

水産研究・教育機構における気候変動に関わる研究成果 (プレスリリースのご紹介)

- 2022年11月18日 餌のプランクトン減少がカタクチイワシの再生産に悪影響
- 2023年11月1日 海草・海藻藻場のCO₂貯留量算定に向けたガイドブックの公開について
- 2023年11月24日 マガキ養殖海域の温暖化・酸性化の詳細な観測・予測に成功
- 2024年1月15日 日本沿岸域の酸性化進行状況に関するモニタリング結果を公表

<https://www.fra.go.jp/home/kenkyushokai/press/index.html>

令和4年11月18日

プレスリリース

国立研究開発法人水産研究・教育機構
 香川県水産試験場
 国立大学法人 愛媛大学
 国立大学法人 広島大学

餌のプランクトン減少がカタクチイワシの再生産に悪影響

- 春～初夏のカタクチイワシの主要な餌である動物プランクトンが減少していることを発見しました。
- その結果、カタクチイワシの雌は痩せ、質の悪い卵を産むことになり、発育初期の生き残りが著しく悪いことを発見しました。
- 燧灘のカタクチイワシのシラスやカエリ（仔稚魚）が近年、極度の不漁に陥っているのは、こうした影響の結果と考えられます。

瀬戸内海は国内有数の生産性の高い海域ですが、近年では小型魚類等の水産資源の減少が顕著であり、栄養塩濃度の低下との関係性が指摘されています。瀬戸内海中央の燧灘（ひうちなだ）では、カタクチイワシのシラスやカエリの漁獲量が2000年代初頭から急激に減少し、原因究明が強く求められてきました。

水産研究・教育機構、香川県、愛媛大学、広島大学の共同研究チームは、長期間に及ぶ野外調査や飼育実験により、燧灘におけるカタクチイワシ漁獲低迷の原因を調べました。

その結果、春～初夏のカタクチイワシの主要な餌である動物プランクトンが減少していること、それによりカタクチイワシの雌が痩せ、質の悪い卵が産まれることになり、発育初期の仔魚の生き残りが著しく悪くなっていることを発見しました。そして、動物プランクトンの減少には、栄養塩不足で餌となる植物プランクトンが減少したことや水温の変化も影響していると考えられており、これらの複合的な要因が燧灘におけるシラスやカエリの漁獲量減少に影響を及ぼしていると考えられます。

本研究は、水産庁の漁場環境改善推進事業のうち「栄養塩の水産資源に及ぼす影響の調査」等により実施されたものです。

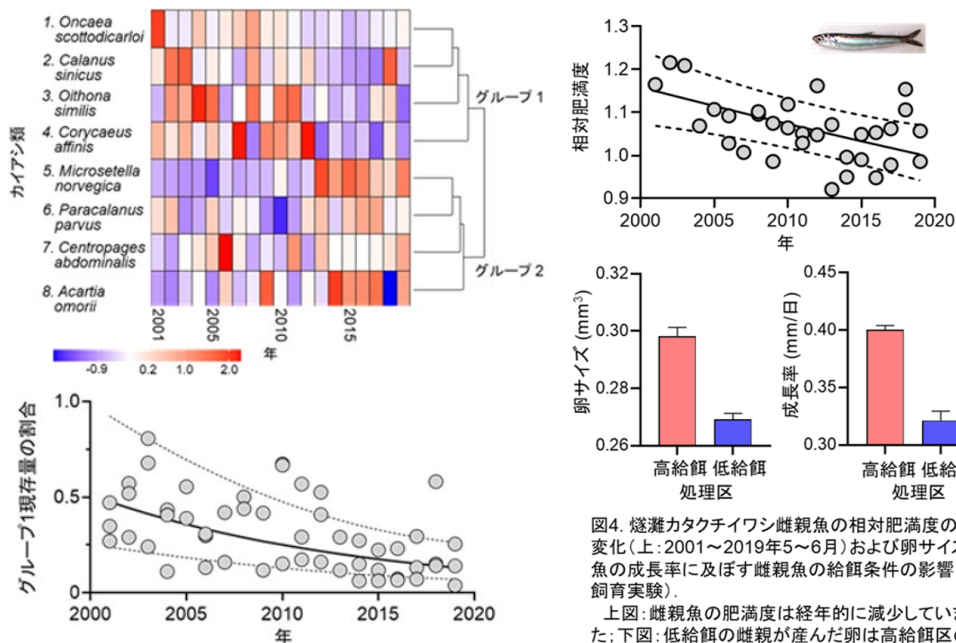
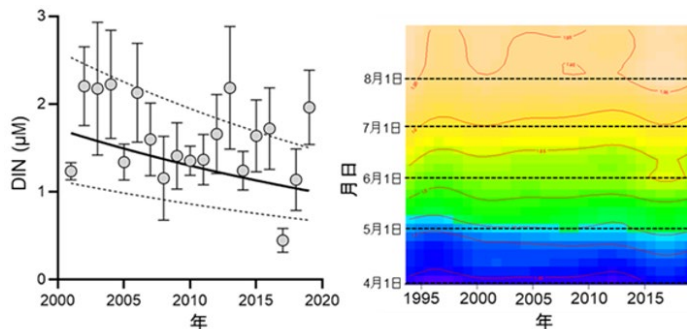


