

大村湾における貧酸素分布について

出口 雄也^{1)*}, 長岡(浜野) 恵²⁾, 小野寺 祐夫³⁾
長岡 寛明¹⁾

(¹⁾長崎国際大学 薬学部 薬学科、²⁾国立医薬品食品衛生研究所 食品部、

³⁾東京理科大学 薬学部、*連絡対応著者)

Distribution of Poverty Oxygen Situation in Omura Bay

Yuya DEGUCHI^{1)*}, Megumi (HAMANO) NAGAOKA²⁾, Sukeo ONODERA³⁾
and Hiroaki NAGAOKA¹⁾

(¹)Dept. of Pharmacy, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Nagasaki International University,

²⁾Division of Foods, National Institute of Health Sciences,

³⁾Faculty of Pharmaceutical Sciences, Tokyo University of Science, *Corresponding author)

Summary

Generally, it is known that the hypoxic water mass (Dissolved Oxygen : DO < 3.0 mg/L) is easy to be formed in an enclosed coastal sea. As Omura Bay is a typical enclosed coastal sea, the oxygen content of seawater was measured in Omura Bay from February in 2008 to February in 2009. Samples were collected from four depths (0, 2, 6, and 10 m) at five sites. The hypoxic water mass were observed at bottom water in September, especially at inner bay, which water column was began to develop in May.

Key words

enclosed coastal sea, Omura Bay, DO, hypoxic water mass

要 旨

一般に閉鎖性水域においては貧酸素水塊(溶存酸素: DO 3.0mg/L 以下)が発生しやすいことが知られており、魚介類の生育・生息に障害を及ぼすことが指摘されている。本研究では、典型的な閉鎖性水域である大村湾における貧酸素水塊の発生状況を調査するために、平成20年(2008年)2月から平成21年(2009年)2月にかけて、水深別(0、2、6、10m)に5地点(湾口部、湾中央部、湾奥部3地点)より採水し、DOを含む各種水質項目を測定した。その結果、9月における湾奥部の水深6m以下においてDOが3.0mg/L以下であり、貧酸素水塊の発生が認められた。湾奥部においては5月における表層と底層(水深10m)との温度差が湾中央部や湾口部と比較して大きく、5月以降水温成層が形成し始めていることが示唆された。なお、湾中央部や湾口部においても水深10mでDOが3.5mg/L以下と貧酸素水塊に準ずる状態の発生が認められた。しかし、11月にはいずれの地点においても水深10mでDOが5.0mg/L以上と貧酸素水塊が消失していることがわかった。

キーワード

閉鎖性水域、大村湾、溶存酸素、貧酸素水塊

1. はじめに

近年、日本各地の閉鎖性水域において貧酸素水塊の発生が報告されるようになっており、大

村湾においても湾中央部において夏季に貧酸素水塊が発生することが報告されている^{1,2)}。大村湾は、長崎県の中央部に存在し、長崎県にのみ囲

まれた典型的な閉鎖性水域であり、外海とは、早岐瀬戸と針尾瀬戸という2つ狭小な瀬戸を介して佐世保湾とつながっているのみである(図1)。実際の大村湾の干満差は小潮時で0.34m、大潮時で0.74mと言われており、佐世保湾のそれと比較すると約1/3でしかないことから³⁾、海水の入れ替わりは非常に起こりにくい海域である⁴⁾。大村湾では、静穏という特性を活かした真珠やカキなどの養殖をはじめ、ナマコ、シャコ、エビ漁が営まれてきたが、近年漁獲量および漁獲高ともに減少傾向にある。貧酸素水塊の発生は、魚介類の生育・生息に障害を及ぼすことが指摘されていることから、漁業関係者にとって大きな問題となっている。したがって、大村湾における貧酸素水塊が、季節的にどのような変動をしているかという定量的な変化を追跡調査していくことは、大村湾の生態系を保全する上でも重要事項である。本研究では、大村湾における貧酸素水塊の発生状況を把握するために、5地点を対象として水深別に水質調査を行った。なお、貧酸素の定義は明確ではなく、柳は溶存酸素(Dissolved Oxygen:DO)が

3.6mg/L以下⁵⁾、山口・経塚はDOが3.0mg/L以下⁶⁾の水塊を貧酸素水塊と定義している。これらはいずれも生物に貧酸素の影響が出始める濃度として用いられている。本研究では、一般的に底生生物の分布が危うくなると言われているDOが3.0mg/L以下を貧酸素とする定義を用いた。

