

環境貢献技術の創出



ENVIRONMENTAL
TECHNOLOGIES

6.1 環境対策に関する研究活動



(1) 火山活動による地球寒冷化と三畳紀末の大量絶滅

大学院創成科学研究科 理学系学域 地球科学分野 講師 齊藤 諒介

地球上の生命は、カンブリア紀（約 5.4 億年前）以降、**5 回の大量絶滅**という劇的なイベントを経て現在の多様性に至っています（図 6-1）。大量絶滅は、広範囲な地域で海・陸両方の生物が短期間に絶滅し、場合によっては 90 % 以上の種が失われる現象です。三畳紀末（約 2 億年前）の大量絶滅では、陸上を支配していた大型ワニの先祖が絶滅し、その後恐竜が台頭する契機となりました。

私たちの研究室では、学外の共同研究者とともに、大量絶滅時に堆積した堆積岩中の堆積有機分子、特に**芳香族炭化水素**に注目し、**大量絶滅の発生メカニズムを解明する研究**を行っています。芳香族炭化水素は、十億年以上の地質学的時間スケールで安定に保存される有機分子であり、現代では森林火災などの有機物燃焼、また火山活動や小惑星衝突によって生成されます。中でも**コロネン**は、火山活動や小惑星衝突に起因する芳香族炭化水素生成の指標として活用されてきました。

堆積岩の加熱実験により、**低温では二酸化硫黄が、高温では二酸化炭素が多く放出**されることが明らかとなっています。三畳紀末の大量絶滅を記録した地層（図 6-2・3）から得られる有機分子の種類の変化から、**火山活動が低温から高温へ移行したと推定**されました。これらの結果を踏まえ、**三畳紀末の大量絶滅は以下のプロセスで起こったと考え**られます。

- 大規模火山活動により、マグマが低温で堆積岩を加熱し、**大量の二酸化硫黄が生成**される。
- 二酸化硫黄が成層圏に達し、**硫酸エアロゾルを形成**する。
- 硫酸エアロゾルが太陽光を反射し、**光合成阻害や地球寒冷化**を引き起こすことで、生物の大量絶滅に至った。

これらの研究成果は、大規模な環境変動と生物多様性の関係性を明らかにし、現代の気候変動や環境問題への理解を深めるための知見を提供します。**火山活動による大気組成の変化**が生態系へ与える影響メカニズムを解明することで、**人為的な大気汚染や温室効果ガス排出**がもたらす生物多様性への潜在的リスクを評価し、持続可能な環境保全策の構築に貢献することを目指します。

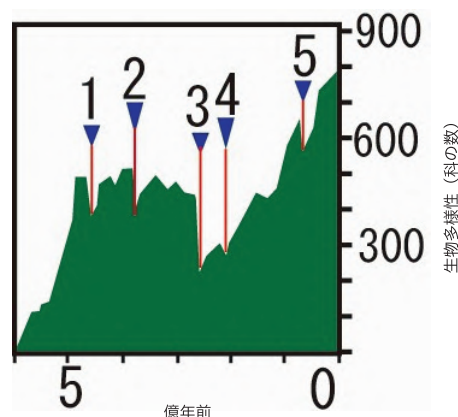


図 6-1 過去 5 億年間の間に発生した 5 回の大量絶滅



図 6-2 英国セント・オードリーズ湾の三畳紀末の大量絶滅を記録した地層



図 6-3 日本岐阜県の三畳紀末の大量絶滅を記録した地層

(2) 山口湾のアマモ場に関する研究およびボランティア活動

大学院創成科学研究科 工学系学域 社会建設工学分野
教授 山本 浩一

ブルーカーボンは海洋生態系によって海域に貯留される炭素のことである。浅海域に生育するアマモはブルーカーボンを底泥内に貯留するため近年注目されている。山口湾には 83ha 程度の自然のアマモ場が存在しておりその面積は増減を繰り返している（図 6-4）。