図2. 動物プランクトン(カイアシ類)8種の現存量の経年変化(上: 2001～2019年5～7月)およびカイアシ類全現存量に占めるグループ1現存量の割合の経年変化(下)。
 上図: クラスター分析から、最近年(2010年以降)に減少しているグループ1(1～4)と増加しているグループ2(5～8)に区別されました(低:青-白-赤;高); 下図: カイアシ類全現存量はほとんど変わりませんが、グループ1(低水温性; 補足図1)の現存量の推定割合が48%(2001年)から13%(2019年)に減少したため種組成が大きく変化していたことが判りました

図4. 燧灘カタクチイワシ雌親魚の相対肥満度の経年変化(上: 2001～2019年5～6月)および卵サイズと仔魚の成長率に及ぼす雌親魚の給餌条件の影響(下: 飼育実験)。
 上図: 雌親魚の肥満度は経年的に減少していました; 下図: 低給餌の雌親魚が産んだ卵は高給餌区の雌親魚に比べて小さく、その仔魚の成長率も低いことが判りました



補足図1. 燧灘における溶存態無機窒素(DIN, 左; 2001～2019年4～7月)と水温(右; 1994～2019年4～8月)の経年変化。
 左図: DINは経年的に減少していました; 右図: 5月の水温は経年的に高くなり、2015年以降では6月の水温も上昇していることが判りました(低: 青→緑→赤黄: 高)

プレスリリース

国立研究開発法人水産研究・教育機構

海草・海藻藻場のCO₂貯留量算定に向けたガイドブックの公開について

- CO₂（二酸化炭素）の吸収源として期待されているブルーカーボン生態系のうち、海草・海藻藻場を対象としたCO₂貯留量の算定方法に関するガイドブックを作成し公開しました。
- 本ガイドブックでは、藻場タイプ・海域区分別のCO₂貯留量を算定する具体的方法を示しました。
- 本ガイドブックにより、気候変動対策技術としてのブルーカーボンの理解が深まり、漁業関係者、NPO、地方自治体、一般企業等の関係者による活用が進むことが期待されます。

深刻化する気候変動の影響により脱炭素社会の構築は待ったなしとなっています。農林水産省が令和3年5月に策定した「みどりの食料システム戦略」でもCO₂の吸収源としての「海洋生態系で貯留される大気中CO₂由来の炭素（ブルーカーボン）」の活用が位置付けられ、令和5年度から我が国のCO₂などの温室効果ガスの排出量及び吸収量をとりまとめたデータ目録（温室効果ガスインベントリ）への登録もはじまっています。

こうした状況を鑑み、水産研究・教育機構を代表機関とする共同研究チーム（東京大学大気海洋研究所、広島大学、港湾空港技術研究所、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター、徳島県、新潟県水産海洋研究所、京都府農林水産技術センター）は、ブルーカーボン生態系の活用と実践に必要な情報をガイドブックにまとめました。

本研究では、ブルーカーボン生態系に関わる4つの貯留プロセスから、藻場のCO₂貯留算定手法を確立しました。

また、温室効果ガスインベントリの算定基準となるIPCC湿地ガイドラインに準拠しつつ、ガイドラインで詳細な設定のない貯留プロセスに対して科学的根拠に基づく算定手法と数値を提示しました。

本研究は、農林水産省 みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業のうち農林水産研究の推進（委託プロジェクト研究）「ブルーカーボンの評価手法及び効率的藻場形成・拡大技術の開発（JPJ008722）」により実施されたものです。

