

混合放流水の高酸素化による貧酸素水塊の改善に関する研究

福岡大学工学部 学生員○新留研太 福岡大学工学部 正会員 山崎惟義
福岡大学工学部 正会員 伊豫岡宏樹 福岡大学工学部 正会員 渡辺亮一
福岡大学工学部 正会員 皆川朋子

1. はじめに

福岡市は1970年以降、大渴水を2度経験しており、慢性的な水不足解消のため2005年6月より海の中道奈多海水淡水化センター（まみずピア）を稼働させている。海水から淡水を生産する際、副産物として濃縮海水が生成されるが濃縮海水を直接海域に放流すると、周辺環境に影響を与える可能性が指摘されている¹⁾。まみずピアでは濃縮海水と下水処理水を混合させて海域に放流する方式を採用しており、この影響は当研究室の調査によれば、まみずピア稼働後、湾奥部の水質・底生生物相に改善傾向が見られている²⁾。博多湾では毎年夏季（概ね6月～9月）に湾奥部である南東部から東部にかけての大規模な貧酸素水塊が発生し、周辺海域の生物に影響を及ぼしていたが³⁾、周辺海水よりも密度の高い混合放流水を高酸素化することで貧酸素水塊の解消に寄与する可能性がある²⁾。

そこで本研究では、以下3項目を目的とした。1) 博多湾湾奥部の貧酸素水塊発生・消滅状況を明らかにする。2) 混合放流水の高酸素化の効果を明らかにする。3) 塩分をもとにした混合放流水の拡がり把握し、貧酸素水塊解消の定量的な予測を行う。

2. 調査方法

博多湾東部海域の貧酸素水塊形成過程を把握するための現地調査を、平成23年6月24日から8月8日まで週に1回間隔で現地調査を行った。この調査では放流口を中心に網目状に計42地点、ライン状に計13地点の調査点（図-1）を設け、多項目水質計（HYDROLAB社製DS5、MS5）を用いてD_O、水深、水温、塩分の鉛直分布を測定した。高酸素化実験は平成23年8月10日から8月12日までの3日間純酸素の曝気により、混合槽内に8m³/hで注入し、混合水は、多項目水質計を用いて、D_O、水温、塩分を酸素供給後15分毎に測定した。また水質変動において降雨と日射が成層に影響を与える⁴⁾ため、解析に当たり福岡管区気象台（N:33.66275°、E:130.38204°）で観測された気象データ（表-1）を用いた。

3. 調査結果

1) 7月5日、7月18日の間に貧酸素水塊が観測された（図-2、図-3）。7月5日時点の底層D_Oは4mg/L程度で前日の降雨の影響により塩分24程度の海水が湾奥から放流口にかけて分布している。7月18日はD_Oが2～3mg/L程度の貧酸素水塊が底層一帯に生じている。また海域では放流口直上で周辺より2mg/L程度高いD_Oが確認できた（図-2 B）。

2) 酸素供給前の8月10日の混合槽内平均D_Oは5.7mg/Lで供給後9mg/L程度で安定し、酸素供給前後でD_Oが最大3.48mg/L上昇した（図-5）。また海域では貧酸素水塊は確認できなかったが、放流口直上で1mg/L程度のD_O改善が観測された（図-4）。8月11日のD_Oは8mg/L程度であった。酸素供給停止後の8月12日の混合槽の平均D_Oは5.6mg/Lであり、11日、12日ともに海域では貧酸素水塊は確認できなかった（図-2 C、D）。一連の実験から混合槽内の混合放流水について1.4～1.6倍程度のD_O上昇が確認できた。

3) 酸素供給中の8月11日における放流口周辺の混合放流水の底層塩分分布図を図-6に示す。調査時が干潮にかけた下げ潮であったため東から西へ潮が流の流れがあり、混合放流水も放流口から西側へ測線方向に1000m、狭窄部横断方向に300m拡がっていった。

表-1 各調査日の気象データ

day	降水量(mm)	日照時間(h)	平均日射量(MJ/m ²)	day	降水量(mm)	日照時間(h)	平均日射量(MJ/m ²)
7月4日	29.5	0	0.26	7月13日	6	8.3	1.22
7月5日	0	11.8	1.55	7月14日	0	12.2	1.55
7月6日	8.1	0	0	7月15日	0	7.3	1.31
7月7日	38.5	4.1	0.93	7月16日	0	9.8	1.37
7月8日	0	3.8	0.83	7月17日	0	11.4	1.51
7月9日	0	9.8	1.42	7月18日	4.5	2.3	0.75
7月10日	0	8.6	1.32	8月10日	0	6	1.13
7月11日	0.5	9.3	1.34	8月11日	0	12.2	1.63
7月12日	3.5	1.1	1.49	8月12日	0	10.4	1.45

