

海洋生物への CO₂ 影響に係る文献等の整理結果について (2023 年度)

1. 目的

二酸化炭素の漏出による海洋生物への影響に関する予測評価及び許可審査（事業評価）の参考となる知見の収集等を目的として「海水中の CO₂ 濃度上昇が海洋生物に及ぼす影響に係る知見」データベースについて、内容の追加・更新に資することを目的に、関連文献の収集・整理を行った。

2. $\Delta p\text{CO}_2$ 条件における生物影響

査読付きの学術誌等において 2022 年に公表された当該分野の原著論文の中から「死亡」、
「成長阻害」及び「再生産阻害」といった個体群の維持に係る影響を扱ったものとし、有意な影響のあったとされる $\Delta p\text{CO}_2$ 条件に着目した。収集方法については、検索サイト「Google scholar」等を活用し、これまでデータベースに納められている文献の被引用検索をすることにより効率的に文献調査を実施した。

2022 年を対象として収集した関連文献は 293 編であり、その中から死亡（生残）、成長、形態異常、石灰化、代謝、再生産等をキーワードに関連する論文 18 編を抽出した。

論文 18 編（条鰭綱 1 種、二枚貝綱 4 種、腹足綱 2 種、軟甲綱 4 種、花虫綱 6 種、ウニ綱 1 種）について表 1 に整理した。

2022 年に公開された論文のうち、最も低い $\Delta p\text{CO}_2$ 条件で生物影響が確認された報告は腹足綱の *Trochia cingulata*（レールマキレイシガイ）の貝殻強度の減少で、 $\Delta p\text{CO}_2$ は 153 μatm であった。過年度までに取りまとめた論文において、海洋生物に何らかの影響を及ぼす $\Delta p\text{CO}_2$ の最小値は 184 μatm （ミジンウキマイマイの殻密度の減少）であった¹が、今年度の文献調査により、さらに低い $\Delta p\text{CO}_2$ で海洋生物に影響を及ぼす可能性が明らかになった。

3. 海洋酸性化及び自然界の CO₂ 湧出域による生物影響

近年、海洋酸性化による生物影響についての報告が増加傾向にあることから、査読付きの学術誌のうち、海洋酸性化及び自然界の CO₂ 湧出域による生物影響について記された原

¹ 2020 年に *Limacina helicina antarctica*（ミジンウキマイマイ）の稚貝生存(死亡率)で、 $\Delta p\text{CO}_2$ と温度との相乗効果により $\Delta p\text{CO}_2$ 135 μatm で影響が確認された。

著論文を整理した。論文の整理にあたっては、Hofman *et al.* (2011)²や Rastrick *et al.* (2018)³がおこなった特有の pH 変動が観測される生物の生息域 (ナチュラルアナログを含む) の分類方法を参考にした。

3. 1 2008~2021 年に公表された海洋酸性化及び自然界の CO₂ 湧出域による生物影響

2021 年度に収集した 2008 年~2021 年に公表された当該分野の原著論文は 134 編であり、その中から $\Delta p\text{CO}_2$ 条件における生物影響の文献整理で特に影響を受けやすいとされた生物分類群の論文 17 編 (二枚貝綱 3 種、腹足綱 12 種、軟甲綱 1 種、花虫綱 1 種) を抽出し、表 2 に整理した。

2008 年~2021 年に公開された論文のうち、殻溶解や殻成長に係る項目の文献が最も多く、15 文献が該当した。次いで、生存率や成長速度など生存に係る項目の文献が多く、7 文献が該当した。

最も低い $\Delta p\text{CO}_2$ 条件で生物影響が確認された報告は、CO₂ 湧出域 (サンミゲル島 (アゾレス諸島、ポルトガル)) における二枚貝綱の *Ervilia castanea* (チドリマスオガイ科) の個体数の減少で、 $\Delta p\text{CO}_2$ は 83 μatm であった。これは、前述の腹足綱の *Trochiana cingulata* (レールマキレイシガイ) の貝殻強度の減少 ($\Delta p\text{CO}_2$ 153 μatm) よりもさらに低い値であった。腹足綱どうしで比較すると、CO₂ 湧出域 (式根島) における *Charonia lampas* (フジツガイ科) について、殻長、殻厚、殻密度への影響がみられ、 $\Delta p\text{CO}_2$ の最小値は 459 μatm であった。

自然界における海洋生物への影響は、海域ごとの環境条件の違いを考慮する必要があるが、海洋酸性化及び自然界の CO₂ 湧出域による生物影響についての知見を収集できた。

3. 2 2022 年に公表された海洋酸性化及び自然界の CO₂ 湧出域による生物影響

2022 年に公表された当該分野の原著論文として収集した関連文献は 27 編であり、各文献の概要を表 3 のとおり整理した。

生息域別毎の文献数を表 4 及び図 1 に、生物分類群別毎の文献数を表 5 及び図 2 に示す。生息域別では、CO₂ ベント/CO₂ 湧出域に関する文献が最も多かった。また、生物分類群別では、花虫綱、腹足綱 (底生性)、条鰭綱に関する文献が多かった。

² Hofmann, G. E., Smith, J. E., Johnson, K. S., Send, U., Levin, L. A., Micheli, F., ... & Martz, T. R. (2011). High-frequency dynamics of ocean pH: a multi-ecosystem comparison. *PloS one*, 6(12), e28983.

³ Rastrick, S. S., Graham, H., Azetsu-Scott, K., Calosi, P., Chierici, M., Fransson, A., ... & Kutti, T. (2018). Using natural analogues to investigate the effects of climate change and ocean acidification on Northern ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, 75(7), 2299-2311.

2008年から2022年までの期間においては、2021年に33編、2022年に27編の文献が公表されており、海洋酸性化や自然界のCO₂湧出域による生物影響の報告が増加傾向であった。

4. まとめ

海洋生物に影響を及ぼす ΔpCO_2 の最小値が更新され、海洋酸性化や自然界のCO₂湧出域による生物影響についての報告が増加傾向にあることから、今後も海水中のCO₂濃度上昇が海洋生物に及ぼす影響に係る知見の収集を継続する必要がある。

担当者等連絡先

部署名：環境省 水・大気環境局海洋環境課

T E L : 03-5521-9023 (直 通)

担当者名：課長補佐 堀野上 貴 章 (内線:25523)