



大気－浅海域間のCO2吸収・放出機構の解明

田多, 一史

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2019-03-25

(Date of Publication)

2021-03-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第7505号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1007505>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



論文内容の要旨

氏 名 田多 一史

専 攻 市民工学専攻

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

大気-浅海域間の CO₂ 吸収・放出機構の解明

指導教員 中山 恵介

大気中の温室効果ガス (CO₂ (二酸化炭素) 等) は、過去 80 万年間で前例のない水準にまで増加しており、気候変動 (極端現象の増加や影響の拡大等) の関連性も指摘されている。このため、気候変動を抑制するには、温室効果ガス排出量の抜本的かつ持続的な削減が必要である。一方で、2009 年に UNEP (国連環境計画) 等によると、海洋生物の作用によって海中に取り込まれた炭素を「ブルーカーボン」と名付けており、地球上の生物が吸収する CO₂ のうち、海洋生物は陸上とほぼ同じ割合以上の CO₂ を吸収しており、浅海域 (ごく浅い沿岸部) の生態系は海洋で貯留される炭素の約 8 割程度であることが提唱された。そこで、本研究では温室効果ガスの削減等の「緩和策」の 1 つとして、海洋に存在する炭素の総称「ブルーカーボン」に関して、浅海域における大気-浅海域間の CO₂ のやりとりに着目した。

本研究では、物理過程 (水塊の移流拡散、風速、潮位変化等)、化学過程、生物過程 (光合成、呼吸等) を考慮し、海水中 CO₂ 分圧や大気-浅海域間の CO₂ フラックスに及ぼす影響について検討するため、統計解析、概念モデル、そして三次元数値計算モデルを利用した解析を行い、日周期変動を含めた時間スケールでの海水中 CO₂ モデルを提案することを目的とした。

始めに、水中 CO₂ 分圧の基本的な特性を踏まえ、大気-浅海域間の CO₂ フラックスの計測方法について、①バルク法、②フローティングチャンバー法、③渦相関法による算出方法を整理するとともに、各手法の長所・短所・コスト等の比較を行った。これらの計測方法のうち、「バルク法」は汎用性が高く測定精度が確保されているため、本研究においても「バルク法」を用いた計測とした。

次に、日本の浅海域における現地観測事例 (亜寒帯、温帯、亜熱帯の代表例) の整理及び観測データを用いた統計解析 (パス解析、一般線形モデル) を行った。現地観測においては、各環境要因の計測とともに、大気-海水間 CO₂ フラックスを推定した。また、大気-海水間 CO₂ フラックスに影響を及ぼす環境要因 (風速、水温、塩分、全アルカリ度 (TA)、溶存無機炭素濃度 (DIC)、生物過程による炭素増減量 (ΔDIC)) の相対的な影響度を把握するために、統計解析を用いた分析を行った。その結果、観測場所により詳細は異なるが、主に、①風速、②流入負荷、そして③生物過程 (呼吸・分解、光合成) から影響を受けることがわかった。

また、国内の主要な浅海域生態系 (海草場、干潟、サンゴ礁) において、海水中 CO₂ 分圧とその規定要因に関する項目 (水温、塩分、生物活動等) を計測し、それらの現地観測結果 (引用データを含む) の統合によって、海水中 CO₂ 分圧の統一的な推定式を構築し、海水中 CO₂ 分圧の動態を説明するための重要な環境要因の抽出を行った。海水中 CO₂ 分圧は、生物活動自体を示す指標である ΔDIC や石灰化によるアルカリ度増減量 (ΔTA) との関係性が強く、共に重要な影響要因であった。ΔDIC は、海水中の生物活動を表していること

(氏名：田多 一史 NO.2)

から、プラス方向（呼吸・分解活動）になると海水中 CO_2 分圧を高め、マイナス方向（光合成活動）になると低下させていることが分かった。併せて、石灰化（サンゴの成長等）も、 CaCO_3 の析出および海水中 CO_2 分圧の上昇に寄与していると考えられる。

国内の様々な現地観測結果から、浅海域は環境条件や生物活動等に左右されるため短期的に変動しやすく、大気中 CO_2 の吸収源にも放出源にもなりうるため、海水中 CO_2 分圧の日周変動とそのメカニズムを調べることは重要である。このため、一次元数値解析による DIC の概念モデルを用いて、海水中 CO_2 分圧の日周変動とそのメカニズムについて検討を行った。東京湾にあるアマモ場をモデルケースとして検討した結果、統計解析と同様に数値解析においても、海水中 CO_2 分圧に影響を及ぼす重要な環境要因は、アマモ場（アマモ＋一次生産者等）による光合成であることが示された。また、物理的な要因として、風速の影響を大きく受けていることが分かった。これらの要因が、潮汐や日周期といった時間スケールにおける海水中 CO_2 分圧を規定する要因として重要であることが示唆された。

一次元数値解析の高度化を図るため、三次元での数値解析についても検討を行った。成層を考慮したアマモ場における DIC の変動解析では、北海道道東に位置するコムケ湖を対象とし、水中 CO_2 分圧のモデル化を目的として DIC モデルの構築を行った。コムケ湖は汽水湖であり、淡水と海水の DIC の値が大きく異なるとともに、気象や潮汐等の外的条件の変化により時々刻々と DIC の空間分布が変化するため、三次元数値計算モデルによる再現計算を行った。アマモ場による呼吸と光合成を考慮した DIC モデルを提案し、現地観測との比較・検討を行った結果、良好な再現性が得られた。数値解析の結果によると、コムケ湖内で成層が強化されることにより、表層の DIC が減少し、水表面付近の水中 CO_2 分圧は大気と比較して低くなることが分かった。また、河川出水により大量の炭素が与えられたとしても、アマモ場による効果で水中 CO_2 分圧は大気と比較して低く、湖全体として CO_2 は吸収傾向であることが分かった。

さらに、アマモ場における海水中 CO_2 分圧モデルの開発では、東京湾に面する走水海岸のアマモ場を対象として、海水中 CO_2 分圧モデルの構築を行った。走水海岸のアマモ場では、海水中 CO_2 分圧は大気中よりも低く、大気-海水間 CO_2 フラックスは概ね大気から海水への吸収傾向にあった。海水中 CO_2 分圧は時間的に大きく変動しており、流動等の物理過程、光合成や呼吸といった生物過程等による影響が考えられるため、三次元数値計算モデルによる再現計算を行った。海水中 CO_2 分圧のモデル化では、DIC に注目し、生物過程を考慮することで観測結果を再現することができた。移流拡散、呼吸、光合成の 3 成分に関する比較を行った結果、光合成の効果が最も卓越していることが分かった。また、DIC の高精度な再現には、潮汐のみならず風も含めた流動の再現が必要であることが分かった。

本研究成果について、陸と海の境界条件が特定でき、物理過程や生物過程による影響の把握が可能なケースでは、他海域でも同様の手法を適用できると考えられる。世界第 6 位

(氏名：田多 一史 NO.3)

の長い海岸線に沿って広大な浅海域を有する日本にとって、アマモ場等を含む海草場の CO_2 吸収能力を維持・拡大できるような環境要因の新たな知見等を蓄積・確立することができれば、今後の気候変動対策の有効なオプションとして大きく貢献することができる。

