

(25) 中海浚渫跡地に集積した浮泥の特性

CHARACTERISTICS OF SUSPENDED SEDIMENTS IN
DREDGED SITE OF BRACKISH LAKE NAKANOU MI

秋葉道宏*・橘田隆史*・野田修司**

・中村幹雄***・森忠洋*・佐藤利夫****

M.AKIBA*, T.KITSUDA*, S.NODA,**

M.NAKAMURA,*** T.MORI,* T.SATO****

ABSTRACT; Suspended sediment accumulation in dredged sites of brackish Lake Nakanoumi has caused problems such as the release of nutrients and the generation of hydrogen sulfide. It is of great importance to know the characteristics of the suspended sediments at the dredged sites in order to control these problems. The characteristics of the suspended sediments at the dredged sites are; water content, 700%; ignition loss, 22%; Eh, -170mV; and average grain size, 10 μ m. By comparison, the characteristics of the suspended sediments away from the dredged site are; water content, 350%; ignition loss, 16%; Eh, +20mV; and average grain size, 20 μ m. Several kinds of diatoms were found in the suspended sediments at the dredged sites, the dominant species being Skeletonema sp. which frequently appears in the "red tide" of Lake Nakanoumi. Many mineral particles (mainly quartz) were found in the suspended sediments away from the dredged sites. From these results, it was found that the characteristics of the suspended sediments at dredge site were higher water content and ignition loss, lower Eh value, and smaller grain size, compared to the sediments outside the dredge sites.

KEYWORDS; Brackish lake; sediments; dredging; scanning electron microscope; water content.

1. はじめに

島根・鳥取両県にまたがる汽水湖中海は、近年急速な富栄養化が進行し、赤潮の発生頻度が極めて高くなっており、漁業生産や観光等に多大な被害を及ぼしている。その対策として、中海では昭和60年以降、底泥を直接取り去る浚渫工法を実施しているが、水質汚濁状況はあまり改善されてない。これは、浚渫によって除去される底泥は比較的安定したものであり、汚濁に最も関与している浮泥が除去できないこと、汚濁した底泥は広範囲に広がっているため、水域の一部分だけに浚渫を実施したとしても浄化効果の持続性に問題がある等が理由とされている。また、浚渫によって引き起こされる底質の攪乱、周辺の地形の変化及び水深の増大は、水流、塩分及び水温に影響を及ぼすとともに湖底は底生生物にとって重要な生活の場となっているので底生生物への影響はまぬがれない。一方、湖水底泥境界層に存在する浮泥は、水中への栄養塩の溶出が大きいことや物理環境の変動に対応して容易に巻き上げられながら底層水中を移動し、最終的に低地に溜ることが知られている。したがって、浚渫跡地には多量の浮泥が集積していることが考えられる。

* 島根大学農学部 (Fac. of Agric., Shimane Univ.)、** 島根県工業技術センター (Inst. of Indust. Sci. and Tech., Shimane)、*** 島根県水産試験場 (Dept. of Exptl. Fishery, Shimane)

**** 昭和薬科大学 (Shouwa Pharmaceutical College)

本研究は、中海の浚渫跡地内に集積した浮泥の含水比、粒度、強熱減量及び色相等の各項目を測定し、また走査型電子顕微鏡及びエネルギー分散分析装置により浮泥の観察及び元素組成について検討を行い、浮泥の特性を評価した。

2. 調査地点及び分析方法

2. 1 調査地点

中海の中でも潮流の動きの少ない米子湾は、境水道を通じて流入する海水の交換率が極めて悪く、水質汚濁の進行が著しい。このため浚渫は、米子湾を中心に実施されてきた。特に、彦名干拓沖は、元々水深が6~8mであったが、現在では650×350mの範囲で平均水深16mにまで浚渫されており、その底泥量は約15万 m^3 である²⁾。調査地点は、図1に示す様に彦名干拓浚渫跡地内最深地点(St. 3; 水深16m)及び対象として浚渫跡地外(St. 4; 水深8m)の2点を選んだ。調査期間は、1992年11月から1993年7月である。

