

貧酸素水塊状況調査

黒田伸郎・荒川哲也・渡辺利長
岩瀬重元・松澤忠詩・波多野秀之

キーワード；貧酸素水塊，水温・塩分，密度躍層

目的

夏季に伊勢湾，三河湾の底棲生物の生息に大きな影響を与える貧酸素水塊の形成状況をモニタリングし，関係機関への情報提供を行った。

方法

貧酸素水塊の発生時期である6月から10月にかけて伊勢湾の17点と三河湾の25点において，水質調査船「しらなみ」により，各層の溶存酸素飽和度(以下DOとする)と水温・塩分の測定を行った。また，伊勢湾については，愛知県水産試験場海洋資源グループから底魚資源調査，三重県科学技術振興センター水産研究部から浅海定線観測の水温・塩分・溶存酸素濃度のデータの提供を受けた。これらのデータから伊勢・三河湾底層(海底上1m)のDO分布のコンタ図を作成し，貧酸素情報としてまとめ，関係機関に通知するとともに，水試ホームページで一般に公開した。コンタ図から底層のDOが10%以下，10～30%の水域の面積を算出し，貧酸素水塊の消長を明らかにした。

結果及び考察

図1に夏季の伊勢湾，三河湾底層に占める貧酸素水塊の面積比の推移を示した。

伊勢湾では例年より早く5月中旬には貧酸素水塊が形成され(三重県科学技術振興センター水産研究部調べ)，6月上旬には湾の底層の約30%が貧酸素水塊(DO \leq 30%)に覆われた。今年度は昨年度のような台風の接近がほとんどなかったため，その後も貧酸素水塊は大きく縮小することはなく秋季まで継続した。最大面積は8月下旬から9月上旬にかけて観測され，湾の底層面積の70%が貧酸素に覆われた。また，今年度はDO \leq 10%の強い貧酸素水塊も，期間中消滅することはなく，しばしば湾の底層面積の20%以上が強い貧酸素水塊に覆われた。このため，小型機船底びき網漁業の漁場は，湾外系水の侵入により貧酸素化を免れた，知多半島沿いの狭い海域に集中した。

三河湾では6月中旬に貧酸素水塊が形成され，急激に発達して7月上旬には底層面積の40%弱が貧酸素水塊に覆

われた。7月中は貧酸素水塊が同じ規模で維持され，この間にDO \leq 10%の強い貧酸素水塊も発達して，最大面積が湾の30%近くに達した。しかし，貧酸素水塊は8月に入り急激に縮小した後は，9月下旬にやや発達しただけであった。三河湾では今年度は貧酸素水塊による大きな漁業被害は発生しなかった。

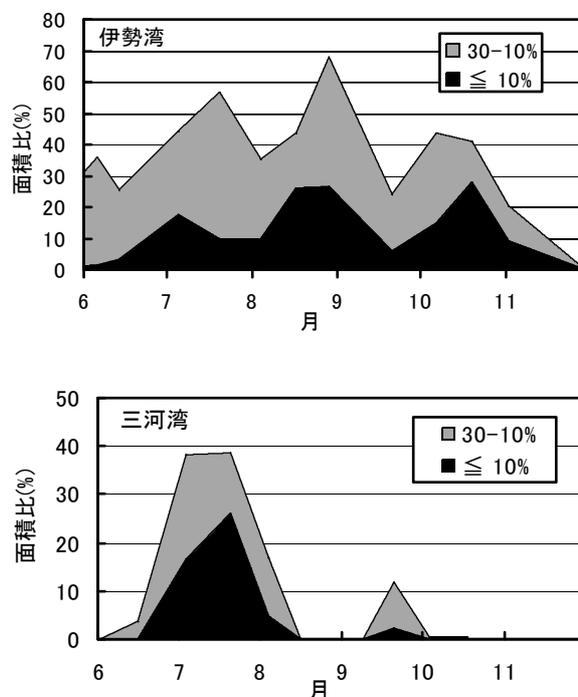


図1. 平成17年夏季の伊勢湾・三河湾における貧酸素水塊面積の推移

図2に，1号ブイ(蒲郡地先)で測定した平成17年6～10月の表底層水温，塩分および底層DOの日平均値の推移を示した。

1号ブイでは，DOが6月21日に30%以下となり，その後徐々に低下して7月中は30%以下の貧酸素状態が継続し，この間には無酸素状態も数回記録された。7月26，27日には台風7号の吹き返しの強い西風が吹いたため，鉛直混合が起こり，一時的に底層DOは回復した。その後すぐに低下しはじめ，8月9日に4%を記録し，以降DOは徐々

