

学 位 論 文 題 名

セジメントトラップ実験と炭素14による
西部北太平洋における炭素循環の研究

学位論文内容の要旨

大気中二酸化炭素を海洋がどの程度吸収するかを精度よく把握するためには、物理化学的な二酸化炭素吸収能力（溶解ポンプ能力）に加え、海洋の生物活動による二酸化炭素吸収能力（生物ポンプ能力）について定量化することが重要である。また最終氷期の二酸化炭素低下、地球温暖化を誘因する大気中二酸化炭素濃度の増加に伴う海洋の二酸化炭素吸収能力の変化においても生物ポンプ能力は極めて重要な働きをすると考えられる。

北西部北太平洋は、春季ブルームで代表されるように海洋表層の基礎生産力が高く、また珪藻種が優占している海域であり、生物ポンプ能力が高い海域であると推察される。本研究では西部北太平洋縁辺海（オホーツク海、ベーリング海、沖縄トラフ海域）、ならびに外洋域（亜熱帯循環域、西部亜寒帯循環域、亜極境界域）においてセジメントトラップ実験を行い、捕集された沈降粒子の放射性炭素、並びに炭素フラックス他生物起源物質を測定することにより、同海域での炭素の鉛直・水平輸送過程、輸出生産量、生物活動に伴う海水中二酸化炭素分圧の変化について考察した。

縁辺海のセジメントトラップ試料の放射性炭素測定結果からは、オホーツク海、ベーリング海では深海で捕集された炭素が海洋表層混合層で形成され、深海へ輸送されていることが明らかとなった。一方、沖縄トラフ海域ではセジメントトラップで捕集された炭素粒子の60%以上は隣接する東シナ海大陸棚斜面から水平輸送された古い炭素であることが推察された。このことは、セジメントトラップ実験から海洋表層の生物活動を考察する場合に、大陸周辺では水平輸送された炭素の寄与を考慮しなければならないことを示唆するとともに、大陸棚で生物により同化・石灰化された炭素が、大陸棚上で堆積・分解するだけでなく、かなりの量が外洋域へ水平

輸送されている様子を示唆するものであった。

Station KNOTを中心とした西部北太平洋外洋域のセジメントトラップ実験結果からは、深海に輸送される炭素フラックス（有機炭素フラックス+無機炭素フラックス）は大西洋、インド洋、南極域等の他の海域に比べて必ずしも高いわけではなかったが、オパールフラックス、およびオパール / 炭酸カルシウム比は世界的に高い海域であることが再検証された。さらに現場で測定された、あるいは衛星データから推察した海洋表層基礎生産力と漂流型・海底設置型セジメントトラップ実験結果の比較から、同海域では粒子による輸出生産率（E-ratio）が年平均で25%程度であり高いこと、ただし基礎生産力の増加に伴いE-ratioは低下することが明らかとなった。

上記のセジメントトラップ実験、世界各海洋のセジメントトラップ実験結果、炭素フラックスの鉛直変化率の経験式、および海洋表層での炭酸系の化学平衡式を用いて、生物活動に伴う海洋表層の二酸化炭素分圧（ $p\text{CO}_2$ ）変化について半定量化を試みた。本研究でセジメントトラップ実験を行った海域の中ではベーリング海の生物活動が最も $p\text{CO}_2$ を低下させる能力をもつこと、特に晩春の春季ブルーム時に $p\text{CO}_2$ を低下する能力が高くなることが示唆された。また全海洋を比較すると、ベーリング海、北西部北太平洋における生物活動は、アラビア海と同程度に海洋表層の $p\text{CO}_2$ を低下させる能力を有する可能性が示唆された。これは北西部北太平洋が珪藻が中心の生態系であり高い有機炭素 / 無機炭素比（ Co / Ci ）の炭素フラックスを持つこと、アラビア海の場合は Co / Ci は高くはないが、大きな炭素フラックスをもつことに帰因している。

以上の結果から北西部北太平洋では海洋表層の生物活動が海水中の二酸化炭素分圧を効率的に低下させており、大気中の二酸化炭素吸収に生物ポンプが効率的に働いていることが結論づけられた。

