

## 自律型海中ロボットを使った海底画像からの底棲生物研究

### Study on benthos from seafloor image using autonomous underwater robot

\*浦 環<sup>1</sup>

\*Tamaki Ura<sup>1</sup>

1. 九州工業大学

1. Kyushu Institute of Technology

高度 2 m および 8 m に自律型海中ロボットを航行させ、海底画像を撮影し、それを多数モザイクして海底の広域画像マッピングをおこないます。画像より、海底生物を抽出し、生物の分布を調べます。海底地形や画像より得られる環境情報から、生態系の全体把握をおこないます。熱水活動域の生態系、ハイドレート地帯の生態系など、時間変化を含めたデータを示し、自律型海中ロボットを使った新たな観測手法を示します。

キーワード：底棲生物、自律型海中ロボット、画像

Keywords: Benthos, Autonomous Underwater Vehicle, photograph

## 海洋生物の音響リモートセンシング

### Acoustic remote sensing of marine organisms

\*赤松 友成<sup>1</sup>、川口 勝義<sup>2</sup>、岩瀬 良一<sup>2</sup>、西田 周平<sup>2</sup>、今泉 智人<sup>3</sup>、高橋 竜三<sup>3</sup>、澤田 浩一<sup>3</sup>、松尾 行雄<sup>4</sup>

\*Akamatsu Tomonari<sup>1</sup>, Katsuyoshi Kawaguchi<sup>2</sup>, Ryoichi Iwase<sup>2</sup>, Syuhei Nishida<sup>2</sup>, Tomohito Imaizumi<sup>3</sup>, Ryuzo Takahashi<sup>3</sup>, Koichi Sawada<sup>3</sup>, Ikuo Matsuo<sup>4</sup>

1. 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 中央水産研究所、2. 海洋研究開発機構、3. 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産工学研究所、4. 東北学院大学

1. National Research Institute of Fisheries Science, Japan Fisheries Research and Education Agency, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. National Research Institute of Fisheries Engineering, Japan Fisheries Research and Education Agency, 4. Tohoku Gakuin University

本研究では、海洋生物の音を用いて衛星から見た雲の動きのように生物分布を明らかにする音響リモートセンシング技術の実証を目標とした。日本で最大の水中生物を対象とした音響観測ネットワークを構築し、海洋生物の遠隔的種判別技術を開発した。2011年から3年間を基礎ステージと位置づけ、観測および解析態勢の整備をすすめた。2015年からの2年間を応用ステージと位置づけ、開発技術の実証を行った。生物音を受動的に記録するパッシブ方式と超音波をあてて反射音を測るアクティブ方式、および地震観測網を用いたケーブル方式が、3つの主要な耳となった。パッシブ方式は主として定点での運用を行い、アクティブ方式は主として移動しながらの運用を行った。北海道から沖縄まで、全国に観測定点を設けて延べ10万時間以上の録音を研究期間中に行った。これに加え、ケーブルによるアーカイブデータの発掘分が20年以上に及んだ。あらかじめ把握した種ごとの音声や反射音の特性を参照し、得られた水中音から特定の生物の音を抽出した。また、複数の受信点への音の到達時差を利用し密度推定モデルを適用することで、生物個体の位置や行動、個体数の情報を得た。

これまで定性的な存在確認にしか使えないと思われてきた受動的音響調査手法が、定量的な密度推定や分布地図の作成に使えることを実証した。本研究で開発された音響的二重独立再捕法や点音源密度推定法は、音声を発する生物に一般的に使えるモデルであり、今後の海洋生物の調査方法に新しい定量手法を提供すると考えられる。千葉・茨城沖では20の観測定点を敷設し、魚類・甲殻類・小型鯨類の種別分布地図とその動画情報を得た。また館山湾ではアクティブとパッシブ手法を組み合わせた多種同時曳航式観測を行い、底生生物と表層生物の同時可視化を実現した。釧路・十勝沖ケーブルでは、船舶調査が困難な冬季を含め、8年間のナガスクジラの来遊に明瞭な季節性があることを確認した。また過去にアーカイブされたデータの発掘により20年に及ぶ相模湾でのマッコウクジラの出現動態を示した。また、地震観測において今まで原因がわからなかった生物由来の信号源が明らかになり、特徴抽出などで分別することで今後の地震観測の精度を向上させることも期待された。魚からの反射波を用いた能動的観察手法による魚種の判別では、画像認識や音声認識分野で活用されている機械学習の1つであるサポートベクターマシンやディープ・ラーニング・ニューラルネットワークを用いて、自由遊泳中の個々の魚を捉え、マアジ、マサバ、カタクチイワシ等の魚種判別に成功した。この手法は多くの種への応用が期待され、今後の海洋生物の調査に有効と考えられる。