2. 2 底質分析

底泥の採取は、簡易不攪乱柱状採泥器(離合社HR型)により行った。底泥試料は、2~5cm毎に切断後1mm, 250, 150, 75, 32, 20 μm のふるいと8 μm のメンブランフィルターで分画したものについてそれぞれ分析を行った。底泥分析項目は含水比、強熱減量、色相及び酸化還元電位である。分析は、酸化還元電位については3.3MKCl-AgCl電極により測定し、その他の項目については底質試験法³⁾に準じて行った。

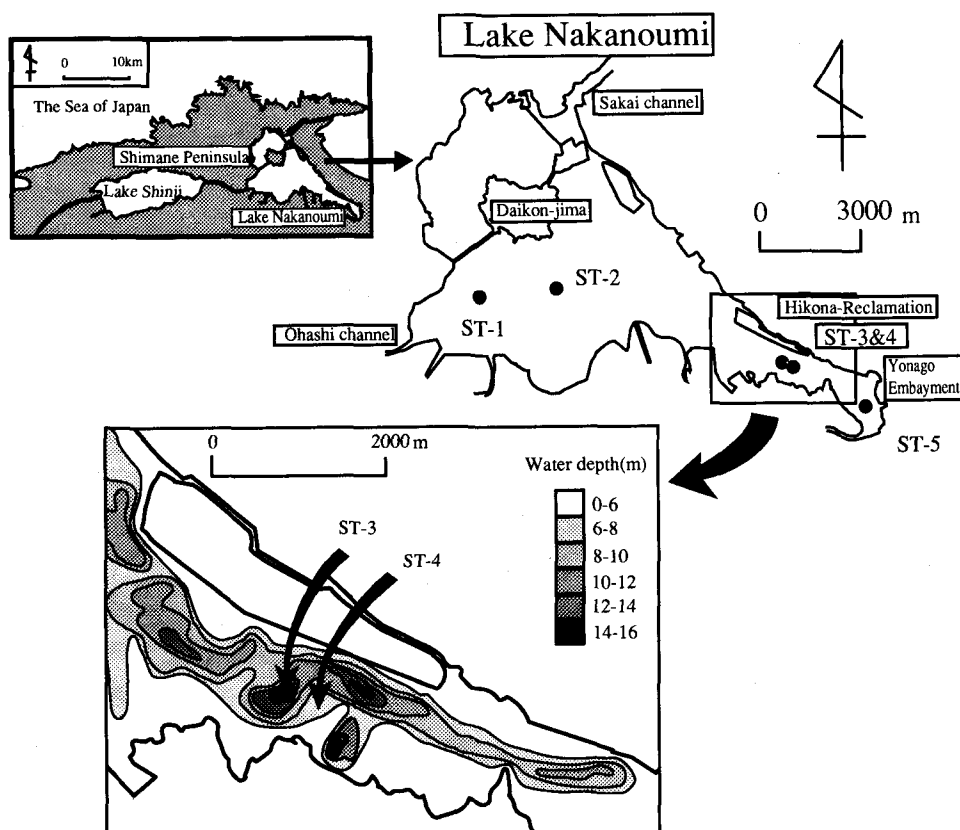


Fig.1. Location of sampling sites and topography of the bottom of a lake at the Yonago Embayment area

2. 3走査型電子顕微鏡観察及びエネルギー分散分析

浮泥の観察及びその元素組成について検討するため、走査型電子顕微鏡 (SEM:日立製作所S-2100) による写真撮影及びエネルギー分散分析装置 (EDAX:堀場製作所EMAX 3000) による分析を行った。SEM及びEDAXの作製は、表層0~2cmの浮泥を試料とし、国定法は70%グルタルアルデヒドによる前固定、4%四酸化オスミニウムによる後国定の2重浸漬固定法により行った。その後、エタノールによる脱水、酢酸イソアミルによるエタノールの置換、臨界点乾燥 (日立製作所HCP-2) 及びAu蒸着 (日立製作所EI01) したものをSEM及びEDAXの試料とした。