学位論文審査の要旨

主 査	教 授	角 皆 静 男
副 査	教 授	乗 木 新一郎
副 査	教 授	河 村 公 隆
副 査	教 授	南 川 雅 男
副 査	助教授	渡 邊 修 一
副 査	助教授	田 中 教 幸
副 査	助教授	中 塚 武
副 査	助教授	山 中 康 裕

学 位 論 文 題 名

セジメントトラップ実験と炭素14による 西部北太平洋における炭素循環の研究

海洋が人間活動によって放出された二酸化炭素(CO_2)をどの程度吸収するかを正確に把握するためには、海洋の生物活動による二酸化炭素吸収能力、すなわち生物ポンプ能力を定量化することが重要である。生物ポンプが明らかになれば、氷期に大気中二酸化炭素濃度(pCO_2)が低下した原因の解明、地球温暖化の主要因である大気中 pCO_2 増加が将来どのようなようになるかの解明などにおいて、極めて重要な情報になると考えられる。

北西部北太平洋は、植物プランクトンの大きな春季ブルームが観測され、高い基礎生産力が実測され、また珪藻種が優占していることから、生物ポンプ能力が高いと予想される海域である。本研究では、北西部北太平洋の縁辺海(オホーツク海、ベーリング海、沖縄トラフ海域)ならびにその外洋域(親潮域、亜熱帯循環域、西部亜寒帯循環域、亜極境界域)においてセジメントトラップ実験を行い、捕集された沈降粒子中の放射性炭素(炭素 14)および生物起源物質を測定することにより、炭素などの鉛直粒子束、化学組成、基礎生産に対する比である移出生産率などを決め、炭素などの鉛直・水平輸送過程、鉛直変質過程などを解析し、生物ポンプによる二酸化炭素吸収能力について考察した。

縁辺海のオホーツク海、ベーリング海におけるセジメントトラップ試料の炭素14測定

結果からは、深海で捕集された粒子態炭素がその上の海洋表層混合層で形成され、速やかに深海へ輸送されていることが明らかとなった。一方、大陸棚に近い沖縄トラフ海域では、セジメントトラップで捕集された炭素粒子の 60%以上が隣接する東シナ海大陸棚斜面から水平輸送されたものであることがわかった。このことは、セジメントトラップ実験から海洋表層の生物活動を考察するときに、大陸周辺では水平輸送されてくる炭素の寄与を考慮しなければならないこと、また、大陸棚で生物により有機化・石灰化された炭素は、大陸棚上で堆積・分解するだけでなく、かなりの量が外洋域へ水平輸送されていることを示唆するものであった。

北西部北太平洋に置かれた時系列観測点 KNOT(44°N, 155°E)周辺域におけるセジメントトラップ実験結果では、深海に輸送される炭素フラックスは、大西洋、アラビア海、南極域等の他の海域に比べて必ずしも高いわけではなかったが、オパール(生物起源の非晶質ケイ酸塩)フラックス、オパール/炭酸カルシウム比、並びに有機炭素/無機炭素比は世界的にもっとも高い海域であることを確実にした。さらに現場での直接測定、あるいは衛星データから求めた基礎生産力と、漂流型・海底設置型セジメントトラップ実験結果の比較から、同海域では移出生産率(E-ratio)が年平均で水深 100m、1000m でそれぞれ約 25%、5%程度であり高いこと、ただし基礎生産の増加に伴い E-ratio は低下する傾向があることがわかった。

上記のセジメントトラップ実験の結果、炭素フラックスの鉛直変化率の経験式、および海洋表層での炭酸系の化学平衡式を用いて、生物活動に伴う海洋表層 $p\text{CO}_2$ の変化を半定量的に表現することを試みた。その結果、ベーリング海、北西部北太平洋における生物活動は、南極海と同程度に海洋表層の $p\text{CO}_2$ を低下させる能力を有することがわかった。以上の結果から、同海域の生物ポンプは、海水の $p\text{CO}_2$ を効率的に低下させ、ひいては大気中 $p\text{CO}_2$ を大きく低下させる能力を有すると結論することができた。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、発表論文数および勤務先研究機関における研究業務の遂行能力も併せ、申請者が博士(地球環境科学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。