



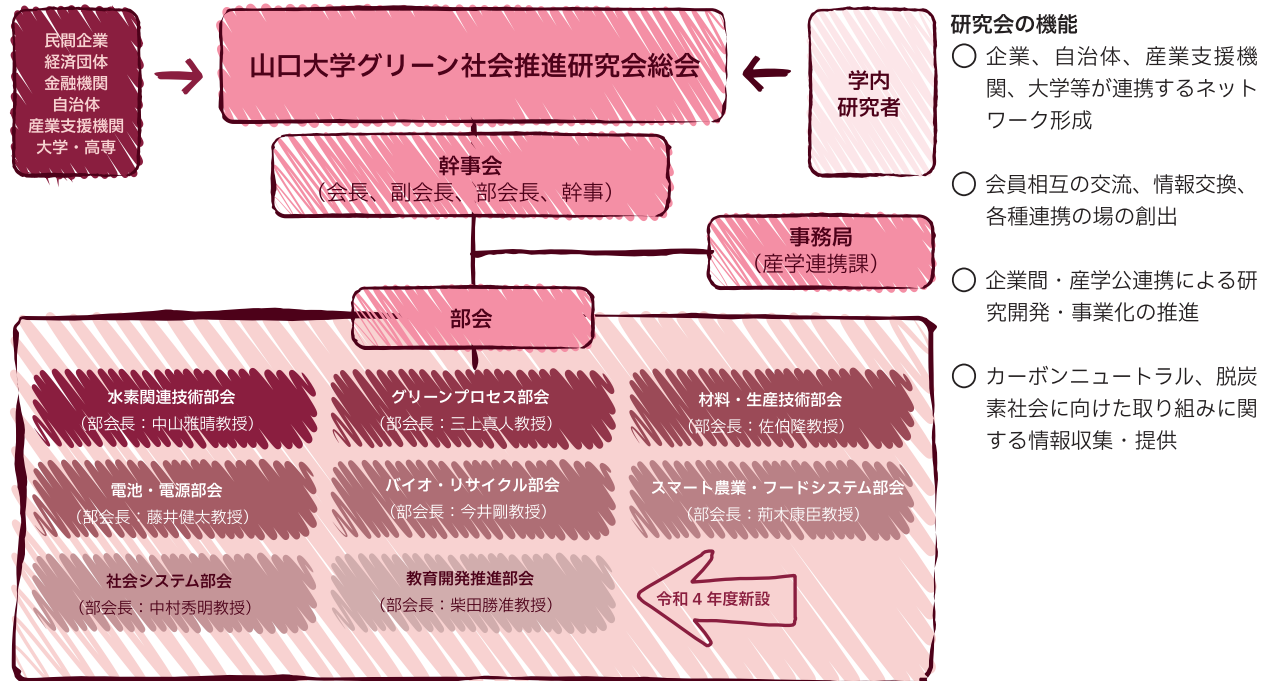
環境貢献技術の創出

6.1 グリーン社会推進研究会の活動

本学では、「山口大学グリーン社会推進研究会」において、大学の研究シーズと企業・自治体のニーズ等に関して情報・意見の交換、産学公連携による

共同研究等を行い、そこから創出される革新的な技術とともに新しいグリーン社会システムを生み出すことを目指します。

●研究会の組織体制



入会のご案内 HPより >>> 下記のQRコード 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

●報告年度の活動報告

○ シンポジウム及び各部会のセミナー等の開催報告

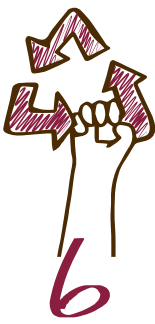
開催日	部会名等	参加者数
令和4年6月30日	第1回スマート農業・フードシステム部会	33名
令和4年7月8日	第1回材料・生産技術部会	83名
令和4年8月29日	第1回バイオ・リサイクル部会	40名
令和4年9月6日	第1回グリーンプロセス部会	43名
令和4年9月21日	第1回水素関連技術部会、電池・電源部会 (合同開催)	70名
令和4年11月22日	令和4年度シンポジウム	145名
令和4年12月17日	第2回スマート農業・フードシステム部会	46名
令和4年12月23日	第2回材料・生産技術部会	69名
令和4年12月23日	教育開発推進部会「クルマのカーボンニュートラル」	200名
令和5年2月28日	第2回バイオ・リサイクル部会	29名
令和5年3月16日	第2回水素関連技術部会、電池・電源部会、グリーンプロセス部会 (合同開催)	38名
令和5年4月14日	第1回社会システム部会	25名

