

【5-1404】人工構造物に囲まれた内湾の干潟・藻場生態系に対する貧酸素・青潮影響の軽減策の提案 (H26~H28)

中村 由行 (横浜国立大学)

1. 研究開発目的

本研究では、干潟・藻場生態系への貧酸素・青潮影響を軽減するため、発生源での対策とともに、干潟・浅海域での青潮回避策を提案し、具体的な諸対策効果の定量化を行う。また、これらの効果を総合化し、東京湾や三河湾での再生にとって有効な手法の組み合わせを提案することを、3 ヶ年を通じた最終目的とする。

平成 26 年度においては、研究の初年度であることから、東京湾ならびに三河湾における現地調査を通じた貧酸素水塊や青潮の発生、それらの生物影響など、現象の把握に努めるとともに、必要な技術開発要素としての生態系モデルの改良、室内実験系の整備・確立を目指す。

具体的には、第一に、最終的に提案する対策手法の効果を評価するためのツールとして、生態系モデルの必要な改良を行い、青潮発生時に実施する観測結果を用いてモデルの検証を行う。第二に、対象海域のひとつである三河湾全体スケール規模での貧酸素及び硫化物の発生・解消機構を調べ、これらが魚介類の分布に与える影響を把握する。第三に、もうひとつの対象海域である東京湾奥部の平場および浚渫窪地を対象に、貧酸素・無酸素水塊、および硫化物分布の時空間動態とともに、それらの生物影響について実態調査を行う。第四に、硫化物が海産生物の初期生活史段階の生残等に及ぼす影響を調べるための室内実験系を作製する。第五に、底泥コアを用いた室内培養実験により、堆積物表層における酸素・窒素・硫黄循環過程を詳細に調べるとともに、過去千葉港で実施された曝気実験結果を解析し、具体的な対策メニューのひとつである曝気の底質改善効果を定量化することを目的とする。これらの研究を通じて、2 年目以降の研究の進展のために必要な情報を得るとともに、必要に応じて計画の修正を行う。

2. 研究の進捗状況

(1) 生態系モデルの改良とモデルによる現地地形及び保全策後の変化解析 (サブテーマ (1): 横浜国立大学)

青潮インパクトの軽減策のうち、発生源対策 (発生源と推定されている場の貧酸素・硫化物発生を軽減する対策) による効果を定量化するため、窪地埋め戻しや覆砂対策前後の貧酸素化・硫化物生成量の違いを表現する数理的手法を開発した。

具体的には、第一に、貧酸素・青潮発生源対策として可能な現状技術のレビューとモデルの改良点、研究開発要素の抽出を行った。まず、発生源対策 (無酸素水塊の発生源と推定されている場の貧酸素・硫化物発生を軽減する対策) として、海底地形を窪地、航路・泊地、平場の 3 つに分類し、現時点で可能性のある発生源対策を整理した。

次いで、既存のモデルを利用する上で必要となる、モデルの改良点を取りまとめた。改良点として、生態系モデルの要素 (モデル変数)、及び空間分解能を取り上げた。特にモデル変数については、従来モデルでは考慮されていなかった硫化物イオンから硫黄粒子、さらに硫酸イオンへの一連の酸化反応を組み込んだモデルに改良する必要があること、また、空間分解能については、対策を施す領域周辺のみを細かく格子分割できる手法を開発することが必要であることを整理した。今年度においては硫黄に関するモデル変数の改良を重点的に行った。

次に、モデルの検証のためには、これまで知見に乏しい青潮発生時の情報、特にイオウの動態と成分に関する情報を取得する必要があることから、東京湾奥部で青潮発生時を中心とした現地観測を行った。青潮での計測を確実にするため、従来から高い頻度で青潮が報告されている千葉港～三番瀬海域を中心とした陸域からの調査と、船上調査を組み合わせることで実施することにより、青潮前後での水質、特に硫化物や硫黄の動態に関する知見を得ることができた。特に、濁度計によって硫黄

