

# 伊勢湾の生態系の問題点

三重大学 大学院生物資源学研究科 教授 関口秀夫

## 1 伊勢湾の地理・地形

伊勢・三河湾の西側と東側では、地形に際立った相違が認められる。伊勢湾の西方には、鈴鹿山脈をはじめとして1,000m級以下の山脈が並び、西縁は大阪湾となっている。一方、伊勢湾の東方には、木曾から東へ隆起山地列が並び、東端はフォッサマグマの西縁の糸魚川-静岡線になっている。これらの地形の特徴は、この地域の地史を反映している。また、濃尾平野を中心として沖積層が広がっているが、これは第四紀前半の沈降運動によって生じた厚い堆積層である。

伊勢湾は南側で外海沿岸海域に開いた一種の盆地と考えることができる。伊勢湾の周辺域は、その地形の特徴から、3つに区分されそうである。湾（盆地）奥に大きく広がる濃尾平野と、これに比較すれば狭いが西側の伊勢平野と、まったく平野部がない知多半島である。そして、湾奥に都会や工業都市が集中し、他は農業や漁業が展開されている町や村である。沖積地帯である濃尾平野を中心に、湾奥側に海拔の低い地域が広がっており、この地域には都会や工業都市が集中しているため、都市生活や工業活動に地下水が大量に使用された経緯もあって、この地域の地盤沈下がひどく、海岸よりの多くの地域が海拔ゼロメートル地帯となっている。そのため、伊勢湾地域への台風の襲来時期が大潮の満潮に重なると、高潮が発生し、この地域に甚大な被害を与える。

伊勢湾だけではなく、この周辺域の気候の際立った特徴は、中国大陸から吹く冬の季節風である。伊勢湾では、この季節風は濃尾平野の北西の風「伊吹おろし」として知られており、敦賀地方から伊吹山を迂回して関が原を通過して濃尾平野に至るがためである。また、南北に連なる鈴鹿山脈の鈴鹿峠から伊勢平野に吹き出す西北西の局地風は「鈴鹿おろし」として知られており、いずれも強い局地風として卓越する。一方、北太平洋高気圧が発達し日本列島をおおう夏季には、太平洋側の海風が南よりの風として卓越する。いずれにしろ、暖期と寒期を問わず、伊勢湾は風の通り道となっている。

伊勢湾はほぼ伊良湖水道を介して太平洋に通じている半閉鎖的な湾である。ここでの伊勢湾は狭義の伊勢湾を指し、三河湾 604km<sup>2</sup> を含まず、伊良湖岬から鳥羽市南端を結ぶ北側の海域を伊勢湾の範囲としているが、これ

は一般に了承されている伊勢湾（狭義）の定義である。その面積は1,730km<sup>2</sup>、平均水深は19m、容積は39.4km<sup>3</sup>、流域面積は17,675km<sup>2</sup>である。水深90mを超える伊良湖水道を除けば、伊勢湾は中央域が盆状の湾であり、もっとも深いところは中央域にあり35mを超える。比較のために、東京湾の例をあげておこう。その面積は9,600km<sup>2</sup>、平均水深は18m、容積は17.9km<sup>3</sup>、流域面積は7,540km<sup>2</sup>である。つまり、流域面積からわかるように、伊勢湾には東京湾よりもはるかに大量の淡水の流入がある。伊勢湾全体はある意味では河口域であり、汽水域なのである。

伊勢湾に流入する河川流量(年平均)は21.6km<sup>3</sup>で、これは伊勢湾の容積の約64%に相当する。伊勢湾の西岸には宮川、雲出川や榎田川などの河川があり、これらの河川が伊勢湾に供給される河川水量の約90%が湾奥に流入している。伊勢湾の湾奥域で最大の河川は木曾三川であり、これらの供給する淡水量は年平均で252 m<sup>3</sup>/s(年間7.95km<sup>3</sup>)、最大と最小はそれぞれ8,583m<sup>3</sup>/s(年間270.67km<sup>3</sup>)と47m<sup>3</sup>/s(年間1.48km<sup>3</sup>)である。したがって、伊勢湾は河川水の影響を受けやすく、大雨後の影響はとくに大きく、海況の変化の激しい湾であるといえる。

