

令和4年度
南あわじ市 大学連携事業支援業務

4つの研究会が課題とする研究・連携事業
報告書

令和5年3月

吉備国際大学

目 次

【1. 地域植物資源研究会】

農学部 准教授 桧原 健一郎

【2. 地域ブランド食品研究会】

農学部 講師 金沢 功

【3. 地域資源保全研究会】

農学部 教授 森野 真理

【4. 地域海洋資源研究会】

農学部 講師 金沢 功

令和4年度 南あわじ市大学連携事業支援業務

4つの研究会が課題とする研究・連携事業

事業名

【1. 地域植物資源研究会】

研究代表者

農学部 准教授 桧原 健一郎

副代表者氏名

農学部 講師 許 冲

1. 本研究会の目的

南あわじ市は三原平野を中心とした兵庫県を代表する農業生産地帯であり、タマネギ、レタスなど全国的にも有名なブランド商品を生み出している。しかし、近年の温暖化や度重なる異常気象、新しい病害の発生による生産に関する障害や農家の高齢化や後継者不足による労働力不足や栽培放棄地の増加といった問題が起きている。本研究会では、上記の問題や消費者の消費行動の変化による作物品種の多様化などを考慮し、露地（フィールド圃場）や植物工場で様々な作物栽培を実施し、将来的に南あわじ市における栽培や生産に貢献できるように農産物の探索を目的とする。

2. 本年度の取り組み

（1）フィールド圃場における作物栽培

1年生を対象とするフィールド実習の中で、異なる品種を用いた栽培を行い、栽培適正などについて調査を行う。本年度は準備段階としてミニハクサイと秋作ジャガイモの栽培がフィールド圃場で実施できるのかや栽培／管理や収穫時期などについて確認を行う。

・ミニハクサイ栽培

淡路島内において冬期に栽培されるハクサイは播種後80～100日程度で収穫可能となるが、極早生種であるミニハクサイは定植後40～50日と早く、球重600g～1kgと小さいが食べきりサイズであることがメリットとして挙げられる。本年度は、フィールド圃場において、ハクサイとミニハクサイを栽培し、南あわじ市での環境下で収穫時期などについて検証を行った。

・秋作のジャガイモ栽培

例年、大学講義予定に合わせた実習を行うため、9月定植を行う農作物を取り扱っていなかったが、本年度は9月ごろに秋作ジャガイモ（デジマ、アンデスレッド）を定植し、南あわ

じ市での環境下で栽培や収穫量について検証を行う予定であった。しかし、9月上旬に種芋を定植した後の雨や高温、また種イモの芽だし作業の不足のためか、茎葉が出てこず栽培には至らなかった。次回は芽だし作業をしっかりと行い、秋作ジャガイモ栽培につなげ、淡路島でのジャガイモ栽培について検証を行いたいと考えている。

（２）植物工場（太陽光利用型温室）における作物栽培

太陽光利用型植物工場は、人工的な環境制御を行うことでほぼ周年的に利用することができ、作物の生育予測を行いながら安定生産、計画生産を行うことを目指す施設である。イチゴ栽培において冬季でも太陽光利用型植物工場を効率よく利用するため、ハウス内に設置するエアコンを温度調節およびタイマー設定できる集中リモコンを設置した（図 1、図 2）。



図 1、太陽光利用型植物工場内にあるエアコン 図 2、温度調節およびタイマー設定できる集中リモコン

集中リモコンの設置により、24 時間を 4 段の時間帯に分けて温度設定できることから、冬季の寒い夜と夏季の暑い昼を効率よく、低コストでハウス内の環境温度を完全自動制御できるようになった。

（３）様々な作物栽培

あまり栽培されていない作物を育成し、南あわじ市での栽培適正の調査を行う。今年度はアケビガキとも呼ばれ、独特の熱帯フルーツ風味の香りがあり果肉はバター質でねっとり、甘味が強く柿とバナナを混ぜたような味のするバンレイシ科のポポー（Pawpaw）の栽培を開始した。

3. 方法と結果

（１）フィールド圃場における作物栽培

・ミニハクサイの栽培

ハクサイ（スーパーCR 黄味 85）ならびにミニハクサイ（CR お黄にいり）の苗を田中種苗株式会社より購入し、ハクサイは 10 月 6 日、ミニハクサイは 10 月 13 日にフィールド圃場

に定植を行った。元肥として、1 畝（約 1a）あたり苦土石灰（ミハラゲン）0.5 袋、スーパーIB8901 袋を施し、マルチングを行った。定植前防除（ジュリボフロアブル 200 倍希釈液）を行ったのち、ハクサイは 40cm ピッチ、ミニハクサイは 20cm ピッチのちどりで定植を行った。薬散は適宜実施した。

ミニハクサイは定植から約 3 週間で結球が始まり、定植から 2 ヶ月後の 12 月 10 日前後で収穫可能となった。一方、ハクサイは定植から 1 ヶ月半ごろから結球を開始し、定植から約 3 ヶ月後の 1 月初旬に収穫可能となった。今回の栽培により、フィールド圃場におけるハクサイとミニハクサイの栽培方法や収穫時期あるいは比較すべき点（結球時期、葉枚数、収穫時期、味の比較）が見えてきたので次年度ではより詳細な栽培・実験データを得ることができるだろう。



図 3、ハクサイ、ミニハクサイの栽培

(A)10 月 17 日、(B)11 月 3 日のハクサイ(左)、ミニハクサイ(右)、(C)結球中のミニハクサイ、(D)11 月 24 日のハクサイと(E)ミニハクサイ

(2) 植物工場（太陽光利用型温室）における作物栽培

2022 年 10 月に四季なり性イチゴ品種“よつぼし”15 個体をイチゴ栽培ハウスに定植した（図 3、図 4）。12 月下旬から開花し始めて、1 月下旬頃に収穫できた。開花日、収穫時糖度、ハウス内温度、日射量などデータを収集した。イチゴは本報告書作成時（2023 年 2 月）

