- ・令和 3 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(R3. 9. 21)。
- ・令和 3 年度「バイオマス～TOSA」プロジェクト最終報告会を開催し、研究報告を行った (R4. 3. 10)。

### 2-3 特筆すべき事項

- ・令和 3 年度日本ベントス学会・プランクトン学会合同大会, 鹿児島 (オンライン, 2021/9/17-20)  
「内部標準を用いた定量的メタバーコーディングの検討」、指導学生がプランクトン学会学生発表優秀賞を受賞、大塚有希菜 (2021 年 9 月 17 日) (足立)
- ・第 19 回国際有害有毒藻類学会にて、「Effect of adding macroalgal extracts on the growth of *Gambierdiscus scabrosus* and *G. silvae* isolated from Japan」、指導学生が The Maureen Keller Student Award (ICHA において最優秀学生プレゼンテーション賞を受賞、安宅太一 (2021 年 10 月 10-15 日))
- ・2021 年度森林利用学会第 28 回学術研究発表会, 松山 (ハイブリッド, 2021/11/27) 「高知大学演習林における軽架線を用いた広葉樹材の伐出」、指導学生が学生優秀論文発表賞を受賞、立石将彬 (2021 年 11 月 27 日) (鈴木)
- ・2021 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 立石将彬 (「2021 年度森林利用学会第 28 回学術研究発表会 学生優秀論文発表賞」受賞を受けての学部指導学生の表彰；2022 年 2 月 9 日) (鈴木)
- ・第 32 回ヤンマー学生懸賞論文 (表彰式 2022/1/21)、「地域資源を活用した新たな食農産業の展開～アクアポニックスの 6 次産業化～」、指導学生が優秀賞を受賞、芝原翔悟、常盤梨花、野中聡子、山下紗佳 (宮内)
- ・朝日新聞エデュア vol. 56 (2022 年 2 月号) 『学びの最前線』で蔬菜園芸学研究室が紹介された (2022 年 2 月 13 日発行)、ネット版 <https://www.asahi.com/edua/article/14543435> (西村)
- ・顕著な研究業績として、下記の Harmful Algae 誌 (IF: 4.273) への論文掲載があった。  
Funaki, H., Gaonkar, C. C., Kataoka, T., Nishimura, T., Tanaka, K., Yanagida, I., Abe, S., Yamaguchi, H., Nagasaki, K., Adachi, M., Horizontal and vertical distribution of *Gambierdiscus* spp. (Dinophyceae) including novel phylotypes in Japan identified by 18S rDNA metabarcoding,

#### 2-4 新たな予算獲得や企画立案の取り組みについて

- ・伐倒木の年輪を判読して時系列成長モデルも構築する予定である。また、3月中には高知大学演習林にウバメガシの苗木を植栽し、高標高地の人工林をウバメガシに転換する長期試験を行う予定である。(守口)
- ・「リアルタイム動画画像解析を活用した魚病早期発見プログラム開発」という研究題目で、株式会社PCRとの共同研究を締結した。(今城)

#### 2-5 本年度行ったシンポジウム、講演会、研究会等の開催等

- ・国立室戸青少年自然の家の田村純久氏とウバメガシ伐倒調査の打合せを行った。(2021/7/19)。(守口)
- ・国立室戸青少年自然の家の田村純久氏とウバメガシ林のドローンによる撮影、および伐採更新地の調査の打合せを行った。(2022/1/6)。(守口)
- ・オンライン研修「2021年度課題別研修 アフリカ地域 稲作振興のための中核的農学研究者の育成」  
オンライン研修期間：2021年11月8日～22日(宮崎)
- ・物部川合同堰水利権更新に関わる灌漑水量の算定についての講義(高知県農林水産部農業基盤課および物部川井筋土地改良区, 2022.02.21, 2022.03.14)(佐藤泰)
- ・2021年度森林利用学会第28回学術研究発表会・現地見学会・シンポジウム(松山市・宇和島市) 愛媛大学と高知大学で共催、シンポジウム「林内道路ネットワークの再考」においてパネリストとして話題提供(2021年11月26～28日)(鈴木)
- ・第43回施設園芸総合セミナー(2022/2/18)、テーマ「持続可能型施設園芸の発展に向けて」、【第2部】SDGsに対応した持続可能型施設園芸の確立に向けて、「中小規模園芸ハウス向けの省エネ対策」について講演、【第3部】パネルディスカッション「持続可能型施設園芸と収益性向上の方向性」に参加、Web開催(視聴)期間2022/3/28～4/18(宮内)

## 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

南日本沿岸域を中心とした本邦沿岸域では、毒化魚類を摂食することによって引き起こされるシガテラが散発的に発生し、食品衛生上の問題となっている。シガテラは海藻付着性の渦鞭毛藻 *Gambierdiscus* 属が産生する毒に起因する可能性が指摘されていることから、シガテラ発生機構の解明に向けて、本邦沿岸域に発生する本属藻類の発生種とその分布の網羅的な把握は重要である。これまでに本邦沿岸域の水深 0-30 m にかけて、現場試料から本属藻類の細胞を単離して培養株を確立することによって、本属 5 種/系統型の発生が報告されている(Nishimura et al., 2013; 2014; Funaki et al., 2018)。これに関連して近年、諸外国では現場海域に発生する *Gambierdiscus* 属の網羅的解析にメタバーコーディングが有用であるとの報告がなされている一方で (Kohli et al., 2014; Smith et al., 2017)、本邦沿岸域に関してその解析による報告はない。そこで本研究では、18S rDNA の塩基配列に基づくメタバーコーディングを用いることにより、本邦沿岸域における本属発生種とその分布の網羅的把握を目指した。

### 2. 研究結果

#### (1) 成果

本邦沿岸域由来の環境DNAを用いた18Sメタバーコーディングにより、*Gambierdiscus*に属する56,719 リードおよび93ユニーク配列がそれぞれ得られた。そのうち、50リード以上を示す配列は40ユニーク配列であった。次に、これらの40配列と既報の本属各種/系統型の配列を用いて分子系統樹を作成した結果、本邦産5種/系統型を含む本属6種/系統型および未記載の4系統型が見出され、後者をそれぞれ *Gambierdiscus* sp. Clade II\_1、同Clade II\_2、同Clade II\_3および同Clade VI\_1と名付けた。また、これらの発生状況を可視化するためにheatmapを作成した結果、Clade II\_2は両県のいずれの水深にも分布し、Clade VI\_1は沖縄県と高知県の深い地点にのみ分布していた一方で、Clade II\_1およびClade II\_3は沖縄県の浅い地点にのみ発生していた。以上の結果により、本邦沿岸域における本属藻類の水平・鉛直分布は種/系統型により異なることが示唆された。今

後は、これら未記載の系統型の培養株確立により、その毒性や発生条件を明らかにすることが望まれる。

(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、本邦沿岸域にて発生する *Gambierdiscus* 属藻類は *Gambierdiscus silvae* をはじめとして既報の 5 種に加えて、少なくとも 4 つの未記載の系統型が存在することが明らかとなった。よって、今後これらの培養株確立により、その毒性や発生条件を明らかにすることが望まれる。

### 4. 業績リスト

#### (1) 学術論文

- 1) Kadono, T., Tomaru, Y., Sato, N., Watanabe, Y., Suzuki, K., Yamada, K., Adachi, M., Characterization of *Chaetoceros lorenzianus*-infecting DNA virus-derived promoters of genes from open reading frames of unknown function in *Phaeodactylum tricornutum*, *Mar. Genomics* 61, 100921 (2022)
- 2) Funaki, H., Gaonkar, C. C., Kataoka, T., Nishimura, T., Tanaka, K., Yanagida, I., Abe, S., Yamaguchi, H., Nagasaki, K., Adachi, M., Horizontal and vertical distribution of *Gambierdiscus* spp. (Dinophyceae) including novel phylotypes in Japan identified by 18S rDNA metabarcoding, *Harmful Algae*, 111, 102163 (2022)
- 3) Gomi, K., Nakamura, Y., Kanda, M., Honda, K., Nakaoka, M., Homma, C., Adachi, M., Diel vertical movements and feeding behavior of blue humphead parrotfish *Scarus ovifrons* in a temperate reef of Japan. *Fish Biology*, 99, 131-142 (2021)

#### (2) 紀要

該当無し

(3) 報告書  
該当無し

(4) 学会発表  
＜招待講演＞

1) Kadono, T., Tomaru, Y., Sato, N., Suzuki, K., Yamada, K., Adachi, M., Activities of promoters derived from four diatom-infecting DNA viruses in the marine diatom *Phaeodactylum tricornutum*. *The Molecular Life of Diatoms 6. Virtually from San Diego, California*, (2021/6/12-14)(発表者: 足立)

＜国内学会＞

1) 角野貴志, 外丸裕司, 佐藤尚, 鈴木健吾, 山田康嗣, 足立真佐雄, 海産珪藻における高発現型新奇ウイルスプロモーターの探索, 第21回マリンバイオテクノロジー学会, 東京 (2021/5/15-16)

2) 大塚有希菜, 平野快, 本間千穂, 船木紘, 山口晴生, 足立真佐雄, 内部標準を用いた定量的メタバーコーディングの検討, 令和3年度日本ベントス学会・プランクトン学会合同大会, 鹿児島 (オンライン, 2021/9/17-20)

3) 平野快, 船木紘, 本間千穂, 田中幸記, 山口晴生, 足立真佐雄, 高知県浦ノ内湾における赤潮原因藻の出現動向と多様性, 令和3年度日本ベントス学会・プランクトン学会合同大会, 鹿児島 (オンライン, 2021/9/17-20)

＜国際学会＞

1) Funaki, H., Nishimura, T., Gaonkar, C. C., Kataoka, T., Tanaka, K., Yanagida, I., Tanii, Y., Hashimoto, K., Yamaguchi, H., Nagasaki, K., Adachi, M., Using 18S rDNA metabarcoding to determine the vertical and horizontal distribution and diversity of *Gambierdiscus* spp. (*Gonyaulacales*) in Japan, 19th International Conference on Harmful Algae, La Paz (Online, 2021/10/10-15)

