

オキナワモズクの全ゲノム解読

モズク養殖・産業利用に向けて

研究の背景

国内で養殖されるモズクの99%以上は沖縄県で生産されており、その9割以上はオキナワモズクです。沖縄県ではモズクの大量養殖に成功し、重要な水産品の一つとなっています。2006年にはオキナワモズクの生産量は年間約2万トン、出荷価格ベースの市場規模は約50億円に達しました。しかしながら、2010年には生産量が1万トンを下回り、その後は1万トンから2万トンの間で変動しながら推移しています。生産量を変動させる主な原因は、冬場の日照不足などといった天候の影響ではないかと考えられています。オキナワモズクを生産を安定させることは喫緊の課題となっています。

また、オキナワモズクを含む褐藻類は、海洋での生物の棲家となる藻場を構成し、沿岸域生態系の最も重要な要素となっています。モズクを含む褐藻について知ることは、藻場に生息する生物の多様性を保護することにもつながります。



海で養殖されているモズク（伊是名島）



オキナワモズク

研究の内容

OISTと、沖縄県水産海洋技術センター（沖縄県糸満市）などは、沖縄で養殖が盛んなオキナワモズクのゲノム（全遺伝情報）解読に初めて成功しました。

ゲノムはすべての遺伝情報が詰め込まれた、生物を知る上で欠かすことのできないものです。しかしながら、オキナワモズクなどの褐藻を含む藻類のゲノム情報は、わずかしが解読されていません。そこで研究チームは、その第一歩として、オキナワモズクのゲノム解読に取り組んだ結果、オキナワモズクのゲノムは他の褐藻に比べて小さく、遺伝子数も少ないことが明らかになりました。また、褐藻に特徴的なヌメリ成分に多く含まれ、健康機能性が報告されている多糖類のひとつ「フコイダン」の合成に関わると考えられる遺伝子の一部が融合していることが明らかになりました。

沖縄のモズク養殖現場における最大の課題は生産を安定させることですが、生産が不安定な要因は環境の影響が大きいと考えられています。本研究の共同研究相手である県水産海洋技術センターでは、今後はモズクの交雑技術開発に取り組み、様々な環境に対応できる品種育成を進める計画です。今回解読されたモズクの全ゲノム情報は、交雑した株を客観的に判断する技術として有意義に活用できると期待されています。

応用例/今後の発展

- モズクの交雑技術開発
- モズク類の養殖技術
- 「フコイダン」などの機能性成分を高含有する株の選抜等による新品種の開発・改良
- 褐藻全体の進化プロセスの解明

共同研究・技術移転の可能性

- ゲノム情報を利用したモズクの付加価値向上が期待されており、その実現のためには民間企業との共同研究が必要です。
- また、上記のように、生産安定のための品種育成を進める予定であり、その技術移転が今後期待されます。

研究ユニット紹介

マリンゲノミクスユニット

ユニットリーダー：佐藤矩行 教授

海洋生物のゲノムを探索することで、大規模進化、および生態系内における、生物間の関係の解明に役立ちます。マリンゲノミクスユニットは、大きなゲノムを高速に探索する技術を有しており、世界で初めてサンゴ、褐虫藻、および軟体動物の遺伝子配列を解読した研究室となりました。また、本ユニットではヒトとヒトデをつなぐ共通祖先が存在する証拠も発見しています。

<関連する研究テーマ>

ニハイチュウの動物系統分類学的位置の解明

次世代型シーケンサーを活用することで、ニハイチュウ（二胚動物）がらせん動物（螺旋卵割動物）の仲間で、その共通祖先から生まれてきたものであり、らせん動物のもう一つの寄生動物門である直泳動物に最も近縁であることを解明しました。（本論文はZoological Lettersに公表）

オニヒトデのゲノム解読

オーストラリアの研究者と共同で、沖縄とオーストラリア・グレートバリアリーフの二箇所から、サンゴを食い荒らすオニヒトデのゲノムを解読し、オニヒトデ同士が種に特異的なコミュニケーションに使っていると思われるタンパク質の候補の同定に成功しました。（本研究成果は、英国の科学誌Natureに掲載）



