

有明海湾奥部の底泥間隙水に含まれる硫化水素が タイラギの生残に及ぼす影響

荒巻 裕・大隈 斉*

Effect of Hydrogen Sulfide which Included in Gap Water of Mud Sediment for Pen-Shell, *Atrina* spp. in the Inner Part of Ariake Bay

Hiroshi ARAMAKI and Hitoshi OHKUMA

はじめに

硫化水素はアサリ等の二枚貝を始めとして多様な生物に対して極めて強い毒性を示し¹⁾、有明海湾奥部の底泥間隙水中からも検出される^{2,3)}ことがある。特に、塚本³⁾が実施した試験においてタイラギへの影響が指摘されたことから、2001年以降大牟田沖で頻発している「立ち枯れ斃死」^{4,5)}の主要因が硫化水素ではないかといった議論にまで発展している。このような中、2009年度には、佐賀県鹿島市沖から太良町沖の広範囲でタイラギが順調に成育し、100トンを超える漁獲につながったものの、この時の底泥間隙水中に含まれる硫化水素（以下、硫化水素と略す）との関係については検討されていない。

そこで今回、2009年から2011年までの有明海湾奥部の硫化水素濃度およびタイラギの斃死状況の推移と、タイラギの室内における間隙水の取り込みに関する試験結果から、硫化水素とタイラギ大量斃死との関連について考察したので報告する。

材料および方法

1. 硫化水素濃度等とタイラギ生息状況

(1) 硫化水素濃度と底質および水質

底泥は、図1に示した地点のうち毎回3~5地点で、内径80mmのアクリルコアサンプラーを用いて潜水士により柱状採取し、現場で表層の泥温、泥pHをpH計(testo 206-pH2)で測定した。採取した底泥の硫化水素については濃度が高い5cm層²⁾の値を管原ら²⁾の方法により測定し、酸揮発性硫化物（以下、AVS）、化学的酸素要求量（以下、COD）、強熱減量（以下、IL）について

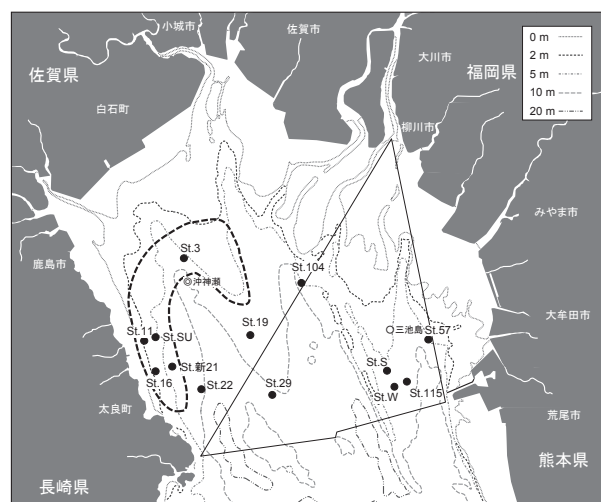


図1 底泥採取およびタイラギ生息状況モニタリング地点

は表層~5cm層までを混合し、それぞれ、検知管法、アルカリ性過マンガン酸カリウム-ヨウ素滴定法および550℃1時間の加熱により測定した。また、底層の水温、塩分、溶存酸素量（以下、DO）は多項目水質計（HYDRORAB製Minisonde）で測定した。

(2) タイラギ生息状況

図1の太破線で囲まれた海域のタイラギが2010年8月上旬までにはほぼ全滅した⁶⁾ため、9月以降2011年8月までは、それ以外の調査点の中からほぼ毎月1回、高水温期である7~9月には月に2~4回、4~5地点においてタイラギの生息状況を調査した。各地点において、ヘルメット式潜水士が海底を移動しながら5分間の目視観察により生死に関わらずタイラギを採取し、採取した全個体に占める死貝の割合を斃死率として算出した。

*：現在、佐賀県生産振興部水産課

2. タイラギの間隙水取り込みに関する室内試験

中央粒径値が異なる2種類の底泥を人工的に作成し、タイラギ体内への間隙水の取り込み状況を調べた。

(1) 供試貝

試験には、2009年12月に佐賀県寄り海域で採取した殻長 $169.8\text{mm} \pm 10.2\text{mm}$ のタイラギ1歳貝8個体を用いた。なお、これらは供試するまでの約1ヶ月間、屋内水槽で珪藻を適宜投餌しながら加温せずに飼育した。

