

沿岸域の発生土砂材等の有効活用による干潟再生

近年干潟・浅場再生の重要性が認識されつつある。大規模な干潟・浅場再生には、良好な生物生息環境を創出する技術に加え、造成適地の選定と良質な材料の入手が不可欠である。しかし、良質材料の確保には沿岸域における土砂等の発生状況や有効活用についての目標や手法を沿岸域の関係者間（港湾、河川、水産、環境など）で共有することが不可欠である。そこで本企画では、全国で先進的に進められている沿岸域の発生土砂等を有効活用した干潟・浅場再生事例について整理したい。

（担当編集企画委員 三重県水産研究所 国分 秀樹）

浚渫砂を利用した大規模干潟・浅場造成と今後の栄養塩管理の必要性* —三河湾を例として—

鈴木 輝 明

はじめに

内湾域における底層の貧酸素化は底生性魚介類の生息を困難にし、漁業生産に深刻な影響を与えている。これまで貧酸素水塊の拡大を閉鎖性海域特有の流入負荷増大にともなう富栄養化現象ととらえ、COD、総窒素（TN）、総リン（TP）の環境基準を定め、その達成のために陸域における水質総量規制が1980年から35年以上にわたって実施されてきた。しかし、伊勢・三河湾では貧酸素水塊の規模に減少傾向は見られていない。それは貧酸素化

の主因が¹⁾、高い水質浄化機能を有する干潟・浅場、藻場の喪失にあった^{1,2)}ためであり、伊勢湾再生推進会議海域部会（中部地方整備局）においても干潟・浅場、藻場造成が最重要な施策と位置付けられている。三河湾においてはすでに1998年から6年かけて水質浄化機能の回復による貧酸素化の抑制と二枚貝類漁獲量の増大を目的に620haに及ぶ大規模な干潟・浅場造成事業を実施し、造成に合わせて漁業者団体は局所的に発生する大量のアサリ稚貝の全湾への移植放流を実施してきた。これにより愛知県のアサリ漁獲量は1万tから2万tに回復し全国一位の漁獲量を維持・拡大することとなり、貧酸素化の状況にも一定の歯止めがかかったと推測されてきた。しかし近年餌料不足が原因とみられるアサリ資源の急激な低下が起り漁業者の危惧が増大している。一方、環境省では水生生物の生息・再生産に対して直接的な影響を判断できる指標として底層溶存酸素量（以下、底層DO）を新たな環境基準として導入することを決定した（平成28年3月30日「水質汚濁に係る環境基準についての一部を改正する件」平成28年3月環境省告示第37号）。今回の底層DOの環境基準設定に際し、その達成対策として従来の水質汚濁防止対策だけでなく、藻場・干潟の造成や深掘り跡の埋め戻し等の場の修復対策も組み合わせていくことが示され（平成27年12月7日「水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準の見直しについて（答申）」）、内湾における環境管理行政は転換点を迎えようと



Teruaki Suzuki
農学博士

昭和47年 京都大学農学部卒業
49年 東北大学大学院農学研究科修士課程修了
同年 愛知県水産試験場調査研究科技師
平成14年 同試験場漁場環境研究部長、名城大学大学院総合学術研究科特任教授（現在に至る）
19年 同試験場長
海洋理工学会論文賞、水産海洋学会宇田賞、日本水産工学会論文賞等受賞

* Large Scale Restoration of Tidal Flat and Shallows by Using Dredged Sand and the Necessity of Accompanying Nutrient Control -In the Case of Mikawa Bay-

している。ここでは、主として三河湾海域を事例とし、貧酸素化の現状と水質の長期変化傾向を示し、大規模干潟・浅場造成事業の内容および効果、あわせて現在までの流入負荷削減の効果の有無や漁業生産への影響についても報告したい。

1. 貧酸素水塊の発生状況および漁業生産への影響

近年、曾根ら³⁾は三河湾における湾内資源量の推移から漁獲や加入・成長を考慮した収支計算により貧酸素化の進行期にあたる6月から9月までの主要漁業生物の死

亡量を算定した。その結果、6月の資源量に対する減耗率は逃避能力のないトリガイで90%、逃避能力を有するカレイ類、ガザミ、シャコにおいてもそれぞれ79%、67%、67%となり、貧酸素化にともなう魚介類資源の減耗は極めて大きいことを報告している。

伊勢・三河湾における貧酸素水塊分布面積の経年的な推移を図1に示した。面積は伊勢湾(1,738 km²)、三河湾(604 km²)それぞれの1/2に達するほど拡大する。長期的には伊勢湾で増加傾向が見られ、三河湾では大きな年変動はあるものの横ばい傾向にある。

