

氏名	吉川 景子		
授与した学位	博士		
専攻分野の名称	理学		
学位授与番号	博甲第3429号		
学位授与の日付	平成19年 3月23日		
学位授与の要件	自然科学研究科地球・環境システム科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	大気-海洋間の CO ₂ 交換測定方法についての研究		
論文審査委員	教授 大久保賢治	教授 田中 勝	教授 河原 長美
	教授 山本 晋		

学位論文内容の要旨

大気中の CO₂ 濃度が増加傾向にあることは、社会問題としての世論はもちろんのこと、研究結果でも多く報告されて知られている事実である (e.g., Keeling et al., 1995)。この問題の解決のために世界中では、排出する CO₂ 量そのものを軽減する発想の研究、大気中に現存する CO₂ を削減する発想の研究が種々に展開されている。本論文はこの中では後者の研究の一端を担っている。

我々の研究の最終的な目的は、大気中 CO₂ 濃度の増加のメカニズムを解明することである。その直積的なアプローチは、3つの貯蔵圏での CO₂ 交換量を把握することであり、その第一ステップは CO₂ の大気-海洋間の交換量の測定方法を確立することである。

種々存在する測定方法のうち気象学的な手法としては、渦相関法、空気力学的傾度法、スペクトル密度法が、海洋化学的な原理に基づく手法としてはバルク法などがある。このうち最も信頼度が高いのは渦相関法であり、その長所は測定原理に仮定が少ないこと、短所は船舶や波浪の振動の影響を受けやすいことである。また、従来使用する機器の精度に技術的な限界があったため、バルク法のような海洋化学的な観測手法と比較して、測定値が少し大きいという指摘があった (Broecker et al., 1986)。しかし、現在、船舶観測で主流として採用されているバルク法もパラメータに不確定要素を含んでいることがわかっているので、その適用には制約がある。従って、測定環境に恵まれているとは限らない船上観測を視野にいれて渦相関法やバルク法とは異なった第3の観測手法の確立が強く要請されている。近年、高性能の CO₂ 測定器が開発され、大容量のパーソナルコンピューターも使用できる、好ましい条件が確保できるようになった。我々は、測定原理が明確な大気-海洋間 CO₂ 交換量の測定手法を確立させるための研究を計画し、京都大学防災研究所附属大瀧波浪観測所の実験栈橋で、渦相関法をメインに、空気力学的傾度法やスペクトル密度法のパラメーターを決めるための乱流フラックスの比較観測を定期的実施してきた。恵まれた気象条件、海象条件下で得られた成果ではあるが、空気力学的傾度法とスペクトル密度法が代わって大気-海洋間の CO₂ 交換量の測定に利用できることを明らかにすることができた。また、これら気象学的方法で観測された CO₂ 交換量の変化が全炭酸の変化によって検証される可能性を示すことができた。このような我々の試みが、大気中の CO₂ 濃度増加のメカニズムを解明する糸口をつかみ、地球温暖化防止という我々に課せられた社会的妖精に応えるための研究の端緒になることを願っている。

論文審査結果の要旨

大気 CO₂ の海洋吸収量は測定場所や季節・時間帯・海況でも変化するため海洋貯留形態や容量も考慮した測定手法の見直し改良が必要である。地上で信頼性の高い渦相関法も船舶・波浪の揺動で測定値は海洋化学的手法より過大になりやすく過酷な海象下では渦相関法の実施は困難である。論文著者は京大防災研大渦波浪観測所実験棧橋で渦相関法とバルク法、傾度法及びスペクトル密度法の比較研究を行い、さらに、気象学的測定 CO₂ 交換量の変化を海洋化学的な全炭酸変化として検証できることを示し、海上と海中の独立な計測のクロスチェックが重要かつ有効であること確かめた。換言すれば、藻類の光合成が現象に関与しており、表層溶存酸素の変化から炭素固定量が推定でき、酸素移流拡散を追跡すれば CO₂ の挙動が推定できることを実証した。これは、申請者の注目した Keeling の視点とも結びつく。本論文は、序章に続いて、2 章「大気－海洋間の CO₂ 交換測定手法についての研究」で傾度法・スペクトル密度法を渦相関法と比較して各手法の再評価を行い、3 章「大気－海洋間における CO₂ 交換量測定手法の検証法についての研究」では気象学および海洋化学的観測値を関連づけ CO₂ 交換量の検証法を提案した。ここで示された多層観測を 4 章「閉鎖的水域における対流循環についての研究」に応用し溶存酸素の鉛直フラックス深度分布を整理した。また、低酸素層の解消機構を解明するため水深遷移帯に発生する冷却性対流循環に伴う酸素輸送過程を実証した。同手法（貯留法）を琵琶湖水質に適用し水温・COD 軸で酸素飽和度が区分されることを例証し、さらに同区分図を大渦海岸の水温・pCO₂・酸素飽和度に適用した結果、夏季の表層に特徴的な酸素過飽和が、琵琶湖でも日本海でも起こることを示し、深層水の温暖・低酸素化とも関連することを指摘した。こうして表層・深層の酸素交換量の変動範囲も示し、5 章に纏めた知見は今後の研究、とりわけ CO₂ 交換量の評価に貢献するところが少なくない。よって、本研究の学位申請は合格と認める。