

室見川河口沖窪地における貧酸素水塊の 拡がりに関する研究

STUDY ON THE SPREAD OF HYPOXIC WATER AROUND THE DREDGED HOLLOW PLACES AT MUMORI RIVER MOUTH IN HAKATA BAY

渡辺亮一¹・山崎惟義²・北野義則³・貞方健志⁴・濃野浄見⁴

Ryoichi WATANABE, Koreyoshi YAMASAKI, Yoshinori KITANO,
Takeshi SADAGATA, and Kiyomi NOUNO

¹正会員 博(工) 福岡大学准教授 工学部社会デザイン工学科 (〒814-0180 福岡市城南区七隈8-19-1)

²正会員 工博 福岡大学教授 工学部社会デザイン工学科 (〒814-0180 福岡市城南区七隈8-19-1)

³正会員 工博 関東学院大学教授 工学部社会環境システム工学科
(〒236-8501 横浜市金沢区六浦東1-50-1)

⁴学生会員 学士 福岡大学大学院工学研究科水圏システム専攻 (〒814-0180 福岡市城南区七隈8-19-1)

The spread of hypoxic water around Muromi River mouth have been one of the most serious environmental issues in Hakata bay. The major origin of hypoxic water is considered to be the dredged hollow places. The objective of this study is to make the effect of dredged hollow places clear by the field observation results. Field observations around the dredged hollow places are carried out to investigate sedimentary characteristics and water quality on the hollow places bottom at Muromi river mouth area. The field observation results have clearly shown the spread of hypoxic water from the dredged hollow places at Muromi river mouth in Hakata bay.

Key Words : Hypoxic water, dredged hollow place, sediment quality, field observation

1. はじめに

我が国の主要な沿岸域では、後背地の開発に伴う埋立てに伴い必要となる埋立材をその近傍から浚渫して来たために、いわゆる浚渫により発生した窪地が各地の沿岸に多数存在している¹⁾。これらの浚渫窪地周辺では、夏季に貧酸素水塊が発生し、浚渫窪地内部は無酸素化されていることが、全国各地での事例^{2), 3)}や、博多湾における本研究室での観測結果より明らかになってきている⁴⁾。

博多湾では毎年、夏季に貧酸素水塊が発生し問題となっている⁵⁾。特に湾奥部と室見川河口沖窪地の2地点において強い貧酸素水塊が発生している。このうち、室見川河口沖窪地は、西側と東側の2つが存在し、それぞれC-12、C-13窪地と名付けている(図-1参照)。本研究室では、2001年度からこの窪地周辺で調査を行っており、その調査結果として、この窪地において博多湾の中で最も早く貧酸素水塊が発生し、夏季には底層が無酸素状態となり、周辺海域の生物生息環境に悪影響を与えていることが確認されている⁶⁾。また、2007年度の調査より窪地付近のC-9地点周辺が窪地周辺の貧酸素水塊の原因でないことが示された⁷⁾。しかし、これまでの調査

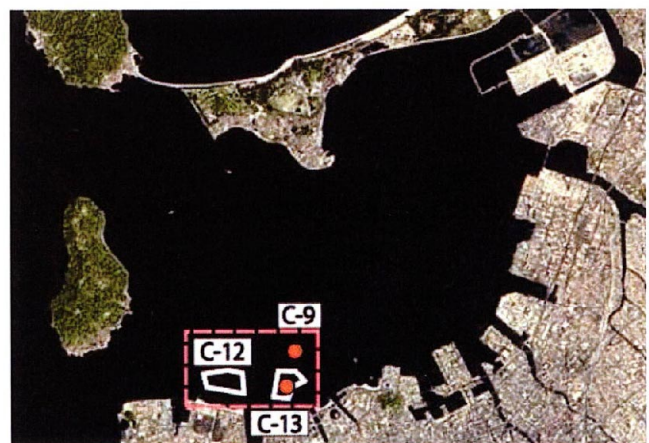


図-1 博多湾の概略図

では調査範囲が狭く窪地内で発生した貧酸素水塊が周辺海域に広がっているのか、窪地外で発生した貧酸素水塊が窪地で発生した貧酸素水塊と合流したのか、どちらの確証も得られていない。もし、窪地が貧酸素水塊の発生源であれば埋め立てることで海水が攪拌される障害がなくなるため、周辺海域での貧酸素状態はかなり改善されることになるが、窪地が貧酸素水塊の発生原因でなければ博多湾の水質改善