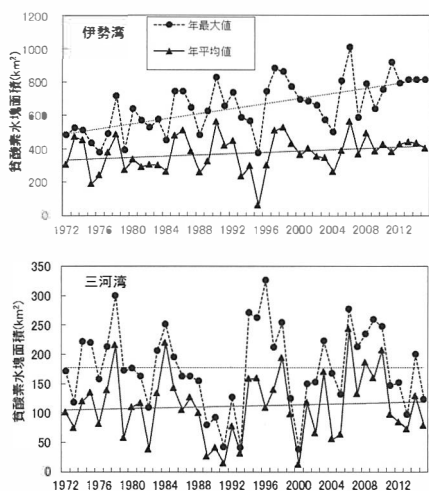


図1 伊勢・三河湾における貧酸素水塊(DO飽和度30%以下)面積の推移

2. 各態窒素・リンおよび植物プランクトン色素量の経年変化

伊勢・三河湾における各態窒素・リンおよび植物プランクトン色素量の35年間の変化傾向を図2に示した(参考文献4)を基にデータ追加)。TNは伊勢湾、三河湾ともに減少傾向にあり、35年間の減少率はそれぞれ33%および23%となっている。このうち減少の大部分を両湾ともにDIN(溶存態無機窒素)の減少が占めている。TNに占めるDINの比率(DIN/TN)は35年間に伊勢湾で47%から28%に、三河湾で25%から14%に低下した。リンについても同様で、TPの35年間の減少率は伊勢湾で23%、三河湾で20%となっており、両湾ともにPO₄-P(リン酸態リン)の減少が大きい。TPに占めるPO₄-Pの比率(PO₄-P/TP)は35年間に伊勢湾では39%から28%に、三河湾で27%から15%に低下した。また、クロロフィル α は伊勢湾では2005年以前、三河湾では2007年以前まではともにほぼ横ばい傾向であるが、それ以降は伊

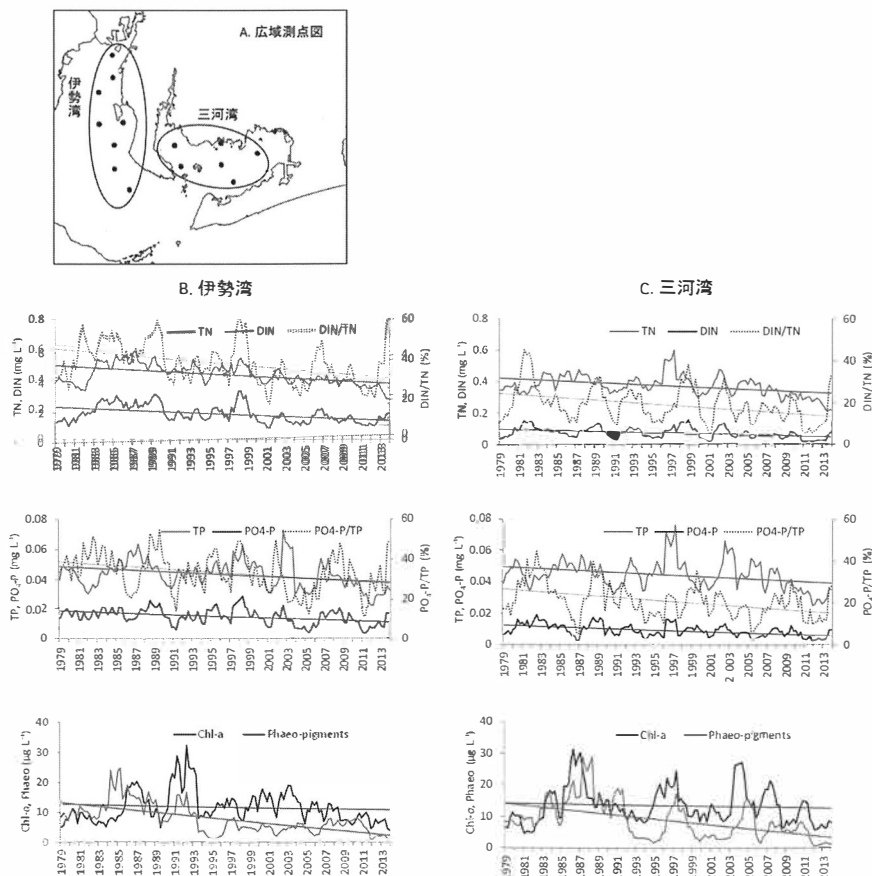


図2 各態窒素・リンおよび植物プランクトン色素量(クロロフィル α およびフェオ色素)の経年変化
A: 広域測点図。B: 伊勢湾における経年変化。C: 三河湾における経年変化。

