

NEWSLETTER

4次元統合黒潮圏資源学の創成プロジェクト

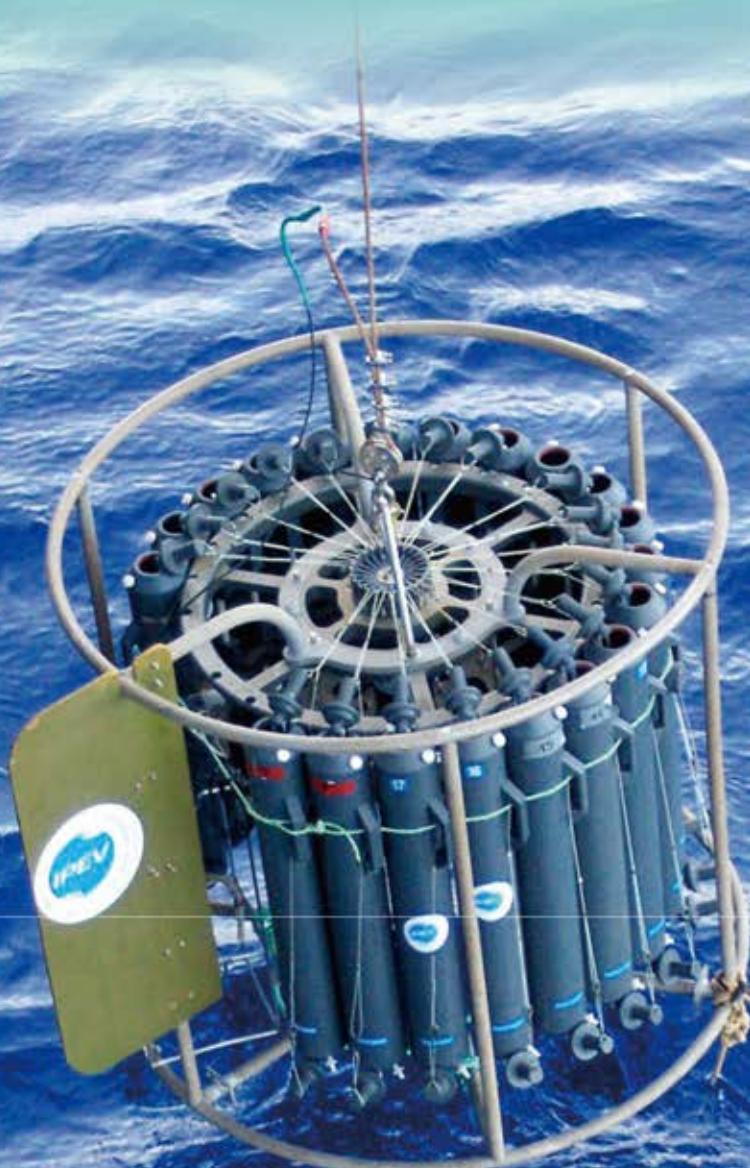
— 総合的海洋資源管理新時代の幕開け —

2022 vol.6

4次元統合黒潮圏資源学



高知大学
Kochi University



CONTENTS

巻頭挨拶 本家研究担当理事・佐野センター長	1
I-1／海底鉱物・エネルギー資源の基礎研究	2
I-2／海洋生物資源に関する基礎研究	3
I-3／黒潮の時空間変遷史の研究	4
II 総合的海洋資源管理の体系化	5
III 海洋人材育成および地域産業創出	6
テーマセッション	7
実施事業	8~10

CTD-CMSを海に投入する様子

CTD (Conductivity Temperature Depth profiler) により海水の水温や塩分の鉛直構造を観測します。同時に CMS (Carousel Multisampling System) および搭載されているニスキン採水器 (テフロン製) により、研究船上から必要な深度で汚染なく海水を採取できます。

船名／マリオン・デュフレーヌ
機器所属／フランス極地研

ごあいさつ



高知大学 研究担当理事
はん け こう いち
本家 孝一

東京の人に高知のイメージを尋ねると十中八九は“海”と答えるでしょう。確かに高知は、足摺岬から室戸岬まで両手を広げて太平洋を独り占めした形をしています。高知沖には黒潮が流れ、鰐をはじめとする海の恵みが運ばれて来ます。しかし、実際に高知に来て驚くことは、見渡す限りの山々の連なりです。この山々を、四万十川や仁淀川という日本を代表する清流が駆け下り、山に蓄積された栄養を海に運び海を豊かにします。この山紫水明の地形は、裏返しに大きな自然災害をもたらします。一言でいうと“自然が生きている”ということです。

この自然の息吹を研究する「4次元統合黒潮圏資源学の創成」プロジェクトが今年度で終了します。プロジェクト研究は期限付なので止めざるをえませんが、どれだけ息吹を感じ取ったでしょうか。「4次元統合黒潮圏資源学の創成」プロジェクトは、黒潮圏の海洋資源の利活用に関する研究、総合的海洋管理学の創出に加え、黒潮流域の諸外国と連携して国際的海洋人材の育成を推進してきました。黒潮圏を海の底から山の頂上まで三次元的に見るだけではなく、4次元目に時間軸を入れた壮大な研究構想から成り、高知らしい大風呂敷プロジェクトでした。

このプロジェクトには、本学が誇る黒潮圏総合科学専攻(博士課程)と海洋コア総合研究センターが中心的に関与しました。両組織が展開する海洋研究は、来年度から始まる第4期中期目標においても重点事項に選ばれています。第3期に種を蒔いた4次元統合黒潮圏資源学が花開くことを期待します(2022年3月)。



海洋コアセンター長
さ の ゆうじ
佐野 有司

平成28年度から開始した6ヶ年計画の文部科学省特別経費「4次元統合黒潮圏資源学の創成」プロジェクトは今年が最終年度となります。本プロジェクトが修了する1年前の令和3年3月にリーダーの徳山英一先生が退任されましたので、4月に高知大学海洋コア総合研究センター長に就任した佐野有司がプロジェクトを引き継ぎ、取りまとめを仰せつかりました。本家理事のごあいさつにもありますが、高知県南側沿岸を洗うように、太平洋を黒潮が悠々と流れています。この黒潮を対象とした文理融合型の重要な研究プロジェクトに関わらせていただけるのは大変な光榮に思います。

私は前任地の東京大学大気海洋研究所では、海洋化学部門の分析化学分野に属しておりました。そして、海水に含まれるヘリウム同位体比を使った海洋深層循環や高解像度二次イオン質量分析計(NanoSIMS)を用いて生物起源硬組織の微量元素分析から海洋古環境の情報を引き出す研究をしてきました。黒潮に関わる資源についての研究と教育については、ほとんど初心者の域をでませんが、岩井副センター長をはじめとする海洋コアセンターの教職員の皆様に助けられてプロジェクトを進めてきました。

