

# CMES ニュース

愛媛大学 沿岸環境科学研究センター  
Center for Marine Environmental Studies (CMES)

## No.47



# ニュース

—化学汚染・沿岸環境研究拠点—

## No.14

### 目 次

#### CMES ニュース

新任職員紹介	1~2
共同ワークショップの開催報告	2~3
研究課題紹介	3~8
編集後記	8

#### LaMer ニュース

研究集会開催報告	9
受賞紹介	9~11
LaMer共同研究課題紹介	11~12
編集後記	12

## CMES ニュース

### 新任職員紹介

#### Wang Shuya (環境動態解析部門 特定研究員)

I am WANG SHUYA from China. I graduated from the Ocean University of China with B.S. in marine science in 2017. After that, I stayed in the Ocean University of China for further study in physical oceanography, and I received a Ph.D. in 2022. In August 2022, I came to Japan and now work as a postdoctoral researcher in Prof. Xinyu Guo's group in CMES.

My research interests involve internal waves and turbulent mixing in the ocean. I would like to describe what internal waves are. The ocean is always stratified, i.e., the density of sea water varies from the surface to the bottom. This supports the existence of a special kind of wave in the ocean interior – internal waves.

Internal waves are generated as the isopycnals are perturbed, which are mainly contributed by tides and winds. The oscillating tidal currents push the stratified sea water up and down upon the rough topographies (e.g., seamounts, mid-ocean ridges, and continental slopes), thereby generating internal waves at tidal frequencies, which are called “internal tides”. These internal waves are regarded as a major energy source for turbulent mixing in the abyssal oceans and therefore are of vital importance for the maintenance of global overturning circulation. Also, the breaking of internal tides transports nutrients from deep water to subsurface layers, thereby regulating the oceanic ecosystem. That's why we should learn internal tides in the ocean.

I mainly focus on how internal tides lose their energy and contribute to mixing. By combining laboratory experiments and



numerical simulations, I clarified the energy cascade of internal tides via wave-topography and wave-wave interactions. Near the generation sites, internal tides transfer their energy into small-scale subharmonic waves via resonant triad interaction, and the latter cause elevated local energy dissipation. The intensity of resonant triad interaction is affected not only by topographic steepness but also by background currents. As internal tides impact on topographies, their energy is scattered into higher modes. The redistribution of energy (reflection, transmission, and dissipation) is dependent on topographic height and steepness. A three-dimensional topography could result in a more complex pattern for the evolution of internal tides. These results have been published in “Journal of Geophysical Research: Oceans”, “Journal of Physical Oceanography”, “Ocean Modelling” and other peer-reviewed journals.

---

---

### Asela Marisol Buenfil Rojas (化学汚染・毒性解析部門 特定研究員)

I am Asela Marisol Buenfil Rojas (I have two names and two last names) but please feel free to call me Marisol. I come from Southeast Mexico, a very particular region and very famous for its ancient Mayan archaeological zones and delicious (a little spicy though) Mayan gastronomy. I started studying metal pollution and its effects in 2012 and ever since I became very passionate for studies of environmental pollution and bioindicators, being reptiles (and particularly crocodiles) my main target species. I also have a particular interest in ecotoxicology, metal and POPs exposure, biomarkers of effect, as well as non-invasive and non-destructive monitoring.



I graduated as Environmental Engineer, but later, my Master Studies were on Natural Resources and Rural Development, with my focus on Environmental Biotechnology. Finally, I obtained my Ph.D. in Ecology and Sustainable Development at El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) Campus Chetumal, with my doctoral thesis on crocodiles as bioindicators of metal exposure, the distribution of xenobiotic metals in keratinized tissues, excretory tissues, and blood fractions, and metallothioneins as a biomarker of effect. In February 2022, I became officially a member of the IUCN-SSC Crocodile Specialist Group and in July I participated in the 26<sup>th</sup> Meeting of

the Crocodile Specialist Group. After working together for 5 years monitoring crocodile populations across the Yucatan Peninsula (YP), my colleagues from Mexico and I established in August 2022 the “Crocodile Research and Management for Conservation” study group ([www.crocodileresearch.com](http://www.crocodileresearch.com)), in which we collaborate with Mexican and International institutions for research and conservation of crocodiles. As a multidisciplinary group, we have been able to conduct studies of crocodiles (and other species, such as bats) in many areas: ecotoxicology, population status and genetics, telemetry, human dimensions, and recently, ecophysiology and thermography.

Currently, I am Visiting Researcher at Iwata Lab (CMES) and I was recently awarded with the JSPS Postdoctoral Fellowship (FY2023) for the research project “Integrated assessment of chemical pollution and its impacts on wild populations of *Crocodylus moreletii* in Mexico”. In this, we will study the effects of chemical pollutants in wild crocodile populations, together with transcriptomics and metabolomics. Southeast Mexico is well characterized by a variety of human activities which are significant sources of metals and persistent organic pollutants (POPs). Our project addresses the following questions: (1) whether different crocodile populations are exposed to different chemical contamination levels, released from a variety of human activities?; (2) what are the effects of chemical contaminants and which contaminants cause these effects?; and (3) what are the optimal biomarkers for assessing environmental contaminants and its associated effects? As such, our main goal is to understand the contaminants effects at a molecular level using non-destructive samples. Incorporating transcriptome and metabolome analyses into our research will allow to identify disturbed biological networks in wild crocodile populations (being important for the ecosystems as an Apex predator) and will provide new mechanistic insights into their toxicological effects.

よろしくお願ひします！

---

---

### 共同ワークショップ開催報告

「亜寒帯－亜熱帯域含めた日本周辺の海洋環境科学の統合的理解」

郭 新宇 (環境動態解析部門 教授)

CMES ニュースにもお知らせしましたが、2021年11月に CMES は北海道大学低温科学研究所 (低温研) と連携協定を締結しました。この度 (2022年11月29日-30

日)、低温研の研究集会において、両機関に属する研究者同士が中心となって情報を交換し、将来の連携研究の可能性を探る目的で本ワークショップを開催しました。

ワークショップでは、低温研世話人の西岡先生の司会で始まりました。郭はCMESの設立経緯と現在の活動概要、そしてPCBモデリングの進展状況を紹介しました。続いて、低温研の前所長である福井先生が低温科学研究所の研究活動を紹介し、さらにご自身の南極探査の経験とそれに関わる彩雪現象を作り出した微生物の仕組みを紹介しました。その後、岩田先生が愛媛大学化学汚染・沿岸環境研究拠点(LaMer)の成果と展望について講演し、今後の共同研究の期待を述べました。個別の話題提供において、以下のリストにあるように、両機関の教員と若手研究者が各々の研究について紹介し、お互いの研究内容や得意分野について理解を深めました。