洋上風力発電の環境影響評価に要する期間の半減を目指すことが政府の目標となっている。本研究による開発技術は我が国の多くの洋上風力発電建設海域における海洋生物アセスメントに導入され、高精度なデータ収集能力と高次捕食者の信頼性の高い検出により事実上の標準調査法に採用されている。得られた成果は、環境基礎情報データベースの構築に利用されアセスメント手続きの高速化に貢献する見込みである。限られた範囲であるが、数百平方kmでの生物地図を音響的に得ることができた。これからの海洋生物観測に、CRESTで開発された「音響リモートセンシング」という新しい手法が加わった。

キーワード：受動的音響観測、海底ケーブル、魚群探知機

Keywords: passive acoustic monitoring, submarine cable, fish echosounder



## 仙台湾における 微小プランクトン群集の季節変動

## Seasonal dynamics of phytoplankton and bacteria community in Sendai Bay

\*片岡 剛文<sup>1</sup>、渡辺 剛<sup>3</sup>、谷内 由貴子<sup>4</sup>、山口 晴代<sup>2</sup>、笥 茂穂<sup>3</sup>、坂見 知子<sup>3</sup>、河地 正伸<sup>2</sup>、桑田 晃<sup>3</sup>

\*Takafumi Kataoka<sup>1</sup>, Tsuyoshi Watanabe<sup>3</sup>, Yukiko Taniuchi<sup>4</sup>, Haruyo Yamaguchi<sup>2</sup>, Shigeo Kakehi<sup>3</sup>, Tomoko Sakami<sup>3</sup>, Masanobu Kawachi<sup>2</sup>, Akira Kuwata<sup>3</sup>

1. 公立大学法人福井県立大学、2. 国立研究開発法人環境研究所、3. 東北区水産研究所、4. 北海道区水産研究所

1. Fukui Prefectural University, 2. National Institute of Environmental Science, 3. Tohoku National Fisheries Research Institute, 4. Hokkaido National Fisheries Research Institute

Phytoplankton and bacteria play ecologically and biogeochemically significant roles in marine ecosystem as a primary producer and as an interface of dissolved organic materials into marine food web. Recently, study about marine microbial diversity has been accelerated using molecular techniques, but basic information of those diverse types of microbes and seasonal dynamics are still limited because of insufficient reference sequence data in public database and of the difficulty of constant monitoring in short term interval. In this study, monthly level monitoring survey was continued for more than two years in 1–3 months interval in the Sendai Bay. Seawater samples were collected for analyzing phytoplankton abundance, diversity and environmental parameters. The abundance of picophytoplankton (pico-sized eukaryotes and cyanobacteria) was counted by flow cytometry, and diatoms and dinoflagellates were counted under microscopy. Size fluctuated seawater was used for phytoplankton composition analysis using both microscopy and molecular techniques (Shotgun metagenome sequencing), and was also used for bacterial 16S rDNA amplicon analysis. Furthermore, frozen preservation technique combined with flow-cytometry was applied to sort specifically the pico-/nano-size phytoplankton followed by metagenome analysis of 18S rDNA amplicon. The higher phytoplankton biomass, which was examined by chlorophyll *a* concentration, was observed from winter to spring in the Sendai Bay during the monitoring. Diatom was dominated throughout year, while small phytoplankton and dinoflagellates were abundant from summer to fall. Pico-eukaryotic phytoplankton was dominated ca. 50% of the small phytoplankton cells throughout year but in summer period when cyanobacteria prominently dominated them. In the Sendai Bay, massive diatom bloom was observed in spring, and the dominant diatom changed from genus *Chaetoceros* to *Skeletonema costatum*, *Leptocylindrus danicus* and *Thalassiosira* cf. *mala* according to the seasonal succession. For the small eukaryotic phytoplankton, taxonomic analysis showed that 19 operational taxonomic units (OTUs) were frequently distributed in all seasons. Composition analysis showed that the OTUs had characteristic patterns and were divided into four main groups. Two groups reflected the low-saline water and winter season, with the characteristic OTUs belonging to diatoms; to note, *Chaetoceros* and *Leptocylindrus* were characteristic of low saline water, and two diatom genera (*Minidiscus* and *Minutocellus*) and Cryptomonadales-related OTUs were prevalent in the winter. Bacteria in the 0.2–0.8  $\mu\text{m}$  size fraction showed that the most frequent and abundant OTUs belonged to oceanic clade of SAR11, indicating inflowing oceanic water into the bay. Moreover, according to phytoplankton bloom state, a Rhodobacteraceae related OTU and cyanobacteria related OTUs increased in bloom formation period (January–April) and in high temperature period after the bloom was decayed (June–September), respectively. Those results indicated that the microbial community including phytoplankton and bacteria dynamically changed in the Sendai Bay.