日本の河川は流程が短くかつ急流なので、降水量を多量に流す特徴がある。そのために、諸外国の主要な河川の年流出率が10-30%であるのに対して、日本のそれは70-90%にもなる。日本の河川水量の季節変化は降水・降雪量の季節変化を反映しており、伊勢湾に流入する河川水量の最大値は、台風時を別にすれば、初夏の梅雨時期に観測されている。木曾三川をはじめとして河川から伊勢湾に持ち込まれるのは、淡水ばかりでなく栄養塩もそうであり、これらの淡水は伊勢湾への栄養塩の供給源である。

## 2 伊勢湾の底質

伊勢湾の底質分布から判断して、伊勢湾の海底は大きく2つに分けられる。ひとつは湾中央域から湾奥にかけて広がっている泥底であり、他は湾南部域から湾口域にかけて広がっている砂礫底である。とくに湾口域では、砂礫混じりの粗砂や直接露出した基盤の礫層が分布している。現在では、名古屋港から四日市港にかけての、またほぼ湾奥部の泥底はヘドロ状態で、底土は周年にわた

って硫化水素による異臭を放っている。伊勢湾の大部分を占める泥底は有機物含有量が高く、現在、夏季にはこの泥底の広い範囲にわたって貧酸素水塊が発達している。三重県の白子沖や松阪・伊勢沖には、砂・砂礫底が広がっている。伊勢湾の西岸には朝明川、鈴鹿川、雲出川、櫛田川や宮川などの河川があり、これらの水系の規模は大きくはないが、背後に鈴鹿山地が迫っているために、急流をなし河口部まで砂礫が運ばれ、沖合に砂・砂礫底が広がっている。最近の伊勢湾の富栄養化の進行とともに、この海域の底土にも泥分が増え、かつての砂底ではない。また、ほとんどの河川にダムが設置されているので、河口部に運ばれる砂礫量が著しく減っており、伊勢湾周辺の砂浜がやせ細っている。

上記に言及した伊勢湾の底土性状の分布は、底土に含まれている有機物量や全窒素量の分布に反映されている。三重大学生物資源学部の菅原教授のグループによれば(吉田, 2002)、底土の有機物量の指標となる灼熱減量は伊勢湾では四季を通じて 1.7 - 19.4% の範囲(平均 10.9%)にあり、いずれの季節においても 15% 以上の区域は伊勢湾中央域から名古屋港にかけての区域と同じく湾中央域から松坂港にかけての区域であり、低い区域は湾口域あるいは白子沖の砂質底域であった。同じく底土の有機物量の指標となるCODは 0.43 - 55.2 mgO<sub>2</sub>/g dry wtの範囲(平均 24.7 mgO<sub>2</sub>/g dry wt)にあり、最小値と最大値の間には 100 倍近い開きがあるが、伊勢湾内の分布は灼熱減量の分布パターンと類似していた。伊勢湾の底土の全窒素含有量は 8.56 - 1161.89 mgN/m<sup>2</sup>の範囲(平均 187.85 mgN/m<sup>2</sup>)にあり、CODの場合と同様に最小値と最大値の間には 100 倍近い開きがあったが、伊勢湾内の分布は灼熱減量やCODの分布パターンと類似していた。伊勢湾に流入する汚濁負荷はさまざまな形態をとるが、いずれにしる最終的には、伊勢湾で最も水深が深くすり鉢状の盆地を形成している湾中央域に堆積する傾向が認められる。

