

有明海と大村湾の底泥からの栄養塩溶出に関する実験

長崎大学工 学○伊藤 英孝 長崎大学工 正 古本 勝弘

1. はじめに

近年、有明海や大村湾では、夏場を中心に赤潮が多発する¹⁾。特に夏季には底層で貧酸素水塊が形成されやすく、底泥中の栄養塩が溶出され、栄養塩負荷が高まるのが赤潮多発の大きな要因として考えられる。本報告は、有明海と大村湾において貧酸素水塊が形成されやすい箇所²⁾から採取した底泥を用いて室内実験により酸素消費速度、栄養塩溶出速度を実験的に調査したものを述べる。

2. 対象海域と底泥性状

過去の調査資料から貧酸素水塊が形成されやすい水域である、有明海では小長井町沖合を、大村湾では尾戸半島沖合を中心に5点を選び、エッグマンバージ探泥器を使い採泥した(図-1)。採泥は有明海では2003.9.10、大村湾では2003.10.28に行った。表-1と表-2は、実験で用いた底泥の物理的・化学的項目について所定の方法で分析した底質の結果を示している。COD、T-N、T-S はいずれも大村湾の方がかなり高い値を示すことが注視される。

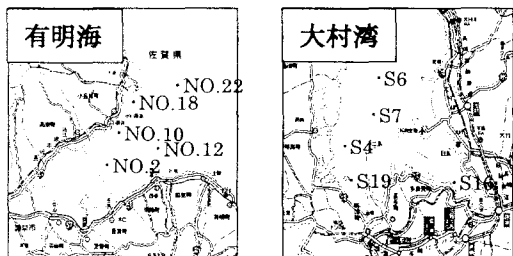


図-1 有明海、大村湾の採泥地点

表-1 有明海の底質分析結果

地点名(深度)	COD(mg ⁻¹)	T-N(mg ⁻¹)	T-P(mg ⁻¹)	T-S(mg ⁻¹)	D ₅₀ (mm)
No.2(6m)	15.8	1.74	0.6	0.89	0.055
No.10(3m)	18.8	1.62	0.68	0.84	0.065
No.12(10m)	5.9	0.62	0.45	0.21	0.15
No.18(7m)	14.4	1.36	0.59	0.48	0.065
No.22(10m)	17.2	1.73	0.75	1.03	0.075

表-2 大村湾の底質分析結果

地点名(深度)	COD(mg ⁻¹)	T-N(mg ⁻¹)	T-P(mg ⁻¹)	T-S(mg ⁻¹)	D ₅₀ (mm)
S4(21m)	29	1.96	0.66	1.11	0.1
S6(20.3m)	32.7	3.22	0.69	1.42	0.085
S7(21.3m)	35.5	3.04	0.62	1.84	0.085
S16(13m)	32	3.23	0.62	1.07	0.09
S19(18m)	26.5	2.83	0.6	1.52	0.08

3. 実験方法

実験装置を図-2に示す。市販の樹脂製箱(縦36×横23×高14cm)を用いた。蓋には採水と多項目水質計(YSI 600QS)の挿入のために円筒(直径6cm高15cm)を取り付け、内部には一定の循環流を与え水質が均一になるように水中ポンプを備え付けた。実験装置は6つ準備し、5つは各地点の底泥を、1つは海水のみを入れて実験した。底泥は厚さ約3cmに敷き詰め、各槽には深度10mから採水した同じ海水を入れ、内部の気泡を全て追い出して実験を開始した。実験装置は黒い布で遮光した。

定期観測として1日2回12:00と18:00に多項目水質計を使いDOやORPなど水質状況を計測した。また栄養塩溶出状況を調査するため、定期的に底泥付近の海水を250ml採水し水質分析を行った。なお採水の際、水質分析のために採水した水量は新たに海水を注入し体積を一定にしている。

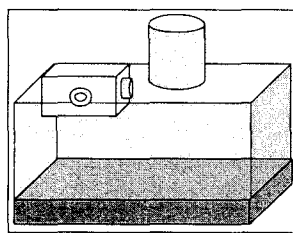


図-2 実験装置概略図

4. 実験結果・考察

1) DOの経時変化

DOの経時変化を図-3,4に示す。DOは有明海では約30時間後、大村湾では約90時間後にほぼ0となる。海水だけでは同じく120および420時間で無酸素となり、両海域のものでもかなり酸素消費は異なる。

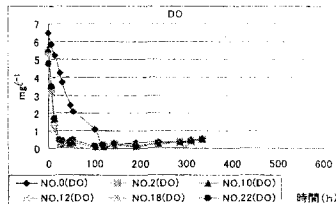


図-3 DOの経時変化(有明海)

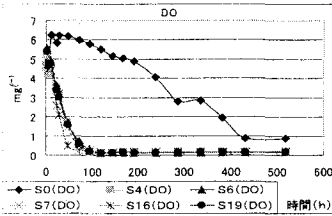


図-4 DOの経時変化(大村湾)