キーワード：微小プランクトン群集、植物プランクトン、細菌、仙台湾、メタゲノム解析

Keywords: Microbial community, Phytoplankton, Bacteria, Sendai Bay, Metagenome analysis

## 日本周辺水域におけるプランクトンの生物多様性

### Biodiversity of plankton community in the waters around Japan

\*田所 和明<sup>1</sup>、宮本 洋臣<sup>1</sup>、市川 忠史<sup>1</sup>、森本 晴之<sup>2</sup>、日高 清隆<sup>3</sup>、亀田 卓彦<sup>3</sup>、杉崎 宏哉<sup>3</sup>、西内 耕<sup>4</sup>、北島 聡<sup>4</sup>

\*Tadokoro Kazuaki<sup>1</sup>, Hiroomi Miyamoto<sup>1</sup>, Tadafumi Ichikawa<sup>1</sup>, Haruyuki Morimoto<sup>2</sup>, Kiyotaka Hidaka<sup>3</sup>, Takahiko Kameda<sup>3</sup>, Hiroya Sugisaki<sup>3</sup>, Kou Nishiuchi<sup>4</sup>, Satoshi Kitajima<sup>4</sup>

1. 国立研究開発法人水産研究・教育機構/東北水産研究所、2. 国立研究開発法人水産研究・教育機構/日本海区水産研究所、3. 国立研究開発法人水産研究・教育機構/中央水産研究所、4. 国立研究開発法人水産研究・教育機構/西海区水産研究所

1. Tohoku National Fisheries Research Institute, Fisheries Research and Education Agency, 2. Japan Sea National Fisheries Research Institute, Fisheries Research and Education Agency, 3. National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research and Education Agency, 4. Seikai National Fisheries Research Institute, Fisheries Research and Education Agency

プランクトン群集は海洋環境と密接な関係を持っているため、海洋環境を反映した特徴を示す。プランクトンの生産量を考えるために、メソ動物プランクトン現存量の地理的な変動を見ると、北太平洋ではベーリング海で最も高い値が見られるものの、オホーツク海および道東から東北沖にかけての親潮域でも高い値が見られる。沿岸湧昇域を除くと、これらの水域の動物プランクトン現存量は世界でも、最も高い水域の一つとなっている(ウェブサイトCopepodを参照, <http://www.st.nmfs.noaa.gov/copepod/>)。このような高い動物プランクトン生産は、高い栄養塩供給量によってもたらされていると考えられる。

日本周辺水域のプランクトンの多様性については、近年盛んに研究が行われている。例えば有孔虫を対象とした研究では、沖縄近海の生物多様性は世界的に見ても非常に高いことが示されている。また、オキアミを対象とした研究では、日本周辺水域の生物多様性も非常に高いことが示されている。さらにヤムシ類を対象とした研究においても、日本周辺とりわけ黒潮域で生物多様性が高いことが示されている。以上から、これまでの研究で日本周辺水域のプランクトンの生産は高く、生物多様性も高いことが示されている。このようにこれまでの研究で、日本周辺のプランクトンの多様性は高いことが明らかになっている。動物プランクトンでは、カイアシ類が特に現存量・種数とも多いため、それらを対象とした研究を行うことが重要である。そこで我々は、広域的に採集された日本周辺水域のカイアシ類の標本を分析することで、生物多様性を調べた。2012年4月に日本周辺の90観測点で、ノルパックネット(口径45cm 目合い0.335mm)を水深150m(それよりも浅い場合は海底直上から)~0mまで鉛直曳網することで動物プランクトンを採集し、種レベルで個体数を計数した。日本周辺水域では190種のカイアシ類が出現した。出現種数を海域間で比較すると、太平洋側で多く、日本海側で少なかった。また東シナ海では日本海よりも多く、太平洋よりも少なかった。次に緯度経度1度グリッド毎に種レベルの個体数の平均値を求め、クラスター解析によってグリッド間の類似度を求めた。その結果、1)太平洋、2)東シナ海~日本海西部、3)沿岸、4)亜寒帯の4つのグループに分けることが出来た。太平洋のグループは黒潮に関係したカイアシ類群集と考えられた。また2)東シナ海~日本海西部は東シナ海に関係したプランクトンが主体となると考えられた。3)沿岸のグループは多くはないが、内湾等の浅海域に関係した種が主体となると考えられた。4)亜寒帯のグループは大型で現存量は多い一方で多様性の低いカイアシ類群集から構成された。以上のように、日本周辺水域では多様なカイアシ類群集が分布することが明らかとなった。これら多様な群集は日本周辺水域の複雑かつ多様な海洋環境に関係して形成されていると考えられた。