(2) 人工底泥

試験に用いる底泥は大牟田沖と佐賀県寄り海域を想定し、人工的に作成した。基材として、大牟田沖底泥については市販のMd ϕ 約0.5の海砂（以下、砂）を、佐賀県寄り海域底泥については太良町沖で採取したのち110℃で24hr乾燥させたMd ϕ 約7の底泥（以下、泥）をそれぞれ用いた。これらには、間隙水の取り込みの様子を見易くするために、間隙水の代替として、山元⁷⁾が用いたものと同じエバンスブルーを0.2%溶解させて着色した海水を各海域の底泥含水率相当になるまで加えて混合した。

(3) 飼育器

飼育器は、タイラギの間隙水を取り込みやすい部位を調べるために、容量約3ℓのポリ瓶を用いて2種類作成した。1つ目はポリ瓶の底から1cm、2つ目は10cmの場所にそれぞれ穴を開け、(2)で作成した人工底泥を穴の開いた場所に層厚2cmとなるように入れ、その上下を海水寒天（寒天：0.5%）で密封保持したものである。なお、ポリ瓶に開けた穴には、タイラギにより取り込まれた間隙水が補充されるよう、0.2%エバンスブルー着色海水を入れたプラスチック製2mlシリンジを接続した（図2）。

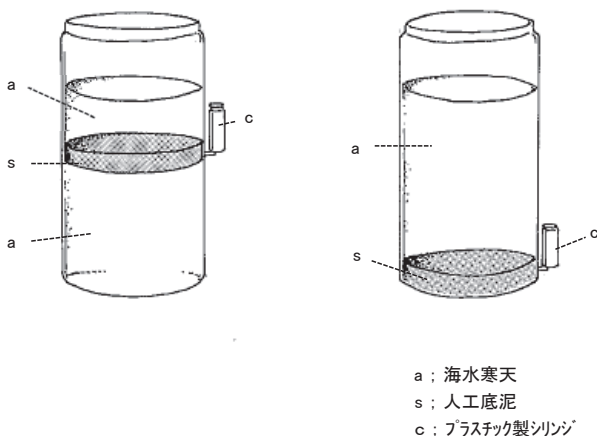


図2 飼育器

(4) 飼育水および飼育環境

飼育水は、エアレーションにより十分量のDOとしたもの（以下、通常区）と、窒素曝気により $\text{DO} \approx 0.5\text{mg}/\ell$ としたもの（以下、貧酸素水区）の2種類を用いた。(3)で作成した各飼育器に、タイラギを殻の後縁が1~数cm程度保持基質から出るよう静かに埋設して飼育水を注入し、水温20℃、明条件のもと、6時間静置してその間の状況を観察した。なお、貧酸素水区については、試験中に空中の酸素が飼育水中に溶解しないよう容器に蓋をし、蓋には器内圧力を安定させるために窒素ガスを満たしたポリエチレン製の袋を接続した（図3）。

(5) 間隙水の取り込み量

タイラギによる間隙水の取り込み量は、試験開始6時間後に調べた。方法は、飼育水の一部を採取してメチレンブルー吸光度法に準じた667nmでの吸光度(a)を紫外可視分光光度計（JASCO製V-650）により測定し、別途計測しておいた濃度既知のエバンスブルー海水により作成した検量線（図4）を用いて飼育水のエバンスブルー濃度(d)を明らかにし、飼育水の量(v)から次の式により求めた。