本年度はプロジェクトの最終年度になりますので、I班：黒潮圏資源研究の推進、II班：総合的海洋資源管理の体系化、III班：海洋人材育成および地域産業創出、という各班を構成する高知大学関連の先生方にお願いして、これまでの研究成果をまとめていただき、「4次元統合黒潮圏資源学」という仮タイトルの教科書を準備しております。現時点で約90%の原稿が集まっていますので、程なく出版されると期待しています。海洋と資源の専門家、研究者だけでなく、大学の専門学部、大学院の学生にも役立つ内容になりました。

本年度の研究成果として、かなり手前味噌の感はありますが、佐野・奥村他のNanoSIMSを用いたムール貝殻の高解像度化学分析が挙げられます。岩手県大槌町沖は黒潮が到達する北限より少し北に位置しますが、その海岸で2011年9月に採取されたムール貝を対象としました。2ミクロンの分解能で貝殻のMg/Ca比を分析したところ、殻の成長速度を考慮すると、潮汐を反映して変化することが分かりました。さらに成長線を週って2011年3月の部位を分析すると、東北地震の津波に関連したと思われる大きなMg/Ca比の変化が検出されました。この研究成果はScientific Reports誌に掲載されました。そして化石の貝殻を使えば過去に南海トラフで起こった巨大地震の復元にも役立つ可能性があるとしてNHK高知で取り上げていただきました。

本プロジェクトは、メンバー一同の奮闘努力による研究活動の結果として、ほぼその目的を達成できたと考えます。本プロジェクトを応援していただいた高知大学の教職員の諸氏、予算を配分していただいた文部科学省の関連部局の皆様に感謝いたします。

I 黒潮圏資源研究の推進

I-1 海底鉱物・エネルギー資源の基礎研究

メタンハイドレートを琉球海溝ではじめて発見

農林海洋科学部の村山雅史教授、農林海洋科学専攻(大学院)学生の瀬戸口亮真氏、宮本好洋氏、田代昂士氏らは、神戸大学、琉球大学、海洋研究開発機構、金沢大学らと共同で、琉球海溝北部の種子島沖海底泥火山の調査航海をおこないメタンハイドレートを採取しました(図1)。日本周辺の海域において南海トラフよりも南西の琉球海溝でメタンハイドレートが発見されたのはこれが初めてです。

本研究航海は、2021年12月28日～2022年1月6日(和歌山一横須賀)にかけて、東京大学大気海洋研究所の令和3年度の全国共同利用で海洋研究開発機構の研究船「新青丸」を用いて実施されました。この航海では、種子島沖に分布する海底泥火山群(*1)において、泥火山の活動度および放出される海底下深部起源のメタン、微生物、炭素質の量を見積もり、泥火山活動による海洋・生物環境への影響を明らかにすることを目的としています。過去の調査で、種子島沖には数十以上の泥火山が広く分布していることが明らかになっており、今回は、そのうち3つの泥火山で、採水・採泥調査、地球物理探査を行いました。このうち1つの泥火山の山頂付近にてピストンコアラーで海洋コアを採取し、船上でコアの中身を確認したところ、海底面から約1mの深さに塊状のメタンハイドレートが約20cmの厚さで入っていることが発見されました(図2)。これらのコアは、海洋コア総合研究センターに運び込まれ、海洋コアの構造解析、年代測定、採取したメタンハイドレートの構造や、ハイドレートに含まれるメタンや水の詳細な化学分析を行い、メタンの起源や生成深度、供給メカニズムを調べます。将来のエネルギー資源として、種子島沖海底のメタンハイドレートの分布、存在量および炭化水素資源の形成要因や規模、炭素循環について明らかにしていく予定です。

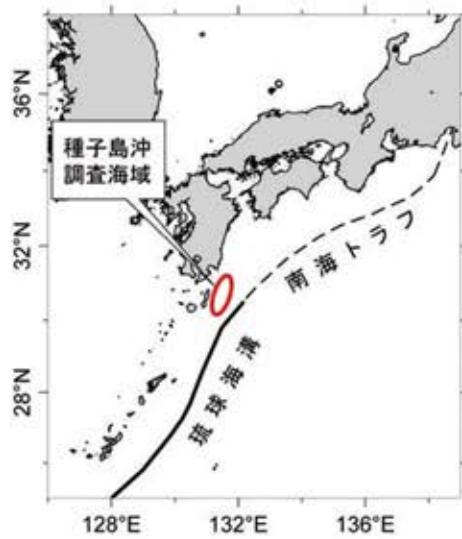


図1:種子島沖の調査海域

(*1)海底泥火山:泥火山は、地下深部で形成された泥質流体(水やガスを多く含む泥質堆積物)が表層に噴き上がりでできた円錐形の高まりで、世界各地の大陸縁辺域に分布している。日本周辺では紀伊半島沖熊野灘と種子島東沖に多く存在していることが知られている。



図2:船上において、海洋コア中に確認されたメタンハイドレート層

深海鉱物資源の商業開発が現実問題として話題になるなかで、実は多くの未解決の課題が山積しています。海底資源開発を論ずる上で共有すべき現状について、資源探査、開発技術、生態保全、経営および国際法の専門家が、23編の論文としてまとめた689ページの大作 "Perspectives on Deep-Sea Mining: Sustainability, technology, environmental policy and management (Springer)" が2022年3月に出版されました。日本からの4編の論文のうち、I-1班の臼井およびプロジェクトリーダーの佐野が、以下2編の著者となっています。

Geological Characterization of Ferromanganese Crust Deposits in the NW Pacific Seamounts for Prudent Deep-Sea Mining. A. Usui & K. Suzuki

Secondary Ion Mass Spectrometry Microanalysis of Platinum in Hydrogenetic Ferromanganese Crusts. Y. Morishita, A. Usui, N. Takahata & Y. Sano

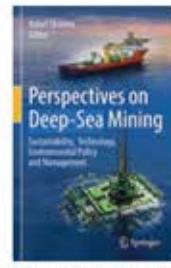


写真:Perspectives on Deep-Sea Mining

I 黒潮圏資源研究の推進

I-2 海洋生物資源に関する基礎研究

海底泥コアから過去を読み解く

本プロジェクトでは、海洋という3次元空間に「時間軸」という概念を導入することで海洋資源生物に関する理解を深めることを目的としました。

私たちは、高知県中央部に位置する浦ノ内湾という小さな入り江でこの課題に挑みました。実はこの湾は一部の生物学者たちにはちょっと名の知れた場所です。その理由は、赤潮が頻繁に発生すること。季節の推移とともに何種類もの赤潮プランクトンが次々と現れては消えるこの海域は、多くの赤潮研究者から注目されてきました。

