

創立 40 周年 記念 報告 会
～ かけがえのない海を未来へ ～

予 稿 集

平成 27 年 12 月 2 日

目次

| | |
|---|-----|
| ○ 40周年を迎えて（ご挨拶） | i |
| ○ 海生研のあゆみ | ii |
| ○ 組織・体制 | iii |
| ○ 成果報告 | |
| 1. 海生研40年の主な成果と今後の方向 | 1 |
| (業務執行理事 木下 泉) | |
| 2. 発電所取放水影響解明と影響予測－海水温の上昇が海藻と植食動物 の関係に及ぼす影響について－ | 9 |
| (中央研究所 海洋生物グループ 主任研究員 島 隆夫) | |
| 3. 海洋放射能モニタリング－長期観測データに基づく東電福島第一原 子力発電所事故前後の放射能レベルの推移－ | 17 |
| (中央研究所 海洋環境グループ 総括研究員 稲富 直彦) | |
| 4. 二酸化炭素濃度の上昇が海生生物におよぼす影響 －海洋酸性化と海底下二酸化炭素貯留－ | 25 |
| (実証試験場 応用生態グループ 主査研究員 吉川 貴志) | |
| ○ 特別講演 | |
| 講師紹介 | 33 |
| 持続的利用をめざす海洋のガバナンス | 35 |
| (国立研究開発法人 海洋研究開発機構 理事 白山 義久) | |
| ○ ポスター資料 | 37 |

40周年を迎えて（ご挨拶）



理事長 弓削 志郎

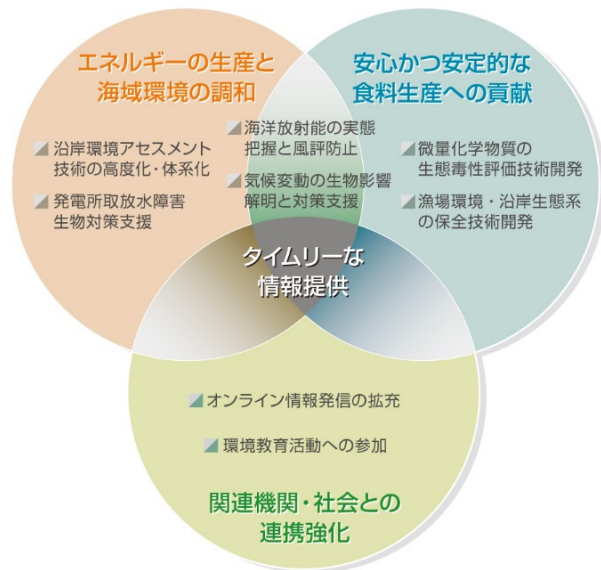
私ども公益財団法人海洋生物環境研究所（海生研）は、主に発電所の温排水が漁場環境に与える影響について科学的に解明する調査研究機関として1975年の設立以来様々な活動を実施し、今年で40年を迎えます。ここまで来られましたのも、関係者の皆様のご支援、ご指導の賜物と改めて感謝しております。

一口に40年と言いますが、その間には様々な出来事があり、海を巡る問題も移り変わってきました。海生研では、時代とともに変化する社会的ニーズに応えるため、当初の目的である発電所取放水の影響解明に限らず、「エネルギー生産と海

域環境の調和」と「安心かつ安定的な食料生産への貢献」を目標として掲げ、海洋環境放射能のモニタリング、海生生物への化学物質の影響・蓄積実態の把握、地球温暖化や海洋酸性化の影響解明、生物多様性の維持・保全などといった分野にも調査研究対象を広げてきました。

特に、2011年3月に発生した東日本大震災以降は、放射能汚染の推移の把握と的確な情報公開による水産物への風評被害防止を海生研の重要な使命の一つと考え、全所的に取り組んでおります。また、近年のわが国の重要課題である持続可能な低炭素社会の実現の一環として、海洋基本計画にも盛り込まれた新しい海洋再生可能エネルギーの開発・実証に関わる研究にも着手しています。

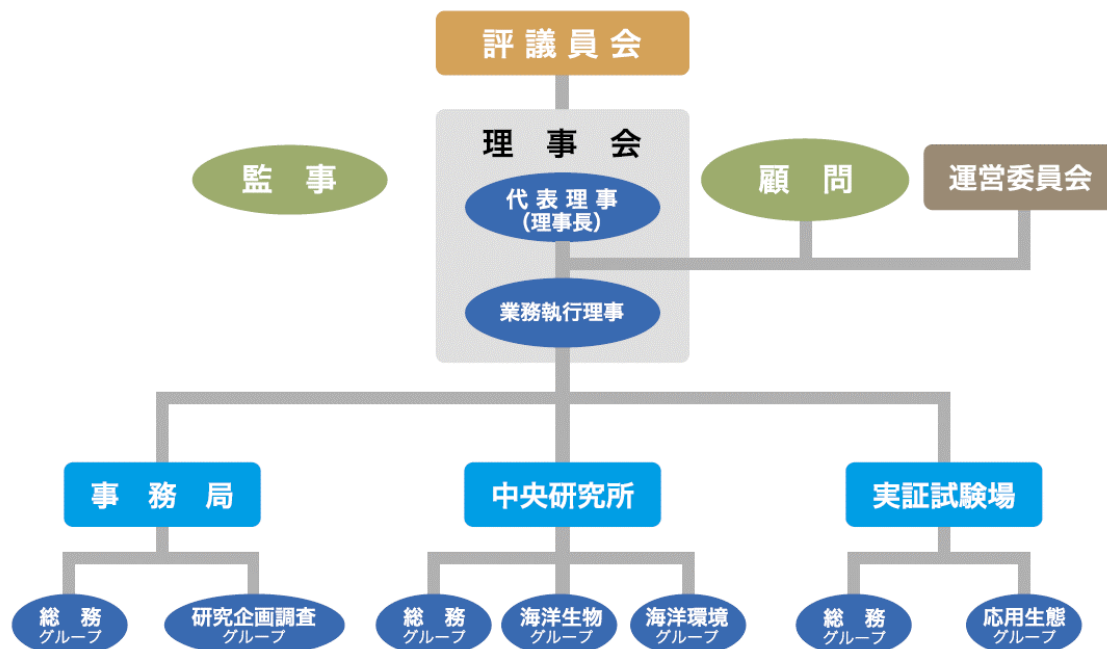
海生研としては、これからも「関連機関・社会との連携強化」をはかりつつ、国や自治体、水産・電力両業界などのニーズに的確に対応するとともに、かけがえのない海を未来へ繋げるため、地震被災からの復興をはじめ、沿岸環境の保全に貢献できるよう一層の努力と更なる成長を続けたいと思っております。今後とも皆様のご支援を賜りますようお願い申し上げます。



海生研のあゆみ

| | | |
|--------------|-----|--|
| 昭和50年（1975年） | 3月 | 全漁連及川会長が原産会議年次大会において「温排水影響問題について徹底した調査研究の途を拓くべし」との提言 |
| | 12月 | （財）海洋生物環境研究所の設立認可、事務局を鎌倉河岸ビル（東京都千代田区）に開設 |
| 昭和51年（1976年） | | 水産庁、環境庁委託事業開始 |
| 昭和52年（1977年） | | 通商産業省委託事業開始 |
| 昭和54年（1979年） | 11月 | 中央研究所（千葉県御宿町）竣工 |
| 昭和56年（1981年） | 2月 | 「創立5周年発電所取放水影響に関する研究検討会」の開催 |
| 昭和59年（1984年） | 1月 | 科学技術庁委託事業開始 |
| | 11月 | 実証試験場（新潟県柏崎市）竣工 |
| 昭和60年（1985年） | 1月 | 「創立10周年発電所取放水影響に関する研究報告会」の開催 |
| 昭和62年（1987年） | 10月 | 事務局の移転（鎌倉河岸ビルから北原ビルへ） |
| 平成元年（1989年） | 9月 | 実証試験場に原子力発電所温排水資料展示館竣工 |
| 平成3年（1991年） | 1月 | 「創立15周年発電所取放水影響に関する研究報告会」の開催 |
| 平成6年（1994年） | 12月 | 事務局の移転（北原ビルから帝国書院ビルへ） |
| 平成8年（1996年） | 1月 | 「創立20周年記念成果報告会」の開催 |
| 平成13年（2001年） | 1月 | 「創立25周年記念研究成果報告会」の開催 |
| 平成18年（2006年） | 1月 | 「創立30周年記念報告会・かけがえのない海を未来へ」の開催 |
| 平成19年（2007年） | 7月 | 中越沖地震により実証試験場被災 |
| 平成21年（2009年） | 8月 | 事務局の移転（帝国書院ビルから藤和江戸川橋ビルへ） |
| 平成22年（2010年） | 12月 | 「海生研創立35周年記念報告会」の開催 |
| 平成24年（2012年） | 4月 | 公益財団法人へ移行 |
| 平成27年（2015年） | 12月 | 「海生研創立40周年記念報告会」の開催 |

組織・体制



公益財団法人 海洋生物環境研究所 組織図

当研究所は、東京都新宿区に事務局、千葉県御宿町に中央研究所、新潟県柏崎市に実証試験場を置き、各組織が連係して調査研究を行っております。

事務局



関係機関からもアクセスしやすい東京都新宿区にあります。



研究所全体の管理・企画等を行っています。

中央研究所



海生研の調査研究の中核となる研究所で、千葉県御宿町にあります。



外房海域の清浄な海水を用いて海生生物を育成し、生物試験を行っています。



発電所温排水の影響調査等の野外調査を行っています。



原子力施設周辺海域の海水、海底土、海生生物の放射能調査を行っています。



東日本を中心とした陸海域における水産物に含まれる放射性物質を分析しています。



取放水関連情報や海生生物の生態知見等を収集し、調査研究に役立てています。

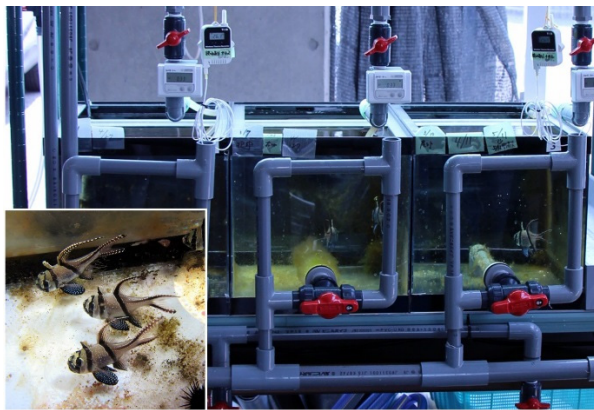
実証試験場



新潟県柏崎市にあり、東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所に隣接しています。



柏崎刈羽原子力発電所から供給される海水を用いて、生物試験等を行っています。



気候変動や海洋酸性化に関する取り組みとして、二酸化炭素の影響試験を行っています。



全国の水産生物を対象にしたダイオキシン類などの蓄積実態を調べています。



生物試験に用いる様々な海洋生物の飼育・繁殖技術の開発に取り組んでいます。



海や温排水に関する一般向けの情報を展示しています。

成果報告

海生研40年の主な成果と今後の方向

木下 泉

1. はじめに

火力・原子力発電所の温排水が海域の環境に及ぼす影響を専門的に調査する研究機関として、1975年12月に当時の環境庁、農林省、通商産業省の共管のもと、財団法人 海洋生物環境研究所（以下、海生研）が設立された。1979年には千葉県御宿町に中央研究所が、また1984年には新潟県柏崎市に実証試験場が設置された。中央研究所では外房の清澄な海水が利用でき、実証試験場では隣接する東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所からの温排水が利用できる。海生研では、これらの施設を活用し、「かけがえのない海を未来へ！」をスローガンに、沿岸海域を利用するエネルギー産業の健全な発展と地域との共存「エネルギー生産と海域環境の調和」、および水産資源と漁場の維持・保全「安心かつ安定的な食料生産への貢献」を目標に、沿岸海域の利用の適正化に寄与することを目指して、沿岸海域における環境や生物・生態系に関する調査研究および維持・保全技術に関する研究開発等を推進し、これらの成果をタイムリーに公開してきた。

2. 40年間の主要な成果

これまでの調査研究は、(1)発電所取放水の影響解明と海域環境保全、(2)沿岸海域における微量化学物質の実態把握と影響予測、および(3)海洋環境放射能の実態把握、の3項目に大きく分類することができる。これらについて調査研究の概要と主要な成果を示す。

(1) 発電所取放水の影響解明と海域環境保全

海生研設立当初は、発電所の冷却水の取放水が海生生物や漁業に及ぼす調査研究が中心であり、近年では温排水が海域生態系に及ぼす影響に関する研究へ展開してきた。また、発電所における取水障害生物対策に関する研究など発電所運用支援に関する調査研究も実施してきた。主要な成果を以下に示す。

- 温排水放水域における海藻分布や魚類行動などの調査研究事例や発電所のモニタリング調査結果から、放水口の近傍（地点により2～3℃以上の水温上昇域）を除くと温排水による環境への影響は見られていないことを明らかにした。
- 発電所の冷却系に海水と共に取り込まれる微小生物（動植物プランクトン、魚卵、稚仔魚）に及ぼす取水の影響（昇温、残留塩素、機械的ショック）を明らかにした。
- 発電所の復水器通過や温排水拡散域内における温度上昇が海生生物へ及ぼす影響評価に必要な温度耐性、選好温度、成長適温などに関するデータベ

スを整備し、発電所アセスの基礎資料として、ホームページに掲載した。(これまでに魚類38種、貝類・エビ/カニ類21種、動植物プランクトン14種、海藻類15種など)

- これらの結果を基に、発電所取放水が海生生物に及ぼす影響の予測手法を提案した。
- 発電所環境影響評価で、まだ評価対象となっていない海域生態系に対する影響の調査・予測の手順を提案した。
- 最新知見を反映した発電所海域環境モニタリング手法のガイドラインを国に提案した。
- 発電所における取水障害生物(付着生物、クラゲなど)対策を支援するため、必要なデータ、知見を蓄積し事業者を提供した。

(2) 沿岸海域における微量化学物質の実態把握と影響予測

海生研における微量化学物質調査研究への取組みは、1980年代後半に水産庁が進めていた海産魚を対象とした毒性試験法の開発事業の中で、試験魚の安定的な生産方法の開発に携わったことが端緒となっている。1990年代に入って、発電所取水設備の付着生物防除剤、農薬など陸域からの汚染物質などが海生生物に及ぼす影響の解明を目的とした種々の実験調査を行ってきた。さらに海洋におけるダイオキシン類汚染と環境ホルモン影響に関する実海域での実態調査を実施するなど、海洋での本格的な微量化学物質影響調査研究に取り組んできた。主要な成果を以下に示す。

- 農林水産省からの補助を受け、水産有用種に蓄積しているダイオキシン類濃度を1999年から全国規模で調査しており、その成果を基にパンフレット(「魚介類のダイオキシン類」2010年、「お魚、何、食べてますか?」2014年)を作成し、食の安全に関する適切な情報提供を行った。
- 1999年から7年間、わが国周辺の主要6海域で化学物質による生殖異常など環境ホルモンの影響調査を実施した。その結果、水産生物において深刻な環境ホルモン影響は顕在化していないことを明らかにした。
- 水産庁が刊行した海産生物毒性試験指針(2010年3月)の作成にあたって、海生研が甲殻類・魚類の飼育法開発、および甲殻類を対象とした試験手法開発を担当するとともに、全体的な指針をとりまとめた。
- 微量化学物質のフィールドでのモニタリング手法開発、実験室での生態毒性試験を実施し、毒性試験法の高度化に寄与した。

(3) 海洋環境放射能の実態把握

1983年度から当時の科学技術庁(2013年度からは原子力規制庁)の委託を受けて、全国の原子力発電所等周辺海域、および青森県六ヶ所村の核燃料サイクル施設沖合海域を対象として、海洋放射能調査を実施してきた。2011年3月の東

京電力福島第一原子力発電所事故以降は、同発電所の周辺・沖合海域の放射能調査をさらに詳細に実施している。また、同事故後、東日本の太平洋沿岸・沖合海域、および陸水域の水産物の放射能についても、水産庁からの委託を受けて調査を実施している。主要な成果を以下に示す。

- 放射性物質による漁獲物の風評防止のため、30年以上にわたって、全国の原子力発電所等周辺海域、および核燃料サイクル施設沖合海域の主要漁場における海生生物、海底土、および海水の放射能調査を行い、漁場の安全性を確認するとともに、パンフレット「漁場を見守る」を毎年更新し、成果の普及に努めてきた。
- 2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所事故後は、速やかに同発電所周辺の海域放射能の詳細調査を開始し、海水、海底土の放射能濃度の分布、および経年的な濃度変化の推移を調査し、迅速な情報公開に努めてきた。
- また、水産物の安全性の確保のため、福島県周辺の東日本各地の漁業協同組合、魚市場などで採取された漁獲物の放射能調査を行い、水産庁、関係自治体、水産関係団体等に速やかに精度の高いデータを報告してきた。
- 来年(2016年)は、事故直後からこれまでの海洋環境、および漁獲物の放射性核種濃度の時系列データなどを広く社会に提示し、正確な状況を把握していただくことを目的として公開の報告会を実施する予定である。

また、以上の試験研究に加えて、気候変動に伴う海洋の温暖化・酸性化が海生生物に及ぼす影響などについて、1996年より研究業務に従事した。成果の一部は気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の報告書等にも引用されている。

以上の研究を実施するには、健全な試験生物を安定的に確保することが必要であり、海生研では試験目的に合わせて、成魚だけではなく、例えば、卵、仔魚、稚魚など供給することができるよう飼育・生産技術を維持・高度化してきた。これまでに100種以上の海生生物（魚類、甲殻類、貝類、イカ類、ウニ類、ゴカイ類、クラゲ類、海草藻類など）を飼育してきた。

3. 今後の方向

発電所の運用、海洋再生エネルギーの開発・実証等、エネルギー産業の沿岸海域利用において、沿岸海域の自然環境、水産資源、漁場環境の維持・保全は、今後も引き続き重要な課題である。また、東京電力福島第一原子力発電所事故からまもなく5年になるが、海域における放射能汚染の推移把握、および的確な情報公開による水産物への風評防止は、継続的・長期的な対応が必要な重要課題である。さらに、今後は気候変動に伴う、海水温上昇、海洋酸性化が海洋生態系に及ぼす影響の評価が次第に重要な課題になると考えられる。

このような現状認識の下で、①発電施設と海域環境保全、②海洋放射能の実

態把握、および③気候変動の海域環境影響評価、を柱として調査研究を実施する。それぞれの目標は以下のとおりである。

① 発電施設と海域環境保全

- ・沿岸環境アセスメント技術の高度化・体系化
- ・沿岸生態系・漁場環境の保全技術の開発
- ・発電所・発電施設の環境対策と効率的運用の支援

② 海洋放射能の実態把握

- ・海洋放射能の継続的モニタリングと風評防止のための適切な科学情報の提供
- ・海洋・生物における放射性核種の挙動解明・移行予測

③ 気候変動の海域環境影響評価

- ・海水温上昇と海洋酸性化の海生生物への影響解明
- ・海底下二酸化炭素回収・貯留（CCS）の環境影響評価と監視調査技術（モニタリング技術）の高度化

実施にあたっては関連機関と連携し、共同研究や情報交換などにより効率よく研究を推進する。また、基礎研究にも力を入れ、基盤技術力の向上を目指す。

本日の記念報告会では、上記の3課題に関する最近の成果について紹介する。

以上、海生研の40年間における主な成果、および今後の展開について概要を紹介しました。これらの実施にあたっては、内閣府、文部科学省、農林水産省、水産庁、経済産業省、環境省、原子力規制庁、関係自治体、全国漁業協同組合連合会、水産関係団体、電気事業連合会、電力各社、電力中央研究所、大学・研究機関、および御宿町、柏崎市にご指導、ご支援をいただけてきました。厚く御礼申し上げます。今後もこれまで以上に幅広い貢献ができるよう役職員一同努力していく所存でございますので、引き続きご指導、ご支援を賜りますようお願い申し上げます。

創立40周年記念報告会

海生研40年の主な成果と 今後の方向

2015年 12月 2日

業務執行理事

木下 泉

海生研の概要

1975年12月に設立

中央研究所 1979年設置

実証試験場 1984年設置



エネルギー産業による沿岸海域利用の適正化へ寄与するため、沿岸海域の環境や生物・生態系に関する調査研究、維持・保全技術に関する研究開発を推進

海生研が目指すもの

— かけがえない海を未来へ —

東日本大震災からの

復興への貢献

エネルギー生産と
海域環境の調和

安んず安定的な
食料生産への貢献

③ 海洋環境放射能の
実態把握

② 沿岸海域における微量
化学物質の実態把握と
影響予測

① 発電所取放水の影響
解明と海域環境保全

タイムリーな情報提供

社会・関連機関との連携強化

① 発電所取放水の影響解明と海域環境保全

- 海藻分布や魚類行動などの調査結果に基づき、温排水影響の及ぶ範囲を明確化
- 取水時に取り込まれる微小生物に及ぼす取水の影響を評価（卵・稚仔魚への温度影響、幼・成魚の衝突）
- 温度影響データベースを整備
- 海生生物に及ぼす取放水影響の予測手法を提案
- 最新知見に基づき発電所海域環境モニタリング手法のガイドラインを国に提案
- 発電所の取水障害生物対策のためのデータ・知見を提供

① 発電所取放水の影響解明と海域環境保全

温度影響データベース

魚類の選好温度 (●) と平衡喪失温度 (▲) の一例

| 魚 (38種) | 水温 (°C) | | | | | | |
|---------|---------|----|----|----|----|----|----|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| マダラ | ● | | | | | ▲ | |
| サケ | | | ● | | | ▲ | |
| ニシン | | | ● | | | ▲ | |
| アユ | ▲ | | | ● | | | ▲ |

この他、魚類の温度耐性、魚卵・稚仔魚の高温耐性、貝類、エビ・カニ類の高温耐性、動植物プランクトンの高温耐性、海藻類の成長適温と上限温度について、データベースを整備し、ホームページで公開

② 微量化学物質の実態把握と影響予測

○ 水産有用種に蓄積しているダイオキシン類濃度を全国規模で調査、耐容一日摂取量を十分に下回っていることを明らかにし、食の安全に関する情報を提供

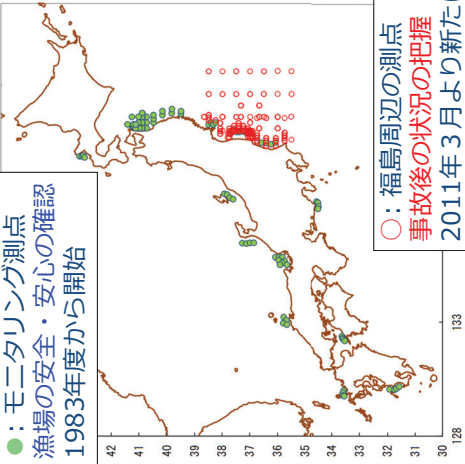
○ 微量化学物質の毒性試験とモニタリング調査の手法を高度化
⇒ 海産生物毒性試験指針 (水産庁) の取りまとめに貢献



③ 海洋環境放射能の実態把握

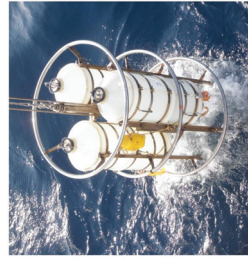
海洋環境放射能調査 原子力規制庁 「環境放射能モニタリング調査」

●: モニタリング測点
魚場の安全・安心の確認
1983年度から開始



漁場を守る

海洋環境放射能総合評価事業
海洋放射能調査 (平成25年度)



○: 福島周辺の測点
事故後の状況の把握
2011年3月より新たに配置

③ 海洋環境放射能の実態把握

東日本太平洋岸・沖合海域・内水面域における漁獲物等の放射能調査

水産庁「放射性物質影響調査推進事業」
(北海道、青森県、宮城県、茨城県、栃木県、群馬県、千葉県、東京都、神奈川県など)

試料受入れ



試料調製



分析



分析結果を、水産庁、関係自治体、水産関係団体等に速やかに報告

その他の主要な研究

○ 地球温暖化対策に関連する研究

CO₂の海生生物影響予測のため、海産魚の卵仔稚を対象にCO₂暴露実験を実施し、魚類の初期生活史におけるCO₂耐性を明らかにした。成果は気候変動に関する政府間パネルの報告書に引用された。

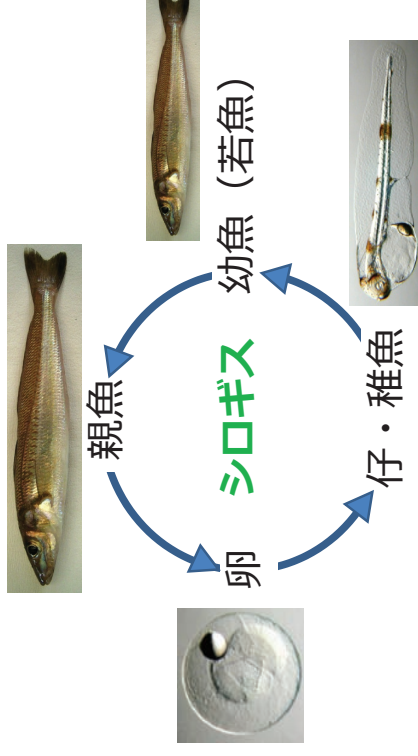
○ 希少生物の保護・再生技術開発

ミヤコタナゴ（天然記念物）、アオギス（絶滅危惧種）の飼育繁殖技術の開発



ミヤコタナゴ アオギス

試験生物飼育技術の維持・高度化



これまで100種以上の海生生物（魚類、甲殻類、貝類、イカ類、海藻類など）を飼育

今後の方向（背景）

- エネルギー産業の沿岸海域利用において、沿岸海域の自然環境、水産資源、漁場環境の維持・保全は、引き続き重要な課題である。
- 福島第一原子力発電所事故からまもなく5年になるが、放射能汚染の推移把握、および的確な情報公開による水産物への風評防止は、継続的・長期的な対応が必要な重要課題である。
- 今後は気候変動に伴う、海水温上昇、海洋酸性化が海洋生態系に及ぼす影響の評価が次第に重要な課題になると考えられる。

