

学 位 論 文 題 名

火散布沼 (亜寒帯汽水湖) における

物質循環過程の季節変動

学位論文内容の要旨

陸と海の接点に位置する沿岸域は、淡水と海水が混合する複雑な環境をもち、かつ人間との関わりが強い特殊な海域である。有史以来、人類はこの沿岸域において様々な漁業活動を行っており、現代社会においてもその重要性は不変である。例えば、日本の漁業生産額のうち約40%を沿岸・内水面漁業が占めており、沿岸域の日本経済への貢献が大きいことは明白である。しかし日本の沿岸・内水面漁業は1980年代と比較してその漁獲量は6割程度まで著しく減少し危機的状況にある。

沿岸生態系解明に関する研究は国内外において、社会的に研究投資が受け入れやすい、人為的改変の圧力により汚染が深刻化し、これに対処するために研究投資がなされた海域にて行われている(例えば国内では有明海、東京湾、国外では香港、北米メーン湾など)。汚染海域の問題抽出を行う際には、比較対象として健全な海域の報告例が必要不可欠であるが、研究資金不足や調査活動を行う上での隘路(保護区への立ち入り許可など)により人為的改変の行われていない海域のデータは極めて少ない。北海道道東に位置する火散布沼(ひちりっぶぬま)では、アイヌ民族が居住していた頃より現在に至るまで良好なアサリ漁が行なわれている。その一方で、野生生物も多数生息しており、特に鳥類では絶滅危惧種Ⅱ類のタンチョウ、天然記念物のシマフクロウが生息している。このような良好な自然環境が保たれてきた火散布沼はラムサール条約登録湿地として選定されていることから、漁業活動と生態系保全が両立している稀有な海域であるといえる。そこで本研究では人為的改変のない海域として、厚岸郡浜中町、火散布沼を研究対象とし調査活動を行った。著者はこのような海域の生態系を解明することにより、汚染海域の比較対象となる健全な海域の定量的な情報を蓄積し、沿岸域の環境・漁業問題に解決策を見出すことを期待している。

生物地球化学的な手法を用い、対象とする生態系システムが物質を生産・消費する(Autotrophic・Heterotrophic)システムであるのか、あるいは恒常的(持続可能な)システムであるのか、を判断するには、その系にインプットされる物質とその系からアウトプットされる物質の物質収支(マスバランス)を明らかにする必要がある。具体的に言えば、生活・酪農排水などによって流入する物質輸送速度(フラックス)と生物過程もしくは漁業活動によって系内(沿岸域)で取り除かれるフラックス、外海に流出するフラックスなどの収支の整合性を確認することが求められると言える。したがって本研究では、火散布沼における各態で存在する親生物元素、炭素(C)・窒素(N)・リン(P)現存量・フラックスを実測し、その物質循環過程の定量化を行うことによって、1)火散布沼の漁業生産を支える生物プロセスを決定し、2)その

マスバランスから沿岸域における持続可能な漁業活動範囲の指標を掲示することを目的とした。

セジメントトラップにて捕集した沈降粒子中のクロロフィル a 態C・N・Pフラックスは、植物プランクトン態C・N・P現存量の13~360%に相当し、17回の観測のうち15回の確率(88%)で植物プランクトン現存量を上回っていた。さらに、沈降粒子の安定同位体比から算出したトラップ捕集粒子中の底生微細藻類と水柱植物プランクトンの寄与率はそれぞれ75.5%、24.5%であったことから、トラップ捕集された粒子の主な起源は、植物プランクトンではなく底生微細藻類であることが示唆された。すなわち、セジメントトラップには堆積物から再懸濁した底生微細藻類が捕集されており、この再懸濁プロセスが水柱の藻類(植物プランクトン+底生微細藻類)現存量に与える寄与は非常に大きいといえる。火散布沼に生息するアサリの $\delta^{13}\text{C}$ 値は底生微細藻のそれに近く、 $-14.2\sim -12.2\text{‰}$ であると報告されている。また、アサリは高い濾水能力を持つことが知られていることから、アサリは直上水を濾過することによって巻き上がった底生微細藻類を多量に摂食していると考えられる。したがって、底生微細藻類の再懸濁プロセスはアサリのおもな食物源を著しく増大させる、火散布沼のアサリ生産を支える重要な生物プロセスであると判断された。