研究ユニットホームページ： <https://groups.oist.jp/ja/mgu>

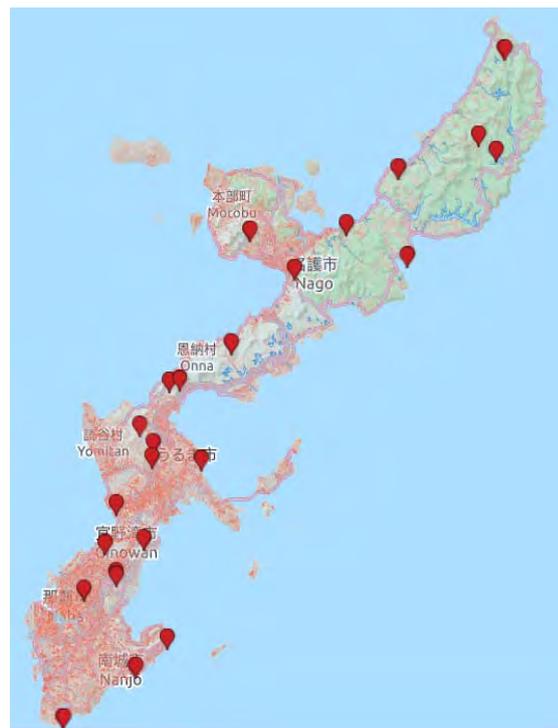
OKinawa Environmental Observation Network/OKEON

沖縄の環境変化のモニタリングとその影響の解明

研究の背景

気候変動や動植物の生息地の荒廃、外来種の侵入・拡散などの環境変化を監視し、未来に与える影響を理解することは、世界的に重要な課題です。

OISTでは、OKinawa Environmental Observation Network(OKEON) を設立し、「OKEON 美ら海プロジェクト」の下、沖縄陸域環境モニタリングシステムと、それを活用する地元の大学や高校、博物館、行政などとの協働ネットワークの構築を進めています。



研究の内容

OKEON美ら海プロジェクトでは、自然の変化や人為的改変が沖縄の自然環境の現在、未来に与える影響を知るため、沖縄本島の全域に展開するモニタリングサイトやその他の調査地において、遺伝子解析システムや地理情報システム、そしてこれらの情報を統合し、共有するデータベースシステムなどの最新の技術を活用した研究を行っています。

調査地：
本島の北から南までを網羅する24のモニタリングサイトでは、通年で昆虫や気象データ、哺乳類や鳥類の分布や出現を記録している。

- **節足動物モニタリング**：島内全域24ヶ所のモニタリングサイトに、それぞれ3基の飛翔性昆虫捕獲器（SLAMトラップ）を設置して、通年で採集を行います。各調査地の昆虫相やその季節変化、さらに年変化を明らかにして、現在の自然環境とその変化を、昆虫を使って解析・追跡します。
- **音声モニタリング**：環境中の音声を記録することで、鳥類を始めとする生物の分布や活動の季節変化を明らかにします。
- **遺伝子解析**：集められた大量のサンプルの遺伝子を解析する技術を整備します。これにより、沖縄の生物多様性のなりたちを、遺伝子レベルにまで掘り下げてひも解きます。
- **カメラトラップ**：哺乳類を始めとした動物の分布やその活動を記録します。中南部における、自然環境への外来種の影響などを解明するための基礎資料を提供します。
- **気象観測**：調査区内の風速、風向、降水量、気温、湿度、土壌温度、土壌水分、日射などを通年で記録します。これにより、よりきめ細かく調査区内の気象変化を記録し、生物活動の季節変化の解明などに役立てます。
- **地理情報システム**：沖縄本島内の土地利用や植生の現況を把握します。さらに、過去から現在までの変遷を追跡することにより、陸域環境の時間的変化を明らかにします。また、データを活用したシミュレーションによる環境変化の予測にも役立ちます。

応用例/今後の発展

OKEONを活用した各種プロジェクトの企画・立上げを進めており、2つ目のプロジェクトとして、沖縄県と（一社）沖縄県環境科学センターとの連携の下、ヒアリのモニタリングが始まっています。