なかでも1988年の出来事は衝撃的でした。毎年たくさん採っていたアサリが、突如として大量に死んでしまったのです。原因は、ヘテロカプサ・サーキュラリスカーマという新種プランクトンによる赤潮。世界でも全く発見例のなかった凶悪なプランクトンが突如として大発生し、根こそぎ貝を殺す悪夢のような出来事でした。この憎っつきプランクトンはどこからやってきたのか?当時すでに浦ノ内湾に忍び込んでいたのか?すべては謎でした。

それから四半世紀、我々は少し変わった方法でこの謎を解くことができました。過去の環境情報を手に入れるには、その時代の証拠物件を手に入れることが肝心。我々は、浦ノ内湾の海底にある粘土のような泥を円柱状にくりぬき、深度ごとに分取しました。これらは異なる時代に海底に堆積した生物の残骸を含んでいます。深い層は古い時代に、浅い層は最近堆積したもの。各層の年代を測定するとともに、赤潮の犯人であるヘテロカプサに感染するウイルスの有無を(すっかり有名になった)PCRを使って調べれば、この謎が解けるはず。

結果は驚くべきものでした。1920年代の試料からこのウイルスが検出されたのです。100年という長い期間、壊れることなく泥の中で存在していたウイルスの頑強さ!またこの結果は、ヘテロカプサが初めて赤潮を起こすよりも70年ほど前に湾内に生息していたことを示しています。長きにわたり静かに潜んでいた名もなきプランクトンが、あるとき一斉に大増殖し、アサリを殺す。それ以降、赤潮プランクトンの新種として名を連ねることになる。微小な生命の頑強さを感じさせるストーリーです。

- ・過去の環境までさかのぼり、その時代に存在したウイルスを調べる手法
- ・そのウイルスが関連したと思われる生物学的イベントを推定する手法

これらは様々な分野に応用可能であると考えられます。海底泥コアは生物の歴史を知るための貴重な古文書なのです。

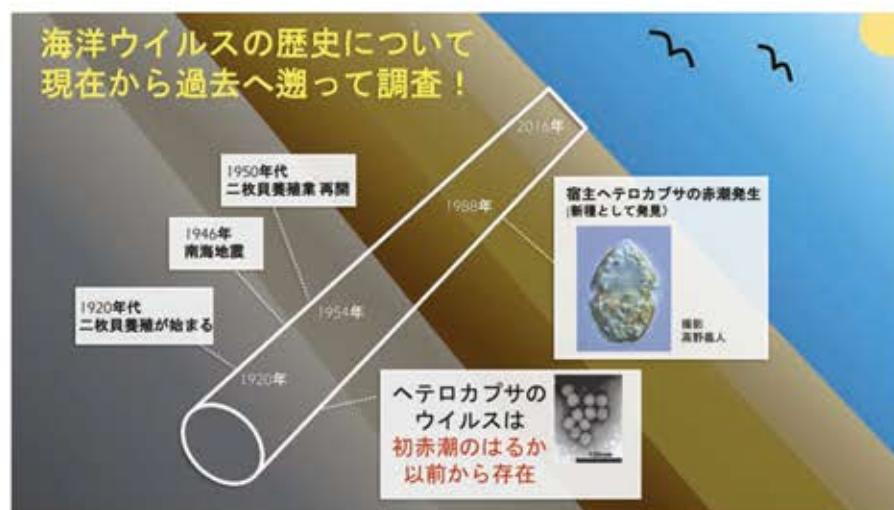


図:海底泥コアのイメージ。層ごとに異なる時代の生物の残骸が堆積している。

I-3 黒潮の時空間変遷史の研究

四国沖で「ちきゅう」第913次航海

地球深部探査船「ちきゅう」による表層科学掘削プログラム(SCORE)による第913次航海(首席研究員:池原実)が2021年8月に実施されました。この航海では、四国沖黒潮流域のC9037地点(図1)において3孔の掘削を行い、それぞれ約100mの地層を総計約300m分回収することに成功しました。ほぼ同一

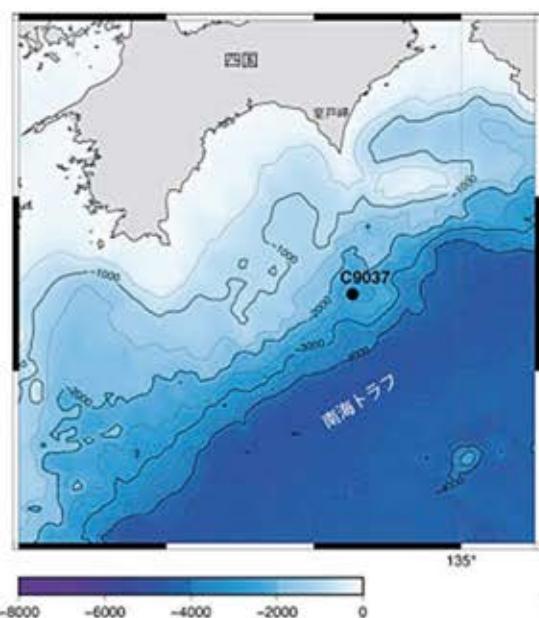


図1: 掘削地点(C9037)

地点3孔の地層をつなぎ合わせることで、掘削パイプのつなぎ目での欠損のない仮想的な連続地層を構成することができます。船上での微化石分析によると、回収した地層の最下部の年代はおよそ25万年前から29万年前の間になると推測されています。航海の概要については、高知大学、海洋研究開発機構、日本地球掘削コンソーシアムから共同プレスリリース(2021年10月11日)が行われましたので、そちらもご覧ください(QRコードからアクセスできます)。



図2:コアセンターで開催されたサンプリングパーティ(12月20~24日)の様子

4次元黒潮流圏資源学とレガシーコア

「4次元資源学」とは「時間スケールを加え探査することで、地球上における資源物質の物質循環システムとその時間発展系を理解し、システムを崩壊させない範囲を見極め持続可能な資源開発を目指す体系」と定義できないでしょうか。

高知コアセンター(KCC)には、インド洋～西太平洋のレガシーコアに加え、国内の海洋調査船で採取されたコア試料や陸上掘削試料が保管されています。半世紀以上前に採取された試料でさえ、再解析(Matsui et al,2019;ニュースレターvol.4参照)により、黒潮流成立・進化過程を議論できるようになります。「総合的海洋管理」実現にむけ、コアは海洋地球史の古文書、コア庫は宝物殿です。

