

氏名	杉本 亮
----	------

(論文内容の要旨)

沿岸海域における一次生産に使用される栄養塩の主な供給源には、陸域から河川を通じて供給されるもの、外海から供給されるもの、沿岸海域内における有機物分解によって再生産されるものがある。これらの供給量は時間的にも変動している。さらに、海域の一次生産の主な制限因子である溶存無機態窒素 (DIN) には、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素および硝酸態窒素がある。このため、沿岸海域の栄養塩動態は複雑なものとなっている。

本研究では、窒素安定同位体比測定法を栄養塩動態研究に導入することによって、栄養塩供給源の特定、硝化・脱窒過程の定量化を可能とした。対象海域は伊勢湾であり、ここにおいて窒素安定同位体比を実測し、これを3次元流動・生態係数値モデルに組み込むことによって伊勢湾の窒素動態を明らかにした。主な研究内容は以下の通りである。

1. 伊勢湾に河川から流入する栄養塩量、流入DINの窒素安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) を明らかにした。伊勢湾への淡水流入量のうち、湾奥部に流入する木曾三川が約8割を占めている。木曾三川のDINは主に硝酸態窒素である。河川水中の硝酸態窒素濃度は、河川流量の変動によって影響を受け、平水時の濃度はほぼ一定 ( $\sim 50 \mu\text{M}$ ) であるのに対し、渇水時には変動が大きい。また、硝酸態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ は平水時に0~2 ‰の値を示すのに対し、流量が低下すると約8 ‰まで上昇する。流量が小さいときには、生活排水などの人為起源窒素の割合が増すことによって $\delta^{15}\text{N}$ が上昇すると考えられる。

2. 伊勢湾に外海から流入する栄養塩の経年変動、 $\delta^{15}\text{N}$  の変化を明らかにした。伊勢湾南方の渥美外海には、上層に高温・貧栄養な陸棚上層水が、また下層には低温・高栄養な陸棚下層水が分布している。陸棚上層水中の硝酸態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ は-1 ‰程度であり、主に陸棚上層で再生産された窒素である。このとき分解される有機物の約50%は伊勢湾から流出してきた有機物である。一方、陸棚下層水中の硝酸態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ は5 ‰程度であり、その起源は外海深層に蓄えられている硝酸態窒素である。伊勢湾内への陸棚上層水の流入が強いときには低濃度・低 $\delta^{15}\text{N}$ の硝酸態窒素が流入し、陸棚下層水の流入が強いときには高濃度・高 $\delta^{15}\text{N}$ の硝酸態窒素が流入する。

3. 伊勢湾内におけるDINの形態 (アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素) および $\delta^{15}\text{N}$ の季節変化を明らかにした。伊勢湾内の中・下層におけるDINは、春季にアンモニア態窒素が優占し、夏季には硝酸態窒素が優占する。このDINの形態変化に対応して、硝酸態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ は明瞭な季節変化を示し、春季に最小となり ( $< -8 \text{ ‰}$ )、夏季に最大と

なる ( $> 8 \text{ ‰}$ )。この $\delta^{15}\text{N}$ の季節変化は、春季ブルーミング後の植物プランクトンの分解に伴うアンモニア態窒素の生成と、それに続く硝化によってほぼ説明される。また、夏季に発達する貧酸素水塊中では脱窒により硝酸態窒素が除去される。

4. 伊勢湾内の窒素動態を解明するために、窒素安定同位体比の変化を組み込んだ3次元流動・生態数値モデルを開発した。生態系モデルは硝酸態窒素、アンモニア態窒素、植物プランクトン、動物プランクトン、デトリタスの5コンパートメントで構成され、それぞれに含まれる窒素は $^{14}\text{N}$ と $^{15}\text{N}$ の2変数で表現されている。モデルの窒素濃度および $\delta^{15}\text{N}$ は、これらの実測の季節変動をよく再現した。このモデルを用いて、湾内の窒素動態を解析したところ、植物プランクトンによるDIN消費量は、河川および外海から供給されるDIN量を、一年を通じて大きく上回る。春季には、湾口部混合水の湾内への進入は底層進入から中層進入に転じる。これに伴って湾口部混合水のDINが有光層へと輸送され、春季ブルーミングのDIN消費に使われる。秋季には、海面冷却による混合層の発達により、夏季に下層の貧酸素水塊中に蓄積されていた再生生産DINが有光層へ運ばれ、これが秋季ブルーミングのDIN消費に使われる。伊勢湾においては、外部から供給されるDIN量に比べて、内部で再生生産されるDIN量が大きい。

氏名	杉本 亮
----	------

(論文審査の結果の要旨)

沿岸海域の水質は、陸域からの物質流入とともに外海からの物質流入の影響を受けて変動する。また沿岸海域は、流動・混合などの物理過程が、栄養塩生成・消費などの生物・化学過程を支配する複雑な系である。このため、沿岸海域の栄養塩動態研究は緒に就いたばかりであり、いまだ解明されていないことが多く、このことが沿岸海域の環境管理、生物生産予測を困難にしている。

本研究は伊勢湾を対象海域として、窒素安定同位体比測定法を栄養塩動態研究に導入し、実測した窒素安定同位体比データを用いて3次元流動・生態系数値モデルを開発し、伊勢湾の窒素動態を定量的に明らかにしたものである。

本研究の主な成果は以下の通りである。

1) 河川および外海から伊勢湾に流入する栄養塩量、流入DINの窒素安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) を、一年以上の現地観測によって明らかにした。これによって3次元流動・生態系数値モデルに用いる河川起源および外海起源の無機態窒素と懸濁態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値を決定した。また、環境条件との関係から $\delta^{15}\text{N}$ の変動特性を解明し、時間変動する $\delta^{15}\text{N}$ をモデルの境界条件として与えることに成功した。

2) 伊勢湾内におけるDINの形態および $\delta^{15}\text{N}$ の季節変化を実測し、硝化・脱窒反応における窒素同位体分別係数を現地データから求めた。これにより、伊勢湾の硝化速度を推定することが可能になった。

3) 以上のデータを用い、生物地球化学的窒素動態を明らかとする3次元シュミレーションモデル(3次元流動・生態系数値モデル)の開発に成功した。モデルによって、伊勢湾における窒素動態の季節変動を解明し、湾内の窒素収支を定量的に明らかにした。

以上のように本研究は、物理過程と生物・化学過程の強く結びついた複雑な系である沿岸海域の研究に窒素安定同位体比測定技術を導入し、これによって得られたデータをもとに3次元流動・生態系数値モデルを開発し、沿岸海域の栄養塩動態を定量的に明らかにしたものであり、沿岸海洋学、海洋環境学、水産海洋学および環境管理学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20年3月13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。