### 3 伊勢湾の海況と流動構造

伊勢湾の流動構造ならびに海況は主として3つの要因によって規定されている。ひとつは、湾奥域に流入している、日本有数の流域面積をもつ木曾三川(揖斐川、長良川、木曾川)による淡水の供給によって、また淡水供給量が莫大でありかつ季節変動が著しいことによって、伊勢湾の流動や海況は左右されている。2つ目は、伊勢湾湾口を介して外海の手況が伊勢湾の手況に及ぼす影響である。3つ目は、冬季の大陸からの北・北西からのモンスーン、夏季の南からの季節風が伊勢湾の海水の流動に及ぼす影響である。もちろん、伊良湖水道を通じての伊勢湾と外海間の海水交換過程もこれらの要因に大きく支配されており、湾内の流動構造は海水交換の大小に、海水交換は湾内水の滞留時間に、次に湾内水の滞留時間

は富栄養化の進行と密接に関係している。

上記の2つ目の要因について最初に述べる。伊勢湾は、本邦の他の海湾と同様に、沿岸漁業の盛んな海域であり、ノリ養殖漁業を別にすれば、イワシ類・イカナゴを対象とした浮魚漁業がこの海域の漁獲量の大半を占める。後に詳しく言及するが、伊勢湾の富栄養化の進行と貧酸素水塊の発生などによって海底環境が劣化したことによる底魚やエビ・カニなどの超大型ベントス資源の急速な減少によって、従来からそうであったが、とくに最近では、これら底物の漁獲量は浮魚のそれに比べてはるかに小さい。伊勢湾のイワシ類やイカナゴの漁獲量(資源)は伊勢湾の手況の強い影響下にあり、伊勢湾の手況は上記に言及した要因によって左右されている。したがって、伊勢湾の漁獲対象種の漁獲量の経年変化を解析することによって、その過程の詳細は別にして、外海の手況が伊勢湾の影響を知ることができる。

成田ら(2002)によれば、伊勢湾の漁獲量の経年変化は黒潮流軸の変動と密接な関係がある。黒潮の流路には大蛇行年とそれ以外の非大蛇行年があることが知られているが、その研究成果を要約すれば、伊勢湾では、イカナゴとカタクチイワシの漁獲量は明らかに黒潮非大蛇行年に大きく、逆にマイワシは黒潮大蛇行年に大きい。このことは次のこと「黒潮大蛇行年には貧栄養的な外海沿岸水が伊勢湾内に流入し、それに伴ってマイワシが伊勢湾内へ移動しやすくなる。したがって、プランクトン食性魚の餌生物であるプランクトンの増殖が抑えられ、結局、カタクチイワシやイカナゴの漁獲量(資源量)が小さくなる。黒潮非大蛇行年にはこれと逆の状況が見られ、外海沿岸水の進入がなく伊勢湾内で湾内水が発達し、プランクトン食性魚の餌生物であるプランクトンの増殖が促進され、カタクチイワシとイカナゴの漁獲量が増大する」を示唆している。ただし、このような現象をもたらす具体的な機構の解明はこれからの課題である。

伊勢湾は、東京湾や大阪湾と同規模の面積をもつ半閉鎖的海域であり、いずれの湾も湾奥部に大河川が流入している。これらの湾では、淡水と海水の密度差で駆動されるエスチュアリー循環流が卓越し、上層の比重の軽い低塩分水は湾口へ流れ、下層では反対に比重の重い高塩分水が湾奥へと流れる(藤原, 2007)。河口域にも河口密度流としてエスチュアリー循環流の存在が古くから知られているが、これと異なって、この内湾規模のエスチュアリー循環流は地球自転の影響を強く受ける。伊勢湾、東京湾や大阪湾いずれの湾においても、湾規模のエスチュアリー循環流はこれに付随して湾内の湧昇速度を高め、その流量は河川流量の 10 倍のオーダーである(宇野木, 1998)。伊勢湾の生態系を支配している流動構造を、同時にこれは伊勢湾の富栄養化さらには貧酸素水塊の発生・消滅の機構と密接に絡んでいることを意味しているが、藤原(2002)と筧ら(2004)に準拠して述べる。