2) Funaki, H., Nishimura, T., Gaonkar, C. C., Kataoka, T., Tanaka, K., Yanagida, I., Tanii, Y., Hashimoto, K., Yamaguchi, H., Nagasaki, K., Adachi, M., Using 18S rDNA metabarcoding to determine the vertical and horizontal distribution and diversity of *Gambierdiscus* spp. (*Gonyaulacales*) in Japan, Japan and New Zealand Joint Research Project: Mapping the predicted distribution of toxic benthic microalgae after forecasted global warming in

Japan and New Zealand, Nelson (Online, 2021/8/16-17)

3) Ataka, T., Funaki, H., Yamaguchi H., Adachi, M., Effect of adding macroalgal extracts on the growth of *Gambierdiscus scabrosus* and *G. silvae* isolated from Japan, 19th International Conference on Harmful Algae, La Paz (Online, 2021/10/10-15)

4) Ataka, T., Funaki, H., Yamaguchi H., Adachi, M., Effect of adding macroalgal extracts on the growth of *Gambierdiscus scabrosus* and *G. silvae* isolated from Japan, Japan and New Zealand Joint Research Project: Mapping the predicted distribution of toxic benthic microalgae after forecasted global warming in Japan and New Zealand, Nelson (Online, 2021/8/16-17)

5) Adachi, M., Hashimoto, K., Uchida, H., Nishimura, T., Oikawa, H., Funaki, H., Honma, C., Yamaguchi, H., Suzuki, T., Determination of optimal culture conditions for toxin production by a *Prorocentrum lima* complex strain with a high yield of diarrhetic shellfish toxins, 19th International Conference on Harmful Algae, La Paz (Online, 2021/10/10-15)

(5) 講演会・セミナー等の活動  
該当無し

(6) 外部資金

「受託研究」  
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 1632千円

「科研費」  
挑戦的研究(萌芽)、足立真佐雄(代表), 「珪藻による有用物質生産を目指して～高発現型の珪藻ウイルス由来ターミネーターの探索」, 直接経費 2,800千円(2021年度), [総額 4,800千円(2021~2022年度)]

「共同研究」  
二国間共同研究・学術振興会、日新両国における有毒な底生性微細藻の地球温暖化後の分布予測マップ作成プロジェクト、令和3~4年度、2,350千円, [総額 4,850千円(2021~2022年度)]

「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、1,000千円

「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) その他  
該当無し



## ニラの養液栽培における培養液の濃度と冷却の影響について

● 西村 安代（自然科学系農学部門）

### 1. 研究目的

昨年度の報告において、ニラの養液栽培における培養液の加温の影響について調査した結果、ハウス全体を加温しなくても培養液を温めることで生育促進効果があることが判明した。そのため、今回は周期的に栽培されているニラにおいて培養液が高温となる時期の冷却効果について、肥料濃度を変えて調査した。

### 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日にたん液式養液栽培ベッドに定植し、加温+肥料濃度処理の実験を行った同株を用いて、培養液温度が上昇してくる5月より培養液の冷却試験を開始した。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、この1.5倍濃度の2区を、また、2021年4月29日に収穫後、培養液の冷却処理は、2021年5月3日より25℃設定行い、対照として冷却しない無処理区を設置し、併せて4処理区とした。生育調査期間を刈取から次の刈取までの40日間とし、2021年4月29日～6月8日までをI期、6月8日～7月18日までをII期とした。

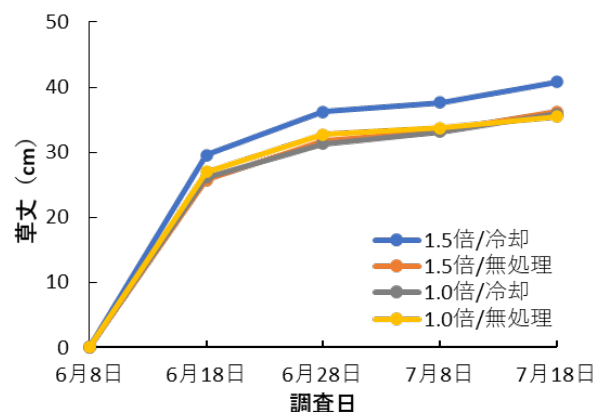
・結果：ベッド内の培養液の日平均水温は無処理区の2期において約30℃と高温となり、冷却区は処理区よりもI期では平均2℃、II期では5℃低くなった。

第1表 培養液および気温の日平均の期間平均(℃)

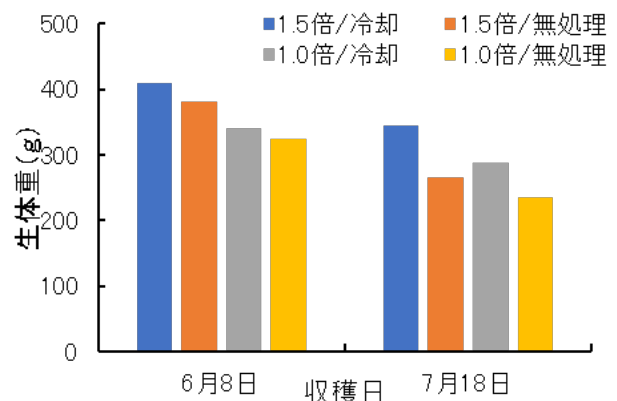
濃度	1.5倍		1.0倍		気温
	冷却	無冷却	冷却	無冷却	
I期	24.0	26.7	24.0	25.9	22.8
II期	24.7	30.7	24.9	29.5	26.9
全体	24.4	28.7	24.5	27.7	24.9

I期においては‘タフボーイ’では培養液の冷却効果は小さく、培養液濃度が高い方が、草丈、葉長、葉鞘長の生育は有意に促進された。一方、‘ミラクルグリーンベルト’は草丈と葉長において濃度と冷却の相互作用が認められた。II期にお

ける草丈は、両品種ともに1.5倍/冷却区で有意に長くなったが、他の3処理区間では差異は認められなかった(第1図)。生体重は、6月8日と7月18日の量調査日で1.5倍/冷却区で最も高く、1.0倍/無処理区で最低となった(第2図)。



第1図 培養液の濃度ならびに冷却が‘タフボーイ’の草丈伸長に及ぼす影響(II期)



第2図 培養液の濃度ならびに冷却が‘タフボーイ’の収量に及ぼす影響

分けつ数は、‘ミラクルグリーンベルト’では冷却区で無処理区よりも増加する傾向が認められたが、‘タフボーイ’では1.0倍/冷却区で最大となった。

以上の結果から、培養液温が高くなりやすい時期に適温に冷却することで生育が良好となり収量の増加が認められた。低温期の培養液の加温に加えて、高温期でも培養液温を調整することで収量が高くなったことから、周期的に最適な培養液温度をコン

トロールすることは増収に効果的であると推測された。



第3図 1.5倍/冷却区の生育状況

## (2) 問題点等

培養液温をコントロールすることは有効であることが判明したが、気温の上昇に伴い生育が旺盛となる初夏からは肥料吸収が良くなり、窒素欠乏が認められたため、今後は生育に合わせた培養液の管理方法や培養液組成について検討を加える必要がある。また、今回の結果は養液栽培の培養液温と同様に土耕栽培でも地温でも応用できるため、根の適温維持の重要差異が再認識された。

## 3. 今後の展望

ニラの養液栽培の可能性が示唆されたため、今後は栽植密度や、培養液以外の環境調整や電照処理を加えて更なる増収のための栽培管理方法について検討していく。

## 4. 業績リスト

### (1) 学術論文

・熱線透過抑制型の被覆フィルムによる高温抑制効果について、西村安代、施設と園芸 No. 194、35-42、日本施設園芸協会、2021.

### (2) 紀要

なし

### (3) 報告書

なし

### (4) 学会発表

1. 播種および定植時期の違いがニラの抽だいと生育に及ぼす影響、和田絵理子・山本正志・山崎浩実・西村安代、園学研 20(別 2)、332、2021.
2. 散乱光率の異なるフィルム下におけるグロリオサ栽培、西村安代・榎本未結・前田幾帆・宮本脩平・楠永祐藏、園学研 20(別 2)、394、2021.

### (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、2021年 9月 14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」1200 千円
2. 「ニラ用新型包装機の包装物のパーシャル包装の完成度評価」62 千円
3. 「超音波/電波照射による野菜の成長促進効果の検証」600 千円

「受託研究」

1. 「腐植酸液肥の作物に対する効果検証」1,170 千円
2. 「波長変換フィルムが農作物の生育に与える影響を評価するための委託実証実験」598 千円

「奨学寄付金」

なし

## (8) その他

「著書」

- ・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、地力アップ大事典、830-834、農文協、2022.

「記事掲載」

- ・朝日新聞エデュア vol. 56『学びの最前線』蔬菜園芸学研究室（2022年2月13日発行）、<https://www.asahi.com/edua/article/14543435>

## 温暖化の進行に対応した新規資源作物の導入

### 食用カンナの栽培技術および多分野利用開発

● 宮崎 彰（自然科学系農学部門）

#### 1. 研究目的

食用カンナは旺盛な地上部成長を示し、地下部の根茎に多量のデンプンを蓄積する作物である。根茎は食用・デンプン・機能性食品として、地上部は新たな家畜用飼料として、増加する休耕田への導入が期待される。

##### 1. 再生栽培の効果

地上部を飼料に利用する場合には、バイオマスだけでなく、栄養素としてカリウム (K)、カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg) が絶対値および相対値としてどれだけ含有されているかを検討する必要がある。一方、飼料用には植え付けが不要となる刈り取り・再生栽培が省力的であり、収量および飼料品質に及ぼす効果を検討する必要がある。そこで食用カンナの地上部重、根茎重およびミネラル含量に及ぼす再生栽培の効果を異なる系統間で新植栽培と比較し、再生栽培に適した系統を明らかにすることを目的とした。

##### 2. 突然変異系統の育成

食用カンナは、その旺盛な地上部生育から強風による倒伏が栽培上の深刻な課題となっている。食用カンナには交配育種が可能な有効な系統の組み合わせがほとんどないため、系統の育成には突然変異育種が有効と考えられる。本研究では、地上部収量、根茎収量および倒伏抵抗の観点から、有用な形質を備えた突然変異系統を軟 X 線照射により作出するとともに、収量および倒伏性の向上に関連する形質を明らかにすることを目的とした。