CO₂貯留プロセスの概要

- 海草・海藻藻場においてCO₂貯留量として算定できるプロセスには以下の4つがあげられます。

- ①堆積貯留**：枯れた海草・海藻が藻場内の海底に堆積し、長期間貯留されるプロセス
- ②難分解貯留**：枯れた海草・海藻、その細分化された破片が流出し、長期間CO₂に戻らない難分解性の細片（粒子状）となり、藻場外の沿岸域に堆積して長期間貯留されるプロセス
- ③深海貯留**：波浪などでちぎれた海草・海藻が流れ藻となって沖合に流出し、浮力を失って深海へ沈降し長期間貯留されるプロセス
- ④ RDOC貯留**：海草・海藻が放出する難分解性の溶存態有機炭素が長期間にわたり海水中に貯留されるプロセス、難分解性溶存態有機炭素（Refractory Dissolved Organic Carbon）の頭文字からRDOCと呼ぶ

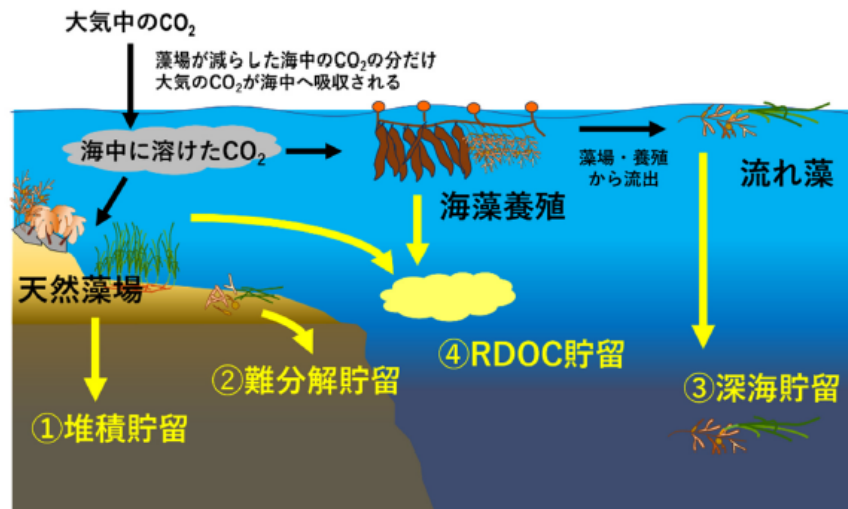


図1 ブルーカーボン生態系における大気中CO₂に由来する有機炭素の海中での流れと4つの貯留プロセス

式1：藻場のCO₂貯留量の算定式

$$\text{CO}_2\text{貯留量 (トンCO}_2\text{/年)} = \text{面積 (活動量)} \times \text{吸収係数 (トンCO}_2\text{/面積/年)}$$

$$\text{吸収係数} = \text{CO}_2\text{隔離量 (トンCO}_2\text{/面積/年)} \times \text{残存率}$$

海藻・海藻が有機炭素化した大気中CO₂量 (年間純一次生産量をCO₂として算定した値)

海藻・海藻によって隔離された大気中CO₂のうち、分解されずに海中に長期間貯留される割合

藻場タイプ・海域区分

- 日本国内には海藻類が約15~20種、海藻類が約1,000種分布しています。
- 本研究では、各種のCO₂吸収プロセスの類似性から藻場を海藻養殖も含めて21のタイプに分類しました (表2)。
- さらに、同じ藻場タイプであっても、藻場を構成する種は海域によって異なるため、図2のように9つの海域に区分しました。
- これにより、各藻場タイプ・海域区別に吸収係数を算定しました (p.9, 表4)。