2024 年度の研究として漂着アマモのマクロベントスによる分解とアマモ場における底質変化に関する研究を行った。また、アマモ群落と群落の間にアマモ場を増強するためアマモの再生活動を行った。

① 漂着アマモのマクロベントスによる分解に関する研究

マクロベントス（図 6-5）による漂着アマモの分解と栄養塩溶出について調べた。ドローンと現地調査によって求められた 2024 年 8 月 3 日の長浜におけるアマモの漂着量は 1m あたり乾燥重量で 160 g、炭素に換算すると 66gC であった。マクロベントスによる窒素の無機化速度は海岸線 1m あたり 37 mg day^{-1} 、リン摂取速度は 2.4 mg day^{-1} となった。マクロベントスによって漂着したアマモの約 19 %は 15 日間で摂食されることがわかった。これは日光による分解や微生物による分解と同程度以上となり、干潟生態系において分解に寄与していることがわかった。マクロベントスの培養実験の結果、生物分解を経ると難分解性有機物が発生することがわかり、生物による分解がブルーカーボンに寄与していることがわかった。

② アマモ場が底質に与える影響

山口湾におけるアマモ場・非アマモ場の泥質を調査して、アマモ場の底質が安定化する要因を明らかにした。アマモ場には非アマモ場に比較して易分解性有機物とともに難分解性有機物が多く、底質の粘着性にも影響を与えていた。

③ アマモ場造成活動

梶野川河口域・干潟自然再生協議会ブルーカーボン WG と共同して山口湾のアマモ場において下種更新法によって 2024 年 5 月にアマモの播種を行った。まず既存の群落に置いて花枝を 300 本採取して群落の存在しない場所に麻縄と木杭で底質表面に固定した。その結果、翌年 3 月には多数の独立した実生が活動範囲周辺の干潟表面に着生していることが確認された（図 6-6）。2025 年度も活動を継続する予定である。



図 6-4 山口湾東部のアマモ場と長浜へのアマモ漂着状況



図 6-5 漂着したアマモを食べるハマトビムシ上科

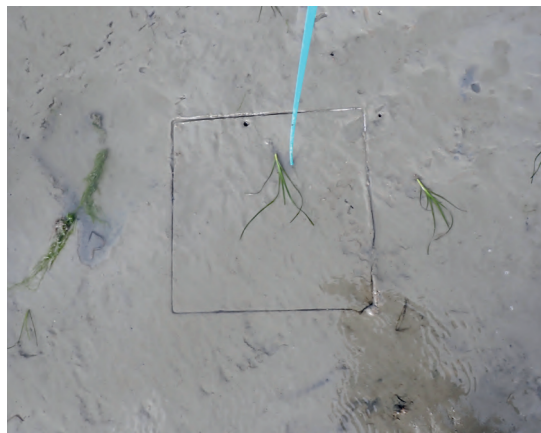


図 6-6 アマモの実生（2025 年 3 月）



1 食生活を
よくする2 食生活を
せむに3 すべての人に
健康と福祉を12 つくる責任
つかう責任15 陸の豊かさ
をうけとる

(3) 虫を食べて健康に ～昆虫食の食品機能性の研究～

大学院創成科学研究科 農学系学域 生物機能科学分野 教授 井内 良仁

「虫を食べる」とはどういうことでしょうか？ 罰ゲームに使われるいわゆるゲテモノ食？ いやそれとも近未来の食糧危機における代替タンパク源？ 2013年に国連食糧農業機関（FAO）が発表した報告書は、近未来に向けて昆虫の食品や飼料など、積極的な資源利用を建言する内容でした。高タンパク・低脂肪、経済的で地球に優しいとの評価で話題になり、一次的にブームにもなりました。ただ、食糧危機と絡められた心理的な圧迫感の中で昆虫食バッシングのような事態に至った面もあります。