#### 2. 研究結果

##### (1) 成果

##### 1. 再生栽培の効果

[材料と方法] 実験には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。処理区として新植区および再生区を設けた。新植区では種イモを約 50 g に調整し切断面を消毒し、深さ約 8 cm で 2021 年 4 月 30 日に植え付けた。再生区では 2019 年に植え付けた株を成熟期に地際で刈り取り、再生・刈り取りした 3 年目の株を用いた。草丈および茎数を約 7 日毎に測定した。成熟期に生育が中庸な株をサンプリングし、地上部および根茎の生重および乾物重を測定した。地上部の乾燥試料を粉碎し、K, Ca, Mg 含有率を分析した。

[結果と考察] 再生栽培では新植栽培と比べ、萌芽が早く、生育期間が長くなり、茎数の増加とともに地上部重、さらには根茎重が増加したが、ミネラル蓄積からみた飼

料品質には系統間に有意な差がなく、系統⑬、⑭を除いて適正範囲であることが示された。したがって、地上部を家畜飼料とする場合には、再生栽培が有効であり、再生栽培において地上部重が高い系統 (②, ⑦, ⑫) を選抜することが適当であると考えられた。

##### 2. 突然変異系統の育成

[材料と方法] 食用カンナ・台湾赤系統に軟 X 線処理 (15 Gy/分) を施した 5 年目 (2017 年処理) 系統、4 年目 (2018 年処理) 系統および対照の台湾赤の計 16 系統を供試した。倒伏関連形質の調査を収穫前の 10 月下旬に行った。サンプリングを 10 月 29 日～11 月 10 日まで行い、地上部および根茎の生重を測定し、根茎の乾物重を測定した。

[結果と考察] 地上部収量を高めるためには茎数が多い系統を、根茎収量を高めるためには、茎 1 本当たりの根茎生重が重く、茎が太い系統を選抜する必要性が示唆された。また、倒伏指数を低下させるためには、地上部を矮化させるのではなく、押し倒し抵抗が強く、さらには茎断面積当たりの押し倒し抵抗が強く、いわゆる強稈の系統を選抜する必要性が示された。対照区である系統①を有意に上回る収量性および耐倒伏性の系統はなかったが、相対的に地上部収量が高い系統 (③) および倒伏指数が低い系統 (②) が見出された。

##### (2) 問題点等

##### 1. 再生栽培の効果

地上部を利用目的とする場合の再生栽培の極めて高い有効性が示された。ミネラル蓄積からみた飼料品質が成熟期に限らずいずれの生育ステージでも基準値内であるか検証する必要がある。

##### 2. 突然変異系統の育成

耐倒伏性を高めるための選抜指標として、これまで地上部の矮化を重視してきたが、本研究結果から強稈性が重要であることが示された。本研究結果を検証するとともに、今後の選抜指標を見直す必要がある。

#### 3. 今後の展望

突然変異株より遺伝的変異が大きいカンナ属 10 種系統を用いて、耐倒伏性に寄与する形質を明らかにする。優れた種系統を用いて系統育種を再検討する必要がある。カンナデンプンの機能性に関心のある企業があり、共同研究者とともに特許申請や製品化を検討中である。地域産業の振興に貢献できるよう進めたい。

#### 4. 業績リスト

##### (1) 学術論文

1. Yamamoto, Y., Yoshida, T., Ishima, H., Yoshida, T., Manselinus, Pasolon, Y., B., Rembon, F., S., Manaroisong, E., Sayangbati, C., Maliangkay, R., B., Tenda, E., and Miyazaki, A. 2021. Changes in Biomass with the Plant Age of Sugar Palm (*Arenga pinnata* Merr.) Grown in Tana Toraja, South Sulawesi, and Tomohon, North Sulawesi, Indonesia. Sago Palm 29(2): 63-74.
2. Yamamoto, Y., Ishima, H., Yoshida, T., Rembon, F. S., Namriah, Kawamura, S., Hardaning, P., Fauzan, Y. S. A., Haska, N., Ochi, A., and Miyazaki, A. 2021. Leaf Characteristics and Biomass of Gebang Palms (*Corypha utan* Lamk.) Grown in Kupang, East Nusa Tenggara, and on Muna Island, Southeast Sulawesi, Indonesia. Tropical Agriculture and Development 65(4) : 177-184.
3. Yamamoto, Y., Yoshida, T., Ishima, H., Yoshida, T., Manselinus, Pasolon, Y. B., Rembon, F. S., Manaroisong, E., Sayangbati, C., Maliangkay, R. B., Tenda, E., and Miyazaki, A. 2021. Growth characteristics and starch productivity of sugar palms (*Arenga pinnata* Merr.) in Tana Toraja, South Sulawesi, and Tomohon, North Sulawesi, Indonesia. SAGO PALM 29(1): 25-38.
4. Yamamoto, Y., Kawamura, S., Ishima, H., Yoshida, T., Hardaning, P., Fauzan, Y. S. A., Haska, N., Rembon, F. S., Namriah, Ochi, A., and Miyazaki, A. 2021. Growth characteristics and starch productivity of Gebang Palms (*Corypha utan* Lamk.) grown in Kupang, Nusa Tenggara and on Muna Island, Southeast Sulawesi, Indonesia. Tropical Agriculture and Development 65 (3): 153-162.
5. Miyazaki, A., Shiino, Y., Otani Y., and Yamamoto, Y. 2021. Changes in the amounts and constituents of essential oils during *Curcuma* species growth. Tropical Agriculture and Development 65(3): 138-145.
6. Miyazawa, J., and Miyazaki, A. 2021. Sowing rice in furrows and its effect on soil moisture and seedling emergence under rainfed conditions in Benin, West Africa. Tropical Agriculture and Development 65 (3): 125-131.
7. Yamamoto, Y., Kawamura, S., Yanagidate, I., Yoshida, T., Ichimaru, T., Pasolon, Y. B., Rembon, F. S., Pasulu, A. D., and Miyazaki, A. 2021. Growth characteristics and starch productivity of sugar palms (*Arenga pinnata* Merr.) grown on Muna Island, Southeast Sulawesi, Indonesia. Tropical Agriculture and Development 65 (2): 97-109.
8. Yamamoto, Y., Kawamura, S., Ichimaru, T., Pasolon, Y. B., Pasulu, A. D., Yoshida T., and Miyazaki, A. 2021. Sap collection from sugar palms (*Arenga pinnata* Merr.) on Muna Island, Southeast Sulawesi, Indonesia. Tropical Agriculture and Development 65 (2): 75-83.

##### (2) 紀要 無

##### (3) 報告書 無

##### (4) 学会発表

1. Akira Miyazaki, Yukari Shiino, Hiroshi Hayakawa, Yoshito Ohtani, and Yoshinori Yamamoto, Genetic variations of rhizome yield, essential oil content and constituents in *Curcuma* species and strains. 10th Asian Crop Science Association Conference, Online Japan, 8-10 September, 2021.
2. Joji Miyazawa and Akira Miyazaki, Climate impact on yield and cultivation area of rainfed rice in Central Benin, West Africa. 10th Asian Crop Science Association Conference, Online Japan, 8-10 September, 2021.
3. Joji Miyazawa, Akira Miyazaki, and Koichi Futakuchi, Effects of furrow sowing on soil moisture and yield of rainfed upland rice in Benin, West Africa. 日本作物学会 四国支部, オンライン講演会, 2021年11月25日
4. Rodolphe Noubiap Watchou, Akira Miyazaki, Kamal Shrestha, Mitsukazu Sakata, Effect of seed coating with fertilizers on emergence and early growth in upland rice. 日本作物学会四国支部, オンライン講演会, 2021年11月25日
5. Rodolphe Noubiap Watchou, Akira Miyazaki, Kamal Shrestha, Mitsukazu Sakata, Emergence and early growth in upland rice seed coated with nutrient fertilizers. 日本熱帯農業学会, オンライン講演会, 2022年3月15日

##### (5) セミナー等の開催

オンライン研修「2021年度課題別研修 アフリカ地域稲作振興のための中核的農学研究者の育成」2021年11月8日～22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, 2021年6月25日～7月30日
2. 高知県食の安全・安心推進審議会委員, 2020年11月9日～2022年1月31日

##### (7) 外部資金

1. 「令和3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 直接経費：950千円（全体1,100千円）、間接経費：285千円（全体330千円）
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：作物生産の最適化に向けた生育診断技術と環境ストレス適応技術の確立。2021年度：1080千円（直接経費）
3. 「受託研究」JICA研究員受入 2021年度：360千円（直接経費）
4. 「奨学寄付金」四国建設コンサルタント助成金 2021年度：428千円（直接経費）22千円（間接経費）

##### (8) その他 無

## 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、GHP 排ガス利用時の環境改善資材導入の効果、建築物壁面を利用した園芸ハウスの構築、ソーラーシェアリング下の新たな栽培品目について検証した。

### 2. 研究結果

#### （1）成果

#### ① GHP を活用したハウス環境制御

イチゴの施設栽培における GHP 排ガス循環による炭酸ガス施用、太陽熱温水器とスポットヒーターによる局所加温に加え、遮熱資材を用いた植生域の環境改善を行い、収量・品質への効果とエネルギーコストについて検討した。

試験ハウス内における晴天時の日中気温は 23℃程度、CO<sub>2</sub>濃度は 1200ppm 程度まで上昇した。排ガス施用の安全性を調査した結果、CO 濃度、NO<sub>x</sub> 濃度は環境省の示す安全基準を満たしていることが確認された。株元ヒーター、太陽熱温水器を用いた場合には、どちらも夜間の株元温度は対象区と比較して 5～9℃程度高く推移した。1日の消費電力量は、株元ヒーターが約 0.13kWh、太陽熱温水器が 7.58kWh であった。遮熱資材の導入では、日中遮熱によって光合成に適した栽培環境にすることができた。

#### 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、石垣蓄熱ハウスの構造を模した建築物壁面を利用した園芸ハウスの構築を検討した。また、夏季の暑熱対策としての散水効果を確認した。

石垣蓄熱ハウスでは、ハウス内気温が安定して外気より高い値を示し、冬季に外気温が氷点下を示しても、5℃以上を保った。壁面ハウスを建設するにあたって実験棟周辺の光環境を計測した結果、南面、東面、西面の光量子束密度が 1200μmol以上の値を示した。一般に建築物南面は採光面であるため、壁面ハウスを建設する際に利用できない可能性が高いが、北面以外では壁面ハウス内の栽培が可能であることが確認された。

