

有明海福岡県地先におけるタイラギ斃死要因に関する研究Ⅱ

杉野 浩二郎・吉田 幹英・伊藤 輝昭^a・松井 繁明^b
(有明海研究所)

2004年から2007年にかけてタイラギの生息状況と水質環境、底質環境を調査した結果、タイラギの斃死時期には少なくとも春季から初夏にかけてと晩夏から秋季にかけての2種類があり、それぞれに斃死原因が異なっていることが示唆された。秋季に斃死が発生する場合には夏季の貧酸素によるタイラギの活力の低下が、春季の斃死では冬季の底質の硫化物量の増加の影響が疑われた。タイラギの斃死は複数の要因の複合によって起こっていると推測され、いずれかの要因を排除することによって斃死を防止できると考えられた。そのため懸濁物の堆積を抑える形状の覆砂によって貧酸素、硫化物の発生を抑えることが、タイラギの斃死対策として効果的であると考えられた。またタイラギは殻形状によってその後の生残に差があると考えられたことから、発生初期のタイラギの殻形状からその後の資源変動の予測が可能であると考えられた。

キーワード: タイラギ, 立ち枯れ斃死, 殻形状, 呼吸代謝, 貧酸素, 潜水器漁場

タイラギの潜水器漁業はノリ養殖業と並び有明海の冬場の主幹漁業であるが、近年は漁場面積の縮小¹⁾、資源量の減少²⁾により操業ができない年が頻発している。

2000年度から2003年度の試験研究によって、有明海の広い範囲で夏季に貧酸素水塊の発生が認められること^{3,4)}、タイラギの大量斃死が夏季を中心として起こっていること⁵⁾が明らかになった。

貧酸素は、これまで有明海では潮汐が大きく、海水が攪拌されるために発生はほとんど無く、仮に発生しても潮汐によって解消するため、数時間で終息するとされてきた。しかし近年諫早湾周辺では、貧酸素が夏場に頻発し、カラスノマクラ、ヤマホトトギス等の二枚貝が減少したり⁶⁾、養殖漁場のアサリが大量に斃死するなど、有明海でも貧酸素によると考えられる生物の斃死が発生しており、有明海での貧酸素の発生状況が大きく変化していると考えられる。

また大量斃死は底質から這い出し、底泥から立ち上がった形で斃死することから「立ち枯れ」といわれており、その原因については餌料不足、貧酸素^{7,8)}、浮泥の堆積⁹⁾、硫化物、ナルトビエイによる食害¹⁰⁾、ウイルス¹¹⁾、条虫¹²⁾の関与等が検討されている。しかしこれまでの有明海沿岸4県及び西海区水産研究所の研究では、いずれの要因も単一では短期間に起こる大量斃死を十分

に説明できないことから、大量斃死は複数の要因の複合によって発生するものと考えられている。

これらの成果を踏まえ、2004年から2007年にかけてタイラギ斃死と環境要因、特に底層水の貧酸素、底質の硫化物量との関係について明らかにするために環境調査とタイラギの斃死状況調査を実施した。またタイラギの生理状態を把握するために呼吸代謝産物、グリコーゲン含有量の測定を行い、斃死原因解明の検討材料とした。またタイラギの殻形状(殻長/殻高比)と斃死しやすさに何らかの関係があると考えられたことから、タイラギの殻形状についても計測を行った。

方 法

1. タイラギ生息状況

2004年度から2007年度にかけて、図1に示した調査点周辺のタイラギの生息密度の測定を実施した。測定手法はライントランセクト法を用い、海底に50mの測線を敷設し、始点から10m、20mから30m、40mから50mの3区間において測線の両側各0.5mの範囲に生息するタイラギの出現個体数を計数した。

a 現所属: 漁業管理課

b 現所属: 研究部



図1 連続調査点

2. 環境調査

(1) 水質調査

図1に示した調査点において、底層の溶存酸素濃度の連続観測を実施した。

2004, 2005年度は水深約5mの福岡県区画漁業権有区31号周辺, 2006, 2007年度は水深約5mの福岡県区画漁業権有区34号周辺で夏季を中心として溶存酸素濃度の連続観測を実施した。

設置した溶存酸素計はアレック電子社製ADOW-CMPであった。機器は図2に示すように鋼管周辺にセンサー部分が海底面から約10cmになるように設置し、原則として毎月機器を回収してデータの読み取り及び電池の交換を行った。また設置中に1回機器のセンサー部分の清掃を行った。

(2) 底質調査

2007年度の6月から3月にかけて計16回、機器設置場所周辺においてダイバーが潜水し、アクリルパイプ(内径36mm, 長さ50cm)による柱状採泥を行った。試料は採取後直ちに保冷剤入りのクーラーに保管し、実験室で海底面を基準として0~10mm, 20~30mm, 50~60mmの