伊勢湾の成層強度は季節によって変化し、湾内では4

月 10 月が強成層期、11 月 3 月が弱成層期であるが、季節を問わず湾口部（伊良湖水道）は強い潮流によって鉛直混合が進んでいるので、大潮期が強混合で小潮期が弱混合となっている。湾内と湾口部で成層強度が異なるために水平的な密度勾配が生じるので、伊勢湾の流れは、湾奥部に流入する淡水に起因する流れと、湾口部の潮汐混合に起因する流れが重なったものである。伊勢湾のエスチュアリー循環の一環として中・下層を湾口から湾奥に向かう流れ（return flow）には、2 タイプあることが観測されている。ひとつは、潮流による鉛直混合が強い湾口部で形成される混合水が湾内底層水よりも重く、混合水が伊勢湾の底層に進入するタイプ（底層進入）である。他は、湾口部の混合水が伊勢湾の底層水よりも軽く、伊勢湾の中層に進入するタイプ（中層進入）である。季節的にみると、弱成層期の 11 月 - 3 月には、ほとんどの場合が底層進入タイプであり、4 月 - 10 月の強成層期には主として中層進入タイプであるが、間欠的に底層進入タイプも観測されている。もちろん、これらのエスチュアリー循環は、地球自転の効果を受けている水平的な循環流を伴っている。

夏季の水温・塩分の分布パターンによれば、湾内水は鉛直的には 3 つの水塊、すなわち水深 10m 付近にある躍層より上にある低温・高塩分の、河川水に起源がある上層水、湾口部の混合水で形成されている、密度が上層水と底層水の間で水温 20 - 24°C の中層水、主として湾西部の底層にある水温 20°C 以下の底層水に区分できる。伊勢湾の表層の塩分と診断モデルで求めた潮汐残差流の分布によれば、低塩分水が西岸に沿って帯状に延びており、東側の上層水との間にフロントが形成されて、西側の低塩分水はこのフロントに沿って南下する流れとなり、ところどころで時計回りの渦を形成しているが、東側の低塩分水は北上する流れとなっている。また、水深 10m での潮汐残差流と水深 20m での水温の水平分布によれば、湾口部の混合水（中層水）が湾東部の知多半島沿いを占めており、その下の水深 20m の水温分布とよく対応している。伊勢湾の西部域では、中層水は薄い層となって広がっており、湾西部の底層水の上に半時計回りにまわりながら緩やかに進入している。伊勢湾西部域の底層水は停滞性であり、季節的な加熱から取り残されて低水温であり、この水塊は貧酸素水塊ともなっている。

秋季および冬季の伊勢湾の流動を模式的にみれば、この時期は冷却期であり、表面海水は冷やされ重くなる。伊勢湾の湾奥の河口域では、河川系水が海表面を覆うために、強い塩分成層が形成され、海面が冷却されているにもかかわらず、鉛直対流が起らず混合層がほとんどできない。一方、その外側では、海面冷却によって鉛直対流が起り、塩分成層が弱く、混合層が厚くなる。結果として、湾奥部に時計回りの渦が形成される。冷却期の伊勢湾では、湾口の混合水は湾内水よりも重く、湾内の底層に進入する。水温・塩分および密度の鉛直分布

と水深 13m での塩分の水平分布によれば、表層では湾北部域が低塩分であるのに対して、水深 13m では中南部域（松阪沖）がもっとも低塩分となっており、その東側を南下流が、西側の津沖の北上流を伴う時計回りの循環流が形成されている。春季はエスチュアリー循環の return flow（中・下層を湾口から湾奥に向かう流れ）が底層進入から中層進入に変わる時期であり、伊勢湾の表層の流動パターンは秋季と類似していると考えられている。