勢湾、三河湾ともに顕著な減少傾向にある。クロロフィル α が摂食等によって変化するフェオ色素は、伊勢湾で83%、三河湾で78%と大幅に減少している。

環境省資料によれば、1979年から2009年までに伊勢・三河湾流域におけるTN、TPの発生負荷量はそれぞれ37%および63%減少している(図3)。発生負荷量の減少率に対して湾内のTN、TPの減少率が相対的に小さいのは、伊勢・三河湾の成層期ではエスチュアリー循環により湾口下層から流入する外海由来の栄養塩量が流入負荷量を大きく上回るためである^{5,6)}。

3. 貧酸素化の主因 (三河湾の事例)

伊勢・三河湾において大幅な負荷削減や、それにとまなうTN濃度、TP濃度、植物プランクトン色素量の減少傾向にもかかわらず貧酸素化に顕著な改善傾向が見られず、伊勢湾に見られるように逆に拡大している主原因はどこにあるのか?

三河湾の漁場環境の変遷を整理した結果⁷⁾ を見てみると、流入負荷の増大が顕著だったのは1950~60年代であるが赤潮の発生や貧酸素化が進行したのは1970年代に入ってからであり、10年以上のタイムラグがある。1970年代は港湾整備により大規模な埋め立てが短期間に進行し、この時の10年間で三河湾東部を中心に約1,200 haの干潟・浅場が失われた。さらに、近年の研究によると、埋め立てと同時に浚渫窪地、航路、泊地などの人為的な深堀海域が拡大し、これらの深堀海域がデッドゾーン化(本来生物生息が多く、水質浄化機能も高い浅場海域がそれらの機能を喪失したことを言う)し、その面積は三河湾全体

で2,780 haにも及ぶことが明らかにされている⁸⁾。図4に示すように赤潮が多発するようになったのは、沿岸域の干潟を含む浅場の埋め立てやデッドゾーンの増加と時期を同じくしており、夏季の貧酸素化も同時に進行した¹¹⁾。

つまり三河湾では、植物プランクトン主体の懸濁態有機物を大量に除去(摂食)する過食性二枚貝類の生息場⁹⁾であり、かつその浮遊幼生の供給源¹⁰⁾となっていた干潟・浅場を消失したことにより、陸域や外海由来の栄養塩に支えられる高い基礎生産をより高次の動物群集の生産に転換する機能が発揮できなくなり、赤潮として無駄に海底に沈降する過程で酸素が過大に消費される結果、貧酸素化が拡大したと考えられる。さらに貧酸素化は動物プランクトン現存量の低下をもたらすことも近年確認されている¹¹⁾。植物プランクトンに対する動物群集の摂食圧低下については、図2においてクロロフィル α の分解生成色素であるフェオ色素がこの35年間、とくに1990年代以降で大きく減少していることから説明できる。また、図2に示した無機栄養塩類の減少率の高さはこの動物群集の摂食圧低下による植物プランクトンの相対的増加がもたらしていると考えられ、クロロフィル α が伊勢湾では2005年以前、三河湾では2007年以前まではともにほぼ横ばい傾向であったことも一致する。つまり裏を返せば貧酸素化の原因物質は分解過程で酸素を消費する過剰な溶存態および懸濁態の有機物であるが、それらはそれほど減少していないということである。(しかし近年のクロロフィル α 減少傾向は後述するように過度の流入負荷削減によるものと推測される。)

4. 干潟・浅場修復の必要性和大規模干潟・浅場造成事業実現の経緯

三河湾における一連の研究を整理すると、貧酸素化の主因は窒素、リン循環過程で、動物群集が担っている懸濁有機態から溶存無機態への転換系が劣化しているためと考えられ、直接的な引き金となったのは1970年以降の干潟・浅場の喪失による水質浄化機能の低下であり、三河湾は貧酸素化による水質悪化のスパイラルから逸脱できない状況にあるということである。したがって健全な生態系を回復させるためには、埋め立てを契機とした貧酸素化による水質悪化のスパイラルを脱し、生物的機能による自律的な回復軌道(水質改善のスパイラル)に復帰させることが重要となる。そのためには残存干潟域の保全はもちろん、大規模な干潟・浅場造成やデッドゾーンの改善が必須である。