しかし、私たちは昆虫食をただの食料、ましてや代替タンパク質として捉えるのではなく、健康長寿にプラスとなる“機能性食品”と考え、今まで食品としての研究が十分に行われてこなかった「昆虫食」に科学の光を当て、その成分分析や食品機能性評価を行っています。

各種昆虫の含有成分を培養細胞に添加して反応を見たり、マウス食餌実験を行ってわかってきたのは、様々な未知の食品機能性が昆虫食に秘められているということでした。例えば、トノサマバッタを餌として与えたマウスでは体重増加が抑えられ、体脂肪の蓄積が抑えられることがわかりました（図6-7）。次に体脂肪蓄積が抑えられる理由について明らかにするため、培養細胞にトノサマバッタ抽出液を添加して調べた結果、脂肪前駆細胞から脂肪を蓄積するようになる脂肪細胞への分化が抑制され、脂肪蓄積に関わるいくつかの遺伝子の働きが抑えられました（図6-8）。これは、トノサマバッタを食べることでメタボリックシンドローム抑制効果が得られる可能性を示唆します。

その他にも、老化を抑制する抗酸化効果、筋力の衰えを改善するアンチエイジング効果、そして病気予防に役立つ免疫力増強効果などの様々な食品機能性をバッタ、コオロギ、セミなど身近な昆虫類で確認しており、まだまだ明らかになっていない秘められた機能性成分が存在する可能性があります。

このように、私たちの健康長寿に寄与するような昆虫食の付加価値を見出し、その魅力を多くの人に知ってもらうことで、持続可能な資源である昆虫食の新たな可能性を模索したいと考えています。

また、昆虫食の認知と普及いわゆる社会実装を目指して学内で定期的に「昆虫食に親しむ会」を開催しています。「自分で調理して食べるのはハードルが高いけど、誰かが準備までしてくれたら体験したい」という人も多く、毎年多くの人に好評を頂いています（図6-9）。

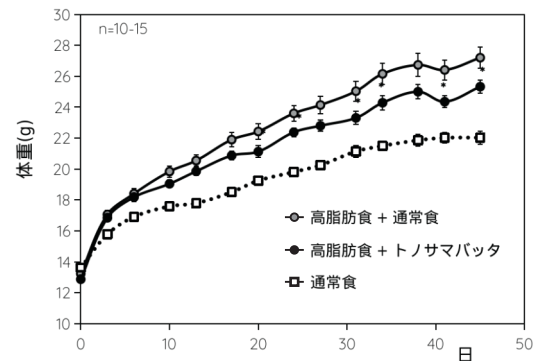


図6-7 トノサマバッタを食べたマウスの体重増加

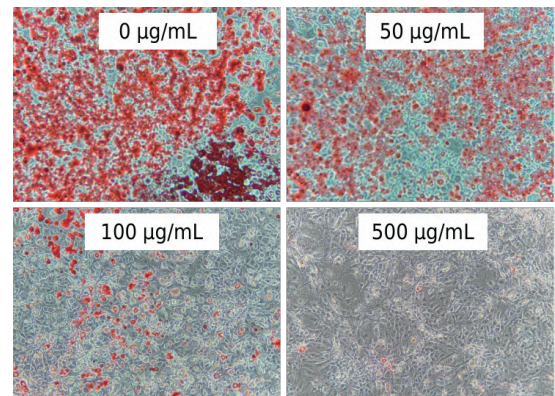


図6-8 トノサマバッタ抽出液が濃度依存的に培養細胞の脂肪蓄積を抑制する様子（赤色に染めた物が脂肪）



図6-9 昆虫食に親しむ会で提供した料理の一例



(4) AI を活用した画像認識型交通量観測手法の研究

大学院創成科学研究科 工学系学域 知能情報工学分野 教授 中村 秀明

本研究は、山口県土木建築部との共同研究として、一般交通量調査における人手不足や業務の非効率化といった課題を解決し、道路の計画・整備・維持管理に必要な基礎データを、より効率的かつ高精度に収集することを目的とします（図 6-10）。