3. 結果及び考察

3. 1 浚渫跡地内の水質

浚渫跡地内における水質の鉛直分布を図2に示す。塩分は、表層では約17‰であるが、水深4m~6mにかけて13‰急激に増大し、6mより底層では約30‰となった。中海は汽水湖であるため、その特徴である塩分躍層の存在が認められた。その塩分躍層ではDOが20%以上と急激に低下し、水深16mでは0%となった。塩分躍層の存在は、その領域において表底層の鉛直混合作用がなくなり、底層では塩分濃度の高い、嫌気的な状態であった。

3. 2 浮泥の特性

浮泥は、基本的には湖水一底泥境界層に存在し、物理環境の変動に対応して容易に巻き上げられながら底層水中を移動するものであり、ヘドロといわれることもある。浮泥の定義は、研究者によりそれぞれ行われており、松尾 (1973) らは、浮泥 (ヘドロ) を含水比が150%以上及び粒度組成は50~90%がシルト分であるものとしている。建設省 (1973) は、松尾が掲げた項目の他、有機物を含有するものを、橋谷 (1990) は色相が黒色を呈している物を浮泥と呼んでいる。本研究では、浮泥を上述した各研究者の定義を満たすものとし、含水比、色相、有機物含有率及び粒度組成等から評価した。

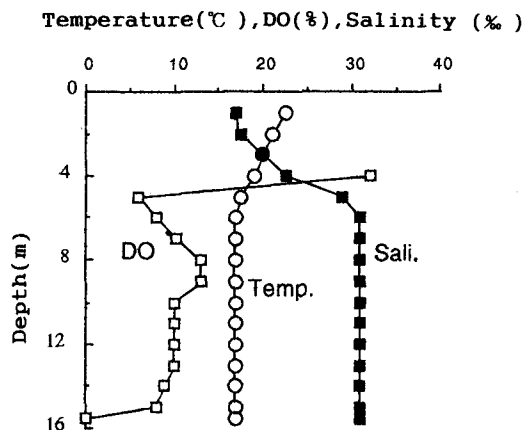
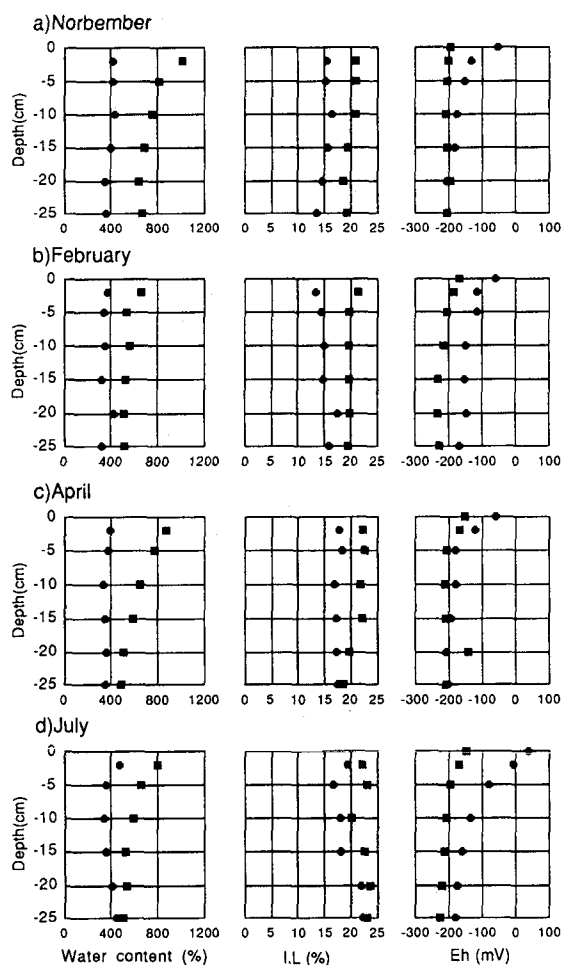