今後の方向

① 発電施設と海域環境保全

- ・ 沿岸環境アセスメント技術の高度化・体系化
- ・ 沿岸生態系・漁場環境の保全技術の開発
- ・ 発電所・発電施設の環境対策と効率的運用の支援

② 海洋放射能の実態把握

- ・ 継続的モニタリングと風評防止のための適切な科学情報の提供
- ・ 海洋・生物の放射性核種の挙動解明・移行予測

③ 気候変動の海域環境影響評価

- ・ 海水温上昇と海洋酸性化の海生生物への影響解明
- ・ 海底下CCSの事前調査とモニタリング技術の高度化

発電所取放水影響解明と影響予測
－海水温の上昇が海藻と植食動物の関係に及ぼす影響について－
島 隆夫

1. はじめに

海生研は創立以来、発電所温排水が海生生物に与える影響を予測評価する際に必要な知見の集積を図ることを目的とした調査を実施してきた。

1980年度より実施した温排水生物影響調査では水温の上昇が魚介藻類の生残、成長、成熟等に及ぼす影響、魚類の行動や選好温度および致死温度、プランクトンの温度耐性、海藻類の生育適温と枯死温度等の成果が得られた。1998年度より実施した温排水生物複合影響調査では、自然の環境条件と温排水が複合的に作用することにより、温度のみの場合よりも海洋生物に大きな影響をおよぼすのではないかとの懸念に対応し、昇温に塩分、溶存酸素濃度等の環境要因が加わることによる魚類、貝類、海藻類に複合的に与える影響を検討し、生残、成長、成熟等への影響が想定される場合の複合要因の閾値を示した。

近年、植食性動物による海藻類への過剰な採食が原因と考えられる磯焼けが各地から報告されている。その要因のひとつとして海水温の上昇による南方系植食性魚類（アイゴ）・底生動物（ガンガゼ）の分布域の拡大、個体数の増加が海藻類との間の食う/食われるの関係へ影響を及ぼしていることが指摘されている。発電所温排水による昇温は、これらの植食性動物の採食活動をさらに助長する可能性がある。この指摘に応じ、2006年度から実施した温排水生物群集影響調査の結果を紹介する。

2. 調査研究の概要

本調査では、植食性動物と海藻類の種間関係に及ぼす温排水影響を解明することを目的に、アラメやホンダワラ類等の藻場を構成する複数種のアラメ類を対象に、アイゴとガンガゼの海藻採食量に及ぼす温度影響を検討した。さらに、複数種のアラメ類に対する採食選択性と温度の関係を解明するための室内実験を実施した。また、種別の生活史に及ぼす温度等の影響を解明することを目的に、アイゴ、ガンガゼおよびアラメ、ホンダワラ類等の海藻類について生残、成長適温、生育上限温度等の温度影響について検討した。

3. 結果

アイゴ、ガンガゼのアラメおよびホンダワラ類に対する採食量と水温の関係を室内水槽試験により調査した。試験は海藻の発育段階、成熟期等を考慮して春から夏の水温上昇期、秋から冬の水温下降期にそれぞれ実施した。試験では、14～29℃の6温度段階における植食性動物2種それぞれの採食行動に伴う海藻の採食量と脱落量を求めた。その結果、水温の上昇とともに採食活動は活発化

し、アイゴでは27～29℃、ガンガゼでは23～29℃において採食量が最大となり、14℃でこれら2種の採食活動はほぼ停止することが明らかになった。また、採食量は海藻の種毎に異なることが確認された。

アイゴ、ガンガゼのアラメ、カジメ、ホンダワラ類等に対する採食選択性と水温の関係を室内水槽試験により調査した。試験は14～29℃の範囲で、夏の水温上昇期、秋から冬の水温下降期にそれぞれ実施した。その結果、アイゴおよびガンガゼの採食選択性は水温により顕著に変化することはなかった。アイゴのホンダワラ類（ジョロモク、マメタワラ、ヤツマタモク、オオバモク、ヨレモク）に対する選択性は、水温よりも藻体の成熟状況が影響すること（成熟盛期の藻体を好む）が明らかになった。ガンガゼでは、ホンダワラ類（マメタワラ、ヤツマタモク、オオバモク）の成体（水温上昇期）と幼体（水温下降期）に対する選択性は同様の傾向を示した。

温排水昇温域での越冬の可能性が指摘されるアイゴ、ガンガゼの最終致死温度を推定した。馴致温度から一定速度（7日間毎に1℃）で温度を上昇、または下降させる方法により求めた半数致死温度から推定した低温側の最終致死温度は、アイゴでは稚魚および成魚ともに9.6℃であり、ガンガゼでは9.3℃であり、冬季にこの温度を超えると生存の可能性が高まることが示唆された。

温排水の昇温による海藻類の成長、生残への影響を検討するため、室内培養試験を実施した。その結果、海藻類の成長適温範囲の上限温度はアラメが20℃、ホンダワラ類7種が20～23℃であることが明らかになり、この温度を越える高温側で成長率の低下傾向が顕著になることが明らかになった。

4. おわりに

以上の室内試験で得られた結果から、水温の上昇は、冬季においてはアイゴ、ガンガゼの生き残りを助長し、春～秋季においては採食行動を活発化させ、これに高水温による海藻類の成長低下が加わることによる海藻藻場へ影響の拡大が推測された。また、植食性動物の選択的な採食により、特定の海藻が減少し、藻場群落の種組成が変化する可能性が示唆された。これらの要因の複合的な影響により沿岸岩礁域の生物群集に変化を及ぼすことが懸念される。

本調査では、植食性動物が分布する発電所放水口前面海域において、食う/食われるの種間関係に及ぼす昇温影響を検討するための基礎データを整備することができた。これらの成果は、今後、沿岸域の生物群集に対する温排水影響の予測手法の高度化を検討する際の重要な科学的根拠になるものである。

※経済産業省からの委託事業として当所が実施した「平成23年度火力・原子力関係環境審査調査（温排水生物群集影響調査）」の報告書（http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2012fy/E002101.pdf）をもとに作成した。

発電所取水影響解明と影響予測

—海水温の上昇が海藻と植食動物の関係に及ぼす影響について—

2015年 12月 2日

中央研究所 海洋生物グループ

島 隆夫

はじめに

海生研は創立以来、発電所温排水が海生生物に与える影響を予測評価する際に必要な知見の集積を図ることを目的とした調査を実施してきた。

海生研で行ってきた発電所取放水影響に関する調査研究

| 年度 | 1975～ | 1980～ | 1990～ | 2000～ |
|-----|--|---|---|--|
| 課題名 | <ul style="list-style-type: none"> 放水影響 温度影響 漁業影響 | <ul style="list-style-type: none"> 取放水影響 複合影響 漁業影響 | <ul style="list-style-type: none"> 生態系調査手法 複合影響 環境保全効果 | <ul style="list-style-type: none"> 藻場影響 生物群集影響 大型魚類影響 |

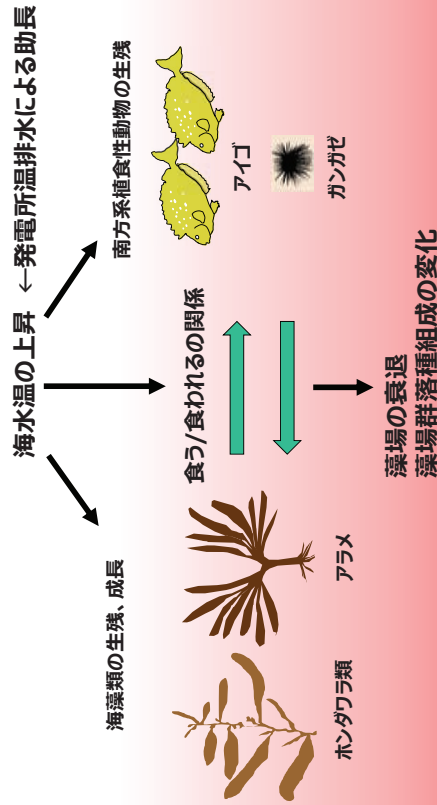
温度上昇の
生物影響

温度+他の
環境要因の
生物影響

温度上昇の生態系、
種間関係への影響

調査目的

•近年、植食性動物の海藻類への過剰な採食による磯焼けが各地から報告され、その要因のひとつとして海水温の上昇傾向が魚類・底生動物と海藻類の食う/食われるの関係へ影響を及ぼしていることが指摘されている。 → 発電所温排水がこれを助長？



調査内容

発電所温排水が植食性動物と海藻類の生活史と、それらの種間関係（食う，食われる）に及ぼす温度影響を実験的に検討した。

種別の温度影響

- 植食性動物の温度特性
 - アイゴ，ガンガゼの低温側の最終致死温度
 - 海藻類の温度特性
 - アラメ，ホンダワラ類の成長適温，高温側の生育上限温度

種間関係への温度影響

- 採食量に関する試験
 - アイゴの採食量と水温の関係
 - ガンガゼの採食量と水温の関係
 - 採食選択性に関する試験
 - アイゴの採食選択性と水温の関係
 - ガンガゼの採食選択性と水温の関係

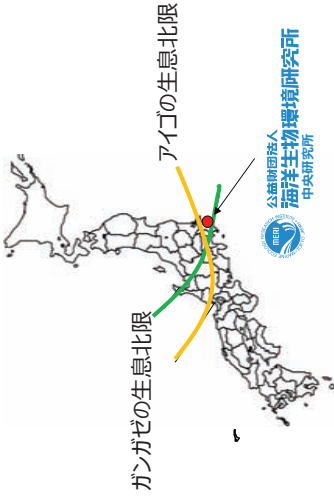
試験対象とした植食性動物



アイゴ：太平洋の熱帯・温帯海域に分布。大型褐藻類への食害。



ガンガゼ：インド太平洋海域に分布。発芽期の藻体への食害。



海水温の上昇により
 ・北方への分布拡大
 ・生息個体数の増加

種別の温度影響

- ・植食性動物の温度特性
 アイゴ, ガンガゼの低温側の最終致死温度
- ・海藻類の温度特性
 アライヤ, ホンダワラ類の成長適温, 高温側の生育上限温度

試験対象とした海藻類

ホンダワラ類



コンブ類



アイゴ, ガンガゼの北限付近(千葉県東岸)において大規模な藻場を構成する海藻種

植食性動物の温度特性

アイゴの低温側最終致死温度

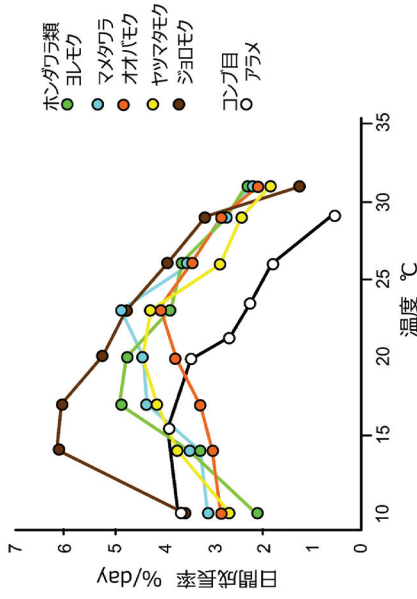
| 成長段階 | 馴致温度 (°C) | 体重 (g) | 全長 (cm) | 最終致死温度 (°C) |
|--------|-----------|--------|---------|-------------|
| アイゴ 稚魚 | 14.0 | 5.7 | 7.9 | 9.6 |
| 成魚 | 13.9 | 177.1 | 23.6 | 9.6 |

ガンガゼの低温側最終致死温度

| 成長段階 | 馴致温度 (°C) | 体重 (g) | 殻径 (cm) | 最終致死温度 (°C) |
|---------|-----------|--------|---------|-------------|
| ガンガゼ 成体 | 15.0 | 100.0 | 57.0 | 9.3 |

- ・冬季の水温が10°C前後になる海域では、温排水による昇温により越冬の可能性！

海藻類の温度特性



海藻類各種の温度と日間成長率の関係

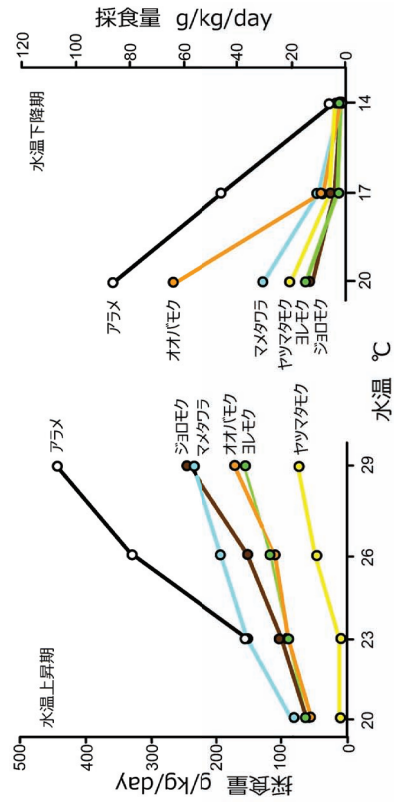
成長適温の上限はアラメが**20°C**，ホンダワラ類が**20~23°C** それを越える高温側で成長率が顕著に低下

種間関係への温度影響

採食量に関する試験

- ・アイゴの採食量と水温の関係
- ・ガンガゼの採食量と水温の関係

採食量と水温の関係-アイゴ-

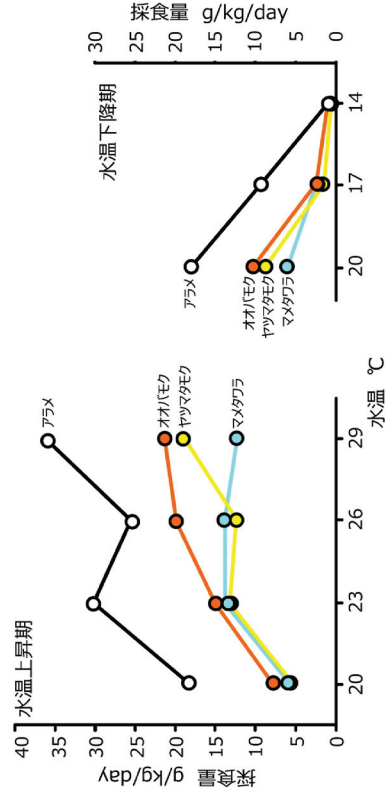


アイゴによるアラメおよびホンダワラ類採食量と水温の関係

水温上昇期では、水温の上昇に従って採食量は増加。26°Cを超えると体重の**30~40%**以上の採食量！！

水温下降期では、**20°C**を下回ると顕著に減少。**14°C**になるとほとんど採食しない。

採食量と水温の関係-ガンガゼ-



ガンガゼによるホンダワラ類採食量と水温の関係

ガンガゼの採食量は、29°Cで最大。**20°C**を下回ると顕著に減少。**14°C**でほぼ採食しなくなる。

種間関係への温度影響

- ・採食選択性に関する試験
- ・アイゴの採食選択性と水温の関係
- ・ガンガゼの採食選択性と水温の関係

採食選択性と水温の関係-ガンガゼ-

ガンガゼの海藻類に対する選択性順位

| 水温 (海藻は成体) | 選択性順位 | | | | |
|---------------|-------|---|--------|---|-------|
| 20℃ | マメタワラ | > | ヤツタタモク | > | オオバモク |
| 23℃ | マメタワラ | > | ヤツタタモク | > | オオバモク |
| 26℃ | マメタワラ | > | ヤツタタモク | > | オオバモク |
| 29℃ | マメタワラ | > | ヤツタタモク | > | オオバモク |

| 水温 (海藻は幼体) | 選択性順位 | | | | |
|---------------|-------|---|--------|---|-------|
| 20℃ | マメタワラ | > | ヤツタタモク | > | オオバモク |
| 17℃ | マメタワラ | > | ヤツタタモク | > | オオバモク |

- ・ガンガゼは海藻類に対して明確な選択性がある。
- ・海藻選択性順位に水温の影響は認められない
- ・成体と幼体で選択性順位の差は認められない。

採食選択性と水温の関係-アイゴ-

水温上昇期試験におけるホンダワラ類 5種の選択性順位

| 試験期 | 水温 | 選択性順位 |
|-----|-----|---------------------------------------|
| 4月 | 20℃ | ジョロモク > マメタワラ > ヤツタタモク > オオバモク > ヨレモク |
| | 23℃ | ジョロモク > マメタワラ > ヤツタタモク > オオバモク > ヨレモク |
| 5月 | 23℃ | ジョロモク > マメタワラ > ヤツタタモク > オオバモク > ヨレモク |
| | 26℃ | ジョロモク > マメタワラ > ヤツタタモク > オオバモク > ヨレモク |
| 6月 | 26℃ | ヤツタタモク > マメタワラ > ジョロモク > オオバモク > ヨレモク |
| | 29℃ | ヤツタタモク > マメタワラ > ジョロモク > オオバモク > ヨレモク |

未成熟 生殖器官未形成
成熟初期 生殖器官形成途上
成熟盛期 卵放出
成熟終期 流れ藻になる直前

- ・アイゴは海藻類に対して明確な選択性がある。
- ・選択性順位は海藻の成熟状況により変動する。→成熟盛期の海藻を好む
- ・選択性に水温の影響は認められない。

まとめ

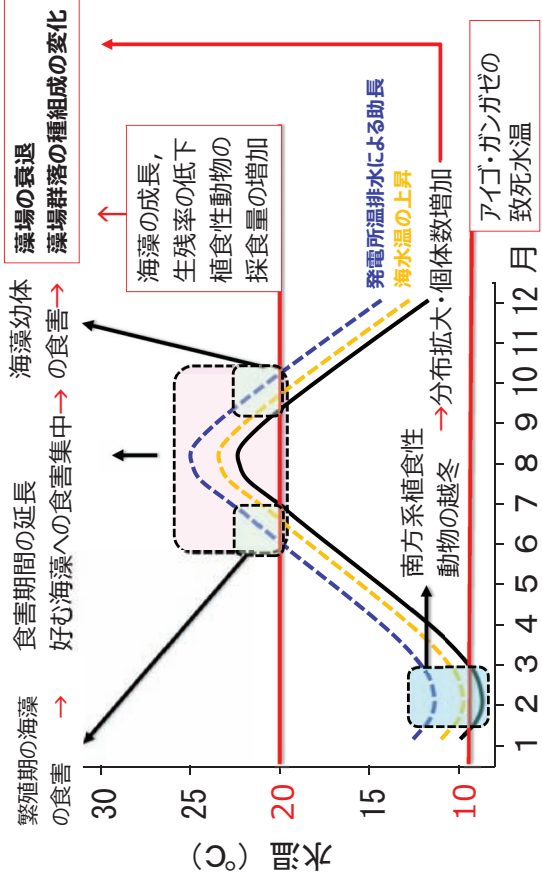
種別の温度影響

- ・低温側最終致死水温は、アイゴ9.6℃，ガンガゼ9.3℃。
- ・成長適温の上限は、アラメが20℃，ホンダワラ類が20～23℃。それを越える高温側で成長率は顕著に低下。

種間の温度影響

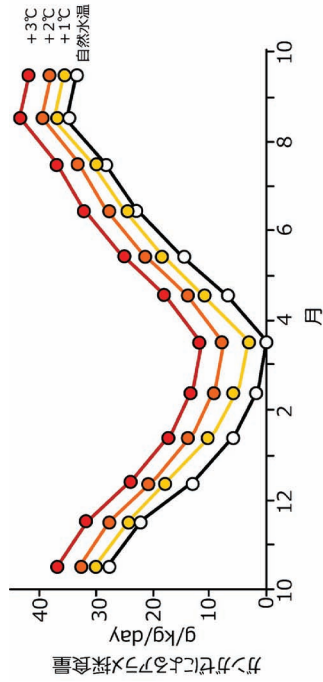
- ・アイゴ，ガンガゼとも，20℃～29℃の水温範囲では水温上昇に従って活発化。最大で体重の40%以上の量を採食する。
- ・20℃を下回ると海藻採食量は顕著に減少。14℃ではほとんど食べない。
- ・アイゴ，ガンガゼとも海藻採食に対する明確な選択性がある。選択性に温度の影響は認められない。
- ・海藻類の季節変化による成熟の程度などにより，選択性が変動する可能性がある。

予想される海水温上昇が海藻と植食動物の関係に及ぼす影響



おわりに

本調査で得られた知見と、対象海域の水温、海藻類の種組成・現存量等のデータから、植食性動物と海藻類の種間関係に及ぼす温排水の昇温影響の予測が可能。



カンガゼによるアラム採食量に及ぼす昇温影響の推定
*** 発電所前面海域での影響予測評価に活用できる。**

※経済産業省からの委託事業として当所が実施した「平成23年度火力・原子力関係環境審査調査（温排水生物群集影響調査）」
 (http://www.meti.go.jp/medi_lib/report/2012fy/E002101.pdf) を加工して作成した。

海洋放射能モニタリング
—長期観測データに基づく東電福島第一原子力発電所事故前後の
放射能レベルの推移—
稲富 直彦

1. はじめに

海洋放射能モニタリング（海洋放射能総合評価事業）は漁場の安全の確認及び漁獲物への風評被害防止に資することを目的とし、原子力施設周辺海域の主要漁場での放射能レベルを継続的に把握する海洋放射能調査であり、1983年度（当時の科学技術庁）から2012年度までは文部科学省、2013年3月からは原子力規制庁の事業として引き継がれ、本年度に至るまで、公益財団法人海洋生物環境研究所（以下、海生研）が継続的に受託し33年目となる。また、当該事業は2011年3月からは、東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、「東電福島第一原発事故」）による放射能の影響を把握するために、福島県沖を中心としたモニタリング調査が追加され、現在に至っている。

一方、2011年以降、東日本を中心とした海域や内水面における水産物について、東電福島第一原発事故による放射性物質の影響を調査し、当該水域における生産段階での水産物の安全性を確保することを目的とした、水産物の放射能調査が水産庁により立ち上げられ、海生研が継続的に受託し5年目となる。

本報告では、現在海生研が受託している二つの放射能事業の内、「海洋放射能総合評価事業」について、32年に亘る継続的な調査結果から明らかになった東電福島第一原発事故前後の人工放射性核種の濃度推移を中心に紹介する。

2. 概要

・海洋放射能調査

当事業開始当初から継続されている調査である。原子力発電所立地県沖に設定された合計15海域において、年1回、春期に各海域に定めた測点から海水、海底土を採取し、表層および海底直上（海底から約10m上）の海水に含まれる γ 線放出核種（放射性セシウム等）とストロンチウム90（以下、 ^{90}Sr ）、海底土の表層3cm中に含まれる γ 線放出核種を分析している。また、1990年度から六ヶ所村の核燃料サイクル施設沖合海域が加わり、春期及び秋期に同様の採取作業を実施し、同海域では γ 線放出核種その他、トリチウム、プルトニウムも分析対象としている。このほか、各原子力施設近傍の漁場から水揚げされる海産物を年2回入手し、それらの可食部の γ 線放出核種を分析している。

・東電福島第一原子力発電所周辺の海域モニタリング

2011年3月より東電福島第一原発を中心とした30km圏外の沖合海域32点で年4回（5月、8月、11月、翌年1月）、海洋放射能調査と同様に海水および海底土を採

取、沖合海域測点を取り囲む外洋海域10点で年2回(5月、11月)、海水を採取、さらに、2013年11月からは同原発から10km圏内の7測点で月1回、表層の海水を採取し、 γ 線放出核種等を分析している。

3. 結果

・海洋放射能調査

東電福島第一原発事故前の海洋環境中には、主に1960年代を中心に実施されていた大気圏内核実験に由来する人工放射性核種が存在し、その一つが放射性セシウム(以下、 ^{137}Cs)である。海水中の ^{137}Cs 濃度は、事故前に実施した過去5年間(2006~2010年度、以下、「事故前5年間」)が1.1~2.4mBq/Lであった。海産生物の ^{137}Cs 濃度は、高いもので海水の約100倍の0.3Bq/kg-生鮮物程度であり、それらの値は調査開始当初より物理的崩壊による半減期(30年)より早い、約16年で半減する傾向で推移していた。海底土中の ^{137}Cs 濃度は、乾燥土中濃度で、事故前5年間が検出下限値~7.7Bq/kg-乾燥土であり、その値は約24年で半減する傾向で推移していた。

東電福島第一原発事故後の2011年度調査では、福島県沖を中心とする太平洋沿岸の海域において、海水中の ^{137}Cs 濃度が事故前5年間の最高値を超え、福島第二海域の表層水で510mBq/Lの値が観測されたほか、海水中の ^{90}Sr 濃度は福島第一・第二海域において事故前5年間の最高値である2.0mBq/Lの数倍の値が認められた。事故後4年を経過した2014年度において、海水中の ^{137}Cs 濃度は、確実に低下、多くの調査海域で事故前5年間と同程度の水準であったが、福島県とその隣接県では事故前の値を超える値が認められ、その最大値は福島第一海域における5.3mBq/Lであった。また、2014年度の海水中の ^{90}Sr 濃度は、全ての調査海域において事故前5年間の水準に低下した。