#### 4 伊勢湾の貧酸素水塊の現状

「貧酸素」の定義は研究者によって異なっており、3ppm (2.1 ml/L) 未満とするものから 2ppm (1.4 ml/L) 未満とするものまでさまざまである。一般には、魚介類を致死させる溶存酸素量として 1.0-2.0 ml/L 未満が、魚介類の生理生態に何らかの負の影響を与える溶存酸素量として 2.0-3.0 ml/L 未満が設定されている。したがって、溶存酸素量として 3.0 ml/L 以上あれば、海洋生物には何等の障害も与えないとされている。ここでは 3ppm (2.1 ml/L) 未満の溶存酸素量を弱「貧酸素」、2ppm (1.4 ml/L) 未満の溶存酸素量を強「貧酸素」として定義しておく。

三重県科学技術振興センターは、月 1 回、伊勢湾全域において海洋観測「浅海定線観測」をおこなっている。1993 年（平成 5 年）から 2001 年（平成 13 年）までの間の、伊勢湾の海底直上 1m の底層の溶存酸素量の分布の季節・年の変動図（関口, 2003）と、底直上 1m の底層の溶存酸素量の季節・年の変動図（藤原, 2007）によれば、これらの図中には貧酸素水域の規模も表現されているが、もちろん、貧酸素域の発達規模には季節による変動が著しい。しかし、これに加えて、年による変動も著しい。言うまでもなく、伊勢湾に限らず、本邦の内湾の底層の貧酸素域は毎年、夏季に発達し、秋季から冬季にかけて解消される。この機構については、後に詳しく言及するが、貧酸素域の発達規模に年変動が著しいのは、毎年、夏季の貧酸素域の発達を促す要因（湾内水の成層の発達、酷暑等）あるいは阻害する要因（強風、台風等による鉛直混合、冷夏、外海水との海水交換の強化等）の作用する強弱に年変動があるからである。

上記に述べたように、伊勢湾の貧酸素水塊の発達規模は年変動が著しいが、では伊勢湾の伊勢湾の貧酸素水塊の発達規模には増大もしくは減衰といった長期傾向は認められているのであろうか。夏季の 7 月、8 月、9 月それぞれについて、30 年間にわたる貧酸素水塊の発達規模の年変動図によれば（藤原, 2007）、1990 年代後半の 9 月に著しく低濃度（1.8 mg/L）の貧酸素水塊が出現したことを除けば、7 - 9 月の貧酸素水塊の発達規模はこの 30 年間にほぼ横ばいである。後に、貧酸素水塊の発達機構のところでも詳しく言及するが、毎年の伊勢湾の貧酸素水塊の発達は、湾口部において形成される湾内水と外海水

の混合水の湾内への進入深度の季節変動と対応し、この混合水の進入深度は主として水温に規定された密度(混合水)によって、次にこの水温の季節変動は海面の熱フラックスの季節変動によって決定されている。したがって、これらの環境要因の年変動、とくに湾口部で形成される混合水の湾内への進入深度の年変動、すなわち混合水の密度の年変動によって、貧酸素水塊の発達規模の年変動は大きく影響されていると考えられている。

内湾の底層の貧酸素域の形成は富栄養化と密接に係わっており、底層の溶存酸素量を予測することは、当該の内湾の窒素やリンの物質循環の機構を解明することに他ならない。内湾に流入した溶存態・無機態の窒素とリンは植物プランクトンにより摂取され粒子態・有機態の窒素とリンに変換される。この有機態の窒素とリンは内湾内部での有機物生産と溶存酸素を生成する。有機態の窒素とリンはいくつかの過程を経て最終的には溶存態・無

機態の窒素とリンに分解され、この分解過程において溶存酸素が消費されていく。粒子態・有機態の窒素とリンは底泥へと沈降していき、底泥上・中で分解され溶存態・無機態の窒素とリンとなり、このとき溶存酸素が消費されていく。また、貧酸素条件下では、底泥に捕捉されていた無機態の窒素とリンが底層に溶出する。これらの溶存態・無機態の窒素とリンは光条件が満足されるときには、再び植物プランクトンに摂取される。このような一連の過程を定量化モデルに組み込み、種々の初期条件を与えて計算機シミュレーションを繰り返し、実際の観測結果を使ってモデルの予測の正しさを検証することができる。