大島慶一郎(低温研)「宗谷暖流流量を水位差から推定

する手法:50年の流量変動と対馬・津軽暖流との関係」

森本昭彦(CMES)「瀬戸内海の播磨灘を対象とした低次生態系モデルの開発」

宮崎雄三(低温研)「亜寒帯域での海洋大気エアロゾルと海洋表層水の生物地球化学的リンケージ」

Mirella Kanerva(CMES)「Environmentally driven changes in Baltic salmon transcriptome, proteome and oxidative stress during marine migration」

Vigan Mensah(低温研)「Long-term changes in the Sea of Okhotsk properties revealed by an advance mapping technique and updated dataset」

Hoa Thanh Nguyen(CMES)「Assessment of potency of environmental contaminants on the transactivation of Baikal seal (Pusa sibirica) estrogen receptors: in vitro and in silico approaches」

的場澄人(低温研)「グリーンランド沿岸の水・物質循環」

Qian Leng(CMES)「A numerical model for tracing different origin of nutrients and its application to a semi-enclosed sea」

松田拓朗(低温研)「黒潮・親潮合流域の表層水交換のメカニズム」

加三千宣(CMES)「過去3000年間のイワシ類の個体数変動及び黒潮続流・親潮域・沿岸親潮域の低次生産性変動」

久賀みづき(低温研)「オホーツク海南部に高生物生産をもたらす海水の粒子追跡実験」

国末達也(CMES)「棲息海域が異なるハクジラ類2種

のPOPs蓄積濃度と経年変化」

中村知裕(低温研)「知床海域の水温塩分モニタリングと船舶観測」

大林由美子(CMES)「北太平洋亜熱帯域と亜寒帯域の微生物群集の生きざま:有機物と温度の効果」

豊田威信(低温研)「巡視船を用いたオホーツク海南部の海水観測の取り組み」

Anzhou Cao(CMES)「Internal tides on the slope of Yermak Plateau in Arctic Ocean: characteristics different from those at low latitudes」

力石嘉人(低温研)「有機化合物の安定窒素同位体比でみる生態系の物質・エネルギー循環」

吉江直樹(CMES)「栄養塩循環から高次栄養段階生態系までを取り扱う統合モデルの現状と課題」

白岩孝行(低温研)「別寒辺牛川の感潮域における流出特性と栄養塩輸送」

佐伯立(低温研)「オホーツク海の温暖化実験」

西岡純(低温研)「環オホーツク観測研究センターの取り組み」



初雪中の北海道大学低温研究所(2022年11月30日)

---

---

## 研究課題紹介

---

---

**文部科学省・教育研究組織改革事業「沿岸環境科学研究センターの改革によるアジア拠点化の推進」  
(2022年度～2026年度)**

**渡辺 幸三(国際・社会連携室 室長、生態・保健科学部門 教授)**

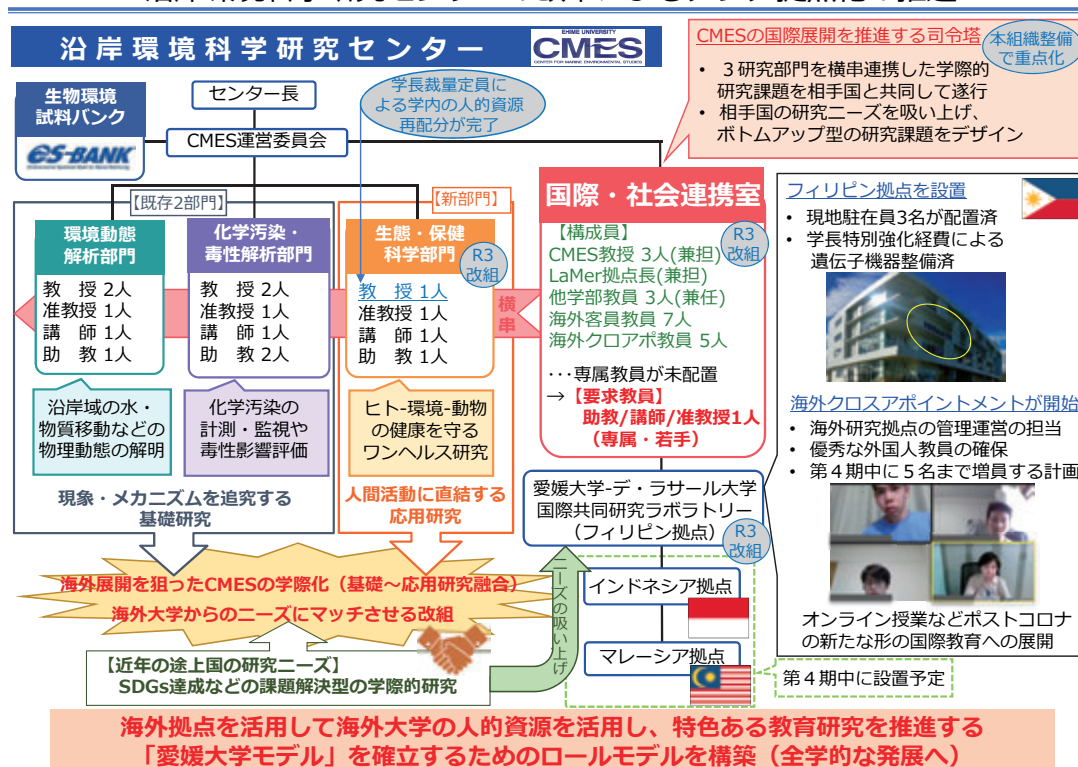
この度、文部科学省により採択された教育研究組織改革事業は、各国立大学のミッション実現の更なる加速のため、学内組織の見直しや学内資源の再配分による意欲的な組織整備を行うための重点的支援を行う事業である。本事業では、愛媛大学の研究面の国際性向上に向けて「アジアの環境研究拠点」の役割を長年果たしてきた沿岸環境科学研究センター(CMES)の改革を進める。事業期間は2022～2026年度の5年間を予定している。