2. 実験方法

(1) 採水地点

採水地点は長崎県の大村湾(南北26km、東西11km、面積約320万km²)⁴⁾の湾口部であるA地点、湾央部であるB地点、湾奥部であるC、D、E地点とした(図1)。2008年2月28日、5月23日、9月16日、11月13日および2009年2月27日の12時30分より、バンドン式採水器を用いて5地点より、表層から0、2、6および10mの深度で採水した。気象庁の報告⁷⁾によると、調査日の天候はいずれも晴れまたは曇りで降雨はみられず、平均風速1.2~3.6m/sと非常に穏やかであった。ただし、2008年2月26日(前々日)および9月15日(前日)はそれぞれ42mm

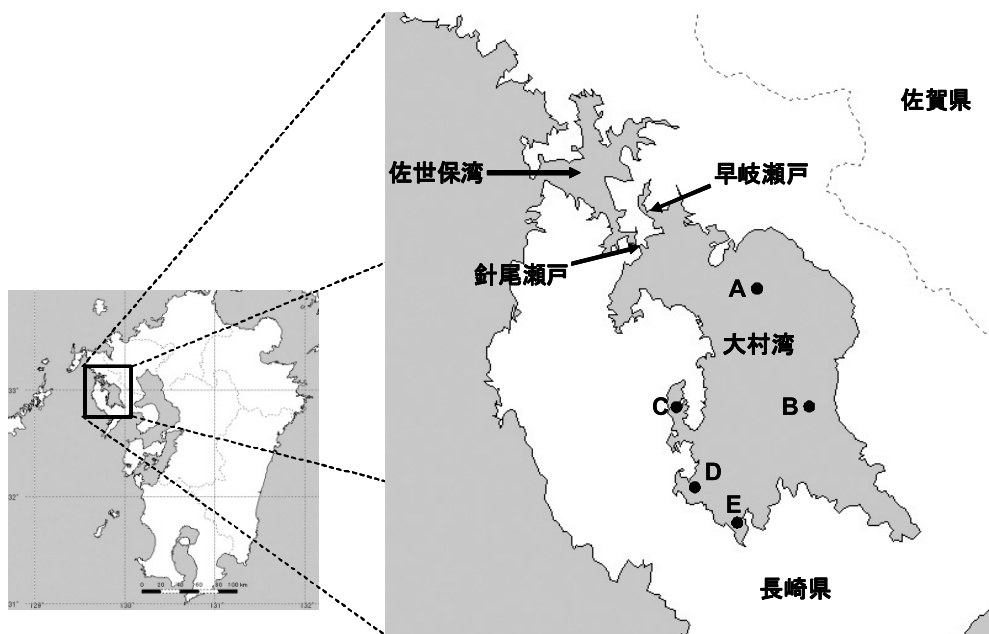


図1 採水地点

および 39mm の大雨を記録している。なお、2008 年 2 月は A～D の 4 地点より採水を行ったが、2008 年 5 月より湾奥部である E 地点を採水地点に追加した。

(2) 水質分析法

各試料の水温は、棒状アルコール温度計を用い採水後直ちに測定した。pH は pH メーター（堀場 pH メーター F-51、精度 ± 0.01 pH）を用いて測定した。クロロフィル量はアセトン抽出法により測定した⁸⁾。DO はウインクラ法により測定した⁹⁾。

3. 結 果

(1) 水 温

2008 年 2 月～2009 年 2 月にかけての水温の測定結果を表 1 に示した。2008 年 2 月における表層（水深 0 m）の平均温度は 10.7°C であり、底層（水深 10m）との温度差は 1.0°C （ $0.4\sim 1.2^{\circ}\text{C}$ ）

であった。5 月においては表層の平均温度は 22.4°C であり、底層との温度差は 1.9°C （ $0.3\sim 3.0^{\circ}\text{C}$ ）であった。9 月においては表層の平均温度は 28.0°C であり、底層との温度差は 1.3°C （ $0.7\sim 2.6^{\circ}\text{C}$ ）であった。11 月においては表層の平均温度は 18.7°C であり、底層との温度差は 0.7°C （ $0.2\sim 1.2^{\circ}\text{C}$ ）であった。2009 年 2 月においては表層の平均温度は 12.3°C であり、底層との温度差は 1.0°C （ $0.6\sim 1.4^{\circ}\text{C}$ ）であった。

(2) pH

2008 年 2 月～2009 年 2 月にかけての pH の測定結果を表 2 に示した。pH の最小値は 7.91（9 月 D 地点水深 10m）であり、最大値は 8.29（2009 年 2 月 B 地点水深 2m）であった。9 月には水深 2m または 6m において最も pH が高くなり、水深が増すにつれて pH が下がっていく傾向が観察された。