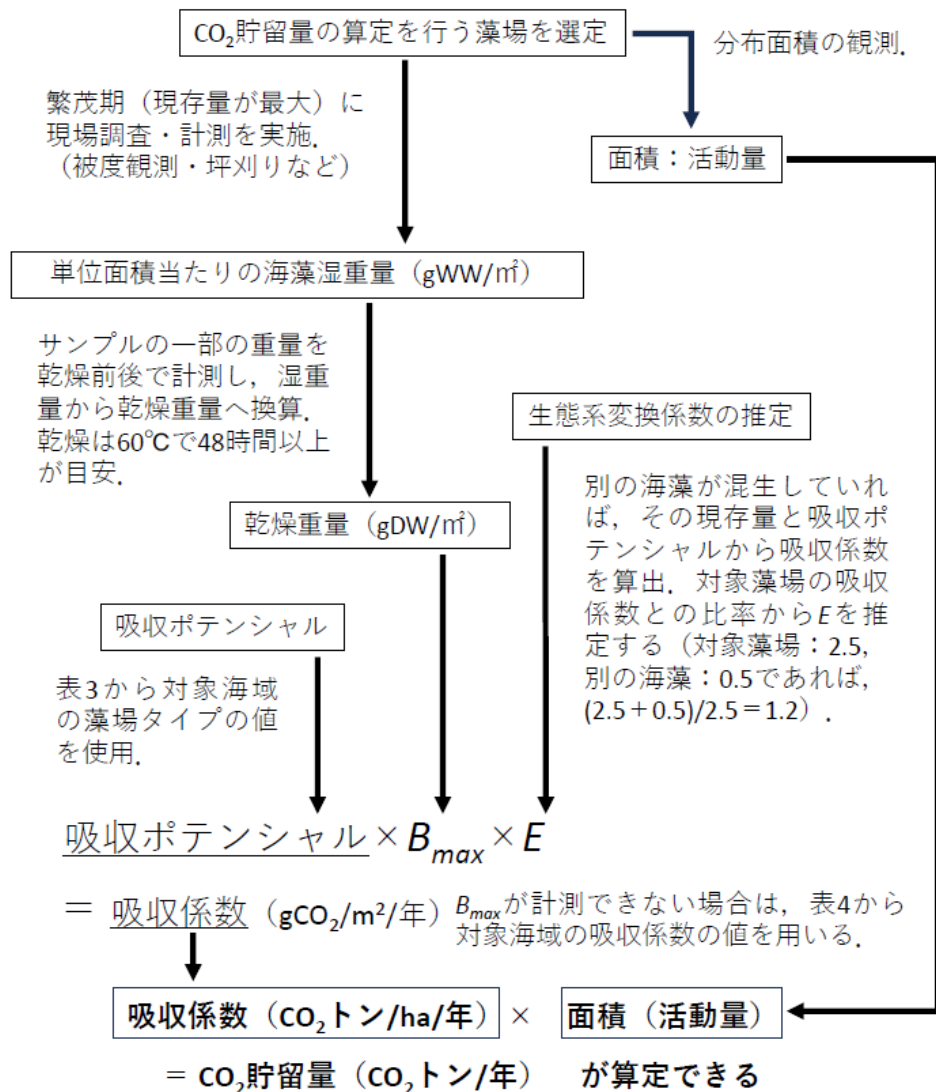
図2 吸収係数を算定した海域区分

表2 吸収係数を算定した藻場タイプ

| 藻場タイプ | 各藻場タイプに含まれる主要な海藻・海藻種 |
|----------------|----------------------------------|
| 海藻類 | |
| 1. アマモ型 | アマモ, スゲアマモ, コアマモなど |
| 2. タチアマモ型 | タチアマモ |
| 3. スガモ型 | スガモ, エビアマモなど |
| 4. 亜熱帯性海藻小型 | ウミヒルモ類, マツバウミジグサ, コアマモ (亜熱帯型) など |
| 5. 亜熱帯性海藻中型 | リュウキュウスガモ, ベニアマモリュウキュウアマモなど |
| 6. 亜熱帯性海藻大型 | ウミシヨウブ |
| 海藻類 | |
| 7. マコンプ型 | マコンプ, ホソメコンプ, ガゴメコンプなど |
| 8. ナガコンプ型 | ナガコンプ, スジメ, アイヌワカメなど |
| 9. アラメ型 | アラメ, サガラメなど |
| 10. カジメ型 | カジメ, クロメなど |
| 11. ワカメ型 | ワカメ, ヒロメなど |
| 12. 温帯性ホンダワラ型 | アカモク, ホンダワラ, ノコギリモクなど |
| 13. 亜熱帯性ホンダワラ型 | ヒイラギモク, ヒメハモク, ヤバネモクなど |
| 14. 小型緑藻型 | ヒトエグサ, アナアオサ, ミルなど |
| 15. 小型紅藻型 | マクサ, ツノマタ, スサビノリなど |
| 16. 小型褐藻型 | アマミジグサ, ヒバマタ, ヤハズグサなど |
| 17. 石灰藻類 | 無節石灰藻類, 有節石灰藻類など石灰化する藻類 |
| 養殖 | |
| 18. コンブ類養殖型 | マコンプはえ縄方式など |
| 19. ワカメ型 | ワカメはえ縄方式など |
| 20. ノリ類養殖型 | ノリ網浮き流し式, 支柱式など |
| 21. ホンダワラ類養殖型 | アカモクはえ縄式など |