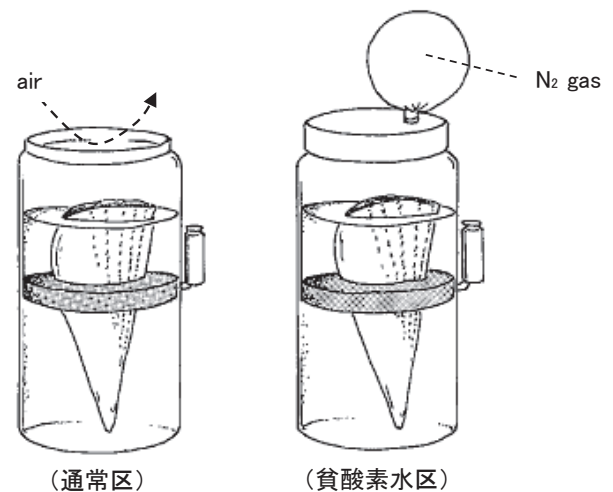


図3 飼育水毎の試験状況（模式図）

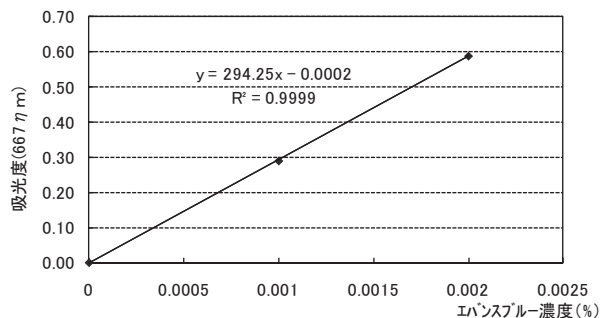


図4 エバンスブルー濃度と吸光度の関係

$$d(\%) = (a + 0.0002) / 294.25$$

$$\text{取り込み量 (ml)} = v(\text{ml}) \times d(\%) / 0.2(\%)$$

結 果

1. 硫化水素濃度等とタイラギ生息状況

佐賀県寄り海域および湾奥中央部～大牟田沖周辺の硫化水素の測定値およびその測定値を泥温、泥 pH、底層水温、塩分との関係から現場での濃度に補正⁸⁾した値の推移を図5～8に示した。補正値は測定値の1/7程度であった。調査期間全体を通じて硫化水素濃度は、有明海湾奥部のうち、佐賀県寄り海域が湾奥中央部～大牟田沖周辺よりも高く推移していた。

タイラギの生息状況については、2009年発生群が2010年12月以降、大牟田沖の St. 115 付近を中心に漁獲され、2010年度漁期は約43トンの漁獲につながったが、漁期開始直後から斃死個体が散見されるようになり、水温が上昇してきた2011年4月以降は斃死率が急激に高くなった(図9)。また、2010年発生群についても、大牟田沖の St. 57 とその周辺に1㎡あたり最高100個程度

と高密度で生息していたものの、2011年6月末に大量斃死が発生していわゆる「立ち枯れ」の様相を呈し、7月末までの1ヶ月間にほぼ全滅した。なお、2010年～2011年における大牟田沖周辺の、硫化水素以外の底質の化学成分については、酸揮発性硫化物(AVS)が0.005～0.456 mg/g 乾泥、化学的酸素要求量(COD)が

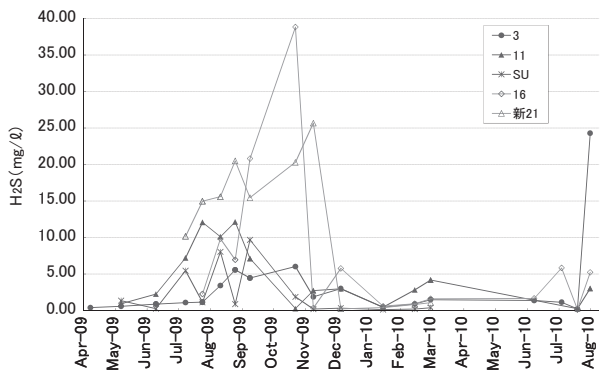


図5 佐賀県寄り漁場における硫化水素濃度の推移 (測定濃度)

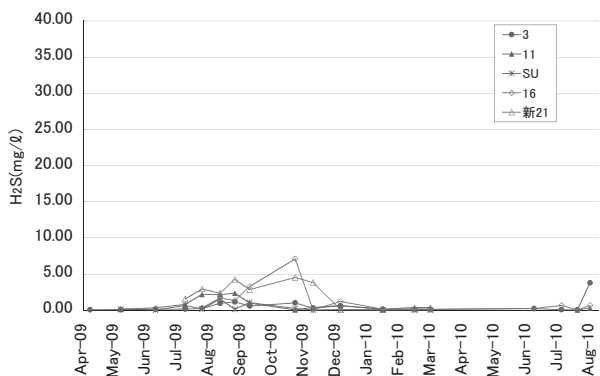


図6 佐賀県寄り漁場における硫化水素濃度の推移 (補正濃度)