共同研究・技術移転の可能性

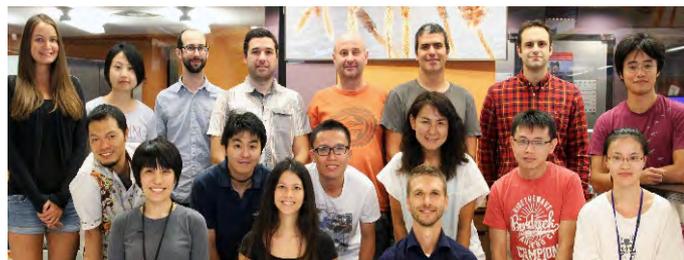
地元沖縄の大学や高校、博物館、そして行政などと、研究協力から自然環境教育協力まで幅広い連携を通じて、次世代の環境共生型社会の実現に貢献します。

研究ユニット紹介

生物多様性・複雑性研究ユニット

ユニットリーダー：エヴァン・エコノモ 准教授

生物多様性・複雑性研究ユニットは、生物学的多様性がどのような生態学的・進化プロセスを経て創出され維持されるのか？という問題を探究しています。本ユニットでは、どのように種が進化、移動、そして環境に適応するのかという問題に対し、理論・フィールドワーク・実験室的アプローチのすべてを駆使して研究しています。現在は、太平洋諸島におけるアリ群集の動態、アリ全種の世界的多様性パターン、アリ種の中でも超多様化したオオズアリ属のマクロ進化のプロジェクトに重点を置いています。



研究ユニットホームページ：<https://groups.oist.jp/ja/bbu>

生態・進化学ユニット

ユニットリーダー：アレキサンダー・ミケエブ 准教授

進化は生命科学を統一する原理です。近年の技術的進歩は進化学に革命を起こし、歴史上の重要な問いに新しい知見をもたらしました。生態・進化学ユニットでは、最新のテクノロジーを活用して幅広い研究課題に取り組んでいます。本ユニットが扱う研究課題は、共生生物の共進化、景観遺伝学を用いた草食動物の宿主適応、コカミアリのカーストにおいて侵襲性に影響を与えるゲノム変異、ハキリアリとハキリアリが栽培するキノコの共進化、およびマムシ毒のプロテオミクスなどがあります。今後のプロジェクトでは、野外および博物館に収蔵されている標本の大規模シーケンシングを行い、生態学と進化の主要テーマを結びつけたいと考えています。



研究ユニットホームページ：<https://groups.oist.jp/ja/evolution>

微生物燃料電池

世界の廃水処理問題を軽減する水処理技術

研究の背景

工場や事業所から出る廃水は生態系に大きな環境影響をもたらします。沖縄の地場産業である泡盛産業や養豚・養鶏などの畜産業では、大量の有機廃水を排出します。これらの廃水処理するための排水施設の運転コストや保全コストは決して安くはなく、企業や事業者にとって経営を圧迫する課題となっています。

研究の内容

OISTでは、環境汚染物質を含む廃水を浄化しながら、その過程で発電も行う「微生物燃料電池」と呼ばれる装置を開発しました。装置には特別な微生物が内包されており、装置内部を廃水が通過するとき、廃水中の有機物を分解します。さらに、分解の際発生する電子を電極に渡すことにより、電力を作り出します。本装置は、稼働に必要とする以上のエネルギーを生み出すためコストもかからず、またメンテナンスも容易であるため、実用的な技術として非常に期待されています。

2016年には、科学技術振興機構（JST）の大学発新産業創出プログラム（START）に採択され、現在、沖縄県内の泡盛醸造所において、廃水処理能力の向上や微生物から産出されるエネルギー利用の効率化に取り組んでいます。また、装置内の微生物の組み合わせを変え、様々な種類の廃水に対し、安定して長時間稼働できる微生物燃料電池の開発にも成功しています。泡盛醸造所のほか、養豚場やスコットランドのウイスキー蒸留所、そして米国カリフォルニアのワイナリーなど、国内外で実証実験を進めています。