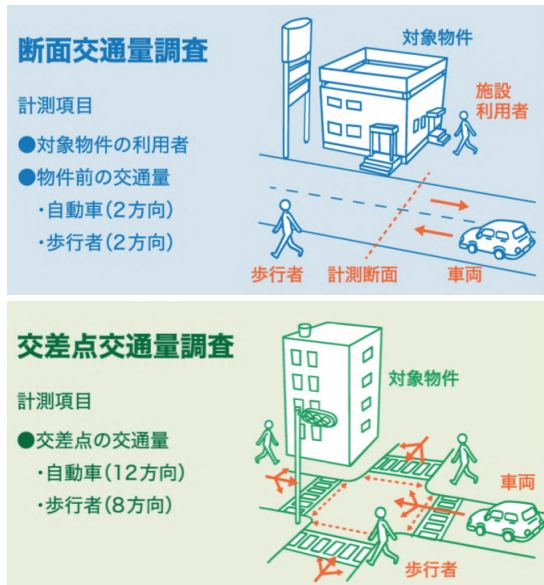


図 6-10 交通量調査



図 6-11 従来の交通量調査



図 6-12 AIを活用した交通量調査

国土交通省では、2021 年度の「全国道路・街路交通情勢調査」より、人手による観測（図 6-11）を原則廃止し、AI などを活用した機械観測への移行を進めています。しかしながら、多くの地方自治体では、機材の確保や予算の制約により導入が進んでおらず、人手観測やビデオ撮影と手作業による集計が継続されているのが現状です。こうした課題を踏まえ、本研究では AI による画像認識技術を活用し、道路交通を自動で観測する新たなシステムを構築しました。深層学習（大量のデータから特徴量を抽出し自動学習する AI 技術）に基づく物体検出技術により、ビデオ映像から車両、二輪車、歩行者を認識・分類し、交通量を自動計測することができます。

実証実験は国道 9 号神田町交差点などを対象に複数回実施し、複数車線を含む交差点においても、国が定める許容誤差（5～10 %）内で精度良く観測が行えることを確認しました（図 6-12）。片側 1 車線だけでなく、右左折レーンを含む複雑な道路構造にも対応可能であることが実証され、実用性の高い成果が得られました。また、PC 上で稼働するユーザインターフェースを実装し、観測結果を Excel 形式で帳票出力できる機能も備えています。これにより、専門的な知識がなくても誰でも操作が可能となり、現場での実装性・運用性が向上しました。調査員の確保が困難な自治体でも、ビデオ撮影と本システムの組み合わせにより、省力化・省コスト化が実現できます。

さらに、交通状況をリアルタイムに把握することで、渋滞の可視化や交通流の平準化が可能となり、車両のアイドリング時間や排出ガスを削減するなど、環境負荷の低減にも大きく寄与します。こうした点から、本システムは環境技術としての意義も高く、持続可能な社会の実現に貢献する取り組みといえます。今後は、学習データの継続的な更新によりさらなる精度向上を図るとともに、橋梁の予防保全、過積載車両の検出、事故監視など他分野への展開を視野に、AI 技術の社会実装を一層推進していく予定です。