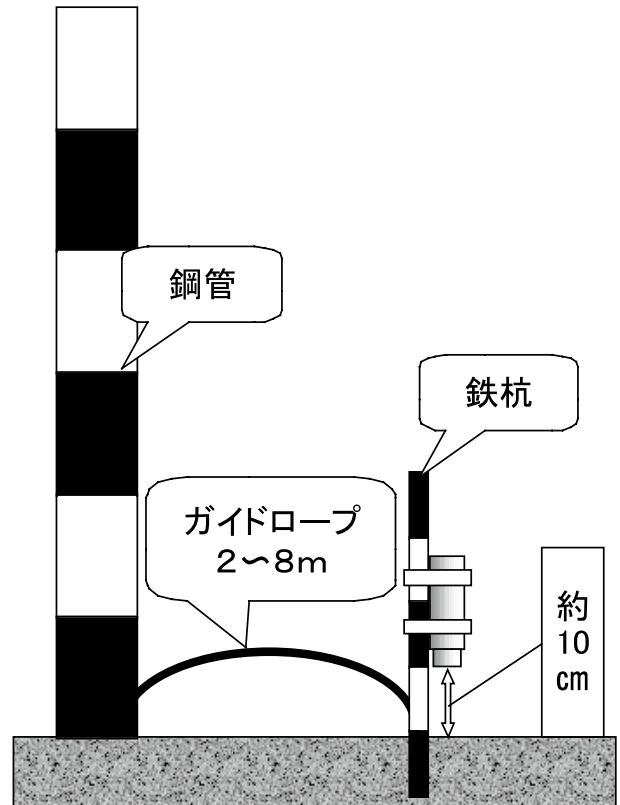


図2 溶存酸素計設置方法

各層に分取し、分析に供した。

底質分析は、含水比、強熱減量、全硫化物について行った。各項目の分析手法は含水比はJIS A1203、強熱減量は底質調査方法(昭和63年環水管第127号)Ⅱに従い、全硫化物は検知管法によって行った。

3. タイラギ生理活性の測定

2006年7月~11月にかけて調査機器設置箇所周辺で採取したタイラギの閉殻筋に含まれるグリコーゲン含量と呼吸代謝物である有機酸濃度を測定した。

採取したタイラギは陸上水槽で約1週間馴致飼育した後、閉殻筋を液体窒素により凍結固定し、リンゴ酸、ピルビン酸、コハク酸、乳酸、フマル酸の濃度をHPLCを用いて(図3)、グリコーゲン含量をアンスロン法によって測定した。また、馴致したタイラギを窒素ガスの曝露によって溶存酸素濃度0.2mg/l以下の貧酸素水に6時間曝露した後、同様に閉殻筋を固定し嫌気条件下での呼吸代謝物、グリコーゲン含量を測定した。