持続可能なエネルギー創出とともに廃水処理を行い、コストも低く、扱いも容易な本技術は、産業界だけでなく発展途上国での飲み水の浄化などにも有効であり、世界中の水資源の改善に貢献すると考えられます。



OISTの生物システムユニット内にある微生物燃料電池



沖縄県内の泡盛醸造所に設置した微生物燃料電池

応用例/今後の発展

- 廃水処理能力の向上や微生物から産出されるエネルギー利用の高効率化
- 異なる種類の廃水に対応するための微生物の特定
- 微生物の分解反応で産出される窒素やリンなどの物質を回収・除去する技術の開発

共同研究・技術移転の可能性

- 当技術の共同研究・ライセンスにご興味のある企業からのお問合せ受付中

特許情報

米国：仮出願62/464,736

研究ユニット紹介

生物システムユニット

ユニットリーダー：イゴール・ゴリヤニン 教授（アジャンクト）

生物システムユニットでは、微生物が廃棄物を分解しその過程でエネルギーを放出する装置の研究を行っています。この取り組みは、泡盛蒸留所、養豚および養鶏場、砂糖工場、市町村の下水処理施設といった沖縄の基幹産業にとって、経済面および環境面でプラスになります。

<関連する研究テーマ>

養豚場廃水の浄化

養豚などの農畜産業からは、有機物質や悪臭を放つ物質、その他の物質を含んだ多量の汚水が排出されます。通常、排水処理・再利用には曝気が行われ、一部は肥料として利用したり、海外では特定の沼地や湿地に溜めて自然に浄化させたりする方法があります。沖縄のように養豚場の多い地域では、排水処理や再利用の課題を抱えており、OISTでは、微生物燃料電池による廃水の浄化に取り組んでいます。（「Scientifica」に掲載）



研究ユニットホームページ： <https://groups.oist.jp/ja/bsu>

再生可能エネルギー利用における 予実乖離の防止

発電量変動がもたらす、収益ロス及び送電系統の 不安定化の防止への貢献

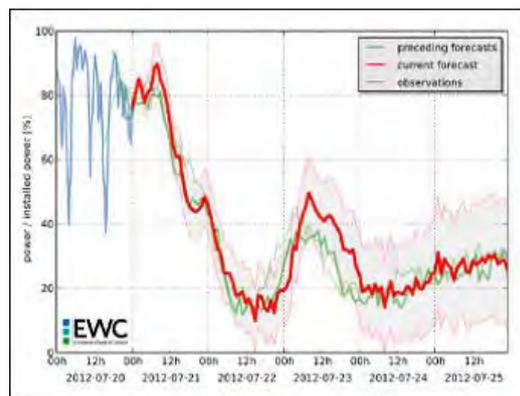
研究の背景

再生可能エネルギーのエネルギー量は、その時々での自然の状態により変動します。火力発電や原子力発電とは違って、再生エネルギーはその生産量をコントロールすることはできません。また、電力網には蓄電装置がないため、生産されたエネルギーはすぐに消費されなければならず、そうでなければ電力網を破綻させてしまう危険を伴います。特に風の強い日では、風力による発電量の急激な上昇により、電力網の許容量をオーバーして停電になることが知られています。

このため、再生可能エネルギーの利用に際し、発電設備のオペレーター（発電事業者等）は、適切に設備の運転制御を行うため、また送電網を発電量の不安定性から守るために、予報モデルを使い計画期間における発電量の変動を予測します。

ただし、これらのモデルによる予報の正確性には限界があることから、不適切な運転制御や過剰供給を招き、その結果として、電力の過不足による送電系統の不安定化を引き起こしています。

また、これらの予報モデルは、オペレーターによる発電量変動への対応と効率的な設備運転のほかに、電力取引市場におけるトレーダーの意思決定にも利用されています。



これまでEWC (European Weather Consult) が作成していた予測モデル。再生可能エネルギーの予測データと実際の発電量のデータが示されている。青線は発電実績値、赤線は5日間予想値、緑線はそれ以前における予想値、影で示される部分は5日間予想値の信頼区間を表している。時系列が進むにつれ、予想の信頼区間の幅が大きくなり、信頼度が低下していることが分かる。

