

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	渡辺 謙太
論文題目	Biological production and carbon sequestration functions in estuarine and coastal ecosystems (河口沿岸域生態系の生物生産機能と炭素隔離機能)		
(論文内容の要旨)			
<p>河口沿岸域は生物生産性が最も高い水域であり、多様な生態系機能は人類に対して多くの有益な生態系サービスを提供する。河口沿岸域は陸域及び海域と強く連結する系であり、その連結性や相互作用は生態系の構造、機能、生物過程に大きく影響する。複雑な連結性や相互作用を有する河口沿岸域において、生態系機能の規定要因については未解明な点が多く残されている。本研究では、河口沿岸域の生態系機能として生物生産と炭素隔離に着目し、栄養塩及び炭素動態の解析から、これら機能の規定要因の解明をめざした。生物生産機能に関しては、京都府・由良川流域及び丹後海において周年にわたる栄養塩、物理構造、植物プランクトンの動態調査を行い、河川－河口域－沿岸域の複合的な系における生物生産の規定要因を調べた。また、炭素隔離機能については、北海道の潟湖において、様々な起源を有する有機炭素及び無機炭素の動態を複数の時空間スケールで解析し、炭素隔離機能へ与える影響を調べた。</p> <p>第1章では研究の背景と目的を述べ、第2章では、由良川の下流域から河口域において、塩水楔の遡上が低次生態系に与える影響を調べた。栄養塩、植物プランクトン及び動物プランクトンの現存量・種組成の時空間変化を調査した。解析の結果、由良川下流域では、塩水が遡上する低流量期（主に夏季）に基礎生産が増大することが明らかとなった。植物プランクトンブルームは、表層で増殖する淡水・汽水種と、塩水中で増殖する海水種で構成されていた。これらの生産は主に陸域由来栄養塩に支えられていることが示唆された。一方、冬春季の高流量期には植物プランクトンは河川内から押し流され、現存量は下流域において非常に小さくなった。これらの結果から、河川流量に応じて河川下流域の物理構造・栄養塩動態が変化し、低次生産を決定していることが明らかとなった。</p> <p>第3章では、沿岸域植物プランクトンの季節変化を規定している要因を調査した。解析の結果、第2章で示した河川下流域とは逆の傾向を示し、沿岸域の植物プランクトン現存量は冬春季に増加し、夏季に減少した。統計解析の結果、植物プランクトン現存量の季節変化への寄与は、河川からの栄養塩供給量よりも、エスチュアリー循環による海洋からの栄養塩供給量の方が大きいと推定された。冬春季は海面冷却により混合層が深くなるため、外洋の深層から表層に栄養塩が供給される。この栄養塩がエスチュアリー循環により外洋から沿岸域に輸送され、冬春季の基礎生産を支えていると考えられた。一方、夏季は外洋水の栄養塩濃度が低いために、出水によりエスチュアリー循環が駆動されたとしても、低栄養塩の外洋水流入により基礎生産は抑制された。</p> <p>第4章では、由良川河口域及び丹後海において、溶存鉄 (<0.7 µm画分) と蛍光性</p>			

溶存有機物（FDOM）の関係を調べた。溶存鉄濃度は塩分上昇に伴い急激に減少し、94%以上が水中から除去された。一方、FDOMは塩分勾配に沿った大きな変化はなく、溶存鉄と異なる挙動を示した。このことから、由良川においては、有機物と錯体を形成していない溶存鉄（コロイド態と考えられる）が大部分を占めている可能性が大きい。しかしながら、コロイド態の割合が小さいと考えられる沿岸域では、溶存鉄濃度とFDOMの関係から、FDOMが沿岸域への溶存鉄輸送に寄与していることが示唆された。