火散布沼への淡水供給量は $22\sim 200\times 10^3\text{m}^3$ (沼容積の0.9~8.0%)と非常に少なく、塩分と溶存無機態窒素(DIN)が正の有意な相関関係を示したことから、火散布沼への主要なN供給源は外海水であることが示された。したがって、火散布沼内システムと連結する系内・系外フラックスとして主に挙げられるのは外海水から系内への流入フラックス、漁獲による系外へのフラックスの2つであり、火散布沼の物質収支(マスバランス)を考える場合にはこれらのフラックスの大小を比較する必要がある。火散布沼におけるアサリ漁業はコンブ漁が休漁期間である冬季(12月~3月)に行われる。火散布沼における1998年~2001年の平均年間総漁獲量は約90tであり、その9割以上はアサリ漁である。アサリ漁獲量(湿重量)をC、Nに換算する係数としてそれぞれ2.3%、0.5%を用いると、年間約2070kgC、450kgNがアサリ漁により系外へ持ち出されていることがわかる。この値を漁業期間である4ヶ月(120日)で割ると冬季の沼全体の漁獲フラックスは17 kgC/day/lagoon、4 kgN/day/lagoonであると算出される。2008年2月に行われた36時間連続観測にて得られた上げ潮・下げ潮時の平均DIN濃度($112, 92\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)に流出入水容積を乗算すると、冬季には外海水から正味 40 kgN/day/lagoonのDINが沼内へ供給されていた。火散布沼でのアサリ個体群の二次生産量は15 kgN/day/lagoonと報告されていることから、基礎生産者へ供給された40 kgNのうち、約4割がアサリ生産量に転送され、アサリ生産量の約3割、系外からのN供給量の約1割に相当する量が漁獲されていることが分かる。したがって火散布沼を指標にすると、対象とする生態系システムを持続可能に利用するための適正な漁業活動範囲(漁獲量)はその系へ供給されるN量の1割程度であると推測された。

近年、沿岸域では海底へのドロ化や藻場の消失といった現象が多く報告されており、このような現象は底生微細藻類や大型草藻類が生息する底生生態系を改変している。漁業活動と生態系保全が両立する火散布沼においてこの底生生態系の果たす役割が大きいことから判断すると、昨今の汚染海域における問題は底質の悪化に起因していると推測される。本論文は持続可能な漁業活動を行うには栄養塩流入量と漁獲量をバランスのとれた状態に保つことが必要であることを定量的に裏付けた報告である。したがって、沿岸域を持続可能に利用していくためには、今後、物質収支のモニタリングを十分に行うことが必要とされるであろう。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 門 谷 茂

副 査 教 授 岸 道 郎

副 査 准教授 工 藤 勲

学 位 論 文 題 名

火散布沼（亜寒帯汽水湖）における

物質循環過程の季節変動

本研究は、北海道東部に位置する亜寒帯汽水湖である火散布沼における物質循環過程の定量化を行うことによって、1)火散布沼の漁業生産を支える生物プロセスを決定し、2)そのマスバランスから沿岸域における持続可能な漁業活動範囲の指標を掲示することを主目的としたものである。

第一章においては、火散布沼の水理構造の特徴を明らかにするために、潮位、流向・流速、水温・塩分の長期連続観測の結果と、様々な気象データとともに解析する事により、火散布沼への淡水供給量は、物質循環を定量的に取り扱う場合に、ほぼ無視できる程度であることを明瞭に示した。

第二章では、火散布沼内における栄養塩類の時空間分布と、栄養塩類の起源について議論しており、マスバランスを評価するために必要とされる系外からの唯一の窒素供給源として、外海からの窒素供給量が重要な位置を占める事を明らかにした。

第三章では、沼内の基礎生産有機物の時空間分布を詳細に検討し、火散布沼の漁業生産を支える基礎生産物の挙動を解明し、火散布沼では植物プランクトンの生産ではなく、底生微細藻類の再懸濁プロセスが重要である事を示した。

さらに第四章においては火散布沼の物質循環過程における大型草類（アマモ）の物質代謝の寄与が大きいことを実験データと野外観測データを解析する事により、明瞭に示した。

第五章では、沼内の消費者や分解者として、動物プランクトンとバクテリアの現存量の時空間分布を詳細に解析し、動物プランクトンの多寡には、粒状有機物が支配的に作用している事や、バクテリアの現存量は水温分布と同調的であることを明らかにした。

第一章～第五章で得られたデータに炭素・窒素量に換算した漁獲データを加えることにより、第六章では、物質循環過程の季節変動の特徴とその支配要因を明らかにした。ここで得られた火散布沼の物質循環過程のマスバランスから、生態系システムを持続可能に利用するための適正な漁業活動範囲(漁獲量)はその系へ供給される窒素量の1割程度であることを主張している。

近年、沿岸域では海底のヘドロ化や藻場の消失といった現象が多く報告されており、このような現象は底生微細藻類や大型草類が生息する底生生態系を改変している。本研究で明らかとなったように、漁業活動と生態系保全が両立する火散布沼においてこの底生生態系(底生微細藻類・アマモおよび底生動物等)の果たす役割が大きいことから判断すると、昨今の汚染海域における問題は底質の悪化に起因するものであると考察している。本研究により、持続可能な漁業活動を行うには、栄養塩の系内への流入量と漁獲量の収支を、バランスのとれた状態に保つことが必要とされることを定量的に裏づけた。それゆえ、今後、沿岸域を持続可能に利用していくには、物質収支のモニタリングを厳密に行うことが必要不可欠であり、漁業活動範囲(窒素換算した漁獲量)と、対象とする系へ供給される窒素量が 10%程度の関係になるように、双方をマネジメントすることが望ましいとしている。

以上の通り、申請者は亜寒帯汽水湖沼における物質循環過程の特徴を、沼内の水柱および堆積物表層のほぼすべての構成者について、それらの窒素現存量や相互間のやり取りを定量的に明らかにし、組み合わせて解析することにより、多くの新知見を得ており、今後の沿岸汽水域における物質循環過程に関する研究の発展に大きな貢献をすることが期待される。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また申請者の研究者としての情熱や大学院博士課程における研鑽などもあわせ、申請者が博士(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。