に回復し、8月中に再度貧酸素化することはなかった。9月にも2回、一時的な貧酸素状態が記録されたが、いずれも短期間で回復した。

以上のように1号ブイの底層DO濃度の変動は、三河湾の貧酸素水塊の面積の消長をほぼ反映していた。一方、今年度の夏の気候の特徴は、高気温・少雨であった。7月にはまとまった降雨があり、1号ブイ表層でも一時的な塩分低下がみられたが、それ以外の期間は表底層の塩分は比較的安定していた。水温は、表層では高気温傾向を反映して平年より高めに推移したが、底層はむしろ低水温傾向であった。少雨で淡水流入が少なく、台風の接近が少なく風系も安定していたにもかかわらず、底層で安定した塩分と低水温が維持されたのは、黒潮流路の影響で湾外系水が底層に侵入する傾向にあったためであると考えられる（I3(2)漁況海況予報調査参照）。このため、今年度の夏季は、三河湾の密度成層が安定していたので、期間の前半には貧酸素水塊を大規模に発達させた。しかし7月の下旬に強い風による混合が起こってからは、新たにDOの豊富な外海水がしばしば侵入したため、期間の後半には貧酸素水塊が発達しなかったものと考えられる。

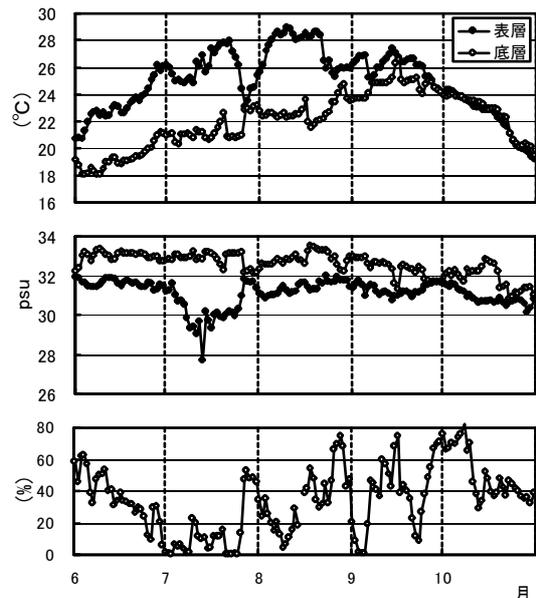


図2. 1号ブイの表底層水温、塩分および底層DOの日平均値の推移

有害物質動態調査

黒田伸郎・荒川哲也

キーワード；有機スズ，体内濃縮，アサリ

目的

漁網・船底の防汚剤として用いられてきた有機スズ化合物は、依然として環境中に残留しており、水産生物への影響が懸念されている。そこで、残留量が大きい底泥に生息する二枚貝の有機スズ化合物の蓄積を明らかにするために、天然のアサリおよび海水・底泥について実態調査を行った。

材料及び方法

(1) 調査地点と試料採取日時

昨年度に残留が確認された、矢作古川河口で平成 18 年 2 月 3 日に試料を採取した (図 1)。



図 1. 試料採取地点

(2) 分析試料

採取したアサリ、海水、底泥のトリブチルスズ(TBT)・トリフェニルスズ(TPT)の濃度を GC-FPD 法で分析した。

分析に供したアサリの殻長(平均±標準偏差)は 30.7 ±2.1 cm, 殻付重(同)は 6.0±1.2 g であった。

結果及び考察

分析結果を表に示した。

表. 平成 17 年度分析結果

調査地点	分析試料	T B T	T P T
矢作古川	アサリ (μg/kg)	21	ND
河口	海水 (ng/L)	ND	ND
	底泥 (μg/kg)	74	ND