には開花し続けて、データ収集中のため、まとめることができていないが、継続して解析を進めていく予定である。



図 3、イチゴ栽培ハウス内風景



図 4、四季なり性イチゴ品種“よつぼし”

（３）様々な作物栽培

2022 年 10 月 27 日にタキイ種苗より購入したポポー果樹（7 品種）を学内にてポット定植した。ポポーは定植後 2 年間は緩慢な生育のようであるため、管理を徹底し、果実収穫に向け取り組む予定である。



図 5、定植後のポポー果樹

令和4年度 南あわじ市大学連携事業支援業務

4つの研究会が課題とする研究・連携事業

事業名

【2. 地域ブランド食品研究会】

研究代表者

農学部 講師 金沢 功

1. 本研究会の目的

近い将来、タンパク質源の確保が大きな課題になっている。これまで本研究会ではジビエの利活用に取り組んできた主な理由がまさにタンパク質の確保である。今後、タンパク質の需要が高まる一方で国内の畜産の供給力では対応できなくなる。その一つの供給源の候補が自然から獲れる猪肉や鹿肉である。他の供給源候補として、昨今は昆虫食が注目されている。コオロギの養殖でベンチャー企業する学生や大学がニュースでよく見かける。世間の関心の高まりは本学においても昆虫食を研究にしたい学生が入学してくることから肌で感じている。2022年改訂版の世界人口推計では2050年代には世界人口が100億人になる。つまり、30年後の遠くない未来には人類の食料問題だけではなく、栄養学的にもタンパク質源の確保が重要な社会問題になっていることは想像に難しくない。その対策として、畜産やジビエ、作物以外に、タンパク質源の候補として昆虫も重要な役割を担っている。そこで、本研究代表者は今年度から南あわじ市と市内の企業、大阪府立環境農林水産総合研究所と連携協議会を立ち上げ昆虫を活用した資源循環に取り組んでいる。この連携協議会では、アメリカミズアブを養殖して、前蛹（サナギになる前の個体）を養殖魚の餌にすることでサクラマスなどの観光資源の強化と南あわじ市内の資源循環を目指している。本研究会では、昨今の昆虫食への関心の高まりからも、アメリカミズアブの昆虫食としての可能性について研究を試みる。今年度は学内に新しく食用目的の衛生面に配慮した昆虫飼育が可能な設備の導入を目指す。昆虫食は飼育環境から食中毒の危険性が非常に高く、昨今の食用目的の昆虫生産には衛生面が大きな課題になっている。安心安全な昆虫食を実現するには高度な衛生環境での繁殖が重要である。

2. 本年度の取り組み

アメリカミズアブの生育に適した温度・湿度は成虫と幼虫では異なるが、より厳しい条件では温度25-27℃、湿度60-70%であるとされている。生活環境が変化すると活動性が悪くなり生育速度の低下、繁殖行動の異常、受精率の低下、孵化率の低下など総合的に生存率

が著しく低下する。そのため、生育環境を管理しやすくするため、温度・湿度が比較的安定している醸造棟にある研究室内に飼育スペースを確保した。

飼育環境を安定させるために密閉飼育ゲージ用のグローブボックスを設置し、ガス置換用コックに換気システムを増築した。幼虫の餌や産卵誘導剤（魚の粗など）はアメリカミズアブが好む臭気を発するため、他の研究の影響を考慮して、飼育ゲージ内の換気を行った。ゲージ内部に温湿度計を設置して、一定期間の温度と湿度データを収集して、生活環境の管理を行った。温湿度計には Bluetooth 機能がついており、ゲージから離れていても温度および湿度をモニターできる。飼育ゲージ設置後は目標の飼育環境（温度 25-27℃、湿度 60-70%）の中でも、まずは温度が目標帯になるまで加温や換気などの試行錯誤を繰り返した。

そして、温度が 21℃以上と一定に保つことができたため、森の木ファームで繁殖しているアメリカミズアブから回収できずに残った卵塊約 0.01g（測定下限）（約 200-500 匹）を学内に設置した飼育ゲージに移植した。しかし、森の木ファームでの繁殖状況と同様に移植した卵塊から孵化しない問題に直面して、幼虫の飼育は途中で断念した。幼虫後の飼育試験を試みるために、12 月に市販されているアメリカミズアブの前蛹を購入して、蛹期からの飼育試験を開始した。現在は、飼育ゲージは暗所になるように遮光カーテンを設置して、蛹から羽化する個体を確認している。今後、羽化個体は随時露光して繁殖を促し、産卵器で卵塊を回収して、次世代の生活環を回す（写真 1）。



写真 1. 新設した飼育ゲージでのアメリカミズアブの生活環

- (1) 幼虫期は水分を多く含むイースト液で蓄養する。
- (2) 前蛹期に入り肥大して黒色化した個体
- (3) 蛹期は黒色化した前蛹を暗所にした容器に移して管理する。蛹同士が触れ合い、振動すると羽化しないため、緩衝材としてシリカゲルを敷いている。
- (4) 蛹から羽化した成虫は網ゲージの中で飼育して、産卵器で卵を回収する。集めた卵はイースト液上で孵化させて、(1)～(4)を繰り返し、世代を更新していく。

3. 結果

繁殖ゲージの上部にあるガス置換用コックに排気ダクトホースを接続して、ゲージ内部の臭気をドラフトに逃し、臭気が室内に漏れないように喚気システムを構築した。(写真 2) ゲージ内部の温度は、設置当初、室温 (25℃) よりも 5℃ 近く低いことがわかった。(図) 壁側からの外気温の影響が考えられたので、断熱目的でゲージの周囲に段ボールを設置し、さらに装置と段ボールの隙間に加温マットを挟んだ。12 月中旬には目標の 25℃ 以上になったが、人的なミスで研究室の空調が切られ、室温低下の影響を受け急激なゲージ内部の温度低下が稀に発生した。速やかに空調を稼働させれば、温度の低下期間は短いが連休などで室温管理が遅れるとゲージ内部の温度低下が数日続き対応が遅れることがあった。原因としては、目標温度帯の下限で温度管理をしていることが考えられ、不慮の事態に対応できていないため、追加でゲージ内部に設置が可能な加温器を今後設置予定である。