4. 殻形状の測定

2007年に機器設置場所周辺において採集したタイラギについて殻長及び殻高(図4)を測定し、その比(SL/

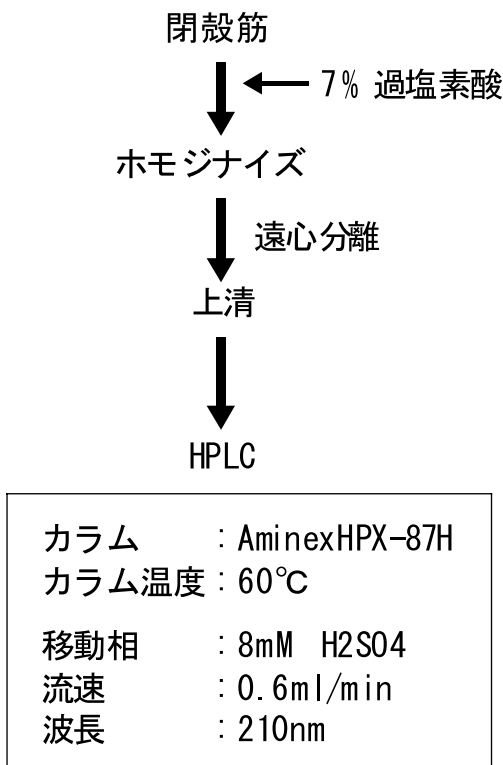


図3 呼吸代謝物の分析手法

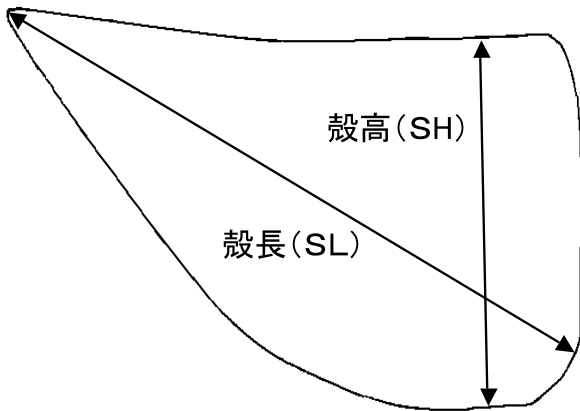


図4 タイラギ測定部位

SH) を求めた。

結 果

1. タイラギ生息状況

2004年度から2007年度のタイラギ生息密度の推移を図5に示した。2006年度は調査点を変えているために前年度と生息密度の連続性が途切れているが、それ以外の年度間では生息密度の連続性が認められた。

各年度別にタイラギの生息密度の推移を見ると、2004年度は4月に約30個体/m²の生息密度であったが、6月

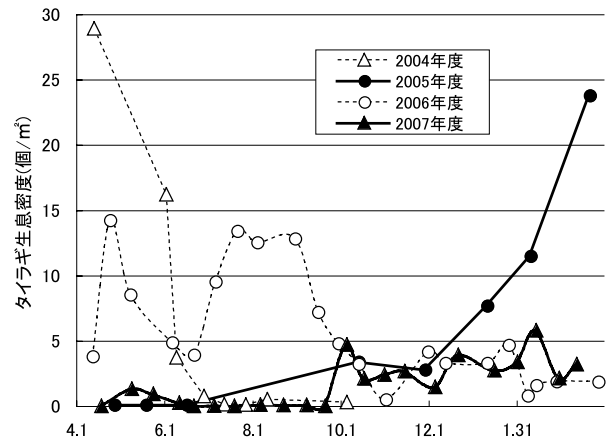


図5 2004～2007年度のタイラギ生息密度の推移

になると激減し、それ以降は1個体/m²以下の低い密度で推移した。

2005年度は4月には0.1個体/m²程度の低密度であったが10月以降増加し、3月末には約24個体/m²まで増加した。

2006年度は4月に14個体/m²であったが、6月には4個体/m²まで減少した。その後再び増加し、7月に13個体/m²以上になったが、9月から1月にかけてはおおむね3～5個体/m²で推移した。2月以降はやや密度が低下し、2個体/m²以下で推移した。

2007年度は4月の調査時には確認されなかったが、5月以降は1個体/m²程度の低水準ながらも生息が確認された。10月以降はわずかに密度が増加し、2～5個体/m²で推移した。

多くの年でタイラギの生息密度は春季から夏季にかけて減少し、秋季から再び増加する傾向があった。これは夏から秋にかけて着底した稚貝が冬から春にかけて成長し、徐々に目視ができるようになること、高温期にはタイラギが底泥中に深く潜航し、目視が困難になるとされていることが原因と考えられる。

2. 環境調査

(1) 水質調査

2004年度から2007年度の夏季(6～9月)の酸素飽和度の1時間毎の推移を図6,7に、各年に発生した貧酸素の日数及び最長継続日数について表1に示した。

観測を行ったすべての年で小潮時に酸素飽和度が低下し、大潮になると回復する周期的な変動が認められたが、7月以降徐々に酸素飽和度が低下する傾向が認められた。また、いずれの年にも酸素飽和度40%を下回る貧酸素状態が観測され、2006, 2007年には一時的に20%を