現段階では、いずれの生態系モデルも非常に簡略化された定量化モデルであるが、それでもこのモデルによる予測結果に依拠して、いくつかの重要な指摘ができる。そのようなモデルの予測が、蔵本・中田(1992)に述べられている。それを整理したものが以下の資料である。

	容積(A) (m <sup>3</sup> )	現況負荷量(B)			B/A			負荷削減率	
		COD 全窒素 全燐			COD 全窒素 全燐			DO2.0 ml/L DO3.0 ml/L	
		(ton/day)			x 10 <sup>4</sup> (ton/day/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )			%	%
東京湾	42.2 x 10 <sup>9</sup>	439	256	27.3	104	60.5	6.46	50	68
大阪湾	61.2 x 10 <sup>9</sup>	487	241	32.3	80	39.3	5.28	0	29
伊勢湾	40.0 x 10 <sup>9</sup>	168	56	5.4	42	13.9	1.35	74	-
三河湾	5.38 x 10 <sup>9</sup>	53	20	2.9	99	36.9	5.43	39	80

この資料によれば、伊勢湾の底層の溶存酸素量 2.0 ml/L を達成するためには、伊勢湾に陸域から流入する汚濁負荷量を 74%削減する必要があるが、底層の溶存酸素量 3.0 ml/L を達成することは、流入する汚濁負荷量をたとえゼロにしても困難である。これは伊勢湾奥域に堆積した底泥からの溶出負荷および底泥の酸素消費速度が大きいためである。したがって、伊勢湾に流入する汚濁負荷量をたとえゼロにしても、少なくとも数年間は伊勢湾の底層では貧酸素域の形成が認められるであろう。参考のために東京湾や大阪湾の事例と比較すれば、次のようになる。底層の溶存酸素量 2.0 ml/L を達成するためには、陸域から流入する汚濁負荷量を東京湾では 50%削減する必要があるが、大阪湾では削減する必要がない。また、底層の溶存酸素量 3.0 ml/L を達成するには、流入する汚濁負荷量を東京湾では 68%、大阪湾では 29%削減する必要がある。つまり、伊勢湾へ流入する陸域からの汚濁負荷量と容積当たりの負荷量は、東京湾や大阪湾に比べてはるかに小さいにもかかわらず、伊勢湾の底層の貧酸素域の形成を阻止するのに必要な削減量の割合は、他の 2 つの湾より高い。ここに、伊勢湾の物質循環過程の特徴が現れている。

上記の生態系モデルは非常に簡略化された定量化モデルであるが、東海大学海洋学部の中田博士のグループはさらに改良を加えた生態系モデルを駆使しており、中田(2002)によれば、かなりの精度で伊勢湾の低次生産、

水質、溶存酸素量の季節変化の再現に成功している。したがって、このモデルに入力する伊勢湾の環境条件や汚濁負荷量の推定値の精度をあげることによって、陸域からの汚濁負荷量、河川からの負荷量、底泥からの溶出負荷量、干潟および浅海域の浄化量、降雨からの負荷量、外海から流入する負荷量等々が、どの程度に貧酸素域の発達に寄与しているのかを科学的に把握することが可能になり、このモデルは貧酸素域の発達を阻止する種々の選択肢を合理的に選択する政策手段として利用できる。

## 5 伊勢湾の貧酸素化現象と生物群集への影響

貧酸素水塊の発達規模には季節と年による変動が著しい。言うまでもなく、伊勢湾に限らず、本邦の半閉鎖的領域の底層の貧酸素水塊は毎年、夏季に発達し、秋季から冬季にかけて解消される。これらの詳しい機構については、関口(2003)に詳細に述べてある。貧酸素水塊の発達規模に年変動が著しいのは、毎年、夏季の貧酸素水塊の発達を促す要因(湾内水の成層の発達、酷暑等)あるいは阻害する要因(強風、台風等による鉛直混合、冷夏、外海水との海水交換の強化等)の作用する強弱に年変動があるからである。いずれにしろ、このような貧酸素水塊の発達は、とくにシャコ、エビ・カニ類、底魚のような漁獲対象種も含めてベントス(底生生物)の大量死をもたらしているが、伊勢湾の海底上で起こっている現