海底土中の ^{137}Cs 濃度は、事故直後、福島県を中心とする太平洋沿岸と新潟海域において事故の影響が認められ、福島県近傍で最大数百Bq/kg-乾燥土の値を観測した。その値は、時間の経過に従い徐々に低下する傾向にあるが、同海域では2014年度においても、事故前5年間の値を超える結果が認められている。

海産生物中の ^{137}Cs 濃度は、事故直後、福島県を中心とする太平洋沿岸にて事故前5年間の水準を超える値が認められたが、時間経過に伴い、確実に低下傾向にある。

・東電福島第一原子力発電所周辺の海域モニタリング

事故直後からの海水および海底土に含まれる ^{137}Cs 濃度の推移は、上述の海洋放射能調査と同様である。2014年度における表層水中の ^{137}Cs 濃度は、福島第一原発から30km圏外において0.001Bq/L(=1mBq/L)以下になり、概ね事故前5年間の値と同程度に低下している。一方、同原発から10km圏内では0.01Bq/L(=10mBq/L)を上回る測点があり、30km圏外の濃度より一桁程度高い値で推移している。

4. おわりに

本事業による海洋放射能に関する長期モニタリングデータは、東電福島第一原発事故前後の海洋放射能を把握する上で貴重な基礎情報である。

今後も海洋放射能および水産物の放射能調査を継続的に実施して、我が国周辺海域の環境放射能の推移を見守るとともに、水産物の安全性を確保することによって、東日本大震災で被災した地域の水産業の復興に貢献していきます。

※原子力規制庁からの委託事業として当所が実施した「平成26年度原子力施設等防災対策等委託費（海洋環境における放射能調査及び総合評価）事業」の委託業務成果報告書をもとに作成した。

海洋放射能モニタリング

長期観測データに基づく東電福島第一原子力発電所事故
前後の放射能レベルの推移

2015年 12月 2日

中央研究所 海洋環境グループ

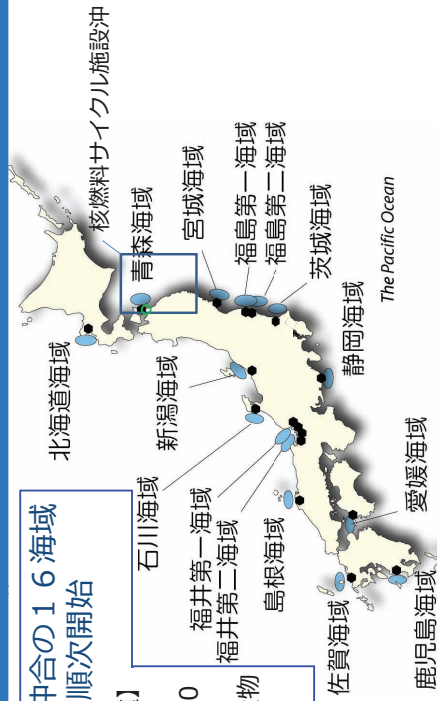
稲富 直彦

海洋放射能調査 (全国) 調査海域

原子力施設沖合の16海域
1983年から順次開始

【分析対象核種】

- ・海水
- ・ Cs-137, Sr-90
- ・ 他
- ・ 海底土、海産物
- ・ Cs-137、他



● 原子力発電所等周辺海域
(発電所海域)

● 原子力発電所 (核燃料再処理施設)

海洋放射能モニタリング

海洋環境における放射能調査及び総合評価

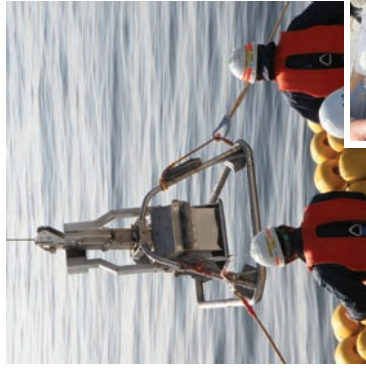
(科技庁～文科省～原子力規制庁)

- 1) 海洋放射能調査 1983年度～ → (全国)
 ・ 漁場の安全の確認及び魚獲物への風評被害防止に資する
 ・ 全国の原子力施設沖合に位置する主要漁場を対象
 ・ 海産生物、海底土及び海水の放射能調査を実施
- 2) 東京電力株式会社福島第一原子力発電所周辺の海域モニタリング
 2011年3月より → (福島第一原発の周辺)
 ・ 福島第一原発事故による放射能の影響の把握
 ・ 福島第一原発の周辺の海域 (沿岸海域, 沖合海域, 外洋海域)
 ・ 海底土及び海水の放射能調査を実施

海洋放射能調査 (全国) 試料採取風景



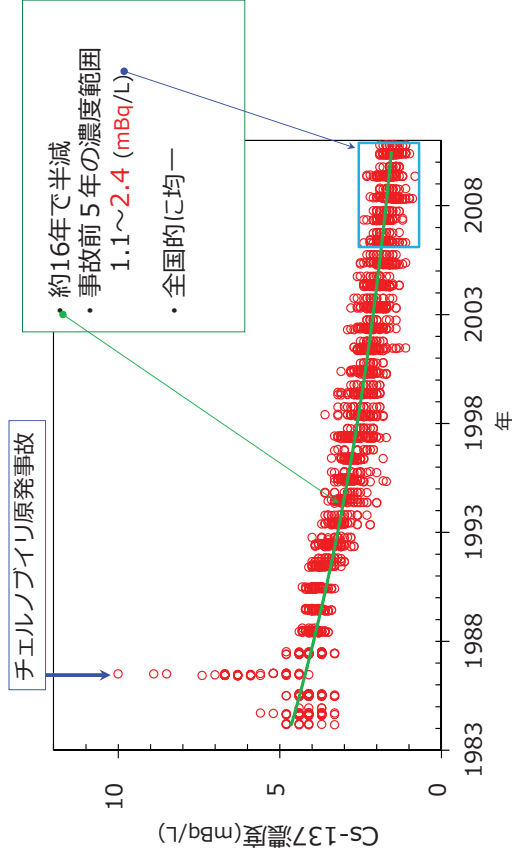
採水



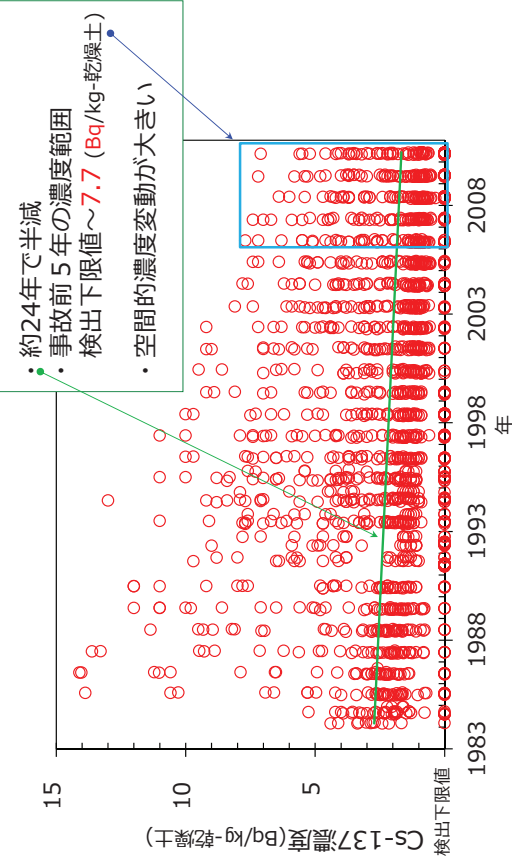
採泥



海洋放射能調査 (全国) 事故前の海水(100m以浅)



海洋放射能調査 (全国) 事故前の海底土



海洋放射能調査 (全国)

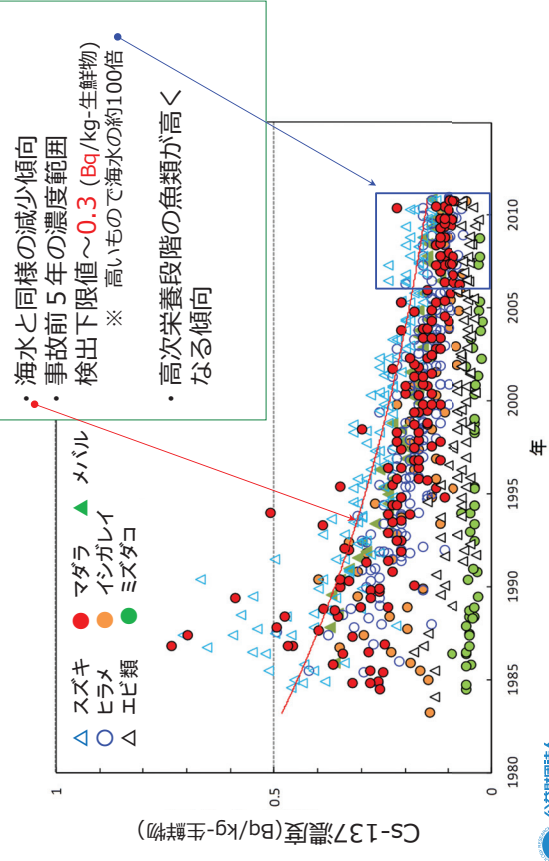
- 測点による土質のちがいが



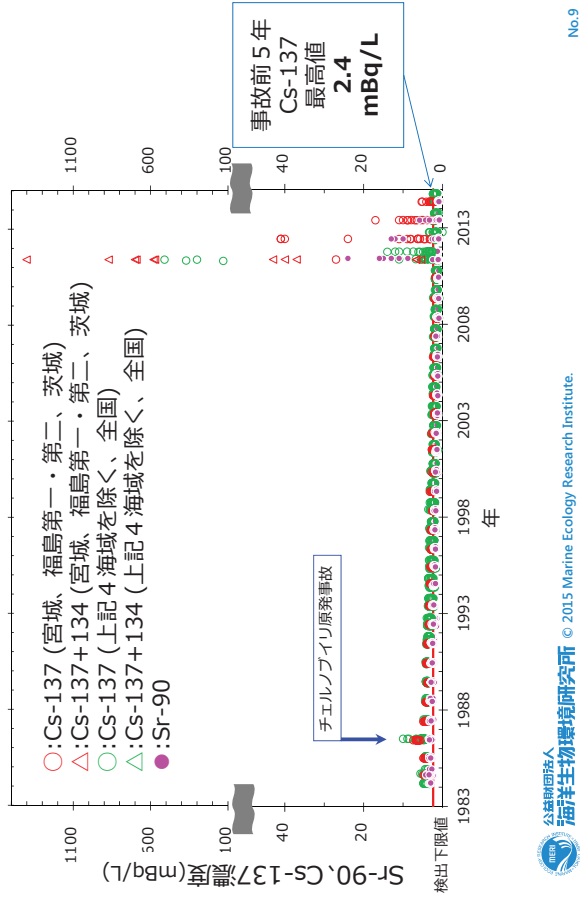
砂質 < 泥質

Cs-137濃度

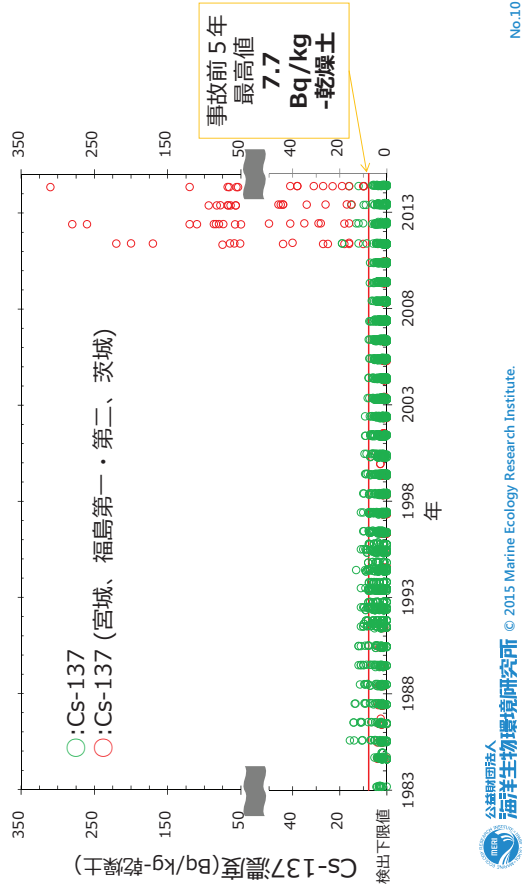
海洋放射能調査 (全国) 事故前の海産生物



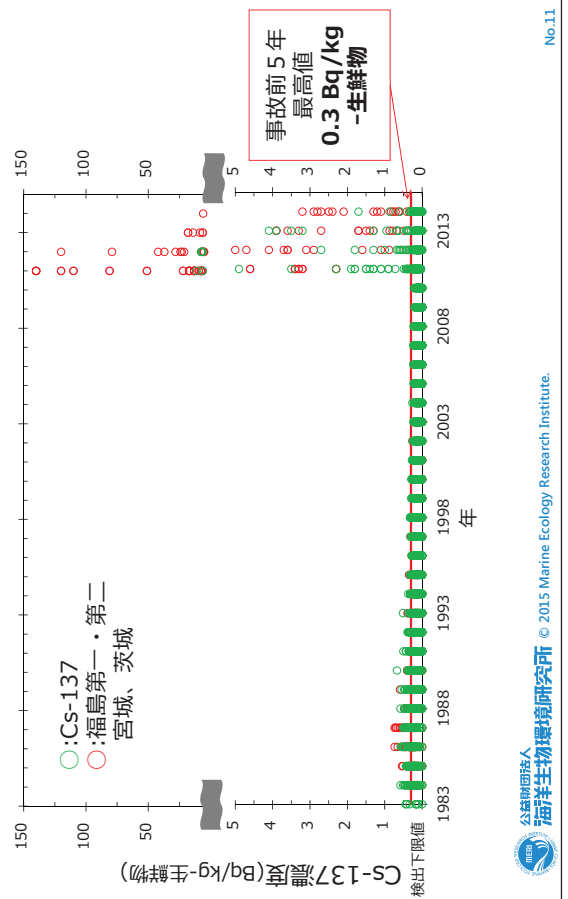
海洋放射能調査 (全国) 事故前～事故後の海水



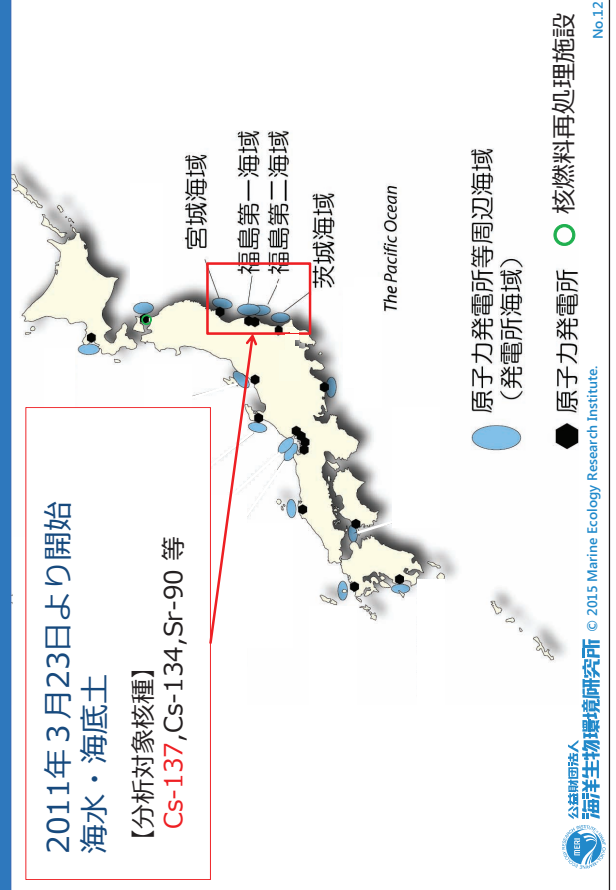
海洋放射能調査 (全国) 事故前～事故後の海底土



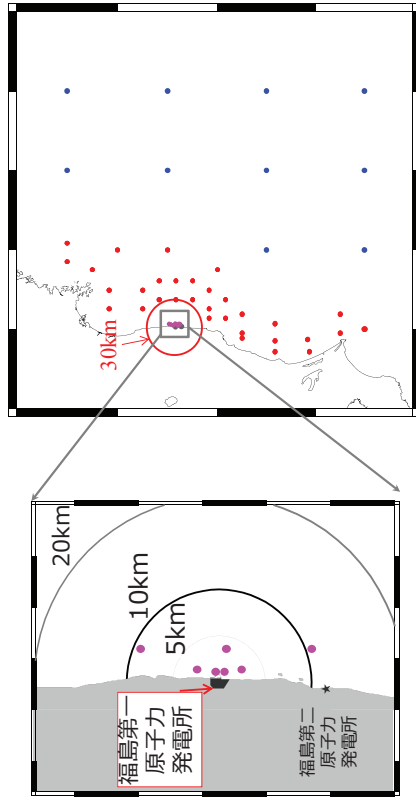
海洋放射能調査 (全国) 事故前～事故後の海産物



福島第一原子力発電所周辺の海域モニタリング

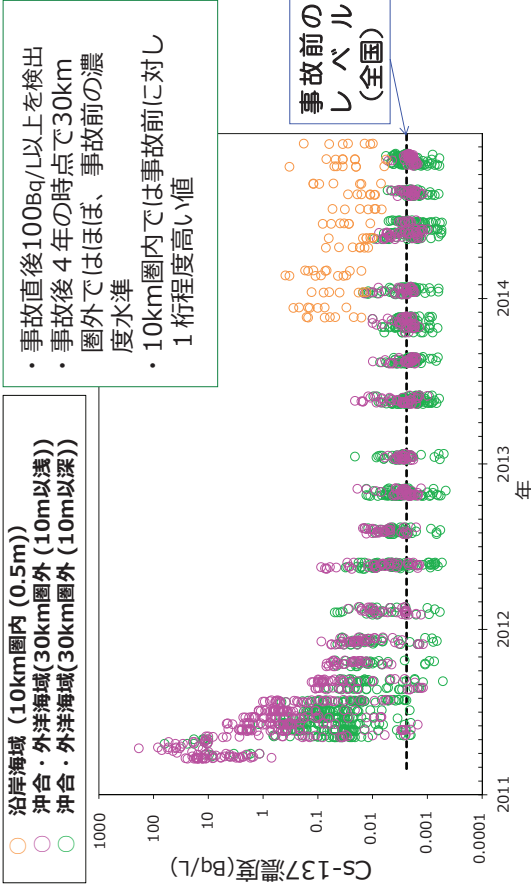


福島第一原発の周辺海域



- 沿岸海域 (7測点) 海水 (1回/月)
 - ・ 2013年11月より開始
- 沖合海域 (32測点) 海水・海底土 (4回/年)
 - ・ 2011年3月より順次開始
- 外洋海域 (10測点) 海水 (2回/年)

福島第一原発の周辺海域 事故後の海水

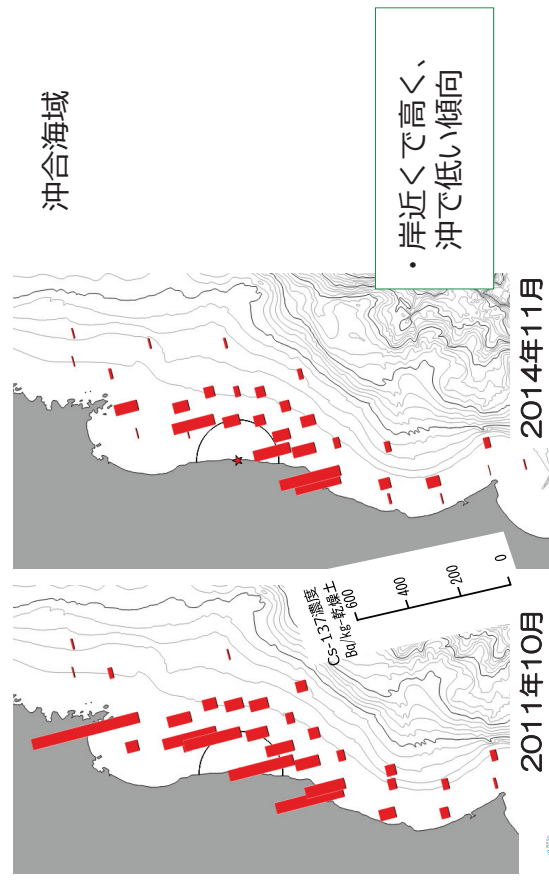


- 沿岸海域 (10km圏内 (0.5m))
- 沖合・外洋海域 (30km圏外 (10m以浅))
- 沖合・外洋海域 (30km圏外 (10m以深))

- ・ 事故直後100Bq/L以上を検出
- ・ 事故後4年の時点で30km圏外ではほぼ、事故前の濃度水準
- ・ 10km圏内では事故前に対し1桁程度高い値

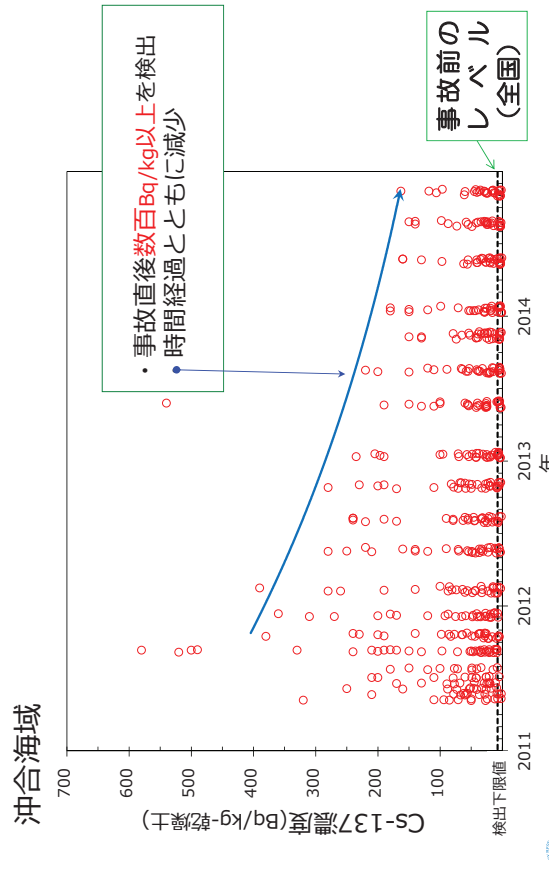
事故前のレベル (全国)

福島第一原発の周辺海域 事故後の海底土



岸近くで高く、沖で低い傾向

福島第一原発の周辺海域 事故後の海底土



事故直後数百Bq/kg以上を検出 時間経過とともに減少

事故前のレベル (全国)

まとめ - 1 海洋放射能調査【全国】

- ・海生研が3 2年間に亘り全国にて**環境放射能モニタリング**を実施

- Cs-137濃度について
- ・海水の濃度レベルは事故後上昇したが、迅速に下がり、現在はほぼ、**事故前の水準**にある。
- ・海産生物、**海底土**それぞれにも影響が認められたが、海産生物は海水と同様に、海底土は海水よりはゆるやかに**減少する傾向**にある。

水産物の放射性物質調査（水産庁委託） 2011年度～

- ・東日本の海域や内水面における水産物について、**福島第一原発の事故による放射性物質の影響を調査**し、当該水域における生産段階での**水産物の安全性を確保**する。
- ・得られた情報と関係自治体が公表した放射性物質の検出状況について、**正確な情報等を迅速に提供**し、東日本大震災で被災した地域の**水産業の復興**に資する。



中央研での作業風景

まとめ - 2 【福島第一原発の周辺海域】

- Cs-137濃度について
- ・海水 事故直後、沖合海域(30km圏外)において100Bq/Lを超える濃度が認められたが、4年経過し、全国における**事故前5年間の濃度レベルと同オーダー**まで下がっている。一方、**10km圏内では1桁程度高い値**となっている。
- ・**海底土(沖合海域)** 事故後、一部で数百Bq/kg-乾燥土を超えたが、海水より緩やかであるが、**濃度は年々減少する傾向**にある。

終わりに

本事業による海洋放射能に関する長期モニタリングデータは、東電福島第一原発事故前後の海洋放射能を把握する上で貴重な基礎情報であると考えます。

今後も海洋放射能および水産物の放射能調査を継続的に実施して、我が国周辺海域の環境放射能の推移を見守るとともに、水産物の安全性を確保することによって、東日本大震災で被災した地域の水産業の復興に貢献していきます。

※原子力規制庁からの委託事業として当所が実施した「平成26年度原子力施設等防災対策等委託費（海洋環境における放射能調査及び総合評価）事業」の委託業務成果報告書をもとに作成した。