研究の内容

OISTのマハッシュ・バンディ准教授が開発した新たな予報モデルは、再生可能エネルギー利用の際の予報における時系列と発電量の誤差の定量化を可能とし、予報モデルを修正・改善することで、発電量の変動がもたらす収益ロスの防止および送電系統の不安定化防止につなげることができます。

予報モデルの利点は、1) 最小限のデータ（時系列での発電量予想と実際の発電量）の活用での予報誤差分析が可能であること、2) データのサンプル周期を自由に設定可能であることです。

応用例/今後の発展

- 再生可能エネルギー観測データ（ビッグデータ）を活用することで、再生可能エネルギー全般に関する発電電力量の正確な予測モデルの構築
- 再生可能エネルギーの事業性評価手法への貢献

共同研究・技術移転の可能性

- 当技術のライセンスにご興味のある企業等からのお問い合わせを受付中
- 実現可能性の検証を目的とした実環境データによる概念実証の結果の提供が可能

特許情報

PCT/JP2016/000950「再生可能エネルギーの変動に対する予測誤差を決定するシステムおよび方法」（日本：2017-542194）

研究ユニット紹介

構造物性相関研究ユニット

ユニットリーダー：マハッシュ・バンディ 准教授

構造物性相関研究ユニットは、ソフトマター物理学、応用数学、力学、およびそれらの生物学的な問題への応用に幅広い関心を持つ実験グループです。ユニットの研究者たちは、巨視的な、非相対論的物質およびその相互作用に関する全般的な分野で研究を行っています。現在は、界面流体力学、粉粒固体、およびヒトの足の生物学的メカニズムに関する問題に関心を持っています。



<関連する研究テーマ>

風力変動のスペクトラムの研究

各国政府が、今後数十年に渡って安定的に供給できる石炭火力エネルギーを徐々に減らしていく努力をする中で、安定して再生可能エネルギーを供給することは益々重要な課題になっていきます。再生可能エネルギーの供給量の変動を削減し、安定したエネルギー供給を管理するために、なぜエネルギー供給に変動が起きるのか、エネルギー生産の変動そのものの特性を理解することが必要です。（風力変動の統計学的特質を説明した単著論文をPhysical Review Letters誌に発表）

研究ユニットホームページ： <https://groups.oist.jp/ja/ciu>

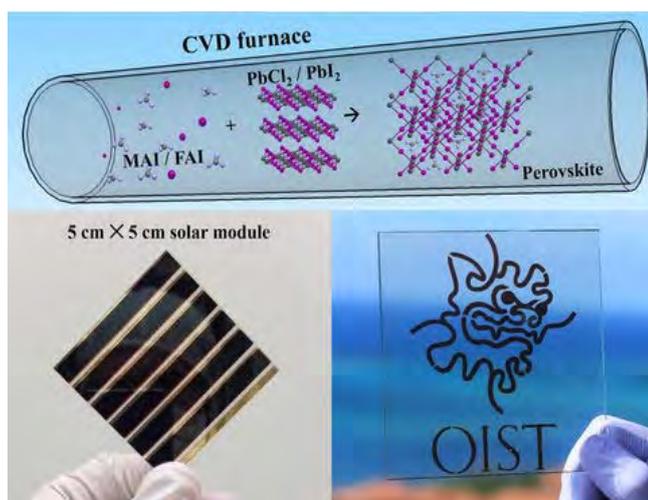
低コスト高効率の有機物太陽電池の研究開発

化学蒸着によるペロブスカイトフィルムの大量生産の実用化

研究の背景

次世代太陽電池の有力候補として、ペロブスカイト太陽電池があります。ペロブスカイト太陽電池はまだ研究開発の段階ですが、現在主流のシリコン太陽電池の変換効率と同等レベルの成果が生まれている点と、高温や真空の製造工程を必要とせず、大半を常温常圧環境での塗布プロセスで製造できるという利点のため、製造コストの大幅な削減ができるというメリットがあります。一方、デメリットとして、安定性が低く劣化が早い、電池モジュールの大型化が困難であるという問題がありました。