アサリ及び底泥では今年度も TBT が検出された。この海域で平成 9 年～11 年に行った同様の調査結果と比べると (図 2), 海水では、以前には検出されたが、ここ 2 年間は検出されておらず、環境中の残存量は減少していると判断できる。これを反映してアサリの体内濃度も減少しており、有機スズの環境汚染の程度は経年的に軽減していると考えられる。しかし、底泥では今年度が最も高い濃度を示しており、底泥中の有機スズ濃度は平均的には減少しているものの、底質や微地形によっては依然として高濃度に残留している箇所があることが示された。

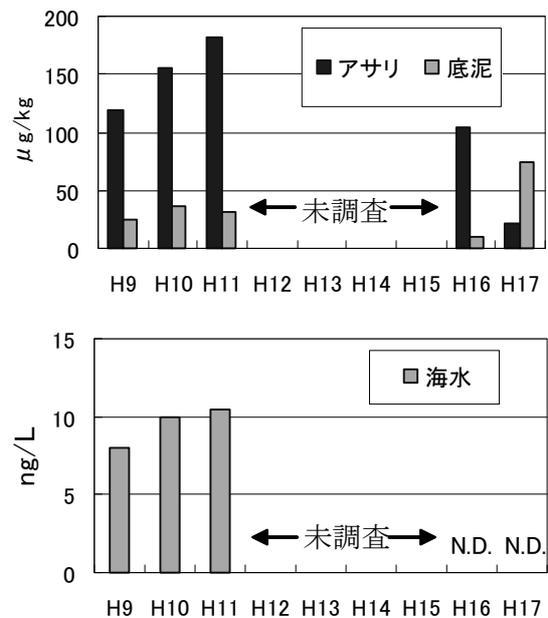


図 2. 矢作古川河口のアサリ・海水・底泥の TBT 濃度の経年変化 (N.D. は非検出)

(4) 人工干潟機能維持管理手法開発試験

武田和也・石田基雄・青山裕晃

キーワード；人工干潟，アサリ，食害，耕耘

目的

三河湾においては環境改善を目的に、平成10年から平成16年の間に合計39カ所、約620haの干潟域が造成された。水産試験場では、これらの干潟域において、底生生物や底質等のモニタリングを実施してきたが、造成からの時間の経過と共に、二枚貝の生息量が減少する事例が確認された。その原因としては、食害および地盤の性状変化の影響が関わっていたことが疑われた。

本事業では、人工干潟域における地盤の性状と二枚貝等の生物生産機能との関係に着目し、人工干潟域を生物生産の場、水質浄化の場として長期的に利用していくための維持管理手法を検討する。特に、アサリ稚貝の着底促進及び食害低減のための干潟管理技術の開発を目指す。

材料及び方法

(1) 干潟実験水槽における耕耘効果調査

水産試験場が保有する干潟実験水槽（以下、平面水槽：図1）を活用し、底質を耕耘することが、アサリ稚貝の着底量とその後の生息量に及ぼす影響について調査した。

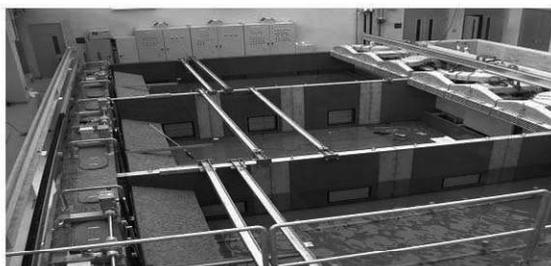


図1 平面水槽

試験区1 中央粒径0.95mm 非耕耘	試験区2 中央粒径0.95mm 耕耘 
試験区3 中央粒径0.30mm 非耕耘	試験区4 中央粒径0.30mm 耕耘 

図2 平面水槽における試験区の設定

平面水槽に、耕耘の有無、2つの粒径の組み合わせで、4つの試験区を設定した（図2）。砂厚はいずれも約35cmである。試験区1及び試験区2は購入時において中央粒径0.95mmの砂を使用した。試験区3及び試験区4には、同じく中央粒径0.30mmの砂を使用した。なお、試験区1及び試験区2は、これまで他の実験に使用してきた砂を継続して使用したため、底生生物を含んでいたが、試験区3及び試験区4は、平成17年5月20日に新たに購入した砂を入れたため無生物であった。