写真 2. 飼育ゲージ

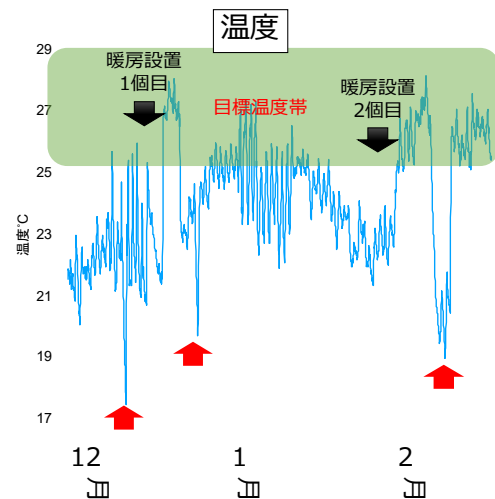


図. 飼育ゲージの温度グラフ
(赤矢印は空調が切れた時)

管理温度が適切な温度帯になった後、次は湿度管理が必要となる。現在の飼育ゲージ内部の湿度は 40% を超えたあたりを推移している。飼育に適した湿度は 60～80% と現在の測定値は目標値よりも倍近く低い。飼育ゲージを設置している実験室環境が湿度 50% と低い状態であるため、換気で吸気されて飼育ゲージ内部の湿度は目標値よりも低くなりやすい。しかし、飼育が本格化するとゲージ内部で水分を多く含む幼虫期の餌が設置されるため、現在よりも湿度管理は調整しやすくなるはずである。湿度が高い状態は微生物の繁殖に適した環境でもある。本研究の最終目標はアメリカミズアブの食用であることから、低湿度での飼育環境を構築するには、現在の状況は好機かもしれない。

来年度以降では、本格的に、飼育頭数 500 匹ほどのスケールでミズアブの生活環を回していくことを目指す。

令和4年度 南あわじ市大学連携事業支援業務

4つの研究会が課題とする研究・連携事業

事業名

【3. 地域資源保全研究会】

研究代表者

農学部 教授 森野 真理

1. 本研究会の目的

森林や竹林、農地などの利用が減少し、管理されなくなったことで、里山の生物相の変化、景観の悪化、獣害などが生じている。資源利用が低下し、管理放棄されるようになった背景には、経済的価値の低下がある。本研究会では、物質的資源のみならず、文化的な価値にも注目し、地域コミュニティの維持や活性化につながる、多層的な利用管理のあり方を探ることを目的とする。

2. 本年度の取り組み

獣害対策の一つとして農地に近接する森林や竹林の間伐や農地周辺の刈払は、各地で実施されているが、害獣の出没にはさまざまな要因が関連するため、その効果についてはほとんど検証されていない。本研究では、放棄竹林の間伐、および農地周辺の刈払の効果について、センサーカメラによる定点観察、およびイノシシ出没の諸要因を考慮した数理モデルの構築によって、検証する。その準備段階として、昨年度（2021年度）は、洲本市鮎原宇谷集落の農地を対象とし、イノシシ出没状況および農地利用についてベースマップを作成した。今年度は、昨年度のベースマップに今年度のイノシシ出没状況および農地利用のデータを追加し、竹林間伐および刈払による効果の検証を行った。

3. 方法

（1）農地状況およびイノシシの出没・被害調査

宇谷集落の調査対象範囲（図1：16ha）における農地管理者8名（分析対象農地計84筆）を対象に、農地状況およびイノシシの出没・被害について、直接対面方式による現地での聞き取りと農地の現地確認を行った。調査内容は、耕作状況・作付け作物・獣害対策状況・隣接する遊休地の有無・イ

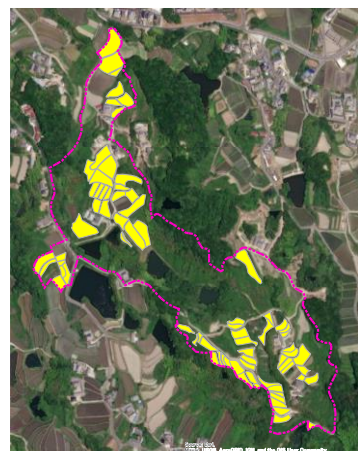


図1. 調査対象範囲
(分析対象農地：黄色部分)

ノシシの出没頻度・被害内容・昨年度と比べたイノシシの出没の増減とし、2022 年 11 月～12 月に実施した。また、分析では、昨年度 GIS (ESRI 社 ArcMap10.8) を援用して作成した、デジタルフォーマットの土地利用図を用い、今年度収集した調査データを統合した。

(2) センサーカメラを用いたイノシシ出没の定点観察

刈払の効果と持続性を明らかにするために、刈払を行う農地周辺 7 地点に赤外線センサーカメラ (Hyke2017Browning ダークプロ BTC6HDP: ノーグロウ、センサー反応距離 24m、画角 55°) 7 台 (図 2: カメラ番号①、②、③、⑤、⑥、⑦) を設置し、イノシシ出没の定点観察を行った。いずれも、昨年度・今年度ともにイノシシの出没頻度の高い農地周辺であるが、カメラ③・⑧は、のり面の上に位置し、東側の二次林の林縁にあたる。カメラ⑦は、頻繁に掘起しがみられる遊休地に、カメラ②は、コメを作付けする耕作地の畔に設置した。カメラ⑤・①・⑥は、イノシシの移動経路とみられる、水路沿いの竹林内に設置した。カメラ⑤付近の竹林は、昨年度枯竹が除去され、今年度 11 月 25 日に間伐が実施された。すべてのカメラは、2022 年 7 月 11 日に設置し、同年 12 月 20 日に撤収した。撮影時間は、18:00～7:00 と設定し、動画 30 秒および静止画で記録した。撮影された写真の記録から、イノシシの撮影頭数、成獣幼獣、行動、出没时间を明らかにした。2 週間に 1 度程度、カメラのメディア交換に行き、その際、周辺の刈払の有無を確認した。