Fig.2. Vertical distribution of temperature, DO and salinity at the dredged site, August



■ inside the dredged site ● outside the dredged site

Fig.3. Vertical distribution of water content, ignition loss and oxidation reduction potential of the sediments inside and outside the dredged site

浚渫跡地内外における底泥の含水比、強熱減量 (I. L) 及び酸化還元電位 (Eh) と深度の関係を図3に示す。底泥の色相が黒色の層は、浚渫跡地内 (ST - 3) では各月共に深度0~15cm、浚渫跡地外 (ST - 4) では深度0~5cmであった。この層と深度20~25cmを比較すると、含水比は非常に高く、有機物を多量に含有し、粒度組成は70%がシルト分であった (図4)。これらのことから、本研究では、ST - 3では深度0~15cm、ST - 4では深度0~5cmの底泥を浮泥とする。図3において、ST - 3では深度0~15cm、ST - 4では深度0~5cmの各項目の値を平均すると、ST - 3の浮泥は、含水比約700%、I. L 約22%、Eh 約 - 170 mV 及び平均粒径 (D_{50}) $10\mu\text{m}$ であった。一方、ST - 4の浮泥は含水が約350%、I. L 16%、Eh +20mV 及び D_{50} $20\mu\text{m}$ であった。浮泥のEhは、ST - 4では+20mVであるが、ST - 3では3.1で述べたように底層のDOが0%であるため、-170 mVの還元的状態であった。このことより、ST - 3では硫酸還元活性が高いことが考えられる⁷⁾。これらの結果から、浚渫跡地内の浮泥は、浚渫跡地外と比較して含水比及び強熱減量共に大きく、還元的状態が強く、平均粒径が小さいことがわかった。

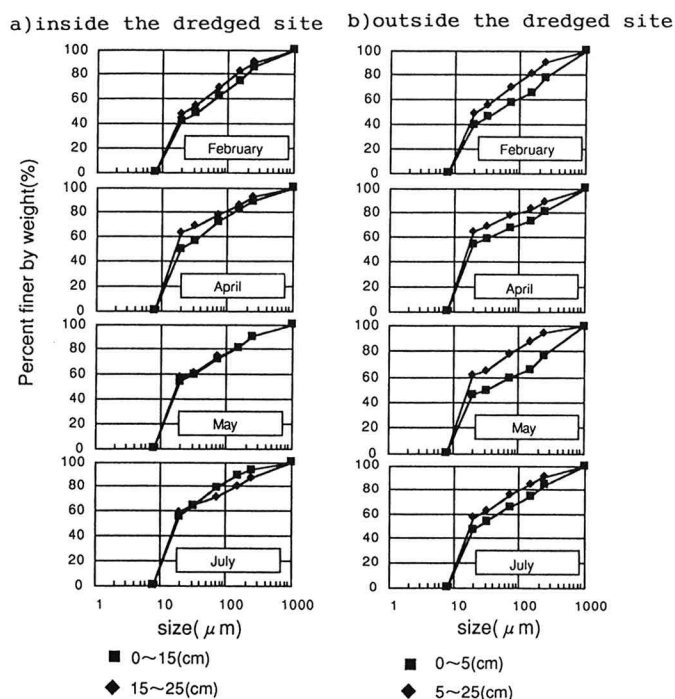


Fig.4. Vertical distribution of grain size of the sediments inside and outside the dredged site