2021年度にCMESに設置した「国際・社会連携室」では、本学初となる海外研究拠点「愛媛大学デ・ラサール大学国際共同研究ラボラトリー（フィリピン拠点）」の整備や本学初の海外クロスアポイントメント等を活用した特色ある海外人材の確保を開始している。同室には、相手国からの研究ニーズを吸い上げ、CMESの3研究部門を横串連携する学際研究課題をデザインして実行する機能を持たせる。本事業より、専属教員がいなかった同室に海外研究マネジメントを行う新規教員1名を配置し、海外人材や海外研究拠点を活用した特色ある研究や国際教育を展開する「愛媛大学モデル」を構築する。本組織整備で重点化する国際・社会連携室は、これまで各研究部門や各教員が個別に進めていた国際展開を、CMES全体を俯瞰した戦略を立てて推進する司令塔の役割を果たす。研究部門の事務的支援ではなく、新たな学際研究を開拓する組織とする。同室が主導して、相手国の研究者コミュニティやステークホルダーのニーズを

吸い上げ、ボトムアップ型の国際共同研究課題をデザインする機能をCMES内に構築する。国際・社会連携室のミッションは以下4つである。

- 1) 相手国からの研究ニーズを吸い上げ（例、現地ワークショップの開催）、3研究部門を横串連携して一つのパッケージとする国際共同研究をデザインし、相手国に提案し、実行する。
- 2) 海外拠点のCMES国際共同研究ラボラトリーを現在の1か国（フィリピン拠点）から3か国へ増設してアジア拠点化を推進する。
- 3) 海外クロスアポイントメントによる海外大学の人材を活用した国際共同研究の推進と本学の幅広い部局への国際教育を展開する。
- 4) 化学汚染・沿岸環境研究拠点（LaMer）を活性化させる。LaMerの国際共同研究をシーズとして、それら幾つかを組み合わせさせた大規模な国際共同研究もデザインする。

### 沿岸環境科学研究センターの改革によるアジア拠点化の推進



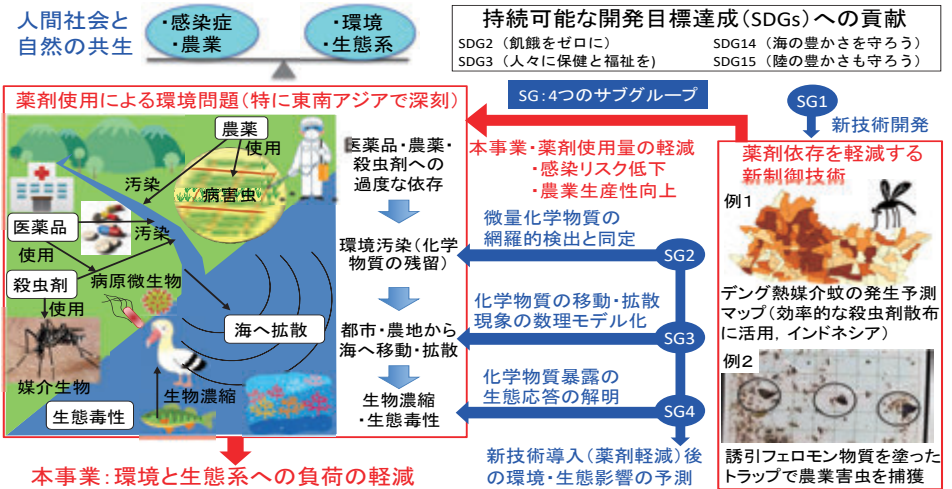
この組織整備事業の中で、アジア途上国を研究フィールドとする関連プロジェクト「薬剤に依存しない病原体・害虫の制御と環境負荷の軽減—持続可能な感染症制御と農業に向けて—」も実施する。関連プロジェクトの目的は、環境や生態系への影響を最小化しつつ、感染症の制御と農業生産性を高める新たな薬剤使用の在り

方を提案することである。以下二つを目標として設定する。一つ目の目標は、薬剤依存を軽減して病原体や害虫を制御する新技術を開発することである。蚊発生地域を狙った効率的な薬剤散布を実現する蚊生息分布予測モデル、農業害虫の天敵生物や誘引フェロモントラップを使った生物学的防除技術、薬剤耐性菌が発生しにくい環

境条件の解明などを行う。二つ目の目標は、薬剤使用に伴う環境汚染や生態毒性の実態を解明し、上記の新技术導入後の薬剤使用の減少に伴う緩和効果を予測することである。環境中から環境残留性や生物濃縮性が高い化学物質を網羅的に検出・探索し、それらが河川を介して沿岸域に移動・拡散する物理的過程や、魚類や鳥類等の野生生物への生物濃縮や生態毒性が起こる生物学的過程をモデル化する。

関連プロジェクト「薬剤に依存しない病原体・害虫の制御と環境負荷の軽減－持続可能な感染症制御と農業に向けて－」

事業の目的：医薬品や農薬による環境負荷を最小化しつつ、**感染症の制御や農業生産性**を高める持続可能な薬剤使用の在り方を提案する



科研費 基盤研究(B)「海洋の細菌群集をめぐる“見えない生物間作用”の実態とその機能:栄養塩再生への寄与」(2022年度~2025年度)

大林 由美子 (生態・保健科学部門 講師)

ごく身近な海水。透明に見えても、その中にはたくさんの従属栄養細菌がいます。その数は、天然海水1mL中に数10万~数100万。細菌はサイズが小さいため肉眼では見えませんが、生態系を構成する重要なメンバーです。

水圏生態系での物質循環において、従属栄養細菌は、有機物を取りこんで増殖し原生動物等に食べられることで食物網の一部を構成していると同時に、有機物の分解と、一次生産に必要な栄養塩類の再生に寄与すると位置づけられています(図1)。一般には、従属栄養細菌はとりこみ可能な有機物があればとりこんで活発な生物活動を維持するとみなされますが、本研究では、この“とりこみ可能な有機物”の準備に細菌自身だけでなく他の生物が手を貸しているかのような“生物間作用”があり、この生物間作用によって水中の細菌の活発な生物活動が支えられているのではないかと。さらに、この効果は細菌による栄養塩再生の促進をとおして一次生産者も活発化させ、生態系全体の生産性をも支えているのではないかと。と仮説をたて、その検証を行うことを目的としています(図2)。