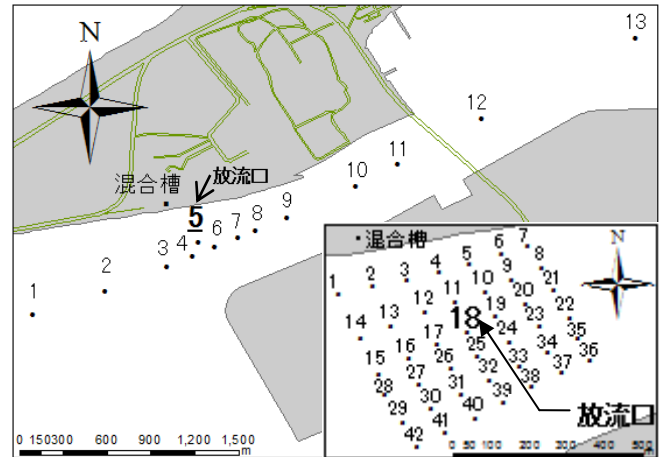


図-1 博多湾湾奥狭窄部調査地点

4. 考察

今回の高酸素化実験の期間中、放流口直上では放流水によるD_Oの改善が観測されたが、海域では十分な効果が得られなかった。また期間中貧酸素水塊は確認されなかったため、湾奥部でのその発生と消滅状況を示して、高酸素化による貧酸素水塊の改善効果について検討した。

現地調査期間中の7月4日～7日に計149mm程の降雨があり、この影響で大量の淡水が供給されたことにより水塊の成層化が起こり、以降晴天が続いたことで成層が強化され、表層からの酸素供給が減少し、7月18日までに底質の酸素消費により貧酸素水塊が形成された。その後18日～20日にかけて台風の影響で成層化が解消され、貧酸素水塊も消滅したと考えられる。

放流水の混合槽内での塩分は41程で博多湾の平均塩分である30.8⁶⁾よりもかなり高い。放流口を中心に局所的には36程度の塩分も観測され、東西に約1kmの範囲では底層の塩分は33程度で放流水の影響が大きい。このような混合放流水の影響が強い範囲では、放流水が底層を這うように拡がり貧酸素水塊発生時には底層の溶存酸素環境を改善していると考えられる。混合放流水は一日70,000m³程度放流されているため、高酸素化によってD_Oが8mg/L程まで上昇したとすると放流口からは560kg/日の酸素が底層に供給されていることになる。今回の観測結果では測線方向に1000m、狭窄部横断方向に300m、厚さ1m程度に放流水の影響があると考えられ、底質による酸素消費速度を広島湾での平均値1.46g/m²/d⁷⁾とすると、この範囲内では一日438kg程度の酸素が消費されていると考えられる。放流口からの酸素供給量は底質による酸素消費量の約1.3倍となり、今回の高酸素化手法がこの範囲での貧酸素水塊の改善に十分効果があることが分かる。