二酸化炭素濃度の上昇が海生生物におよぼす影響
－海洋酸性化と海底下二酸化炭素貯留－
吉川 貴志

1. はじめに

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は、2013年に公表した第5次評価報告書において、「気候システムに対する人為的影響は明らかであり、近年の人為起源の温室効果ガス排出量は史上最高となっている」ことを報告している。地球温暖化をはじめとした気候変動問題に関連し、海生研では海生生物に対する二酸化炭素（CO₂）の影響について、約20年前から研究を行ってきた。当初、CO₂の生物影響研究は、今ほど世間の関心を惹かなかつたが、2000年代に入り、海洋のCO₂濃度の上昇が「海洋酸性化」として注目され、気候変動の新たな問題として、世界的に研究が急速に進展してきた。こうした中、海生研では、これまでに蓄積した海生生物の飼育技術、CO₂研究ノウハウを活かし、海域環境および海洋生物資源の維持・保全に寄与することを目的とし、海洋酸性化の生物影響について精力的に研究を進めている。一方、気候変動対策の一つとして我が国でも実証研究が進められている海底下へのCO₂の分離・回収貯留（Carbon dioxide Capture and Storage : CCS）の分野では、CO₂圧入前の環境影響評価が法律上の必須要件となっている。海生研では、海底下CCSの環境影響評価のための生物実験を実施するなど、新しいニーズにも携わっている。本報告では、海生研が実施する「海洋酸性化」と「海底下CCS」を背景とした生物影響研究を中心に、気候変動関連分野の直近の取組みを紹介する。

2. 概要

・海洋酸性化の生物影響

人為的に大気中に放出されたCO₂の約3割に相当する量が、現在、海洋に吸収されている。すなわち、大気中のCO₂濃度の上昇は、海洋のCO₂濃度の上昇に直結する。近年の海洋のCO₂濃度上昇は、気象庁等の日本近海における実測でも確認されている。また地球温暖化により、海洋の平均水温も上昇傾向にある。このように、海洋ではCO₂濃度と水温の上昇が顕在化しており、海生研では、IPCCで将来想定しているCO₂および水温条件を模擬した生物実験システムを開発し、マダイやシロギスといった水産有用魚種の繁殖におよぼす影響や、次世代個体の環境適応の可能性について検討するための実験を行っている。また、体に石灰質の硬組織をもつ貝やサンゴ等は、CO₂濃度の増大により石灰化が阻害され、重篤なダメージを受けると想定されている。このような生物種として、海生研では有用二枚貝のウバガイ（ホッキガイ）や、造礁サンゴのスギノキミドリイシなどを対象として、成長に対するCO₂影響試験等を実施している。海洋酸性化の研究については、海生研が独自で進めているテーマのほか、複数の外部機関とのコン

ソーシアムでも成果を上げている。

・ 海底下CCSの生物影響

「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」（海洋汚染防止法）では、海底下CCSを実施しようとする場合、貯留したCO₂が海底に漏出するシナリオを事業者が仮定し、万が一のCO₂漏出があった場合の環境影響を評価するよう義務付けている。海生研では、過去に公表した海生生物のCO₂耐性のデータや、その他の国内外の既往知見をとりまとめ、環境影響評価を支援している。海生研が受託した事業では、CO₂耐性が未知の生物についてもデータが求められていたため、対象の生物を入手して実験を行い、環境影響評価の生物データセットに新たな知見を加えた。また、海底表面へのCO₂の漏出を監視する目的で、堆積物中のバクテリア組成を指標とした生物モニタリング手法の開発に従事した。

3. 結果

・ 海洋酸性化の生物影響

シロギスを対象とした繁殖試験で、CO₂濃度を対照条件（400～500ppm程度）から300ppm～3,600ppm増加させた環境において、親魚の平均産卵数を4週間にわたって観察したが、対照区と有意差が認められなかった。他方、高CO₂（2,000ppmに調整）と高水温（2℃昇温）の複合的な負荷を与えた条件では、産出卵の正常胚発生率が有意に低下するケースがあった。現在、テンジクダイ科魚を用いた実験システムを構築し、高CO₂環境下で世代を重ねていくことによる影響について、本格的な実験を行っている。

・ 海底下CCSの生物影響

生物のCO₂耐性を明らかにするための実験では、限界を知るために自然条件ではあり得ないような高いCO₂濃度を設定した。ウバガイ胚（卵割期）の高CO₂暴露（24時間）に対する生残を観察した結果では、既往知見と比較して、最も感受性の高い生物よりはCO₂への耐性を有していると考えられるデータが得られた。また、漏出CO₂監視のための生物モニタリング手法開発では、数千ppmという高い濃度で予備実験を実施し、バクテリア組成が変化することを確認した。

4. おわりに

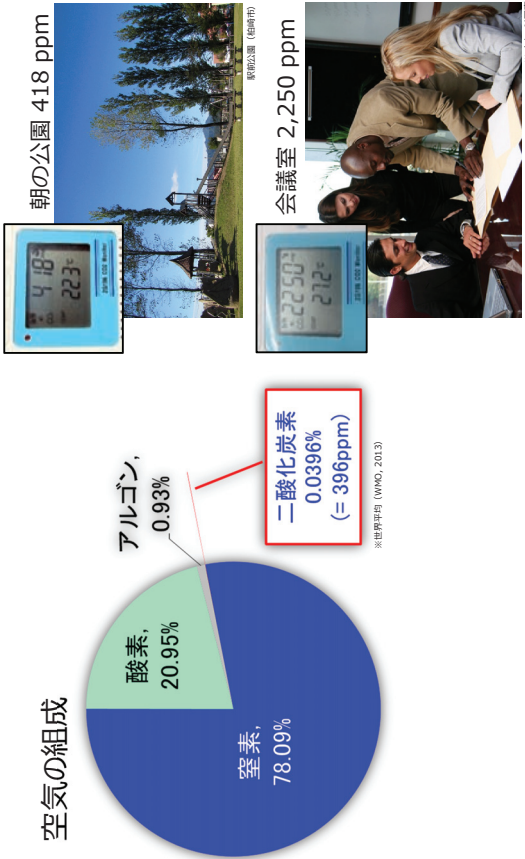
気候変動対策には、新たな気候システムに適応する方策と、CO₂削減により気候変動を緩和する方策がある。海生研では、CO₂の生物影響研究の成果を発信することにより、適応策のための精緻な影響予測に貢献し、またCCSの環境影響評価に携わり緩和策にも貢献することを、今後も目指していく。

創立40周年記念報告会

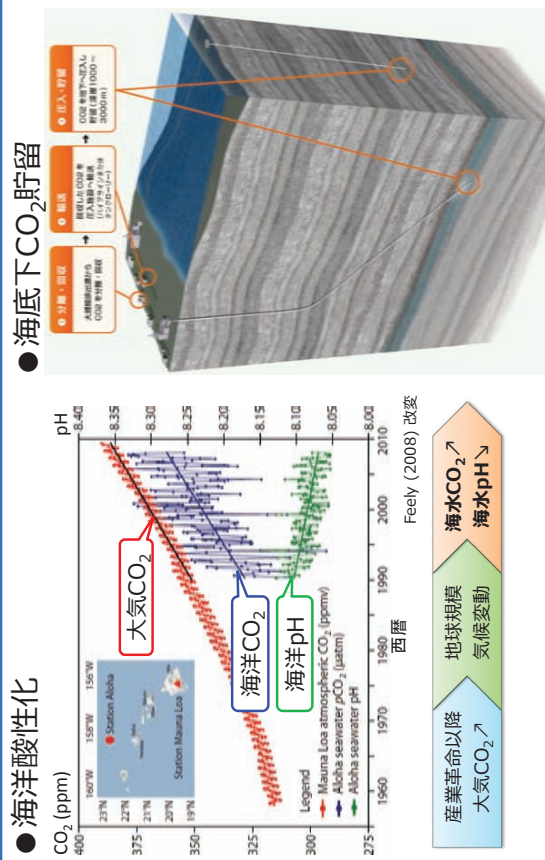
二酸化炭素濃度の上昇が海生生物におよぼす影響 - 海洋酸性化と海底下二酸化炭素貯留 -

2015年 12月 2日
実証試験場 応用生態グループ
吉川貴志

大気中の二酸化炭素 (CO₂) 濃度



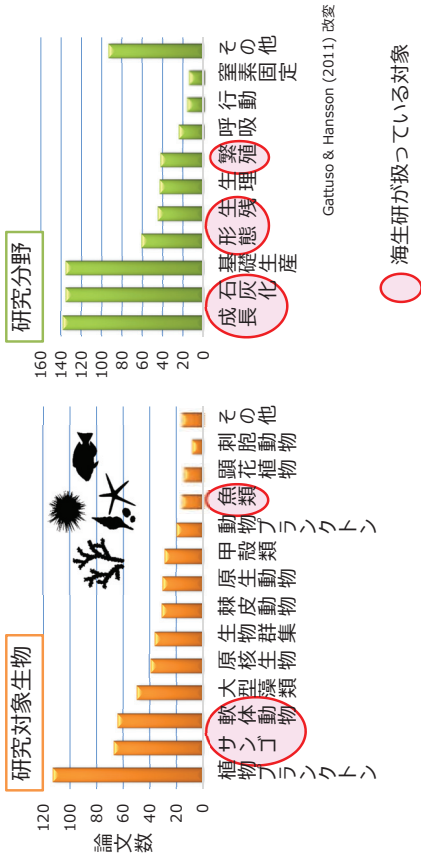
海洋酸性化と海底下二酸化炭素貯留



海生研と気候変動関連分野

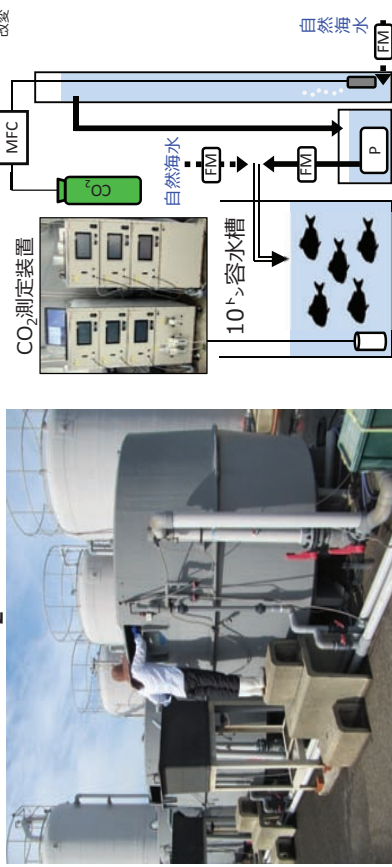


海洋酸性化の生物影響研究 (~2010)

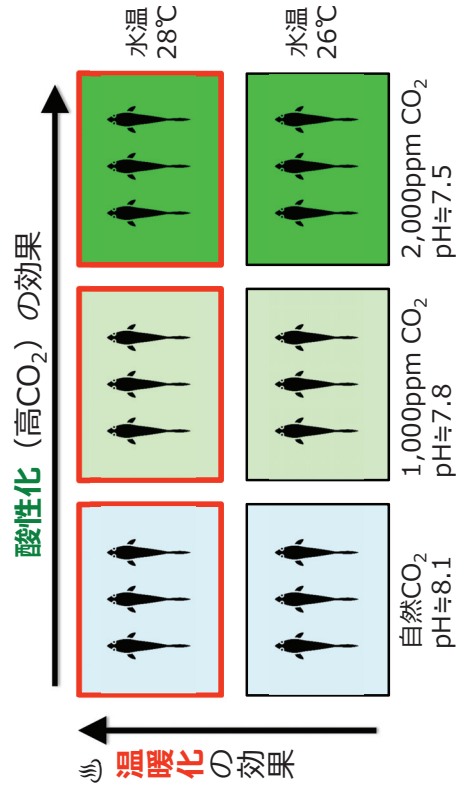


試験装置：魚類繁殖試験

大容量海水のCO₂を制御する。

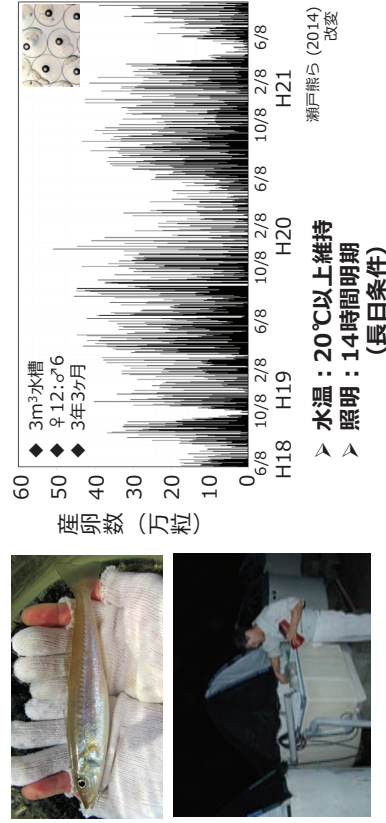


試験設定の例：魚類繁殖試験



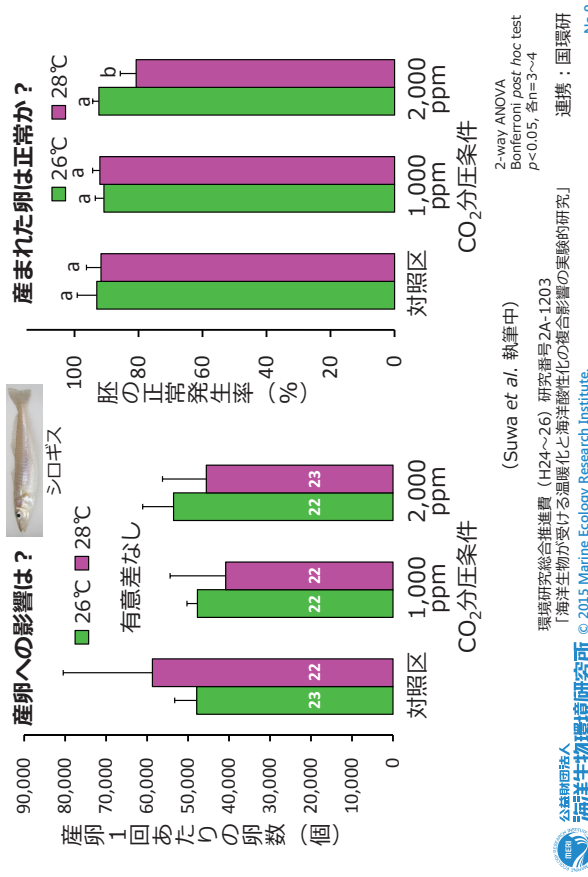
試験生物：魚類繁殖試験

シロギス等、産卵をコントロールできる水産有用種を使う。



結果例 1 : 魚類繁殖試験

暴露期間 4週間



公開研究員 海洋生物環境研究所 © 2015 Marine Ecology Research Institute. No.9

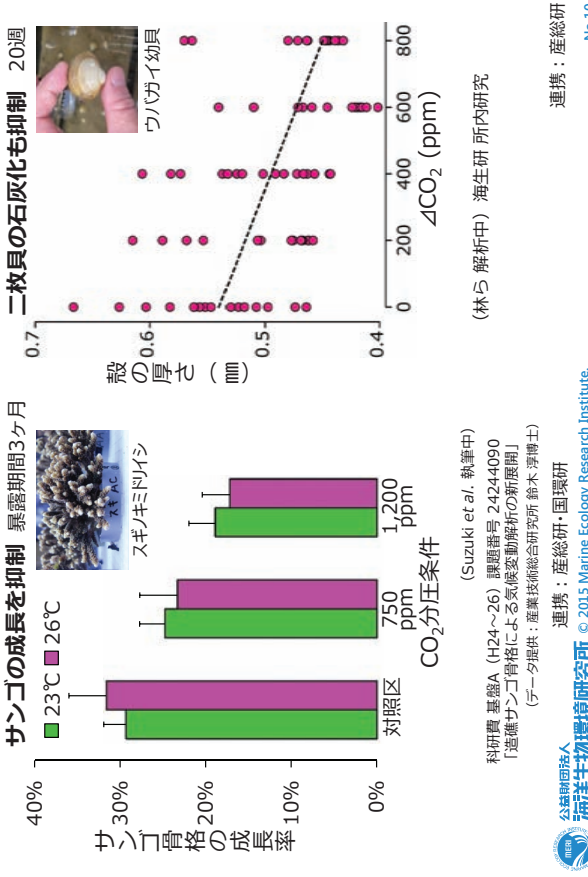
現在実施中：累代積算の繁殖影響



科研費 草器S (H26~31) 課題番号 26220102
「海洋酸性化の沿岸生物と生態系への影響評価実験」
連携：弘前大

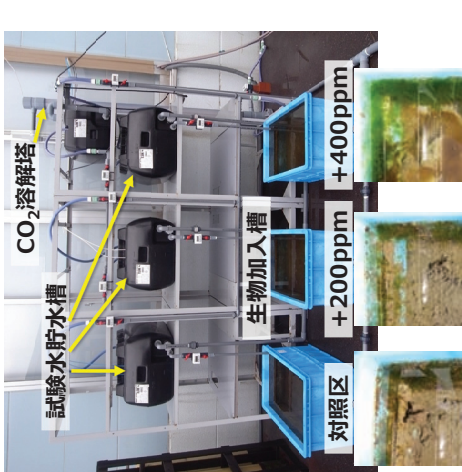
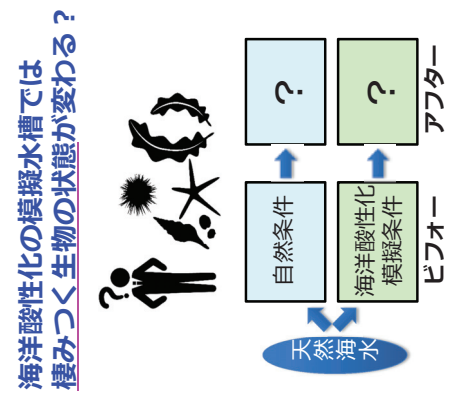
公開研究員 海洋生物環境研究所 © 2015 Marine Ecology Research Institute. No.11

結果例 2 : 石灰化生物 成長試験



公開研究員 海洋生物環境研究所 © 2015 Marine Ecology Research Institute. No.10

現在実施中：生物加入試験



科研費 草器S (H26~31) 課題番号 26220102
「海洋酸性化の沿岸生物と生態系への影響評価実験」
連携：弘前大・琉球大・京大・水研七

公開研究員 海洋生物環境研究所 © 2015 Marine Ecology Research Institute. No.12

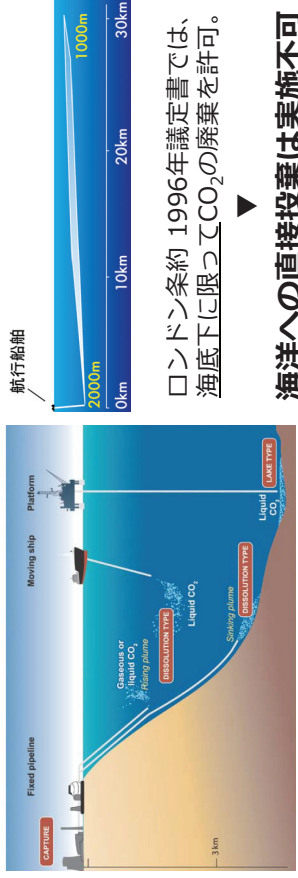
我が国のCCS：苦小牧実証プロジェクト



日本CCS調査株式会社ウェブサイト (2015)
「CCS実証プロジェクト」パンフレットPDF 改定

- ◆ 事業者：経済産業省
- ◆ 2016年度 CO₂圧入開始予定、2020年度の実用化をめざす。

1990年代のCCS検討：CO₂海洋隔離



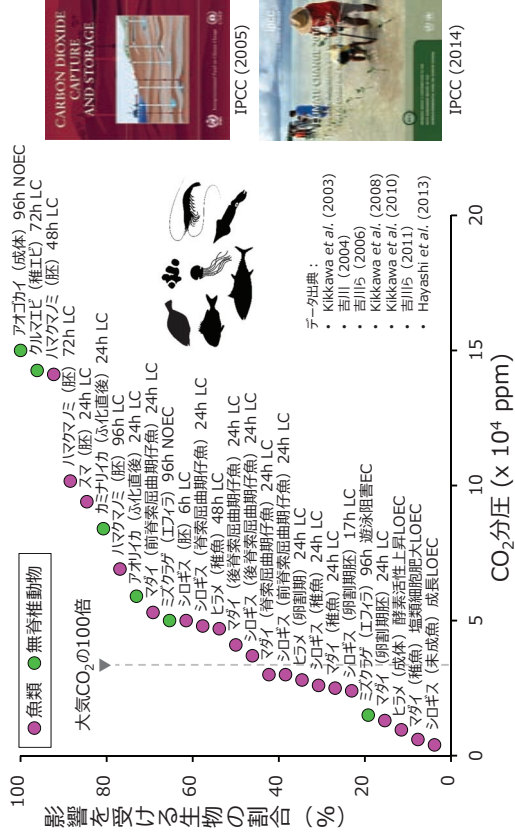
ロンドン条約 1996年議定書では、
海底下に限ってCO₂の廃棄を許可。

海洋への直接投棄は実施不可



CO₂の海生生物影響に関する知見の不足
生物応答試験 着手 (1996~)

当時の生物応答試験の結果例



現在のCCS：生物影響評価

海洋汚染防止法 (海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律)
第十八条の八 特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄をしようとする者は、**環境大臣の許可**を受けなければならない。

1. 許可申請書 (実施計画・監視計画を含む)
2. 海底下廃棄事前評価書
3. 海域選定書
4. 当該特定二酸化炭素ガスが海底下廃棄以外に適切な処分方法がないものであることを証明する書類
5. 申請者が、海底下廃棄実施計画及び海底下廃棄監視計画を適切に実施するに足りる経理的基礎を有することを説明する書類
6. 申請者が、海底下廃棄実施計画及び海底下廃棄監視計画を適切に実施するに足りる技術的能力を有することを説明する書類
7. 全体計画の概要を記載した書面

現在実施中：生物応答試験



重要水産品（ウバカイ）の生残試験

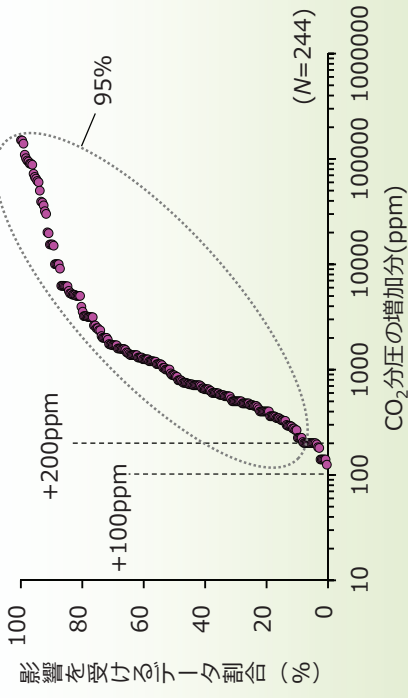


CO₂添加による堆積物中バクテリアの組成変化を追う



海底の生態系における重要な餌生物（クモヒトデ）を使ったCO₂忌避試験

生物影響閾値の設定例



データ出典：
環境省（2013）CO₂濃度上昇によるベントスの「死亡」・「成長阻害」・「再生産阻害」に関する影響，平成25年3月，
https://www.env.go.jp/water/kaivo/ccs/eikyo_db.html

CCS：CO₂検知技術開発



まとめ

海洋酸性化

1. 魚類繁殖試験

親魚産卵～ふ化について、IPCC予測ケースでは負の影響を検出せず。累代積算の影響について試験を実施中。

2. 石灰化生物成長試験

IPCC予測ケースでサンゴ・二枚貝の石灰化が抑制された。温暖化・酸性化に伴う生息域拡大に関する試験等を実施中。

3. 生物加入試験

予備試験を完了し本試験に着手。

生態系影響の解明へ

海底下CCS

1. 生物応答試験

重要水産品目、海底の生態系重要種等を使った試験を実施中。現場実態に合わせた試験生物種の拡大・提案を検討。

2. CO₂検知技術開発

現場海水の炭酸系調査に参画。引き続きデータを蓄積する。

海洋環境影響評価技術の高度化

特別講演

講師紹介



白山 義久

(国立研究開発法人 海洋研究開発機構 理事)

昭和30年東京生まれ。東京大学大学院理学系研究科動物学専攻博士課程修了。理学博士。日本学術振興会奨励研究員、東京大学海洋研究所助手、助教授、京都大学理学部教授、京都大学フィールド科学教育研究センター長を経て、平成23年より海洋研究開発機構理事。専門は海洋生物学。特に小型底生生物（メイオベントス）の生態学、線形・動物・胴甲動物の系統分類学、深海生物の保全生物学などの研究を主に進めてきた。近年は、海洋酸性化の生物影響などの研究も行っている。海洋生物センサス（CoML）プロジェクトでは、科学推進委員会の委員を務めた。現在は、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の生物多様性版といわれる、生物多様性及び生態系サービスに関する政府間プラットフォーム（IPBES）において、多様な領域の専門家からなるパネル（MEP）のメンバーとして、中心的役割を果たしている。

特別講演

持続的利用をめざす海洋のガバナンス

白山 義久

海洋生物の多様性が高いことは、紛れもない事実である。上位の分類群で考えると、海洋にはほぼすべての動物門が生息しているのに対して、陸上に適応できたのはそのうちのごく一部分にすぎない。

一方、海洋環境の悪化は、現在ははっきりと進んでいる。温暖化は着実に進行し、それに伴って、日本の周辺では、造礁サンゴの分布の北限がどんどん北に広がっている。一方、温暖化に伴って、造礁サンゴの白化現象は、以前にもまして頻繁に起こるようになってきており、分布の南限も次第に北に上がってきている。一方で海洋酸性化にともなって、造礁サンゴに好適な分布範囲は、いくらでも北上できるわけではない。その結果、今世紀の末には、日本周辺には、造礁サンゴが生育可能な場所はなくなってしまうかもしれない。

さらに近未来には深海鉱物資源の開発なども始まると予想され、海洋生態系に深刻な影響を出さずに、人類社会が発展し続けるためには、海洋資源の持続可能な開発と利用について、早急にその全体像を議論し始める必要がある。