○ 瀬戸内技術交流会への出展瀬

瀬戸内技術交流会（山口県主催）は、オープンイノベーションの促進によって県内大手企業と地域中核企業等とのネットワーク醸成を促し、研究者・技

術者の育成や技術力強化等を図る取り組みとして、本研究会から26件を出展しました（開催期間：令和4年11月1日～令和5年2月28日）。





6.2 環境対策に関する研究活動等

1

酒造残渣及び排水からのエタノール製造とグリーン電力化技術の開発

大学院創成科学研究科 農学系学域 中高温微生物研究センター発酵部門 教授 山田 守

国連気候変動に関する政府間パネル（IPCC）による「人為起源の温室効果ガスは気候変化を生じさせる恐れがある」との1990年の警告以来、身近な環境変化によってその深刻さが急速に認知され、今やCO₂削減は喫緊の課題となっています。日本では、2030年に温室効果ガス排出量を2013年比で46%削減、2050年に完全なカーボンニュートラルを目標に掲げています。持続可能社会の構築ができるか否かは次世代にとって最重要な問題であり、SDGsとも密接に関連します。

本学中高温微生物研究センターもSDGsに取り組んでおり、熱帯性環境から分離した耐熱性微生物を用いた次世代型省エネ高温発酵技術を世界に先駆けて構築してきました。また、工学部では省エネを可能にする分離膜開発を目指す研究室があり、エタノールの高濃度化技術を開発してきました。一方、日立製作所は40%エタノールの水素改質・発電技術を構築し、さらに低濃度エタノールの利用技術開発を進めています。これらの技術を組み合わせ2020年度やまぐちイノベーション補助金事業「酒造残渣及び排水からのエタノール製造とグリーン電力化技術の開発」（代表：旭酒造株式会社）を実施しました。

焼酎粕（酒造残渣）には澱粉が多く含まれており、発酵によって液体燃料（エタノール）とタンパク質やアミノ酸に富む飼料や肥料に適した発酵残渣に変換できます。上記事業では発酵槽とエタノールの水素への改質・水素エンジンからなる比較的コンパクトな装置によって発電を行います。酒粕からエタノールを取り除いた焼酎粕を主原料とし、酒造りで大量に出る洗米排水も利用します。本学は高温発酵と分離膜によるエタノール濃縮を担当しました。

2020年度～2021年度において発酵条件の検討および300Lまでのスケールアップを行いました。2022年度に3 m³ ファーメンタ 3台を設置し（図6-1）、連続運転によって目標値のエタノール濃度を達成しました（図6-2）。また、分離膜による濃縮もほぼ目標値まで達成しました。今後は、このエタノールを水素に変換して、これを燃料とする発電用エンジンによるグリーン電力化技術の開発をさらに進めます。

酒粕は日本酒を製造する際に発生します。

酒粕も焼酎粕と同様に固形分のほとんどは炭水化物で、エタノール生産に好適なバイオマス原料です。

仮に、全国のお酒粕や焼酎粕を全てエタノールに変換して燃料として利用すれば、年間約100,000トンのCO₂削減が見込まれます。一方、環境省CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業「食品加工残渣を活用したRE100分散電源に関する技術開発」（2021-2022年度、代表：日立製作所）にも取り組んできました。本事業はエタノール発酵から発電まで低コストで運用できるRE100オンサイト発電システムパッケージの構築を目指すものです。食品ロス削減にも繋がる技術として期待されています。



図6-1 3 m³ ファーメンタ



図6-2 発酵試験:焼酎粕投入直後の攪拌の様子

SDG
7 (エネルギー)
9 (イノベーション)
12 (生産・消費)