平面水槽は天井がガラス窓で覆われており、日射、水温の制御は自然に任せた。潮汐の振幅については、海上保安庁水路部の予測潮位を用い、振幅を38%に圧縮して、蒲郡市三谷町地先の潮汐を実時間で再現した。地盤高はD.L.-5cmに設定した。

平成17年5月20日の砂入れ後、上記条件で水槽を稼動したが、5月23日に一旦停止して排水し、試験区2及び試験区4の底質表面から約10cmを熊手により耕耘した後、再稼動した。翌日の平成17年5月24日に、着底間近のアサリ幼生710万個体をジョウロにより水面全体に均一に散布した。その後、6月5日、12月5日にも、それぞれ2320万個体、640万個体散布した。

アサリ稚貝はほぼ1カ月に1回程度サンプリングを行い、着底量とその後の生息量の推移を調査した。同時に、山中式土壌硬度計（藤原製作所製）により、表面硬度を測定した。また、4カ月に1回程度、底泥の採集を行い、マクロベントス及びメイオベントス、¹底泥のCOD、強熱減量、粒度組成の分析を行った。マクロベントス現存量は、鈴木ら²⁾の方法により食性を分類し、単位面積当たりの窒素量に換算した。試験区2及び試験区4については、不定期（図5～8に示す日）に、稚貝サンプリング後に耕耘を施した。

(2) 砂粒度の異なる底質中における食害調査

粒度の異なる5種類の砂（図3）を、80cm×50cm×20cmの水槽（コンテナ）にそれぞれ約12cm厚に入れたものを2組用意し、一方の組は耕耘区、他方の組は非耕耘区とした。耕耘区は試験開始直前に熊手で耕耘した。非耕耘区は、造成からの時間の経過を想定して、約10cmの高さから100回落下させることにより締め固めた。各コンテナに、

殻長25mm（湿重量3g）程度のアサリを10個体入れ、全てのアサリが潜砂した後、殻径50mm（湿重量40g）程度の飢餓状態のツメタガイを各水槽に1個体入れ、流水で飼育した。2週間後に掘り起こし、穴のあいた被食アサリを確認した。



図3 食害試験に用いた水槽

奥の5水槽は耕耘区、手前の5水槽は非耕耘区である。

用いた砂とそれらの中央粒径は以下の通り

中山水道掘削砂(0.16mm), 千葉県木更津産山砂(0.30mm), 長崎県杵岐産海砂(0.50mm), 愛媛県産海砂(0.95mm), 高炉水砕スラグ(0.80mm)

(3) 干潟域における地盤の硬さと二枚貝類生息の関係解明

実際の海域での地盤の硬さ分布と同所における底生生物の生息状況を把握するため、平成13年～15年にかけて蒲郡市形原地区に造成された人工干潟域(32ha 図4)において、調査を行った。干潟域において東西方向(ほぼ岸沖方向)に3定線を設定し、各定線上に数個のサンプリング定点を設定した。各定点において生息する二枚貝の個体数及び湿重量を調査するとともに、山中式土壌硬度計により、表面硬度を測定した。

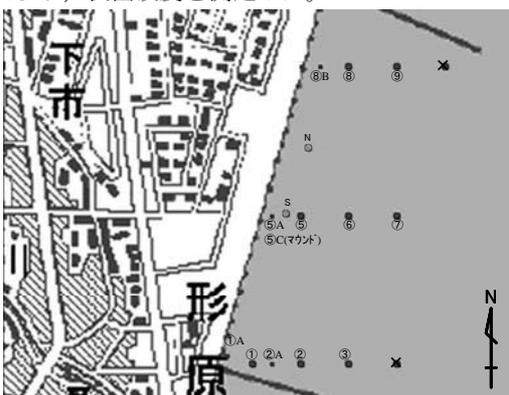


図4 形原地区の人工干潟域とサンプリング地点

①②③⑤⑥⑦⑧⑨：二枚貝及び表面硬度の調査地点

①A, ②A, ⑤A, ⑤C, ⑧B：二枚貝の調査地点

結果

(1) 干潟実験水槽における耕耘効果調査

春季には充分なアサリ幼生が得られなかったため、2度

採卵して干潟実験水槽に散布した。表面硬度は、試験区1においては柔らかめで横這いであったが、試験区3においては変動が大きい硬めで、ほぼ横這いであった(図5)。試験区2, 試験区4においては、耕耘直後は柔らかくなるが、時間の経過と共に硬くなるという変動を繰り返した。

