

博士(水産科学) トウキマツト リハン

学位論文題名

Satellite-observed Spatial and Temporal Variability of Tokachi River Plume and its Impact on Primary Productivity along Eastern Coast of Hokkaido

(衛星観測による十勝川河川水プリュームの時空間変動特性と
その北海道東岸沿岸域の基礎生産への寄与)

学位論文内容の要旨

【序 論】

河川水は河口から沿岸域に流出して、懸濁物質、植物プランクトン色素、有色溶存物質(CDOM)などの光学的な特性から判別可能である。河川水プリュームは、周囲の水塊と異なったスペクトル反射率をもつ水塊として定義できる。ローカルな要因に影響されている沿岸の環境の中で、どのように河川水プリュームが変動するか、リモートセンシングにより探査可能である。十勝川河川水プリュームの解析は、プリューム分布の広がりや海洋生態系で光学的厚さを減少させ生産性を制限するかどうかなど、その影響を理解するために行った。本研究の目的は、衛星リモートセンシングデータと地理情報システム(GIS)を利用して、1) 衛星で観測した十勝川河川水プリューム分布域と河川水流出量との関係、2) 河川水プリュームの時空間変動特性、3) 河川水プリュームの基礎生産およびクロロフィルa(Chl-a)濃度変動への寄与を明らかにすることである。

【使用データと解析方法】

衛星リモートセンシングデータと河川流量などの付随データを組み合わせて、十勝川河川水プリュームの定義や時空間変動特性を明らかにするために用いた。本研究では、3つのタイプのセンサ(orbview-2/SeaWiFS、NOAA/AVHRR、および TOPEX/Poseidon ALT)を、1998年から2002年まで5年間、河川水プリュームの時空間変動を解析するために使用した。SeaWiFSによって観測されたそれぞれの海面射出輝度(nLw)は、最尤法により河川水プリュームを分類するため、412、443、490、510、555、670nmの6つの波長を入力チャンネルとして選んだ。衛星によって検出された河

川水プリューム海域面積と河川水流出量との関係は線形回帰解析をした。TOPEX/Poseidon によって観測された海面高度偏差と CTD 鉛直観測値は、地衡流推定計算に用い、北海道沖合いの親潮の渦と流れの発生を特定するのに使用した。地上風データは、風のベクトルをプロットして、風の応力について計算するために使用した。EOF(主成分)解析手法は、月平均 Chl-a 濃度画像および nLw(555)輝度値画像に適用し、河川水プリュームの時空間変動特性と基礎生産への寄与を理解するために用いた。基礎生産量は、深度方向積算(VGPM)モデルを用いて、AVHRR SST 画像、SeaWiFS Chl-a 画像、光合成有効放射量(PAR)データを使用して推定した。

【結果と考察】

1. 光学特性の季節変動

河川水プリュームの分布域やその広がり、分類手法を用いて特定した。この手法でプリュームと隣接している水塊を区別した。教師あり分類により、光学特性に基づいて、3~4 種類の沿岸水に分離した。スペクトル特性の季節的な違いは短波長域のパターンによって特徴付けられた。この変動特性は風の応力による影響が大きい。強い風応力(主に冬季)の期間は、3 種類の水塊に分類され、低い風応力(春季から秋季にかけて)の期間は、4 つの分類クラスが観測できた。再懸濁パターンは、強い風応力の期間、海岸に沿って出現した。河川水流出量と河川水プリューム域面積との関係は、毎年4月から10月まで期間は、1日のタイムラグで高い相関関係を示した。この高い相関関係は、光学特性を用いることにより、本研究で実行された沿岸水の分類が成功していることを示している。

2. プリュームの経年変化

衛星によって検出されたプリュームの空間的な配置は、いろいろなローカルな影響のために大きく変動した。観測されたプリュームの空間的な変動特性は主に風の向きと風の大きさによって引き起こされていた。強い風の間、風の向きに従ってプリュームは分布した。しかしながら、いくつかのプリューム分布は、より弱い風では影響なかった。プリュームは、岸近くに渦が存在する時、河口の岸に沿って北と南へ分離された。また、より弱い風と強い南向きの流れ(親潮)は、プリュームを南に運搬する。

十勝川河川水プリュームの時空間変動特性は、1998年から2002年までの時系列月平均 nLw(555)輝度値画像の EOF 解析結果にまとめられた。EOF 第1モード(44%)は、冬季に海岸に沿って再懸濁している水塊分布を示している。また、このモードは海岸に沿った春季から秋季のプリュームの分布方向を示す。EOF 第2モード(17%)は、海岸から沖合いに向かって分布

するプリュームを示す。また、EOF 解析結果は、nLw(555)値を使用することで、プリュームの光学的特性を説明している。強いプリューム特性(高い nLw(555)値で特徴付けられる)は、南方への親潮の貫入を示している。この時 EOF 第 1 モードは正の値で示される。弱いプリューム特性(低い nLw(555)値で特徴付けられる)は、岸の近くの時計廻りの渦分布を示し、EOF 第 1 モードは負の値で示される。