図 2. 対象地の土地利用図およびセンサーカメラ設置位置 (図中番号は、カメラ番号)

(3) ロジスティック回帰モデルの構築

イノシシ出没に関連すると考えられる諸要因のなかで、竹林間伐の効果を明らかにする

ために、表 1 に示す 9 変数を用いて、ロジスティック回帰モデルを構築し、前年度（2021 年度）と比較したイノシシの増減に対する間伐の有意性を分析した。前年度と比較したイノシシ出没の増減について 2 値化し、「増加または変化なし」を 1、「減少・または出没なし」を 0 とした（表 1）。また、今回の目的は、竹林間伐の効果を明らかにすることであるため、分析に供した農地は、最近接する竹林からの直線距離が 50m 内に位置する農地（71 筆）とし、竹林から離れた農地は除外した。

表 1. 変数一覧

変数	データ
Y 前年度と比較したイノシシ出没の増減	増加・変化なし(1)、減少・出没なし(0)
X1 作付けの有無	遊休地(1)、耕作地(0)
X2 隣接する遊休地の有無	あり(1)、なし(0)
X3 最近接する竹林の間伐の有無	間伐あり(1)、間伐なし(0)
X4 農地と竹林の距離(m)	農地と竹林の距離(m)
X5 農地と水路の距離(m)	農地と水路の距離(m)
X6 農地とため池の距離(m)	農地とため池の距離(m)
X7 農地と森林の距離(m)	農地と森林の距離(m)
X8 周囲の刈払いの有無	あり(1)、なし(0)
X9 電柵の設置の有無	あり(1)、なし(0)

4. 結果・考察

（1）農地利用・イノシシの出没状況

対象農地の耕作状況は、84 筆のうち、耕作地が 61 筆（3.1ha）、遊休地が 23 筆（0.8ha）であった。主な作付け作物は、コメ（33 筆）、タマネギ（14 筆）、野菜（2 筆）、その他（21 筆）

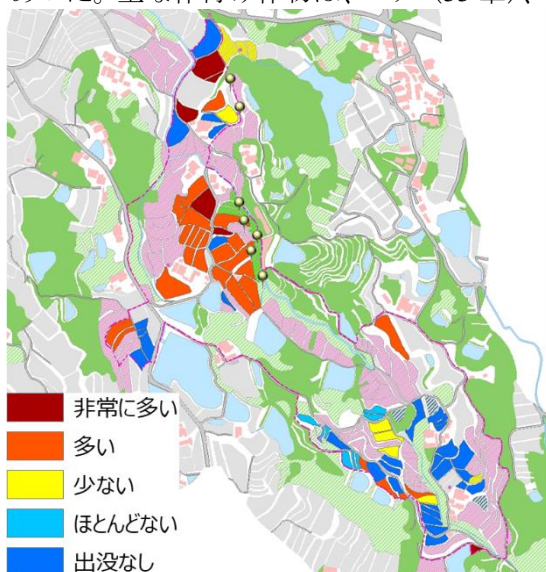


図 3. イノシシの出没頻度

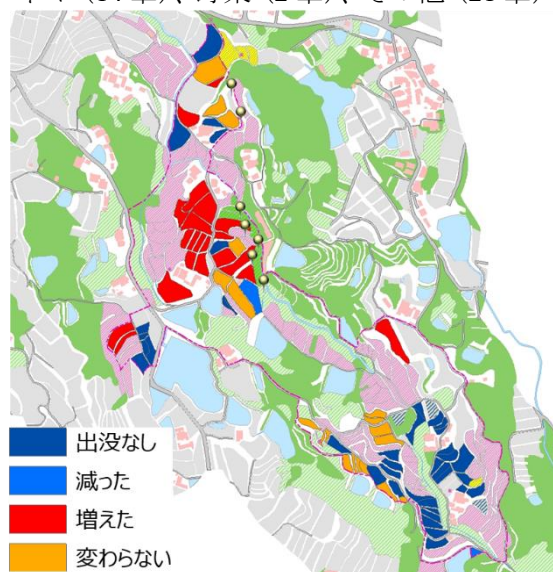


図 4. 前年（2021 年）と比較したイノシシ出没の増減

であった。

イノシシの出没頻度は、北部の頻度が高く、南部で低かった（図 3）。前年（2021 年）と比較したイノシシ出沒の増減は、北部で出沒が増加し、減少した農地は 1 筆であった。被害内容は、畔の破壊（8 筆）、柵の破壊（1 筆）、食害（1 筆）、その他（3 筆）であり、食害より畔の破壊が多かった。各農地のイノシシ対策状況は、刈払（73 筆）、電気柵（64 筆）、その他の柵（1 筆）、対策なし（2 筆）であり、多くの農地で、刈払と電気柵を中心とした対策が行われていた。

