

伊勢湾の生態系の回復に関する研究（抄録）

山田 浩 且・水野 知 巳・坂口 研 一・水野 裕 輔・宮本 敦 史・辻ヶ堂 諒

工業研究部・農業研究部・保健環境研究部・京都大学・三重大学・東海大学

目 的

伊勢湾の物質循環（汚濁負荷量および干潟、藻場、河口湿地の自然浄化量等）の現状や生態系に大きな影響を及ぼす貧酸素水塊の形成機構等、伊勢湾生態系の現状に関する知見を収集し、汚濁負荷の削減策を具体化する際の基礎資料とする。また、伊勢湾の自然浄化能力を回復させるための新たな技術を開発する。

平成12年度には科学技術振興センター鈴鹿水産研究室、工業研究部、農業研究部、保健環境研究部、京都大学、三重大学、東海大学がプロジェクトチームを結成し、計18の研究課題に取り組んだ。具体的な検討成果については、共同研究「伊勢湾の生態系の回復に関する研究」成果報告書で別途報告されるので、ここではその概要のみとりまとめた。また、科学技術振興センター工業研究部、農業研究部、保健環境研究部の成果については、各研究部から発行される事業報告書に掲載される予定であり、ここでは省略した。

方法および結果

1. 物質循環に関する人為的要因

1) 負荷の発生量及び漁業・養殖業による回収量の整理（鈴鹿水産研究室）

伊勢湾の流入負荷量および漁獲に伴う負荷の回収量を整理するため、関係機関から伊勢湾周辺の発生負荷や漁獲に関する資料を収集し、エクセルファイルに入力し、簡易データベースを作成した。発生負荷量については、三重県大気水質課および四日市港管理組合から統計資料（1991、1992、1994年分）を収集し整理した。伊勢湾内の漁獲統計については、愛知県水産試験場、三重県漁政課、農林水産省東海農政局、農業研究部から統計資料（1955～1997年分）を収集し整理した。

2. 物質循環に関する自然浄化量

1) 干潟及び浅海域（鈴鹿水産研究室）

三重県明和町下御糸沖の浅海域をモデル海域とし、同海域の浄化量を定量的に評価するため、各季節に1回の頻度でマクロベントス・メイオベントス、付着藻類の現存量、全菌数、間隙水中のN・P、海水中のN・P、底質

の含水率、密度などを測定した。

これらのデータを用い、定常状態の生態系モデルにNベースで現存量とフラックスを表した。バクテリアは浅場より深場の方でやや多い傾向を示したが、明瞭な季節変動はみられなかった。メイオベントスは12月の深場で高い現存量を示した。懸濁態食者は浅場より深場で現存量が多く、9月にはピークに達し、その後減少した。堆積物食者は3月に多かった。

調査海域を8BOXに区分し、BOX別に各植物連鎖段階の生物による窒素吸収量を調べた。窒素吸収量の合計ではBOX2が最も大きく、400mg/m²/dayであった。水深3m～4mのBOXで浄化能力が高く、水深2mや5mのBOXでやや小さい傾向を示した。バクテリアによる窒素吸収量は全BOXで最も安定的であった。また、アサリなどに代表される二枚貝の懸濁物食者による浄化能力はBOXにより違いがみられるものの、浄化量に大きな役割を担っていたことから、二枚貝類の重要性が認識された。BOX別の粒度組成、CODおよび硫化物量をみると、水深2～3mのBOXと水深4～5mのBOXで大きく異なっていた。前者は比較的粗い粒径、少ない有機物量、硫化物量を示し、後者は逆に細かい粒径、比較的多い有機物量、硫化物量を示した。浄化能力に大きく関与する浅海域では、底質の特性から大きく2つの海域に区分できた。同様に生物層もこれらの2海域で異なる様相を呈した。

2) 底泥による脱窒量（三重大学生物資源学部、菅原庸）

伊勢湾の底泥における脱窒ポテンシャルを推定するため、各季節に1回、湾内の18測点で底泥を採取し、脱窒細菌数、硝酸還元細菌数、従属栄養細菌数、硫酸還元細菌数、底泥の強熱減量およびCOD、脱窒ポテンシャルを測定した。

本年度の調査では、伊勢湾内のどの海域の底泥からも脱窒細菌は検出された。特に津、松阪沖から湾央にかけて多かった（104 cells/g以上）。伊勢湾底泥表層には有機物が多量に蓄積し、脱窒細菌の脱窒のためのエネルギー源は十分に存在していると考えられた。しかし、底泥表層の亜硝酸塩、硝酸塩量は極めて少なく、脱窒はほ