三河湾では、1998年より2004年にかけて図5に示すように39カ所、合計620 haの干潟・浅場造成事業が行われたが、これは、貧酸素化による水産資源の減少に危機感を抱いた愛知県漁業協同組合連合会(県漁連)の強い要望により実現したものである。県漁連は1996年、1997年と2カ年にわたり、大学、水研、水産系統団体、民間企業の委員や水試も含めた県関係部局のオブザーバーからなる独自の研究会を設け、漁場環境修復策を検討した。その論議の中で、干潟・浅場の造成が最も合理的かつ効果的であるとの結論をまとめ、その造成規模も1,000 ha以上が必要と記述した^{12,13)}。しかし、当初その実現は砂の確保の面から困難視されていたが、三河湾湾口部中山水道航路の浚渫により発生する大量の砂(620

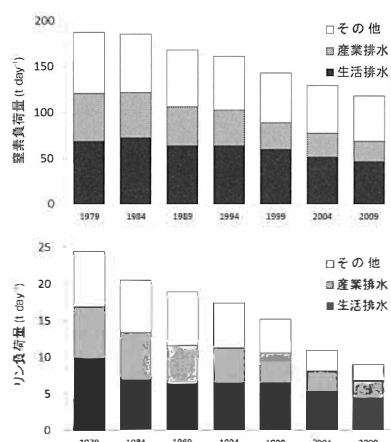


図3 伊勢・三河湾における発生負荷量の推移
出典：環境省(2005)「発生負荷量等算定調査報告書」

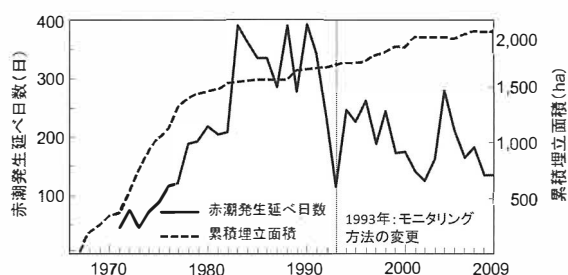


図4 三河湾東部における埋立面積と三河湾における赤潮発生延べ日数
(注：1993年に赤潮のモニタリング方法が変更され、その前後での比較は困難)

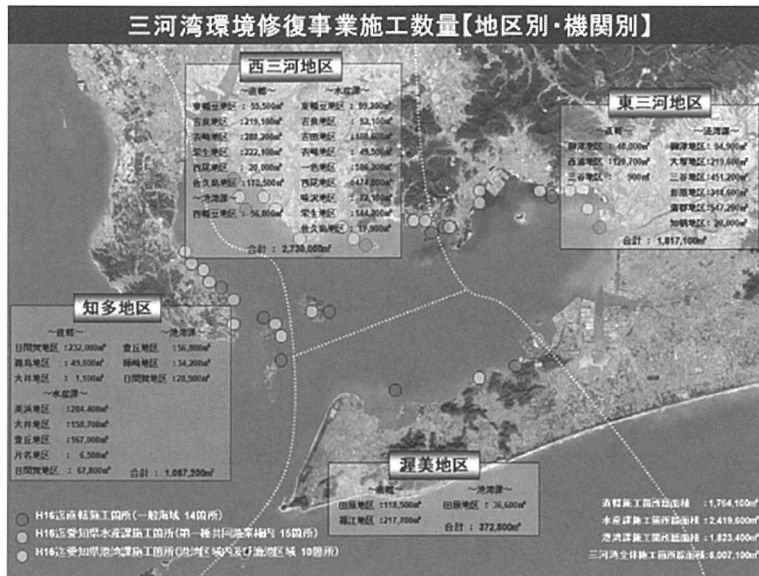


図5 三河湾における大規模干潟・浅場造成事業（1998年～2004年）

万 m³) をすべて三河湾の環境改善に資する内容の合意が中部地方整備局と県漁連との間でなされ、干潟・浅場造成による三河湾の環境修復が中部地方整備局、愛知県水産課および港湾課の3者連携事業により実現することになった。県漁連の提言では造成海域は過去に喪失した湾奥部海域が適当であるとの内容であったが、海面利用の現状や最終的な漁業者間の調整で三河湾全域に分散することになった。

造成干潟では造成からわずか3～5年で多様かつ水産上有用な種が多数干潟域を利用しており、失われた干潟域の有していた生物生産機能の修復策として人工干潟域を造成することに即効性があることが明らかとなった¹⁴⁾。また二枚貝等の底生生物が増加し、自然干潟域に準じた水質浄化機能を有することが確認された^{15, 16)}。