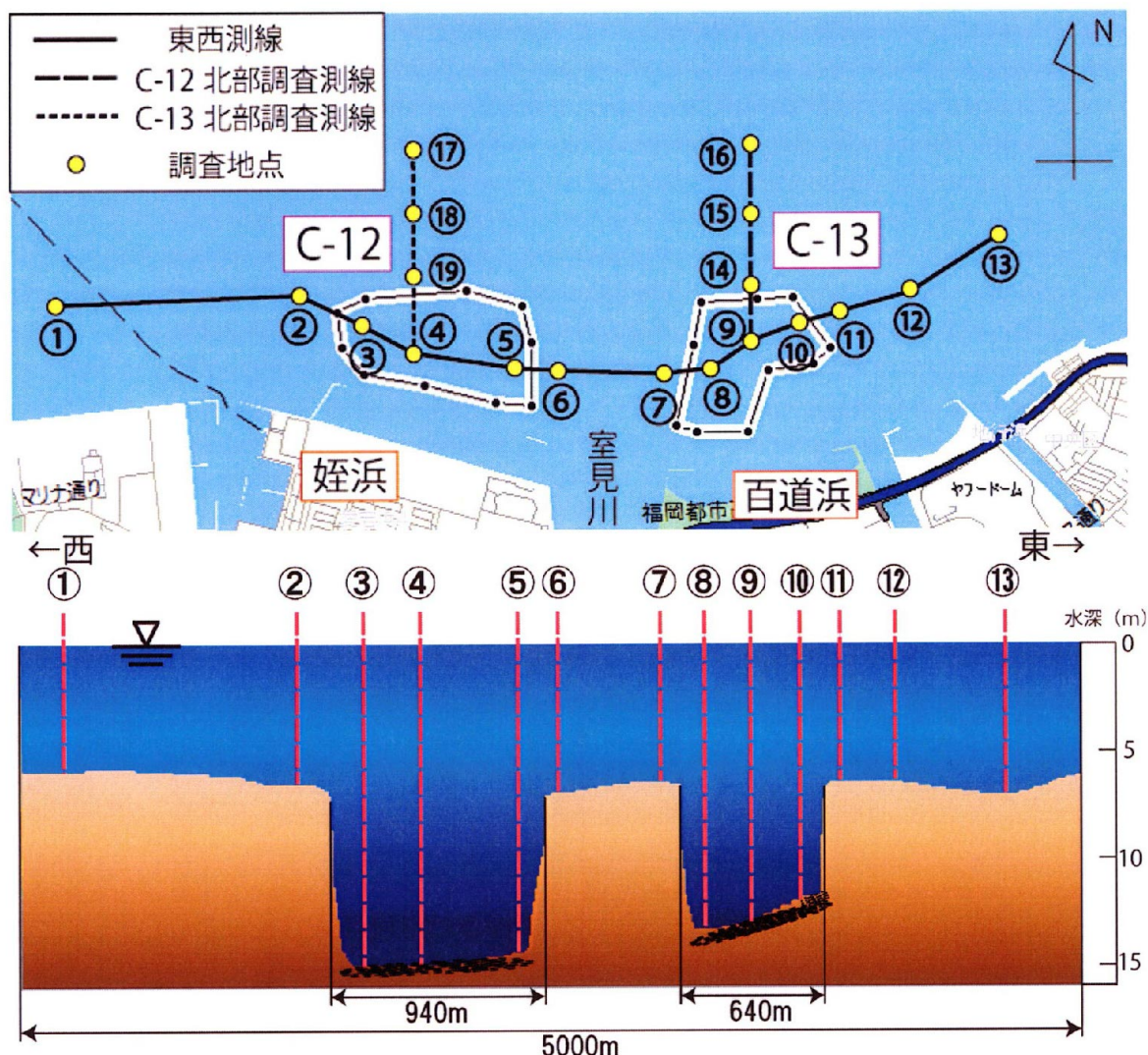


図-2 窪地周辺の観測地点概略（上：平面概略・下：東西方向水深概略）

に窪地が大きな要素ではないと言える。そこで本研究では貧酸素水塊の広がりをつめることで、窪地周辺に発生する貧酸素水塊の原因が窪地の中、外のどちらであるかを検討することを目的とした。