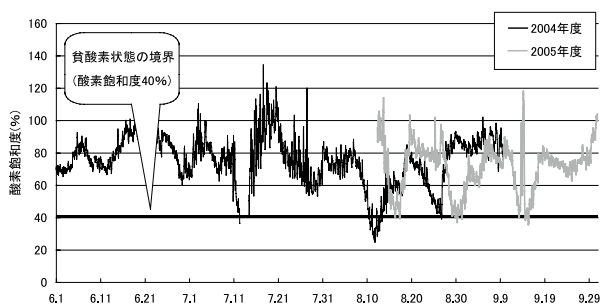


図6 2004, 2005年度夏季酸素飽和度の推移

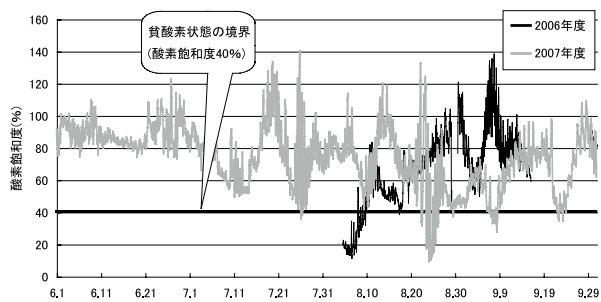


図7 2006, 2007年度夏季酸素飽和度の推移

表1 各観測年度の貧酸素発生状況

年度	貧酸素発生日数	最長継続日数
2004年度	8日	2日
2005年度	6日	1日未満
2006年度	7日	4日
2007年度	17日	1日

下回る強い貧酸素状態が観測された。

貧酸素の発生は2007年度が最も多かったが、1件あたりの継続時間は短く、最長でも1日であった。一方で2006年度は発生日数は7日であったが、最長で4日間継続していた。しかし2006年度は調査開始時期が8月4日と遅く、調査開始時には既に貧酸素が発生していたため、実際には貧酸素発生日数、最長継続日数ともにさらに多かったと考えられる。また2005年度は貧酸素の発生は確認されたが継続時間は1日に満たず、短期間で解消していた。

(2) 底質調査

図8～10に層別の底質の含水比、強熱減量、硫化物量の推移を示した。

含水比は直接海水に触れる0～10mm層で高く、深い層ほど低い傾向が調査期間を通して認められた。また季節変動が大きく、6月から9月にかけてはいずれの層でも100以下で推移していたが、10月以降は0～10mm層で

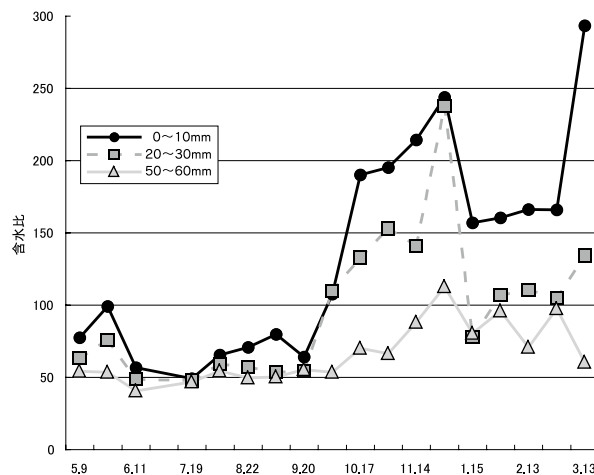


図8 2007年度の底質の含水比の推移

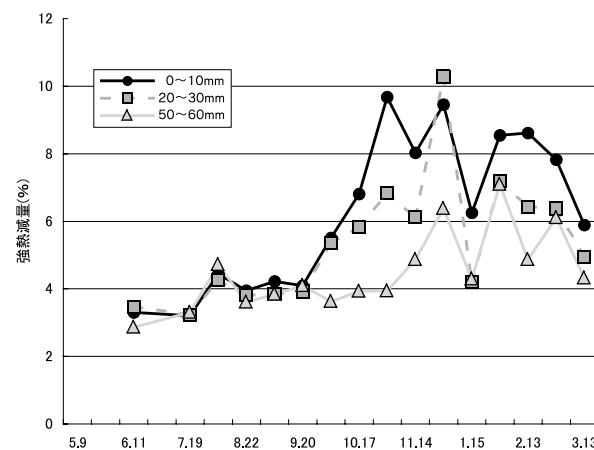


図9 2007年度の底質の強熱減量の推移

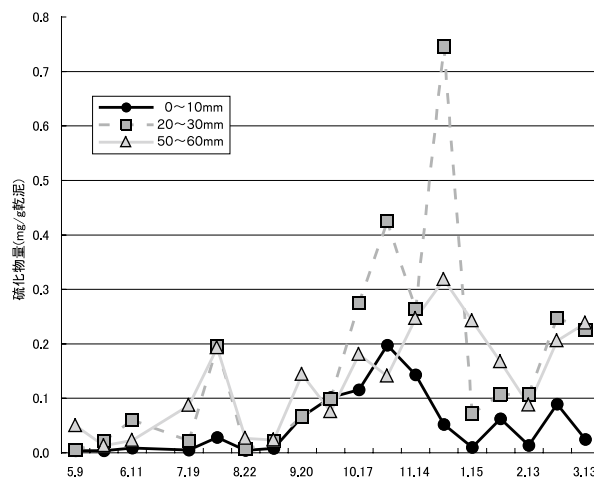


図10 2007年度の底質の硫化物量の推移

150～300、20～30mm層で100～250程度で推移した。

強熱減量も同様に表層ほど高く、深い層ほど低い傾向が認められたが、その差は含水比に比べて小さく、0～10mm層で3.2～9.7%、20～30mm層で3.2～10.3%、50～60mm層で2.9～7.1%であった。また、含水比同様に10月