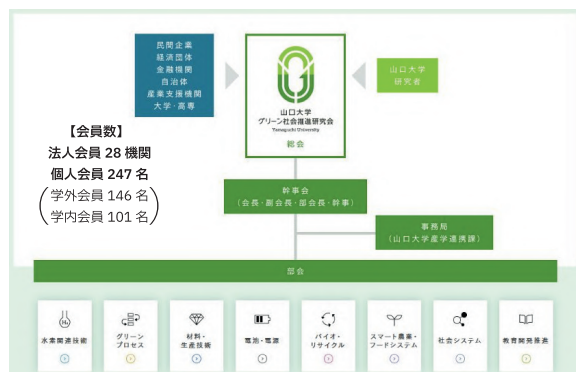
6.2 グリーン社会 推進研究会の 活動

【グリーン社会推進研究会とは】

山口県は温室効果ガス排出割合が大きい産業構造を形成しており、地域ゼロカーボンに向けた取組みが喫緊の課題となっている。

山口大学は、地域の基幹総合大学として、学内の叡智を結集し、人文・社会科学から自然科学までの「総合知」により、グリーン社会の実現に貢献したいと考え、グリーン社会実現のための基盤となる科学的知見を創出することを目的とした「山口大学グリーン社会推進研究会」を2022年に設立した。

【研究会の組織体制】



【研究会の目標】

1. 企業、自治体、産業支援機関、大学等が連携したネットワークを形成する
2. 情報交換等の場の創出（研究シーズと地域社会・地域企業のニーズの棚卸し）
3. 企業間や産学公連携による新たな研究開発等を推進する。
4. 地域におけるカーボンニュートラル実現への貢献（ご当地プロジェクトの創出）

【2024 年度の活動】

2024.7 幹事会

2024.10 教育開発推進部会「クルマのカーボンニュートラル」

2024.11 材料・生産技術部会セミナー

2024.11 令和 6 年度総会・シンポジウム、シーズ・ニーズ交流会（図 6-13）

2025.2 教育開発推進部会「山口かんきつシンポジウム」

2025.3 教育開発推進部会「クネンボ植栽式及びクネンボ試食会」

2025.3 バイオリサイクル部会セミナー

2025.3 社会システム部会セミナー（図 6-14）

2025.3 スマート農業・フードシステム部会セミナー



図 6-13 シーズ・ニーズ交流会



図 6-14 社会システム部会セミナー

【2024 年度のご当地プロジェクト例】

研究課題	事業名等
濃度差発電装置の設計と評価	戦略的イノベーション創造プログラム SIP
フッ化物電池の研究開発、亜鉛負極電池の研究開発	RISING3
ナトリウムイオン電池用正極活物質の合成および特性評価	革新的 GX 技術創出事業 GteX
環境適合型ケミカルリサイクルを実現するソフトブレイク法開発	環境総合研究費 ERCA
江の川における置き土が環境に与える影響についての研究	国土交通省中国地方整備局
中性水電解用電極材料の放射光オペランド測定	革新的 GX 技術創出事業 GteX
アンモニア及び水素の燃焼挙動解明、低 NOx、低 N2O、低未燃アンモニア排出技術の開発	グリーンイノベーション基金
スルホニルイミドアニオン型シングルイオン伝導体の開発	革新的 GX 技術創出事業 GteX
インフラ症例データベース・セットの構築	戦略的イノベーション創造プログラム SIP
脱炭素社会の実現に向けた次世代人材育成研究	山口県
分解及びせん断時の深海底メタンハイドレート堆積物の粒子破砕メカニズム	二国間交流事業
カンキツの樹勢・摘果評価システムの要素技術の開発	大学発新産業創出基金事業



入会の
ご案内

HP より: https://kenkyu.yamaguchi-u.ac.jp/sangaku/?page_id=4421
お問合せ: 山口大学グリーン社会推進研究会事務局
Email: yu_green@yamaguchi-u.ac.jp Tel: 0836-85-9961



修士論文

ニホンアワサンゴの発生過程の解明と微生物叢解析

大学院創成科学研究科 農学系専攻 大塚 碧斗

ニホンアワサンゴ (*Alveopora japonica*) は東アジアに生息するイシサンゴ目ミドリイシ科のサンゴ (図 6-15) であり、産卵期には褐虫藻が共生したプラヌラ幼生を放出する。このサンゴは山口県の周防大島にて、大群落を形成するが、9-11 月に大量死 (図 6-16) をすることが確認されている。大量死は毎年同じ時期に起きていることから、水温上昇やそれに伴う水質の変化・微生物叢の変化が発症要因であると考えられた。