水圏での一次生産に必須となる水中の栄養塩類は、植物プランクトンの光合成で使われます。もし、海域での

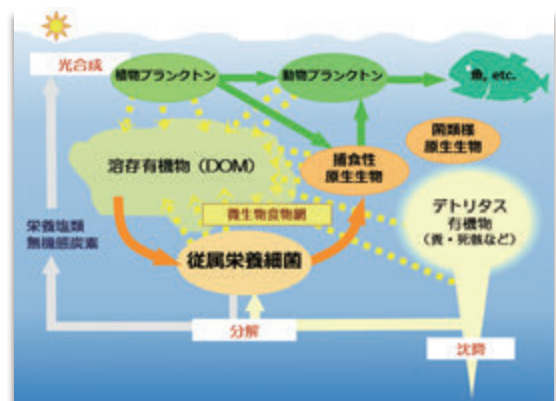


図1. 水圏での生物地球化学的物質

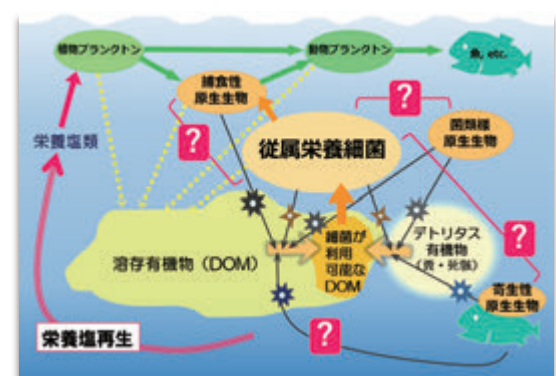


図2. 本研究で想定する“従属栄養細菌をめぐる見えない生物間作用”を“?”で示している。手裏剣付きの細い矢印は細胞外有機物分解酵素を表す。

再生または外部からの供給がないまま使いつくされれば枯渇してしまいます。すなわち、栄養塩類の再生は、

海域の生産性を左右しうるプロセスの一つであると言えます。このプロセスの重要な担い手である従属栄養細菌群集の生物活動は、環境のさまざまな物理・化学・生物的要因によって制御されていると考えられますが、そのしくみは十分に理解されているとは言えません。

海水中の従属栄養細菌は、溶存有機物をエサとします。有機物はもともと生物によって作り出されますが、様々なプロセスにより一部は溶存有機物となります。海水中の有機炭素全体では、生物体としてよりもずっと多い量が溶存態の有機物として存在していることがわかっています。しかし、従属栄養細菌がそのまま利用可能な有機物は少なく、たいていの場合、溶存有機物あるいは糞や死骸などのデトリタス有機物を“調理”して、“利用可能な溶存有機物”へと変換してからでなければ、細菌は取り込むことができません。細菌は、この“調理”のために細胞外酵素を用いています。私たちはこれまでに海水中の有機物分解酵素活性とその特性に関する様々な研究を行い、その結果、海水中の有機物分解・分子変換は細菌の細胞外酵素による作用だけでは説明で

きないことがわかってきました。ということは、細菌のエサとなる有機物が、細菌自身だけでなく周りの生物の力でも“調理”されるおかげで、海水中での細菌の活発な生物活動が維持されているのでは？、つまり、細菌群集と他の生物との間に、この“調理”をとおした“見えない生物間作用”があるのでは？、と考えるに至りました。

生態系のなかの様々な生物群はお互いに影響を与え合いながら生きていて、例えば、食う食われる（捕食・被食）や共生・寄生の関係は、それぞれの個体群動態を左右する生物間作用としてよく認識されています。対して、本研究で対象とする、細菌群集をめぐる“見えない生物間作用”は、これまで全く認識されていません。でも、もしかしたら、海水中ではこの“見えない生物間作用”のおかげで、細菌群集だけでなく、一次生産者を含む生態系全体の生物活動が支えられているのかもしれない。“見えない生物間作用”の縁の下の力持ちっぷりを見出そう！そんな研究を、CMESの北村さん、吉江さん、福井県立大学の高尾さんと一緒に実施する計画です。

---

## 科研費 基盤研究(C)「鯨類 iPS 細胞の樹立と環境汚染物質の神経毒性リスク評価への応用」

(2022年度～2024年度)

落合 真理 (化学汚染・毒性解析部門 特任助教)

本年度から、上記の研究プロジェクトを3ヵ年計画で遂行することになりました。本研究は、複数種の鯨類から体細胞を培養し、これまで報告例のない鯨類の人工多能性幹細胞 (iPS 細胞) を樹立することを目的としています。さらに iPS 細胞を神経前駆細胞・神経細胞・脳オルガノイドへと分化誘導し、環境汚染物質が鯨類の中枢神経系に与えるリスクを評価することを目指しています。

残留性有機汚染物質 (POPs) 等の環境汚染物質は鯨類の体内に非常に高い濃度で蓄積しており、特に汚染度の高い海域や鯨種では、集団座礁や個体数の減少等の影響が懸念されています。POPs は中枢神経系に悪影響を及ぼすことが示唆されているため、環境汚染物質が鯨類の脳に及ぼす影響の解明が求められます。しかしながら、鯨類を対象とした研究では、法的・倫理的な制約や試料入手の難しさがボトルネックとなっており、毒性解析手法の開発が進んでいませんでした。

私たちの研究グループでは、これまでダイレクトリプログラミングの手法を用いて鯨類の体細胞から神経細胞へ直接分化誘導し、環境化学物質 (水酸化ポリ塩化ビ

フェニル) の曝露がアポトーシスや神経変性を引き起こすリスクを示しました (Ochiai et al., 2021, ES&T, 55, 12, 8159-8168)。しかしながら、この手法ではアッセイに必要な神経細胞を得るために多くの線維芽細胞を使用するため、初代培養細胞の枯渇が問題となっていました。本研究では、線維芽細胞から iPS 細胞を樹立し、神経細胞への分化を誘導することで、細胞の安定供給と神経毒性のより包括的な評価を推進できると考えています。

人工多能性幹細胞 (iPS 細胞) は2006年に京都大学の山中らの研究グループによりマウス線維芽細胞に4つの転写因子を導入することではじめて樹立されました (Takahashi and Yamanaka 2006, *Cell*, 126, 663-676)。iPS 細胞は無限増殖が可能であり、あらゆる細胞や組織に分化する多能性を持つことから、再生医療や医薬品開発への応用が期待されています。しかしながら、野生動物を対象とした国内外の研究は限られており、飼育下の動物の治療法開発や、絶滅危惧種の繁殖を目的とした研究にとどまっているのが現状です。

本研究では、現在鯨類由来 iPS 細胞の樹立に取り組んでおり、一定の成果が得られています。今後は神経細胞の誘導方法を確立し、下記の神経毒性試験により内分泌攪乱物質等の環境汚染物質への曝露影響を解析する予定です (図1)。