（2）刈払の効果と持続性

図 3 でイノシシの出没頻度が高い農地周辺にセンサーカメラ 7 台（図 2 参照）を設置し、自動撮影されたイノシシの撮影枚数と、行動を判別した（図 5、6）。調査期間中の各カメラのイノシシ撮影枚数は、カメラ③15 枚、カメラ⑧829 枚、カメラ⑦8 枚、カメラ②19 枚、カメラ⑤11 枚、カメラ①70 枚、カメラ⑥139 枚、であった。撮影された個体を、大きさおよび母子群かどうかで判別した結果、全写真のうち、成獣が約 3 割、幼獣が 7 割を占めた。写真および 30 秒の動画から、行動について判別した結果、移動が全写真の 24%、採食が 17%、掘起しが 2%、休憩が 1%、不明が 56%であった。撮影された時間帯は、18 時～21 時が全写真の 29%、21 時～0 時が 26%、0 時～3 時が 21%、3 時～7 時が 24%であった。

i) カメラ③・⑧付近

カメラ③・⑧付近では、8 月 16 日、8 月 20 日、9 月 8 日、9 月 24 日に、農地周辺の刈払が行われた（図 5）。また、カメラ⑧付近に設置されている捕獲檻が、8 月 24 日に稼働開始された。イノシシの撮影枚数は、カメラ⑧で、特に、8 月 12 日～8 月 22 日まで著しく多く、1 日当たり 200 枚近く撮影される日もあった（図 6）。これは、野菜くずの捨て場がカメラ⑧付近にあったためと考えられる。ただし、今回の調査で個体識別は行っていないため、同一個体が同一日に撮影されている場合も撮影枚数にカウントされている。

カメラ⑧では、8 月 16 日の刈払翌日に撮影枚数は半減し、さらに、8 月 20 日の刈払後は 4 日後あたりから、撮影されないか、撮影されても 10 枚未満の日が 9 月 26 日まで、約 1 カ月続いた。9 月 24 日の刈払後は、9 月 27 日から 10 月 1 日まで 5 日間撮影枚数の多い日が続き、以降は、10 月 11 日（27 枚）を除き、多くても 8 枚程度であった。ただし、農地管理者への聞き取りによると、カメラの撮影枚数が大きく減少した後も、隣接する農地には出沒していた。そのため、刈払により、イノシシの出



図 5. カメラ③・⑧付近の刈払

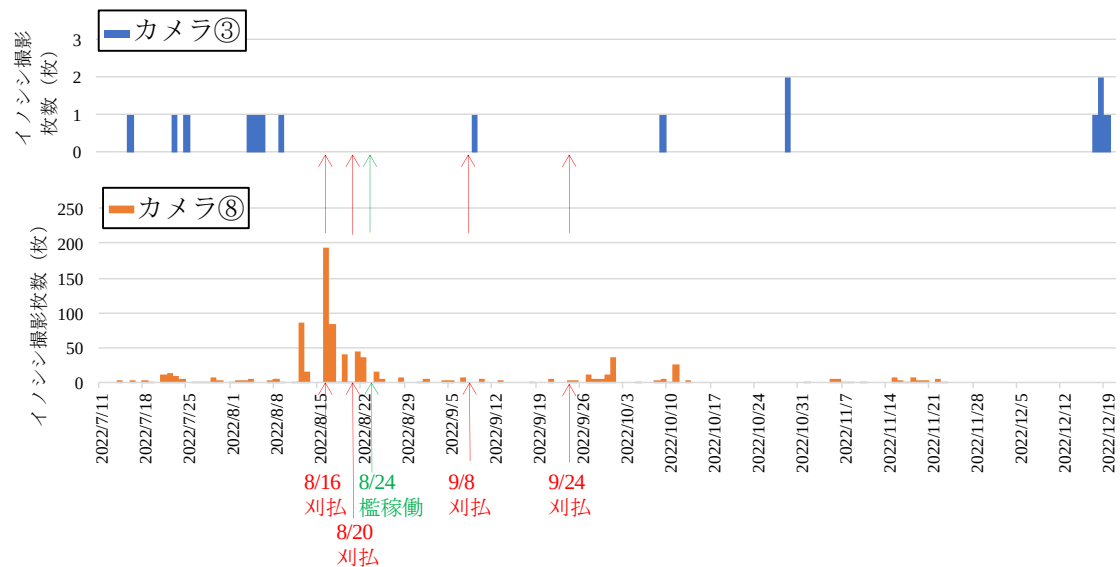


図 6. カメラ③・⑧のイノシシ撮影枚数 (2022 年 7 月 11 日～12 月 20 日)

※図中の赤矢印は刈払日、緑矢印は檻稼働日を示す。カメラ③と⑧は撮影枚数のオーダーが異なるため、別図に示す。

カメラ③ (上部グラフ) の矢印は、カメラ⑧ (下部グラフ) と同じ刈払・檻稼働日を示す。

没抑制効果は 1 カ月程度維持されるとみられるが、別の侵入・移動ルートがあれば、その効果は、刈払場所の近辺に限定的であることが示唆された。また、8 月 24 日にカメラ⑧付近の檻が稼働したが、調査期間中に捕獲されたイノシシはいなかった。

カメラ③付近には、けもの道が数本みられたが、撮影枚数自体は期間全体を通して 1～2 枚程度であり、刈払前後で変化はみられなかった。

ii) カメラ⑦・②付近

カメラ⑦・②、およびカメラ⑤・①・⑥付近では、8 月 8 日、8 月 16 日、10 月 11 日、11 月 25 日に、農地周辺の刈払が行われた (図 7)。また、11 月 25 日には、図 7、に示す範囲で竹林の間伐も行われた。

農地の畔に設置されたカメラ⑦・②については、イノシシの撮影枚数は全期間を通じて少なく、カメラ②の 8 月 20 日 (17 枚) を除いて、すべて 5 枚以下であり、刈払前後で著しい変化はみられなかった (図 8)。