海底鉱物・エネルギー資源など未利用資源を育んできた海洋は、異なる時間スケールでは異なるメカニズムがはたらいていることが分かってきており、環境インパクトに対する生物の応答性解明への取組はまだ始まったばかりです。黒潮・黒潮流圏の海洋環境には、赤道～両極域の動態も深くかかわっており、鍵となる時間断面での全球的な環境動態解明・モニタリングが必要不可欠となりますので、これからもその努力を継続して行きたいと思います。



II 総合的海洋資源管理の体系化

海洋立国を目指す日本では、2007年に海洋に関する基本理念を定めた海洋基本法が制定・施行され、その第28条において、海洋に関する政策課題に的確に対応するために必要な知識及び能力を有する人材の育成を図るため、大学等において学際的な教育及び研究が推進されるよう定められました。海洋基本法に基づいて策定された海洋基本計画においては、海洋に関わる事象は相互に密接に関連していることから、海洋立国を支える人材には、多岐にわたる分野につき総合的な視点を有して事象を捉えることのできる幅広い知識や能力を有する者を育成していくことが重要とされています。これを受け、高知大学では、2016年度に農学部を改組して農林海洋科学部とし、新たに「海洋専門人材」を育成する海洋資源科学科(定員65名)を設置しました。海洋資源科学科では、「海を知り、護り、利用する」ために必要な知識や能力を身につけるための学際的なカリキュラムとして、総合的海洋管理(Integrated Coastal and Ocean Management: ICOM)教育プログラムが設定されました。ICOM教育プログラムでは、四国国立5大学(高知大学、徳島大学、鳴門教育大学、香川大学、愛媛大学)教員によるオムニバスである「海洋科学概論」、高知大学教員による「海洋基礎生態学」「水産学概論」「海洋地球科学概論」「海洋管理政策論」、「合意形成学」の6科目が必修科目であり、海洋学一般科目群、沿岸海洋科目群、水産海洋科目群、社会科学科目群の4科目群16科目から6科目を選択・履修して修了となります。修了生へのアンケートでは、89%の学生が多岐にわたる分野の科目を学んだことに意義を感じていました。

海洋資源科学科では、海洋に実際に触れる機会として、「洋上観測実習」を2018年度から開講しました。実習では、内湾である浦ノ内湾で高知大学の船舶、豊旗丸、ねぶちゅーん、はまゆうによる観測を、外洋である土佐湾で2018年3月に竣工したばかりの長崎大学の長崎丸による観測を実施しました。水温・塩分等の基本的な観測のほかに、底泥を採取して硫黄分を計測し、外洋と比較して環境改善の必要な内湾の実態を学びました。

海洋資源科学科を卒業した学生がさらに専門分野を深く研究する場として、2020年度に高知大学大学院総合人間自然科学研究科の農学専攻(修士課程)が農林海洋科学専攻に改組され、海洋資源科学コースが設けられました。海洋資源科学コースでは、「持続可能な水産生物資源の生産と活用」「海底資源学序論」「海洋生命科学序論」の3科目が必修科目であり、コースのほとんどどの教員から、海洋資源に関する多岐にわたる分野の最先端の研究の状況を知ることができます。

本プロジェクトの最終年度である2021年度には、海洋に関する幅広い知識を身に付けて専門分野の研究を行った16名が修士論文審査に臨みました。



写真:高知港を出港する長崎丸

第14回黒潮圏科学シンポジウム ー小さな挑戦者たち

令和3年11月、第14回黒潮圏科学シンポジウムが開催されました。コロナ禍のなか、オンラインの開催となりましたが、学生にとっても自分の成果を発表する有意義な機会となったようです。初めての口頭発表に挑んだ高知大学の学生たちの感想は、以下のようなものでした。

初めて英語でのプレゼン。本番までは苦労の連続だった。それは、自分の単語力・文法力不足を痛感させてくれる過程でもあった。単語の発音やアクセントが分からぬといふことも多々あり、地道に調べながら練習した。幸い本番は、練習を重ねた甲斐があり、思ったよりもずっと上手くできたと思う。ただ、参加者の質問に対してうまく答えられなかつたのは反省すべき点である。今後の重要な課題と考えている。今回の経験により、リーディング・リスニング・ライティング・スピーキングの4技能が鍛えられた。また人生初となる英語でのプレゼンを経験したことで精神面でも少しだけ成長したように思う。またこのような機会があれば挑戦していきたい。

船岳祐作(農林海洋科学部4年生)

III 海洋人材育成および地域産業創出

新型コロナウイルスの感染拡大防止策の影響で延期されていた第14回黒潮圏科学国際シンポジウムを、2021年11月13日(土)および14日(日)にオンライン開催しました。6ヶ国、63機関・大学から総勢287名の参加を得て、プロジェクトリーダーである佐野有司海洋コア総合研究センター長の基調講演、本プロジェクトおよび学内拠点プロジェクト「黒潮圏科学に基づく総合的海洋管理研究拠点」の成果報告を兼ねたテーマセッションに加え、51題の口頭発表ならびに33題のポスター発表が行なわれました。また、さくらサイエンスプログラムによるオンラインプログラムを並行して実施し、フィリピンおよびインドから参加した22名の若手研究者に対して、海洋の鉱物資源および生物資源の持続的な活用や沿岸域の総合的管理に関する5日間の研修を行ないました。さらに、台湾の沿岸域における観光開発や日本の漁業と林業を通じた地方創生のフォーラムを開催し、高齢社会の現状と課題について紹介しました。

本プロジェクトを開始した2016年4月時点での博士修了者は43名でしたが、6年間の実施期間中に34名が学位を取得し、77名とほぼ倍増しました。特に、2013年度および2019年度に採択された文部科学省国費留学生優先配置プログラムの実施等により、フィリピン人学位取得者は18名に上り、2025年度までは合計で約30名の修了生を輩出する予定となっています。このような背景から、2020年度にフィリピン人修了生同窓会(PHILJAPKUS:The Philippines-Japan Association for the Kuroshio Science Promotion, Inc.)を設立し、11月15日(月)に設立記念行事を開催し、フィリピンとともに黒潮流域圏のネットワークを構築してきた台湾の機関も含め、65名の参加者が得られました(写真)。

黒潮流域圏の国際的な海洋人材育成体制の拡充を図るためにプロジェクト期間中にフィリピンおよび台湾の各2大学と新たに協定を締結し、フィリピン:5大学1機関、台湾:4大学との教育・研究ネットワークとなっています。この仕組みを通じて、若手研究者や学部生の短期研修の受け入れや修了生と指導教員の共同研究に対する研究助成事業の採択など、着実に海洋人材育成の成果が積み重ねられています。