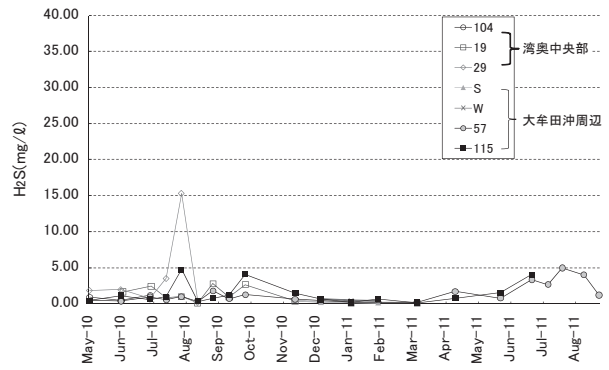


図7 湾奥中央部～大牟田沖周辺における硫化水素濃度の推移 (測定濃度)

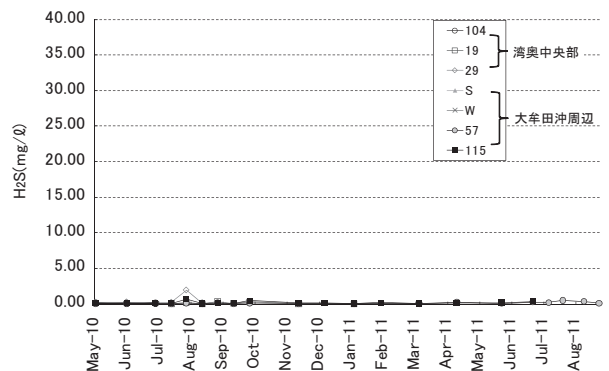


図8 湾奥中央部～大牟田沖周辺における硫化水素濃度の推移 (補正濃度)

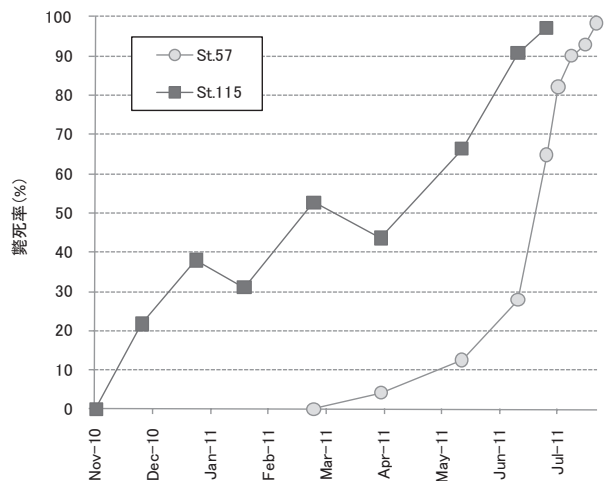


図9 大牟田沖周辺における斃死率の推移

6.43~15.51 O₂mg/g 乾泥, 強熱減量 (IL) が 5.97~12.24 の範囲であったが, これらの値が斃死個体の増加期直前に特異的に上昇していた等の変化は認められなかった。

2. タイラギの間隙水取り込みに関する室内試験

表1 タイラギによる底泥間隙水の取り込み状況

人工底泥	底泥の封入層 (深さ cm)	取り込み部位	飼育水	間隙水 取込量(ml)/6h
砂	5~7	殻後部	通常海水	2.44
			貧酸素水	1.72
	14~16	殻頂	通常海水	0.67
			貧酸素水	0.23
泥	5~7	殻後部	通常海水	0.17
			貧酸素水	0.18
	14~16	殻頂	通常海水	0.20
			貧酸素水	0.15



写真1 間隙水を取り込み、排出するタイラギ

タイラギによる底泥間隙水の取り込み量は表1に示したとおり, 泥・貧酸素水区の殻頂付近からが0.15 ml/6hと最も少なく, 砂・通常海水区の殻後部付近からが2.44 ml/6hと最大で, 16.3倍の差がみられた。特に, 通常海水区で上部に配置した砂からは, タイラギが埋設数分後には間欠的に間隙水を吸い上げて排出する様子が観察された(写真1)。一方, 貧酸素水区ではいずれもタイラギがただちに閉殻して運動を停止し, 底質やその配置深さによらず, 間隙水の取り込みは極めてわずかであった。試験開始6時間後の全体の状況は写真2のとおりとなり, ここからも, 砂・通常海水区の殻後部以外からは間隙水の取り込みがわずかであることが見て取れる。