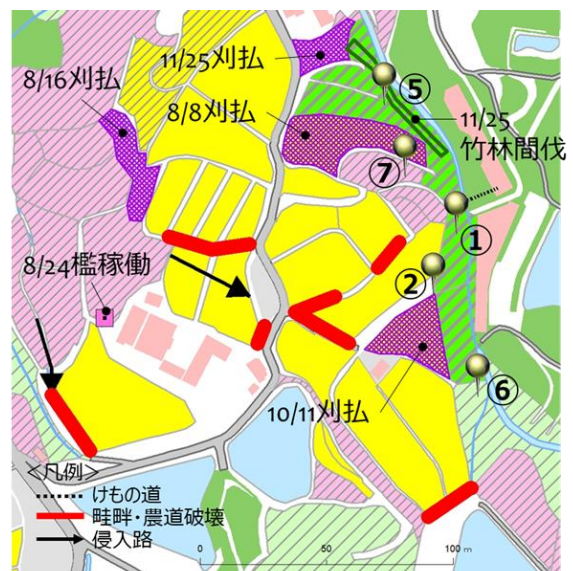


図 7. カメラ⑦・②、⑤・①・⑥付近の刈払

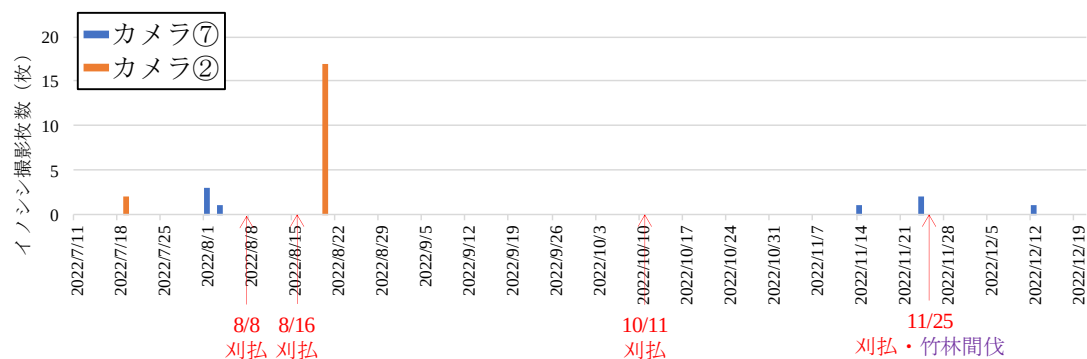


図 8. カメラ⑦・②のイノシシ撮影枚数 (2022 年 7 月 11 日～12 月 20 日)

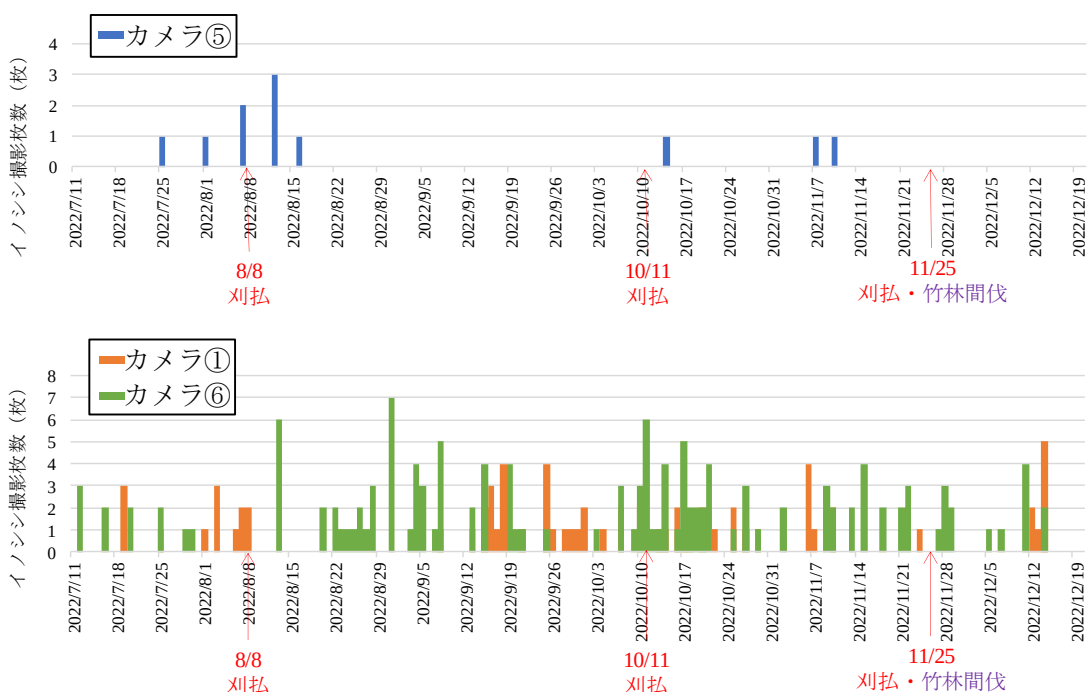


図 9. カメラ⑤・①・⑥のイノシシ撮影枚数 (2022 年 7 月 11 日～12 月 20 日)

iii) カメラ⑤・①・⑥付近

カメラ⑤・①・⑥は、水路沿いに繁茂する竹林内に設置しており、枚数は 10 枚以下であるものの、全期間を通じて頻りに撮影されていた (図 9)。特に、カメラ⑥では、撮影頻度が高かった。この傾向は、農地周辺での刈払前後で変化がみられなかった。これは、水路も水路沿いの竹林も、農地に隣接しているものの農地の畔より低い位置にあるため、農地周辺で刈払があっても、イノシシの行動自体には影響を与えなかったと考えられる。カメラ①・⑥については、11 月 25 日の竹林間伐後も撮影枚数は減少していない。ただし、カメラ⑤は、7 月下旬から 8 月初旬まで数枚撮影されたことを除くと、カメラ①・⑥に比べ、水路沿いの

竹林内にもかかわらず、全般に撮影枚数が少なく、8月中旬以降はほとんど撮影されていなかった。カメラ⑤付近の竹林は、前年度枯竹の除去が行われた場所でもあり、11月25日に間伐以前にも、カメラ①・⑥の竹林よりも見通しは良い状態にあった。そのため、次年度以降のモニタリングにより、さらなる検証が課題である。