本研究では、ニホンアワサンゴの初期発生過程の観察と、組織中の微生物叢解析を行った。卵や受精卵の発生過程を調べたところ、放精後に褐虫藻が卵細胞へ共生することが分かった。微生物叢解析では全ての時期のサンゴ組織内で、*Terasakiellaceae* 科の細菌が優占していた。大量死の時期には *Rickettsiales* 目や *Pleionea* 属の存在比率が増加しており、これらの微生物が大量死に関連している可能性が考えられた。



図 6-15 健康なニホンアワサンゴの写真 (なぎさ水族館で撮影)

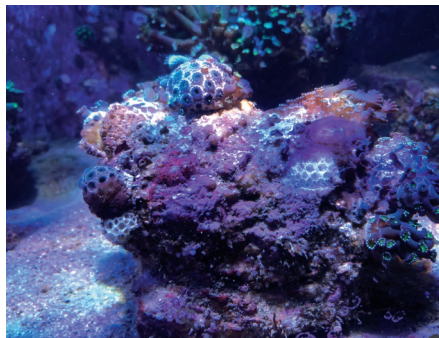


図 6-16 ニホンアワサンゴの大量死の写真 (なぎさ水族館で撮影)

6.3

環境対策に

関する

修士論文・卒業論文



卒業論文

不可食部であるカンキツ葉の機能性成分分析を通じた利用可能性の検討

農学部 生物資源環境科学科 三谷 亮太

2023 年度の国内カンキツ生産量は約 68 万 t であり、果樹生産量の約 30% を占めている。カンキツにはビタミン C やクエン酸などの機能性成分が含まれ、健康効果が期待されている。一方、栽培管理の過程 (剪定など) で生じた大量の枝葉が利用されず廃棄物として焼却処分されており、温室効果ガス発生の一因となっている。本研究では、剪定枝に含まれるカンキツ葉に着目し、機能性成分分析を行うことで、その利用可能性を検討した。

植物材料として、山口大学農学部果樹園で採取された '興津早生'、'清見'、'晩白柚' の 3 品種の葉を供試し、クロロフィル a および b 含量、カロテノイド含量、総フェノール含量、総フラボノイド含量、抗酸化能を測定・比較した (図 6-17)。

その結果、'興津早生' と '清見' では全ての機能性成分において高い値を示した (図 6-18)。先行研究との比較では、カンキツ葉が果皮や果肉と同等またはそれ以上の機能性成分を含む可能性が示唆された。そのため、食品や化粧品など様々な分野での活用が期待される。



図 6-17 植物材料に用いた葉

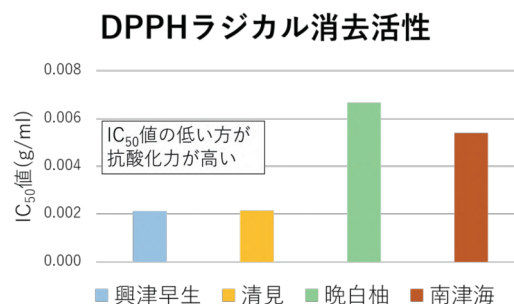


図 6-18 本研究で用いた 3 品種の葉と '南津海' の未熟果果皮の DPPH ラジカル消去活性における IC₅₀ 値





卒業論文

逆電気透析発電装置における流路形状が流れ特性に及ぼす影響に関する研究

工学部 機械工学科 國平 琉希

近年化石燃料の代替エネルギー源として、海水と淡水の塩分濃度差エネルギーを電力に変換して発電を行う逆電気透析(RED)発電が注目されている(図 6-19)。従来ではスパーサーと呼ばれる網を挟むことでイオン交換膜間を保持しているが、ネットにより抵抗が生まれ発電効率が低下してしまう。そこで膜自体に凹凸加工を施し、角度をつけて配置することで凸同士が接触し膜間を保持するプロファイル膜を開発している。この膜はスパーサーが不要であるため発電効率の向上が期待できる。