漁業生産については10,000 t程度まで減少していたアサリ漁獲量は稚貝の移植放流と相俟って20,000 t程度まで回復した(図9)。また、近年の研究報告では事業完了後の2006年以降ではCODやクロロフィルaは減少傾向¹⁷⁾、赤潮の発生も減少していることが示されている¹⁸⁾。また、2006年以降の貧酸素水塊の動向からも伊勢湾では拡大傾向にある一方で、三河湾では辛うじて横ばい傾向にあることから、三河湾では造成効果が表れている可能性が考えられている(図1)。しかし1970年から1980年にかけて埋め立てにより喪失した干潟・浅場面積1,200 haや埋め立て、航路浚渫等にもなう土砂採取でデッドゾーン化した面積2,780 haには及ばず、依然として貧酸素化の状況は深刻であり現在も干潟・浅場造成事業の継続・拡大が望まれている¹⁹⁾。

5. 水質総量規制にともなう栄養塩類の低下が漁業生産に与える影響

貧酸素水塊の改善はこれまでのTNやTPの総量規制の延長線上では望めないことは前述の経過から明らかである。逆にDINやPO₄-Pといった無機態栄養塩類の低下はこれらを直接栄養源とするノリ養殖において色落ち被害を招き、生産量に大きな影響を及ぼしている²⁰⁾。また近年、全国第一位の漁獲量を誇るアサリ漁業にも影響



図6 2014年にアサリ大量斃死を起こし資源が回復していない伊勢湾小鈴谷干潟域

を及ぼしている可能性もある。伊勢湾東部の前浜干潟である小鈴谷干潟(図6)は伊勢湾最大の干潟域であり東海地方でも有名な潮干狩り海域である。ここで2014年6月から7月にかけてアサリ資源が大量減耗し、その後の漁業者による定期的な稚貝放流努力や食害生物除去等の努力にもかかわらず現在も資源が低迷している。この原因については、ツメタガイ、アカエイによる食害、過剰な漁獲圧、冬季暴風雨による洗掘等様々な意見が出されているが、2014年以降、全く資源回復傾向が見られないことからこのような一時的なイベントだけでは説明ができていない。

漁場に最も近い公共用水域環境測定点N-12の平成9年から現在までのクロロフィルaの推移(図7)を見ると、一貫して減少傾向が続いており、年平均値で計算すると平成18年から平成23年の平均は大量斃死が起こった平成26年の163%、平成12年から平成18年の平均では206%程度であり、それ以前ではさらに高かったと思われる。この海域はTN、TPの環境基準ではⅡ類型に指定されているが、その濃度に対応するクロロフィルa値と比較しても低い濃度となっており、アサリの生息に適する濃度とされているⅢ類型と比較すると大きく下回っている。この濃度低下の原因としては、まず平成14年から稼動した地元の下水道処理施設の影響が考えられ、現在ではTPで約40 t年⁻¹、TNで約200 t年⁻¹の除去がなされている。平成17年に完成した近傍の大規模埋め立ての影響もある。地形変化の結果、伊勢湾奥部の名古屋港

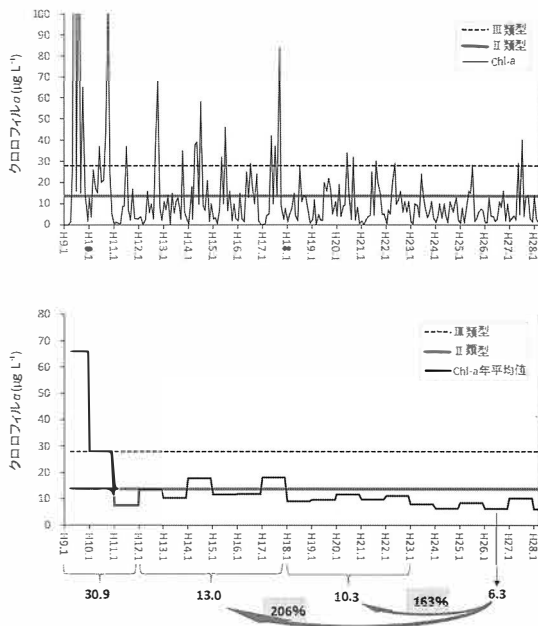


図7 伊勢湾公共用水域N-12におけるクロロフィルaの経年変化(下図:年平均値)