また、屋根散水による昇温抑制実験の結果、ハウス内気温は、散水なしの場合 35℃を超える高温であったが、散水時には 35℃を超えることはなく、最大 5.4℃の温度差を示した。被覆表面温度、壁面温度では、特に直接水が触れる屋根面は、散水時ごとに表面温度が低下したため、温度が上昇しきらず、温度差は平均 6℃を示し、昇温抑制効果が大きかった。

#### 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

透過率 70%の既存ソーラーシェアリング施設において、新たな品目として、バターナッツカボチャ (*Cucurbita moschata*) 及びジネンジョ (*Dioscorea japonica*) の栽培を行った。その結果、バターナッツカボチャは 876 kg/10a、ジネンジョは 294 kg/10a の収量が得られ、いずれも慣行比の 80%程度となった。継続して調査した光環境は露地部分の 3割程度であり、これらの結果から、バターナッツカボチャ、ジネンジョはソーラーシェアリング下での栽培に適した品目と推察される。

#### （2）問題点等

GHPによる環境制御においては、装置導入のためのコスト削減、石垣蓄熱ハウスにおいては、夏季の暑熱対策を含めた低コスト環境改善手法が課題である。また、同形態のハウスの普及と中山間地域での生産物回収方法と出荷システムの構築が必要である。

一方、ソーラーシェアリングにおいては、作物生産だけでなく他の 1次産業とのリンクも検討課題である。

### 3. 今後の展望

低投入型の生産モデルとして提案した石垣蓄熱ハウスは小規模のものが多く、その建設・維持は立地条件や人的環境に左右される。しかし、環境モニタリングシステムをはじめとする省エネ技術やスマート化技術を活用することで、中山間地域での生産力維持にも適用できる。また、同形態のハウスを都市部で創出することができれば、都市部の環境改善や環境負荷軽減にも繋がる。

一方、ソーラーシェアリングの普及は今後も進んでいくと考えられ、パネル性能、栽培品目、及び電力消費形態に応じた施設の構築が期待される。

### 4. 業績リスト

#### (1) 学術論文

#### (2) 紀要

#### (3) 報告書

#### (4) 学会発表

・GHP 排ガスと局所加温による作物栽培環境の改善、宮内樹代史、野中聡子、篠田正人、兼崎雅弘、第79回農業食料工学会年次大会（オンライン開催）、2021/9/13～15

・半透過型パネルのソーラーシェアリングへの利用可能性、宮内樹代史、芝原翔悟、山下紗佳、近藤浩樹、第79回農業食料工学会年次大会（オンライン開催）、2021/9/13～15

・ソーラーシェアリング下の環境評価と作物生育特性(2)、宮内樹代史、山下紗佳、芝原翔吾、浜田好清、2021年度農業施設学会大会、2021/9/21～22

・石垣蓄熱ハウスの環境特性と作物栽培に関する研究(2)、宮内樹代史、常盤梨花、野々宮益輝、嘉瀬井祥太、2021年度農業施設学会大会、2021/9/21～22

#### (5) セミナー等の開催

・第43回施設園芸総合セミナー(2022/2/18)、テーマ「持続可能型施設園芸の発展に向けて」、【第2部】SDGsに対応した持続可能型施設園芸の確立に向けて、「中小規模園芸ハウス向けの省エネ対策」について講演、【第3部】パネルディスカッション「持続可能型施設園芸と収益性向上の方向性」に参加、Web開催(視聴)期間2022/3/28～4/18

#### (6) 地域貢献活動

- ・いぶき、石垣蓄熱ハウス現地調査・打合せ、栽培指導(4/26、6/14、8/2)
- ・サンビレッジ四万十、ソーラーシェアリング現地調査・打ち合せ(4/28、8/4、8/18)
- ・四万十とまと、ハウス内環境調節に関する現地調査・指導(6/21)
- ・宮地電機、ハウス環境調節機器の利用に関する指導、ソーラーシェアリング現地調査・栽培指導(8/5、11/30)
- ・シーアイマテックス、ハウス資材、環境調節機器の利用・データ活用に関する指導(7/15)

#### (7) 外部資金

- 「令和3年度科学研究費補助金」
- ・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600千円(直接経費)180千円(間接経費)
- ・ひらめきときめきサイエンス、「電気と野菜の未来を創る～ソーラーシェアリングと次世代施設園芸～(21HT0177)」、代表、330千円(直接経費)
- 「共同研究」
- 「受託研究」
- 「奨学寄付金」
- ・大林財団研究助成「都市構造物を利用した植物栽培環境の創出」、代表、1,500千円

#### (8) その他

- ・日本農業新聞、現場からの農村学教室、7/25

## 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基盤研究(C)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。2021年度からはこれらに加えて文科省科学研究費一般基盤研究(B)「持続可能な次世代分散定住社会のために今必要な森林地域の道路網整備の隘路はどこか？」において、森林産業の基盤となる山間地の道路網整備の現況を分析し、改良すべき要所とその効果を明らかにする研究を開始した。これらの研究では、中山間地の適切な路網整備の提案、放置広葉樹林に適した収穫方法の確立、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

放置広葉樹林の収穫方法については、昨年度までの調査プロットに隣接して新規プロットを設け、伐木時の掛かり木処理を安全かつ効率的に行うため支障木の先行除伐および軽架線を用いた掛かり木処理の試験作業を実施した。またこれまでよりも距離がある集材に対応するため集材では軽架線を用い、土場までの作業道上の小運搬についても距離がある場合の対応について検討した。その結果、伐木については先行除伐および軽架線を用いた掛かり木処理の優位性を確認することができた。また試験作業では支間距離 25 m

であったが、作業箇所の傾斜が急で路網密度を高めることができない場合を想定し、支間距離が 50 m 程度となる場合の生産性を推算した。小運搬については 200 m 程度となると時間費用は高いが生産性の高いフォワーダが有利となることも確認できた。また、広葉樹利用の別の形態として木質バイオマス発電用の燃料材を架線集材により確保する方法について、高知市土佐山地区をモデル地域として検討し、人工林と同時伐採することで皆伐後の再造林費も確保できる箇所が一定数あることを確認することができた。

中山間地の公道も含めた路網については、全国の道路網の有償データを入手し、無償の国土地理院データより詳細な細部道路の道幅および道路線形から曲線半径を補間公式から推算し大型トラックの通行が難しい隘路を抽出する基礎データを構築した。並行して県内の森林組合等に聞き取り調査を実施し、森林整備の業務で実際に問題となっている公道隘路の現状を把握する試みを開始した。その成果は、シンポジウム「林内道路ネットワークの再考」にて口頭で発表するとともに査読付き総説として学会誌に投稿した。

#### (2) 問題点等

広葉樹材の収穫では、雇用労働力でない自家労働を想定しても、収支は厳しい結果となった。ただし、材の径級や素材の長さを考慮して用材・薪炭材・バイオマス材に分類し、用材では家具等の利用を想定し、薪炭材では薪を自家生産することで、施業経費を賄うことができる可能性が示された。中山間地の公道隘路調査では、公式には大型車両が通行可能なはずの道でも実際には通行不可箇所が多くあることが明らかとなった。現状把握のため、丹念な現地調査が必要である。

### 3. 今後の展望

公道隘路の継続調査に加え、広葉樹材の用材利用では収穫後に粗挽きし一定期間自然乾燥する必要があるため、加工から保管も含めた複数年にわたる施業経営方式を、今後提示していきたい。

### 4. 業績リスト

#### (1) 学術論文

福田雄治・鈴木保志・飯國芳明：GISを用いた針・広葉樹林の同時伐採適地選定手法の開発。

日本森林学会誌 103 (6) : (印刷中). 2021  
鈴木保志・吉村哲彦・長谷川尚史・有賀一広・  
齋藤仁志・白澤紘明・山崎真：日本の森林地  
域における公道も含めた路網整備の方向性。  
森林利用学会誌 37 : 5~16. 2022

## (2) 紀要

## (3) 報告書

## (4) 学会発表

Suzuki, Y., Yoshimura, T., Moriguchi, K.,  
Hayata, Y., Urabe, M. and Imayasu, K. :  
Performance of small-sized harvesting  
system for single tree selection thinning  
of *Quercus acuta* using an excavator-based  
grapple machine and a winch-mounted  
mini-forwarder. In: Woodam Chung, John  
Sessions, Kevin Lyons, Karle Wigginton  
(Eds.), Proceedings of The Joint 43rd  
Annual Meeting of Council on Forest  
Engineering (COFE) & the 53rd  
International Symposium on Forest  
Mechanization (FORMEC), Forest  
Engineering Family - Growing Forward  
Together, September 27-30, 2021,  
Corvallis, Oregon, U. S. A. :278-279. 2021.

立石将彬・鈴木保志・吉村哲彦・守口海・早田  
佳史・浦部光治・今安清光：高知大学演習林  
における軽架線を用いた広葉樹材の伐出。森  
林利用学会第 28 回学術研究発表会講演要旨  
集：4. 2021

吉村哲彦・中川彰大・千原敬也・鈴木保志：竹  
割器による薪割り作業の効率と労働負荷の  
評価。森林利用学会第 28 回学術研究発表会  
講演要旨集：5. 2021

鈴木保志・立石将彬・吉村哲彦・早田佳史・浦  
部光治・今安清光：作業システムによる広葉  
樹伐出のために必要な路網整備についての  
考察。日本森林学会大会学術講演集 133 : (印  
刷中) (P-367). 2022

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  
年間の表土移動量と下層植生の変化。日本森  
林学会大会学術講演集 133 : (印刷中)  
(P-291). 2022

## (5) セミナー等の開催

2021 年度 森林利用学会第 28 回学術研究発表  
会・現地見学会・シンポジウム (松山市・宇  
和島市) 愛媛大学と高知大学で共催、シン

ポジウム「林内道路ネットワークの再考」に  
おいてパネリストとして話題提供 (2021 年 11  
月 26~28 日)

## (6) 地域貢献活動

令和 3 年 10 月 四国森林管理局 令和 3 年度  
治山・林道工事コンクール審査委員 (任期令  
和 4 年 3 月まで)

令和 3 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 4 年  
3 月まで)

令和 3 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 立石将彬・片山樹・吉村  
哲彦・早田佳史・浦部光治・今安清光「高知  
大学演習林における軽架線を用いた広葉樹  
材の伐出」