本研究では発電効率の向上のため淡水側流路においてプロファイル膜の凹凸形状が及ぼす影響を解析によって評価した(図 6-20)。

解析結果から流れ方向に対する凸のなす角度を増加させると、凸同士の交差面積の減少により物質の滞留が緩和されることが分かった。物質の滞留は海水側との濃度差減少による発電量低下につながるため、滞留を緩和させる角度の増加は発電量の向上に寄与すると考えられる。

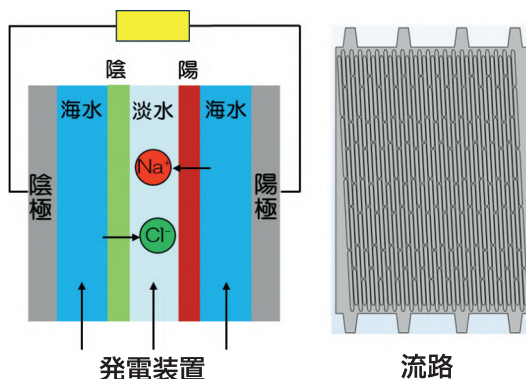


図 6-19 RED 発電装置

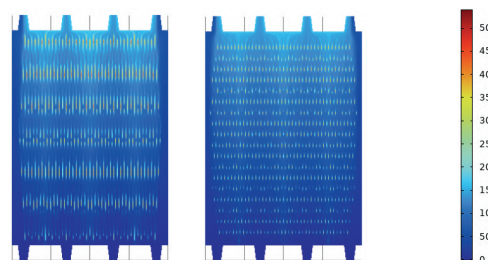


図 6-20 塩分濃度分布



卒業論文

省エネ推進を目的とした電力量メータ監視システムの開発

工学部 知能情報工学科 木村 有希子

省エネルギー推進を目的として、電力量メータ遠隔監視システムを開発した。ここでは、カメラ付きマイコン ESP32 (図 6-21) により定期的に撮影された電力量メータパネルの画像をローカルサーバにて、画像処理・OCR 技術を行い電力量を読取・記録する。さらに、電力量はメインサーバに転送され、Web サイト上で円グラフ等により可視化される。

大学構内(工学部)の電力量メータを対象に 14 台の ESP32 を設置し、画像処理・OCR 技術を用いた実験を行った。電力量表示位置を検出するためのリファレンス画像の枚数を増やすことで認識精度が向上し、14 台全ての撮影画像の正確な読み取りに成功した(図 6-22)。

本システムは、エネルギー管理の効率化と人的コスト削減に貢献することが期待される。今後の課題として、Web インターフェースの視認性や操作性の向上、長期運用における信頼性評価、および、蓄積したデータに基づいた省エネ指針の提案が挙げられる。



図 6-21 電力量メータと設置マイコン

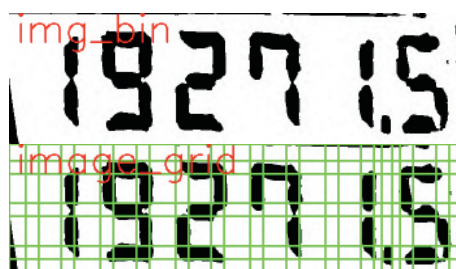


図 6-22 画像処理・OCR の実行結果



卒業論文

表層崩壊地域における植生が斜面安定に与える影響の検討

理学部 地球圏システム科学科 國丸 泰平

気候変動に伴い今後斜面の表層崩壊が増加することが懸念されている。表層崩壊の発生には地形や地質、降雨条件、植生条件が密接に関係するため、発生危険度の評価にはこれらの諸条件の関係性を考慮し、検討する必要がある。そこで、2018年西日本豪雨時に表層崩壊が多発した岩国市において、ドローンをを用いたレーザ計測により植生の繁茂状況を測定し（図 6-23）、植生と土質、気象との関係を解析した上で、その関係性から表層崩壊に対する斜面の安定性評価手法について検討した。