2. 現地観測の概要

(1) 浚渫窪地周辺の地形について

図-2 は、室見川河口沖窪地の概略（上：平面・下：鉛直方向）を示している。これら2つの窪地は、1982～1986年に施工された百道浜、姪浜地区の埋め立て工事の際、埋め立て材として室見川河口沖の浚渫土砂を使用したために形成された。C-12 窪地は、四角く浚渫され底部の水深がほぼ均等である箱型で、その大きさは東西 0.94km、南北 0.55km 体積 $2.76 \times 10^6 \text{m}^3$ （水深 7.1m で深で計算）程度であり、C-13 窪地は、水深が段階的に変化する階段形で、規模が東西 0.64km、南北 0.61km、体積 $1.57 \times 10^6 \text{m}^3$ （水深 7.6m で深で計算）程度である。これまでの調査結果より、C-12 窪地よりも浅く小さい C-13 窪地で発生する貧酸素水塊の方が強いことがわかって

おり、窪地内から周辺に溢れ出していると考えられている。⁶⁾

(2) 浚渫窪地周辺における溶存酸素濃度の観測

水質調査には、HYDROLAB 社製水質チェッカーDS5を使用し、水表面下 0.5m から底面上 0.1m までの区間を水深 1.0m 間隔で水温、塩分濃度、溶存酸素濃度(DO)等を測定した。2007 年の調査日および潮汐は、3月27日（小潮/下げ潮）・5月19日（中潮/上げ潮）・7月12日（中潮/下げ潮）・9月8日（中潮/下げ潮）・9月29日（中潮/上げ潮）・11月17日（小潮/上げ潮）の6日間であった。2008年の調査日および潮汐は、3月13日（中潮/上げ潮）・4月27日（小潮/上げ潮）・5月30日（若潮/下げ潮）・6月13日（長潮/下げ潮）・6月27日（小潮/下げ潮）・7月11日（小潮/下げ潮）・7月23日（中潮/上げ潮）・8月7日（小潮/上げ潮）・9月2日（中潮/上げ潮）・9月19日（中潮/上げ潮）・10月3日（中潮/上げ潮）・12月19日（小潮/上げ潮）の計12日間であった。各回の測定時間は1時間から2時間程度である。また、2007年の調査では、図-2中の②～⑪地点の10か所で観測を

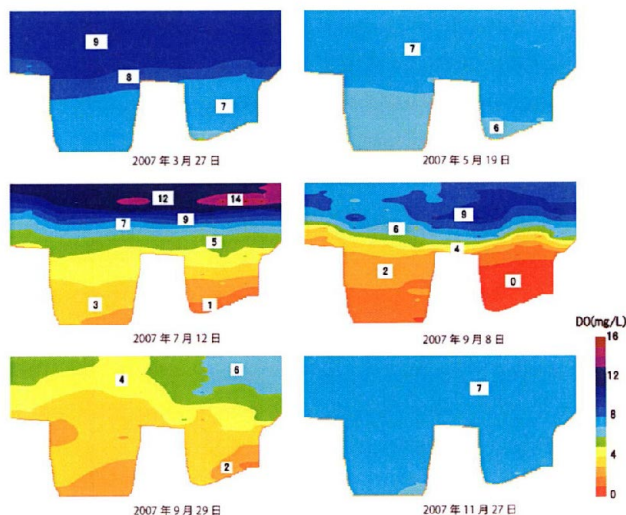


図-3 2007年窪地内の溶存酸素濃度 (DO) 分布

行い、2008年の調査では、7月11日・8月7日・9月19日・10月3日の4日間は①～⑯地点の19か所全てで水質観測を行った、また、3月13日・4月27日・5月30日・6月13日・6月27日・7月23日・9月2日・12月19日の8日間は①～⑬（東西測線のみ）地点の13か所で水質観測を行った。これらの観測結果から、窪地周辺における貧酸素水塊の拡がり傾向を検証した。

(3) 浚渫窪地内の底質調査について

窪地周辺の水質調査の前後数日中に、C-13 窪地の中央部においてスミスマッキンタイヤ型の採泥器を用い底部に堆積したヘドロを5回採取し、船上で直径50mmのアクリル製カラムを用いて1回当たり1本のサンプルコア（計5本）をゴム栓で密閉した後、クーラーボックスで冷却した状態で研究室に持ち帰り、速やかに底泥表層1cmの強熱減量・含水比・AVS・ORPを測定し、C-13 窪地内の底質および二枚貝類の状況を確認した。