環境貢献技術の創出

2

水系 Na イオン電池の実用化に向けた取り組み

大学院創成科学研究科 工学系学域 循環環境工学分野 准教授 喜多條 鮎子

SDG
7 (エネルギー)
13 (気候変動)



2011年の福島第一原発事故から10年以上過ぎ、最近では、世界情勢の変化からエネルギー価格の高騰など、エネルギーの安定供給に対する懸念は、高まるばかりです。加えて、世界的な気候変動への対策の一つとして、「低炭素社会の実現」が必要とされています。そのため、電力供給システムとしては、CO₂排出量の多い火力発電の利用率を低減させ、再生可能エネルギーの利用率向上を目指した取り組みが進められています。

わが国において、余剰電力の蓄電システムとしては、揚水発電が主に利用されてきました。しかしながら、揚水発電のような大規模施設は、今後、様々な場所に点在することになる再生可能エネルギー発電所の電力貯蔵には、不利であり、小型で大容量の電気を蓄電できるシステムが必要とされています。その中で、現在市販されている大型蓄電池は、80~95%と高いエネルギー変換効率を有しています。そのため、再生可能エネルギーの高効率利用を進めるための電力平準化用蓄電池の確立が期待されています。この電力平準化用蓄電池に求められる性能としては、①高い安全性を持つもの、②高い出力特性、③高コストパフォーマンスであることなどが必要とされています。

これに対し、我々の研究室では、「水系ナトリウムイオン電池」の実用化を目指した研究を進めています。イオン電池とは、(図6-3)に示すように、充電・放電反応時に金属の酸化還元反応を伴い、稼働イオンが正極・負極側へ移動することで、電気の貯蔵・放電を行うものです。このような電池を構築するため、水系ナトリウムイオン電池用の負極として注目されているNaTi₂(PO₄)₃の電池特性の改善を行ってきました。合成方法を最適化することで、(図6-4)に示すようにNaTi₂(PO₄)₃粒子表面へNa過剰相の被膜を形成し、電池特性が大幅に改善することを見出しています。その他にも、水溶液系電解液の最適化などを行っており、高安全性・高出力・高コストパフォーマンスなど、必要とされる電池性能を有した新たな電池系の開発を進めています。

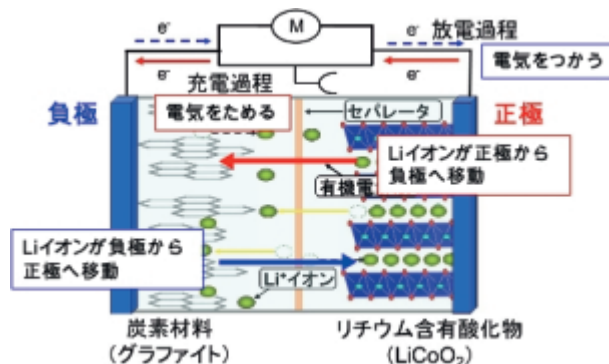


図6-3 Liイオン電池の動作原理

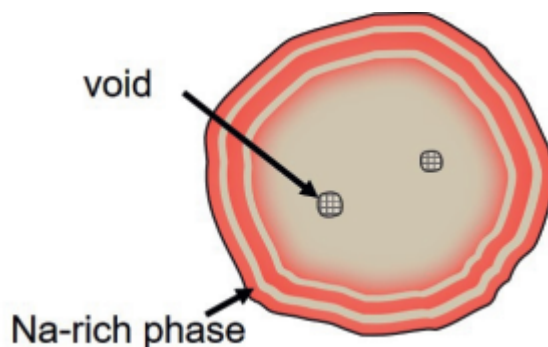
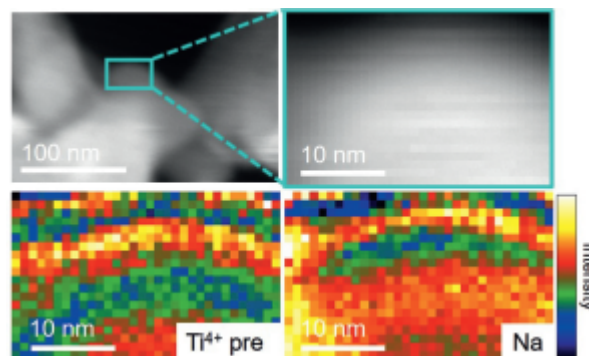
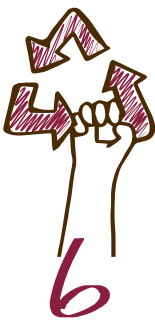