粒子濃度が計測可能であること、濁度から判断すれば底層水の湧昇以前に無酸素層直上に硫黄粒子が高濃度に蓄積されていることが強く示唆された点が、特筆すべき成果である。

最後に、先に述べた改良を行ったうえでモデルを東京湾に適用し、平成 26 年度 8 月～9 月に観測された青潮発生前後の観測結果と計算結果を比較した。モデルは青潮が発生する時期及びその期間について、現象をよく再現することが示された。

(2) 三河湾における貧酸素及び硫化物が魚介類の生息及び再生産に与える影響解明 (サブテーマ (2): 愛知県水産試験場)

三河湾全体の貧酸素及び硫化物の発生・解消機構を解明し、これらが魚介類の分布に与える影響を把握した。人工構造物に固まれた干潟・藻場において、貧酸素及び硫化物と生物の関係を海況とともに把握した。

まず、貧酸素水塊及び硫化物が底生性魚介類資源に与える影響を評価するために、三河湾全体規模で、水質観測と底びき網調査の同時調査を行った。調査は三河湾を 4 km 四方の 28 水域に区分し、2014 年 6 月～10 月の各月 1 回実施した。その結果、貧酸素水塊の進行に伴って底生性魚介類の個体数及び現存量が大きく低下すること、また、貧酸素水塊に対する応答は各分類群毎に異なることが分かった。

次に、人工構造物に固まれた干潟・藻場における調査として、三河湾湾奥の干潟・藻場及び隣接する航路泊地に設定した 13 測点において 2014 年 6 月から 9 月までの間に計 8 回、水質の観測を行った。その結果、貧酸素化の進行や溶存硫化物の蓄積などの水質変動と底生生物の生息との関連性に関する基礎的なデータを得ることができた。三河湾では 8 月 10 日に接近した台風 11 号の擾乱により底層水の酸素環境がいったん好転した。この攪乱のため、9 月当初の六条潟への貧酸素水の湧昇や汐川干潟での苦潮が生じたものの、底生生態系の被害は最小限に抑えられたものと考えられた。

(3) 貧酸素及び硫化物に対する浅海域の魚介類の応答 (サブテーマ (3): 国立環境研究所)

東京湾において貧酸素及び硫化水素等硫化物の生物影響について実態調査を行った。サブテーマ (4) と共同して東京湾定点で魚介類調査を行い、貧酸素とともに硫化物が生物の密度及び空間分布に及ぼす影響を解析した。また、硫化物が海産生物の初期生活史段階の生残等に及ぼす影響を調べる実験系を作製し予備実験を行った。

まず、東京湾内湾部において、6 月から 12 月の期間に毎月 1 回の頻度で、底曳網による底生生物採集、水温、塩分および溶存酸素濃度の同時測定を行った。調査地点は、貧酸素水塊の曝露期間と地形特性によって以下の 4 箇所を設定した。すなわち、長期間無生物域となる湾奥の浚渫窪地・航路付近、夏季に無生物域となる湾奥沖合の平場、湾中央での貧酸素～通常酸素濃度の境界水域、南部沖合海域 (対照地点) の 4 地点である。また、不攪乱柱状採泥器により採取した海底直上水および底泥間隙水の硫化水素濃度を測定し、貧酸素水塊ならびに海底直上水および底泥中の硫化水素等硫化物の経時変化および空間分布を調べた。また、併せて底生生物の生物量および種組成の時空間的変動も明らかにした。

次に、硫化水素等硫化物が海産生物の初期生活史段階の生残等に及ぼす影響を調べるための室内実験系の試作を行い、溶存酸素濃度、硫化水素濃度および pH の安定性について検討した。実験系では青潮発生時における沿岸水質を室内で再現させるため、実験系内の無酸素海水を H₂S 含有海水 (模擬青潮水) と交換させる方式を採用した。交換のために必要な水量と、24 時間の試験期間における系内の DO 濃度、pH、硫化水素濃度の安定性を調べて実験系の有効性を確認し、あわせて改良点を整理した。

(4) 東京湾の貧酸素・硫化物分布に関する実態調査 (サブテーマ (4): 東京大学)

