

(続紙 1)

京都大学	博士 (地球環境学)	氏名	田口 二三生
論文題目	沿岸海域における二酸化炭素の挙動に関する研究		
(論文内容の要旨)			
大気中の二酸化炭素濃度の急激な上昇は、地球環境にさまざまな影響を与えつつある。このために地球規模ならびに地域規模における二酸化炭素や炭素の循環に関する研究が活発に行われている。なかでもこれらの主要な吸収源とみなされる海洋に関する研究が盛んである。しかしながら外洋に比べて沿岸海域に関する研究は少ない。最近になって欧米でその研究が次第に行われるようになってきたが、日本沿岸海域での研究は不足している。本論文は東京湾、伊勢湾、瀬戸内海を日本の代表的な沿岸海域として取り上げて、これら水域での二酸化炭素関連化学種（炭酸系パラメータ）の挙動を明らかにし、夏季成層期の底層水塊における二酸化炭素の動態について議論したものであり、4章からなっている。 第1章では、大気中の二酸化炭素濃度の上昇とそれに対する国際的取り組みについて概観している。また、二酸化炭素の地球規模ならびに地域規模での循環に対する沿岸海域の重要性とその研究動向について示すとともに、その研究手法としては二酸化炭素関連化学種のなかでもアルカリ度を測定して、これとpHの値を用いて他の二酸化炭素関連化学種の濃度を計算により求め、二酸化炭素の動態を議論する方法が簡便であり、かつ沿岸海域で用いるに十分な精度があると説いている。 第2章では、東京湾、伊勢湾、大阪湾で海水を採取・分析して、アルカリ度と塩分の関係について議論している。その結果、どの海域でもアルカリ度と塩分の間には良好な直線関係が存在すること、最小二乗法による一次回帰式はいずれも相関係数が0.99以上の良好な値を持って求められること、その式の傾きと切片は当該海域に流入する河川水のアルカリ度と外洋海水のそれに依存して海域によって異なること、を明らかにしている。また、これらの結果をもとに、アルカリ度は海水にあっては保存成分であり基本的には塩分によってのみ決定されるとして、過去の調査でアルカリ度が測定されていなくても塩分とpHが測定されていたなら、その海域のアルカリ度－塩分関係式を用いることにより塩分からアルカリ度を算出できること、このアルカリ度とpHを用いて他の二酸化炭素関連化学種の濃度を求めることができること、を示している。 第3章では瀬戸内海播磨灘における1998年から2006年にかけての長期連続観測の結果を解析して、水温、溶存酸素、pH、溶存態無機炭素の長期変動と季節変動について議論している。アルカリ度ならびに溶存態無機炭素の算出には、			

(続紙 2)

第2章で求めたアルカリ度－塩分関係式を応用している。その結果、表層での活発な光合成によって生産された有機物粒子の沈降とこれの底層での分解により播磨灘底層水は夏季温度成層期に溶存酸素濃度が減少して貧酸素化すること、これに伴って二酸化炭素が水中に付加されるために底層水は酸性化し溶存態無機炭素が蓄積されること、しかしながらこれらの貧酸素化、酸性化、溶存態無機炭素の蓄積は冬季における成層の崩壊、海水の鉛直混合によって解消され水質は均質化し海水から大気への二酸化炭素の放出が起ること、観測期間の9年間にわたりこれらの現象が毎年繰り返されていること、を明らかにしている。また、夏季における溶存酸素、pH、アルカリ度、溶存態無機炭素の鉛直分布を測定して、アルカリ度は鉛直方向にはあまり変化を見せないものの溶存態無機炭素濃度は水深とともに増加して、最深部では表層の約1.2倍の値となって底層に蓄積されていることを示している。

第4章では結論としてこれまでの各章で得られた成果をまとめるとともに、地球環境学における本論文の意義について述べている。また、今後の研究の展望についても言及している。塩分やpHは測定されていても二酸化炭素関連化学種の分析が行われていなかったこれまでの長期観測結果に対しても、本研究で得られたアルカリ度－塩分関係式を用いるならアルカリ度ひいては二酸化炭素や溶存態無機炭素の濃度を算出できるので、それらの資料をもとに沿岸海域での二酸化炭素循環に関する長期変動解析が可能になると指摘している。

(論文審査の結果の要旨)

大気中の二酸化炭素濃度の急激な上昇、それに起因すると考えられる気候の温暖化は地球環境ならびに地域環境にさまざまな影響を与えつつある。このために二酸化炭素の地球循環・地域循環に関する研究は、今まさに海洋学・地球環境学が取り組むべき最重要課題の一つであるとされる。地球表面の7割を占める海洋はこの主要な吸収源としてみなされ、大気から海洋への二酸化炭素の移行、海水中での循環に関する研究が盛んに行われている。しかしながら外洋域に比べて沿岸海域に関する研究は乏しく、最近になって欧米でその研究が次第に行われるようになってきたものの、日本沿岸海域での研究は数少ない。本論文はこのような状況を鑑みて、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海を日本の代表的沿岸海域として取り上げ、これら水域における二酸化炭素関連化学種（炭酸系パラメータ）の挙動を明らかにしようとしたものであり、得られた主要な成果は次のとおりである。

1. 東京湾、伊勢湾、大阪湾での海水を採取・分析して、どの海域においてもアルカリ度と塩分の間には相関係数が極めて高い良好な直線関係が存在することを明らかにした。このことは海水にあってはアルカリ度は保存成分としてふ

(続紙 3)

るまい、基本的には塩分によってのみ決定されることを示しており、日本沿岸海域に限らず世界のいたるところで成立する海水の普遍的性質であることを示唆していて、海洋学の成果として学術的意義は高い。

2. 上述したアルカリ度と塩分の相関は、その関係式を用いることにより塩分からアルカリ度を簡単に算出できることを意味している。このことは過去の海洋調査でアルカリ度が測定されていなくても塩分が測定されていれば当時のアルカリ度を容易に推測できること、さらにpHの測定が行われているならその値とアルカリ度を用いて他の二酸化炭素関連化学種や溶存態無機炭素の濃度を見積もることができること、を示している。すなわち、このアルカリ度－塩分関係式を用いるなら、これまでに各地で測定されてきた膨大な海洋調査結果を分析して、二酸化炭素関連化学種や溶存態無機炭素の長期変動を解析できることになる。このことは海洋学のみならず地球環境学の見地からも極めて意義深いものであり社会的価値も高い。

3. 上述した溶存態無機炭素の長期変動解析を瀬戸内海播磨灘での連続観測結果に適用し、また、夏季における溶存酸素、pH、アルカリ度、溶存態無機炭素の鉛直分布を現場観測して、底層水塊の貧酸素化・酸性化と溶存態無機炭素の蓄積との関連について明らかにした。表層で生産され底層に沈降した有機物粒子の分解に伴ってこれらが並行して起こり、溶存態無機炭素は夏季温度成層期に底層水に蓄積されるが、冬季の成層崩壊、海水鉛直混合に伴ってこの溶存態無機炭素は表層に供給され、海水から大気に向かって二酸化炭素が放出されて海水中の溶存態無機炭素濃度は減少するという化学過程が毎年繰り返されていることを示した。このことは沿岸海域における二酸化炭素の循環機構を解明するうえで、海洋学的にも地球環境学的にも意義が高い。

以上のように、本論文は沿岸海域における二酸化炭素の挙動を詳しく議論し解明したものとして地球環境学の発展に寄与するところは大きい。よって本論文は博士（地球環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成21年12月17日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

論文内容の要旨及び審査の結果の要旨は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。特許申請、雑誌掲載等の関係により、学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降