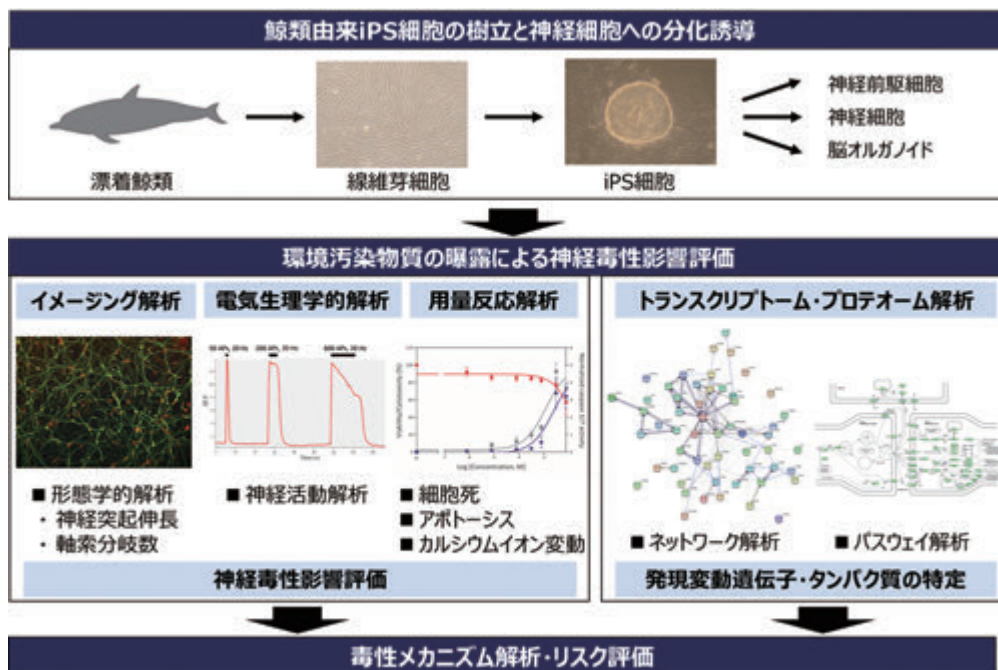


図1 本研究の構想

- 1) ハイコンテンツイメージング解析による、神経突起伸長や軸索分岐数等の形態解析
- 2) 電気生理学的解析による、化合物の急性曝露による神経活動の測定
- 3) 用量反応解析による、細胞死・アポトーシス・カルシウムイオン濃度変動の評価

曝露試験後の細胞はトランスクリプトームおよびプロテオーム解析により、遺伝子・タンパク質発現プロ

ファイルの変動を解析します。発現変動が認められた遺伝子・タンパク質については、ネットワーク解析およびパスウェイ解析により抽出された遺伝子・タンパク質群について機能や相互作用を解析し、毒性影響の作用機序を調べる予定です。上記曝露試験によって得られた各毒性エンドポイントの用量-応答関係から、神経毒性を惹起する環境汚染物質濃度 (LOEC・EC<sub>50</sub>) を決定します。これら濃度と鯨類脳内の蓄積濃度を比較し、鯨類の中枢神経系におよぼす各物質のリスク評価を目指します。

### 継続課題を含めた科研費等の種目別件数 (2022 年度)

(CMES 専任教員・研究員が受け入れ研究者のもの)

種目	件数
学術変革領域研究 (A)	1
基盤研究 (A)	2
基盤研究 (B)	6
基盤研究 (C)	3
挑戦的研究 (萌芽)	2
若手研究	0
特別研究員奨励費	5
国際共同研究強化 (B)	6
受託研究・受託事業	15
財団等による研究助成	5
共同研究	0
補助金	0

**2022 年度新規採択課題一覧**  
(CMES 専任教員・研究員が代表のもの)

経費区分	研究種目	委託元	研究代表者氏名	課題名
科研費	学術変革領域研究 (A)	日本学術振興会	郭 新宇	沿岸域と黒潮流域の双方向物質輸送と生物生産への影響評価
	基盤研究 (B)	日本学術振興会	大林 由美子	海洋の細菌群集をめぐる"見えない生物間作用"の実態とその機能：栄養塩再生への寄与
	基盤研究 (B)	日本学術振興会	渡辺 幸三	ゲノム情報が解明する河川生物の環境応答：自然選択と機能的多様性に着目した保全
	基盤研究 (C)	日本学術振興会	田上 瑠美	生物濃縮性・生態毒性を有する未規制化学物質の網羅的探索
	基盤研究 (C)	日本学術振興会	落合 真理	鯨類IPS細胞の樹立と環境汚染物質の神経毒性リスク評価への応用
	挑戦的研究 (萌芽)	日本学術振興会	渡辺 幸三	水環境中細菌の種ごとの薬剤耐性遺伝子保有率を推定するガラボン法の開発
	国際共同研究強化 (B)	日本学術振興会	渡辺 幸三	ウイルス抵抗性遺伝子を活用したデング熱媒介蚊の効率的な制御
	国際共同研究強化 (B)	日本学術振興会	森本 昭彦	北部タイランド湾の富栄養化解消に向けた栄養塩循環の把握
	国際共同研究強化 (B)	日本学術振興会	国末 達也	ベトナムの廃棄物・排水処理由来の微細プラスチック/新興化学物質汚染とリスク評価
	特別研究員奨励費	日本学術振興会	CRUZ Khristina Judan	遺伝子組換えエテラピアのゲノムワイド探索：養殖における水資源管理への応用
受託研究費	-	愛媛県南予地方局	北村 真一	(重) 宇和島海域環境調査
	-	日本学術振興会	岩田 久人	農学・環境学分野に関する学術研究動向及び学術振興方策－環境化学・毒性学分野における新たな潮流の解析
	-	特定非営利活動法人 里海づくり研究会	吉江 直樹	海洋酸性化適応プロジェクト
	-	愛媛県	吉江 直樹	伊方原発温排水影響調査
財団等による 研究助成	-	特定非営利活動法人 瀬戸内海研究会	吉江 直樹	瀬戸内海の栄養塩類濃度低下がもたらす低次生態系の変化に関する研究
	-	公益財団法人 日本科学協会	中根 快	堆積DNAを用いた海産カイアシ類及び海生哺乳類スナメリの長期個体数復元の試み
	-	公益財団法人 日本科学協会	LENG QIAN	瀬戸内海における栄養塩総量と基礎生産に対する河川起源と太平洋起源栄養塩の寄与