## (7) 外部資金

「令和 3 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) 600 千円 (間接経費) 180 千円

基盤研究 B (一般) 鈴木保志代表 (直接経  
費) 7,200 千円 (間接経費) 2,160 千円

「共同研究」

「受託研究」

「奨学寄付金」400 千円

## (8) その他

著書：

鈴木保志：1.1 日本の森林・林業と森林土木学  
の歴史, 第 9 章 橋梁, 10.3 架空索の理論と  
設計 (鈴木保志 編, 有賀一広・岩岡正博・  
齋藤仁志・櫻井倫・鈴木秀典・鈴木保志・長  
谷川尚史・松本武・矢部和弘・吉岡拓如・吉  
村哲彦 著：森林土木学 (第 2 版). 189pp,  
朝倉書店, 東京). 1~3, 120~143, 153~166.  
2021 [ISBN978-4-254-47058-1]

広報活動：

2021 年度森林利用学会第 28 回学術研究発表会  
学生優秀論文発表賞：高知大学農林海洋科学  
部農林資源環境科学科 4 年 立石将彬「高知  
大学演習林における軽架線を用いた広葉樹  
材の伐出」(学部指導学生の受賞；2021 年 11  
月 27 日愛媛大学農学部大講義室；[高知大学  
Web「インフォメーション」2021 年 12 月 6 日])

2021 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 立石将彬(「2021 年度森  
林利用学会第 28 回学術研究発表会 学生優  
秀論文発表賞」受賞を受けての学部指導学生  
の表彰；2022 年 2 月 9 日)



## 高知県室戸市におけるウバメガシ立木の利用可能直径別材積式の作成

● 守口 海（自然科学系農学部門）

### 1. 研究目的

高知県では土佐備長炭の生産量が近年急増しており、主原料であるウバメガシの枯渇が疑われている。しかし、ウバメガシの立木材積式をはじめとした、賦存量推定に必要な諸情報が欠落しているため、そもそも資源賦存量が不明である。備長炭には比較的小径の材も利用されるが、その直径サイズにより製品価格が変わり、利用可能直径も製炭業者によって様々と考えられるため、「1本の立木からどの程度の直径の枝がどの程度採材できるか？」が分かるような材積式を作成できると都合が良い。

そこで本研究では、サイズの異なるウバメガシ立木9本を伐倒して枝毎に分解し、各枝の直径および長さを測定することで、利用可能直径別の材積推定式を作成した。

なお、本研究に当たっては(独)国立青少年教育振興機構 国立室戸青少年自然の家、および室戸市の多大なご協力を得て行った。ここに感謝申し上げる。また、本研究は主に、森林経理学研究室の工藤豪士氏の卒業研究として行われたことを申し添える。

### 2. 研究方法

まず、昨年度の池添ら(2021)による林分調査データをもとに、調査地におけるウバメガシ生立木の $D^2H$ のパーセントイル値を10%毎に算出した。次に、昨年度調査したプロットのうちウバメガシが優占するものを4プロット選び、前述のパーセントイル値に近い $D^2H$ を持ち、かつ2021年7月時点でカシノナガキクイムシによる穿孔被害が確認されなかったウバメガシ立木(優勢木)を計9本選定した。

これらを伐倒して分岐をナンバリングし、各枝の元末直径と長さを測定した。所与の利用可能直径に対応する材積は各枝を円錐台と見なして算定した。単木あたりの利用可能材積は1立木内の全ての枝の利用可能材積を積算することで算定した。

### 3. 研究結果

#### (1) 成果

立木の $D^2H$ と各利用可能直径別の材積には強い相関が認められ、両者の関係はほぼ直線的であった。 $DBH^3$ を変数としたときも同様の傾向が見られたが、相関係数は相対的に低かった。当てはめた回帰式の傾きは利用可能直径が増加するにつれて単調に減少し、 $X$ 切片は単調に増加した。これらの傾きと切片の変化を以て、「 $D^2H$ または $DBH$ から、所与の利用可能直径を満たす材積の推定式」が作成された。

立木内の直径別長さは個体サイズによらず同様なL字型を示すと予想していたが、実際には分布の形状が個体サイズに依存した。大きな固体のものほど裾の長いL字型を示し、小さな固体は一樣分布に近い形状であった。

#### (2) 問題点等

本調査では狭い範囲で得た9本のみの伐倒木を用いて材積式を作成した。林相もウバメガシ優占林のため似通っているほか、海から距離があるために海岸付近のウバメガシとは樹形が異なる。そのため、適用可能な範囲は現時点では不明である。

また、本研究の結果からは時間方向の材積成長モデルを作ることはできない。しかし、本調査時に円盤も各立木から複数採取しているため、年輪を判読することで材積成長モデルの作成は可能である。この課題は現在、森林経理学研究室の田淵賢汰氏の卒業研究として実施中である。

### 4. 今後の展望

本研究で作成した材積式は9本という限られた伐倒木から作成されたものであり、今後サンプルの収集条件を増やすことで適用条件の広い材積式が作成可能であると考えられる。一方、利用可能直径別の材積式を作るためには枝の分解が必須であり、手間がかかることも事実である。本研究の目的は「土佐備長炭の主原料としてのウバメガシ賦存量」であるため、伐採規制のある海沿いの崖地のウバメガシを対象とする必要はないであろう。すなわち、伐採地となる林分の条件を明らかにすることが、効率よくサンプルを行うために必要となってくる。

## 5. 業績リスト

### (1) 学術論文

1. 池添 厚亮, 守口 海 (2021). 高知県室戸市におけるウバメガシのカシノナガキクイムシ被害傾向. *日本森林学会誌*, 103, 273-278.  
<https://doi.org/10.4005/jjfs.103.273>
2. Otsuka, D., Moriguchi, K., Shirota, T., Ueki, T., & Saito, M. (2021). Spatial relationship between damaged understory and felled trees during the final cutting in a shelterwood forest. *International Journal of Forest Engineering*, 32, 286–292.  
<https://doi.org/10.1080/14942119.2021.1943801>
3. 松岡 佑典, 林 宇一, 有賀 一広, 白澤 紘明, 當山 啓介, 守口 海 (2021). 森林 GIS を用いた木質バイオマス発電のための未利用材利用可能量推計. *日本森林学会誌*, 103, 印刷中.
4. Moriguchi, K. (2021). Developing reliable and fast simulated annealing for stand-level forest harvesting schedule with virtual dimensionality reduction. *Computers and Electronics in Agriculture*, 191, 106494.  
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106494>
5. Moriguchi, K. (2021). Identifying optimal forest stand selection under subsidization using stand-level optimal harvesting schedules. *Land Use Policy*, 108, 105674.  
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105674>
6. 守口 海, 白澤 紘明 (2021). バイオマス利用による収穫利益の変化が年供給量や必要補助総額に与える影響. *日本森林学会誌*, 103, 印刷中.

### (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

なし

### (7) 外部資金

1. 「令和元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 400 千円 (直接経費) 120 千円 (間接経費)
2. 「令和3年度科学研究費補助金」基盤研究B  
「持続可能な次世代分散定住社会のために今必要な森林地域の道路網整備の隘路はどこか？」  
(代表: 鈴木保志) 分担 1200 千円 (直接経費) 360 千円 (間接経費)
3. 「令和3年度科学研究費補助金」国際共同研究加速基金 (国際共同研究強化(B))  
「気候変動に伴うユーラシア永久凍土南限域のカラマツ林の変動プロセス」(代表: 安江恒)  
分担 100 千円 (直接経費) 30 千円 (間接経費)

## 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

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普及しているが、ほとんど被害は軽減されない。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客観的指標に基づいた早期避難体制を確立させることにある。

本研究では、生簀内の魚の動画像解析をもとに、白点病罹患の有無を早期発見することで、漁場全体での情報共有を図った、一元的な飼育管理体制下で白点病対策を実現させることを目指し、まずは初期段階として、水中カメラの設置条件の検討を行った。

### 2. 研究結果

#### (1) 成果

高知県野見湾のカンパチ生簀に水中カメラを設置して、7月から12月まで動画像撮影のための条件を検討し、次の結果を得た。

1. 生簀の外側で撮影した場合、網が邪魔をして、魚の遊泳行動をうまく捉えることができなかった。
2. 給餌時は残餌による水中の濁りが酷く、かつ魚が餌に群がるため、魚の遊泳行動が不鮮明・不規則になり、撮影は無給餌時の方が適していた。
3. 夏場は湾内全体の海水の透明度が悪くなり、撮影に適さなかった。
4. 魚の側面からの撮影に関して、魚病(連鎖球菌症)による外観症状(体表と鰭の発赤)を確認することができた。一方で、物体検出の解析から、カンパチを他の物体に誤認識する

ことはなかったものの、重なり合ったり、体の角度が異なる場合にうまく検出できないケースが見られた。

5. 魚の背面からの撮影も側面時と同様、誤認識することはなく、また、遊泳行動の解析に関して、側面よりも適していると考えられた。

#### (2) 問題点等

野見湾は古くから養殖漁場として利用されており、湾内が老朽化しているため、魚の遊泳行動を撮影・把握できる海水の透明度が年中担保されないと分かった。そして、撮影期間中、特に暗鈍した時期が予想通り夏場となり、最も魚病の発生する重要な時期にもかかわらず、撮影がうまく進まなかった。また、カメラを水深1mと5mに設置したが、約10mの高さのある生簀内では、魚の遊泳行動を常時捉えられたわけではなかった。そして、今シーズンは白点病が流行しなかったため、実際の罹病カンパチの外観や遊泳行動の解析を行うことができなかった。

### 3. 今後の展望

撮影の時期と水深を順次検討した上、カンパチの背面からの遊泳行動について、画質を落とした長時間の動画撮影に変更することで、学習データの質と量を十分に確保し、NACAの翼型を用いて、罹病魚と未罹病魚の遊泳行動の違いを表現する。

### 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  
「リアルタイム動画像解析を活用した魚病早期

発見プログラム開発」共同研究 代表 1,022 千  
円（直接経費）178 千円（間接経費）

**(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

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。さらにこの現象が害虫抵抗性二次代謝産物であるセロトニン（Ser）蓄積や褐変による細胞壁硬化につながり、イネの抵抗性メカニズムの一部であることも見出し、イネの害虫抵抗性の新たな一面を見出した。さらに、この生合成経路の制御機構についてオミックス解析と植物ホルモンの外部処理試験との結果から、ABAによってSerの生合成経路が、iPによってSerの消費・褐変化経路が、制御されていることを解明してきた。しかし、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は依然として未解明のままであった。そこで本研究ではアブラムシに由来するイネの褐変を誘導するエリシターの解明を目指した。