表 1 水温（ $^{\circ}\text{C}$ ）

	水深	A	B	C	D	E	平均
2008 年 2 月	0m	10.4	11.2	10.0	11.2	—	10.7
	2m	9.8	10.5	9.5	10.8	—	10.2
	6m	9.2	9.9	9.6	10.0	—	9.7
	10m	9.2	10.0	9.6	10.0	—	9.7
2008 年 5 月	0m	22.0	—	21.8	23.5	22.1	22.4
	2m	21.8	—	21.0	21.8	22.0	21.7
	6m	21.0	—	20.2	21.2	20.0	20.6
	10m	20.5	—	21.5	20.5	19.4	20.5
2008 年 9 月	0m	28.3	28.1	27.4	28.8	27.4	28.0
	2m	27.3	28.5	27.0	28.0	27.6	27.7
	6m	26.9	27.8	26.5	27.4	27.0	27.1
	10m	27.0	27.2	26.5	26.2	26.7	26.7
2008 年 11 月	0m	19.5	18.8	18.5	18.7	18.2	18.7
	2m	19.2	18.6	18.0	18.1	18.2	18.4
	6m	19.2	18.5	18.0	18.0	18.2	18.4
	10m	18.6	18.2	17.8	17.5	18.0	18.0
2009 年 2 月	0m	11.8	11.8	12.7	13.0	12.0	12.3
	2m	11.4	11.8	12.0	12.5	11.6	11.9
	6m	11.2	11.5	11.8	12.5	11.2	11.6
	10m	11.0	11.2	11.3	11.8	11.2	11.3

(3) クロロフィル a

2008年2月～2009年2月にかけてのクロロフィル a 量の測定結果を表3に示した。クロロフィル a 量は9月において、測定5地点とも表層が一番高く、水深が深くなるに従いクロロフィル a 量が減少し、その差は最大 $7.38 \mu\text{g/L}$ であった。11月のD地点の水深10mにおいて $15.50 \mu\text{g/L}$ と高いクロロフィル a 量が観察されたが、それ以外では各水深において量的な差は認められなかった。

(4) DO

2008年2月～2009年2月にかけてのDOの測定結果を表4に示した。DOは9月において、D地点の水深6mおよび10mならびにE地点の6mおよび10mでそれぞれ 2.35 mg/L 、 2.15 mg/L 、 2.91 mg/L 、 1.12 mg/L と 3.0 mg/L 以下となり、貧酸素水塊が認められた。また、貧酸素状態ではないもののC地点の6mおよび

10m、A地点の10mならびにB地点の10mでそれぞれ 4.80 mg/L 、 3.48 mg/L 、 3.47 mg/L 、 3.13 mg/L と貧酸素状態に近い値であった。そのほかの季節、地点および水深においては、DOが 5.0 mg/L 以上と比較的高濃度であることがわかった。9月を除くと各水深において量的な差は認められなかった。

4. 考 察

海域においては夏季の水温成層の形成の発達が貧酸素水塊の発生に寄与するとされている。大村湾でも湾奥部において水温成層の形成が無視できない結果が得られている¹⁰⁾。表1より本研究における水温の結果を地点別にみると、海水交換が悪いとされる湾奥部のD、E地点では、2008年5月における水深0mと10mの温度差がそれぞれ 3.0°C ($23.5^\circ\text{C} \sim 20.5^\circ\text{C}$)、 2.7°C ($22.1^\circ\text{C} \sim 19.4^\circ\text{C}$) であり、湾口部のA地点の 1.5°C ($22.0^\circ\text{C} \sim 20.5^\circ\text{C}$) と比較して大きく、水温成層が形成

表2 pH

	水深	A	B	C	D	E	平均
2008年2月	0m	8.11	8.11	8.08	8.04	—	8.09
	2m	8.11	8.11	8.08	8.04	—	8.09
	6m	8.11	8.12	8.09	8.06	—	8.10
	10m	8.12	8.13	8.10	8.08	—	8.11
2008年5月	0m	8.07	—	8.15	7.97	8.09	8.07
	2m	8.12	—	8.18	8.11	8.13	8.14
	6m	8.16	—	8.19	8.11	8.16	8.16
	10m	8.16	—	8.10	8.06	8.16	8.12
2008年9月	0m	8.11	8.10	8.17	8.10	8.15	8.13
	2m	8.15	8.12	8.21	8.12	8.21	8.16
	6m	8.16	8.15	8.11	7.96	8.09	8.09
	10m	8.04	8.07	7.92	7.91	7.98	7.98
2008年11月	0m	8.18	8.14	8.07	8.05	8.14	8.12
	2m	8.16	8.14	8.12	8.11	8.16	8.14
	6m	8.18	8.16	8.14	8.12	8.18	8.15
	10m	8.18	8.16	8.14	8.12	8.18	8.16
2009年2月	0m	8.24	8.27	8.27	8.24	8.24	8.25
	2m	8.24	8.29	8.26	8.23	8.26	8.26
	6m	8.21	8.26	8.24	8.19	8.25	8.23
	10m	8.20	8.22	8.18	8.16	8.17	8.19