**編集後記**

本号は、新任研究員の Wang Shuya さんと Asela Marisol Buenfil Rojas さんの紹介に始まり、北海道大学低温科学研究所とのワークショップ開催報告、文部科学省により採択された教育研究組織改革事業の紹介に続き、最後は2つの科研費採択課題の紹介で締めくらせていただきました。ハイライトは、2021 年度に CMES に新しく設置された「国際・社会連携室」の役割と取り組みについての紹介です。「国際・社会連携室」が CMES の3つの研究部門と連携することにより、これまで CMES の各教員が個別に進めていた国際共同研究がより活発・戦略的に推進できるようになります。現地のニーズを捉えた問題解決型の基礎～応用研究に加え、研究成果の社会実装も期待できます。

(CMES 広報委員)

化学汚染・毒性解析部門 助教 田上瑠美)



## 研究集会開催報告

### 瀬戸内海水産環境研究集会

森本 昭彦（環境動態解析部門 教授）

2022年9月1～2日に瀬戸内海水産環境研究集会を対面とオンラインのハイブリッド形式で開催しました。本研究集会は昨年度まで開催していた「豊後水道研究集会」を総括し、瀬戸内海全域を対象とした学際的研究を推進することを目的にした研究集会です。現在瀬戸内海は、水質は改善したものの漁業生産量が低迷しており、行政を含め「豊かな瀬戸内海」を目指し様々な研究や活動が行われています。漁業生産量の低迷に栄養塩濃度の低下が関係しているとの見方もある一方、藻場・干潟の減少や温暖化による影響との意見もあります。瀬戸内海の生物生産性の低下は1つの要因で起こっているわけではなく、瀬戸内海の過去から現在への変遷と現状の理解には海洋物理学、海洋化学、海生生物学、水産学など様々な分野の研究者が連携して学際的に研究する必要があります。本研究集会は分野の異なる研究者が集まり議論し、新たな共同研究を立案する場になることを目指しています。第1回目となった今回は、海底堆積物への有機物負荷、海底耕耘による貝毒制御、養殖飼料原料、海洋環境と漁業生産の関係、栄養塩動態やワカメの数値モデリング、赤潮の発生状況、機械学習による漁獲予測など、瀬戸内海の様々な海域における多様な分野の発表が行われました。1回目ということもあり、具体的な共同研究について議論することはできませんでしたが、大阪府、香川県、愛媛県、大分県、宮崎県の水産研究機関から参加、発表があり、大学と各県の研究者が交流できたことが大きな成果と言えます。CMESの環境動態解析部門では瀬戸内海を対象とした様々な数値モデルを開発しており、現場データを有する県の研究機関と連携していくことでより高精度なモデルを構築でき、それらのモデルを使った研究によりそれぞれの県が対応すべき問題への解決にも貢献できると考えています。また、今回の研究集会から現場観測を中心とし海洋化学、生物学に関する研究を行っている香川大学の研究者の参加があり、海洋物理学を得意とするCMESと密に連携することで瀬戸内海の研究を加速できると考えています。来年度以降も本研究集会を続け、5年をめどに具体的な学際研究計画を策定していきたいと考えています。



## 受賞紹介

### 第2回環境化学進歩賞

水川 葉月（化学汚染・毒性解析部門 兼任准教授）

令和4年6月16日（木）、一般社団法人日本環境化学学会が主催する「第30回環境化学討論会（環境化学物質3学会合同大会）」において、「第2回環境化学進歩賞」を受賞致しました。本賞は、環境化学分野で優れた研究業績をあげ、その成果を本会での活動を通じて発表した若手研究者に授与される賞です。受賞業績は「ペット動物に着目した環境化学及び環境毒性学的研究」で、ペット動物を用いた環境汚染実態の解明とリスク評価という新たな研究手法の開拓について高く評価されました。

人と生活圏を共にするペット動物は室内で使用される難燃剤やフタル酸エステル類、有機ハロゲン化合物や農薬等の多様な化学物質を取り込んでいると考えられます。近年では、これらの化学物質曝露とペット動物の疾病との関連性も指摘されており、ペット動物の健康影響が懸念されます。私はこれまでに、日本で採取したペットのイヌ・ネコ血液を用いて有機ハロゲン化合物などの微量化学物質を測定し、化学物質汚染の実態解明を実施するとともに、曝露経路（ハウスダストや食物など）の調査も行ってきました。その結果、ネコはイヌよりも有意に高濃度で有機ハロゲン化合物を蓄積しており、これらは餌から取り込んでいることを明らかにしました。さらに、ネコは化学物質の代謝・排泄に関与するグルクロン酸抱合酵素という代謝酵素の遺伝子が欠損しており、化学物質の毒性に敏感な種（ハイリスクアニマル）と考えられます。そのため、化学物質曝露に関わるネコの代謝酵素解析や甲状腺ホルモン濃度の測定、PCBs曝露による遺伝子発現の変化など、毒性発現に関わる研究も実施してきました。学生時代から携わってきたこれらの研究成果が受賞という形で評価され、大変嬉しく思います。

コロナ禍により私たちの生活様式は一変し、室内で過ごす時間が大幅に増えました。それに伴いペット動物も家族の一員として、人間と一緒に室内で過ごす機会が増えています。最近の調査によれば、2021年はペットのイヌ・ネコの80%以上が室内で飼育されており、とくにネコや小型犬は1日中室内飼育される家庭も多くなっています。また、イヌやネコの床を駆け回る、毛づくろいをするなどの室内での行動はヒトの乳幼児のハイハイや手や物を舐める行動と似ていることから、乳幼児も同様の室内化学物質の曝露を受けている可能性があります。ペットの化学物質による汚染の実態把握とリスク評価に関する研究は、ヒトとペットが健康で安心して暮らしていける環境づくりにも重要であると考えており、これからも本研究テーマに従事しながら、精進していきたいと思います。

末筆になりましたが、本研究にご指導・ご協力頂きました化学汚染・毒性解析部門の野見山桂先生、北海道大学大学院獣医学院の石塚真由美先生、池中良徳先生、横山望先生をはじめ、共同研究者の皆さまにこの場をお借りして感謝申し上げます。



## SETAC Asia-Pacific Conference 2022 Best Poster Presentation Award

須之内 朋哉(大学院理工学研究科 博士後期課程2年)