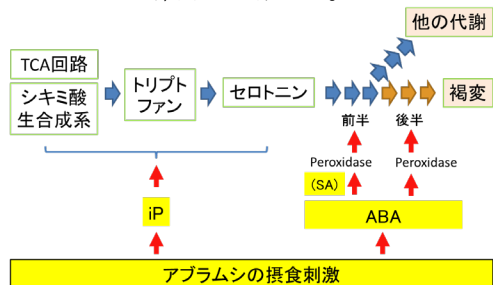


図 1. アブラムシ寄生によるイネの褐変経路

2. 研究結果

(1) 成果

褐変誘導を引き起こすエリシターを解明するために、アブラムシの懸濁液を作製し精製を試みた。エリシターが易分解性を考慮して十数回の予備精製試験を繰り返した。その結果、図 2 に示す精製方法を確立した。

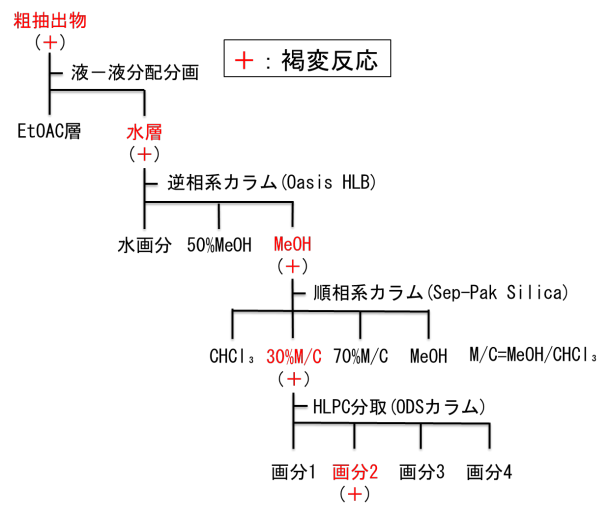


図 2 エリシターの精製過程

そこで 200 頭にアブラムシを抽出しエリシターの単離を目指した。すなわちアブラムシ 100 頭を蒸留水 800 μL と均一化した後、遠心分離 (1500rpm x 10 分) にて上清を粗抽出液とした。この操作を 2 回行いアブラムシ 200 頭由来の粗抽出液を得た。この水溶液を酢酸エチルで液-液分配分画し水層と有機層を得た。水層は減圧下で濃縮乾固後、逆相系カラム (Oasis HLB) で精製し、得られた MeOH 画分は減圧下で濃縮乾固後に水に転溶しシリカゲルカラム (Sep-Pack Silica) でさらに精製した。シリカゲルカラムクロマトグラフィーで得られた 30%クロロホルム-MeOH 画分はさらに ODS カラムを用いた分取 HPLC にて精製を行った。その結果、画分 2 に活性が確認され、主要ピーク A あるいは B (あるいは両方) が活性成分であると考えられた。

両ピークの UV スペクトルを測定すると (図 3)、ピーク A は末端吸収のみ観測され共役系のほとんどない物質であることが予想され、ピーク B は λ max = 305、293 に極大吸収があることから芳香

族の存在が予想された。一方、LC-MS 分析 (ESI) の結果 (図 3) から、ピーク A ではポジティブモードで  $m/z = 435$ 、ネガティブモードで  $m/z = 433$  が観察されそれぞれ  $[M+H]^+$  と  $[M-H]^-$  であると考えられたことから分子量は 434 であると結論した。一方でピーク B は  $[M+H]^+$  として  $m/z = 235$  を与え、分子量は 234 と考えられた。

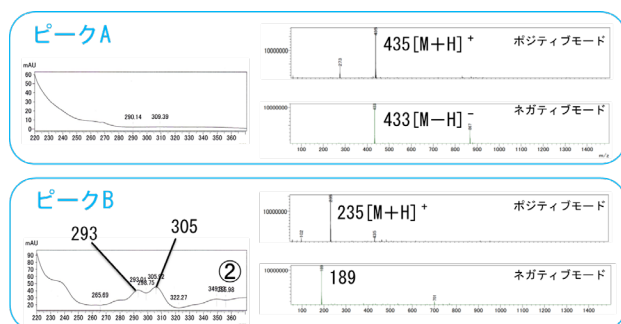


図 3. ピーク A と B の UV および MS スペクトル

以上のことからイネ根に褐変誘導を引き起こすエリシターは物質 A 或いは物質 B であり、比較的 low molecular weight の物質であることを解明した。

## (2) 問題点等

今回、イネに褐変を引き起こすエリシターをほぼ特定できたが単離・同定には至らなかった。今後は多量のアブラムシを飼育しエリシターの単離・構造決定を行う必要がある。さらには単離したエリシターを用いたイネ根の抵抗性発現に関するオミックス解析を行い、アブラムシの寄生と比較することでエリシターの特性解析を行う必要がある。

## 3. 今後の展望

イネに褐変を引き起こすエリシターの同定後は既に判明している植物ホルモンによる抵抗性誘導効果と合わせて、植物本体に対しては抵抗性発現による虫害抵抗性の付与技術、籾に対しては斑点米の発生軽減技術の開発を行い、実用化につなげたい。

さらに、今回見出した、イネの生合成経路の調節因子を利用して、イネの根に特定の有用産物、例えば、アミノ酸やセロトニンなどを蓄積する技術を開発し、根部の有効利用につなげたい。

## 4. 4. 業績リスト

### (1) 学術論文

Inhibitory effects of luteolin and its derivatives on osteoclast differentiation and differences in luteolin production by *Capsicum annum* varieties. Onishi S., Tebayashi S.,

Hikichi Y., Sawada H., Ishii Y., Kim C.-S. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 85(11), 2224-2231, 2021.

Verbascoside from *Verbena incompta* is a plant root growth inhibitor. Tomonori Date, Kanamu Shigeno, Megumi Hiroshima, Kohei Seo, Masashi Sato, Shinichi Tebayashi, Shushi Sato. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 85(7), 1602-1608, 2021.

Sugars in an aqueous extract of the spent substrate of the mushroom *Hypsizygus marmoratus* induce defense responses in rice. Ayami Nishimura, Anna Yoshioka, Keisuke Kariya, Naoki Ube, Kotomi Ueno, Shin-ichi Tebayashi, Kumiko Osaki-Oka, Atsushi Ishihara. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 85(4), 743-755, 2021

Identification of allitol and d-allulose from *Itea virginica* as insect growth inhibitors for the control of Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). Shinichi Tebayashi, Shintaro Onishi, Kouhei Seo, Megumi Hiroshima, Masashi Sato & Ken Izumori. *Applied Entomology and Zoology*, 56(3), 357-364, 2021.

Identification of methoxylchalcones produced in response to  $CuCl_2$  treatment and pathogen infection in barley. Naoki Ube, Yuhka Katsuyama, Keisuke Kariya, Shin-ichi Tebayashi, Masayuki Sue, Takuji Tohnooka, Kotomi Ueno, Shin Taketa, Atsushi Ishihara. *Phytochemistry*, 184, 112650. 2021.

- (2) 紀要, 該当なし
- (3) 報告書, 該当なし
- (4) 学会発表

コセンダングサ由来のオカダングムシに対する忌避物質としてのフェルラ酸メチルの同定, 石田雅司, 手林慎一, 磯田童奈, 阿部晴希, 佐藤資, 日本農芸化学会, 2022. 3.16, 京都大学(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, 800 千円(直接)
- ・基盤研究(B); 研究分担者, 500 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 2,560 千円(直接)
- ・IoP 研究一般経費, 研究代表 900 千円(直接)

- (8) その他, 該当なし



## 食用昆虫の乾燥特性に関する研究 ● 河野 俊夫（自然科学系農学部門）

### 1. 研究目的

食糧農業機関(FAO)の近年の報告によると、世界人の爆発的な増加に伴い、地上で生産する食料の供給が人口増加に追いつかなくなる時期がまもなく起こり得るかもしれないとのことである。飽食文化にどっぷりと浸かった我が国の国民には、どこか遠くにある国々のお話にしかならず、危機感はありません。こうした背景のもと、タンパク源の1つとして「昆虫食」がクローズアップされている。飼料変換効率がよく、生活廃棄物で飼育できるうえ、家畜のように運動域も含めた広大な土地も要らず、タンパク質含量も、牛もも肉や豚もも肉が22%前後に対して、コオロギ(生)では20%もあるからである。いつの日か、人類が宇宙へ脱出し、他の惑星上で生活する際のタンパク質調達限の選択肢の1つとしてもNASAで検討されているほどである。

我が国では、長野県を中心として古くから文化食として親しまれ、いなごや蜂の子、ざざむし等の佃煮が珍味として今もなお、当地の土産物として売られているほどであるが、これらは、昆虫の形態そのままの状態を提供されていることもあり、外観の刺激の大きさゆえに、他県へはあまり浸透しない。しかし、上述したように、昆虫の食材としての利用価値は潜在的に高いことが予想され、「粉末化」により外形を完全に崩してしまえば、タンパク含量の高い新しい食素材としての価値を創造できるものと考えられる。

そこで本研究では、食用昆虫の大量乾燥・粉末化を想定し、その装置設計のための第一歩として、いまだデータに乏しい食用昆虫の乾燥特性を実験と解析により明らかにした。乾燥した食用昆虫自体はすでに商品として流通しているが、その乾燥特性の詳細は明らかでなく、その粉末化利用技術を開拓するうえで基礎になる。そうした乾燥特性の基礎データを取得することで、食用昆虫の大量乾燥・粉末化の単位操作設計上の必須パラメータや固有値などが明らかになると共に、粉末利用のための具体的な加工プロセス条件が求められ、食品分野に新しいデータと技術を提供できることが期待し得る。