域や木曾三川から流れ込む栄養塩豊富な水塊の影響が弱まり、伊勢湾口からの外洋水の影響が強まったことが考えられる。

殻長30 mmのアサリの軟体部湿重量の最小値は1.07 gであり、これを下回ると死亡することが観測から明らかになっているが、アサリ軟体部成長モデル²¹⁾に、伊勢湾シミュレーター(国土交通省中部地方整備局、伊勢湾漁業影響調査委員会 <http://www.pa.cbr.mlit.go.jp/file/content/file/dosya-8doc22.pdf>, 2018年6月現在)により計算された平成26年春季の水温とクロロフィルaを入力し、アサリ軟体部湿重量の推移を計算したところ図8に示すように死亡時期(6月中・下旬)を再現することができた。

アサリ資源の減少要因については温暖化等ともなう水温上昇の可能性も指摘されており、上述の結果が近年の水温上昇によるものか植物プランクトン量の減少によるものかを検討するために感度解析を行った。現在よりも水温が1℃および2℃低い条件で斃死時期の変化を予測した結果を図8上図に、現在よりも植物プランクトン量が1.63倍高かった平成18~23年ころ、また2.06倍高かった平成12~18年頃の水温とクロロフィルa量で斃死時期を予測した結果を図8下図に示す。この結果では水温よりもクロロフィルa濃度が斃死時期には大きく影響しており、過去の濃度では斃死は起こらなかった可能性が示唆された。

図9に愛知県における近年のアサリ漁獲量の推移を示す。上述の大規模干潟・浅場造成と稚貝の大量移植放流の効果により17,000 t~20,000 tまで回復した愛知県のアサリ漁獲量は2014年から急激に減少し2016年には3,000 t程度にまで落ち込んだ。そのほとんどは三河湾北部矢作川河口域に位置する一色干潟漁場の減少によっている。一色干潟域近傍のクロロフィルaおよびフェオ色素濃度は図10に示したように減少傾向にありとくに2012年以降大きく低下している。

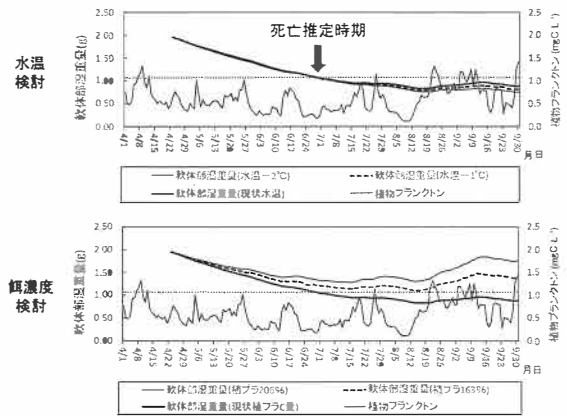


図8 伊勢湾小鈴谷干潟域におけるアサリ個体群について、アサリ軟体部成長モデルにより計算した水温および植物プランクトン量を変化させた場合の軟体部湿重量の推移(平成26年春季~夏季の状況)(上:現状水温を1℃、2℃下げた場合;下:現状植物プランクトン濃度を163%および206%に増加させた場合)注:図中矢印↓はアサリ大量斃死時期

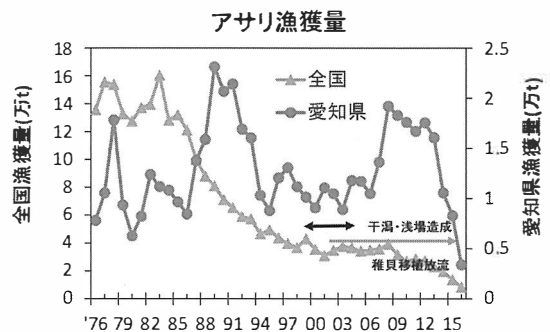


図9 愛知県および全国のアサリ漁獲量の推移と大規模干潟・浅場造成(620 ha)および稚貝の大量移植放流時期

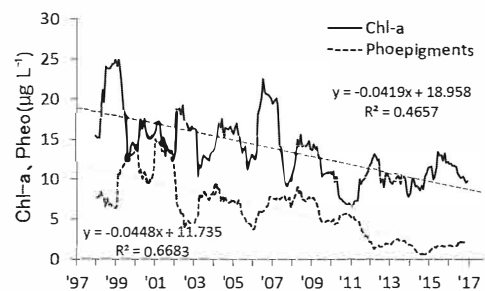


図10 三河湾北西部に位置する知多湾海域における平均クロロフィルa、フェオ色素濃度の経年変化

この低下要因については今後の調査、検討が必要であるが、漁場近傍に位置する広域流域下水道矢作川浄化センターにおけるTP、TN処理量が平成20年頃から急増し、現在ではTPで年間400 t程度、TNで年間2,400 t程度が除去されていること(図11)から、要因のひとつと考えられている。TPの放流水の濃度基準は1 ppmに設定されているが実際の放流水濃度はそれを大幅に下回り、検出限界以下の報告もある。このような状況を受け、平成29年11月から平成30年3月にかけてTPの管理運転が実施され、それまでの2倍の放流水濃度での試験放流が行われ、現在その効果について詳細な検討がなされ