2022年9月5日～8日にオンラインで開催された Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) Asia-Pacific Conference 2022 に参加し、「Temporal trends and interspecies comparison of POPs levels in melon-headed whale (*Peponocephala electra*) and Dall's porpoise (*Phocoenoides dalli*)」というタイトルでeポスターを投稿し、Best Poster Presentation を受賞しました。

残留性有機汚染物質 (POPs) は脂溶性が高く生物濃縮性を示すため、食物連鎖を介して鯨類の脂皮に高濃度蓄積することが知られています。また、移動・拡散性が高い POPs については、高緯度寒冷海域へ大気輸送され沈着することが報告されています。そのため、外洋性鯨類における POPs 汚染の態様は生息海域によって差異が生じるものと推察されますが、そのような研究調査は世界的にもほとんど実施されていません。本研究では、生息海域が異なる外洋性鯨種のイシイルカとカズハゴンドウの脂皮を化学分析に供試し、POPs 蓄積レベルの時系列変化の解析を試みました。

その結果、一部の POPs が現在でも低減傾向を示しておらず、高い濃度レベルで推移していることが明らかとなりました。また、鯨種間で傾向を比較したところ寒冷海域に棲息するイシイルカでは過去に農薬として使用されていたヘキサクロロシクロヘキサン (HCHs) が減少していないことが確認されたことから、寒冷海域には過去に使用された POPs が移行し、依然として汚染が継続していることが示唆されました。

本学会では自身の研究に対してメールをいただくことができ、国外の研究者が自身の研究に対して興味・関

心を持っていることが実感できる大変有意義な機会となりました。また、自身が研究対象としていない汚染物質や近年、学術的・社会的に注目されている海洋プラスチックに関する研究発表についても拝聴し、現時点における活発な研究テーマについて理解することができました。本研究を遂行する上でご指導していただいた国末教授をはじめ、ご協力いただいた先生方や研究者の皆様



## 第 86 回日本陸水学会最優秀ポスター賞

中根 快(大学院理工学研究科 博士前期課程2年)

2022年9月16日(金)～19日(月)にオンラインで開催された日本陸水学会第86回兵庫大会に参加しました。「堆積物DNAに基づくカイアシ類の長期変動に関する研究」という題目でポスター発表を行い、研究の新規性や発表の分かり易さなどが評価され、最優秀ポスター賞を受賞することになりました。



本研究で対象とした動物プランクトンのカイアシ類は、水系生態系において魚類の主要な餌資源として一次生産者と高次栄養段階をつなぐ極めて重要な役割を担っています。地球温暖化や環境汚染による水産資源への影響が懸念される今日、魚類資源の主要な餌であるカイアシ類の動態把握や個体群の将来予測が不可欠です。これまで、カイアシ類の長期動態の解明に必要な100年を超える定期観測データは存在しません。また過去の情報がタイムカプセルとして保存されている堆積物を用いた古生物学的解析においても、カイアシ類は遺骸が保存されにくいいためその復元は困難でした。

本研究では、これらの問題を克服する手法として「堆積物DNA (堆積物中に保存された環境DNA)」に着目し、定量PCR法を用いたカイアシ類の過去100年にわ

たる動態復元を試みました。更に、得られた堆積物 DNA の濃度変化がカイアシ類の何を示しているのかを明らかにすべく、琵琶湖カイアシ類の優占種であるヤマトヒゲナガケンミジンコ (*Eodiaptomus japonicus*) の現場観測による過去 40 年間の生物情報 (生物量、成長速度、生産量、急発卵量) 及び堆積物から得られた休眠卵量との比較・検証を行いました。その結果、100 年以上前の堆積試料から連続的にヤマトヒゲナガケンミジンコの DNA を検出することができ、さらに得られた堆積物 DNA の濃度を現場観測で得られた生態情報と比較したところ、堆積物 DNA が本種の生産量や生物量、急発卵量を反映していることを突き止めました。この成果は、海洋におけるカイアシ類の資源量把握に堆積物 DNA が有効であることを示しています。

本大会の期間中、陸水学の研究者から研究内容に関して大変貴重なご意見を頂き、多くの刺激を受けことができました。最後に、日頃から親身にご指導頂いた松山大学の槻木先生、愛媛大学の加三千宣先生をはじめ、本研究の遂行のためにご協力頂いた共同研究者の皆様には、この場を借りて心より感謝申し上げます。

## 第 24 回環境ホルモン学会研究発表会 森田賞

千種 佳織 (大学院理工学研究科 博士前期課程 1 年)

令和 4 年 6 月 14 日 (火) ~ 16 日 (木) に富山市・富山国際会議場で開催された第 24 回日本内分泌攪乱化学物質学会研究発表会 (化学物質 3 学会合同大会: 第 30 回環境化学討論会、第 26 回日本環境毒性学会研究発表会、第 24 回環境ホルモン学会研究発表会) に参加しました。私は、「有機リン系難燃剤 リン酸トリス (2-クロロ-1-メチルエチル) (TCIPP) 曝露によるニワトリ初期胚の発生毒性評価」というタイトルでポスター発表をおこない、発表優秀賞である森田賞を受賞しました。

有機リン系難燃剤 (OPFRs) は、ポリ臭素化ジフェニルエーテル (PBDEs) の生産・使用の規制に伴い代替難燃剤として使用され、生産量は近年増加しています。リン酸トリス (2-クロロ-1-メチルエチル) (TCIPP) は OPFRs の一種で、家具・電子機器・織物などに添加されています。野生鳥類においては卵や組織などから TCIPP が検出されています。発生初期胚は代謝能が未発達で化学物質に対して高感受性であるため、TCIPP 曝露による影響が特に懸念されています。そこで本研究では、TCIPP 曝露によるニワトリ発生初期胚の発生毒性評価を目的とし、殻なし孵化装置を用いたニワトリ胚の経時的観察による表現型エンドポイントの測定および遺伝子発現を網羅的に定量するトランスクリプトーム解析をおこないました。

TCIPP 曝露により孵卵 3-9 日目の発生初期胚で生存率



は有意に低下し、致死的な影響がみられました。体長・頭+嘴長・眼直径・前後肢長・心拍数・胚体外血管長・胚体外血管輝度値・眼球輝度値などの表現型は、TCIPP 曝露による有意な減少がみられ、TCIPP はニワトリ初期胚に対して発生遅延を誘導することが明らかになりました。孵卵 4-6 日目において体節の湾曲が誘導され、湾曲により生存率は有意に低下しました。湾曲個体は、ヘマトキシリン染色により体節形成の異常が確認されました。また、孵卵 4 日目胚のトランスクリプトーム解析の結果、間葉細胞から体節を構成する上皮細胞への分化・体節細胞間の接着・体節形成の周期性などに関するパスウェイが変動し、体節形成に異常が生じることが示唆されました。