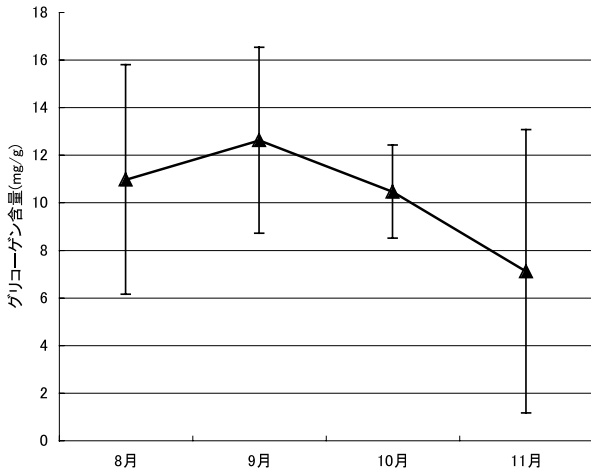


図11 タイラギ貝柱のグリコーゲン含量の推移

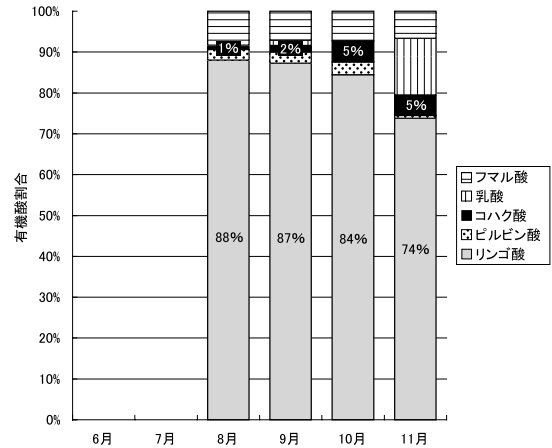


図13 貧酸素曝露前の有機酸の割合

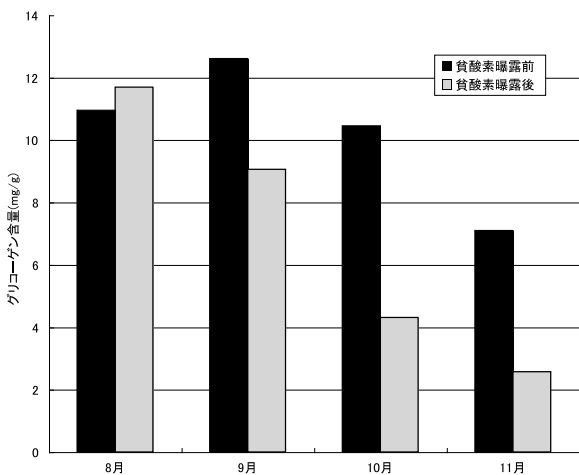


図12 貧酸素曝露によるグリコーゲン含量の変化

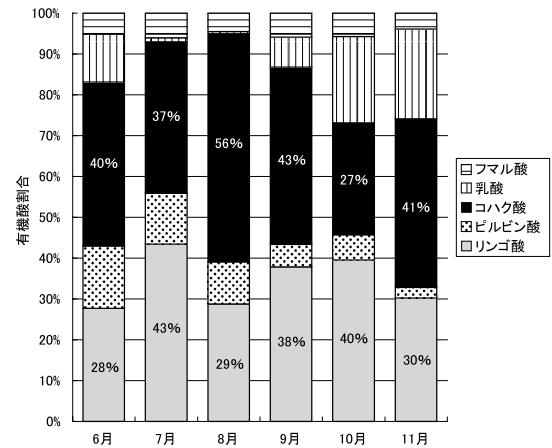


図14 貧酸素曝露後の有機酸の割合

以降に高くなる傾向が認められた。

硫化物は前述の2項目とは異なり20～30mm層で最も高く、次いで50～60mm層、0～10mm層が最も低い結果となった。表層では10月の0.20mg/g乾泥が最高であったが、20～30mm層では12月に0.75mg/g乾泥、50～60mm層でも12月に0.32mg/g乾泥に達した。いずれの層でも10月以降上昇する傾向が認められたが、月による変動が大きく、表層では11月以降は再び低い値で推移し、20～30mm層でも1月以降は10月以前の値に戻った。

総じて2007年度の潜水器漁場の底質は冬季に悪化する傾向があり、特に硫化物については水産用水基準で生物に影響があるとされる基準値(0.2mg/g乾泥)を約4ヶ月に渡り超えていたことが明らかになった。