図6-4 最適化したNaTi₂(PO₄)₃負極の粒子表面分析及び、模式図

1) A. Kitajou et al., ACS Appl. Energy Mater., 5(8), 9587 (2022).

2)喜多條鮎子ら、特願 2021-039890





3

カイミジンコ化石から探る熱帯・暖流域の気候変動史

大学院創成科学研究科 理学系学域 地球科学分野 助教 岩谷 北斗

インド・西太平洋の赤道地域には、インドー太平洋暖水塊と呼ばれる地球上で最も表層水温の高い海域が広がっています（図 6-5）。この海域は、北太平洋へと北流する黒潮、東インド洋へと南流するルーウィン海流を介し、南北両半球の中～高緯度地域へと大量の熱と海水をもたらす、地球規模の気候の形成や変動に大きな影響を与えています。さらにこの海域は、多様な海洋生物の宝庫であるコーラルトライアングルと呼ばれる種多様性のホットスポットの分布とも重なり、海洋生態系や生物地理を探るうえでも重要な役割を果たしていると考えられています。

そこで、私たちの研究室では、カイミジンコという小さな生物の化石に注目して、これらの海域やそこから流れでる暖流域の過去から現在に至る気候の形成や変動の歴史、海洋生物の進化や種多様性のメカニズムを明らかにするための研究に取り組んでいます（図 6-6）。

カイミジンコは、体長 1 mm 以下程度の小さな甲殻類で、水溜りから深海まであらゆる水域に生息しています。例えば、夏に水田を覗いてみると、ボウフラなどと一緒に動き回っている様子を簡単に観察できます。

このカイミジンコは、生息する場所の水温や塩分などの変化に敏感に反応し、その個体数や種構成、殻の化学組成を変化させるため、重要な水環境の指標とされています。

このように、理想的な環境指標・生物指標であるカイミジンコの化石を用い、過去の環境変遷・生態系進化の歴史を定量的に解明することを目指して研究を進めています。「環境」とは生物や人間を取り巻く外界を意味する言葉です。つまり、そこに生物や人間が存在し、介在するからこそ環境を評価し、過去の環境を復元することに意義があるのだと思います。そこで、化学的・物理的測定に基づく指標だけでなく、生物そのものから環境を評価し、古環境を復元し、生物と環境との相互関係を明らかにしていきたいと考えています。

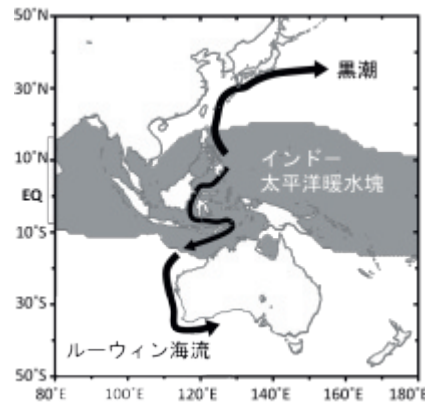


図 6-5 インドー太平洋暖水塊の分布（灰色部分）

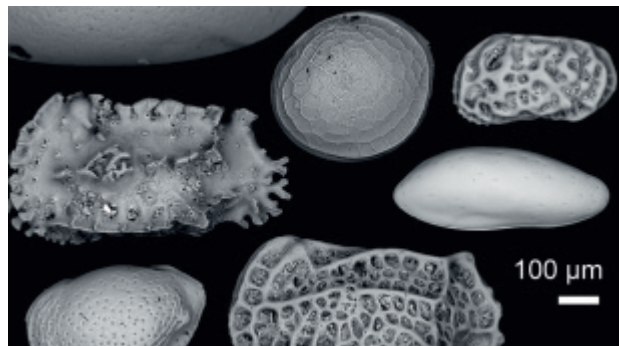


図 6-6 多様な貝形虫化石殻の電子顕微鏡写真

SDG
13 (気候変動)
14 (海洋保全)