3. 観測結果と考察

(1) 溶存酸素濃度 (DO)

・海水密度分布の算出方法

窪地内および周辺部の溶存酸素濃度 (DO) および海水密度分布⁴⁾は、観測時間内における平均水深⁸⁾を用いて整理し、調査地点を測線（図-2中の測線）とし鉛直断面を水平方向に10m、深さ方向に0.1mの格子状に分割して算出を行った。各格子点での溶存酸素濃度 (DO) と海水密度の算出手法については、定常状態におけるフィックの物質拡散法則に従い内挿計算を用いることとした⁶⁾。この場合、鉛直方向と水平方向で混合差があり、水平方向より鉛直方向が混合されにくいと考えられる。鉛直・水平の拡散係数の比率を数パターン用意して算出を行ったところ、水平方向の拡散係数を鉛直方向の拡

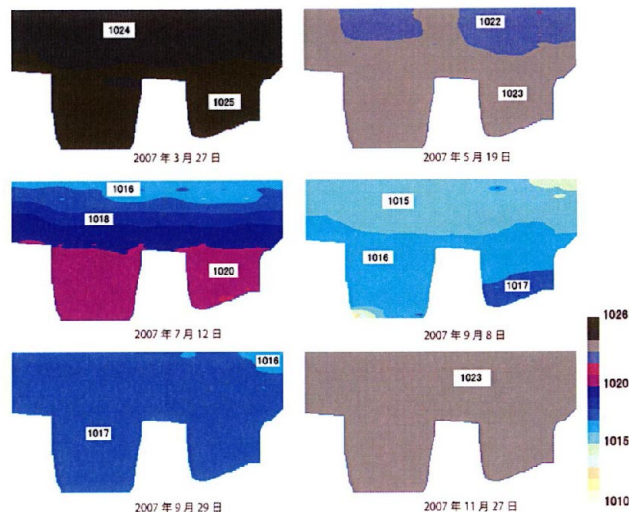


図-4 2007年窪地内の海水密度分布

散係数の10倍程度にすると、溶存酸素濃度 (DO) ・海水密度分布が物理的に考慮して自然な分布形となったため、本解析においては、拡散方程式中の拡散係数の鉛直・水平比率を1:10として計算を行った。

(2) 2007年の観測結果について

図-3は、2007年における6カ月の窪地内の溶存酸素濃度 (DO) 分布を示している。この図から、2007年7月12日には窪地内に貧酸素水塊が形成されていること、および9月29日には貧酸素水塊が徐々に解消に向かい、11月17日には完全に解消していることがわかる。また、2007年9月8日において、C-13 窪地内が無酸素化していることが確認された。図-4は、2007年における6カ月の窪地内の海水密度分布を表している。この図から、2007年5月中旬から窪地内に密度成層が形成され始め、7月中旬から9月初旬にかけては窪地内が完全に成層化されていることがわかる。また、貧酸素水塊の解消に伴って、窪地内の成層化も解消している様子がわかる。図-3・4より、2007年の観測結果から、窪地内に発生する貧酸素水塊発生時期および解消時期についてはある程度の知見を得ることが出来たが、窪地内で発生した貧酸素水塊が周辺海域に拡がっていくのか、それとも周辺海域底部でもほぼ同時期に貧酸素水塊が発生しているかについては、この結果からは検証できなかった。

(3) 2008年の観測結果について

図-5は、2008年6月13日（長潮/下げ潮）における窪地内および周辺の溶存酸素濃度 (DO) および海水密度分布を示している。この図から、6月13日にはC-13 窪地内に貧酸素水塊が形成され始めていること、および窪地周辺部にはまだ貧酸素水塊が形成されていないことがわかる。また、この時、既に窪地内に密度成層が形成されていることがわかる。