第5章では、海草藻場の有機炭素の起源を元素比、安定同位体比、光学特性で評価し、炭素隔離過程に対して様々な起源を有する有機炭素が果たす役割を評価した。水中の懸濁態有機炭素と堆積物中有機炭素に占める有機炭素起源の組成を比較した結果、堆積物への有機炭素貯留効率は炭素の起源によって異なり、陸上植物及び海草は植物プランクトンに比べて堆積物中に長期的に残存しやすいことが示唆された。また、海草藻場の基礎生産者が光合成をすることで、有機炭素が生産され、水中のCO₂分圧が低下し、大気から水中へのCO₂吸収に寄与することを示した。

第6章では、沿岸植生域で採取した堆積物コアを地質学・生物地球化学的に分析することで、有機炭素貯留速度を規定する要因を抽出した。沿岸植生域において堆積環境の時空間変化を詳細に捉えるために、同位体を用いた起源別有機炭素貯留速度推定法を適用した。解析の結果、相対的海水準、土砂供給、静穏性、植生の変化が有機炭素貯留速度を規定していることが分かった。堆積環境や植生の変化は地殻変動及び気候変動に起因する相対的海水準の変動によって生じていることが示された。特に相対的海水準が上昇していた期間は土砂堆積速度が増加し、これによって有機炭素貯留度も大きかった。

第7章では、総合考察として、河口沿岸域の生物生産機能と炭素隔離機能の規定要因について考察した。河川流入や潮汐混合などの物理構造の季節変化が基礎生産者の時空間的な分布と生産力を規定し、それが河川－河口域－沿岸域の複合的な系の生物生産機能を決定づけていることが示された。また、様々な起源を有する有機炭素及び無機炭素の動態を複数の時空間スケールで解析し、炭素隔離過程の規定要因を明らかにした。これらの生態系機能の規定要因は相互に深く関係し合っており、それ故、生態系機能間にはトレードオフやシナジーの効果があると推察される。今後は、個々の生態系機能の評価に留まらず、複数の生態系機能の相互関係に着目した調査・解析を実施し、統合的な沿岸域生態系の管理に貢献していくことが必要である。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

河口域では河川水と海水が混じり合う複雑な物理・化学環境が形成され、生物生産力が高く物質が豊かに循環する。河口沿岸域は、高い水質浄化能力、魚介類の成育場、人々のレクリエーションの場など、人類に多くの生態系サービスを提供する重要な水域である。一方、河口域の環境が時空間的に複雑なために、河口沿岸域の機能は必ずしも十分に理解されておらず、開発の影響を受けやすいことから生態系機能の劣化も懸念されている。本研究は、河口沿岸域における基礎生産と炭素貯留機能に焦点を当て、これら機能を支えるメカニズムとその規定要因の解明を目的とした。本論文の評価すべき点は以下の通りである。

1. 由良川・丹後海において、季節的な河川流量の増減が河口域の栄養塩動態及び基礎生産者による生物生産の特性に大きく影響し、その季節変化を規定することを示した。また、植物プランクトンの生産にはエスチュアリー循環による沖合底層からの栄養塩供給が重要であり、エスチュアリー循環の駆動力になる淡水流入と冬季の鉛直混合が栄養塩供給を支えていることが推察された。

2. 陸域由来溶存鉄の9割以上が河口域において除去されることを明らかにした。一方、陸域由来溶存鉄の沿岸域への輸送において、溶存鉄と腐植様有機物との錯体形成の重要性が示唆された。

3. 沿岸域の海底堆積物への有機炭素貯留効率は起源によって異なり、陸上植物及び海草は植物プランクトンに比べて残存しやすいことがわかった。また、光合成による有機炭素の生産が大気から水中への二酸化炭素吸収に寄与することを示した。

4. 堆積物コアの解析によって、沿岸植生域では地殻変動と気候変動に起因する堆積環境の変化と植生の再配置が、数十年から数千年スケールの有機炭素貯留速度を制御していることが示唆された。

以上のように、本論文は基礎生産と炭素貯留の観点から、河口沿岸域の生態学的機能、その時空間的な変化の規定要因とメカニズムの一端を解明し、水産学、水産海洋学、沿岸生態学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成31年4月11日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を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 (学位授与日から3ヶ月以内)