アサリ稚貝の着底数は、着底直後の調査時には、試験区1では少なかった(図6)。その後、全ての試験区において生息数の増加が確認され、4試験区以外からの移動が示唆された。7月29日に、試験区2, 試験区4に耕耘を施したところ、8月5日の調査では試験区2, 試験区4の他、耕耘をしていない試験区1でも稚貝の生息数が急減した。稚貝の着底から1～2カ月の時期に耕耘をすることは適さないと考えられた。試験区1でも生息数が減少したのは、サンプリング及び耕耘時の干出、もしくはマクロベントスによる生物攪拌の影響の可能性がある。次の9月20日の調査では全ての試験区で減少した。干潟実験水槽においては夏季にアサリ稚貝が大きく減耗する場合が多い。^{3,4)} 天然海域においても、伊勢湾では秋季発生群が底生個体群の形成と維持に貢献していると言われている。^{5,6)} そのメカニズムは不明であるが、干潟実験水槽でも天然海域と同じことが起こっていた可能性がある。

秋季の調査では、軟弱地盤の測定に適した平面型の山中式硬度計を使用した。表面硬度は非耕耘区の試験区1, 試験区3においては、ほぼ横這いであった(図7)。試験区2, 試験区4においては、耕耘直後は柔らかくなるが、時間の経過と共に硬くなった。

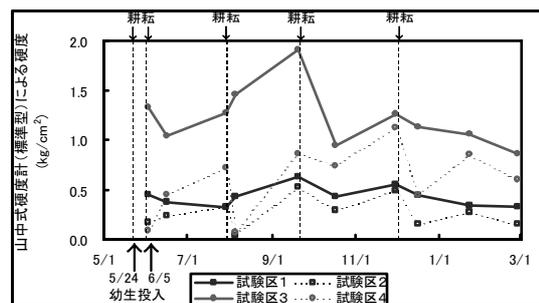


図5 表面硬度の推移(春採卵時)

山中式土壌硬度計(標準型)を使用。

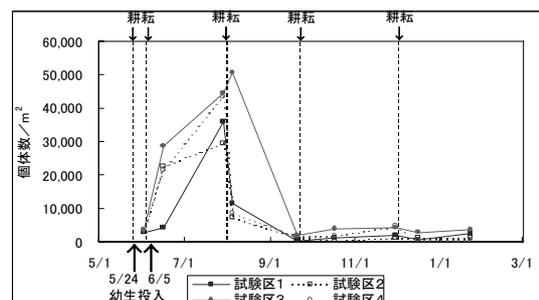


図6 アサリ稚貝数の推移(春採卵時)

アサリ幼生の着底数は、粒径よりも耕耘の影響を強く受け、耕耘した試験区2、試験区4で多く、着底前の耕耘がアサリ稚貝の着底数を増加させることが示唆された(図8)。1月23日の調査では粒径の細かい試験区3、試験区4で生息数が増加しており、着底後にアサリ稚貝が移動したことが推測された。アサリ幼生は1.0~4.0mmの粒径を選択して着底するという報告⁷⁾があるが、その後の生息には、より細かい粒径の砂を好む可能性がある。

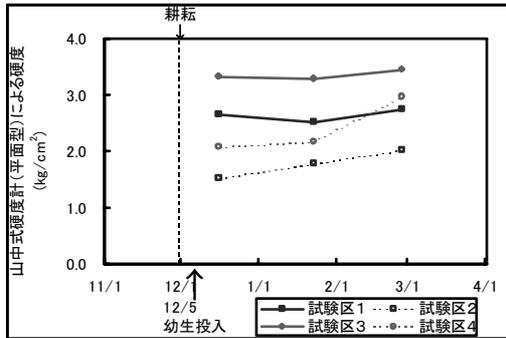


図7 表面硬度の推移(秋採卵時)