また、食糧難がすでに到来しているアフリカ諸国では、干ばつによる飢餓の一方で、大量のバッ

タが発生しており、我が国で開発した食用昆虫の乾燥技術がすぐにも活用できる場が存在することも確かであり、その点でも先見性があるものと考えられる。

### 2. 研究結果

#### (1) 成果

水分を含んだ物質の乾燥特性の分析では、一定の環境条件(乾燥空気の温度、湿度、圧力)のもとでその物質を乾燥させた際の含水率の変化に関するデータが必要になる。本研究では、最終的に食用昆虫の真空乾燥時の乾燥特性を求め、食用昆虫ごとに異なる固有の乾燥定数を明らかにすることを目標としているが、本年度の試験では、まず、その前提として、常圧(1気圧)のもとでの恒温乾燥試験を行い、食用昆虫を乾燥した際の水分放出の構造的な特徴を、乾燥工学的な視点で解析することを検討した。

供試材料の昆虫には、繁殖容易で将来的に食用として有望な、イナゴ、蚕、コオロギ、ミールワームを用いた。恒温乾燥試験は、自動水分計(島津製作所、MOC63u)を用いて、60℃から120℃範囲を20℃間隔の4段階の定温で12時間乾燥を行った。乾燥時間は、機器の測定プログラムの制約上、12時間とした。60℃の低温乾燥では、12時間の乾燥時間では、恒量、いわゆる平衡が含水率に達しなかったが、後に述べる乾燥特性の解析では12時間後の含水率を暫定的な平衡含水率とした。含水率の計算上必要となる乾物質量を求めるため、12時間乾燥したあとの試料は、その後、130℃で2時間乾燥させた。食用昆虫の乾燥方法は決まっていないため、乾物質量を決定する乾燥法を決定する際には、昆虫の成分に脂質があることから、大豆の乾物同定のための乾燥法である、130℃-2時間乾燥を採用した。

一般に、水分の多い食品の場合は、その乾燥特性は恒率乾燥期間にあることが多いが、食用昆虫に関しては、恒率乾燥期間なのか、あるいは、限率乾燥期間なのかは、対象とする昆虫の種類によっても異なるし、また、そうした情報はあまり多く報告されていないことから、今回の乾燥特性の分析では、自由水が昆虫表皮に潤沢にはない点で、減率乾燥期間にあるものと考えた。穀物のよ

うに含水率が非常に低い場合は、同じ減率乾燥期間でも「第二段」を想定するが、食用昆虫の水分は、穀物ほど水分は少なくないことから、「第一段」乾燥期間にあると考えられる。一般に、減率乾燥第一段での乾燥特性は、次式で表現される。ここに、

$$\frac{M(t) - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-kt)$$

M(t):時刻 t での含水率(乾量基準)

Me:平衡含水率、M<sub>0</sub>:初期含水率

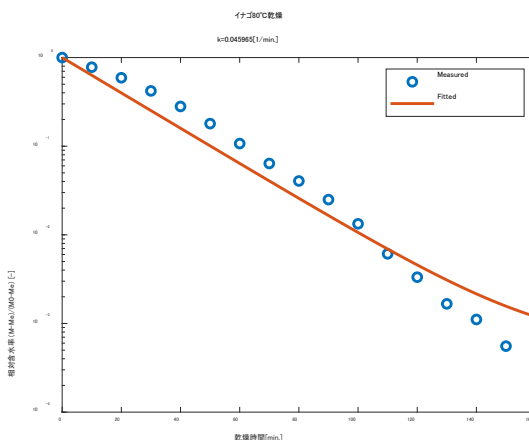
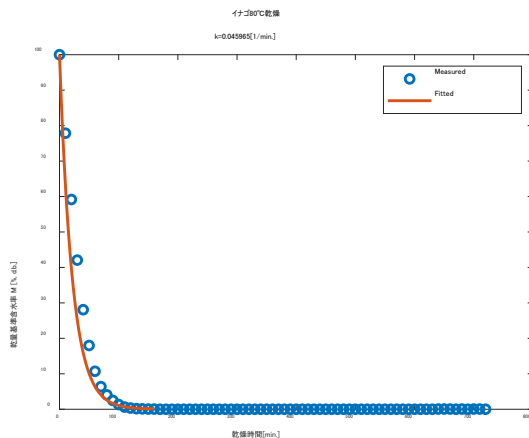
である。上式の両辺について対数をとれば、

$$\ln\left(\frac{M(t) - M_e}{M_0 - M_e}\right) = -kt$$

となり、片対数グラフ上で、横軸に時刻 t をとれば、原点を通る直線で表されることになる。

イナゴを 80°C で恒温乾燥した場合について、

1) 含水率の時間変化と、上記に記した片対数で示した乾燥特性を示す、2) 相対含水率の時間変化のグラフを記す。



赤で示した線は、測定データをもとに、汎用数値計算ソフト MATLAB の線形最小二乗法 (lsqr) を用いて Fitting を行ったものである。相対含水率の

時間変化を示したグラフでは、若干、赤で示した計算値と比較して、測定データが蛇行し、乾燥時間が長くなったときに、計算値がオーバーする傾向を示しているが、片対数であるので、乾燥時間初期の、測定データよりアンダーになる場合と同じ差ではなく、実際にはごく小さな誤差となっている。ほかの食用昆虫でも同様に、減率乾燥第一段で表現した結果、測定データは、上式にほぼ合致した。また、乾燥温度を変えた場合も同様であった。

## (2) 問題点等

食用昆虫の採取は、繁殖の時期に合わせて行う必要があり、今回は、実験に要するに足る量を確保できなかったことから、流通品を利用した。生の水分を保持して凍結させた試料もあったが、ミールワームなどでは乾燥したものを利用するほかないため、加水した試料を再乾燥する方法を採らざるを得なかった。したがって、ミールワームについては、生の試料についての乾燥特性とは少し異なる可能性もあると推定されるが、今後、食用昆虫の採取数を確保して確認する必要があると考える。

## 3. 今後の展望

今年度は、食用昆虫の基本的な乾燥構造を明らかにするため、常圧での乾燥試験を実施したが、粉末化にあたっては、実務的には真空乾燥を行うことから、今後は真空乾燥特性を測定し、また、粉末化した食用昆虫を食材の一部として使う場合に必要となる、水への分散特性について測定を行い解析を進める。

## 4. 業績リスト

### (1) 外部資金

「受託研究」1 件、1,900 千円

「奨学寄付金」2 件、2,000 千円

## 野見湾（高知県須崎市）を対象とした気象庁 GPV と現地ブイデータの比較

● 森 牧人（自然科学系農学部門）

### 1. 研究目的

海面上の気温は漁業において基本的な海洋環境要素である。しかしながら、陸上の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、定点における観測は非常に限定的である。また、水温等と同様に、海上での観測体制の維持と測定機器のメンテナンスにはそれなりのコストがかかり、水温などに関しては人工衛星によるリモートセンシング情報などに頼らざるを得ない現状もある。

一方、漁業の現場における水温や気温を大きく左右する日射の情報に関しては、全国約 1300 箇所のアメダスの利用も可能できないわけではないが、測定要素が降水量のみ、もしくは 4 要素(降水量、風向・風速、気温、湿度)であり、それに関しては代替的に日照時間が測定されているのみである。日射量については、気象官署に限られているのが現状である。

そこで本研究では気象庁 GPV データ(以下「GPV データ」)の利用を試みる。GPV とは GPV(Grid Point Value)「格子点値」のことであり、全国を 5km 四方単位の格子状に設定し、メソ数値予報モデル(MSM)の様々な気象要素の予報値を格子点上に格納しているデータのことである。本研究では予報後の GPV データ(気温と日射量)でも漁業の現場においても有効に活用することを視野に入れ、野見湾(高知県須崎市)に設置されたブイの観測データと比較を行った。

### 2. 研究結果

#### (1) 成果

GPV データは予報データであるが、時別の値同士を比較すれば、当初の予想どおり、両者の間に差がみられた。しかしながら、変動の傾向は良好にとらえられており、特に夜間の変化は両者が比較的良く一致する場合も見られた。一方、気圧に関しては若干の系統的な差がみられるが、GPV の値と観測値は比較的良く一致した。一方に、日平均値であれば、気温と気圧のいずれも変動の様子がよく再現されており、生け簀の管理などにおいて過去のデータがない場合でも、GPV データを活用できる可能性が示唆される。

#### (2) 問題点等

GPV データは風速や日射量も含まれるが、前者に関しては現地のブイのデータが十分ではなく、一方、後者に関しては検証用のデータが存在せず、今後、観測点の新規設置により調べる必要がある。

### 3. 今後の展望

GPV データは入手が容易であり、数日先までの予報データとしての現場における利用は非常に価値が高い。一方、予報時間を過ぎて利用価値がなくなったデータでも、過去にさかのぼれば、データ空白地点での参考情報としての利用が期待される。

### 4. 業績リスト

#### (1) 学術論文

・Koichi Nomura, Daisuke Yasutake, Takahiro Kaneko, Tadashige Iwao, Takashi Okayasu, Yukio Ozaki, Makito Mori, Masaharu Kitano, 2021: Long-term estimation of the canopy photosynthesis of a leafy vegetable based on greenhouse climate conditions and nadir photographs, *Scientia Horticulturae*, 289, 110433, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110433>.

・Nomura, K., Saito, M., Tada, I., Iwao, T., Yamazaki, T., Kira, N., Nishimura, Y., Mori, M., Baeza, E., Kitano, M.Hide, 2022: Estimation of Photosynthesis Loss Due to Greenhouse Superstructures and Shade Nets: A Case Study with Paprika and Tomato Canopies, *HortScience*, 57, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI16384-21>

・Yasutake, D., Nomura, K., Kobayashi, K., Kengo, I., Matsumoto, K., Iwao, T., Mori, M., Kitano, M.Hide details, 2022: Analyzing the Carbon Partitioning Characteristics and Their Dependence on Leaf Growth Stage in Chinese Chive Using <sup>13</sup>C Tracer Method, *Environmental Control in Biology*, 60(1), <https://doi.org/10.2525/ecb.60.39>

・Gaku Yokoyama, Daisuke Yasutake, Weizhen

Wang, Yueru Wu, Jiaojiao Feng, Leilei Dong, Kensuke Kimura, Atsushi Marui, Tomoyoshi Hirota, Masaharu Kitano, Makito Mori, 2021: Limiting factor of dew formation changes seasonally in a semiarid crop field of northwest China, *Agricultural and Forest Meteorology*, 311, 108705, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108705>.