3. 基礎生産とクロロフィル a 濃度への河川水プリュームの寄与

プリュームパターンとプリューム特性の時空間変動は、十勝川河川水プリューム内の基礎生産量や Chl-a 濃度の変動へ影響する。プリューム内の基礎生産量と Chl-a 濃度は、沖合い海域より高い。Chl-a 濃度の時空間変動特性は、時系列月平均 Chl-a 画像の EOF 解析でまとめられる。春季から夏季、さらに初秋までの河川水流出量は、基礎生産量と Chl-a 濃度の増加に寄与している。EOF 第 2 モード(24%)は、この現象を説明している。河口の近くのプリューム域は、懸濁粒子で引き起こす光学的厚さの増加による基礎生産量の低下や Chl-a 濃度の低下が見られる。河口からの距離が離れれば離れるほど、懸濁粒子は減少し、より高濃度の Chl-a が見られる。

【おわりに】

結論として、十勝川河川水プリュームは、経年変化が非常に大きく、季節変動は小さい。風、岸に近い渦、および親潮が、プリュームパターンおよび分布特性に影響を与えていた。プリュームは基礎生産量と Chl-a 濃度に影響し、基礎生産量と Chl-a 濃度は、河口付近では低く、河口からより遠く離れるなるほどに増加する。本研究で明らかにした河川水プリュームの時空間変動パターンの理解は、沿岸海洋環境の定量的な予測や、生育場などの沿岸漁業に重要な海洋環境情報のモニタリングにも貢献できる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 飯 田 浩 二
副 査 教 授 齊 藤 誠 一
副 査 准教授 知 北 和 久 (大学院理学研究院)
副 査 准教授 平 譚 享

学位論文題名

Satellite-observed Spatial and Temporal Variability of Tokachi River Plume and its Impact on Primary Productivity along Eastern Coast of Hokkaido

(衛星観測による十勝川河川水プリュームの時空間変動特性と
その北海道東岸沿岸域の基礎生産への寄与)

近年、エルニーニョなど地球規模の環境変化が沿岸域へどのような影響をあたえているか、グローバルな視点で解明する国際的なプロジェクト LOICZ(Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone)が実施されている。沿岸域は、陸域・海域の境界領域として、また陸圏・水圏・大気圏におけるいろいろな変動の相互作用の場として重要な役割を果たしていることが認識されるようになってきた。この沿岸域における環境評価や持続的な資源利用が人類の生存にとって重要な課題である。

本研究の対象とした北海道東岸沿岸域は、西部亜寒帯循環を形成する親潮を起源とする沿岸親潮が接岸し、沖合いから黒潮起源の暖水渦が接近し、周辺の流れ場の影響を直接受けている。十勝川河川域は、農業地帯が発達し、都市域もあり、人為的な影響が河口から流出する河川水プリュームを通して、沿岸域の海洋環境へ影響を与えていると考えられる。このプリュームが沿岸域にどのような影響を与えているかを明らかにすることは、陸域と沿岸域との相互作用を理解する上で重要である。

近年、リモートセンシングを用いた海洋環境観測技術が進歩し、それらを応用して沿岸域の流動場、物質循環、生産性、健康度をモニタリングすることに関心が高まってきた。本沿岸域において、これまでの観測は断続的、もしくは定点だけによるため親潮系水の流動構造や暖水渦の貫入など、その物理過程とプリューム分布への影響についてすべては明らかにされていない。

本研究は、衛星リモートセンシングと地理情報システム (GIS) を統合的に用いて、1) 衛星で観測した十勝川河川水プリューム分布域と河川水流出量との関係、2) 河川水プリュームの時空間変動特性、3) 河川水プリュームの基礎生産およびクロロフィル a (Chl-a)濃度変動への寄与を明らかにすることを目的にしたものである。

特に審査員一同が評価した点は以下の通りである。

1. 河川水プリュームの分布域やその広がり、教師あり分類により、光学特性に基づいて、3~4 種類の沿岸水に分離した。特に、冬季の再懸濁した水塊の光学的な違いを明らかにした。
2. 河川水流出量と河川水プリューム域面積との関係は、毎年4月から10月まで期間は、1日のタイムラグで高い相関関係があることを明らかにした。
3. プリュームは、岸近くに渦が存在する時、河口の岸に沿って北と南へ分離し、より弱い風と強い南向きの流れ(親潮)は、プリュームを南に運搬するなど、周辺の流れ場のプリューム分布への影響を記述した。さらに、EOF 解析をおこない定量的な議論をおこなった。
4. プリュームパターンとプリューム特性の時空間変動は、十勝川河川水プリューム内の基礎生産量や Chl-a 濃度の変動へ影響することを明らかにした。さらに、EOF 解析をおこない定量的な議論をおこなった。

以上の諸点は、十勝川河川水プリュームの時空間変動特性とその基礎生産過程への影響に関する重要な知見を得たものと認め、さらに本研究は沿岸海洋環境の定量的な予測や、生育場などの沿岸漁業に重要な海洋環境情報のモニタリングにも貢献できる水産科学研究であるとして高く評価できる。

よって審査員一同は、申請者が博士(水産科学)の学位を授与される資格のあるものと判定した。