

海生研シンポジウム2018より 海生研における海洋酸性化研究

はじめに

近年の気候変動に伴い、海生研では従来の温排水研究や海洋環境放射能調査などに加え、気候変動関連の研究に着手しています。ここでは、海生研がこれまでに実施してきた海洋酸性化の研究概要を紹介します。

1. 沿岸海域の実態調査

外洋海域においては、海洋酸性化の観測を世界各国で実施しており、日本でも気象庁が30年以上に渡って北西太平洋の表面海水中のpHを長期観測しています(図1)。それによると、観測点の表面海水中のpHは、10年あたり約0.02低下しており、海洋酸性化の進行が明確に観測されています。

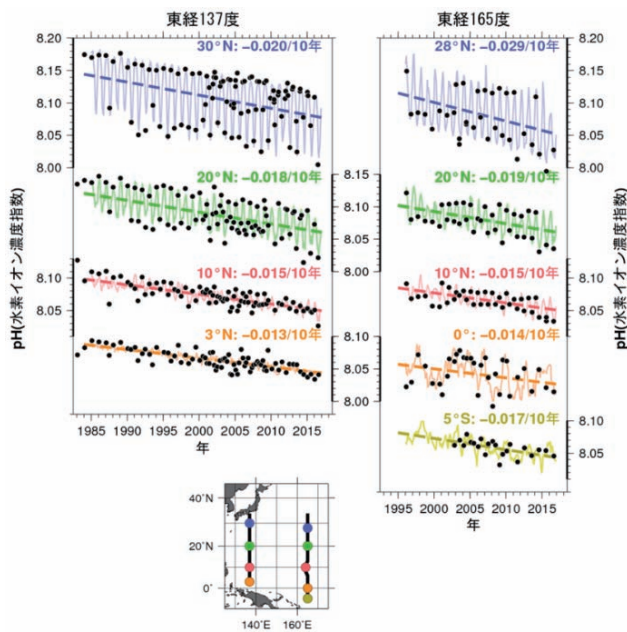


図1 表面海水中のpHの長期変化傾向(北西太平洋)
(気象庁ウェブサイトhttps://www.data.jma.go.jp/kaiyou/shindan/a_3/pHtrend/pH-trend.htmlより引用)

一方、沿岸海域においては、pHの長期観測例が乏しく、海洋酸性化の実態が把握されていません。海生研では、取水している海水のモニタリングを毎日実施しており(中央研究所では1982年から、実証試験場では1992年から継続しています)、沿岸海域の長期の水質データが記録されています。そこで、これら

のデータが沿岸海域における海洋酸性化の実態把握に適用できるのではないかと考えて、データを解析しました。その結果、解析途中ではありますが、沿岸海域でも海洋酸性化が進行している可能性が示されました。

2. 生物影響調査

海洋酸性化は、海洋生物や海洋生態系に対して様々な影響を及ぼすことが懸念されます。海洋酸性化の生物影響について、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の第5次評価報告書で既往知見がまとめられ、生物群別の影響について分析されました。¹⁾ その分析によると、海洋酸性化に対して石灰化生物が一般的に脆弱であり、中でも軟体動物、棘皮動物及び造礁サンゴ類は酸性化に対して比較的感受性が高く、甲殻類の感受性は低いとされています。また、初期生活期における脆弱性が高い例があります。

海生研においても海洋酸性化の生物影響調査に着手し、既往知見を調べると水産有用種の知見が乏しいことから、日本で重要な水産有用種への影響を中心に調査しました。

1) 魚類に対する調査

現在、海洋酸性化の魚類への影響評価は、熱帯性小型魚類の行動を対象とした研究に偏っており、実験例不足で中長期的な影響が不明とされています。¹⁾ また、繁殖や成長への影響といった慢性的影響については未だ知見が乏しく、その充実が望まれています。そこで、我々は魚類の繁殖に対する酸性化影響を明らかにするため、シロギス *Sillago japonica* 及びマダイ *Pagrus major* を用いた繁殖試験を行いました(図2)。

