

論文審査の結果の要旨

氏名 所 立樹

本論文は6章からなる。第1章はイントロダクションで、大気-海水の気体交換速度の重要性とその問題点が述べられている。第2章では本論文で用いた手法と対象海域の説明、第3章では本研究で気体交換速度を測定するために用いたチャンバー法の改良・評価結果がまとめられている。第4章では、第3章で評価したチャンバー法によって、様々な地形・流れ条件を持つ水域において気体交換速度を求めた。その結果、従来の風速依存式では説明できない高い気体交換係数が得られ、それが同時に観測した高いエネルギー散逸率と対応することを示した。そして、この高いエネルギー散逸率は、沿岸の複雑な地形によって発生する流れのシアーによるものであるという考察を行った。第5章では、チャンバー法の一般的適用とその限界、エネルギー散逸率をレイノルズ応力によって一般化する試み、などの議論を展開している。第6章では、全体のまとめと今後の展望が述べられている。

大気-海水の気体交換速度が、どのような条件によって規定されているのかを解明することは、大気-海洋の物質収支を考察する上で重要である。たとえば、大気中の二酸化炭素濃度の変動を予測するためには、大気と海洋との間での二酸化炭素の交換速度を見積もることが必要である。しかしながら、これまで大気-海水の気体交換速度は、経験的な風速依存式によって求められてきた。本論文は、水底や複雑な地形の影響によって、外洋で用いられている経験式がそのまま適用できない沿岸を対象地域として選んで、気体交換速度をより一般的に説明することを目的としている。その際に、「最小渦モデル」の妥当性を検証することを念頭において研究を進めている。従来の経験式への疑問から、より一般的なモデルに基づく説明を、実際のフィールドにおける測定を通して行うことを目的とした本研究の戦略は評価できる。

沿岸域において気体交換速度を測定するためには、これまでもっともよく使われている方法では時間空間分解能が小さすぎる、という問題点があった。こうした海域での測定には、「チャンバー法」という方法が適している。しかしながら、チャンバー法には、チャンバー自身が水面に乱れを作るなどの問題点が指摘され、測定結果の妥当性が評価されていなかった。本論文では、沿岸において気体交換速度を測定するためには、この方法がもっとも適しているという問題意識に基づいて、チャンバー法の改良とその評価を行った。装置を自作して様々な改良を工夫し、その妥当性をフィールドにおいて評価する研究手法は、高く評価できる。

本研究は、沿岸域では水底や複雑な地形による乱流によって、高いエネルギー散逸が発生し、高い気体交換速度が得られることを示した。これによって、これまでの単純な風速依存式によって推定されていた大気-海洋の炭素などの交換速度は、少なくとも沿岸域については見直しを迫られることになった。それだけでなく、本研究において、気体交換速度がエネルギー散逸率によって規定されることは、気体交換速度が「最小渦モデル」によって説明できることを示唆している。このことは、気体交換速度が、従来の経験式を用いずに、より一般的な理論に基づいた議論できることを示したものである。地球規模の炭素循環のフラックスの見直しや、エネルギー散逸率をレイノルズ応力で一般的に説明することなどは、今後の展望に留まっている。しかし、こうした課題に取り組み、本研究をより一般的に発展させることによって、大気-海洋の気体交換速度と地球表層の炭素循環などに関する理解が進展する可能性が高い。今後の発展が大いに期待できる。

なお本論文のうち、第1, 2, 4章の1部は、茅根 創, 渡邊 敦, 灘岡 和夫, 田村 仁, 野崎 健, 加藤 健, 根岸 明 との共同研究 (Journal of Marine System 誌に印刷公表), 第3, 4, 5章の1部は、茅根 創, 渡邊 敦, 灘岡 和夫, 田村 仁, 野崎 健, 加藤 健, 根岸 明 との共同研究 (Limnology and Oceanography 誌に投稿予定) であるが、いずれも論文提出者が主体となって調査と結果の解析を行ない、筆頭著者として論文をまとめたもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

上記の点を鑑みて、本論文は地球惑星科学とくに地球惑星システム科学の新しい発展に寄与するものであり、博士(理学)の学位を授与できると認める。