2022年度からの高知大学第4期中期計画においても、「海洋」は教育・研究の重要課題のトップに挙げられており、海洋コア総合研究センターの研究活動と農林海洋科学部・専攻(修士課程)、理工学部・理工学専攻(修士課程)・応用自然科学専攻(博士課程)等による教育活動とのさらなる緊密な連携を図っていきたいと考えています。また、高知大学の重点課題の一つである「地方創生」の観点も人材育成に反映させるため、高知大学国際交流基金による奨学金プログラムにより、高知県の地場産業の一つである宝石珊瑚を学位研究課題とする博士課程の私費留学生の獲得し、留学生の地域定着を図りつつあります。



写真:設立記念行事の参加者

実はあまり当日の記憶がない。自分の発表の3演題くらい前から不安と緊張で押しつぶされそうになっており、深呼吸しながら発表に臨んだ。自分の発表の直前には「もう焦っても何も変わらないからなるようになれ」と念じて話し始めた。12分間。話し終えてみると、そこそこの出来栄えで、とても安心したことを覚えている。練習から本番まで一貫して意識していたことは「強調したい語句・文章」をしっかりと相手に聴かせるということだった。ややゆっくり、大きな声で目立たせるよう努めた。口頭発表に挑戦してよかったです。質問への対応など改善点は山積みだが、今後も精進していきたい。

廣本 春奈(農林海洋科学部4年生)

貴重な経験だった。当初はポスター形式での参加を考えていたが、後輩二人が口頭で発表するということで、自分も挑戦することに決めた。英語で伝えることの難しさを改めて痛感するとともに、自身の研究成果を見つめ直す良い機会になった。十分に準備と練習をしていたおかげで、落ち着いて発表することができたと思う。英語の実力が伴っておらず、質疑応答は散々だったが、それでも挑戦したことについて先生方からお褒めの言葉をいただいたときは、やはり挑戦して良かったと改めて感じた。いま思えばこの経験は、自分自身を成長させた重要なイベントであったといえる。

館石 尚久(農林海洋科学専攻修士1年生)



基調講演・テーマセッション

第14回黒潮圏科学国際シンポジウム

オンラインで開催された「第14回黒潮圏科学国際シンポジウム」の初日(2021年11月13日)、プロジェクトリーダーの佐野有司教授が、「Ion Microprobe Analysis of Biological Hard Tissue」と題した基調講演を行いました。前田地東京大学大気海洋研究所で行われていた二次イオン質量分析計を用いた研究事例が紹介され、国内外のシンポジウム参加者から注目を集めました。数多くの質問が飛びだし、活発な議論が繰り広げられました。

休憩をはさんで引き続き行われた本シンポジウム最初のテーマセッションでは、「4次元統合黒潮圏資源学の創成プロジェクト」をテーマに、本プロジェクト関係者4名が口頭発表を行いました。

初めに総括班の岩井雅夫教授がプロジェクトの概要を簡潔に紹介したあと、I-1班からは浦本豪一郎講師が深海底堆積物

から発見したマンガン微小粒子とその海底鉱物資源としての意義について講演しました。I-2班からは、長崎慶三教授の研究室でポスドク研究を行っている高橋迪子日本学術振興会特別研究員(PD)が、浦ノ内湾堆積物のウイルス検索から赤潮プランクトンの動態を明らかにしたことを紹介し注目を浴びました。I-3班からは、奥村知世特任助教が高知県産宝石サンゴの年代測定結果を紹介し、地球科学的知見にたった持続可能資源利用について言及しました。

総合討論では十分な時間が確保できませんでしたが、黒潮圏の海洋生物分野学生・教員が多数参加するなか、高知大学の分野横断プロジェクトやIODP世界3大コア保管施設を紹介できたことは意義深いものとなりました。なお、本テーマセッションで紹介された研究は、いずれも令和4年度から始まる第4期の基幹研究プロジェクトに継承発展されて行く予定です。

●スケジュール

10:00 ~	オープニング企画 ●歓迎の挨拶 受田 浩之 (高知大学理事／地域・国際・広報・IR担当) ●シンポジウムの概要説明等 久保田 賢 (黒潮圏総合科学専攻専攻長)
10:15 ~	基調講演 「Ion Microprobe Analysis of Biological Hard Tissue」 佐野 有司 (高知大学海洋コア総合研究センター長)
11:00 ~	休憩
11:15 ~	テーマセッション1 4次元統合黒潮圏資源学の創成プロジェクト ●

テーマセッション1	
11:15 ~ 12:15	テーマセッション1 Four-Dimensional Kuroshio Marine Science (4D-KMS) research project
11:15 ~ 11:20	What's the 4D-Kuroshio Project ? Masao Iwai (Kochi University)
11:20 ~ 11:35	Discovery of Mn-microparticles in oxic deep-sea sediments : implications for the global manganese budget. Go-Ichiro Uramoto (Kochi University)
11:35 ~ 11:50	Chronological Distribution of Dinoflagellate-Infecting Virus in Marine Sediment Core. Michiko Takahashi (Kochi University)
11:50 ~ 12:05	Radiocarbon dating of dead precious corals collected from Ashizuri Fishing Field. Tomoyo Okamura (Kochi University)
12:05 ~ 12:15	Questions and Answers

地殻流体研究分野における人材育成

2016年以降、研究面では12報の査読付国際誌に研究成果を発表しています。内訳は鉱物資源研究5報(海底4・陸1)、地殻変動に関わる流体研究4報(地震3・火山1)、地殻流体の基礎研究2報、古海洋環境変動研究1報と、4次元黒潮圏資源学の創成プロジェクト期間中に年間平均2報のベースで査読付国際誌に発表しました。また、現在投稿中1報と執筆中論文1報があります。2020年度から科学研究費基盤B「湧水の多元素同位体から西南日本と東北日本の沈み込みプレートの脱水様式の違いを探る」が代表研究として採択されています。2021年度現在の科学研究費の分担者としても、1課題の基盤Aと2課題の基盤Cが採択されました。4次元黒潮圏資源学の創成プロジェクト開始時には海洋研究開発機構から高知大学に移動した直後であり暗中模索でしたが、本プロジェクトによって研究室運営もようやく軌道に乗ることができました。

教育面では2022年1月現在に研究室には3年生3名と4年生3名(全て大学院修士課程に進学予定)と6名の学生の在籍があり、本プロジェクトの進行と共に研究室も人が集まるようになってきました。主体的に学びにつながるように、学生研究では可能な限り学生自身が採取した地球科学試料を用いるようにしています。写真は学生がそれぞれ調査研究を行う前に、データ取得済の地点を研究室で巡検を行った際の風景です。このような巡査に何度も参加してもらった後に、それぞれ担当する地域を学生自身で調査研究してもらっています。加えて、高知コアセンターに関わる学生が発表するコアセミナーで研究室以外の方の前で半年に1回の発表を行うことは、学生が大きく成長する機会となっています。2021年