現在の海域は、大きく EEZ と領海という沿岸国の管轄権が及ぶ範囲と、公海のような管轄権の及ばない領域がある。後者については、基本的に自由にどの国も利用できるというのが原則だが、漁業資源は FAO、海底鉱物資源は ISA という国連の機関が、国際的な合意のもとに管理している。さらに近年では、公海における遺伝資源について、その管理についての議論が国連で始まった。したがって、公海の資源を持続的に利用するための国際的な枠組みは既に存在しているといえる。ただ、近年のサンマの問題に見られるように、漁業資源の管理が必ずしも有効に進められているとは言えず、違法な漁業をどうやって排除するかは、喫緊の課題になっている。

海洋生物の多様性を保全する際に最も有効な手段の一つと考えられているのが、海洋保護区 (MPA) の設定である。名古屋で開催された生物多様性条約 (CBD) の第 10 回締約国会議では、海域の 10% を MPA にするという愛知目標が決められた。我が国で開催された国際会議でもあり、この国際公約を早急に実現しなければならない。

環境省によって、我が国において MPA とは、その利活用において、生物多様性の保全のために有効な何らかの管理が行われている海域と定義されている。そしてこの中には、共同漁業権が及ぶ範囲は含まれると考えられる。

漁業権は、漁業する権利であるが、さらに実態としては他の者がその海域で行うなんらかの行為を規制する権利に実態としてはなっている。この実態は、

開発側にとっては自由を制限しているものだが、海域の環境保全に一定の役割をはたしてきた面もあると言える。しかし、現在の漁業権には、権利だけを主張している面もあり、結果として、持続可能ではない漁業が排他的に行われているケースも少なくない。今後、漁業権は、海域環境をしっかりと管理し、持続可能な漁業を自らの規制の下に行っていく、という付帯的な義務を負うものにしていく必要があるのではないだろうか。

ポスター資料

ポスタータイトル

1. 海生研の調査研究の概要
2. 発電所取放水の影響解明と海域環境保全
 - 2-1 海水温の上昇が海藻と植食動物の関係に及ぼす影響
 - 2-2 温排水が魚類の行動に与える影響の解明
 - 2-3 海域環境モニタリング調査手法の検討
 - 2-4 発電所ビオトープの構築－海岸構造物に形成される藻場の活用－
 - 2-5 発電所環境影響評価と海域生態系（提案）
 - 2-6 干潟域における環境影響評価手法の開発
 - 2-7 発電所取水障害生物の防除を目指して
3. 海洋環境放射能の実態把握
 - 3-1 海洋放射能調査
 - 3-2 福島県及びその近隣県沖海域の海水中の Cs-137 の時系列変化
 - 3-3 福島県及び近隣県沖海域における海底土中の Cs-137 の分布とその変遷
 - 3-4 福島県及びその近隣県沖海域の動物プランクトン中 Cs-137 の時系列変化
 - 3-5 水産生物放射能モニタリング
 - 3-6 放射性物質汚染による海産物の出荷規制
4. 微量化学物質の実態把握と影響予測
 - 4-1 水産物への化学物質の蓄積実態の把握
5. 海洋の温暖化・酸性化が海生生物に及ぼす影響解明
 - 5-1 海洋生物に対する高 CO₂ の影響
 - 5-2 サンゴ飼育技術の高度化に関する研究
6. その他の研究
 - 6-1 深海生物の飼育技術と試験法の検討
 - 6-2 洋上風力発電施設から放出される水中音が海生生物に及ぼす影響
 - 6-3 紅藻サンゴモ類の生物・遺伝的多様性
 - 6-4 脳波に基づく魚類の睡眠測定技術の開発

1. 海生研の調査研究の概要

海生研は1975年（昭和50年）12月に水産業界と電力業界の要請を受けて誕生し、発電所取放水の海生生物・環境への影響の解明を基本として、環境放射能調査や化学物質の影響実態など沿岸環境の保全に役立つ調査を行ってきました。

◎ **野外調査** 100を超える沿岸海域を研究フィールドとしてきました。

📍 : 発電所関係の調査 📍 : その他の調査 🟡 : 環境放射能調査海域



発電所モニタリング調査手法の検討



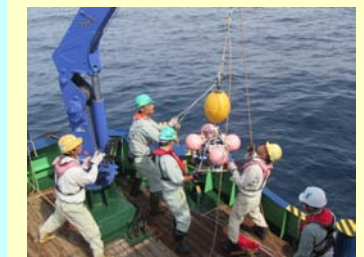
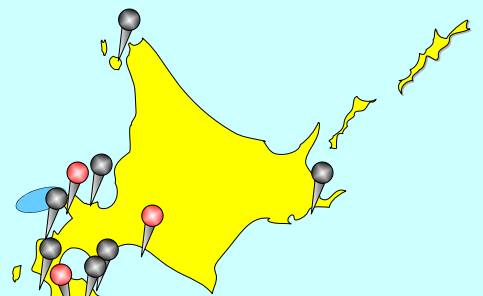
魚類の温排水への行動反応の野外試験



発電所の人工リーフへの海藻の入植過程の把握



実証試験場



海底下CCS（CO₂分離回収貯留）の支援



干潟等の生態系の環境影響評価手法の検討



発電所の付着生物対策の支援

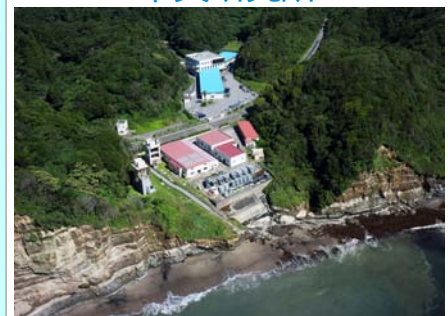


海水・海底土・水産物の放射能測定



クラゲの発生予測の基礎的検討

中央研究所



◎ 室内実験

豊富な海水を利用して様々な海生生物を飼育し、これらを用いた室内実験を行っています。

● 飼育・試験施設

中央研究所（千葉県御宿町）

外房海域の清浄な海水を利用した飼育試験施設があります。



実証試験場（新潟県柏崎市）

実際の温排水と自然海水の両方を利用できる飼育試験施設があります。



● 試験生物の飼育

健全な試験生物を安定供給するための飼育技術開発を行っています。

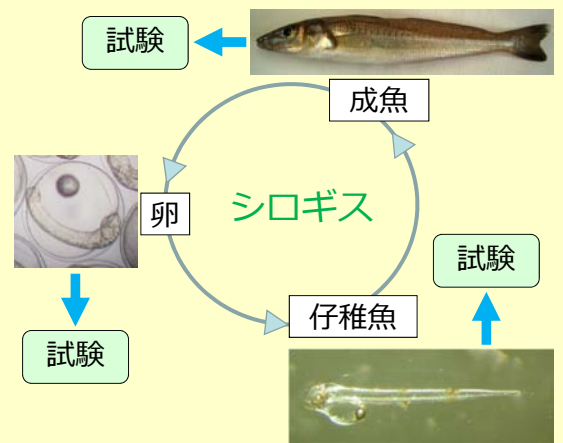
これまでの飼育実績

海藻、動植物プランクトン、甲殻類、貝類、魚類等、**110種類以上**の生物を飼育した技術を保有しています。



計画生産

成熟産卵制御や継代飼育技術によって、実験の実施時期に合わせて、必要な大きさ・発育段階の生物を供給することができます。



希少種の飼育繁殖

試験生物の飼育繁殖技術を応用して、絶滅危惧種のアオギス、ミヤコタナゴの継代飼育を行っています。



サンゴ・深海生物の飼育

海洋酸性化や海底資源開発による生物影響の検討のための試験生物として、サンゴや深海生物の飼育にも取り組んでいます。



● 実験

海生生物を対象とした様々な実験を、独自に開発した試験装置等を用いて、精緻な条件下で実施しています。



実験風景 ①温度影響試験（海藻）、②貧酸素耐性試験（魚類）、③CO₂影響試験（魚類）、④有害化学物質影響試験（魚類）、⑤塩素影響試験（イガイ）、⑥放射性物質移行試験（魚類）

◎ 成果の普及と活用

研究成果は、学会での発表・学会誌への投稿のほか、海生研研究報告、広報誌（海生研ニュース）、ウェブサイトなどで紹介しています。

また、発電所や海生生物の生態などに関する知見の収集と問い合わせへの対応（中央研究所のデータライブラリー）、海や温排水についての一般向けの情報展示（実証試験場の温排水資料展示館）、国内外メディアの取材への対応も行っています。



海生研の広報誌・研究報告



温排水資料展示館
（実証試験場）



水産物の放射性物質調査
に関するメディアの取材

◎ 地域との関係

これまでに蓄積してきた調査研究成果を活用して地元自治体等の要請に応えることにより、地域とのつながりを大切にしています。

● 研究所一般公開

中央研究所では御宿町主体の「御宿まるごとミュージアム」などの一環として、また、実証試験場では柏崎市・荒浜町内会・新潟漁協柏崎支部荒浜分会の後援で研究所の公開を行っています。



御宿まるごとミュージアム



楽多商人のゼミナール



実証試験場特別公開

● 環境学習、職場体験

市民を対象とした環境学習活動、職場体験学習等に協力しています。



- ① 中央研究所に来所した市民グループへの放射能の説明、② 中学生の職場体験、
③ 青少年のための科学の祭典 柏崎刈羽大会

● 重要な生物の保護・増殖

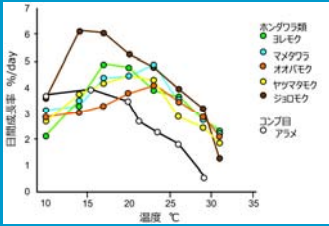
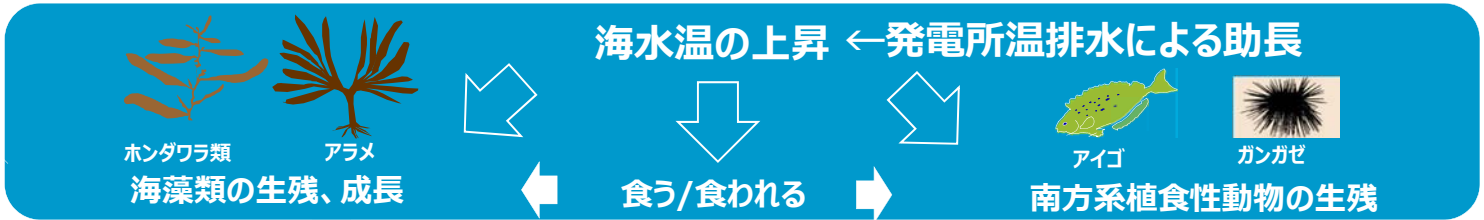
地域に生息する希少な生物（ミヤコタナゴ）や重要な水産有用生物（マダカアワビ、サケ等）の保護・増殖に協力しています。



- ① ミヤコタナゴ生息地観察会（中央研究所）、② マダカアワビの蓄用（中央研究所）、③ サケの遡上調査（実証試験場）

2-1 海水温の上昇が海藻と植食動物の関係に及ぼす影響について

発電所温排水が沿岸生物群集に与える影響を予測するため、植食性動物であるアイゴ・ガンガゼと海藻類のアラメ、ホンダワラ類それぞれの生活史と、それらの種間の食う、食われるの関係に及ぼす温度影響を実験的に検討しました。



海藻類各種の温度と日間成長率の関係

- 成長適温上限 アラメ：20℃、ホンダワラ類：20～23℃ それを超える高温側で成長率は顕著に低下

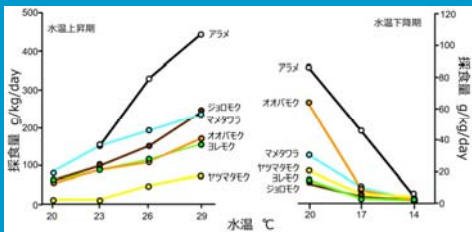
アイゴの最終致死温度

| 成長段階 | 馴致温度 (°C) | 体重 (g) | 全長 (cm) | 最終致死温度 (°C) |
|--------|-----------|--------|---------|-------------|
| アイゴ 稚魚 | 14.0 | 5.7 | 7.9 | 9.6 |
| 成魚 | 13.9 | 177.1 | 23.6 | 9.6 |

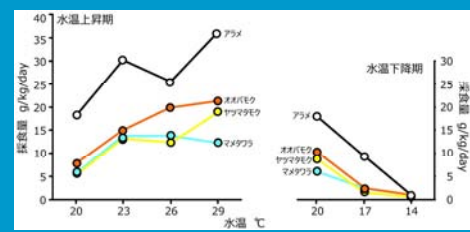
ガンガゼの最終致死温度

| 成長段階 | 馴致温度 (°C) | 体重 (g) | 殻径 (cm) | 最終致死温度 (°C) |
|---------|-----------|--------|---------|-------------|
| ガンガゼ 成体 | 15.0 | 100.0 | 57.0 | 9.3 |

- 低温側の最終致死温度 アイゴ：9.6℃、ガンガゼ：9.3℃



アイゴの海藻類採食量と水温の関係



ガンガゼの海藻類採食量と水温の関係

- アイゴとガンガゼの海藻採食量は、14～29℃において水温上昇に従って活発化する。14℃ではほとんど食べない。

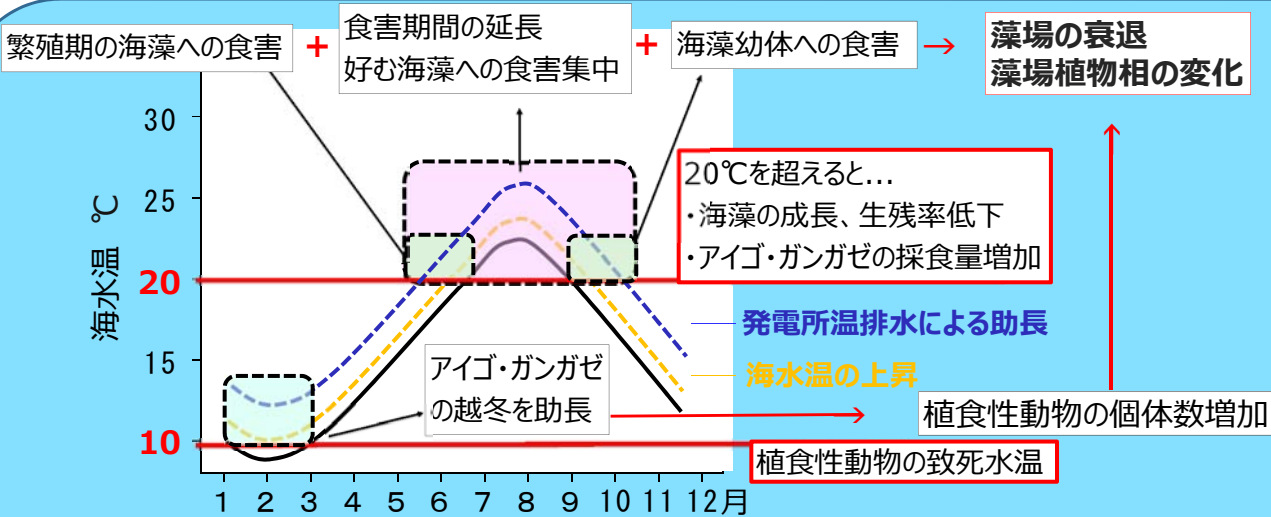
アイゴの海藻類に対する選択性順位

| 試験期 | 水温 | 選択性順位 |
|-----|-----|---------------------------------------|
| 4月 | 20℃ | ジョロモク > マメタワラ > ヤツタタモク > オオバモク > ヨレモク |
| | 23℃ | ジョロモク > マメタワラ > ヤツタタモク > オオバモク > ヨレモク |
| 5月 | 23℃ | ジョロモク > マメタワラ > ヤツタタモク > オオバモク > ヨレモク |
| | 26℃ | ジョロモク > マメタワラ > ヤツタタモク > オオバモク > ヨレモク |
| 6月 | 26℃ | ヤツタタモク > マメタワラ > ジョロモク > オオバモク > ヨレモク |
| | 29℃ | ヤツタタモク > マメタワラ > ジョロモク > オオバモク > ヨレモク |

ガンガゼの海藻類に対する選択性順位

| 水温 | 選択性順位 |
|---------------|------------------------|
| 水溫上昇期 (海藻は成体) | |
| 20℃ | マメタワラ > ヤツタタモク > オオバモク |
| 23℃ | マメタワラ > ヤツタタモク > オオバモク |
| 26℃ | マメタワラ > ヤツタタモク > オオバモク |
| 29℃ | マメタワラ > ヤツタタモク > オオバモク |
| 水溫下降期 (海藻は幼体) | |
| 20℃ | マメタワラ > ヤツタタモク > オオバモク |
| 17℃ | マメタワラ > ヤツタタモク > オオバモク |

- アイゴ、ガンガゼとも海藻に対する明確な選択性がある。選択性に水温の影響は認められない。
- アイゴは海藻の成熟状況で選択性順位が変動する。ガンガゼは海藻の発育段階で選択性順位に変動は見られない。



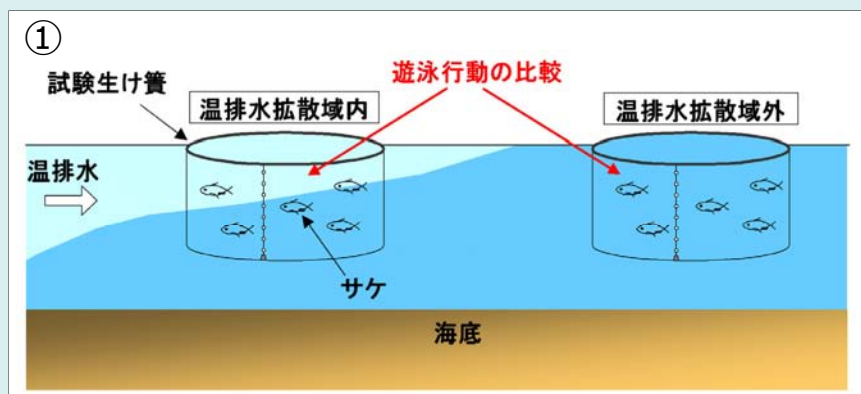
本試験の結果から予想される海水温の上昇が海藻と植食動物の関係に及ぼす影響

※経済産業省からの委託事業として当所が実施した「平成23年度火力・原子力関係環境審査調査（温排水生物群集影響調査）」 (http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2012fy/E002101.pdf) を加工して作成

2-2 温排水が魚類の行動に与える影響の解明

海生研では、設立以来、発電所の取放水が海の生物に与える影響の解明および予測・評価のための調査研究を行っています。ここでは、温排水による海水温度の上昇が、遡上期のサケの行動に与える影響を解明するために実施した野外実験についてご紹介します。

発電所前面の温排水が放出されている海域に大型の生け簀を設置し、その中にサケを収容して、温排水による海水温度の上昇に対して、どのような行動反応を示すかを確認しました。

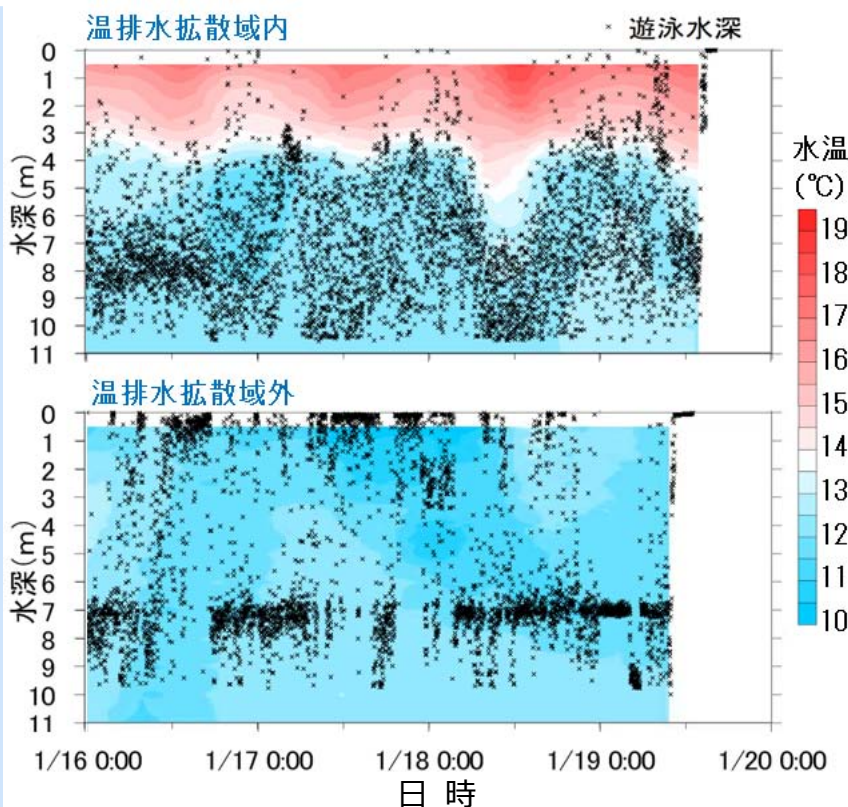


① 野外実験のイメージ、② 水深・水温計を装着したサケ、③ 実験に用いた生け簀

生け簀内の水温分布のデータとサケの遊泳水深のデータを重ね合わせることによって、サケの行動と水温の関係を検討しました（右図）。

サケは、表層付近の温排水によって水温が上昇している層（右図の赤っぽい範囲）よりも深い、水温の低い層を主に遊泳しましたが、時折海面付近まで浮上する行動（河川水を探索する行動と思われる）が見られました。

この実験結果に基づき、温排水がサケの行動に及ぼす影響を予測するための資料として、サケが好む温度、避ける温度を推定しました。



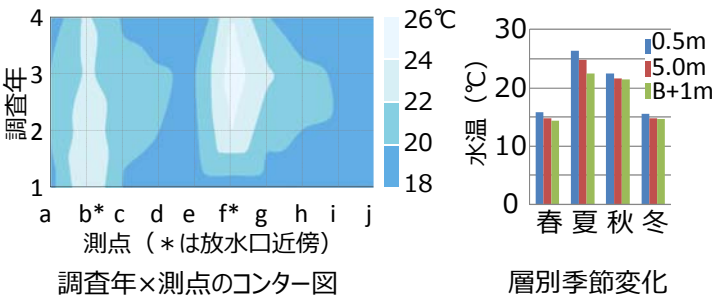
生け簀内の水温（色分けして表示）とサケの遊泳水深（×）の測定例

合理的な海域調査手法を検討するとともに、海域環境モニタリング調査（環境監視）の基本的な考え方をまとめました。

モニタリング調査データの解析

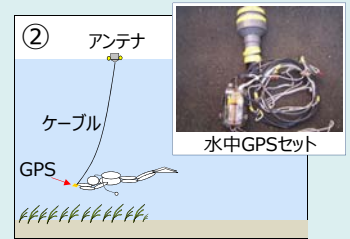
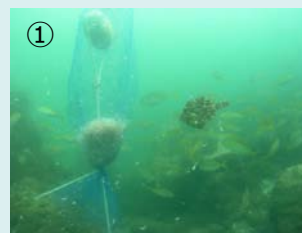
全国各地の発電所でこれまでに実施されたモニタリング調査結果のデータを収集・解析することによって、各調査項目の変化の特徴を把握し、海域特性にあわせた調査項目の選択や調査手法の検討に役立てました。

表層水温の解析（時空間的変化の把握）例



調査手法の検討

重点化すべき調査項目について、新しい技術を導入した手法を用いて実際に調査を実施し、合理的な調査手法を検討しました。



現地調査の例
① 餌で誘引する魚等の遊泳動物調査、② 水中GPSを用いた藻場分布調査③ 曳航式測機を用いた水温・流況調査

モニタリング調査の基本的な考え方

調査項目の選定の仕方や調査の実施方法等、モニタリング調査の基本方針をとりまとめました。生物項目については移動性の小さい生物群を原則調査の対象とし、その他の生物群については必要に応じて調査対象とすることとしました。なお、この「基本的考え方」は、「発電所に係る環境影響評価の手引」（平成27年7月）に参考資料として掲載されました。