3. タイラギ生理活性の測定

タイラギ貝柱中のグリコーゲン含量の月による変動を図11に示した。タイラギ貝柱に含まれるグリコーゲンは

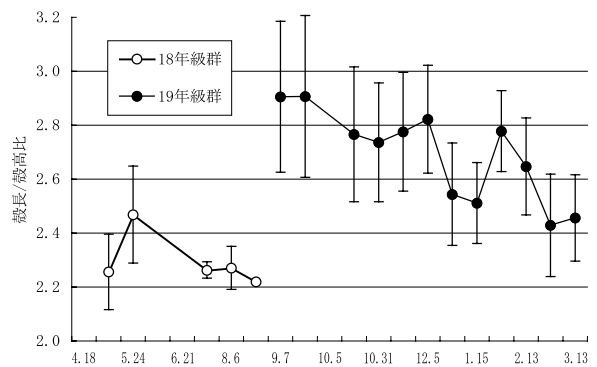


図15 タイラギ殻形状の推移

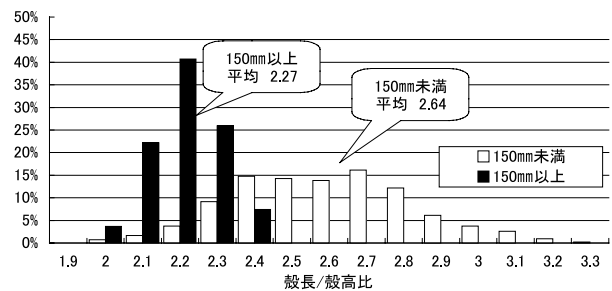


図16 大型個体と小型個体の殻長殻高比の組成

8月から11月の間では9月にピークを迎え、以降は緩やかに減少していた。これは塚本ら¹³⁾が報告している成熟に伴うグリコーゲンの消費による減少であると考えられた。

タイラギを貧酸素に曝露する前後のグリコーゲン含量の変化を図12に示した。タイラギ貝柱に含まれるグリコーゲンは8月を除いて貧酸素曝露により減少しており、嫌気状態では短時間で急速にグリコーゲンが消費されることが示唆された。

次にタイラギの呼吸代謝産物について、図13に貧酸素曝露前、図14に貧酸素曝露後の貝柱に含まれる有機酸の割合を示した。貧酸素曝露前の有機酸は好気呼吸での代謝産物であるリンゴ酸の割合が高く、全体の74~88%を占めていた。一方貧酸素曝露後にはリンゴ酸の割合は28~43%まで減少し、代わって嫌気呼吸による代謝産物であるコハク酸が27~56%を占めている。このことからタイラギは嫌気状態に置かれると速やかに代謝回路を切り替え、嫌気呼吸を行っている事が明らかになった。

4. 殻形状の測定

タイラギの殻形状の季節変化を図15に、150mm以上の大型個体と150mm未満の小型個体の殻長殻高比の組成を図16に示した。

18年級群の平均SL/SHは5月上旬に2.26であったが5月下旬には2.47に上昇し、その後は緩やかに減少し8月22日に2.22となった。19年級群は9月7日に2.90、9月20日に2.91であったが、徐々に減少し、2月29日には2.43まで減少した。

大型個体と小型個体の殻形状を比較すると、殻長150mm以上の個体では殻長/殻高比は2.0~2.4台に集中しているのに対して、殻長が150mm未満の個体では2.0~3.3台まで幅広く分布していた。また平均値は大型個体で2.27、小型個体で2.64であった。

考 察

タイラギ生息密度の推移から求めた、2004年から2007

年/月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2004年				←→								
2005年					←→							
2006年									←→			
2007年				←→								

図17 2004年から2007年におけるタイラギ斃死時期

年におけるタイラギの斃死時期を図17に示した。大きく分けて2004、2005、2007年に見られた春から初夏にかけての斃死と、2006年に見られた秋季の斃死に分けられた。

各年の斃死時期と環境要因の関係について比較するために、各年のタイラギ生息密度と酸素飽和度の推移を図18から図21に示した。

2004年、2005年、2007年に発生した春季から初夏にかけての斃死と酸素飽和度についてはいずれの年でも明確な関係は認められなかった。しかし、秋季に斃死が発生した2006年については、8月に強い貧酸素が発生しており、これが秋季のタイラギ活性を著しく低下させたものと考えられた。タイラギは嫌気状態に置かれた場合、速やかに呼吸経路を切り替えることから、貧酸素耐性は高く、秋本らは酸素飽和度が0%で12時間以上継続してもタイラギが斃死しないことから有明海で発生する貧酸素がタイラギの直接の斃死原因になるとは考えにくいとしている。しかし2006年に発生した貧酸素は継続時間がこれまで想定されていた6時間より大幅に長く、少なくとも4日間以上継続している。また、嫌気呼吸は好気呼吸に比べてエネルギー効率が約1/20と著しく悪いため、前述のように短期間でグリコーゲンが消費されタイラギの衰弱が起こる。以上のことから、2006年秋季のタイラギの斃死はタイラギのグリコーゲン含量が産卵・放精により減少している状況でさらに貧酸素による減少が重なったことで引き起こされたと考えられた。