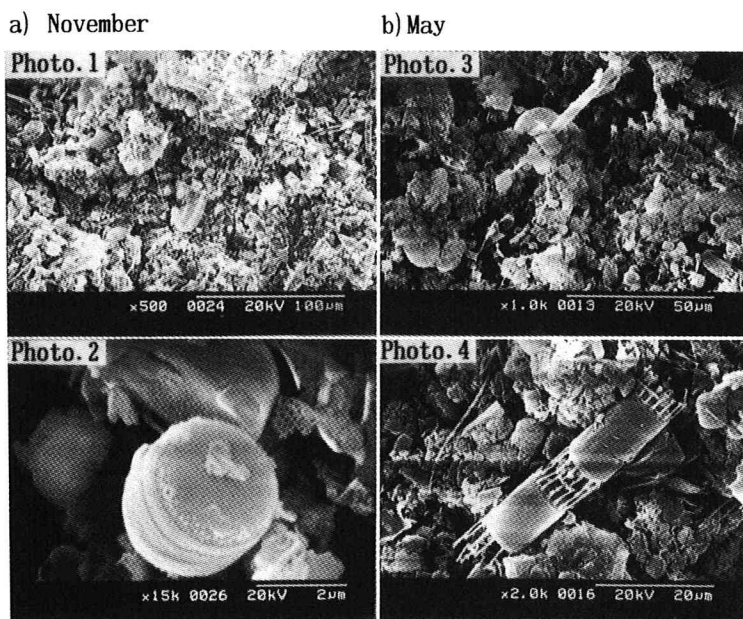


Fig.5. Scanning electron micrograph of the sediments inside the dredged site

3. 3走査型電子顕微鏡による観察とエネルギー分散分析

ST-3の浮泥表層0~2cmのSEM写真を図4に示す。ST-3の浮泥は11、5月共に珪藻のデトリタスが数多く見られた。写真4の中央にみられる珪藻は中海の赤潮藻類の一種である Skeletonema sp⁸⁾であった。図5は浚渫跡地外における浮泥表層0~2cmのSEM写真である。浚渫跡地外の浮泥は珪藻のデトリタスの他、数~数十 μ m程度の鉱物粒子が多く見られた。ST-3の浮泥（写真1）をエネルギー分散分析により面分析の結果を図8の（a）に示す。浮泥の主な成分は、Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Feであることがわかった。浮泥（写真2）中の珪藻をエネルギー分散により点分析を行なった結果を図8（b）に示す。珪藻の主な成分は面分析の結果と同様の成分分布であった。このことから浮泥は珪藻のデトリタスで占められていることがわかる。一方、ST-4の浮泥（写真5）をエネルギー分散により面分析（図9a）を行うと、ST-3の浮泥と同様の成分分布が得られたが、点分析（図9b）を行なうと、Siの大きなピークとAlの小さなピークが存在するという鉱物（例えば石英）特有の成分分布が見られた（図10b）。SEMによる観察とエネルギー分散分析結果から、浚渫跡地内の浮泥は珪藻のデトリタスで占められ、その優占種は中海で頻繁に発生する赤潮藻類の Skeletonema sp. であった。浚渫跡地外の浮泥は珪藻のデトリタスの他、鉱物粒子が多く見られた。

5. まとめ

本研究は、中海の浚渫跡地内に集積した浮泥の特性を検討した。その結果、浚渫跡地内の浮泥は、浚渫跡地外と比較して含水比及び強熱減量共に大きく、還元的状態が強く、平均粒径が小さいことがわかった。