CO₂貯留量算定フローチャート

・藻場のCO₂貯留量は以下のフローにしたがって算定することができます。



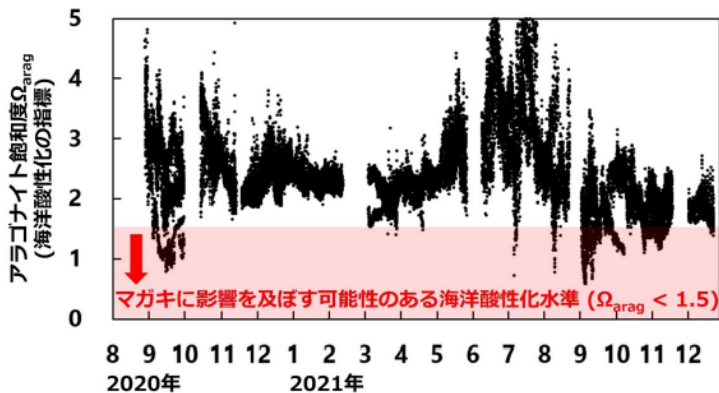
2023年11月24日
 国立大学法人東京大学
 国立大学法人北海道大学
 国立研究開発法人水産研究・教育機構
 一般社団法人サステナビリティセンター
 株式会社エイト日本技術開発
 国立研究開発法人海洋研究開発機構
 特定非営利活動法人里海づくり研究会議
 公益財団法人日本財団

マガキ養殖海域の温暖化・酸性化の詳細な観測・予測に成功

—— 深刻な影響を回避するためには様々な対策が必要 ——

発表のポイント

- ◆ 日本沿岸の実際のマガキ養殖海域で、場所や時期によっては海洋酸性化がマガキに影響を及ぼす可能性のある水準に達していることが観測された。
- ◆ マガキ養殖は今世紀末までに海洋酸性化と地球温暖化の深刻な複合影響を受けると予測された。
- ◆ 今後、マガキ養殖に対する深刻な影響を回避するためには、人間活動に伴って排出されるCO₂の大幅削減に加えて、河川からの淡水や有機物の流入を抑制するといった地域での対策も有効である。本研究の成果は、その対策を講じる上で必要な科学的指針を具体的に提示することに繋がると期待される。



実際の養殖海域で場所や時期によっては海洋酸性化がマガキに影響を及ぼす可能性のある水準に達している

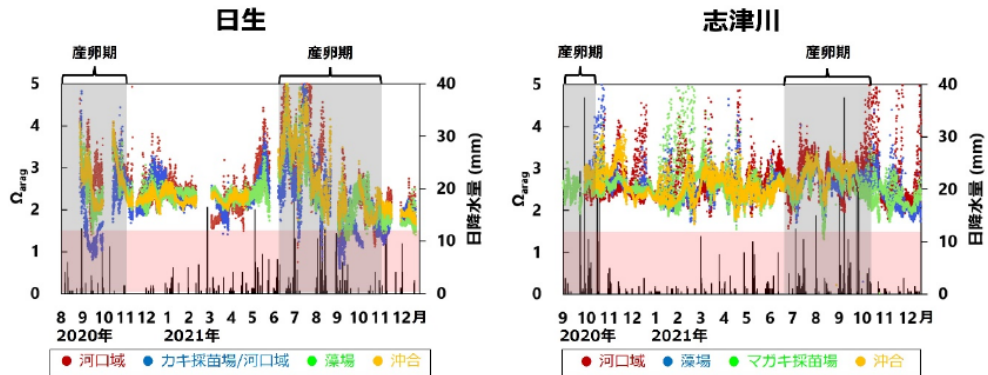


図1: 海洋酸性化の指標であるアラゴナイト飽和度(Ω_{arag})の連続観測の結果 (左が日生、右が志津川)

各観測点での Ω_{arag} を異なる色で、海洋酸性化がマガキに影響を及ぼす可能性のある水準($\Omega_{arag} < 1.5$)を赤色領域で、日降水量を黒棒グラフで示す。