(3) 竹林間伐の効果

周辺の竹林から50m内に位置する農地71筆を対象に、前年度と比較したイノシシの増減に対する間伐の有意性を分析した。分析にはR (ver.4.1.0)を使用し、計71筆（増加・変化なし $n=34$ 、減少・出没なし $n=37$ ）のデータを供した。リスク要因として、表1に示す9変数（X1～X9）を用いた。ステップワイズ法で変数選択を行い、適合度指標（AIC）を変数選択の基準とした。その結果、X3、X5、X9をリスク要因とするモデル（式1）が得られた（AIC：54.7）。表2に示すオッズ比より、最近接する竹林が間伐ありだと出没増加リスクを600倍上げ（X3）、農地と水路距離が1m遠くなると0.9倍に増加リスクを減少させ（X5）、電柵を設置すると0.0001倍に増加リスクを減少させ（X9）、影響力の強さは、 $X3 > X5 > X9$ の順であった。今回の結果で、竹林間伐のオッズ比が非常に大きい値をとったのは、間伐ありの竹林に近接する農地が71筆中16筆に過ぎず、平均値が0.19と小さかったことに起因する。今回の結果では、竹林の間伐とイノシシ出没増加リスクには、正の相関があり、間伐の効果は示されなかった。

$$\log\left(\frac{p}{1-p}\right) = 6.398 \cdot X3 - 0.075 \cdot X5 - 8.578 \cdot X9 + 8.117 \quad \dots \text{(式1)}$$

表 2. イノシシ増減にかかわるリスクモデルのオッズ比

AIC:54.7					
変数	推定値β	SE	p 値	オッズ比	オッズ比の95%信頼区間
切片	8.117	2.999	0.007 **		
X3:最近接する竹林の間伐の有無	6.398	1.88	0.001 ***	600.913	15.077 ～ 23927.890
X5:農地と水路の距離(m)	-0.075	0.033	0.023 *	0.928	0.870 ～ 0.990
X9:電柵の設置の有無	-8.578	2.767	0.002 **	0.0001	0.000 ～ 0.043

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$

5. まとめ

今回の結果から、農地周辺の刈払は、一時的にイノシシの出没を抑制する効果がみられたものの、他の移動・侵入ルートがあれば、効果は時間的にも空間的にも限定的であること、また、竹林の間伐については、次年度の動向調査も必要であるが、今回のモデルでは、出没の増加リスクに対して効果はみられないことが示された。ただし、これらの個々の対策を否定しているわけではなく、被害の顕著な場所を囲い込む集落柵やフェンスの設置などと併用した、総合的な防除の検討が今後の課題である。

令和4年度 南あわじ市大学連携事業支援業務

4つの研究会が課題とする研究・連携事業

事業名

【4. 地域海洋資源研究会】

研究代表者

農学部 講師 金沢 功

1. 本研究会の目的

南あわじ市の主要産業である漁業は漁業就業者数が2003年から2018年の15年間で35%も減少し、後継者不足や漁獲量減少など多くの課題を抱えている。今年度の本研究会では、南あわじ市で伝統的に製造されている灰干しワカメに着目し、その機能性を評価して新たな付加価値を模索する。2019年の南あわじ市の魚種別漁獲高ではワカメやノリなどの海藻類は3番目に多い。褐藻類であるワカメはカロテノイドの一種であるフコキサンチンが豊富に含まれる。灰干しワカメは新鮮なワカメに灰をまぶしたのちに天日干しするため、通常の乾燥ワカメに比べて鮮やかな緑色が維持されている特徴がある。色素成分であるフコキサンチンも灰干しによって維持されることが期待される。フコキサンチンは還元型グルタチオンを合成する抗酸化機構に関与しているだけでなく、抗糖尿病作用、コレステロール代謝、抗肥満作用、癌細胞の増殖抑制作用、抗炎症作用などの機能が知られているカロテノイドである。灰干しワカメと乾燥ワカメ、塩蔵ワカメそれぞれのフコキサンチン含有量を比較することで南あわじ市で伝統的に製造されてきた灰干しワカメの機能性を評価する。灰干しを製造している事業所は全国的にも少なく、灰干しワカメは間違いなく南あわじ市の特徴的な観光資源と言える。その灰干しワカメに付加価値を見出すことは南あわじ市の水産業を活気づけることに繋がるはずである。

2. 本年度の取り組み

灰干しワカメや乾燥系ワカメおよび塩蔵ワカメ中に含まれるカロテノイドの一種であるフコキサンチンを高速液体クロマト装置 (HPLC) を使用して定量分析した。灰干しワカメには灰が塗布されているため、試料を蒸留水で洗浄して灰を除去して試料中の灰重量を求めた。塩蔵ワカメ試料は水分量が多いと予想される一方で、その他の試料は乾燥物であることから水分含有量が試料ごとに異なる。フコキサンチン含有量を重量あたりで正確に比較するためにそれぞれの試料の水分含有量を110℃条件の常圧加熱乾燥法で測定して、乾物重量を求めた。フコキサンチンの抽出では80%メタノール(塩蔵ワカメは100%メタノールを使

用)を加えて、冷暗所に一晚以上置いて抽出した。抽出液は2号濾紙で濾過し、ロータリーエバポレーターで乾固させた。酢酸エチル(HPLCグレード)に再溶解させた後、Shiseido Capcell pak C18 UG80 カラム(φ2.0mm x 250mm, 5μm)を装着したHPLCに供した。分析条件は移動相Aに0.3%酢酸アンモニウム加えたメタノール(pH5.3)、移動相Bにメタノールを装着して、グラデーションの条件は測定時間が0分時に移動相Aが80%、25分時にAが0%になるように設定した。流量1ml/minで分析試料を10μlを注入して、450nmでフコキサンチンを検出した。定量分析には標準液フコキサンチンを使用して検量線を作成して絶対検量線法で算出した。分析試料のワカメ乾物重量あたりでのフコキサンチン含有量を灰干し処理の有無で含有量に有意差があるか評価した。有意差検定は、統計ソフトjamoviを使用して、ルビーン検定で分散等質性を確認後、多重比較(テューキー法)を行った。