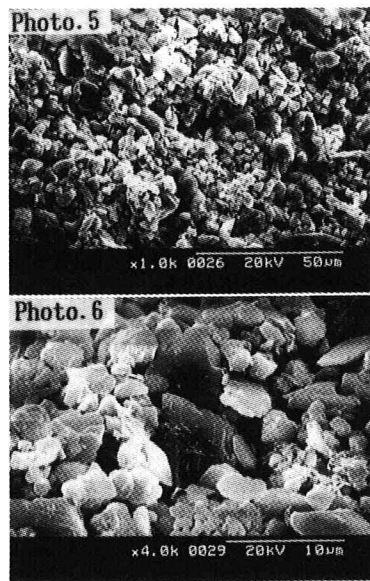


Fig.6.Scanning electron micrograph of the sediments outside the dredged site

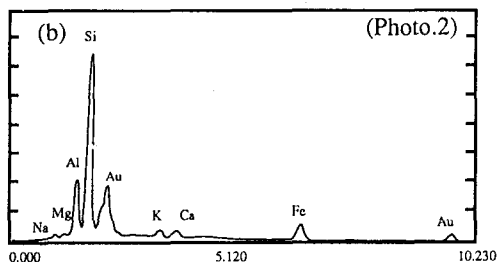
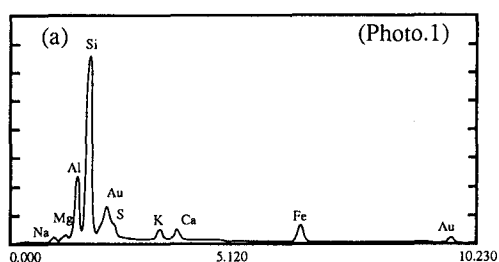


Fig.7. Energy dispersive X-ray patterns of line scan (Photo.1) and point (Photo.2) analysis

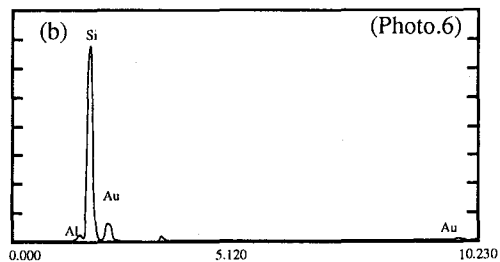
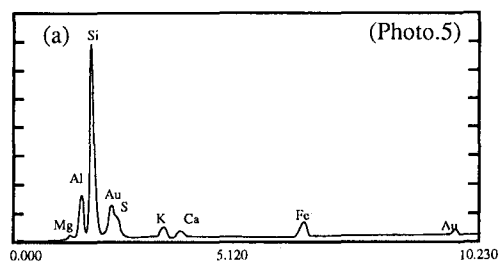


Fig.8. Energy dispersive X-ray patterns of line scan (Photo.5) and point (Photo.6) analysis

SEMでの観察結果から、浚渫跡地内の浮泥は珪藻のデトリタスで占められ、その優占種は中海で頻繁に発生する赤潮藻類の *Skeletonema* sp. であった。浚渫による水深の増大は、多量の浮泥を集積すると共に、湖底層の嫌気化を進行させ、浮泥の物理的、生物化学的な変化を引き起こすことがわかった。

- 1) 塩沢孝之 (1992) 閉鎖性海域における移動性有機物の浄化に関する研究、通産省工業技術院報告、63 - 1 - 63 - 15
- 2) 徳岡隆夫 (1991) 中海の現世堆積物とヘドロ、島根県地学会誌、Vol. 6、24 - 27
- 3) 環境庁水質保全局水質管理課編 (1988) 底質調査方法とその解説、丸善
- 4) 松尾新一郎 (1978) ヘドロ問題の処理・対策、土と基礎、26 (1)、7 - 12
- 5) 嘉門雅史 (1978) ヘドロの工学的性質について、土と基礎、26 (1)、19 - 24
- 6) 橋谷博、奥村稔、近藤邦男、清家泰 (1990) 宍道湖・中海の湖底環境、山陰地域研究、6、137 - 145
- 7) T. Mori, S. Yamashita, K. Satake (1991) Seasonal and vertical sulfate reduction rate of surfacese sediments in shallow Lake Nakanoumi, Japan, Jap.J. Water treat. Biol., 27 (2), 1 - 6
- 8) 近藤邦夫 (1985) 汽水湖中海における一次生産に関する研究、水質汚濁研究、8 (11)、747 - 751