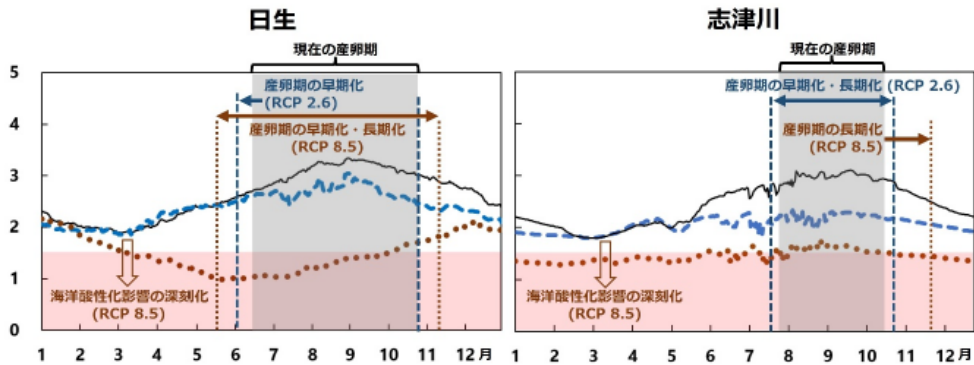


図2: 現在(黒実線)と2090年代(RCP2.6 シナリオ: 青破線、RCP 8.5 シナリオ: 茶点線)の Ω_{arag} の数値シミュレーションの結果(左が日生、右が志津川)

海洋酸性化がマガキに影響を及ぼす可能性のある水準($\Omega_{arag} < 1.5$)を赤色領域、現在の産卵期を灰色領域、2090年代の産卵終了時期及び開始時期を縦線(RCP 2.6 シナリオ: 青破線、RCP 8.5 シナリオ: 茶点線)で示す。志津川ではRCP 8.5 シナリオによる2090年代の産卵開始時期を予測できなかった。これは水温が年間を通じて10℃を下回らないと予測され、本研究で採用した産卵開始時期の見積もり指標を適用できなかったためである。

国立研究開発法人水産研究・教育機構
 公益財団法人海洋生物環境研究所
 一般社団法人サスティナビリティセンター
 特定非営利活動法人里海づくり研究会
 株式会社エイト日本技術開発
 国立大学法人東京大学
 国立研究開発法人海洋研究開発機構

日本沿岸域の酸性化進行状況に関するモニタリング結果を公表

ポイント

- ・日本沿岸域で、降雨時の塩分低下に伴って、10日間程度pH（注1）が低下する現象（酸性化）が頻繁に発生していることがわかりました。
- ・その際に、貝類の幼生の殻の形成に影響が現れるとされるレベルまでpHが一時的に低下することも確認されました。
- ・ただし、実際に殻に異常を生じた貝類幼生は観察されていません。
- ・陸から沿岸域へ供給される栄養塩（注2）の量が小さい海域ほど、塩分低下時のpHの短期的低下が小さいことがわかりました。
- ・沿岸域への栄養塩負荷量を適切にコントロールすることによって、将来の沿岸域におけるpHの低下量を削減できる可能性があります。

人類が放出した二酸化炭素の一部を海が吸収することにより、海水のpHが徐々に低下していく「海洋酸性化」が世界中で観測されています。海水のpHが低下し過ぎると、貝やウニ、サンゴ等の石灰石（炭酸カルシウム）の殻を持つ生物が殻を作りにくくなるため、沿岸の生態系や磯根資源に何らかの影響を与えることが懸念されています。

水産研究・教育機構は海洋生物環境研究所、サスティナビリティセンター、里海づくり研究会、エイト日本技術開発、東京大学大気海洋研究所、北海道大学大学院環境科学院、海洋研究開発機構と連携して、国内の5つの沿岸海域（岩手県宮古市地先、新潟県柏崎市地先、宮城県南三陸町志津川湾、岡山県備前市日生町地先、広島県廿日市市地先）においてpHとその他の関連する項目の通年観測を実施し、日本沿岸域における酸性化の進行状況を評価して、論文として公表しました。

観測した5つの海域で、pHの年平均値は8.0～8.1の間でした。しかし、降雨等により沿岸域の塩分が短期的に低下した時に、沿岸のpHも10日間程度の短期間、平均値から大きく外れて低下する現象を、年十回～数十回の頻度で起こしていることがわかりました。この際、特に規模の大きなpH低下現象の際には、飼育実験の上では貝類の幼生の殻の形成に異