ヤビン・チー准教授が率いるエネルギー材料と表面科学ユニットでは、ハロゲン化ペロブスカイトフィルムを使用した太陽電池を開発しました。この太陽電池は従来のものより効率が向上し、安定化と大型化にも貢献する技術となっています。



上図はペロブスカイトフィルムが化学蒸着（CVD）技術を用いてどのように作製されるかが描かれている。左下図はCVD技術を用いて作製されたペロブスカイトの太陽電池モジュール、右下図は、同技術を用いたOISTのロゴ付きのペロブスカイトである。

研究の内容

同ユニットでは、有機金属のハロゲン化ペロブスカイトMAPbI₃のアニーリング（焼きなまし）工程後にメチルアミン溶液を使用すると、結晶粒界に関わる問題を軽減できることを発見しました。結晶粒界とは、結晶領域において隙間として現れるもので、電荷再結合につながる可能性があり、ペロブスカイトフィルムにおいてよくみられる問題で、効率が下がる原因となるものです。結晶粒界を融着させた新たなアニーリング工程後の処理は、荷電再結合を減らし、18.4%という高い変換効率を示しました。さらに、同処理を行なったペロブスカイトフィルムは高い安定性と再現性を実現し、産業用の太陽電池製造に役立つことが実証されました。

ペロブスカイトフィルムは研究室で小規模に作製するのは比較的容易ですが、大量生産での複製には困難が伴います。同ユニットでは、大型の太陽電池とFAPbI₃ペロブスカイトのモジュールの作製において、コスト効率の高い化学蒸着法を用いました。これまで研究されていたものは、0.3cm²未満というサイズでしたが、今回作製された太陽電池とモジュールは、従来型よりもかなり大型で12cm²になります。さらに、この太陽電池モジュールは耐熱性も強化され、相対的に高い効率を維持しています。多くのペロブスカイト太陽電池はサイズが大きくなると効率がかなり低くなるので、この特徴は特筆すべきものです。本研究がペロブスカイト太陽電池の実用化に大きく貢献したといえます。（Journal of Materials Chemistry A誌に論文が掲載）

応用例/今後の発展

ユニットでは、ある特別なペロブスカイトにおける分解生成物の発見の研究成果を発表しており、ペロブスカイト太陽電池の効率や大型化に加え、寿命の問題にも取り組んでいます。この分野におけるさらなる研究で、コスト効率の良い再生可能エネルギー利用の夢が現実のものになることを目指しています。

共同研究・技術移転の可能性

- ペロブスカイト太陽電池製造および評価の周辺技術を含む特許技術多数あり
- 太陽電池メーカーへのライセンス可能

特許情報

PCT/JP2015/005541「ペロブスカイトベースのデバイス用ドーピング操作正孔輸送層」（日本：2017-523004）、PCT/JP2015/004078「低圧化学気相成長に基づくペロブスカイト膜および製造方法」（日本：2017-509804）、PCT/JP2015/003450「マルチソース堆積に基づくペロブスカイト膜の製造システムおよび製造方法」（日本：2017-505580）、PCT/JP2015/002041「太陽電池用途向けペロブスカイト膜の製造システム及び製造方法」（日本：2016-565516）

研究ユニット紹介

エネルギー材料と表面科学ユニット

ユニットリーダー：ヤビン・チー 准教授

エネルギー材料と表面科学ユニットでは、コスト効率が高く大面積の、有機材料（プラスチック）で作られる光を電力に変えられるフィルム（有機薄膜太陽電池）を開発しています。このような有機薄膜太陽電池は軽量かつ柔軟です。また、新聞紙を印刷するような、roll-to-roll方式による製造を想定して開発が進められています。そのため窓や壁、その他の表面を覆う太陽電池になるでしょう。

本ユニットでは最新の超高真空装置およびクリーンルームデバイス加工施設を使用し、太陽電池を構成する様々な個々の材料の性質および材料間の界面・表面における相互作用を研究しています。研究成果を元に、材料選択や構造を最適化して太陽電池としての性能向上に取り組んでいます。



<関連する研究テーマ>

- ペロブスカイト太陽電池の性能向上に関する研究
- ペロブスカイトLED照明の作製

研究ユニットホームページ： <https://groups.oist.jp/ja/emssu>