シロギスを、対照海水(CO₂分圧が約530 μatm)から最高でCO₂分圧を4,100 μatm(≒pH 7.1)まで上昇させた試験海水中で繁殖させた結果、最高の4,100 μatmでも産卵が確認され、産卵回数や産卵数に対してCO₂分圧の変化による違いは認められませんでした。また、産卵で得られた受精卵の正常発生率及び孵化率は、ともに90%以上と高く、CO₂分圧の変化による違いはありませんでした。一方、マダ



繁殖試験を実施するためには、大容量の海水のCO₂を制御する。



シロギス
容量1ト



マダイ
容量10ト

図2 魚類繁殖試験の試験装置

左の写真はマダイの試験水槽の例

イでも同様の繁殖試験を行った結果、2,000 μatm ($\approx \text{pH } 7.5$)で孵化率の低下が認められたことから、酸性化に対する感受性はシロギスに比べてマダイの方が高いことが推察されました。このことから、種によって酸性化に対する感受性が変わることが分かりました。

次に、魚種の繁殖に及ぼす酸性化と温暖化の複合影響を調べました。酸性化単一影響の試験と同様に試験海水のCO₂分圧を上昇させるとともに、それぞれのCO₂分圧に対し水温26℃と28℃の試験区を設けました。その結果、2,000 μatm の28℃試験区において、シロギスの産卵は影響を受けませんでした。受精卵の正常発生率は低下しました。このことから、シロギスの繁殖は、酸性化単一では影響が出ないレベルであっても、水温上昇が加わると影響を受けることが分かりました。現在、マダイの繁殖についても同様の複合影響試験を実施していますが、マダイでも複合影響を被る傾向が示されています。

2) 石灰化生物に対する調査

海洋酸性化の貝類への影響に関する既往知見は充実していますが、卵期や幼生期といった初期生活史段階への影響を扱った研究例が大部分を占めます。また、地球規模で考えた場合に酸性化によって石灰化生物に与える影響がより早い時期に生じると考えられているのが高緯度海域ですが、²⁾ 貝類に限らず、冷水域に生息する生物に対しての知見は不足しています。そこで、我々は冷水域にも生息する水産有用種であるウバガイ *Pseudocardium sachalinense* (別名：ホッキガイ) 稚貝とバイ *Babylonia japonica* 成体の成長に対する酸性化影響を調査しました。

ウバガイ稚貝の試験では、試験海水を対照海水 (CO₂分圧が約400 μatm) から最高でCO₂分圧を1,200 μatm ($\approx \text{pH } 7.7$)まで上昇させ、20週間の成

長を調査しました。その結果、ウバガイ稚貝の重量、殻長、殻高、殻幅、殻重量及び軟体部重量に変化は認められませんでした。しかし、CO₂分圧800 μatm 以上において、試験期間中に成長した殻の厚さが薄くなりました。また、バイ成体の80日間の試験の結果、CO₂分圧が5,700 μatm 以上で殻皮の維持に影響を及ぼすことが確認されました。³⁾

貝類において、殻の形成が不完全になると、物理的な衝撃や捕食に対する耐性が低下するため、自然界では生存が危ぶまれ、資源量の減少に繋がる可能性があります。また、海生研では(国研)産業技術総合研究所と共同で、海洋酸性化のサンゴ類への影響に関する研究を進めており、酸性化はサンゴ類の成長に対して負の影響を及ぼしていることが確認されています。

おわりに

日本の沿岸海域における海洋酸性化の実態を正確に把握するためには、海生研の調査だけでは当然不十分で、今後は全国規模で高精度の観測が必要です。また、海洋酸性化の生物影響に関しては、我々の調査でもその必要性が示されたように、今後は複合影響や慢性影響の調査が重要になってきます。しかし、これらの調査は、技術的に困難な部分も多く、まずは調査手法の確立が急務です。

参考文献

- 1) Wittmann & Pörtner (2013). Sensitivities of extant animal taxa to ocean acidification. *Nature Climate Change*, 3, 995-1001.
- 2) Orr et al. (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*, 437, 681-686.
- 3) Kita et al. (2013). Effects of elevated pCO₂ on reproductive properties of the benthic copepod *Tigriopus japonicus* and gastropod *Babylonia japonica*. *Marine Pollution Bulletin*, 73, 402-408.

(実証試験場 応用生態グループ 林 正裕)