10月からは、手法は異なるが同じ研究目的をもつ他大学の5研究室合同でオンラインセミナーを2ヶ月に1回行い、同じ研究目標をもつ者同士で意見を交換する楽しさを知り、他人にはない自身の良さを見出しあう機会となることを期待しています。



写真:データ取得済地点の巡査時の風景

海洋細菌間相互作用の研究

多くの微生物は、生物活性を持つ化合物(天然化合物)を生産しています。自然条件下に、これらの化合物は微生物および宿主間の相互作用に役割を果たします。したがって、単純の実験条件では、多数の天然化合物は生産されず、これらの発見が困難になります。天然化合物生産を誘導する手法がいくつかあります。最近によく使われている方法は共培養法です。この方法には、同じ環境から単離された微生物を共培養し、彼らの相互作用により天然物生産活性化を解析します。我々は、共培養法を活用し、海綿などの海洋生物由来細菌の天然物生産に注目しています。現在までに様々な細菌の43株を単離し、共培養法を行い、抗菌活性物質生産の調査をしました。現時点には、共培養法の結果から相互作用による生物活性物質の生産誘導が起こった菌株のペアを選択し、詳しい解析を行っています。本研究では、新規天然物の発見だけではなく、細菌間の相互作用の理解にも貢献することが期待されます。本研究の成果は、3つの国内外学会に発表され、1つの国内学会に発表する予定です。

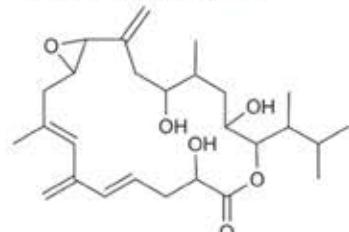


写真:海綿由来細菌の培養プレート

渦鞭毛藻由来有用化学物質の探索研究

4次元統合黒潮圏資源学の創成の支援のもと進めてきた研究実績によって、津田が提案した「アンフィジニウム属渦鞭毛藻の有用二次代謝産物の探索と応用」が、令和3年度科学研究費補助金基盤研究(B)に採択され、さらなる研究を開始することとなりました。これまで化学構造と立体化学が未解明であったイリオモテオリド-1aについて、計算科学を駆使した再解析を中央大学・不破教授らと開始し、最終的には化学合成による完全構造の解析に導く計画です。また、新たなアンフィジニウム属の海洋性渦鞭毛藻の有用二次代謝産物の探索によって、新規マクロリド化合物・イリオモテオリド-7aを発見し、その化学構造の解析を行なっているところです。本研究では「難解な立体配座」の解析例として取り上げ、想定しうる全立体異性体について、配座探索と密度汎関数法計算を組み合わせた計算科学的手法によって完全構造の解明を目指した研究を進めています。本研究は日本薬学会第142年会(名古屋2022年3月25日~28日)にて発表予定です。

図:イリオモテオリド-7aの構造



イリオモテオリド-7a

実施事業

宝石サンゴの地球科学的研究

高知県は日本で初めて宝石サンゴ漁発祥の地であると共に、世界的に高品質の宝石サンゴが産する漁場を有する、国内における宝石サンゴ産業的一大拠点です。宝石サンゴは、沖縄・奄美列島・高知・長崎・和歌山・小笠原などといった黒潮流域の水深80m以深という比較的深い海底で生息していることが知られており、浅海に分布する造礁サンゴとは、分類群・生理生態共に異なるグループに属します。宝石サンゴの成長速度は、造礁サンゴの約100分の1であるため、適切な資源管理が必要とされるものの、そのベースとなる生態や分布などといった情報が乏しく、科学的根拠に基づく資源管理は未だ実現していません。我々は、NPO法人宝石珊瑚保護育成協議会と日本珊瑚商工共同組合の協力の下、日本近海の宝石珊瑚に関する地球科学的研究を進めてきました。

宝石サンゴは、生きたまま漁獲される「生木」と、死後の骨格が残って化石状態で漁獲される「枯木」に大きく二分され、そのうち枯木は取引量の約8割を占め、宝石サンゴは化石資源としての側面を強く持つものであることから、堆積学や地球化学的アプローチによって資源評価を行う必要があるものと言えます。そこで、高知県足摺沖の漁場から採取された枯木宝石サンゴ54試料を対象として、放射性炭素年代測定を行ったところ、一番古いものは紀元前約5600年前に死亡したものであることが分かりました。また、測定した枯木の85%は、漁業活動が始まった明治初期(1871年)よりも古い時代に死亡していることが分かり、多くの枯木は漁業活動による人為的破壊で死滅したのではなく、寿命や捕食・環境変動といった自然要因で死滅し、海底に蓄積してきたと解釈されました。今回の結果より、最低でも7600年間もの間、足摺沖漁場で宝石サンゴが生育し、自然死を繰り返しながら化石資源を蓄積してきたと推定されます。今回明らかにした資源の蓄積時間の情報に加え、宝石サンゴの生息密度や寿命、死亡率などといった生態的情報が明らかになれば、漁場における総資源量の推定が可能になり、持続可能な利用に向けた、資源管理の実現に繋がることが期待されます。現在は、高知室戸沖・沖縄・小笠原・和歌山などの他の漁場での調査を進めています。

また、炭酸カルシウムから構成される宝石サンゴ骨格には年に一層ずつでできる成長線(年輪)が発達しており、骨格の微量元素は、水温等の季節変化に伴い年輪に沿って周期的に変化することが知られています。上述の研究で年代を明らかにした、枯木宝石サンゴの微量元素を調べることで、過去7600年間の深さ100~数百mにおける環境変動を復元できることが期待できます。

今後は、これまでの研究をさらに発展させ、宝石サンゴの資源量評価に向けた科学データの取得を目指すと共に、地域の産業界や行政と連携をして、宝石サンゴ業界におけるSDGs達成へ向けた取り組みを進めていきたいと考えています。



写真:枯木宝石サンゴの試料



写真:宝石サンゴ業界関係者の
海洋コア総合研究センター見学の様子

人工微粒子がもたらす海洋生物への影響

「マイクロプラスチック」と呼称される人間の社会活動由来の人工微粒子は、海洋などの自然環境を汚染し、生物への毒性や生態系への悪影響をもたらすと懸念されています。身近な話題としては、近年、日焼け止めの有機化合物(オキシベンゾンなど)がサンゴなどの海洋生物に悪影響をもたらすとされ、海洋観光を経済中枢に据える国・地域で使用を禁止しています。その人工微粒子のひとつである酸化チタン(TiO_2)は有害性が低いため、オキシベンゾンなどの代替物質として使用されています。しかし、土壤性無脊椎生物や淡水性微細藻類は TiO_2 微粒子に暴露することにより、毒性を呈することも示唆されています。それでは、海洋性の真核生物にはどのような影響があるのか?本命題を解明するため、海洋に広く生息する単細胞真核生物(原生生物)・有孔虫を用い、人工微粒子を含む海水中での暴露実験を行い、共焦点レーザー顕微鏡による生理的な応答と、トランスクリプトーム解析による遺伝子発現の両側面から人工微粒子の毒性を評価しました。本研究は、日本・イタリア国際共同研究です。