考 察

佐賀県寄り海域の硫化水素濃度が高く推移している主要因として, 図10に示したように, 佐賀県寄り海域の底泥は大牟田沖周辺に比べ粒径が小さく酸素が浸透しにくい。つまり, 酸素の供給源となる海水の交換が緩慢なため, 硫化水素の発生条件である無酸素状態になりやすいことが考えられる。図5~8で示した2009年から2011年の測定値をみても, 佐賀県寄り海域の硫化水素濃度は常に大牟田沖周辺の4~5倍程度で推移している。塚本³⁾は, 2008年の初夏から秋季にかけて大牟田沖の底泥から約3~5mg/lの硫化水素を検出し, 同時に, 室内試験により, 約3mg/lの硫化水素にタイラギ成貝を24時間暴露した場合, 鰓に損傷が生じ, ひいては摂餌機能に悪影響をもたらす可能性があるとしている。しかしながら, 2008年に佐賀県寄り海域に発生したタイラギ稚貝は, 図5に示したように, 翌2009年に最大39mg/lの硫化水

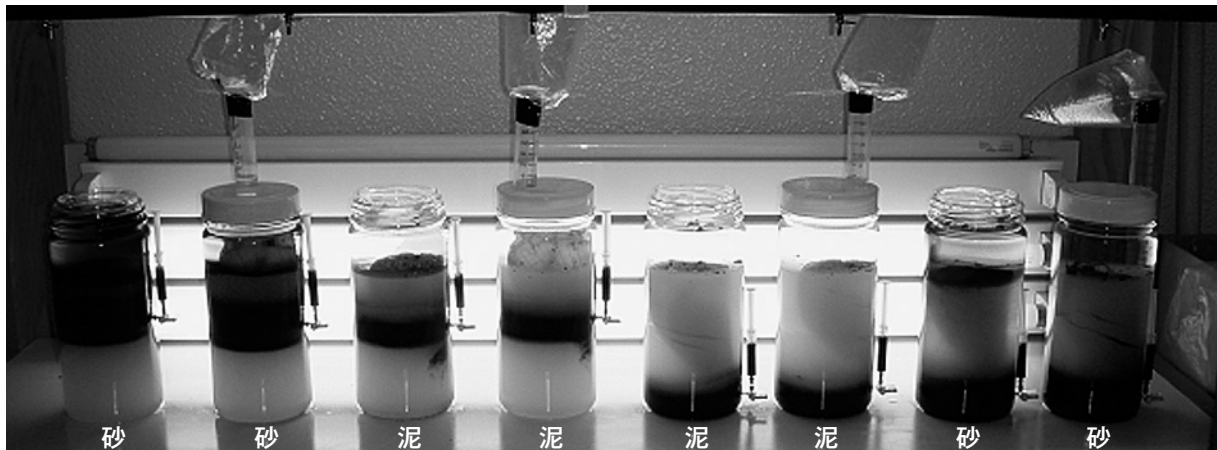


写真2 全体の状況 (試験開始6時間後)

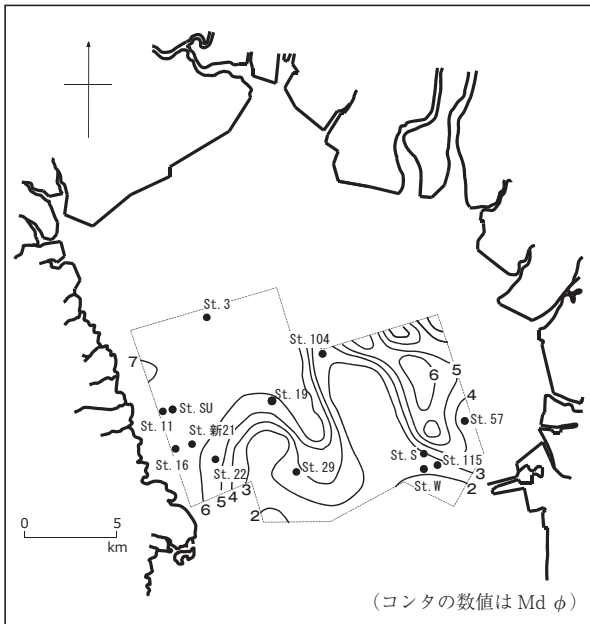


図10 有明海湾奥部の底質の中央粒径 (2011.8月)