環境貢献技術の創出

6.3 環境対策に関する修士論文・卒業論文

論 修
文 士

九重山における特異な植物分布の形成要因の検討

大学院創成科学研究科 地球圏生命物質科学系専攻 野口 祐弥

九重山は九州本土最高峰の中岳を最高峰とし、標高1,400m超の山頂が連なる火山群です。九重山の山頂部は本来は高木林が成立する標高ですが、ノリウツギ等の低木林やササ等の草原、高山帯のコケモモ等が分布します。一方で、祖母山は九重山の南東約30kmに位置し、同様の標高であるにも関わらず、山頂部付近まで高木林に覆われています(図6-7)。

そこで、本研究では定量的な地生態学的アプローチにより九重山と祖母山を比較し、九重山の特異な植生分布が形成された要因を明らかにすることを目的としました。GIS解析から九重山の高木林の分布標高が祖母山より明瞭に低いことを、土壌懸濁液の成分濃度や地形解析結果を用いた多変量解析から九重山の土壌が火山活動の影響を受けていることを明らかにし、九重山の特異な植生分布の形成要因が寒冷な気候と火山活動の影響であることを指摘しました(図6-8)。この成果は、山地の森林形成の環境要件を明らかにし、森林保全のあり方に貢献するものです。



図6-7 九重山と祖母山の植生

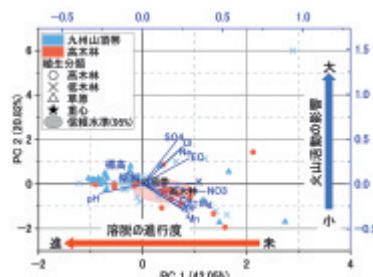


図6-8 高木林と山頂帯の比較

論 卒
文 業

山口県岩国市における表層崩壊の発生・非発生と植生、表層土層、地質の関係

理学部 地球圏システム科学科 木山 拓海

突発的な土砂災害の発生には、降雨などの誘因とともに素因としての地形・地質、地下水や植生、人工改変などの環境条件が関与します。日本では斜面崩壊の約90%が表層崩壊で占められます。また、非森林地や幼齢林の崩壊面積率が森林地の1.2~7.6倍に上り、岩国市では平成30年7月豪雨の際に崩壊率と植生・地質の区分に明瞭な関係がありました。

そこで本研究は、平成30年7月豪雨の際に岩国市で表層崩壊が多発したヒノキ幼齢林斜面と発生しなかったヒノキ壮齢林斜面において、地質、地形、表層土層の関係を定量的に比較し、表層崩壊発生の要因を明らかにすることを目的としました(図6-9)。その結果、幼齢林より壮齢林で岩盤の風化が進行し表層土が厚いこと、幼齢林のほうが壮齢林に比べて表層土の粒度が粗く、透水性が高いため、表層崩壊が生じやすいことが分かりました(図6-10)。この成果は、気候変動により増加する表層崩壊に対する森林の効果、森林保全の必要性に貢献するものです。



図6-9 幼齢林の崩壊と壮齢林

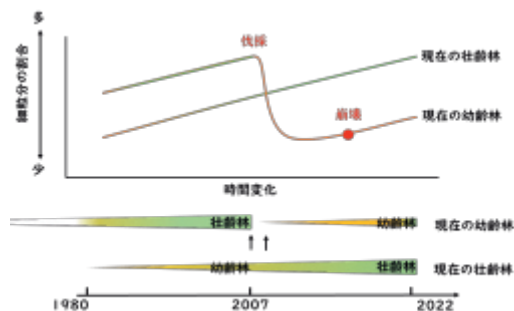


図6-10 表層土の粒度変化モデルと植生変化、斜面崩壊

SDG
15 (森林保全)