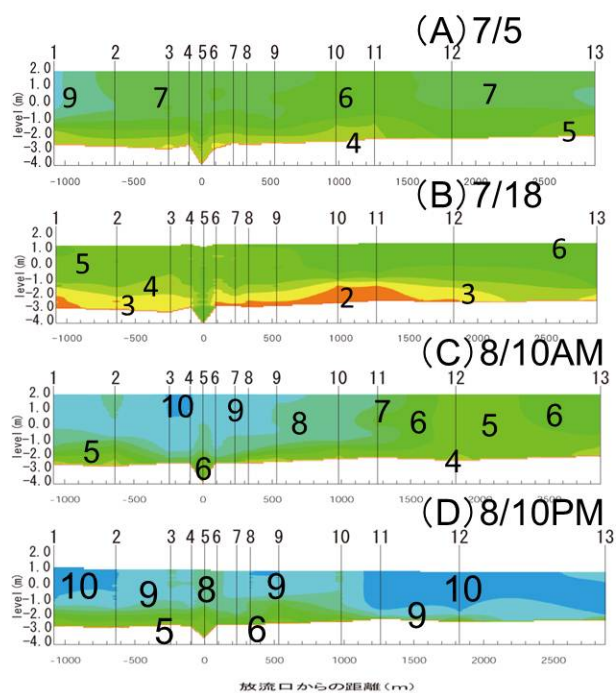


図-2 7/5 (A) , 7/18 (B) , 8/10AM (C) , 8/10PM (D) における DO 鉛直分布図

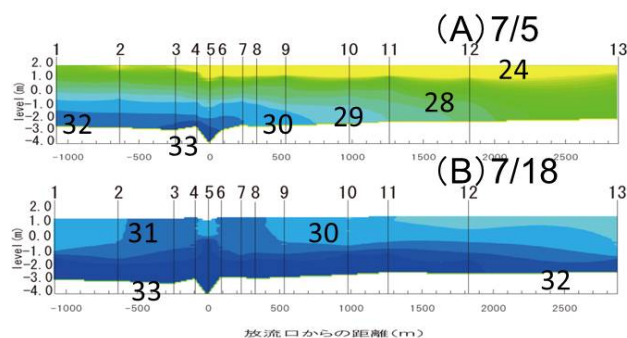


図-3 7/5 (A) , 7/18 (B) における塩分鉛直分布図

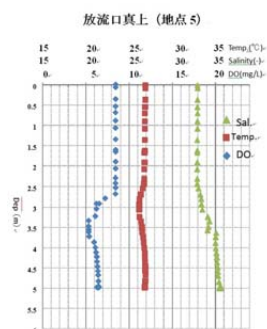


図-4 8/10 における酸素

供給後放流口真上観測データ

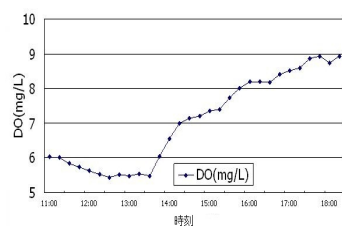


図-5 8/10 における

混合槽内の DO の経時の変化

貧酸素水塊の解消法としてマイクロバブル方式⁸⁾や VCF 堤体⁹⁾等が提案されているが、今回のような混合放流水の高酸素化手法でも、放流口直上では放流水による DO の改善が確認され、貧酸素水塊発生時期ならば放流口周辺の底層の貧酸素を改善する可能性が十分あることが示唆された。今回は純酸素の曝気による高酸素化を行ったが、連続して酸素を供給することはコストがかかるため降雨、気温、風速等の気象条件から貧酸素の発生を予測し期間を限定して酸素供給を行なうなどの工夫が必要である。

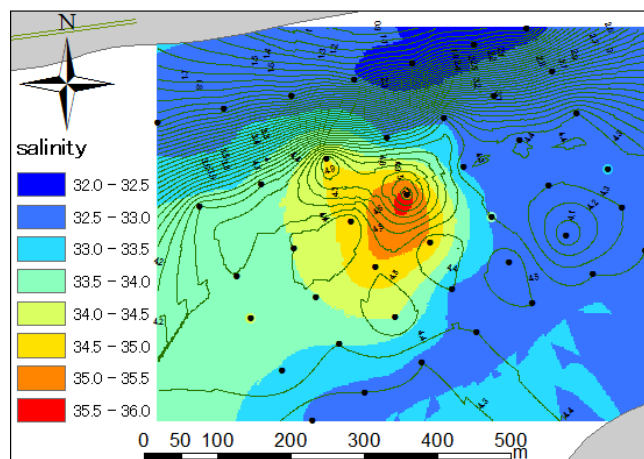


図-6 8/11 における底層塩分分布図および等小深約

5. 結論

- 1) 今年は 7 月 4 日～7 日に計 149mm 程の降雨があり、この影響で大量の淡水が供給されたことにより水塊の成層化が起こり、以降晴天が続いたことで成層が強化され、表層から底層への酸素供給が減少し、7 月 18 日までに底質の酸素消費により貧酸素水塊が形成された。その後、台風の影響で貧酸素水塊は消滅した。
- 2) 高酸素化により放流口直上では放流水による DO の改善と、混合槽内の混合放流水について 1.4～1.6 倍程度の DO 上昇が確認された。
- 3) 混合放流水は東西に約 1 km の範囲では貧酸素水塊の改善効果が十分にある。

6. 謝辞

この研究の一部は、科学研究費補助金(基盤研究 C: 研究番号 21560575, 研究代表者: 渡辺亮一, および基盤研究 C: 研究番号 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。なお、国土交通省、海の中道奈多海水淡水化センターには調査協力、情報提供をして頂いた。ここに記して謝意を表する。

7. 参考文献

- 1) 沖大幹・吉村和就: 日本人が知らない巨大市場 水ビジネスに挑む, pp. 152-156, 技術評論社, 2009. 12
- 2) 山崎惟義: 海水淡水化排水・下水処理水の混合排水の高酸素化による生態系再生, 水浄化技術の最新の動向, pp. 198-206, シーエムシー出版, 2011. 6
- 3) 柳哲雄・石井大輔: 博多湾奥部における貧酸素水塊発生・消滅機構, 海の研究, 18 (2), pp. 169-176, 2009
- 4) 柳哲雄・石井大輔: 博多湾奥部における水質の季節・経年変動, 海の研究, 17 (4), pp. 255-264, 2008
- 5) 熊谷博史・鮎本健治: 博多湾湾奥部における貧酸素水塊の発生予測, 環境工学研究論文集, 第 42 巻, pp. 277-285, 2005
- 6) 柳哲雄・山田真知子・中島雅孝: 洞海湾と博多湾の富栄養化機構の比較, 海の研究, Vol.10, No.4, pp. 275-283, 2001
- 7) 長尾正之・橋本英資・朱小華・吉田みゆき・高杉由夫: 広島湾における海底酸素消費量の連続測定, 土木学会論文集, No.663/H-53, pp. 109-117, 2009. 11
- 8) 佐々木洋之・佐々木淳・武田真典・岡田崇裕・足立有平: 閉鎖性水域におけるマイクロバブル発生装置を用いた溶存酸素供給効果の把握, 海岸工学論文集, 第 53 巻, pp. 1171-1175, 2006
- 9) 遠藤徹・重松孝昌: 密度成層場における VCF 堤体誘起流の挙動に関する研究, 海岸工学論文集, 第 54 巻, pp. 1236-1240, 2007