また、冬季の硫化物量の上昇がタイラギに与える影響についてはタイラギ生息密度からは明確な傾向は捉えられなかった。しかし冬季の硫化物量の上昇が2007年度だけではなく沖合潜水器漁場で恒常的に発生している現象であるならば、長期間の硫化物への曝露が春季のタイラギ斃死の遠因となっている可能性がある。室内飼育では硫化物量が高い底質での数ヶ月の飼育でもタイラギの斃死は認められなかった(松井：未発表)が、水質環境によっては硫化物がより毒性の高い硫化水素に変化することが考えられることから、今後は硫化水素の現場での測定が重要になると考えられる。

タイラギの殻形状について、伊藤ら¹⁴⁾はSL/SHが大きい、すなわち細長い個体程斃死しやすい傾向があるとされている。また、殻形状は漁場、年によってほぼ一定であるが、同一漁場であっても浮上貝と健全貝では殻形状が異なっていることを報告している。一方、今回の測定では同一漁場であってもSL/SHの範囲は広く、また経時的に徐々に減少していた。さらに大型の個体と小型の個体でSL/SHの組成に大きな差があることがわかった。これが、同一の個体のSL/SHが成長にともない変

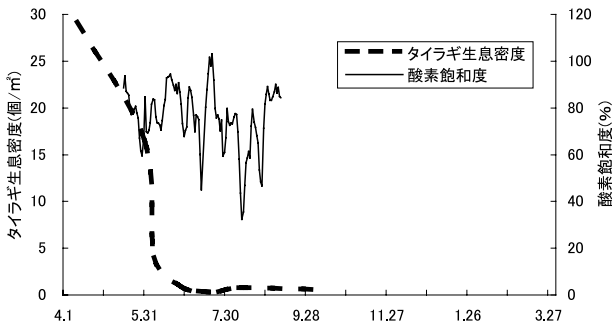


図18 2004年度のタイラギ生息密度と酸素飽和度の推移

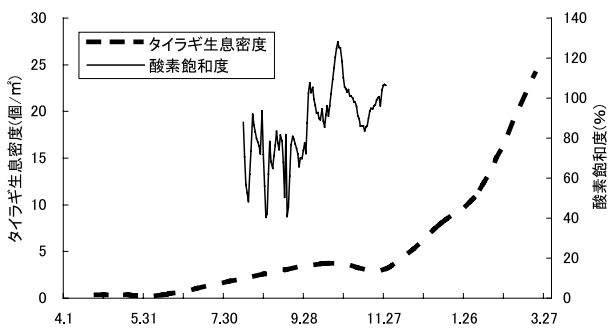


図19 2005年度のタイラギ生息密度と酸素飽和度の推移

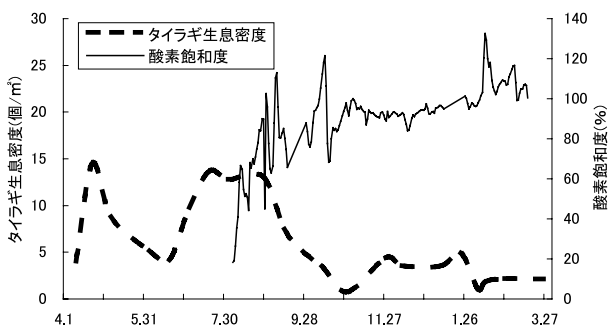


図20 2006年度のタイラギ生息密度と酸素飽和度の推移

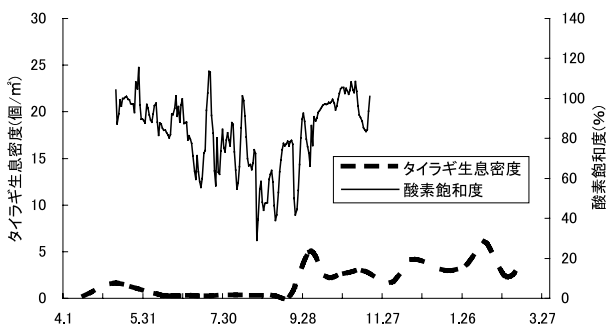


図21 2007年度のタイラギ生息密度と酸素飽和度の推移

化するものか、あるいはSL/SHの大きい個体から斃死することでSL/SHの小さな幅の広い個体のみが生息するようになるためかは現時点では確定できないが、大型貝になるほど細長い個体の割合が減少する事から、SL/SHの小さい個体の占める割合が大きい漁場ほど生残する個体が多くなることが考えられる。このことから発生初期のタイラギの殻長/殻高比を調べることでその後の資源変動をある程度予測することが可能になると考えられた。