SDG
13 (気候変動)
15 (森林保全)



環境貢献技術の創出



論修
文士

硫化水素制御のための下水管内壁にライニングする導電性物質の選定とその配合比、ライニング厚の検討

大学院創成科学研究科 建設環境系専攻 尾崎 祐磨

現在、下水道の総延長は約 49 万 km でそのうち標準耐用年数 50 年を経過した管渠は 20 年後には 19 万 km (39%) と今後、急速に増加します。昨今、老朽化した管路施設の破損等による道路陥没事故が年間約 2,700 件発生していますが、この主な原因は硫化水素に起因するコンクリートの腐食とされています。この硫化水素は下水管の底部の嫌氣的(酸素がない状態)な汚泥の中で発生します(図 6-11)。

この硫化水素の発生を抑制するために、導電性物質を混入させたコンクリートを下水管の内側にライニング(塗布)して、嫌氣的な状況下にあっても硫化水素を酸化する電子放出菌と呼ばれる微生物(下水管の底部の生物膜に生息)を利用します(図 6-12)。このようなユニークな研究は世界でも例がありません。研究結果から、導電性コンクリートをライニングしたことにより、下水中の硫化水素の発生を通常のコンクリートに比べて約 70%抑制できました。今後、実用化に向けて研究を進める予定です。

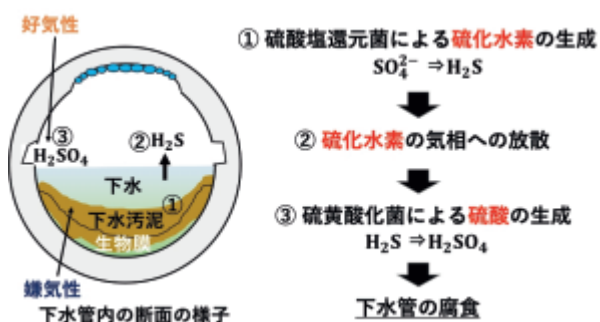


図 6-11 硫化水素の発生メカニズム

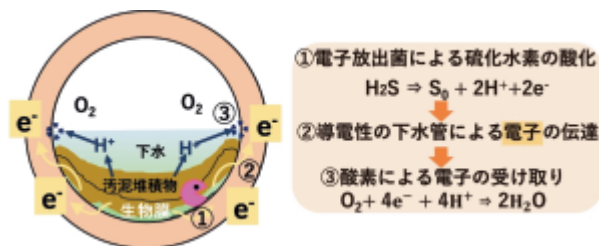


図 6-12 導電性コンクリートを用いた硫化水素の抑制

SDG
6 (衛生)
11 (都市)



論修
文士

蒸散冷却建材による冷房負荷低減効果に関する研究

大学院創成科学研究科 建設環境系専攻 弘中 甫英

ヒートアイランドの対策として、蒸散冷却建材が新たに注目されています。蒸散冷却建材は、毛細管現象により建材表面を常に濡れている状態にできます。屋根面に蒸散冷却建材を設置した場合、日射により入力された熱は 3 つの経路に分かれます(図 6-13)。1 つ目は対流や放射により空気中へ逃げる経路、2 つ目は気化熱により空気中へ逃げる経路、3 つ目は空気中に逃げずに残った入力熱が室内に流入する経路です。2 つ目の経路が蒸散冷却建材を設置した際の特徴で、建材内の水が気化する際に潜熱を奪うため、室内流入熱を抑え、冷房負荷を低減できます。しかし、その効果について定量的な評価を得られていません。

そこで、実建物に蒸散冷却建材を設置した際の室内流入熱を非定常解析によって算出しました。その結果、蒸散冷却建材によって室内流入熱を約 77%削減できることが分かりました(図 6-14)。蒸散冷却建材により、冷房負荷を低減することで冷房運転時の CO₂ 排出量を抑え、地球温暖化防止への貢献が期待できます。