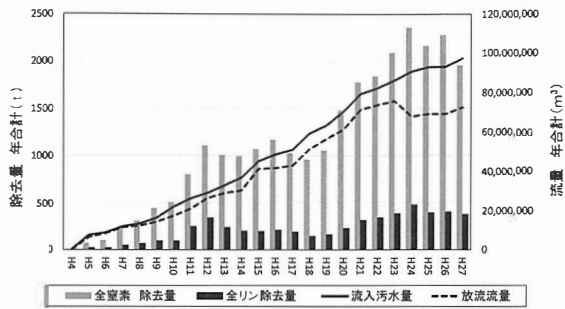


図 11 広域流域下水道矢作川浄化センターにおける TN、TP 除去量の推移（稼動状況報告書から作成）

ているが、現場漁業者の意見では放流口近傍を中心としてアサリ稚貝の生残やトリガイ資源の豊漁等の良好な報告が得られている。

6. 「豊かな海」実現の前提としての干潟・浅場造成と流入負荷管理

大規模な干潟・浅場造成は貧酸素化の抑制やアサリ資源の増大に有効であり、今後も積極的に推進する必要がある。しかし陸域からの栄養塩類の過度な供給不足は干潟・浅場をはじめとした沿岸域の漁業生産力を低下させ、海の豊かさを損ねる。とくに干潟・浅場の二枚貝類資源の減少は水質浄化機能の低下と同義であり、貧酸素水塊の抑制にも悪影響を与える。現在に至っても貧酸素水塊が改善されない理由は、①干潟・浅場修復の規模がまだ喪失面積に足りないこと、②干潟・浅場の埋め立てやデッドゾーン化する浚渫が依然として十分に抑制されていないこと、に加え、③水質総量規制にともなう基礎生産の低下により、二枚貝をはじめとした動物群集が減少し、それらによる水質浄化機能が低下したこと、も関与している可能性がある。干潟・浅場造成、稚貝の移植放流や放流環境の改善といった行政や漁業者の努力ももちろん大切ではあるが、その効果を発現するためには一定の餌料環境が確保されることが大前提であることを再認識し、早急に栄養塩管理対策を実行することを提案したい。

底層溶存酸素量の新たな環境基準化が貧酸素水塊の抑制に大きな歯止めとなることを期待するが、そのためには従来の、CODやTN、TPを指標とする栄養塩類の水質環境基準についてその達成状況の評価方法や類型指定の見直しを図り、動物群集の生育を保証することを前提に底層溶存酸素濃度基準との整合性を図ることが重要であろう。企業努力や公共下水道整備により流入負荷の削減が進行し、その結果TN、TPの環境基準がほぼ達成され、さらに基準値を大きく下回る状況が近年継続している²¹⁾にもかかわらず貧酸素水塊の改善が見られない今日において、さらに流入負荷の削減を継続することは新たな環境基準となる底層溶存酸素量の基準達成にも、逆にマイナスの影響をもたらすことが危惧される。これでは本末転倒と言わざるを得ない。持続可能な漁業活動を育むためには、貧酸素化の改善と適度な栄養塩類は欠かせないものであり、とくに干潟、浅場のような極沿岸域の高い生産性は陸域から供給される豊富な栄養によって支えられている。三河湾においては栄養塩を削減することなしに場の修復・保全によって貧酸素化を改善することは十分可能であると考えられる。換言すれば「きれいな海」から

「豊かな海」への目標の再設定とそれを実現するための方策が内湾の再生にとって重要な視点である。

下水道施設は健康で安全な水環境を維持するために必要な公共インフラであるが、窒素、リンに関しては単なる一方的な削減装置としてではなく、海洋の生物生産にとって望ましい濃度環境を整えるためのコントロール装置として「豊かな海」の実現に有効に貢献できるような利用形態を早急に検討する必要がある。