表 海域環境モニタリング調査項目の選定の考え方

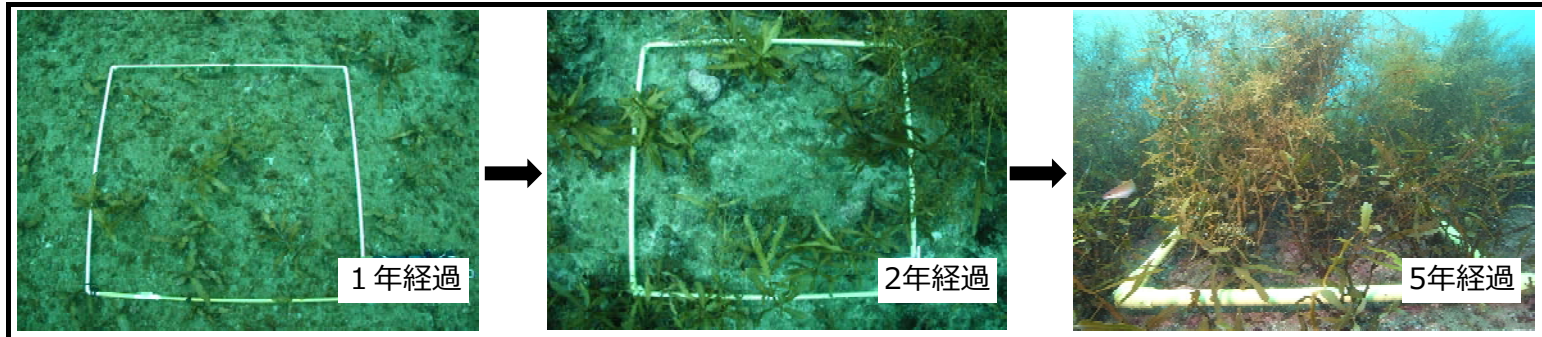
| 環境要素の区分 | | 選定の考え方 | |
|----------------|------------|--------|---|
| 水環境 | 水温・塩分 | ○ | 温排水に関連する基本的な環境要素である。 |
| | 水質 | ○ | 海生生物の生息・生育環境として基本的な環境要素である。 |
| | 底質 | ○ | 海生生物（特に底生生物）の生息・生育環境として基本的な環境要素である。 |
| | 流況 | ○ | 地形改変等による流況変化、温排水の拡散状況に関連する基本的な環境要素である。 |
| 海域に生息する動物植物 | 魚等の遊泳動物 | △ | 社会の関心が高いため、主要な種への影響が懸念される場合は、調査方法を十分検討の上、調査を実施する。 |
| | 潮間帯生物（動植物） | ○ | 定着性が強く、環境変化に対応した出現状況を示すため、発電所影響を検討する上で重要な生物群である。 |
| | 海藻草類 | ○ | 定着性で環境変化に対応した出現状況を示すため、発電所影響を検討する上で重要な生物群である。 |
| | 底生生物（動物） | | |
| | ①マクロベントス | ○ | 定着性が強く、環境変化に対応した出現状況を示すため、発電所影響を検討する上で重要な生物群である。 |
| 動植物 | ②メガロベントス | △ | 社会の関心が高いため、主要な種への影響が懸念される場合は、調査方法を十分検討の上、調査を実施する。 |
| | 動植物プランクトン | △ | 海水交換の乏しい海域において出現状況の変化が懸念される場合は、調査の方法を十分検討の上、調査を実施する。 |
| | 卵・稚仔 | △ | 社会の関心が高いため、主要な種への影響が懸念される場合は、調査方法を十分検討の上、調査を実施する。 |
| 干潟 | 干潟 | △ | 調査範囲内に1ha以上の規模の干潟が存在する場合は、調査の方法等を十分検討の上、調査を実施する。 |
| 藻場 | 藻場 | △ | 調査範囲内に1ha以上の規模の藻場が存在する場合は、調査の方法等を十分検討の上、調査を実施する。 |
| サンゴ礁 | サンゴ礁 | △ | 調査範囲内に0.1ha以上の規模の造礁サンゴ群集が存在する場合は、調査の方法等を十分検討の上、調査を実施する。 |
| 重要な種及び注目すべき生息地 | | △ | 重要な種及び注目すべき生息地への影響が懸念される場合は、調査の方法等を十分検討の上、調査を実施する。 |

○：モニタリング調査の対象とすることが望ましい項目，△：モニタリング調査の対象とするか検討を要する項目

※経済産業省からの委託事業として当所が実施した「平成25年度発電所環境モニタリング手法検討調査報告書」
(http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2014fy/E004248.pdf) を加工して作成

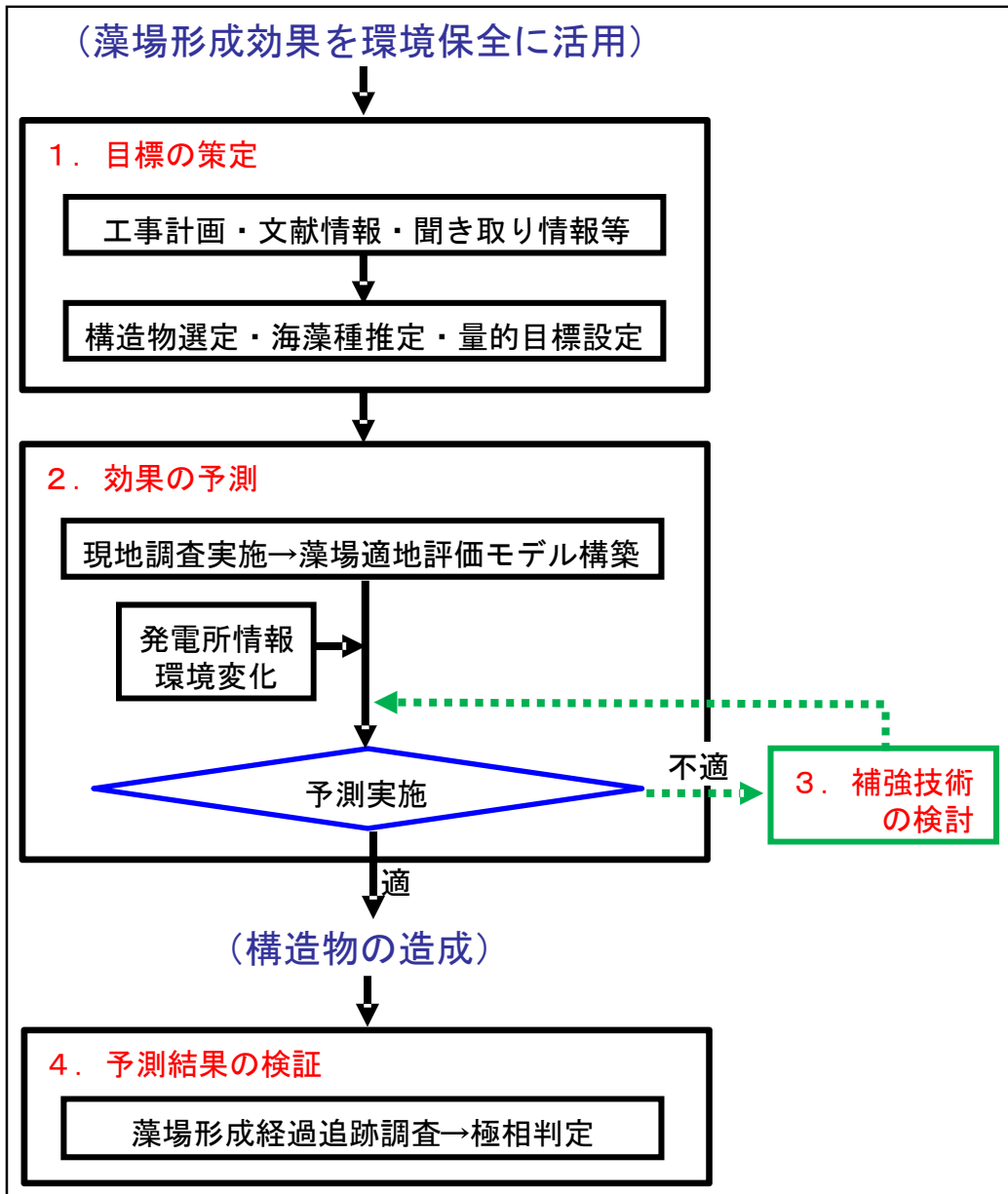
2-4 発電所ビオトープの構築 － 海岸構造物に形成される藻場の活用 －

発電所立地に伴う海岸工事によって、藻場の消失が懸念されますが、完成後の護岸等の海岸構造物には藻場が形成されることがあり、代償的な環境修復効果が期待されます。このような藻場形成を環境保全に活用するための技術的検討を行い、活用手順を提案しました。



海岸構造物に形成された藻場の一例

◎ 活用手順



1. 目標の策定

既往知見に基づいて、海岸構造物の選定と藻場海藻種の推定を行い、量的な目標を策定します。

2. 効果の予測

現地調査を実施した結果から、藻場と環境要因の関係の数理モデルを作成します。このモデルに発電所情報を入力して、藻場の定量的な予測を行います。

3. 補強技術の検討

効果の予測結果が目標を満たしていない場合は、構造物の付帯工事や種苗移植など補強技術の適用を検討し、効果を再予測します。

4. 予測結果の検証

工事中ないしは完成後から藻場が安定した状態（極相）になるまで、藻場形成の過程を追跡調査し、予測結果の検証を行います。

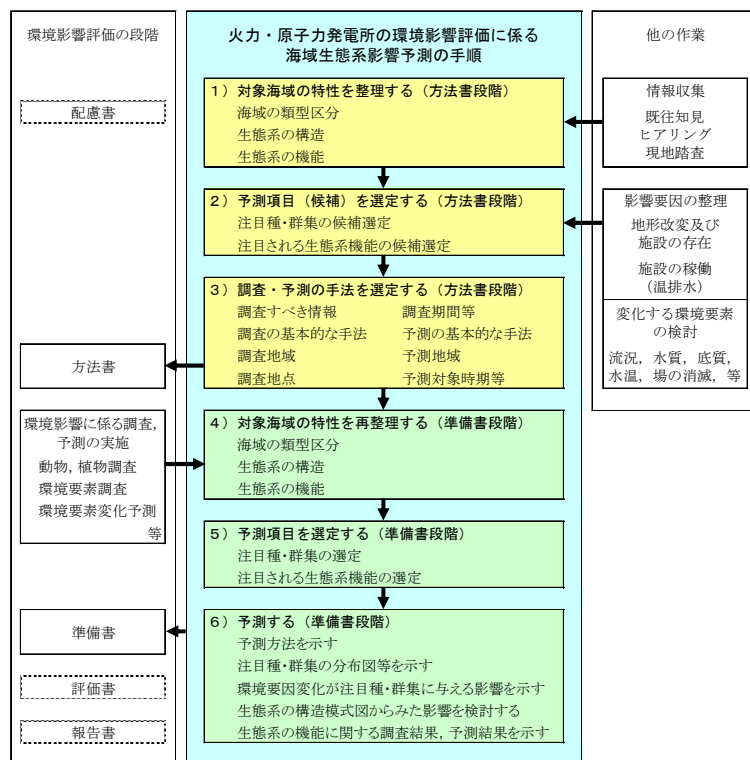
2-5 発電所環境影響評価と海域生態系（提案）

海域生態系の調査・予測が求められた場合に必要となる影響予測の手順について、基本的な考え方をとりまとめ、ケーススタディーを実施しました。

基本的な考え方と予測手順

発電所立地が海域生態系に及ぼす影響を予測するためには、対象海域生態系の構造や機能等を整理した上で、その生態系の特徴をよく表し、影響を受けると想定される注目種・群集等について、植物、動物等、他の調査、予測結果を最大限利用して必要事項を予測することを提案しました。

なお、海域特性や市民意見等を考慮した上で、必要と判断される場合には生態系の機能を予測することもあり得ると考えられます。



海域生態系影響予測の手順（案）

ケーススタディー

主に机上検討で作成した予測手順の現実的な適用性を検討するために、藻場のある海域、干潟のある海域、サンゴが生息する海域のそれぞれにおいてケーススタディーを実施しました。

この過程で得られた問題点や解決法等は、基本的な考え方や予測手順に反映されています。

とりまとめ

基本的な考え方を含む予測手順、それぞれのケーススタディーは、海生研研報第17号に取りまとめましたので、ご参照ください。



ケーススタディーの海域と注目種・群集

- ①藻場のある海域の航空写真と藻場（緑はアマモ場、オレンジはアラメ、ホンダワラ場、長崎県）、②アラメ、③ホンダワラ類、④アマモとメバル、⑤マダイ、⑥干潟のある海域（大分県）、⑦オゴノリ、⑧マテガイ、⑨コマツキガニ、⑩アオギス、⑪サンゴが生息する海域（高知県）、⑫ミドリイシ類、⑬シコロサンゴ、⑭トゲチョウチョウウオ、⑮ソラスズメダイ

多くの生き物が生息する干潟域周辺において、発電所等の立地が予定される場合に環境負荷を予測するための評価手法の開発に取り組んでいます。

◎ 干潟域での調査手法の検討

予測評価を実施するために、干潟域における調査手法を検討するとともに干潟に生息する生物のデータや環境のデータを取得しました。

干潟で実施した現地調査



分析用の泥のサンプリング



調査海域の等水深図

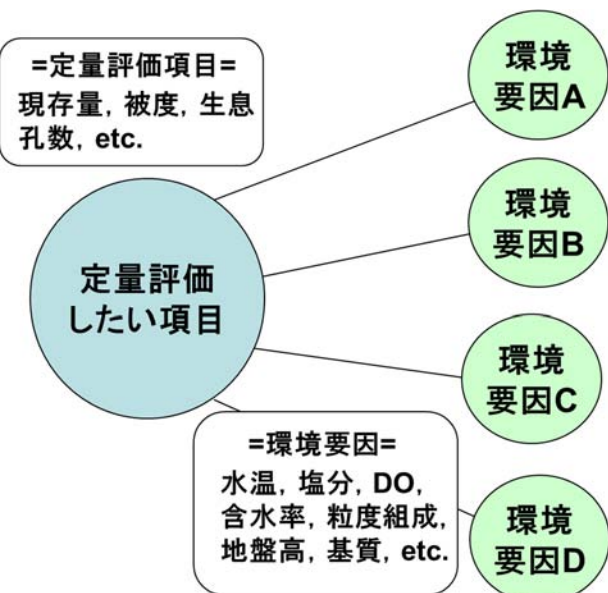


カメラを用いた生態把握

◎ 干潟域に生息する生物予測モデルの開発（ヤマトオサガニを例として）

現地調査で取得したデータを基に、日本に広く分布するヤマトオサガニの巣穴の密度と環境要因の関係を解析し、どのような環境の場所に本種が多く分布するか予測評価を行いました。

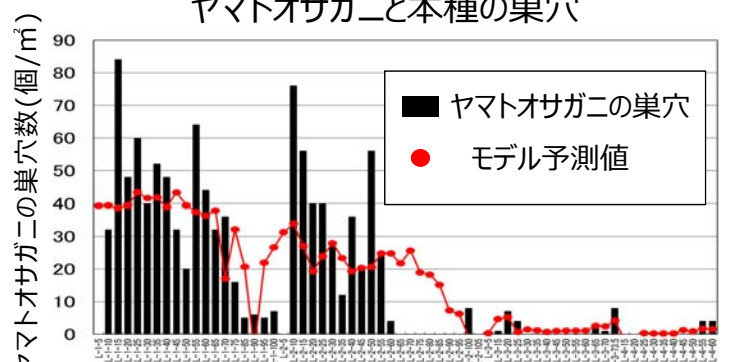
調査データを用いた予測評価



予測モデルの概念図



ヤマトオサガニと本種の巣穴



予測モデルによる評価結果

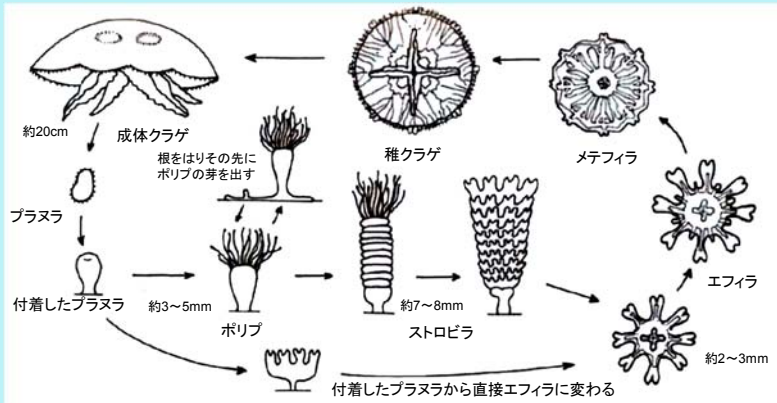
干潟での調査測点

2-7 発電所取水障害生物の防除を目指して

クラゲ等の流入やイガイ等の付着により冷却水取水経路が目詰まりや狭窄を起こすと、冷却水不足による運転停止等の事態に陥る場合があります。これら取水障害生物の防除について調査・研究を実施しています。

◎クラゲ来遊予測法の開発

内湾域で優占するミズクラゲについて、その初期形態であるポリプ（付着生活）およびエフィラ（浮遊生活）の生息状況を調べ、発電所でのクラゲ処理量との関係、それらの遺伝子解析等により、長期的な来遊予測法の開発・実用化に向けた検討を行ってきました。



ミズクラゲの生活史（稗田・大塚、1992一部改変）

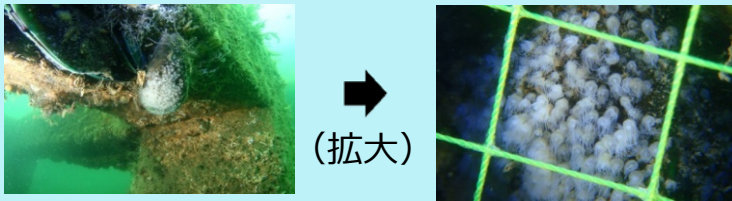


クラゲが発生していると推測される海域（■）、モニター地点（●）および発電所の位置（●）

ポリプ個体数とクラゲ処理量との関係

| 発生海域 (ポリプ 個体数) | 発電所(クラゲ 処理量) | | |
|-------------------|--------------|-------|------|
| | 名古屋港 | 伊勢湾 | 三河湾 |
| 高潮防潮堤 | 0.92 | 0.76 | 0.30 |
| 荻屋漁港 | -0.12 | -0.29 | 0.76 |
| 小浜地区 | 0.21 | -0.24 | 0.64 |

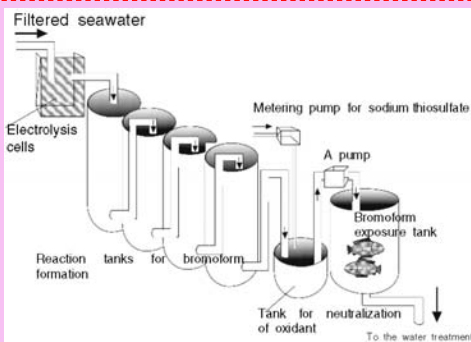
平成14~21年度の結果



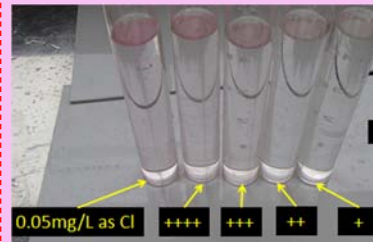
ポリプの生息状況

◎汚損生物の付着防止対策

取水海水システムへの塩素注入は、海水の電気分解を用いて安全かつ容易に運用可能で、低濃度の残留塩素で生物付着防止に有効です。しかし、昨今の環境問題への意識の高まりから、周辺の環境・生物影響への配慮が求められています。



塩素の影響検討試験



残留塩素試薬の誤発色問題



発電所停止中に塩素試薬が発色した例

海生研では、塩素注入のリスクや効果、運用上の問題等について長年にわたり検討を重ね、周辺海域への影響、注入量とその効果に関する基礎データを蓄積してきました。

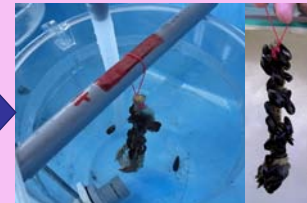
- ・通常の運用濃度では、周辺海域の生物への影響はごく軽微
- ・水道水の1/3以下の低濃度の連続注入により十分な防汚効果あり

また、これまで技術的、社会的問題から塩素注入に慎重であった海域での導入支援として

- ・海域特性や生物特性を踏まえたリスクの検討、評価
- ・注入前後のモニタリングの計画策定、実施、評価等について協力してきました。



現場を模擬した飼育試験装置



イガイ類の付着力評価

3-1 海洋放射能調査

全国の原子力発電所の周辺等における漁場環境の安全性を見守るため、放射能調査を昭和58(1983)年度から開始し、国が実施する海洋環境放射能総合評価の基礎資料を取りまとめています。

○調査海域及び試料採取

全国にある原子力発電所等周辺海域（計15海域）及び青森県六ヶ所村にある核燃料サイクル施設沖合海域の主要漁場を対象としています。



大型採水器による採水作業



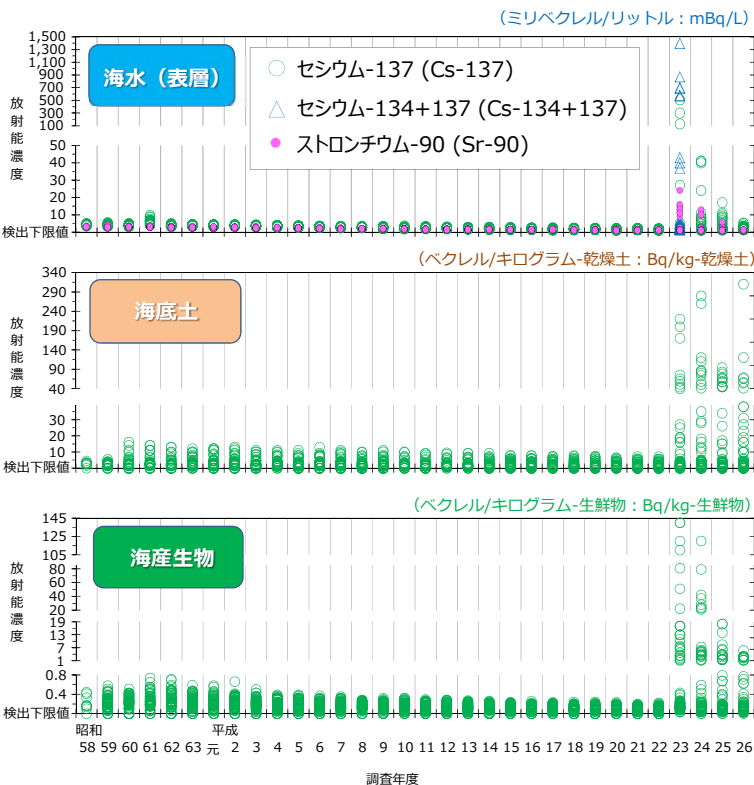
採泥器による採泥作業



海産生物の全長体重測定

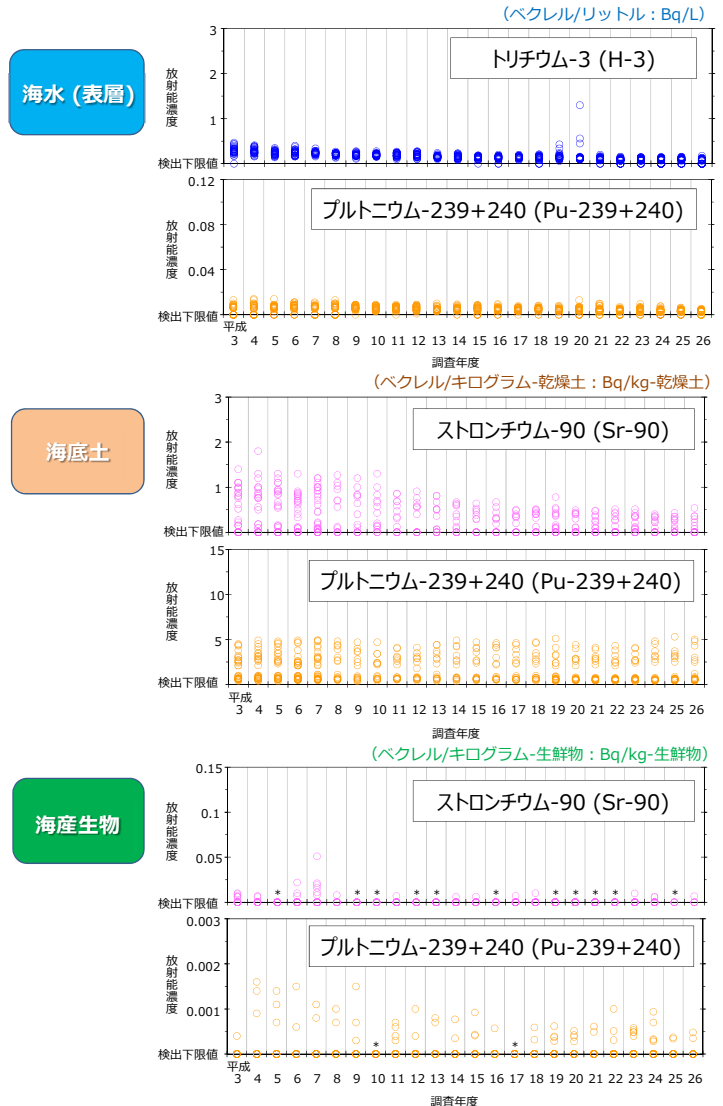


海産生物の前処理作業



原子力発電所等周辺海域の放射能濃度

東電福島第一原発事故に由来する主要な放射性核種の一つがCs-137です。平成26年度に実施した海洋放射能調査では、Cs-137濃度について、宮城、福島及び茨城海域を中心に、事故前の過去5年間（平成18～22年度）の測定値を上回る試料が確認されました。なお、これらの海域での各試料の濃度は、事故直後に最大値をとりましたが、その後は継続して低下しています。