図-6は、2008年6月27日（小潮/下げ潮）における窪地内および周辺の溶存酸素濃度 (DO) および

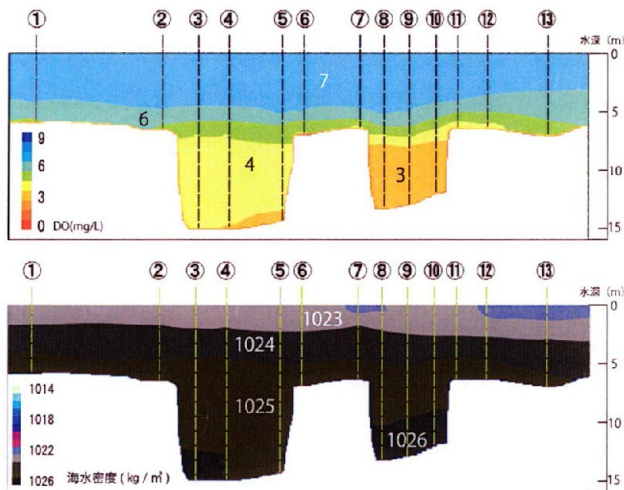


図-5 2008年6月13日における
溶存酸素濃度（上）および海水密度分布（下）

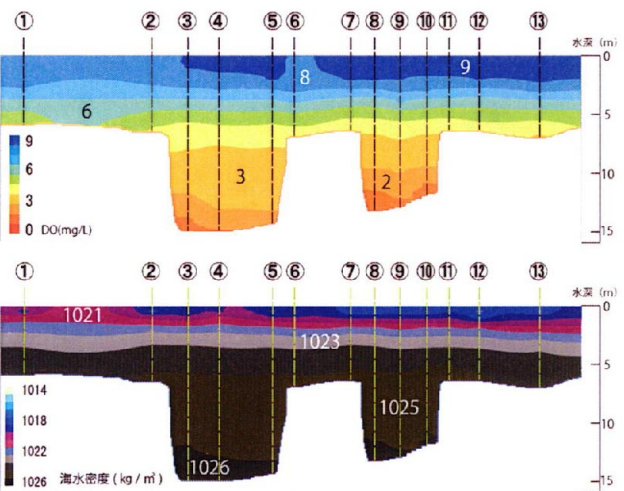


図-6 2008年6月27日における
溶存酸素濃度（上）および海水密度分布（下）

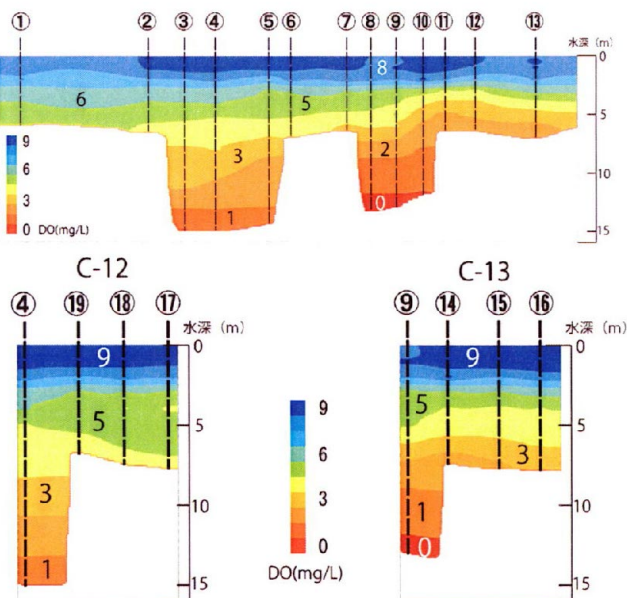


図-7 2008年7月11日における溶存酸素濃度分布
（上：東西測線・下：南北測線）

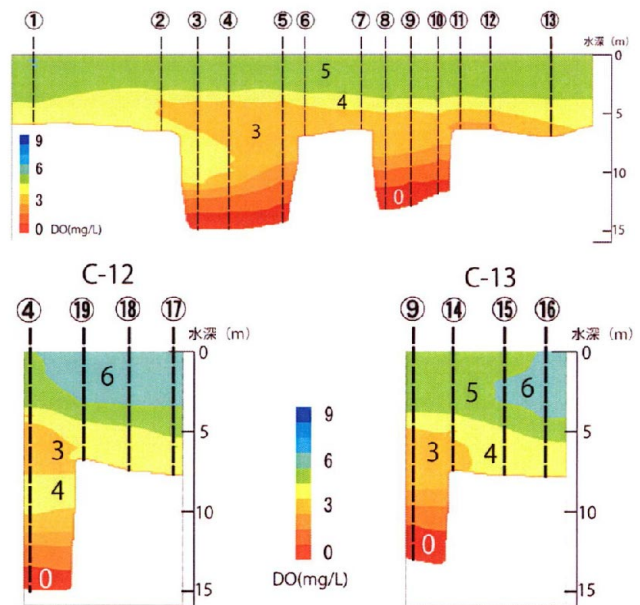


図-8 2008年8月7日における溶存酸素濃度分布
（上：東西測線・下：南北測線）

海水密度分布を表している。この図から、6月27日の時点でC-12、C-13 窪地の両方で貧酸素水塊が

発生し、窪地から溢れ出す寸前まで来ていることがわかる。また、6月13日時点に比べて、更に成層化が進んでいることが、窪地周辺の海水密度分布からわかる。これは、梅雨時期の降雨による影響であると考えられる。

図-7は、2008年7月11日（小潮/下げ潮）における東西測線および南北測線上の溶存酸素濃度分布を示している。この図から、7月11日にはC-13 窪地内底部が無酸素化していること、およびC-13 窪地内から北東方向に向かって貧酸素水塊が溢れ出している様子がわかる。