山中式土壤硬度計(平面型)を使用。

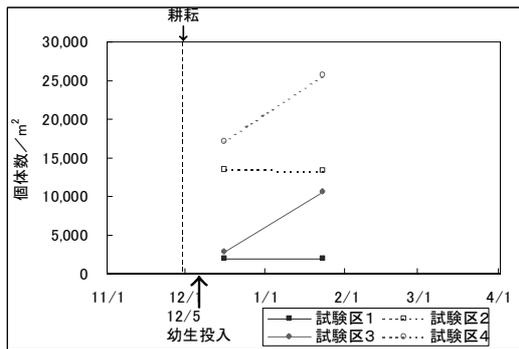


図8 アサリ稚貝数の推移(秋採卵時)

(2) 砂粒度の異なる底質中における食害調査

スラグを除いて、硬度が低いほど捕食されやすい傾向にあり、耕耘を施すと硬度が低下して、ツメタガイに捕食されやすくなると考えられた(図9)。地盤の硬直化は二枚貝の潜砂を阻害して、潜砂能力に優れる肉食性巻き貝による捕食量が増加するという仮説を立てて実験を行ったが、耕耘はツメタガイにとっても捕食しやすい環境を作ることが推測された。また、中山水道の砂の場合、殻径50mm(40g)のツメタガイは、殻長25mm(3g)程度のアサリを1日に平均して0.6個体捕食することが分かった。

(3) 干潟域における地盤の硬さと二枚貝類生息の関係解明

岸寄りの方の方が硬度が高く、二枚貝の生物量が多かったが、その要因は不明である。また、南の方の方が硬度が高く、二枚貝の生物量が多かった。このことから、波あたりが強く、砂の移動が多いと考えられる北側はアサリの生息に不適であると推測された(図10)。

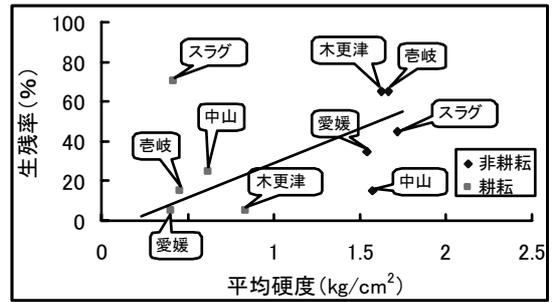


図9 食害試験における硬度と生残率との関係

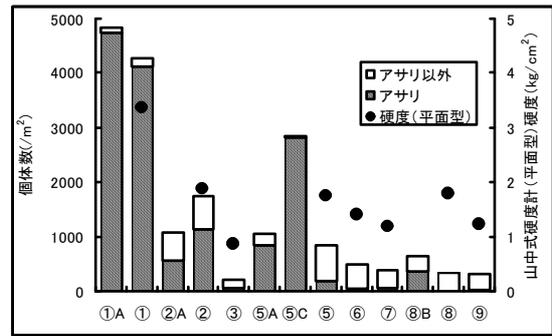


図10 形原地区における二枚貝の個体数密度と硬度

引用文献

- 1) 日本海洋学会(1986) 沿岸環境調査マニュアル〔底質・生物篇〕, 恒星社厚生閣, 東京, 266
- 2) 鈴木輝明・青山裕晃・中尾徹・今尾和正(2000) マクロベントスによる水質浄化機能を指標とした底質基準試案—三河湾浅海部における事例研究—, 水産海洋研究, 64(2), 85-93
- 3) 本田是人・石田基雄・家田喜一・武田和也・山口安幸・鈴木輝明(2004) 底生生物群集の構造およびアサリ(*Ruditapes philippinarum*)浮遊幼生の着底状況を指標とした高炉水砕スラグの機能評価, 海洋理工学会誌, 10(2), 19-33
- 4) 国土交通省中部地方整備局三河港湾事務所・愛知県水産試験場(2005) 干潟造成材適正試験結果報告書—室内実験による高炉水砕スラグの適性評価—, pp. 39
- 5) Miyawaki, D. and H. Sekiguchi(1999) Internannual variation of bivalve populations on temperate tidal flats. Fisheries Science, 65, 817-829.
- 6) Miyawaki, D. and H. Sekiguchi(2000) Long-term observation of larval recruitment processes of bivalve assemblages on temperate tidal flats. Benthos Research, 55, 1-16.
- 7) 柳橋茂昭(1992) アサリ幼生の着底場選択性と三河湾における分布量, 水産工学, 29(1), 55-59