キーワード：生物多様性、カイアシ類、プランクトン、西部北太平洋

Keywords: biodiversity, copepoda, plankton, western north Pacific

## 造礁サンゴの多様性の時空間的変動の評価・予測と適応計画 Evaluating and projecting spatio-temporal changes in reef-building coral diversity

\*山野 博哉<sup>1</sup>

\*Hiroya Yamano<sup>1</sup>

1. 国立環境研究所

1. National Institute for Environmental Studies

現在、サンゴ礁は水温上昇や陸域からの土砂流入により急速に変化している。日本は南北に長く、また琉球列島においては陸域からの赤土流入が見られるため、水温上昇と赤土流入両方の影響を評価・予測することが可能である。

1930年代から現在までの文献や標本情報から、約30000件のサンゴ種分布データを収集し、日本においては温帯域において冬期の水温上昇によりサンゴの分布北上が起きていることが明らかになり、冬期の水温上昇の年々変動を考慮すると20世紀再現実験の水温値を用いて過去の北上を再現することができた。一方で、亜熱帯域においては白化によりサンゴが減少し、さらに陸域からの影響が大きい海域においては白化後の回復が見られないことが明らかとなった。こうした結果に基づいて気候変動シナリオごとの予測を行い、二酸化炭素排出の抑制がサンゴの保全に重要であることが示された。また、EBSA基準に基づく評価によって、日本沿岸域のサンゴ礁域を対象に、種の保全のために重要な海域を抽出可能であることが示された。これらに基づき、気候変動への適応計画（陸域負荷の低減、保護区の設定等）へとつなげていく必要がある。

# EBSAによる生態系評価を利用した海洋生物多様性の保全について

## Conservation and assessment of marine biodiversity using EBSA criteria

\*山本 啓之<sup>1</sup>

\*Hiroyuki Yamamoto<sup>1</sup>

1. 海洋研究開発機構

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

全海洋での生物多様性を調べた国際プロジェクト（Census of Marine Life; CoML, 2000-2010年）は膨大なデータにより海域での多様性が減少していることを明らかにした。その後、日本で実施した調査プロジェクト（S-9-5：代表者：白山義久, 2011-2015年）では、蓄積されたデータを利用してEBSAの基準によるアジア海域での海洋生物多様性の現状評価と応用を検討した。EBSAは、海洋生態系と生物多様性を保全する上で重要な海域を同定するために開発された基準であるが、気候変動による影響を考慮しなければ、将来にわたり効果のある保全策にはならない。二酸化炭素の放出と過大な海洋環境の利用は、その多大な影響により生物多様性の減少と生態系変動を引き起こしている。地球規模の環境変動に順応する保全策を作るためには、IPCC気候変動シナリオをもとに10年後あるいは50年後の海洋環境でのEBSAを同定することが必要である。適正な管理を受けているデータベース（BISMaL, OBISなど）の基礎情報、および長期にわたる環境管理と観測のシステム、これらが海洋生物多様性の保全には不可欠であると考えられる。

\*EBSA: ecologically and biologically significant area, IPCC: intergovernmental panel on climate change, BISMaL: biological information system for marine life, OBIS: ocean biological information system

キーワード：海洋生物多様性、EBSA、OBIS、BISMaL

Keywords: Marine biodiversity, EBSA, OBIS, BISMaL