ただし、C-12 窪地からは貧酸素水塊が溢れ出していないこともわかる。7月11日の観測時は、下げ潮にあたり、博多湾内の流れの特性から室見川河口域は西方向への潮流が卓越していることになる。しかしながら、この図から、下げ潮時の潮流とは反対方向に貧酸素水塊が拡がっていることがわかる。これは、室見川における潮汐残差流の方向によっていると考えられ、実際に室見川河口沖では東方向への残差流が卓越している。図-8は、2008年8月7日（小潮/上げ潮）における東西測線および南北測線上の溶存酸素濃度分布を示している。この図から、8月7日時点ではC-12、C-13 窪地内底部が両方とも無酸素化していること、およびC-13 窪地内から東方向に向かって貧酸素水塊が溢れ出している様子がわかる。また、C-12 窪地の西側から貧酸素水塊よりも溶存酸素濃度の高い水塊が流れ込んでくる様子が観測された。8月7日の観測時は、上げ潮にあたり、博多湾内の流れの特性から室見川河口域は東方向への潮流が卓越していることになる。この図から、上げ潮時の潮流に伴って、C-12 窪地内へ溶存酸素濃度の高い水塊が流れ込ん

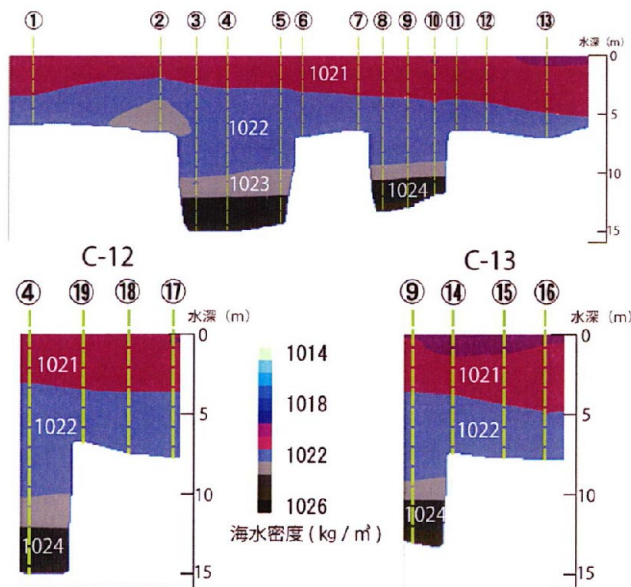


図-9 2008年8月7日における海水密度分布
(上：東西測線・下：南北測線)

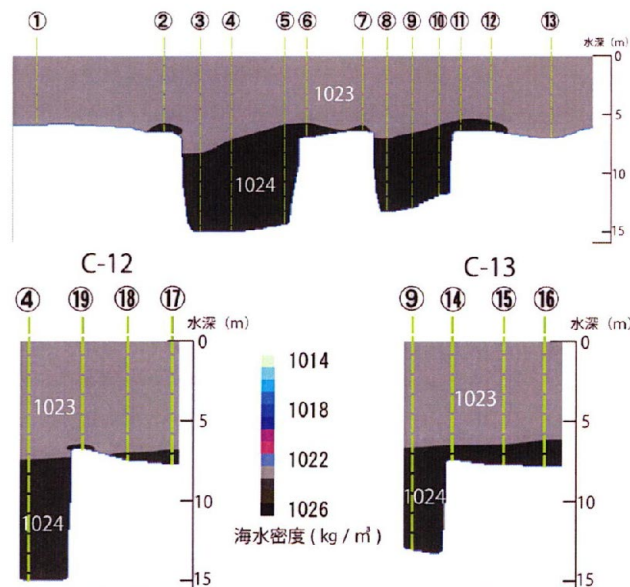


図-11 2008年9月19日における海水密度分布
(上：東西測線・下：南北測線)