核燃料サイクル施設沖合海域の放射能濃度

核燃料サイクル施設沖合海域では、その他の核種として、H-3、Sr-90、Pu-239+240も測定しましたが、東電福島第一原発事故の影響は見られませんでした。

3-2 福島県及びその近隣県沖海域の海水中のCs-137の時系列変化

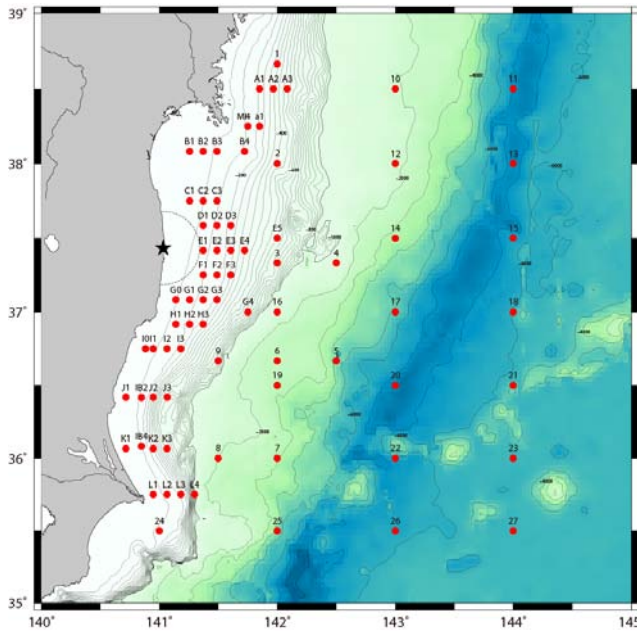
2011年3月11日に発生した東電福島第一原発の事故に伴い、放射性物質が海洋環境へ放出されました。これら放射性物質の濃度レベルや拡散状況について最新の情報を得るため、東電福島第一原発周辺の海域での放射性核種モニタリング（特にCs-137 *を中心に）を事故直後から現在まで継続して行っています。

* Cs-137は事故後、環境へ放出された放射性核種の中で、放出量が多く半減期も約30年と長いため、継続的なモニタリングが必要な核種の一つです。

○観測点及び試料採取



海洋調査船

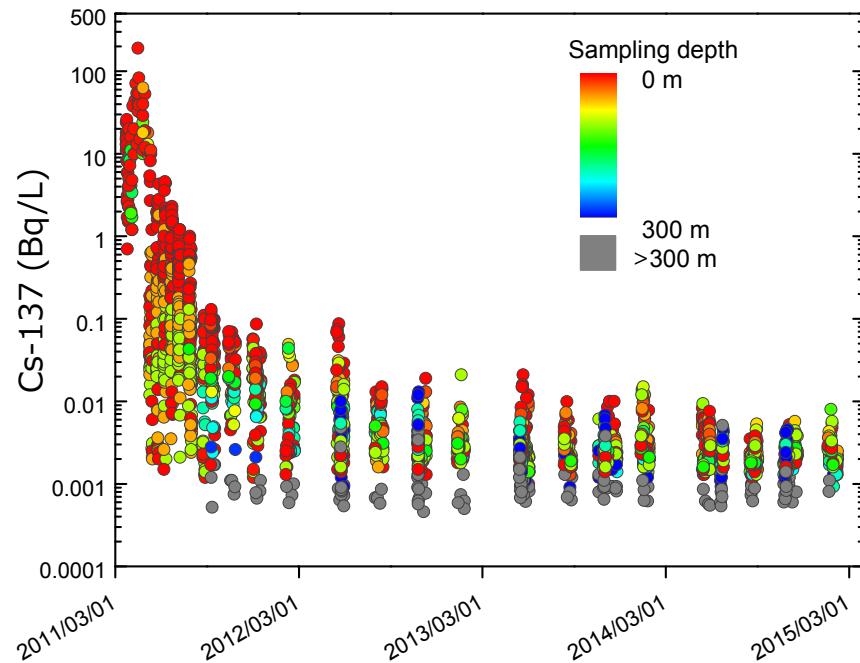


試料採取点 東電福島第一原発の30km圏（点線）外



採水器による表層から底層まで試料採取

○事故後の海水中のCs-137濃度



30km圏外の海水中の放射性セシウム（Cs-137）濃度の事故後からの時系列

30km圏外における海水中のCs-137濃度は、事故直後の2011年4月に最大の186Bq/Lを海洋表層で観測しました。その後、各水深の濃度には減少傾向が認められましたが、2012年10月以降は濃度に下げ止まりが見られました。事故以前5年間の表層水の濃度範囲（0.0011～0.0024Bq/L）と比較すると、表層水にこの範囲を超える値がみられます。

注1：中・深層水において事故前の濃度範囲以下の数値があるのは、事故後は検出下限値を下げて測定を行ったため、低濃度でも検出できたことによります。

注2：海中では事故以前よりも高いCs-137が観測されていますが、極めて低いレベルですので、人体や海産物に影響を与えるほどではありません。

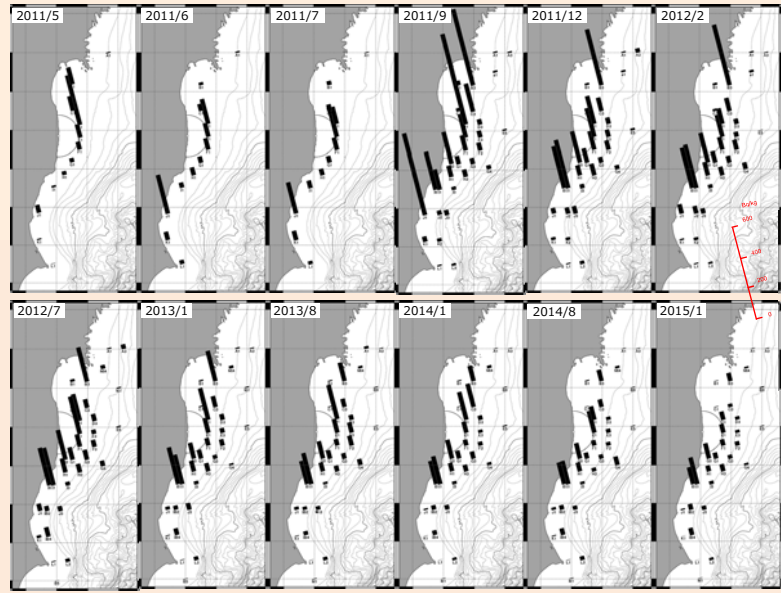
※原子力規制庁からの委託事業として当所が実施した「平成26年度原子力施設等防災対策等委託費（海洋環境における放射能調査及び総合評価）事業」の委託業務成果報告書をもとに作成

3-3 福島県及び近隣県沖海域における海底土中のCs-137の分布とその変遷

東電福島第一原発事故直後より、宮城、福島、茨城及び千葉県沖において海底土表層の放射性核種のモニタリングを行っています。

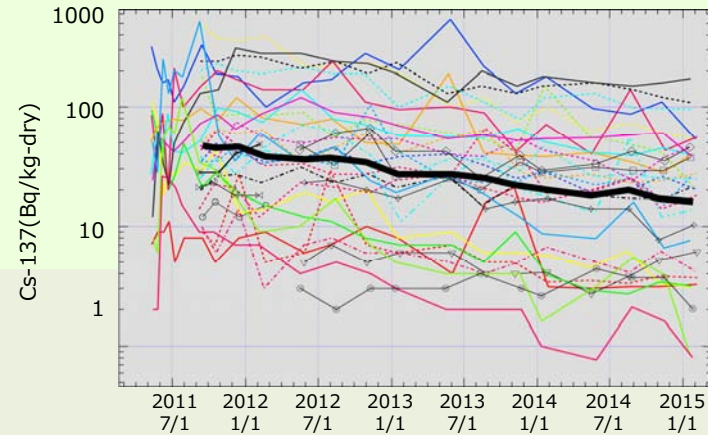
○ 水平分布

2011年5月、北部で高い濃度が出現し、その後茨城県沖に高濃度が観測されています。2011年5月以後、北の高濃度域は徐々にその濃度を減少させました。茨城沖は2011年の時点よりも濃度は低いものの、現在でも比較的高い濃度を保っています。



海底土表層（0 - 3 cm）におけるCs-137の水平分布

○ 時系列変化

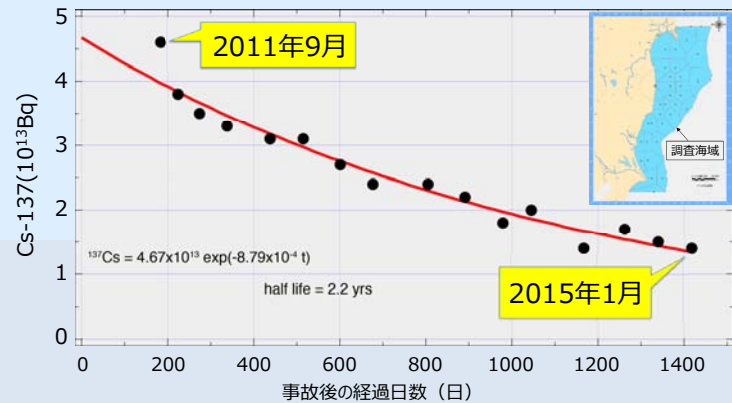


海底土表層のCs-137時系列変化
 黒太線：幾何平均濃度
 細線：各観測地点の濃度

Cs-137は観測開始の2011年5月より上昇し、同年9月頃にピークに達しました。それ以後、減少傾向を示しています。2011年9月から2015年1月までの3年半の間に幾何平均濃度(黒太線)は約1/3になりました。

○ 存在量の時系列変化

調査海域の海底土表層には2011年9月には 4.5×10^{13} BqのCs-137が存在しました。それ以降、存在量は2.2年で半減する割合で減少しています。海底土が再懸濁し、それが沖合に運ばれていると考えられます。



海底土表層に存在するCs-137の総量の変遷

海底土のCs-137は生態系に悪影響を及ぼすレベルではありませんが、依然事故前のレベルには戻っていません。今後もモニタリングを継続して行う必要があります。

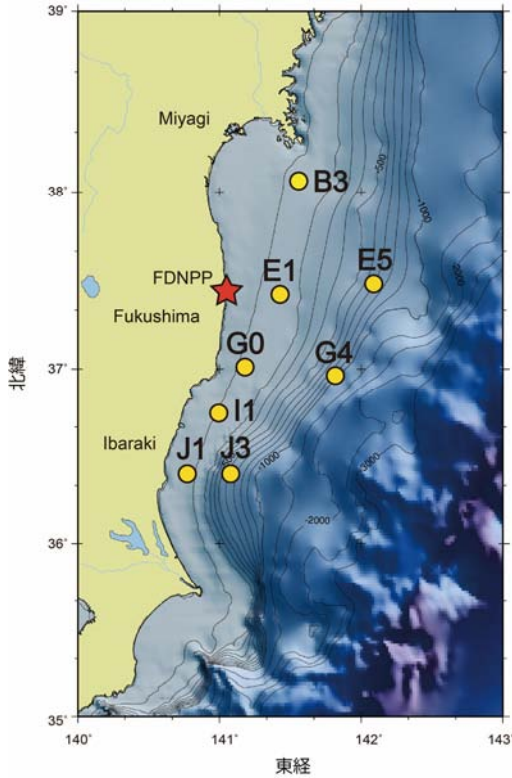
3-4 福島県及びその近隣県沖海域の動物プランクトン中Cs-137の時系列変化

海洋環境における動物プランクトン中のCs-137の挙動を解明するため、福島県およびその周辺の沖合海域において、調査を行っています。

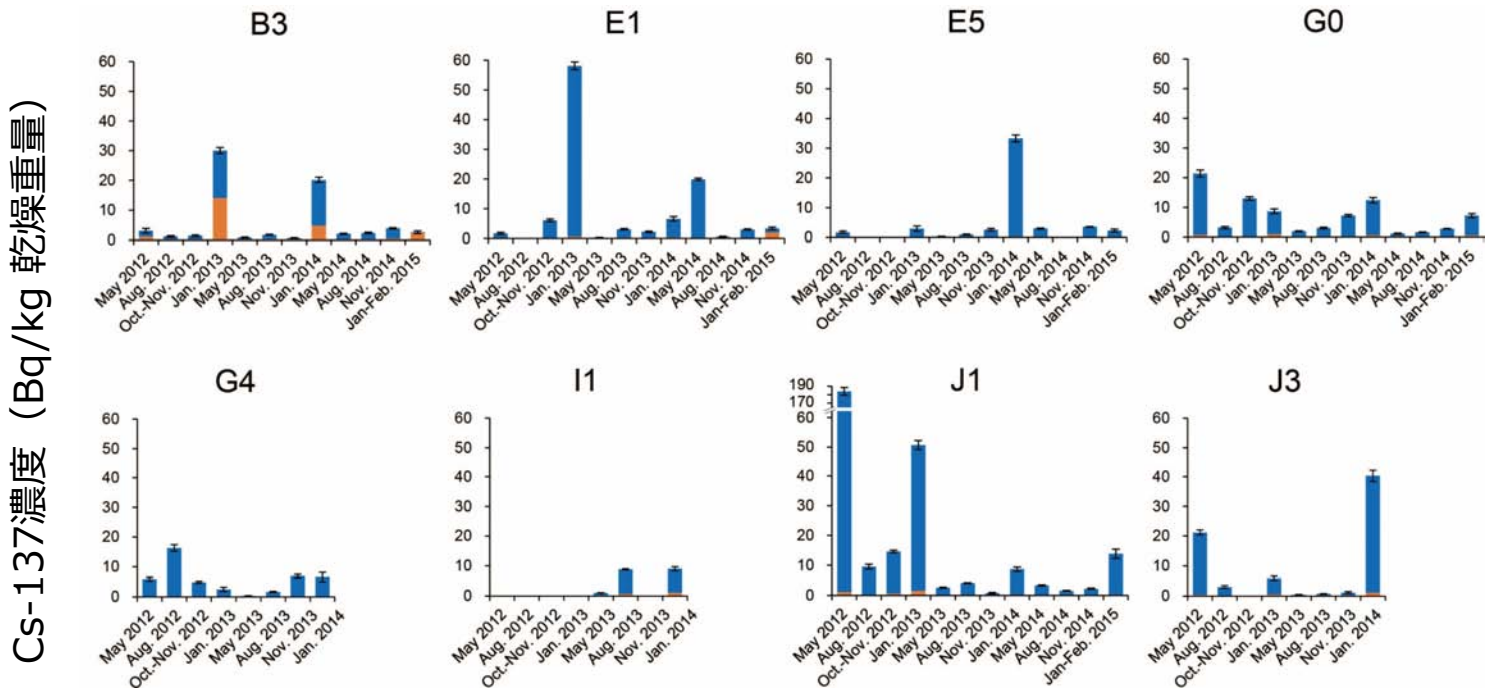
○動物プランクトン中Cs-137の時系列変化

動物プランクトン中のCs-137濃度は2012年5月から2015年2月までの期間に0.26-184 (Bq/kg-乾燥重量) の範囲で変化しました。2015年2月の濃度は2.29-13.8 (Bq/kg-乾燥重量) の範囲で、年々減少傾向にあります。事故前に東北地方沿岸で報告された濃度 (0.09-0.4 Bq/kg-乾燥重量、Kaeriyama *et al.*, 2008) より依然として1-2桁高い値を示しました。

海水、海底土それぞれのプランクトン中Cs-137に対する寄与を計算したところ、プランクトン中のCs-137はほぼ海水起源であると分かりました。



試料採集点



動物プランクトン中Cs-137の時系列変化

■ 海水由来 ■ 海底土由来

引用文献

Kaeriyama, H., Watabe, T., and Kusakabe, M. (2008). ¹³⁷Cs concentration in zooplankton and its relation to taxonomic composition in the western North Pacific Ocean. *Journal of environmental radioactivity*, 99(12), 1838-1845.

※原子力規制庁からの委託事業として当所が実施した「平成26年度原子力施設等防災対策等委託費（海洋環境における放射能調査及び総合評価）事業」の委託業務成果報告書をもとに作成

3-5 水産生物放射能モニタリング

東電福島第一原発事故による放射性物質放出後の水産生物の安全性を確認するため、東日本の陸海域を中心に水産生物の放射能モニタリングを水産庁の委託事業で行っています。

◎放射性セシウム(Cs-134+Cs-137)濃度が基準値(100Bq/kg)を超えた水産生物種

モニタリング開始の2011年9月から2014年3月までに海域、内水面ともに100Bq/kg超濃度の検出種数は時間の経過とともに減少しています。

水産庁事業のモニタリングで100Bq/kgを超えた水産生物の種数

| 種名 | 調査年度 | | | |
|--------------------|------|------|------|------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| 海産魚 (15種) | - | ○ | ○ | ○ |
| クロダイ | - | ○ | ○ | ○ |
| スズキ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| マダラ | ○ | ○ | ○ | - |
| ヒラメ | ○ | ○ | ○ | - |
| コモンカスベ | ○ | - | ○ | - |
| ニベ | ○ | ○ | - | - |
| マコガレイ | ○ | - | - | - |
| アイナメ | ○ | - | - | - |
| ウスメバル | ○ | - | - | - |
| ギンザケ | ○ | - | - | - |
| クロソイ | - | ○ | - | - |
| シロメバル | - | ○ | - | - |
| ババガレイ | ○ | - | - | - |
| ヒガンフグ | - | ○ | - | - |
| ブリ | ○ | - | - | - |
| 検出種数(種) | 11 | 8 | 5 | 2 |
| 検査種数(種) | 189 | 234 | 228 | 214 |
| 検査種数に対する検出種数の割合(%) | 5.8 | 3.4 | 2.2 | 0.93 |

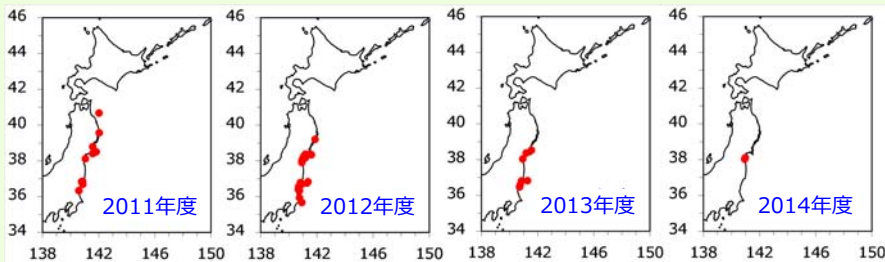
| 種名 | 調査年度 | | | |
|--------------------|------|------|------|------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| 淡水魚 (15種) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| イwana | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ギンナ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ウナギ | - | ○ | ○ | ○ |
| チャネルキャットフィッシュ | - | ○ | ○ | - |
| ワカサギ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ヤマメ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ウグイ | ○ | ○ | ○ | - |
| ブラウントラウト | - | ○ | ○ | ○ |
| コイ | - | ○ | ○ | ○ |
| アユ | - | ○ | ○ | - |
| ヒメマス | - | ○ | ○ | - |
| モツゴ | ○ | ○ | - | - |
| オオクチバス | - | ○ | - | - |
| ナマズ | - | ○ | ○ | - |
| ニジマス | - | - | ○ | - |
| 検出種数 | 6 | 14 | 12 | 7 |
| 検査種数 | 12 | 31 | 30 | 30 |
| 検査種数に対する検出種数の割合(%) | 50.0 | 45.2 | 40.0 | 23.3 |

※沿岸漁業の操業を自粛している福島県の結果を除く。

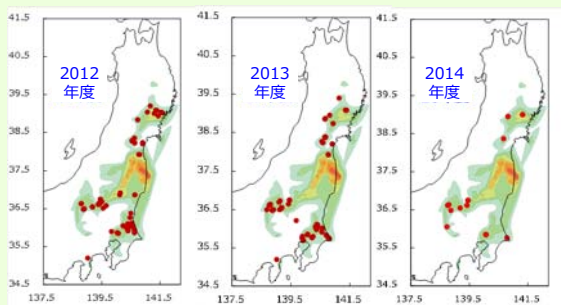
◎基準値を超えた水産生物の採取位置

海域では事故当初、東日本太平洋側で100Bq/kg超濃度が検出されたものの、2014年度は宮城県沖に限定されました。内水面で100Bq/kgを超える濃度が検出された水域は、地表放射能汚染濃度の高い地域に限定されました。

海産魚



淡水魚

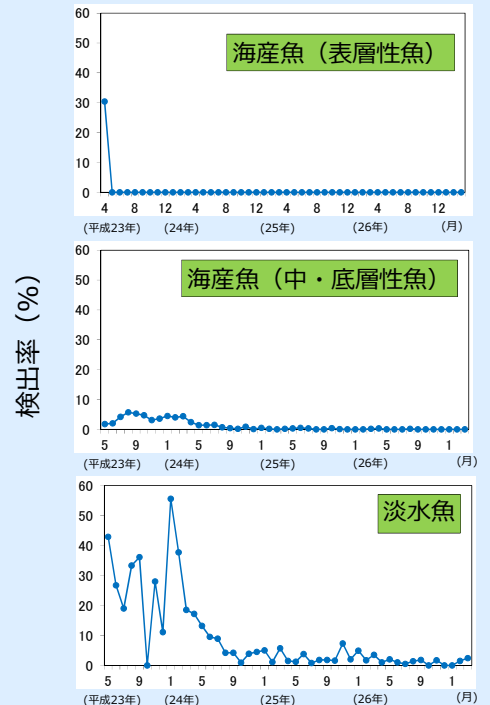


100Bq/kg超の放射性セシウム濃度を検出した魚類の採取位置 (●)

※沿岸漁業の操業を自粛している福島県の結果を除く。

◎基準値を超えた水産生物の検出率の時間推移

海域及び内水面ともに、100Bq/kgを超える濃度が検出される検体の割合は時間の経過とともに着実に減少しています。



100Bq/kg超の放射性セシウム濃度の検出率*の推移

* 100Bq/kg超検体数 / 検査検体数 × 100

※沿岸漁業の操業を自粛している福島県の結果を除く。

3-6 放射性物質汚染による海産物の出荷規制

東日本大震災からの水産業の復興プロセスを記録する一環として、放射性物質汚染に伴う海産物の出荷規制動向を、継続して追跡しています。

福島県（左表）およびその他の県（右表）における出荷規制 （県による出荷の自粛要請（○・緑背景）および国による出荷の制限指示（●・赤背景））

Table showing shipping restrictions for Fukushima Prefecture from 2012 to 2015. The table lists various aquatic products and their shipping status (green circles for self-suspension requests, red circles for national restrictions) across different months and years.

Table showing shipping restrictions for other prefectures (excluding Fukushima) from 2012 to 2015. The table lists various aquatic products and their shipping status across different months and years.

※1. 出荷規制の解除は、検査結果が基準値以下であり、継続的であると認められた場合、その1ヵ月以降の出荷規制が解除されたものとみなす。
※2. 同一月に出荷規制が解除された品目がある場合、その1ヵ月以降の出荷規制が解除されたものとみなす。
※3. 福島県産品の出荷規制が解除された場合は、その1ヵ月以降の出荷規制が解除されたものとみなす。（平成24年3月22日解除）
※4. マサカニ、イシモチ、ヒシゴは、福島県の一部の地域で生産されている地域。

※1. 出荷規制の解除は、検査結果が基準値以下であり、継続的であると認められた場合、その1ヵ月以降の出荷規制が解除されたものとみなす。
※2. 同一月に出荷規制が解除された品目がある場合、その1ヵ月以降の出荷規制が解除されたものとみなす。
※3. 茨城県産品の出荷規制が解除された場合は、その1ヵ月以降の出荷規制が解除されたものとみなす。



出荷規制（出荷制限および出荷自粛）の対象となっていた海域の区分

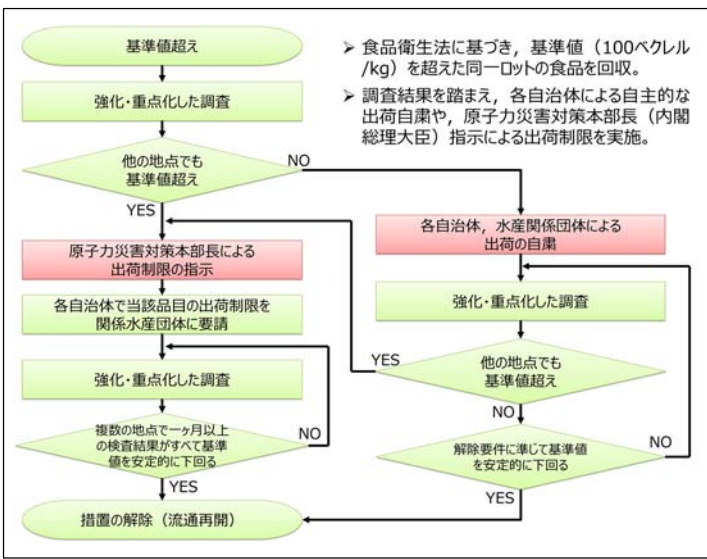
- ★：対象となっていない海域
 - ：福島第一原子力発電所
- （吉川・野村，2015）

4海域以上で出荷規制の対象となった品目の措置状況

- （県による出荷自粛要請（○・緑背景）および国による出荷制限指示（●・赤背景））

Table showing the measures taken for products affected by shipping restrictions in 4 or more maritime areas. The table lists products (Matsunagashi, Eshima, Sasaki, Kadai, Isokai) and their shipping status across different months and years.