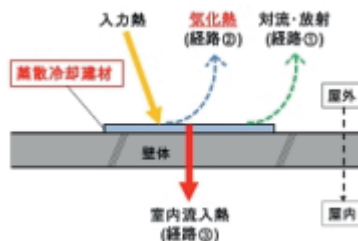


図 6-13 蒸散冷却建材の特徴

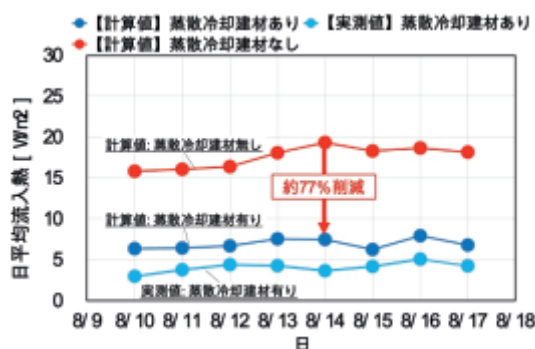
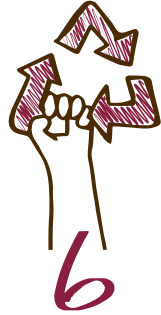


図 6-14 室内流入熱の比較

SDG
11 (都市)
13 (気候変動)





環境貢献技術の創出

論 修 文 士

みどりの香りバースト能は植物進化の過程でどのように獲得されたのか？

大学院創成科学研究科 農学系専攻 田中 萌菜

植物の葉を潰したときに感じる青臭さの本体はみどりの香りと呼ばれます。虫や病原体の攻撃を受けて植物の体が傷つけられると傷ついた場所で数秒以内に大量に作られ攻撃者を撃退します。この能力は陸上のほぼ全ての緑色植物が持っています。では、植物は進化の過程でいつ、どのようにこの能力を獲得したのでしょうか。私は、代謝物解析や遺伝子解析によってこの能力がヒカゲノカズラなどの小葉植物がコケ植物から分岐したシルル紀に獲得されたことを突き止めました(図 6-15)。4 億年も前なので 2 億年前に恐竜が闊歩するずっと前から地上にはみどりの香りが漂っていたはずで、この能力の成り立ちを明らかにすることで陸上の生態系が確立されてきた経緯が明らかとなり、その成果を活用してより持続的な生態系の維持にどのような方策をなすべきかのヒントが得られるのではないかと期待しています。

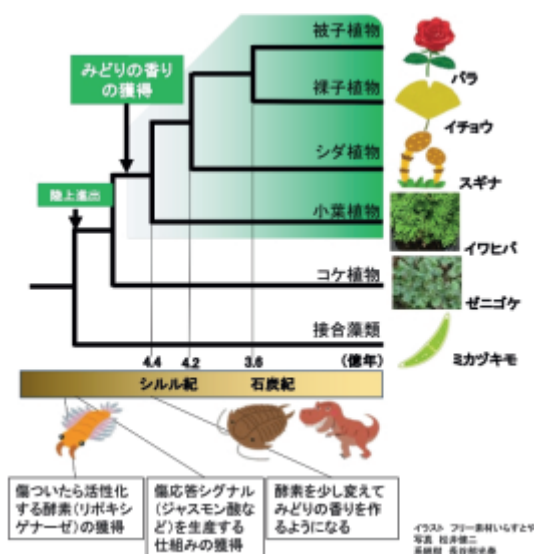


図 6-15 みどりの香り生成能の始まり

SDG
12 (生産・消費)
13 (気候変動)
15 (森林保全)



SDG
2 (飢餓)
9 (イノベーション)
13 (気候変動)