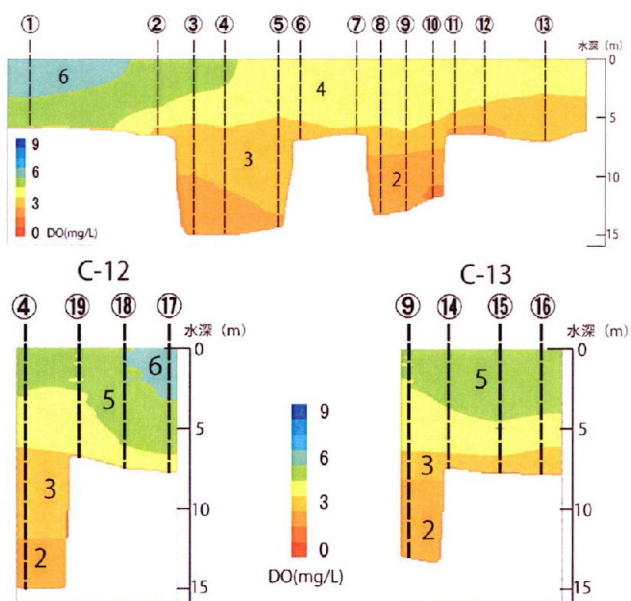


図-10 2008年9月19日における溶存酸素濃度分布
(上：東西測線・下：南北測線)

でいると考えられる。図-9 は、2008 年 8 月 7 日（小潮/上げ潮）における東西測線および南北測線上の海水密度濃度分布を表している。この図からも、8 月 7 日の観測時に、C-12 窪地の西側から海水密度の高い水塊が窪地内に流れ込んでいる様子が確認されている。

図-10 は、9 月 19 日（中潮/上げ潮）における東西測線および南北測線上の溶存酸素濃度分布を示している。この図から、9 月 19 日時点では C-12 および C-13 窪地内底部の無酸素化は改善していること、また C-13 窪地内から北東方向に向かって貧酸素水塊が溢れ出している様子が確認できる。この時、室見川河口沖では上げ潮時であるため、東方向への潮汐流が卓越しているため、この様に、北東方向へ貧

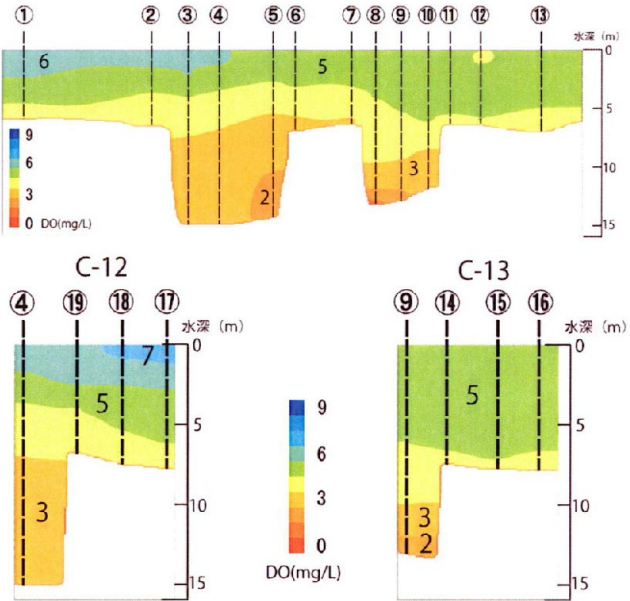


図-12 2008年10月3日における溶存酸素濃度分布
(上：東西測線・下：南北測線)

酸素水塊が広がっていると考えられる。図-11 は、2008 年 9 月 19 日における東西測線および南北測線上の海水密度濃度分布を表している。この図から、C-12 および C-13 窪地の両方から、周辺海域よりも海水密度の高い水塊が北東方向へ溢れ出している様子が確認できる。