本研究によって、タイラギの斃死時期には少なくとも2パターンがあり、秋季の斃死には夏季の貧酸素による活力の低下が、春季の斃死には冬季の長期間の硫化物曝露が影響している可能性が示唆された。

しかし、いずれの現象についてもそれだけではタイラギ斃死を十分に説明することができない。秋季の斃死には貧酸素によって活力が低下したタイラギを斃死させる他の異なる要因の把握が、春季の斃死には冬季の底質中の硫化物量の増加が普遍的な現象であることの確認と硫化水素の発生状況の把握、加えてタイラギの硫化水素耐性の検証が必要である。

タイラギ斃死原因については単一の要因ではなく、複数の要因が複合して起こっていると考えられており、その要因のひとつでも除外できれば斃死を食い止められる可能性がある。懸濁物が堆積すると底質中の海水交換が抑えられ、底質中の酸素が減少し、硫化物が発生しやすくなる。また懸濁物に含まれる有機物が分解される際に酸素を消費するため、懸濁物の堆積は貧酸素の発生も助長する。秋本ら¹⁵⁾は多山型覆砂によって懸濁物の堆積が減少すると報告している。そこで、このような懸濁物が堆積しにくい形状の覆砂等を行い、懸濁物の堆積を抑える事で、貧酸素や硫化物などの要因を排除し、タイラギの斃死を防止できると考えられる。

文 献

- 1) 金澤拓・佐藤慎一・東幹夫・近藤寛・西之首英之・松尾匡敏：諫早湾潮止め後の有明海における二枚貝群集の変化. 日本ベントス学会誌, 60, 30-42 (2005)
- 2) 伊藤史郎：「有明海異変」, 特にタイラギ資源の減少と今後. 海洋と生物, 167, 625-635 (2006)
- 3) 松井繁明・筑紫康博：有明海北東部漁場における貧酸素水塊の発生. 福岡水海技センター研報, 13, 11-117 (2003)
- 4) 筑紫康博・松井繁明：有明海における貧酸素水塊の分布と発生要因. 福岡水海技センター研報, 12,

- 103-110 (2003)
- 5) 松井繁明：有明海北東部漁場におけるタイラギの資源変動. 福岡水海技センター研報, 12, 29-35 (2002)
 - 6) 玉井恭一：シズクガイの貧酸素耐性. 日本水産学会誌, 59, 615-620 (1993)
 - 7) 山元憲一, 田中実・田中直樹・神菌真人・秋本恒基：マガキ, クマサルポー, タイラギの鰓のほふく速度に及ぼす底酸素と水温の影響. 水産増殖, 41 (4), 435-438 (1993)
 - 8) 秋本恒基・林宗徳・岩淵光伸・山元憲一：リシケタイラギの致死酸素飽和度. 水産増殖, 52 (2), 199-200 (2004)
 - 9) 塚本達也・田中勝久・那須博史・松岡数充：有明海の浮泥がタイラギに及ぼす影響. 水産増殖, 56 (3), 335-342 (2008)
 - 10) 川原逸郎・伊藤史郎・山口敦子：有明海のタイラギ資源に及ぼすナルトビエイの影響. 佐賀有明水試研報, 22, 29-33 (2004)
 - 11) MAENO, et al. Virus-like particles associated with mass mortalities of the pen shell *Atrina pectinata* in Japan. Dis Aquat Org, 71, 169-173 (2006)
 - 12) 吉田幹英・筑紫康博・松井繁明：有明海におけるタイラギに寄生する条虫の幼生について－タイラギ斃死との関連について－. 福岡水海技センター研報, 15, 55-59 (2005)
 - 13) 塚本達也・前野幸男・松井繁明・吉岡直樹・渡辺康憲：タイラギの性成熟と各種組織におけるグリコーゲン量との関係. 水産増殖, 53 (4), 397-404 (2005)
 - 14) 伊藤輝昭・吉田幹英・金澤孝弘・内藤剛・岩淵光伸：タイラギ殻形状からみた斃死と資源変動. 福岡水海技センター研報, 16, 97-104 (2006)
 - 15) 秋本恒基・林宗徳・相島昇・佐野二郎・二島賢二・渡辺祐介：造洲漁場におけるタイラギの着底と成長. 福岡水海技センター研報, 4, 45-52 (1995)