現在海洋で実測されている TiO_2 濃度より約1000倍高濃度の環境下で有孔虫を培養したところ、有孔虫は人工微粒子を細胞内に取り込み、その後、活性酸素や中性脂肪を大量に产生することが分かりました(Ciacci et al., 2019)。これは有孔虫が人工微粒子を取り込むことによって明らかにストレス応答していることを示唆しています。そこで、同じ環境下で暴露1時間、6時間、24時間後の経時変化について、有孔虫生体内でのストレス応答の動態や代謝

メカニズムを追求しました(Ishitani et al., 投稿準備中)。その結果、暴露の初期にはエンドサイトーシスによって TiO_2 微粒子を細胞内に取り込み、活性酸素を大量に产生するが、経時とともに減少していくことが分かりました。活性酸素の产生は、中性脂肪によって和らげられ、また、こうした脂質は細胞内の TiO_2 微粒子を包み込み、エクソサイトーシスによって細胞外へ排出されることも分かりました。実際、有孔虫は TiO_2 微粒子を含む環境下でも生存し、細胞の外へ高粘性の物質を出すことが観察されています。この粘性物質をSEM-EDSで解析した結果、 TiO_2 微粒子が含まれていることも分かりました。このように、有孔虫が人工微粒子をどのように取り込み、排出していくか、その経路が世界で初めて実証されました。人工微粒子を排出する過程は、汚染環境下で生物が生存するうえでも重要であり、多細胞生物では細胞外物質をメラニン化細胞に包有する過程があるため、人工微粒子の体内摂取はむしろ細胞のメラニン化を助長し、日焼け止めの逆効果になる可能性があります。今後、他種の人工微粒子に関する生物応答の研究が必要にも取り組んでいきます。

Ciacci, C., Margot V. Grimmelpon, M.V., Corsi, I., Elisa Bergami, E., Curzi, D., Burini, D., Vincent M. P. Bouchet, V.M.P., Ambrogini, P., Gobbi, P., Ujjie, Y., Ishitani, Y., Coccioni, R., Joan M. Bernhard, J.M. & Frontalini, F. (2019) Nanoparticle-biological interactions in a marine benthic foraminifer. *Scientific Reports*, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56037-2>.

円石藻の分子情報と化石記録から、種の多様化の過程を探る

円石藻は海洋の主要な第一次生産者の一つで、光合成と鱗片の石灰化を通じて地球の炭素循環に貢献しています。特に過去5000万年以上に渡って繁栄するノエラエラブダセアエ科の円石藻は、海洋環境と生物進化の議論の上で重要な生物群です。円石藻の石灰質鱗片は、海底に化石として保存されるため、その進化史は、現生種の分子(遺伝子)情報と化石記録の両方から調べることができます。

土佐湾の海水中から分離した*Reticulofenestra sessilis*(ノエラエラブダセアエ科)の培養株を、分子情報と化石記録に基づいた進化史と地球環境変動の関連を探る研究に用いました。

その結果、ノエラエラブダセアエ科の多様化(種分化)が、氷期一間氷期サイクルのうち、氷期のタイミングで生じていたことが分かりました。この成果は、*Current biology*に掲載されました。



写真:土佐湾の回収から採取した
*Gephyrocapsa oceanica*の
培養株の電子顕微鏡

黒潮とその沿岸域での物理現象の調査

近年室戸岬付近で発生するようになった急潮(沿岸域で突然発生する速い流れ)のメカニズムを解明するため、高知県水産試験場が設置した流速計のデータを解析し、黒潮の変動や室戸岬の東西の水位差の変動が関係していることがわかりました。そこで、室戸岬のすぐ東の高岡漁港に2017年8月に潮位計を設置して観測を開始しました。潮位計は2018年8月の台風で流失しましたが、2019年8月に波浪の影響を抑えるように改良して再設置し、観測を継続しています。

同一基準での日本全国の沿岸水位を初めて高精度で決定しました。沿岸の水位差は、海流が岬にぶつかるように流れる箇所でのみ生じていることを示し、黒潮の大蛇行時と非大蛇行時の沿岸水位の相違を記述しました。

黒潮の大蛇行には、伊豆・小笠原海嶺の西側で蛇行するものと、海嶺上で蛇行する2種類がありますが、その2種類の大蛇行の力学的性質の違いを示しました。

マンガンクラストの縞状構造の成因に関する研究で学生が最優秀講演賞を受賞

時空変遷史グループの長谷川精講師と海底鉱物資源グループの臼井朗特別教授が指導する理工学部地球環境防災学科4年の高馬菜々子さんが、日本地質学会四国支部講演会において卒業研究の発表を行い、最優秀講演賞を受賞しました。受賞対象の講演(口頭発表)は「マンガンクラストの縞状構造は氷期-間氷期サイクルに起因するのか?」です。高馬さんの卒業研究では、北西太平洋の正徳海山から採取されたマンガンクラストに保存される縞状構造(厚さ0.5mm程の構造)の成因を調べるために、海洋コア総合研究センター設置のマイクロフォーカスX線CTスキャナと電子ブループマイクロアナライザー(EPMA)を用いて微小領域構造解析と微小領域元素組成分析を行いました。その結果、マンガンクラストの縞状構造は、約10万年毎に繰り返した氷期-間氷期サイクルという地球環境変動の歴史を克明に記録することが明らかになりました。



写真:高知大学理工学部地球環境防災学科 高馬菜々さん
(最優秀講演賞の賞状とマンガノノジュールと共に)

森林総合研究所四国支所のオンライン公開講演会(Youtube)で研究成果の紹介

時空変遷史グループの岩井雅夫教授および長谷川精講師は、2021年12月にYouTube配信された森林総合研究所四国支所のオンライン公開講演「四国の森のつくりかた」にて、研究成果の発表を行いました。この公開講演会では四国の森林をかたち作る土台となっている地形や地質、土壤、水、植物に焦点を当てた5件の講演がなされ、岩井教授は「四国の地質と環境変遷史:四国の地形・地質とジオパーク」という題目で四国の地形や地質がどのように形成されたかの概説と、四国内のジオパークの紹介やその活動についての講演を行いました。長谷川講師は「四国の地質と環境変遷史:東アジア地域の環境・植生変遷史」という題目で、4次元統合黒潮圏資源学の創成プロジェクトを通して進めてきた東アジア地域の環境と植生変遷の歴史についての成果を紹介しました。