写真1. 淡路島産灰干しワカメ



写真2. 試料(左から淡路島産灰干しワカメ、乾燥糸ワカメ、塩蔵ワカメ、徳島産灰干しワカメ、青森産焼干灰ワカメ)

3. 結果

水分含有率は食品の加工方法で大きくことなる。カットや洗浄、包装などの熱処理されていない生鮮野菜などの水分含有率は90%以上である一方、お米や小麦といった保存期間の長い穀類などは20%未満であり、加工処理によって食品に含まれる水分量が異なる。ワカメの加工品には貯蔵性や保存性の観点から湯通しなどをした後に乾燥処理させ常温保存できるものから、塩を加えて冷凍保存した水分を多く含むものがある。本研究では褐藻類の機能性成分について調査するために、抗酸化作用があることで知られるカロテノイドのフコキサンチン含有量を測定した。灰干しおよび湯通し乾燥、塩蔵加工処理がされたワカメ中のフコキサンチン含有量を比較し、灰干し処理の有無でフコキサンチン量を評価した。含有量を比較するためにはまず水分を除いた乾燥重量を求める必要がある。そこで、はじめに一般的な乾燥方法である110℃での熱風乾燥を行った。しかし、灰干し処理されたものや塩蔵は熱風乾燥後に灰や塩などの残渣が含まれる。そこで、試料を蒸留水約600mlで洗い、洗浄水を回収してそれを熱風乾燥した。最終的に、容器に残った残渣の重量を測定した。残渣には灰のほか、塩、水溶性食物繊維が含まれるため、灰ほかとしてその重量パーセントをまとめた(表)。ワカメの乾物重量は試料重量から水分および灰ほかを除いた残りとして算出した。そして、フコキサンチン含有量は乾燥重量あたりの含有率として計算した。

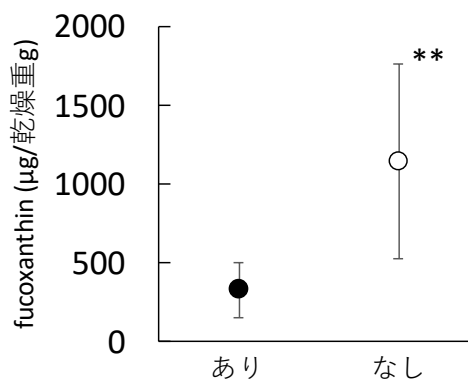
表. 試料分析結果表

(n=3)	産地	乾燥処理	水分含有率	灰ほか	フコキサンチン含有率
			(%)	(%)	($\mu\text{g}/\text{乾燥重g}$)
			平均値 $\pm$ SD	平均値 $\pm$ SD	平均値 $\pm$ SD
灰干し A	淡路島	有	11.0 $\pm$ 0.3	55.1 $\pm$ 2.5	51.9 $\pm$ 7.3
B	徳島県	有	17.3 $\pm$ 0.2	52.5 $\pm$ 2.1	281.8 $\pm$ 13.6
C	青森県	有	13.3 $\pm$ 0.2	40.0 $\pm$ 3.7	641.9 $\pm$ 42.6
乾燥	淡路島	有	17.9 $\pm$ 0.2	3.6 $\pm$ 0.4	454.4 $\pm$ 43.2
塩蔵	淡路島	無し	64.7 $\pm$ 0.5	20.1 $\pm$ 1.7	1832.5 $\pm$ 95.9

淡路島産の灰干しワカメに含まれるフコキサンチン量は最も少なく、塩蔵ワカメが最も多いことがわかった。灰干しワカメは淡路島産の他、同じ鳴門海峡で育ったワカメを取り扱っている徳島県産と、青森県産の焼灰ワカメも収集して、同様の分析を行った。青森産の生ワカメを焼きながら灰を塗した廃干しワカメ（焼灰）の灰などの残差含有率は他の2つの産地に比べて少ない。一方で、活性炭を塗して天日干しする淡路島産と徳島県産の灰干しワカメの比較では、水分含有率に差が見られた。淡路島産は徳島県産より水分含有率が低いことがわかった。そのため、結果として淡路島産の灰干しワカメのフコキサンチンは少なくなったと考えられる。メタノール抽出液での比較では、フコキサンチン（赤色）が含まれるとクロロフィル（緑色）の色が混合してワカメを浸漬した溶液の色合いは茶色くなる（写真3 右側）。一方で、乾燥度合いの高い淡路島産はフコキサンチン含有量が少ないので、よりクロロフィルの緑色が鮮明に見える（写真3 左側）。おそらく、調理後の見た目の綺麗さが際立つように徳島県よりも天日干しの期間が長くするなどの工夫かもしれない。淡路島産ワカメで灰干し処理、湯通し乾燥処理（灰干し無）、塩蔵処理によるフコキサンチン含有量を比較したところ、塩蔵ワカメのフコキサンチン量が群を抜いて多い。つまり、灰干し処理というよりも水分含有率を低下させる乾燥処理がワカメ中のフコキサンチン含有量を減少させることを示している（図）。結果から、灰干しワカメにおいて機能性成分であるフコキサンチン含有量は塩蔵ワカメよりも有意に少なくなることが明らかになった。



写真3. メタノール抽出液（左：淡路島産灰干しワカメ、右：乾燥系ワカメ）

図. 灰干し処理の有無とフコキサンチン含有量の多重比較（テューキー法）**: $p<0.01$