論 卒 文 業

植物工場で栽培したハウレンソウ遺伝資源の開花特性

農学部 生物資源環境科学科 大森 真由華

ハウレンソウの植物工場生産を円滑化するためには、遺伝要因と環境要因に考慮した栽培体系を構築する必要があります。これまでに我々は、収穫 5 日前からの赤・青 LED 交互照射により新鮮重および乾物重が増加することを明らかにしており、この照射技術はハウレンソウの生育促進に有効でした。しかし、長日条件で花成が誘導されるハウレンソウでは、交互照射期間の延長により抽苔株が多発して出荷可能株数の激減が予想されます。そこで本研究では、本学の重点連携大学であるワーゲニンゲン大学の遺伝資源センター(図 6-16)から導入した遺伝資源系統(図 6-17)を用い、交互照射による光環境制御を伴う栽培試験を実施しました。本試験により、遺伝資源系統の中に生育促進効果が大きく、かつ抽苔・開花が抑制される系統の存在が確認されました。これらは 24 時間日長の交互照射により、生産性と高い商品価値を両立させることが可能であり、植物工場でのハウレンソウ栽培の新展開を予感させる成果が得られました。



図 6-16 ワーゲニンゲン大学遺伝資源センター

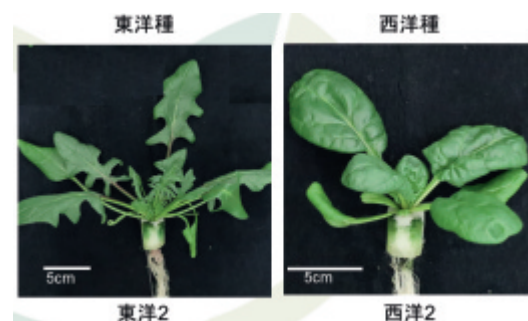
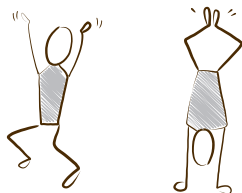


図 6-17 蛍光灯照射区における遺伝資源系統の草姿





6.4 持続可能な開発のための教育（ESD）

THE 大学インパクトランキング 2023

「SDG14：海の豊かさを守ろう」世界 61 位（国内 7 位）！
山口大学は、イギリスの高等教育専門誌（THE：Times Higher Education）が 2023 年 6 月 1 日に発表した「THE 大学インパクトランキング 2023」において、総合ランキングで 301 位-400 位（国内 17 位タイ）にランクインしました。年々参加校が増え規模が拡大している本ランキングですが、本学の環境に関する継続的な取り組みが高く評価され、昨年同様の位置にランクインできました。

特に「SDG14：海の豊かさを守ろう」では、世界 61 位（国内 7 位）という非常に高い評価を受けました。中でも、本学の「環境目標と行動計画」とその履行、生活排水と実験排水の管理をはじめとした法令遵守、地元河川の河口域自然再生活動における地域住民との連携（図 6-18）のほか、適切な管理や各種の活動が高く評価されました。



図 6-18 榎野川河口域自然再生活動



学部・大学院等の授業科目の詳細

<https://ds.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~fms-01/kankyo/kankyo2023/jyugyokamoku2023.pdf>

6.5 環境対策（ESG 活動）に関する共同研究・受託研究

本学では、民間企業、国及び独立行政法人等からの共同研究や受託研究を積極的に推進しています。

社会では ESG 活動が評価されるなかで、共同研究・受託研究により対策を進めては如何でしょうか。

研究課題に最適な大学研究者とのマッチングが必要なときは、URA（University Research Administrator）がお手伝いをいたしますので、お気軽にお問合せください。

なお、こちらの制度の概要、これまでの実績、技術相談、必要な手続き等の詳細につきましては、次の URL からご参照のうえ、相談窓口までご連絡ください。

<相談窓口>産学公連携・研究推進センター

TEL: 0836-85-9961

E-mail: yuic@yamaguchi-u.ac.jp

- 研究者・専門家を紹介してほしい
- 技術的なアドバイス・指導をしてほしい
- 技術的な相談にのってほしい
- 評価・分析をしてほしい
- 大学で行われている研究を知りたい
- 学部 8 研究科、研究者 1,000 名を超える総合大学

- 医学，工学，理学，農学，獣医学，経済学，人文学，教育学…各種分野の 専門家・研究者を産学公連携・研究推進センターの URA がご紹介いたします。



<https://kenkyu.yamaguchi-u.ac.jp/sangaku/>