私は今回初めて対面での学会に参加しました。自身の研究に対して色々な観点から質問や助言をいただき、今後の研究を進めるための勉強になりました。森田賞をいただいたことを励みに、より研究に精進したいと思います。本研究を遂行するにあたり、多岐にわたるご指導をしていただいた岩田久人教授をはじめ、有益な御助言・御協力をいただいた皆様へ心より感謝申し上げます。

## LaMer 共同研究課題紹介

### 江口 哲史 (千葉大学 予防医学センター 講師)

これまで愛媛大学沿岸環境科学研究センターが主催する共同利用・共同研究拠点「化学汚染・沿岸環境研究拠点」(LaMer) における共同研究を通じ、愛媛大学とメタボロミクス・リポミクスデータや高速液体クロマトグラフ-タンデム高分解能質量分析計 (LC-QToFMS) データの解析手法、高分解能質量分析計に対応するマススペクトルライブラリの共有を進めてきた。

本共同研究は、愛媛大学と筆者の所属する千葉大学予防医学センターで、共通の質量分析計である Sciex 社の X500R QToFMS が導入されており、共通のプラットフォームでデータを取得することに基づいており、データの相互参照が容易である点が利点である (図 1)。共通

の装置・測定条件に基づきデータを取得・共有し、互いに知見を深めることが本共同研究の目的である。

ノンターゲットメタボロミクスなど、多量に検出されるピーク質量分析計により取得した生データからのピーク検出・アノテーション・ピークアラインメント・ピーク強度の補正などにはフリーソフトである MS-DIAL を、アノテーションのためのライブラリには MS-DIAL metabolomics MSP spectral kit, MassBank of North America, Human Metabolome Database, Global Natural Product Social Molecular Networking の各サイトにおいてフリーで公開されているライブラリを組み合わせたインハウスライブラリを用いており、これらの使用・作成方法や、出力されたデータのクリーニング方法についても共有を進めてきた。

共有した手法に基づいてこれまでに報告した内容として、ヒト血清試料のノンターゲットスクリーニングが挙げられる。本分析における試料の前処理は、メタノール添加によるタンパク除去および限外ろ過フィルタによる分子量カットオフによる簡易なものである。クオリティコントロール試料における変動係数やブランクの強度、アノテーションレベルに基づきフィルタリングを行ったところ、positive, negative 両条件を C18, HILIC カラムそれぞれについて実施した 4 回測定の結果、MS/MS までの一致 (MSI level2) で約 200 種、MS までの一致 (MSI level3) で約 2000 種のピークがアノテーションされた。これらの中にはアミノ酸や糖などを始めとするメタボロームにとどまらず、環境化学物質として知られるフタル酸エステルや農薬などに分類されるピークが検出されており、環境化学物質の曝露を反映するマーカーの探索のみならず、曝露側である環境化学物質のスクリーニング分析を同時に実施できる可能性を示している。

筆者の所属ヒト由来の試料分析が中心であるが、愛媛大学沿岸環境科学研究センターでは野生動物試料や数多くの水・土壌・堆積物などの環境試料が生物環境試料バンクに保存されている。これら試料の分析に上記のようなノンターゲット分析を適用し、新規汚染物質の探索や、過去の汚染実態の解析にも本手法の応用が期待できると筆者は考えている。すでに愛媛大学では二次元ガスクロマトグラフ-飛行時間型質量分析計を用いた探索的研究が実施されているが、今後 LC-QToFMS を用いた分析が併用され、環境モニタリング・曝露影響解析の両面

でノンターゲット分析が活用されることを目指し、引き続き共同研究を続けていきたい。

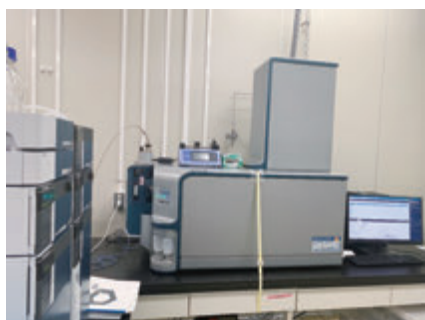


図1: 愛媛大と共通の LC-QToFMS

## 編集後記

本号は、森本先生の瀬戸内海水産環境研究集会の開催報告、続いて水川先生と学生3名の受賞紹介、最後に千葉大学の江口先生による LaMer 共同研究課題紹介を掲載しました。CMES 兼任教員の水川先生が、一般社団法人日本環境化学学会から栄えある「第2回環境化学進歩賞」を受賞されました。水川先生は、長年、コンパニオン・アニマル (ペット動物) を対象に化学物質の曝露・影響評価に関する研究に尽力されてきました。誠にありがとうございます! また、学生3名、須之内朋哉さん (博士後期課程2年)、中根快さん (博士前期課程2年)、千種佳織さん (博士前期課程1年) の学会発表賞の受賞も大変おめでたいことです。学会では、他の研究者から様々な視点を踏まえた貴重な質問や助言を頂き、たくさんの刺激を受けたようです。研究の励みになったことはもちろんのこと、今後の研究を発展・展開する上で貴重な経験になりましたね。千葉大学の江口先生からは、高速液体クロマトグラフ-タンデム高分解能質量分析計 (LC-QToF-MS/MS)、MS-DIAL、各種ライブラリを活用した内因性代謝物 (メタボライト) や環境汚染物質の網羅的解析手法についてご紹介いただきました。

(CMES 広報委員)

化学汚染・毒性解析部門 助教 田上瑠美)

CMESニュースNo. 47

LaMerニュースNo. 14

令和5年2月14日発行

愛媛大学

沿岸環境科学研究センター

Center for Marine Environmental Studies (CMES)

〒790-8577 愛媛県松山市文京町 2-5

TEL : 089-927-8164 FAX : 089-927-8167

E-mail : engan@stu.ehime-u.ac.jp

CMES : <http://www.cmes.ehime-u.ac.jp/>

化学汚染・沿岸環境研究拠点

Leading Academia in Marine and Environment

Pollution Research (LaMer)

E-mail : lamer@stu.ehime-u.ac.jp

TEL&FAX : 089-927-8187