※1. マサカニ、イシモチ、ヒシゴは、福島県の一部の地域で生産されている地域。



基準値を超えた際の一般的な対応 （水産庁（2015）を改変）

【引用文献】
吉川貴志・野村浩貴（2015）東日本太平洋沿岸の海産物に対する放射性物質汚染による出荷制限等の措置動向－平成24年3月～平成26年3月－。海生研研報，No.21。
水産庁（2015）水産物の放射性物質調査について（概要）。http://www.jfa.maff.go.jp/j/signen/gaiyou/index.html

4-1 水産物への化学物質の蓄積実態の把握

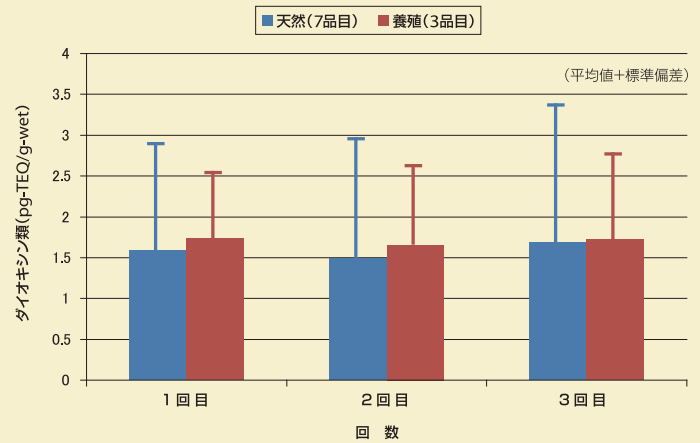
食品の安全性確認のために魚介類中のダイオキシン類蓄積実態を把握し、消費者等へ水産物の安全性確保等に関する情報提供を行っています。

○魚介類中の蓄積実態

平成18年度から26年度にかけて、魚介類11品目*のダイオキシン類蓄積実態を繰り返して(3~4回)把握しました。

その結果、品目別平均値は0.39~3.8pg-TEQ/g-wetで推移していました。10品目の魚類を天然魚類(7品目)と養殖魚類(3品目)に区分して、ダイオキシン類濃度の推移を比較したところ、ほぼ横這いとなっており有意な差はありませんでした。

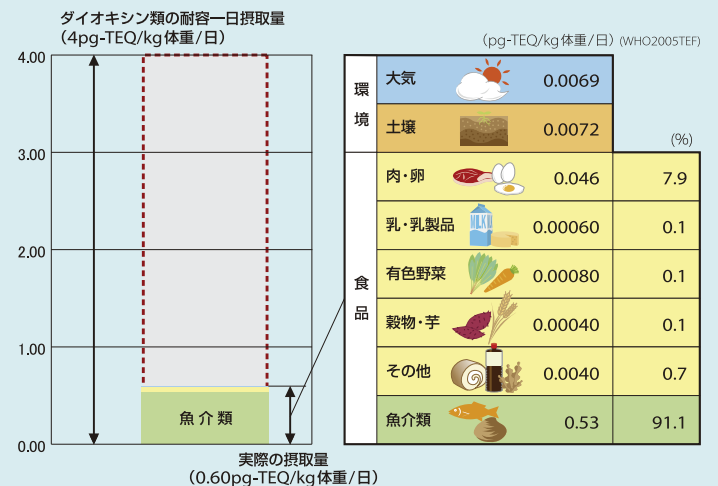
* カタクチイワシ、コノシロ、スズキ、タチウオ、ブリ(天然)、ホッケ、マサバ、ウナギ(養殖)、カンパチ(養殖)、ブリ(養殖)、ベニズワイガニ



天然魚類(7品目)と養殖魚類(3品目)のダイオキシン類濃度の推移

○ダイオキシン類の摂取量

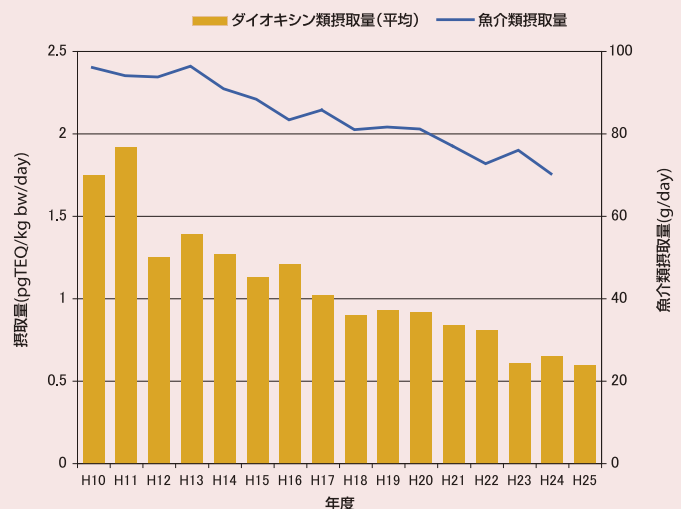
ダイオキシン類は、食物や大気などを経由して体内に取り込まれます。厚生労働省の調査結果(平成25年度)によると、体重1kg、一日あたり0.58pg-TEQ、これに環境から取り込まれる量を合わせると、体重1kgあたり0.60pg-TEQと推定されています。この摂取量のレベルは、国が定めた耐容一日摂取量(TDI:4pg-TEQ/kg体重/日)の1/5以下となっており、健康に影響を与えるものではありません。



日本人が一日に摂取するダイオキシン類の平均的な摂取量の内訳 (平成25年度)

○ダイオキシン類摂取量の経年変化と魚介類摂取量

ダイオキシン類の摂取量は、平成10年頃に比べると、平成25年には1/3程度に減少しています。魚介類の摂取量も同じように減少しているのが分かります。魚介類を食べる量が減ったことや、摂取する魚介類の種類が変わってきていることが、ダイオキシン類の摂取量が減少した一因となったようです。



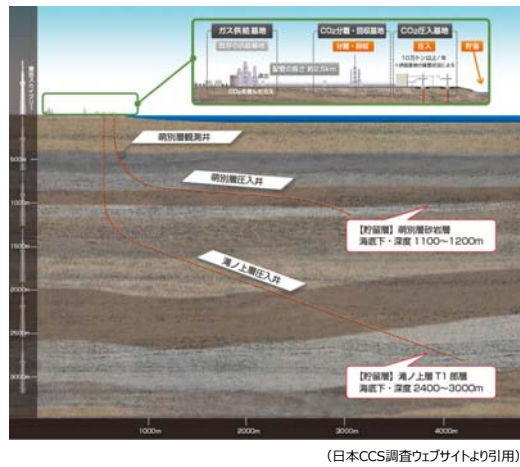
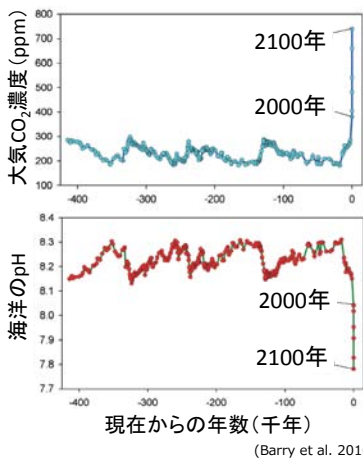
食品からのダイオキシン類摂取量(2005TEF)と日本人の魚介類摂取量の推移

※平成26年度農林水産省補助事業により当研究所が作成した情報提供資料「お魚、何、食べてますか？」をもとに作成

5-1 海生生物に対する高CO₂の影響

海洋酸性化や海底下CO₂貯留による生物影響を評価するため、高CO₂環境下での海生生物の応答を調べています。

【研究の背景】 大気CO₂の増加に伴い、海洋のpHが低下し始めており（海洋酸性化）、生態系への影響が懸念されています。また、CO₂削減のための海底下へのCO₂廃棄処分（CO₂分離・回収および貯留；CCS）の実証事業が進められていますが、実施にあたっては、事前の環境影響評価が法律上義務付けられています。

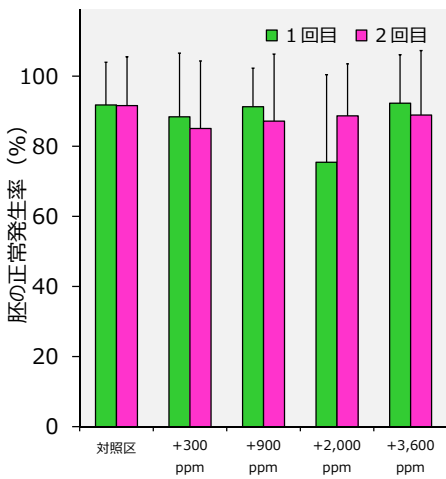


過去40万年のCO₂と海洋pH(左)および海底下CCS概念図(右)

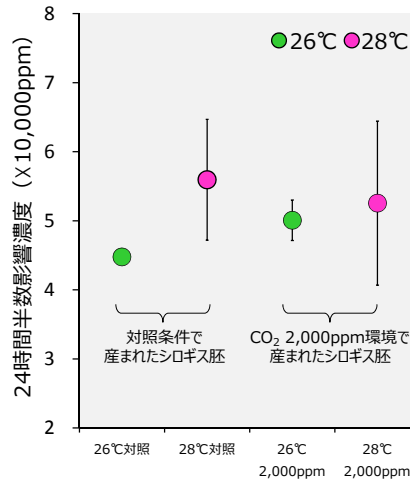
【対象生物の例】



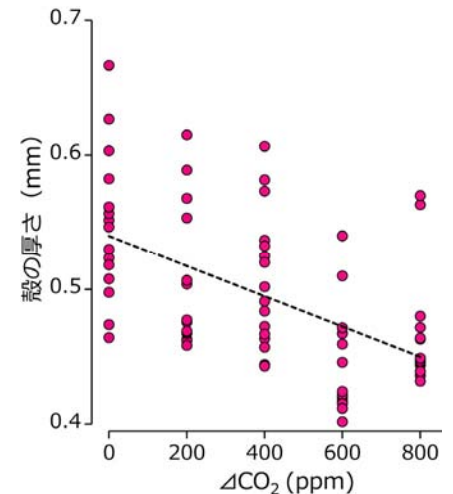
【主な研究事例】 高い飼育繁殖技術と、CO₂実験に特化した設備を活かした実験を行っています。海産魚の長期・低レベルCO₂実験では、比較的影響が出にくいこと、炭酸カルシウムの外骨格をもつ二枚貝やサンゴ類については、殻の形成や成長に対して負の影響が表れやすいことが分かっています。



産卵環境によるシロギス発生率の差
(各回とも4週で得られたデータの平均値とSD)
高CO₂下で産み出されても発生率は有意差なし
(Yamamoto et al. 投稿中)



産卵環境によるシロギス胚の感受性差
(3回の実験で得られた平均値±SD)
CO₂添加環境で産み出されても耐性は有意差なし
(諏訪 執筆中)



ウバガイ幼貝の殻形成機能への影響
(試験開始後に形成された殻厚を16ヶ所測定)
CO₂濃度が高いほど殻が薄くなる傾向
(林ら 解析中)

気候変動の評価指標として有用である造礁サンゴ類を対象に、長期間にわたって良好な状態で飼育するための手法を確立することを目的に水質、光などの適切な飼育条件を調べています。

◎ **水質** 多孔質構造を持ち、吸着材料として用いられるゼオライトによって硝酸塩、珪酸塩、リン酸塩濃度が低下することが分かりました。

◎ **栄養塩**

● 微注水 + 泡沫分離

● 微注水 + 泡沫分離 + ゼオライト
(沸石: 多孔質構造が特徴)

★ 生物濾過
★ 吸着作用

飼育海水の栄養塩濃度を比較

濾過方法の違いが栄養塩濃度に与える影響

◎ **光条件** 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ までは光量依存的にサンゴの成長が大きくなることがわかりました。また、波長が成長に与える影響についても検討しています。

a. **光量**

光量の違いが成長に与える影響は?

光源 (T5蛍光管)

光源から水面までの距離を調節することで光量を設定

30cmキューブ水槽
3 or 6切片/水槽

4段階の光の強さで6週間飼育

光量の違いがサンゴの成長に与える影響

b. **波長**

波長の違いが成長に与える影響は?

異なる波長の光源で18週間飼育

波長の違いがサンゴの成長に与える影響

本研究は国立研究開発法人産業技術総合研究所と共同で実施しています。また、科学研究費助成事業 (JSPS) 基盤研究 (B) 15H02813の一環で実施しています。

6-1 深海生物の飼育技術と試験法の検討

深海底の利用拡大に伴う光、騒音、濁りおよび採掘物の漏洩などの生物影響を評価する手法を確立するため、深海生物の長期飼育技術と低水温(2~4℃)での試験方法の検討を進めています。

◎深海生物の飼育技術向上

これまでに培った「浅海性の海産生物を実験生物として飼育する高度な技術」を深海生物の飼育に活用することで、数種の深海生物の長期飼育が可能になりました。



キタクシノハクモヒトデ
Ophiura sarsii
新潟県直江津沖水深300mから採取
(盤径2cm、腕長10cm)



カガバイ
Buccinum bayani
新潟県直江津沖水深300mから採取
(殻高12cm)



アカザエビ
Metanephrops japonicus
千葉県小湊沖水深300mから採取
(全長20cm)

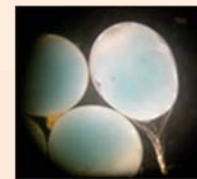


4℃一定
アサリ剥き身を
週1回給餌
↓
2年以上飼育中



卵のう産出

卵のう内の稚貝
(殻高5mm)



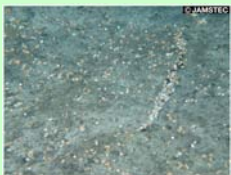
受精卵



メガロパ
(孵化後17日)

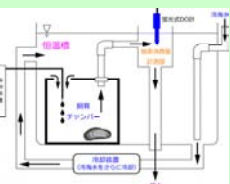
◎深海生物を用いた飼育実験の事例

— サガミハイカブリニナの酸素消費量の計測 —

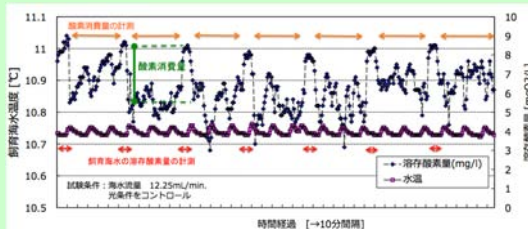


サガミハイカブリニナ *Provanna glabra*
深海底の硫化水素やメタンが湧く湧水域に生息する巻貝。(殻高1cm未満)
相模湾の水深800~1000mから採取

10℃以下の低水温下で長期飼育するとともに、生物の微小な酸素消費量を計測できる試験装置を開発し、酸素消費量の計測しました。
(JAMSTECの協力を得て、新江ノ島水族館と共同研究で実施しました)

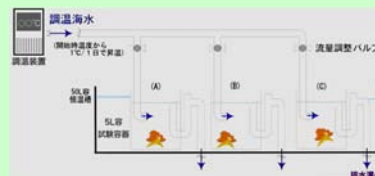


試験装置



計測結果

— カガバイの温度耐性試験 —



試験装置

流量：250 mL/min
DO飽和度：102-104%

水温範囲、酸素要求量などの健全な飼育に適した条件を明らかにし、常圧下で長期飼育に適正な条件を検討することが目的。

方法

回数：n=3 × 2回

温度馴致：3日間、開始時水温で
設定水温：7℃から1℃/1日上昇
試験期間：個体が死亡するまで

↓
1日2回、朝夕の定時に観察
生死、吻・軟体部の出入、針刺への反応有無

結果

ΔT 8℃：粘液分泌が顕著
ΔT 10℃：殻内に閉じこもる
針刺への反応が鈍くなる

致死温度：ΔT：12.1-12.9
(実測値18.9-20.2℃)



試験の実施状況

6-2 洋上風力発電施設から放出される水中音が海生生物に及ぼす影響

洋上風力発電施設から発生が予想される低周波水中音が海生生物に及ぼす影響を解明するため、試験装置を開発し、室内実験を行っています。

◎ 試験装置の開発

低周波水中音影響試験装置は、600 L FRP円形水槽、水中音響装置および自発摂餌装置*で構成されています。

* 自発摂餌装置は魚自らに自動給餌器のスイッチを操作させて給餌する装置です。



低周波水中音影響試験装置

低周波水中音：環境雑音+100Hz純音

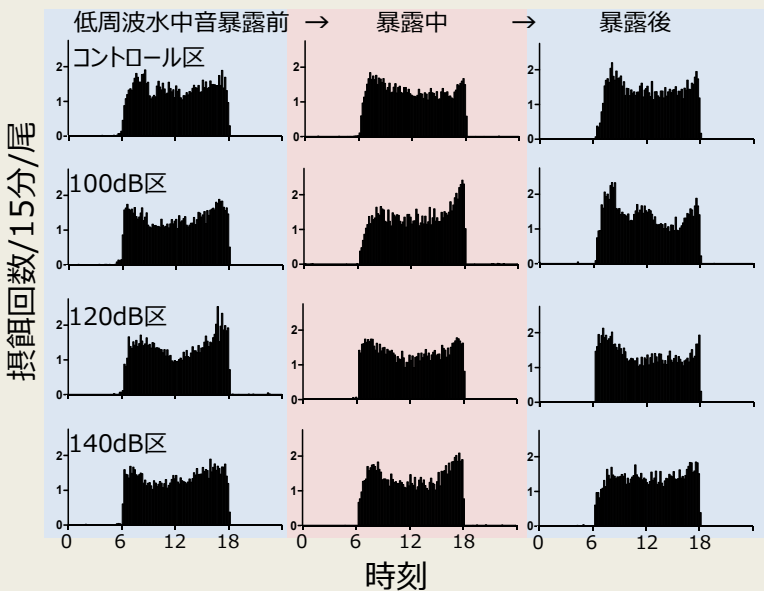
- ① コントロール区（環境雑音のみ）
- ② +100 dB 区
- ③ +120 dB 区
- ④ +140 dB 区



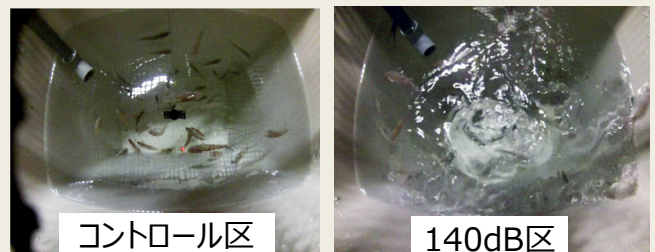
低周波水中音の計測

◎ 低周波水中音がマダイ10歳魚に及ぼす影響

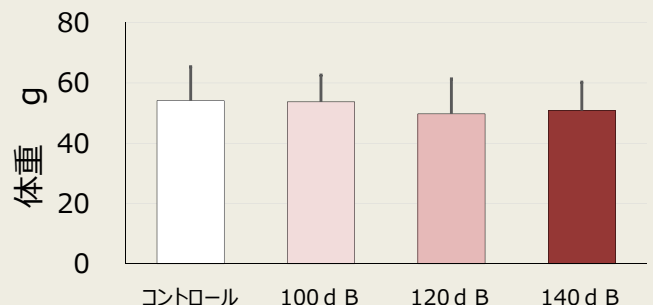
マダイ10歳魚を低周波水中音影響試験装置に収容し、低周波水中音が摂餌行動や成長に及ぼす影響を検討しています。



低周波水中音曝露前、曝露中および曝露後におけるマダイ10歳魚の摂餌日周リズム



低周波水中音放音直後のマダイ



試験終了時におけるマダイ10歳魚の体重

◎ 今後の展開

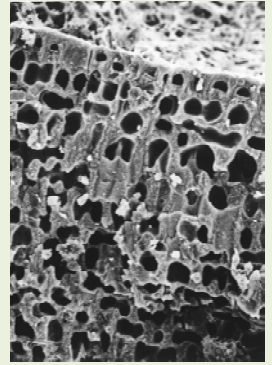
低周波水中音が魚類の行動・成長・生理的ストレス応答・再生産に与える影響を解明し、洋上風力発電施設の稼働に伴い必要となる環境アセスメントを実施する際に有用な知見を得る。

本研究は、国立研究開発法人海上技術安全研究所と共同で実施しています。また、科学研究費助成事業（JSPS）基盤研究（C）15K00575の一環で実施しています。

発電所環境アセスメント調査でしばしば優占種となるサンゴモ類について、その主要種の特徴を形態と分子系統解析により明確にし、将来の温暖化に伴う沿岸生態系の種組成変化を検討するために必要となる基本知見の充実を図っています。

▶ サンゴモ類とは

サンゴモ類は、細胞壁に炭酸カルシウムを多量に沈着させ石灰化することにより、石のように堅くなる海藻です。寒帯から熱帯にいたる世界各地の潮間帯から漸深帯に分布します。海藻類の世界最深生育記録(水深268m)もこの仲間です。



サンゴモの断面

▶ サンゴモ類の生態的意義

サンゴモ類はサンゴ礁の造礁過程でサンゴ間を固着させるセメントのような役割を果たします。また、ウニ、アワビ、サンゴ等の浮遊幼生の着底変態を促進する作用があるほか、磯焼けの維持要因のひとつとされています。



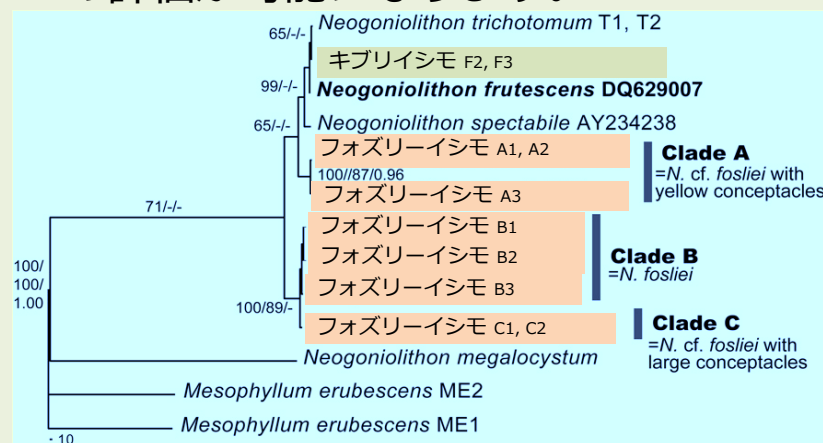
サンゴ(左上)とサンゴモ(中央)



ガンガゼとサンゴモ(転石の表面)

▶ イシノミモドキ属の種多様性

- ・ 暖海域に多産する無節サンゴモ類のうち、イシノミモドキ属数種について、形態観察と分子系統解析を実施しました。
- ・ これまで、同一種と考えられていた分類群が、枝状のキブリーイシモ、殻皮状のフォズリーイシモの3クレード(A~C)、それぞれに区別できることが明らかになりました。
- ・ 形態と遺伝子情報を組み合わせることにより、より正確な種概念、多様性の評価が可能になります。



イシノミモドキ属 *Neogoniolithon* 各種の分子系統図 (SSU)

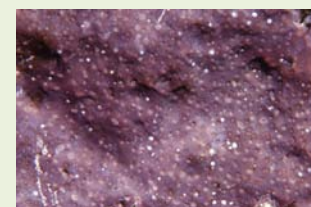
[Kato, Baba & Suda 2013より改変]



キブリーイシモ



フォズリーイシモ Clade A



フォズリーイシモ Clade B



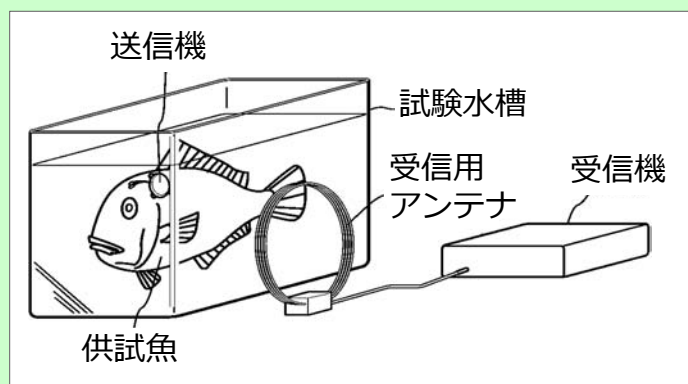
フォズリーイシモ Clade C

行動観察から魚類も眠ると考えられていますが、未だ科学的根拠は得られていません。魚類の睡眠の有無を立証するためには、脳波や筋電図等の電気生理学的指標に基づき“睡眠”の存否を確認する必要があります。そこで、魚類の睡眠機構を解明するため、新たに無線式生体信号測定装置及び測定システムを開発するとともに、脳波に基づく魚類の睡眠測定技術の開発を行っています。

◎水生動物用無線式生体信号測定装置及び測定システムの開発

魚類における脳波等の生体信号を、水中で測定する上で問題となる、拘束等の処置によるストレスや生体信号へのノイズを解決するため、**魚類の脳波を適切に測定できる装置及び測定システムを開発**しました。

(実用新案登録第3183625号)

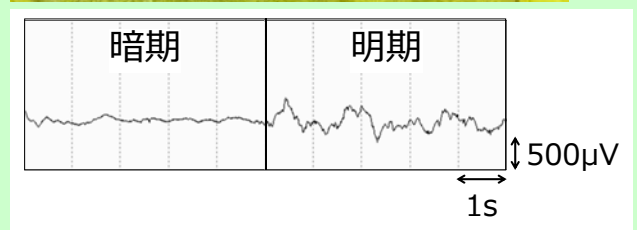


開発した無線式生体信号測定装置及び測定システムの概略図

◎魚類の脳波測定

開発した無線式生体信号測定装置及びシステムを用い、日中と夜間の行動が明瞭に異なる**ナンヨウブダイ (Chlorurus microrhinos)**の脳波の連続記録に成功しました。

得られた脳波記録から、脳波の振幅に暗期と明期で明瞭な違いが認められ、**魚類でも脳波から睡眠判定ができる可能性が示唆**されました。



開発した測定装置を装着したナンヨウブダイ（上）と脳波記録（下）

本研究は、国立大学法人筑波大学 国際統合睡眠医科学研究機構と共同で実施しています。また、科学研究費助成事業（JSPS）挑戦的萌芽研究 15K14794の一環で実施しています。

創立40周年記念報告会予稿集

平成27年12月2日

公益財団法人海洋生物環境研究所

〒162 - 0801 東京都新宿区山吹町347番地

藤和江戸川橋ビル7階

TEL 03 - 5225 - 1161

本書の無断複写・複製・転載を禁じます。