図-12 は、10 月 3 日（中潮/上げ潮）における東西測線および南北測線上の溶存酸素濃度分布を示している。この図から、10 月 3 日時点では窪地周辺海域における貧酸素水塊は解消している様子がわかる。また、C-12 窪地から C-13 窪地へ向かって弱い貧酸素水塊が溢れ出している様子が確認でき、同時に南北方向には広がっていないことが分かる。しかし、C-13 窪地から貧酸素水塊が溢れ出している様子は確認することはできない。この時、室見川河口

沖では上げ潮時であるため、東方向への潮汐流が卓越しているため、この様に、C-12 から C-13 窪地に向かって貧酸素水塊が広がっていると考えられる。

4. まとめ

室見川河口沖に位置する二つの浚渫窪地に関して、現地観測を行った結果、6 月初旬に窪地内で発生した貧酸素水塊が、6 月下旬から 7 月初旬にかけて、窪地内から溢れ出すまでになり、7 月から 9 月にかけて周辺海域に広がっていることを確認することができた。この二つの窪地から溢れ出す貧酸素水塊は、室見川河口沖の潮汐流によって、北東方向に向けて広がる傾向にあり、周辺海域に影響を及ぼしていることが確認された。また、窪地内部では夏季に無酸素化する様子が観測されており、このままの状態を放置すれば、今後、更に悪化する可能性が示唆された。この無酸素化の原因としては、底部に数メートル程度堆積しているヘドロによるものと考えられる。

2007 年から 2008 年の観測によって、室見川河口沖に発生する貧酸素水塊は、周辺海域底部で発生しているのではなく、河口沖に位置する二つの窪地の中で発生し、周辺海域に溢れ出して広がっていくことが明らかになってきた。このことから、この二つの浚渫窪地を埋め戻すことが、周辺海域の環境改善に大きなインパクトを与えることが確認できたと考えている。今後、浚渫窪地を埋め戻す工法や周辺海域に与える影響などを引き続き行っていく予定である。

謝辞：この研究の一部は、科学研究費補助金（基盤研究 C：課題番号 21560575，研究代表者：渡辺亮一、及び基盤研究 C：課題番号 21560576，研究代表者：

山崎惟義）の助成を受けて行われたものである。ここに記して謝意を表する。また、厳冬期の船上調査にも同行してくれた福岡大学工学部社会デザイン工学科水圏システム研究室の卒論生に対して、ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 内藤了二，中村由行，今村均，佐藤昌宏：浚渫跡地の修復に関する施工上の影響と研究開発課題の抽出，海洋開発論文集，Vol. 22，pp. 649-654, 2006.
- 2) 中辻啓二，入江政安，柴田剛志：大阪湾阪南港の浚渫窪地周辺における流動および水質の現地観測，海岸工学論文集，第 54 巻，pp. 1096-1100, 2007.
- 3) 田中陽二，有路隆一，鈴木高二朗，諸星一信，鈴木信昭，松坂省一：東京湾における底層水塊の流動と千葉浚渫窪地に与える影響，海岸工学論文集，第 55 巻，pp. 1031-1035, 2008.
- 4) 山崎惟義，渡辺亮一，北野義則，馬場崎正博，熊谷博史：博多湾室見川河口沖窪地の貧酸素水塊の挙動に関する研究，海岸工学論文集，第 54 号，pp. 986-990, 2007.
- 5) 熊谷博史，渡辺亮一，山崎惟義，藤田健一：優占二枚貝ホトトギスガイが博多湾湾奥の水・底質に与える影響，水環境学会誌，第 29 号 1 巻，pp. 21-28, 2006.
- 6) 山元真弥，山崎惟義，渡辺亮一：百道浜・姪浜沖の二つの窪地に関する研究，平成 17 年度土木学会西部支部研究発表会講演集，pp. 1043-1044, 2007.
- 7) 清水将貴，山崎惟義，渡辺亮一，馬場崎正博：室見川河口沖窪地の貧酸素化に関する研究，土木学会年次学術講演会講演概要集(CD-ROM)，第 63 回 Disk2，7-083, 2008.
- 8) 山崎惟義，渡辺亮一，熊谷博史，藤田健一，北野義則：博多湾の底層酸素濃度とホトトギス貝の分布に関する研究，環境工学研究論文集，第 42 巻，pp. 503-512, 2005.