とんど進行していないことが示唆された。また、これらの検体に硝酸塩を添加することにより高い脱窒反応がみられたことから、河川水や外海底層水の伊勢湾への流入に伴う硝酸塩の供給がみられる海域では、現場においても硝酸塩濃度に応じた脱窒が進行していると考えられた。

底泥表層の多量の有機物の存在は、従属栄養細菌の活動を支え、泥温の上昇とともに従属栄養細菌による酸素の消費、さらには硫酸還元細菌による硫化物の生成などが活発化し、貧酸素化の要因の一つになっていることが推察された。

3. 貧酸素水塊の形成変動機構

1) 貧酸素水塊の発生機構の解明(京都大学, 藤原建紀)

伊勢湾の貧酸素水塊の形成変動機構を明らかにし、その機構を数値モデル化するため、湾内の所定の定点において、月に1~2回の頻度で調査船「あさま丸」および漁船による海洋観測を行い、水温、塩分、溶存酸素、流向流速データを収集、解析した。

伊勢湾で形成される貧酸素水塊には、中層貧酸素水塊と底層貧酸素水塊があり、これらは外洋系水の進入深度の違いによって生じることがわかった。酸素を豊富に含む外洋系水の湾内への進入には、中層進入と底層進入の2つのモードがあった。中層進入は底層貧酸素水塊と、底層進入は中層貧酸素水塊と対応していた。春夏季には外洋水が中層進入し、その下層に隔離された湾内底層水が貧酸素化し、底層貧酸素水塊が発達する。秋季には外洋水が中層進入から底層進入に転じ、底層貧酸素水塊が上層へ持ち上げられ、中層貧酸素水塊へと移行し、その後、酸素が供給されて貧酸素水塊は消滅する。外洋水の進入深度は湾口部と湾内の海水密度で規定され、こうした進入深度の変動が貧酸素水塊の消長を決めていると考えられた。

2) 水質の長期スケールでの変遷解析

(京都大学, 藤原建紀)

伊勢湾の水質データを長期スケールで収集、整理し、その変動様式を解析した。貧酸素水塊中には底質から溶出した栄養塩(アンモニア態窒素、リン酸態リンなど)を高い濃度で含んでいる。この水塊が移動することによって湾内の水質分布も変動していることがわかった。湾口部から外洋系水が湾内下層に進入したとき、下層にあった高栄養塩水塊を上層(有光層)に持ち上げ、一次生産(赤潮)を誘起する。一方、中層進入時には、特にこのようなことは起こらない。湾内の水質の長期的な変遷を解析した結果、外洋系水の進入の強さおよびその深度が年によって異なり、これによって水質の年変動が起きて

いることが示唆された。

3) 貧酸素水塊形成シミュレーションモデルの開発

(東海大学, 中田喜三郎)

伊勢湾における貧酸素水塊の発生、変動様式を再現しうるシミュレーションモデルの開発に取り組んだ。

1995年を想定した外力を与え、流体力学モデルによる物理場の数値シミュレーションを行った。物理場の再現性を塩分、水温でみると、計算結果は観測と良く一致し、本モデルは伊勢湾の物理場を精度良く再現できることが示唆された。さらにこの結果を用いて伊勢湾生態系モデルのシミュレーションを行った。溶存酸素の計算結果と観測結果の比較を行ったところ、モデルの再現性が非常に良いことがわかった。ただし、今回の解析では底層の硝酸態窒素やリン酸態リン、塩分で観測値よりも計算値が過小評価されていた。これは主として開境界で与えた底層での硝酸態窒素、リン酸態リン、塩分の濃度が実際より小さいことに起因すると考えられた。今後、境界条件の与え方を再検討する。また、鉛直方向の分割が粗く、現実にもみられる中層貧酸素水塊の現象を再現できていないため、鉛直分割を多く取った計算も行う。さらに別の年度を想定したシミュレーションを行い、モデルの精度をさらに検証していく。

4. 貧酸素による生物への影響

1) 底生生物調査(三重大学, 関口秀夫)

底生生物群集に及ぼす貧酸素水塊の影響を具体的に評価するため、伊勢湾内の21定点において、三重大学練習船勢水丸により各季節に1回の頻度で底生生物の分布調査を行った。