象なので、操業している漁業者を別にすれば人目につかない。伊勢湾の貧酸素水塊の発達が生動物群集の変動に及ぼす影響には、驚くべきものがあり、三重大学生物資源学部の関口博士を中心とした研究グループによって研究され、その成果は以下に示した代表的なものを含めて多くの研究論文として公表されている。

これらの研究論文の成果を要約すれば、伊勢湾の生物群集、とくに海底生物群集は貧酸素水塊の発達によって深刻な影響を受けており、毎年、これらの海底生物各種の個体群動態および群集全体の動態も貧酸素水塊の発達による大量斃死によって瀕死の危機に曝されている。幸いにも、冬のモンスーンの到来や海表面の冷却による海水混合によって、伊勢湾の底層の貧酸素水塊が解消され、生息環境が改善されることによって、かろうじてこれらの海底生物群集は生存し維持されている。伊勢湾では貧酸素水塊が広い範囲にわたって発達するとはいえ、伊勢湾の湾南部域や湾口部では幸いにも貧酸素水塊が発達することはない。したがって、松阪と野間の中の線よりも北側の海域（中部国際空港が位置する常滑周辺域は貧酸素水塊の発達する海域ではなかった）に生息する海底生物、とくに遊泳力の乏しいグループは、貧酸素水塊の発達によって大量斃死となり、一方、湾南部および湾口部の海底動物は貧酸素水塊の影響を受けることなく多彩な動物がそこでは周年観察されている。伊勢湾の湾奥域にある名古屋港周辺、それに隣接している新川・庄内川河口域、藤前干潟周辺、四日市港周辺、信じがたいのであるが木曾三川の河口域といった、河川が流入している海域においても、毎年、夏季には貧酸素水塊の影響を受けて多種多量の海底生物が死んでいる。致命的なのは、これらの海底生物の産卵期と貧酸素水塊の発達時期がおおむらにして一致することであり、そのことによって多くの海底生物は次世代の新規の加入個体数を増やすことが

できないという悪循環に陥っている。

海域の底層の貧酸素水塊の形成は富栄養化と密接に係わっており、底層の溶存酸素量を予測することは、当該の海域の窒素やリンの物質循環の機構を解明することに他ならない。海域に流入した溶存・無機態の窒素とリンは植物プランクトンにより摂取され懸濁・有機態の窒素とリンに変換される。懸濁・有機態の窒素とリンはいくつかの過程を経て最終的には溶存・無機態の窒素とリンに分解され、この分解過程において溶存酸素が消費されていく。懸濁・有機態の窒素とリンは底泥へと沈降していき、底泥上・中で分解され溶存・無機態の窒素とリンとなり、このとき溶存酸素が消費されていく。また、貧酸素条件下では、底泥に捕捉されていた無機態の窒素とリンが底層に溶出する。これらの溶存・無機態の窒素とリンは光条件が満足されるときには、再び植物プランクトンに摂取される。このような一連の過程を定量化モデルに組み込み、種々の初期条件を与えて計算機シミュレーションを繰り返し、実際の観測結果を使ってモデルの予測の正しさを検証することができる。

## 6 参考文献

本文中で引用した文献は、すべて以下の論文の引用文献の論文名や学術雑誌名が引用されている。

- 1) 関口(2003): 伊勢湾の環境保全のための総合調査マニュアル、三重県.
- 2) 関口(2004): 伊勢湾の環境保全のための総合調査マニュアル—伊勢湾の環境保全と開発・利用のあり方、三重県.
- 3) 関口(2007): 伊勢湾の富栄養化と貧酸素化現象 現状、課題および将来展望、三重県