東京湾奥部の平場および浚渫窪地に定点を設定し、初夏から秋にかけて、水質・底質調査を行い、

貧酸素水塊、無酸素水塊、および硫化物分布の時空間動態を把握した。調査の一部はサブテーマ(1)およびサブテーマ(3)と連携して実施することで、効率的に質の高い時空間データを取得した。対象海域の選定にあたっては過去の貧酸素水塊分布を確認した上で、国土技術政策総合研究所海洋環境研究室発行の東京湾底質含水比マップ上において、貧酸素水塊の発生原因である有機物に富む軟泥域(高含水比域)をカバーするよう配慮した。

まず、東京湾奥部の平場において、表層堆積物中の有機炭素・有機窒素含有率、全硫化物濃度と底層水中の全硫化物の平面分布や変動を調べた。底層水中の硫化物濃度の平面分布から、平場における硫化物発生には局所性と間欠性が認められた。また、過去の調査事例と比較して2014年の夏季においては平場の硫化物発生規模は小さく、硫化物発生が小規模な年のモニタリング結果とみなすことができる。

次に、調査期間中の幕張沖浚渫窪地、浦安沖浚渫窪地、および平場の底層水中の硫化物濃度の時系列を比較した。青潮の発生が見られた8月27日の前後で浚渫窪地における硫化物濃度が急減した一方、平場の硫化物濃度は全般に低く、この青潮は主に浚渫窪地内の無酸素水塊を起源とするものと推定された。これに加え、船橋航路や千葉航路を起源とする無酸素水塊の影響が考えられた。観測期間中の青潮は比較的規模が小さかったが、平場における硫化物の発生が小規模に留まったことがその主因と考えられる。

(5) 貧酸素・硫化物の蓄積過程の解析と実験(サブテーマ(5): 港湾空港技術研究所)

東京湾または三河湾底泥コアを用いた室内培養実験により、堆積物表層における酸素・窒素・硫黄循環過程を詳細に調べた。また、過去千葉港で実施された曝気実験結果を解析し、その底質改善効果を定量化した。

まず、室内培養実験において、堆積物による酸素消費速度と直上水の攪拌速度との明瞭な相関関係を得る事ができた。また、無酸素後化も培養を継続し、硫化物が溶出する条件での実験を行った。実験結果から平均的な硫化物溶出速度の情報が得られ、硫化物循環の一つの指針値を得ることができた。

次に、底質浄化実験結果を解析し、曝気装置の運転による酸素消費量を求めた。また、稼働期間中の底質のCOD変化量をもとに、CODを1(mg/g 乾泥)減少させるのに必要な日数を算出した。これにより、本曝気装置による底質回復効果とその範囲を試算することができた。値は場所毎にばらつきがみられるが、これは吐出量が一様ではないために見られる結果であると考えられた。

3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

環境省は、湖沼や閉鎖性海域における水質の生活環境項目に関して、これまでのCODを中心とした体系を修正し、新たに底層DO濃度等を追加する方向で検討している。しかしながら、DO濃度の低下よりもさらに毒性の大きい硫化水素の影響については環境基準改定作業では議論されておらず、これをどう評価するかが今後の課題である。干潟・藻場のような、浅く生物生息に適した環境への貧酸素水塊や青潮の来襲は、生物生態系に大きなインパクトを与えているが、DO欠乏が原因か、あるいは硫化水素による影響が大きいのかは依然として不明であり、本研究はこれらの課題解明に向け、まず基礎となるイオウの形態のうち、硫化物イオン(溶存硫化物)、単体硫黄を簡易に区分できる方法を見出したことから、次年度以降の発展と環境政策への貢献が期待できる。

4. 委員の指摘及び提言概要

全体的に順調に進められており、また個別研究は有益と思われる。一方で、有効な対策をレビュー評価し、その効果をモデルで検討することも重要であるが、その部分の研究に遅れが見られる。軽減対策の具体的な評価に向けたモデルの開発・適用、最終的な対策提案、その効果の評価まで行う道筋を明確にしてほしい。また、東京湾と三河湾の二か所で研究する意義を明示するとともに、これらの

地域での具体的な問題解決につながる研究成果を期待する。

5. 評点

総合評点： A