2) 栄養塩溶出量の経時変化

各実験槽のT-N、T-Pの経時変化を図-5,6に示す。有明海の図では、実験開始時のT-N、T-Pの値が既に高い。これは、酸素消費速度の予備実験(5日間)と1日間の曝気の後、実験を始めたため、既に溶出し濃度に差のある初期水質となっているためである。

海水槽の濃度変化は殆どないため、T-N、T-Pの濃度増加は底泥からの溶出であることがわかる。T-Nについては実験開始直後から増加するのに対して、T-Pは溶出が遅れることが、特に大村湾の資料から分かる。T-Pは約90時間後から増加が始まっておりDOがほぼ0となる時間とほぼ一致していることから、T-PはDOの影響を受け、還元的状態にならなければ溶出されないといえる。

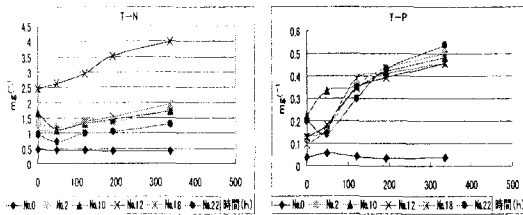


図-5 有明海の栄養塩溶出量の経時変化

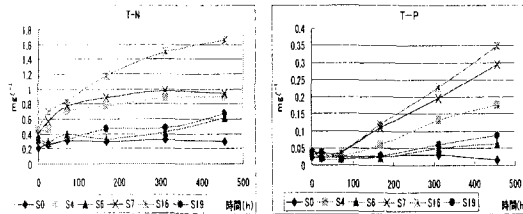


図-6 大村湾の栄養塩溶出量の経時変化

3) 底泥の酸素消費速度と栄養塩溶出速度

底泥の酸素消費速度(v_1)と栄養塩溶出速度(v_2)は下式を用いて算出した。

$$v_1 = (\Delta C_1 - \Delta C_0) \cdot V \cdot 24 / A \quad (\text{mgm}^{-2}\text{day}^{-1})$$

$$v_2 = \Delta C_2 \cdot V \cdot 24 / A \quad (\text{mgm}^{-2}\text{day}^{-1})$$

ΔC_0 : 海水槽の DO 減少の傾き ($\text{mg}\ell^{-1}\text{h}^{-1}$)

ΔC_1 : 底泥槽の DO 減少の傾き ($\text{mg}\ell^{-1}\text{h}^{-1}$)

ΔC_2 : 栄養塩濃度増加の最大傾き ($\text{mg}\ell^{-1}\text{h}^{-1}$)

V: 底泥上の海水体積(ℓ) A: 底泥の表面積(m^2)

実験結果を表-3、4に示す。酸素消費速度については COD_{sed} に関係することが予想される量であるが、有明海の方が大村湾より大きい結果となっている。また、T-N 溶出速度はほぼ等しいものの T-P については有明海の方が大きな値をとった。これらは実験時の温度の影響が非常に大きかったものと思われる。

ここで求めた T-N、T-P 溶出速度を他海域で調査された値³⁾と比較すると、有明海と大村湾の溶出速度はいずれもかなり低い。他海域で求められた溶出速度にも調査時期および富栄養化の程度により大きな差がある。溶出速度には、温度の他にも流速や底泥性状にも影響されるため本研究では明らかにならなかった。

表-3 有明海の酸素消費、栄養塩溶出速度(水温 29℃)

地点名	底泥の酸素消費速度 ($\text{gm}^{-2}\text{day}^{-1}$)	T-N溶出速度 ($\text{mgm}^{-2}\text{day}^{-1}$)	T-P溶出速度 ($\text{mgm}^{-2}\text{day}^{-1}$)
No.2	6.89	8.11	7.58
No.10	6.94	7.61	4.58
No.12	8.28	27.08	6.61
No.19	7.77	12.09	9.07
No.22	6.32	11.69	11.57
平均	7.23	13.31	7.88

表-4 大村湾の酸素消費、栄養塩溶出速度(水温 20℃)

地点名	底泥の酸素消費速度 ($\text{gm}^{-2}\text{day}^{-1}$)	T-N溶出速度 ($\text{mgm}^{-2}\text{day}^{-1}$)	T-P溶出速度 ($\text{mgm}^{-2}\text{day}^{-1}$)
S4	1.69	14.26	1.03
S6	1.97	6.26	0.36
S7	1.73	20.07	2.12
S16	2.41	26.51	2.51
S19	1.99	4.44	0.52
平均	1.96	14.3	1.31

5. まとめ

今回底泥溶出実験を行い、次のことがわかった。

- ・ 底泥の DO 消費と栄養塩溶出の状況を把握し、この2つの関連性、特に DO と T-P の関係を明らかにした。
- ・ 実験結果から酸素消費速度と栄養塩溶出速度を求め、評価した。

栄養塩溶出は温度・流速・底質、粒径など底泥の特性によって異なると考えられるので、これらを評価する実験が必要である。

6. 参考文献

- 1) 松岡・諫早湾における赤潮原因プランクトンの最近の変化, 月刊海洋, pp.246-251(2003.4)
- 2) 木元ら: 有明海における溶存酸素分布, 月刊海洋, pp.261-265(2003.4)
- 3) 土木学会: 水理公式集 H11 版, p609, p677