常を生じる可能性のレベルまで、pHが低下することも確認されました。ただし、現時点では貝類幼生の顕微鏡観察の結果から実際に殻に異常を生じた幼生は確認されていません。

一方で、5つの海域間の比較からは、陸域から沿岸に供給されている栄養塩量が小さい海域ほど、塩分低下時に観察される短期的なpHの低下幅が小さくなっていました。栄養塩が一時的に多くなることにより生物活動が活発化した結果、当該海域のpHが下がったと考えられることから、各沿岸域に陸から供給される栄養塩の量を適切にコントロールすることによって、短期的なpH低下イベント抑制の可能性が示唆されました。

本研究は、独立行政法人環境再生保全機構「環境研究総合推進費事業」「海洋酸性化と貧酸素化の複合影響の総合評価」（JPMEERF20202007）および日本財団助成事業「海洋酸性化適応プロジェクト」により実施されたものです。

図2：塩分とpHの10日間移動標準偏差（月毎の平均値）の海域別相関プロット。陸域栄養塩負荷の小さい海域（宮古・柏崎・志津川）、中程度の海域（日生・廿日市）、負荷の大きい海域（東京湾）の3つの海域カテゴリ別に相関を計算した。

図中の黒線は全期間、赤線は月間降雨量の大きな期間のデータのみを使った回帰直線を示す。

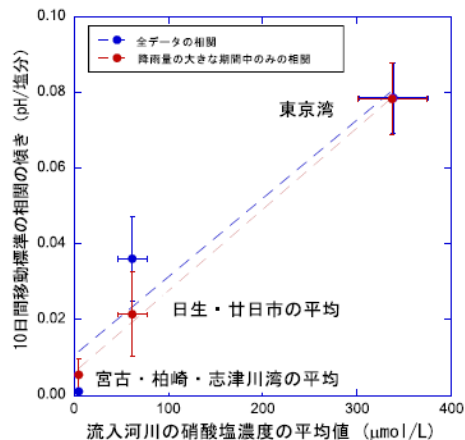
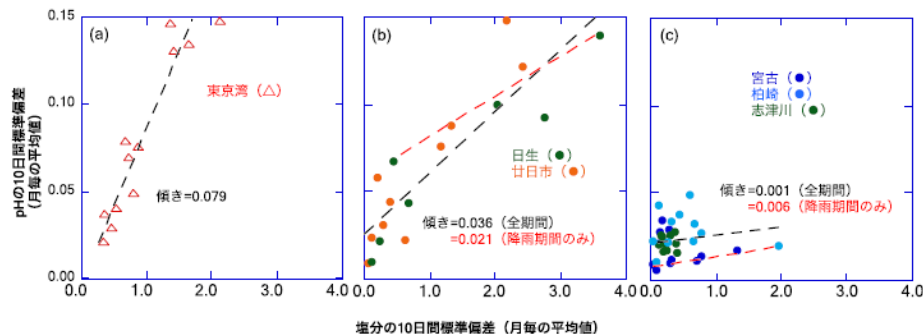


図3：東京湾も加えた6つの海域で計算した、塩分とpHの10日間移動標準偏差の相関の傾きを、各海域に流入する河川水の栄養塩（硝酸塩）濃度に対してプロットしたものの。陸域栄養塩負荷の小さい海域（宮古・柏崎・志津川）、中程度の海域（日生・廿日市）、負荷の大きい海域（東京湾）の3つの海域カテゴリの間で、同じ塩分の短期変動に対するpH短期変動の大きさと河川硝酸塩濃度の間に正の相関が認められる。

研究成果の詳細については、機構HPをご参照ください

<https://www.fra.go.jp/home/kenkyushokai/press/index.html>

- ・餌のプランクトン減少がカタクチイワシの再生産に悪影響

<https://www.fra.go.jp/home/kenkyushokai/press/pr2022/20221118.html>

- ・海草・海藻藻場のCO₂貯留量算定に向けたガイドブックの公開について

https://www.fra.go.jp/home/kenkyushokai/press/pr2023/20231101_kaisou.html

- ・マガキ養殖海域の温暖化・酸性化の詳細な観測・予測に成功

https://www.fra.go.jp/home/kenkyushokai/press/pr2023/fri_20231124_magaki.html

- ・日本沿岸域の酸性化進行状況に関するモニタリング結果を公表

https://www.fra.go.jp/home/kenkyushokai/press/pr2023/fri_20240115_acidification.html