写真:オンライン公開講演会のチラシ

写真:YouTube配信された公開講演会での発表の様子
(上: 岩井教授、下: 長谷川講師)

実施事業(論文・特許)

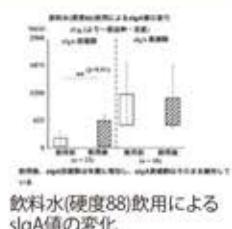
Michiko Takahashi, Kei Wada, Yoshihito Takano, Kyouhei Matsuno, Yuichi Masuda, Kazuno Arai, Masafumi Murayama, Yuji Tomaru, Kouki Tanaka, Keizo Nagasaki. Chronological distribution of dinoflagellate-infecting RNA virus in marine sediment core. *Sci. Total Env.* 770, 20; doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145220. (2021)



ウイルスの時系列分布から読み解く生物環境履歴

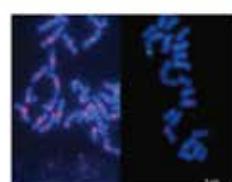
内容紹介:赤潮藻に感染するウイルス(HcRNAV)を対象に、高知県浦ノ内湾の海底堆積物試料中における時系列分布を解析しました。年代測定と分子系統解析を組み合わせ、百年以上前から現在までのウイルスの分布状況を明らかにしました。

Hiroaki Takeuchi, Yu Yoshikane, Hirotugu Takenaka, Asako Kimura, Jahirul Md. Islam, Reimi Matsuda, Aoi Okamoto, Yusuke Hashimoto, Rie Yano, Koichi Yamaguchi, Shouichi Sato, Satoshi Ishizuka. Health Effects of Drinking Water Produced from Deep Sea Water: A Randomized Double-Blind Controlled Trial. *Nutrients.* 14(3), 581 doi:10.3390/nu14030581(2022)



内容紹介:海洋深層水飲料(硬度1000)の生体効果を以前に発表しました。本論文は異なる飲料(硬度88)で検証し硬度1000とは異なる生体効果を明らかにし、健康維持増進を目的としたより個人に適したオーダーメイド型利活用の可能性を報告しました。

Joshua Vacarizas, Takahiro Taguchi, Takuma Mezaki, Masatoshi Okumura, Rei Kawakami, Masumi Ito and Satoshi Kubota. Cytogenetic markers using single-sequence probes reveal chromosomal locations of tandemly repetitive genes in scleractinian coral *Acropora pruinosa*. *Scientific Reports.* 11, 11326 (2021)



蛍光法による造礁性サンゴの染色体観察像

内容紹介:造礁性サンゴの染色体の検出に有用な蛍光 in situ ハイブリダイゼーション法において、ゲノムDNAの繰返し配列を対象とするこの有用性を示しました。この成果により、分類が困難な造礁性サンゴの種判別の精度の向上が期待されます。

4次元統合黒潮圏資源学の創成プロジェクト ～総合的海洋資源管理新時代の幕開け～

太平洋を悠々と流れる黒潮は、高知に有形無形の数多くの恵みをもたらしてくれます。平成28年度から6ヶ年計画で開始された文部科学省特別経費「4次元統合黒潮圏資源学の創成」プロジェクトは、3次元の空間的広がりに加え、過去から現在の様々な時間スケール(4次元目)を加えた4つの基軸で黒潮圏の成り立ちと資源を理解し、その成果を総合的海洋管理に活かそうとするものです。

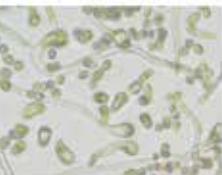
本取組では、1)海底マンガン鉱床の基礎研究(形成モデル構築、時間的・空間的多様性的把握、有効利用法開発等)、2)古ウイルス学の提唱、3)室戸海洋深層水の産業・健康への利活用研究、4)黒潮の時空間変動と黒潮圏古環境変動の研究、5)黒潮圏総合科学専攻との連携による黒潮圏の持続型社会形成を目指す海洋人材育成などを掲げ、「総合的海洋資源管理」を体系化すべく、分野横断的研究と教育環境整備等を推進してきました。令和4年度以降は基幹プロジェクトに継承発展し取り組む予定です。

佐野有司・徳山英一・臼井朗・深見公雄・奥村知世・萩野恭子(海洋コア)・村山雅史・上田忠治・西尾嘉朗・浦本豪一郎・小河脩平・津田正史・Dana Ulanova(複合領域科学部門)・長崎慶三・池原実・氏家由利香・岩井雅夫(理工学部門)・久保田賢・寄高博行・田中壯太(黒潮圏科学部門)・竹内啓晃(医学部)



宮田剛、大島俊一郎、加藤元海、三木克哉、岩谷真男、藤澤優(発明者)

発明の名称:魚類の心臓の状態をモニタリングするシステム
特許番号:6956941
登録日:2021年10月8日
発行日:2021年11月2日



単細胞化されたマキヒト工

Yutaro Kinoshita, Yoichi Sato, Tetsuya Sakurai, Tomohito Yamasaki, Hirofumi Yamamoto and Masanori Hiraoka. Development of blade cells and rhizoid cells aseptically isolated from the multicellular leafy seaweed. *Cytologia* 87(1), 1-6, in press (2022)

内容紹介:少ない種類の細胞から成る葉状の多細胞海藻マキヒト工は、無菌条件下で細胞をばらばらにして単細胞状態で取り出せます。この現象を利用して葉部の細胞(葉身細胞)と付着根の細胞(仮根細胞)を単離して培養し、それぞれの分化能力を明らかにしました。



非侵襲的魚類脈波測定システム

内容紹介:養殖では安定した飼育環境を維持するために、魚の健康状態を非侵襲的にリアルタイムで把握するシステムの構築が求められています。高知工業高等専門学校との共同研究により構築したシステムにより、魚の心臓由来脈波を捉え、この脈波からストレス状態の把握を可能にしました。



高知沖における
様々な時間スケールで黒潮圏海洋資源を知る



マンガンノジュール



高知大学
Kochi University

海洋コア総合研究センター事務室

TEL.088-864-6712

〒783-8502 高知県南国市物部乙200 <http://www.kochi-u.ac.jp/4d-kuroshio/>

NEWSLETTER 編集委員

岩井 雅夫 久保田 賢

※本誌掲載の記事、写真の無断複写・複製を禁じます。