メガベントス(大型底生生物)の総生物量は貧酸素水塊の形成前後で大きく減少し、貧酸素の発達によって多くのメガベントスが大量死していることが明らかとなった。採集されたメガベントス(大型底生生物)のうち、最も多かったのはヒトデ類で、特にスナヒトデが卓越した。スナヒトデの生物量は、貧酸素の発達で著しく減少するものの、貧酸素の解消後は比較的短期間のうちに回復した。サイズ組成の変化から、スナヒトデは貧酸素の発生前後で世代交代していることが明らかとなり、本種は貧酸素水塊の発達前に産卵し、貧酸素の発達中には表層に浮遊幼生として生息し、貧酸素域の解消後に着底するという生活史をもつことが推定された。また、このことが、貧酸素域の解消後比較的短期間のうちにその生物量を回復させる原因となっていると考えられた。

5. 干潟・藻場・河口域の実態

1) 干潟・藻場の現況と変遷(鈴鹿水産研究室)

伊勢湾内の干潟、藻場の分布実態について現地で目視調査した。さらに、平成11年度に緊急地域雇用特別交付金事業で実施した航空機MSS調査の結果と併せて解析し、藻場、干潟面積を算出した。

伊勢湾の三重県側に残存する砂浜域は、1,100haと推定された。その内訳は、河口部分では干潟が462ha、砂州が329haであり、海浜部分では前浜が66ha、前径浜が151ha、後径浜が107haであった。最も面積の大きい河口干潟は松阪沖の河口干潟であり、県内の河口干潟の40%を占めた。残存する藻場は235haであり、その内訳はアマモ場とオゴノリ場がそれぞれ38ha、ガラモ場は158haであった。今回の藻場の定義には含まれないが、アオサや流れ藻が漂着している区域がそれぞれ200ha以上みられた。今後は文献調査を中心に過去の藻場、干潟面積を把握し、現在までの変遷を明らかにしていく。

2) 河口域における生態調査（鈴鹿水産研究室）

干潟・藻場・河口域のもつ幼稚仔保育機能を評価するため、松阪市櫛田川の河口域、その周辺に形成される干潟上の浅場、藻場（アマモ場）の3測点において幼稚仔採集調査を行い、幼稚仔の組成、季節変化、発育段階に応じた浅海域の利用形態などを調べた。

平成12年4月～平成12年12月までの延べ14回の調査で採集された魚類は65分類群（taxa）、9,486個体に及んだ。春季から秋季までの種数の変化は小さく、20種前後の幼稚仔魚が安定して採集された。しかし、冬季に入ると種数は急減した。春季の採集個体数は増減を伴いながらも比較的多かった。しかし、夏季以降採集個体数は激減し、低水準の状態はその後調査終了時（冬季）まで続いた。なお、採集された幼稚魚の種数、個体数は調査期間を通じていずれも藻場で最も多い傾向にあった。採集個体数の多かった春季にはスズキ、ハゼ科、アユなどが卓越した。採集個体数の少なかった夏季～冬季にかけては優占

種の変遷が顕著であった。河口域周辺の浅海域は多種の幼稚仔魚に利用され、特に春季の利用度が高いことがわかった。

6. 干潟・藻場造成新技術

1) アマモ育苗技術の開発

アマモの育苗技術を確立するため、アマモの飼育実験を行った。平成12年6月に松阪市松名瀬海岸においてアマモ母草を採集した。鈴鹿水産研究室に持ち帰った後、1トン水槽中で激しく曝気しながら追熟させた。約20日後に鞘から離脱して沈下した種子を回収し、約550mLの種子を得た。種子を冷蔵庫内の4℃海水中で通気しながら越夏させた後、培養水槽の水温の低下を待つて11月9日に播種し、実験を開始した。実験では海砂の粒度組成（粒径0.5～4mm）、施肥の有無、底床中の微水流の有無による葉数、葉長、分けつ数、根および地下茎の伸長状況の違いを観察した。

各実験区とも、実験開始5日後には無数の胚軸が砂面上に抽出してきたのが確認され、まもなく葉を伸ばし始めた。1月には20cm程度に葉を生長させたが、分けつや地下茎の伸長は確認されなかった。実験終了時（平成13年2月）において、施肥の有無による葉、根の明瞭な生長差は認められず、また、底床の粒度による顕著な生長差もみられなかった。ただし、底床中の水流の有無においては有意な生長差が認められ、水流のない嫌気条件下で生長が優れることがわかった。本年度の成果から、アマモ幼苗の生産は海砂をそのまま栽培床として利用する粗放的な手法で比較的容易に行えることが明らかとなった。

関連報文

平成12年度共同研究「伊勢湾の生態系の回復に関する研究」成果報告書