参考文献

- 1) Suzuki, T., 2001. Oxygen-deficient waters along the Japanese coast and their effects upon the estuarine ecosystem. *Journal Environment Quality* 30, 291-302.
- 2) 曾根亮太, 蒲原聡, 鈴木輝明, 2016. 内湾環境の現状とより豊かな海とするための課題. *月刊下水道* 39(3), 22-28.
- 3) 曾根亮太, 和久光靖, 山田智, 鈴木輝明, 高倍昭洋, 2017. 三河湾における底生性魚介類の貧酸素化に対する時空間的応答と減耗過程. *水産海洋研究* 81(3), 230-244.
- 4) 鈴木輝明, 大橋昭彦, 和久光靖, 2011. 内湾の水質環境の現状と課題-伊勢・三河湾を例として-. *海洋と生物* 35(2), 117-126.
- 5) Suzuki, T., Matsukawa, Y., 1987. Hydrography and budget of dissolved total nitrogen and dissolved oxygen in the stratified season in Mikawa Bay, Japan. *Journal of the Oceanographical Society of Japan* 43(1), 37-48.
- 6) 寛茂穂, 藤原建紀, 山田浩且, 2005. 伊勢湾における栄養塩類の貯蓄と収支の季節変化. *海の研究* 14(4), 527-540.
- 7) 青山裕晃, 2000. 三河湾における海岸線の変遷と漁場環境. *愛知県水産試験場研究報告* 7, 7-12.
- 8) 和久光靖, 金子健司, 鈴木輝明, 高倍昭洋, 2012. 沿岸域におけるデッドゾーンの分布: 三河湾の事例. *水産海洋研究* 76(4), 187-196.
- 9) 鈴木輝明, 2006. 干潟域の物質循環と水質浄化機能. *地球環境* 11, 161-171.
- 10) 鈴木輝明, 市川哲也, 桃井幹夫, 2002. リセプターモードモデルを利用した干潟域に加入する二枚貝浮遊幼生の供給源予測に関する試み-三河湾における事例研究. *水産海洋研究* 66, 88-101.
- 11) 山田智, 柳橋茂昭, 武田和也, 広海十朗, 鈴木輝明, 2016. 三河湾におけるメソ動物プランクトン生物量とカイアシ類群集の長期変動-特に貧酸素水塊との関係について-. *日本プランクトン学会報* 63(1), 1-7.
- 12) 愛知県漁業協同組合連合会, 愛知県沿岸漁業振興研究会, 1996. 提言「愛知県の沿岸漁場環境を改善するために」. p.8.
- 13) 愛知県漁業協同組合連合会, 愛知県沿岸漁業振興研究会, 1997. 提言「愛知県の漁場環境修復策としての干潟・浅場造成について」. p.11.
- 14) 武田和也, 石田基雄, 家田喜一, 石田俊朗, 桑江朝比呂, 鈴木輝明, 2007. 人工干潟域における理在性メガベントス群集の生物生産機能および水質浄化機能. *水産工学* 44, 11-19.
- 15) 今尾 和正, 鈴木輝明, 浮田達也, 高倍昭洋, 2003. 底生動物の出現動向から見た人工干潟の効果評価. *水産工学* 40, 29-38.
- 16) 武田和也, 家田喜一, 石田俊朗, 石田基雄, 2005. 三河湾の人工干潟域に出現した大型表在動物相. *愛知県水産試験場研究報告* 11, 25-35.
- 17) 本田是人, 戸田有泉, 二ノ方圭介, 中嶋康生, 鈴木輝明, 2015. 三河湾における水質環境と貧酸素水塊の変動. *水産海洋研究* 79(1), 19-30.
- 18) 中嶋康生, 山田 智, 戸田有泉, 二ノ方圭介, 2014. 2006年以降の三河湾における赤潮発生状況の急激な変化. *愛知県水産試験場研究報告* 19, 10-15.
- 19) 三河湾環境再生プロジェクト推進委員会, 2014. 三河湾環境再生プロジェクト行動計画. URL: <http://www.cbr.mlit.go.jp/toyo-hashi/kaigi/yahagigawa/ryuiki-kondan/img/23umi7siryoul.pdf> (2018年6月現在).
- 20) 大橋昭彦, 荒川哲也, 岡田元, 石田基雄, 鈴木輝明, 2009. 三河湾の栄養塩環境とノリ養殖. *海洋と生物* 31(2), 154-157.
- 21) 鈴木輝明, 2017. 沿岸環境の再生・創出と豊かな漁業生産-伊勢・三河湾を例として-. *海洋と生物* 39(6), 554-563.