素が検出された中でも斃死することなく成長し、2009年度漁期の豊漁につながった。

今回の室内試験の結果は、泥質の佐賀県寄り海域では間隙水がタイラギの体内にほとんど取り込まれないために、硫化水素濃度が高い場合においても影響を受ける可能性が低くなることを示唆している。

このことから、塚本³⁾の室内試験でタイラギに影響がみられた13倍もの濃度に晒されながらも佐賀県寄り海域のタイラギが斃死しなかったのは、間隙水の取り込み機構が泥質の佐賀県寄り海域と砂質の大牟田沖で異なることがその一因として推測される。

しかしながら、より注目すべきは、実験室で最大約39 mg/lの硫化水素を検出したとは言え、現場では硫化水素のかなりの部分が泥pHの影響下で電離し、無害な硫化水素イオン⁸⁾となっており、泥温、底層水温、塩分も加味して補正⁹⁾すると実際の濃度が約7 mg/lとかなり低くなるということ、すなわち、現場の硫化水素がタイラギの生残に影響を及ぼすような濃度になることは極めて稀と考えられるところにある。

既に述べたとおり、大牟田沖では2011年6月末からSt. 57のタイラギに大量斃死が発生し、同年7月末までにはほぼ全滅しているが、このときの硫化水素濃度は、2010年度漁期の漁場となった大牟田沖周辺で漁期前に検出されていた値の範囲内(図8)であった。さらには現場での濃度に補正した値の推移(図9)をみても、タ

イラギの生残に影響を及ぼすような濃度がみられていないことから、このSt. 57で発生した大量斃死を硫化水素濃度との関連のみで説明することは極めて困難である。また、前報⁶⁾でも述べたとおり、2010年夏季に佐賀県鹿島市沖から太良町沖で発生した大量斃死については、硫化水素の影響によるものではなく、低比重、貧酸素によるものと考えられる。

以上の結果から、硫化水素はタイラギの生理状況に悪影響を及ぼす要因の一つであることに疑いはないものの、今回の結果から、タイラギ大量斃死の原因を議論するには、その他の要因も含め総合的に勘案することが必要である。

文 献

- 1) 中村幹雄・品川 明・戸田顕史・中尾 繁(1997): 宍道湖および中海産二枚貝4種の環境耐性. 水産増殖, **45**(2), 179-185.
- 2) 管原庄吾・塚本達也・鮎川和泰・木元克則・千賀有希子・奥村 稔・清家 泰(2010): 砂泥堆積物中溶存硫化物の簡便な現場抽出/吸光光度定量及びその有明海北東部堆積物への適用. 分析化学, **59**(12), 1155-1161.
- 3) 塚本達也(2009): 有明海における水産重要二枚貝リシケタイラギおよびサルボウの環境生理学的研究. 博士学位論文, 長崎大学, 128pp.
- 4) 川原逸朗・伊藤史郎(2003): 2000, 2001年夏季に有明海北東部漁場で発生したタイラギの斃死-I 発生状況. 佐有水研報, (21), 7-13.
- 5) 川原逸朗・伊藤史郎・筑紫康博・相島 昇・北村 等(2004): 有明海北東部漁場で発生したタイラギの斃死-II. 佐有水研報, (22), 17-23.
- 6) 荒巻 裕・大隈 育(2011): 有明海佐賀県海域で2010年夏季に発生したタイラギ1歳貝の大量斃死について. 佐有水研報, (25), 1-7.
- 7) 山元憲一・半田岳志・那須博史(2008): タイラギ外套腔内への底質の間隙水の浸入. 水産大学校研究報告, **56**(3), 233-235.
- 8) 日向野純也(2005): 貧酸素・硫化水素・浮泥等の環境要因がアサリに及ぼす影響. 水産総合研究センター研究報告別冊3号, 27-33.
- 9) APHA, AWWA, WPCF(1999): Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th edition, American Public Health Association, Washington D.C., USA.