その結果、植生の根量が増加すると土壌層のせん断強度が大きくなること、植生が成長した壮齢林では樹冠の降雨遮断により土壌中の水分量の上昇が防止できることが明らかとなった。これらに基づき斜面の安全率を計算すると、安全率は壮齢林地域では高く、幼齢林地域では低くなり（図 6-24）、2018年の災害の発生状況と一致した。このことから、今回の手法が斜面の安定性評価に適用できることがわかった。

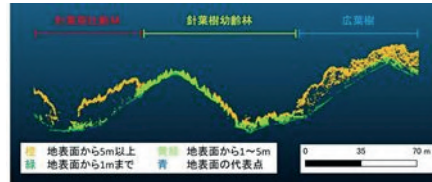


図 6-23 ドローンで計測した植生の繁茂状況

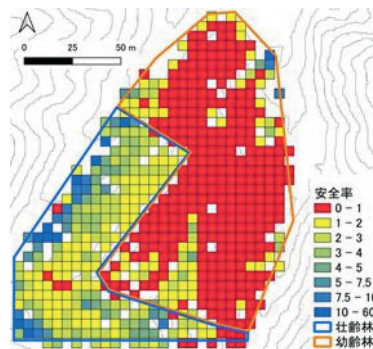


図 6-24 安全率の分布（1未満が危険）



卒業論文

購買の場における消費者の「プラスチック・スマート」な選択の促進に関する研究

国際総合科学部学部 国際総合科学科 谷口 ひなた、馬場 陽菜、ブラウン聖、舩田 優希

海洋プラスチックゴミ問題の解決を目指し、「プラスチック・スマート」（環境省 2019）を主軸に研究を行った。海洋プラスチックゴミについては容器・包装プラスチックが最も多くの割合を占めていることが分かっており、その削減が鍵を握ると考えた。そして事前調査の結果、これまでのやり方の最小限の変更で最大の効果を発揮するポイントとして、スーパーマーケットにおける購買の段階に着目した。

既存の環境配慮行動プロセス（3R：リデュース、リユース、リサイクル）を活用しつつ、消費者が持つ店舗への愛着を利用してプラスチック削減の増進を目指した（図 6-25）。既存研究から店舗愛着は、消費者と店舗との様々なコミュニケーションにより形成されることが分かっているため、環境配慮商品に関する特設ブースを設置すると同時に、主に子供向けの映像コンテンツ、体感ゲーム、クイズ・シールラリー、海ごみ展示、プラスチック宣言・イラスト募集、イメージキャラクターの活用など、消費者と店舗とのコミュニケーションが生まれる仕組みを展開した。主に2回のイベントを通じて、スーパーマーケット「アルク」様を対象に検証を行い、持続可能な手法を検討した（図 6-26）。

その結果、消費者の店舗愛着がプラスチック・スマートな購買を促し、環境配慮行動の促進につながると同時に、店舗のブランドロイヤリティを高める効果も期待された。店舗愛着を活用した新しい環境配慮行動促進モデルとして提案する。

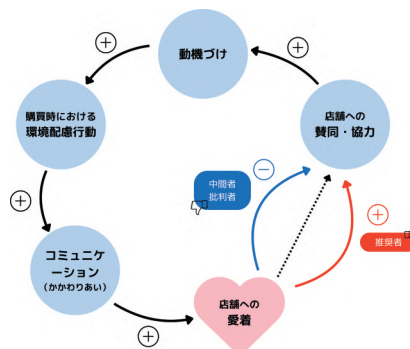


図 6-25 環境配慮行動を促す因果ループ図



図 6-26 イベントの様子