・Masaharu KITANO, Koichi NOMURA, Tomihiro YAMAZAKI, Tadashige IWAO, Masahiko SAITOU, Makito MORI, Daisuke YASUTAKE, Takahiro KANEKO, Hiroyuki UKEDA, Satoshi ISHIZUKA, Taku FUJIWARA, Toshihiro OKABAYASHI, 2022: Internet of Plants (IoP) Empowers Bottom-up Innovations in Greenhouse Horticulture, *Environmental Control in Biology*, 60(1), 3-12, <https://doi.org/10.2525/ecb.60.3>.

(8) その他  
なし

(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(2020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  
なし

(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  
「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3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

風蝕に強い農地整備と保全 — 土のせん断および土壌硬度の検討 —

● 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、これまで行ってきた風蝕について、土のせん断力と土壌硬度の観点から、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

土の充填によらず、風の持つせん断力が風速4m/s, 吹走時間30sの22.7kN/m<sup>2</sup>よりも風速8m/s, 吹走時間30sの181.5kN/m<sup>2</sup>の方が風蝕量は大きくなった (Fig. 1, Fig.2)。また、土をきつく詰める(ρ<sub>d</sub>0.9g/cm<sup>3</sup>)ほど風蝕量, 風蝕量の増加率は小さくなった。土をゆるく詰めたとき(ρ<sub>d</sub>0.8g/cm<sup>3</sup>)に注目すると、風蝕量の増加率は風の持つせん断力22.7kN/m<sup>2</sup>よりも181.5kN/m<sup>2</sup>の方が2.3倍大きくなった。きつく詰めたときには、風蝕量の増加率は風の持つせん断力22.7kN/m<sup>2</sup>よりも181.5kN/m<sup>2</sup>の方が1.7倍大きくなった。非常にきつく詰めたとき(ρ<sub>d</sub>1.0g/cm<sup>3</sup>)は風蝕量の増加率に変化がみられなかった。これは、土が密に詰まるほど土粒子間の距離は小さくなり、土同士が互いに押さえつけあうことで風蝕が抑制される。

また、土をきつく詰めたときには、風の持つせん断力22.7kN/m<sup>2</sup>では風蝕量を0.1kg/m<sup>2</sup>以内に抑制することができた。しかし、風の持つせん断力181.5kN/m<sup>2</sup>では風蝕量が急激に増加し、0.1kg/m<sup>2</sup>以内に抑えることができなかった。これは、風の持つせん断力が土壌表面のみ働いているのではなく、水分の蒸発をさせているためである。風の持つせん断力は、土粒子間の水分を蒸発させ、土粒子間の結合を脆弱化させ、土粒子をせん断、剥離させると考えられる。

一方、風蝕量を山中式土壌硬度との関係で示すと Fig. 3~5 になる。いずれの充填においても、土

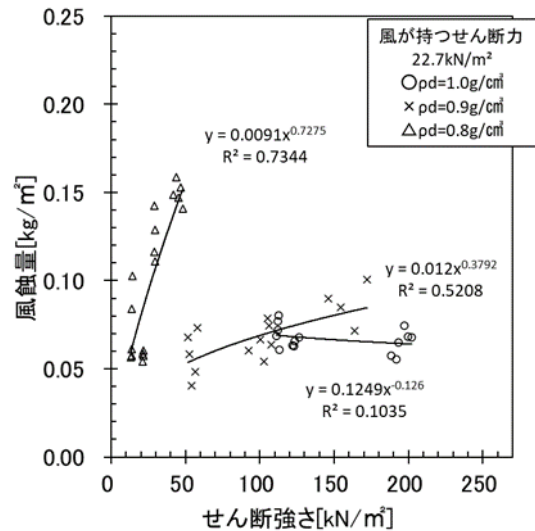


Fig. 1 土のせん断力が風蝕に与える影響 (風速4m/s, 吹走時間30秒)

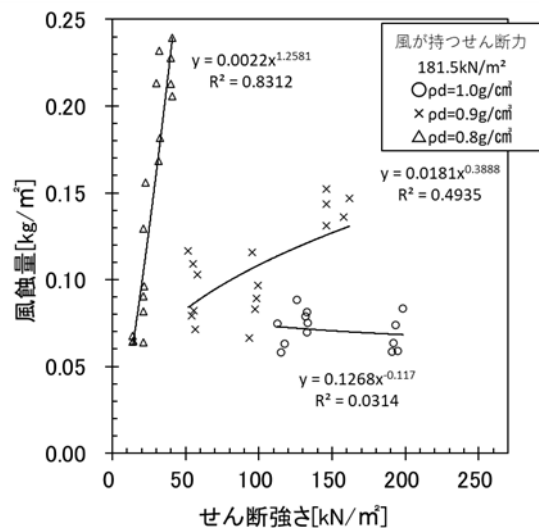


Fig. 2 土のせん断力が風蝕に与える影響 (風速8m/s, 吹走時間30秒)

壌硬度は、水分が増加すると低下した。土をゆるく詰めた場合には土壌硬度の増加(土壌水分の低下)は、風蝕量を低下させた。しかし、土をきつく詰ると、風蝕量の増加傾向は少なくなり、非常にきつく詰めたときには、風蝕量が0.1kg/m<sup>2</sup>でほとんど変化しなかった。また、いずれの充填

であっても、風速による影響は、少なかった。これは、地表面近傍の風速が 4m/s は、AMEDAS では強風に分類されたためであったと考えられる。

供試土壌は、火山灰土であり土をゆるく詰めた状態が耕耘直後、土をきつく詰めた状態が耕作中、非常にきつく詰めた状態は、固結化している場合に相当する。したがって、乾燥密度 08 g/cm<sup>3</sup> では 450kN/m<sup>2</sup>, 0.9g/cm<sup>3</sup> では 750 kN/m<sup>2</sup> を超えると、風蝕が懸念される。したがって、これらを考慮した土壌水分の制御により、土壌硬度を指標とした風蝕抑制が期待される。

## 2) 問題点等

本研究では吹走時間を固定し風速のみを変化させた。そのため、風の持つせん断力が3乗倍になるが、風蝕量の増加は同程度にならなかった。これは風の持つせん断力が土壌水分の乾燥に働いたためである。加えて土がきつく詰まるほど粘着力、せん断抵抗角の増加をもたらす風の持つせん断力に抵抗することで風蝕量を小さく抑制しているからである。また、風の持つせん断力が、すべて土壌に伝達されず損失が生じている可能性がある。

## 3. 今後の展望

風の持つエネルギーが土壌のせん断応力として考慮するために、土壌表面での水分の蒸発と損失エネルギーの検討が望まれる。また、土のせん断力と山中式土壌硬度との関係が、計測方法の違いから明らかになっていないため、さらなる検討が望まれる。これらを明らかにすることで、風蝕に強い農地整備と保全に関する知見が深められる。

## 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  
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  
該当なし

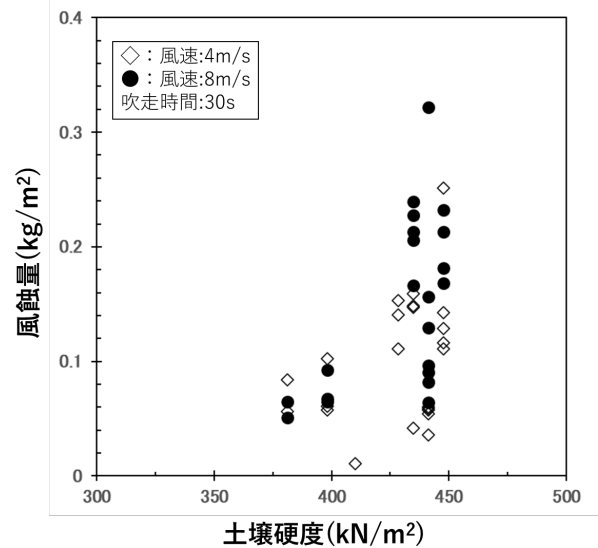


Fig. 3 土壌硬度が風蝕に与える影響  
(乾燥密度 0.8g/cm<sup>3</sup>)

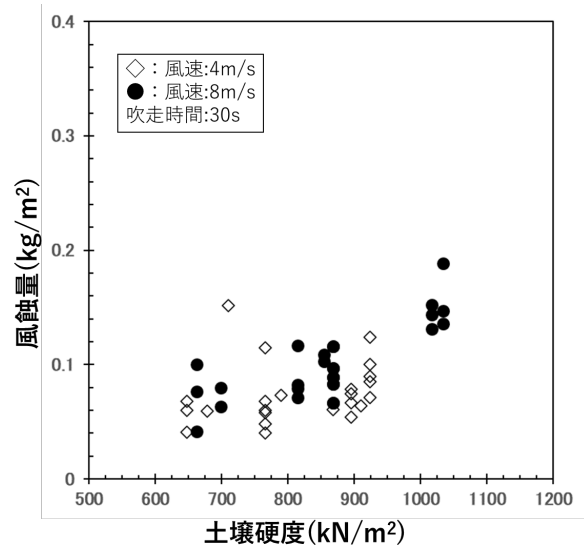


Fig. 4 土壌硬度が風蝕に与える影響  
(乾燥密度 0.9g/cm<sup>3</sup>)

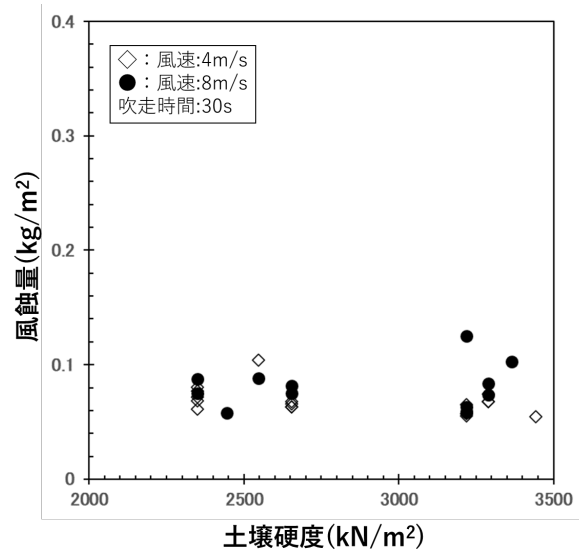


Fig. 5 土壌硬度が風蝕に与える影響  
(乾燥密度 1.0g/cm<sup>3</sup>)