表3 クロロフィル a ($\mu\text{g/L}$)

	水深	A	B	C	D	E	平均
2008年 2 月	0m	0.26	1.33	0.28	0.55	—	0.61
	2m	0.71	1.01	0.67	0.61	—	0.75
	6m	0.74	0.62	0.00	0.90	—	0.57
	10m	0.73	0.88	0.44	1.40	—	0.86
2008年 5 月	0m	1.25	—	0.81	0.66	0.25	0.74
	2m	0.71	—	0.34	0.54	0.56	0.54
	6m	0.99	—	0.94	1.12	0.70	0.93
	10m	1.32	—	0.82	1.11	1.42	1.17
2008年 9 月	0m	5.97	5.20	8.71	11.12	6.21	7.44
	2m	2.42	3.17	4.47	6.15	4.83	4.21
	6m	2.78	3.48	5.02	4.28	3.87	3.89
	10m	3.53	1.89	2.25	3.74	1.98	2.68
2008年11月	0m	2.03	1.67	2.42	3.50	3.50	2.62
	2m	2.97	2.39	2.42	3.31	3.31	2.88
	6m	2.76	2.20	3.34	3.48	3.46	3.05
	10m	2.95	2.22	2.97	15.75	3.12	5.40
2009年 2 月	0m	7.66	5.22	1.84	3.41	1.47	3.92
	2m	3.77	5.63	3.77	2.64	4.32	4.02
	6m	2.61	4.88	3.02	2.46	3.77	3.35
	10m	3.55	2.49	1.69	2.99	2.80	2.70

表4 DO (mg/L)

	水深	A	B	C	D	E	平均
2008年 2 月	0m	9.72	9.82	9.52	9.37	—	9.61
	2m	9.64	9.72	9.53	9.31	—	9.55
	6m	9.62	9.54	9.30	9.46	—	9.48
	10m	9.70	9.61	9.11	9.39	—	9.45
2008年 5 月	0m	8.51	—	8.33	8.74	8.55	8.53
	2m	8.25	—	8.26	8.43	8.41	8.34
	6m	8.24	—	8.15	7.43	8.16	8.00
	10m	7.57	—	5.41	6.48	7.69	6.79
2008年 9 月	0m	7.91	7.35	8.13	8.30	8.22	7.98
	2m	7.22	7.55	8.02	6.97	7.57	7.47
	6m	6.98	6.39	4.80	2.35	2.91	4.69
	10m	3.47	3.13	3.48	2.15	1.12	2.67
2008年11月	0m	7.66	7.70	7.84	8.23	8.28	7.94
	2m	8.23	7.80	7.78	8.28	8.16	8.05
	6m	7.82	7.69	7.29	7.90	8.18	7.78
	10m	7.40	7.02	7.08	6.05	7.66	7.04
2009年 2 月	0m	9.82	9.84	9.66	9.20	9.67	9.64
	2m	9.66	9.96	9.68	9.51	9.77	9.72
	6m	8.96	9.87	9.38	9.23	9.63	9.41
	10m	8.58	9.29	8.12	8.61	9.16	8.75

し始めていることが示唆された。なお、D地点においては2008年9月においても水深0mと10mの温度差が 2.6°C ($28.8^{\circ}\text{C}\sim 26.2^{\circ}\text{C}$) と他の地点と比較して大きく、湾奥部と湾央部において季節による水温成層の違いがみられた。

表2より本研究におけるpHの結果を地点別にみると、2008年9月に湾奥部であるC、D、E地点の底層(水深10m)でそれぞれ7.92、7.91、7.98と8.00以下の低い値を示したが、同時期に貧酸素状態が確認されており(表4)、それに伴ってpHの低下がみられたと考えられた。なお、pHとDOの相関関係を調べた結果、相関係数0.573と正の相関が得られている。

クロロフィルa量は植物プランクトンの分布の指標である。表3より本研究におけるクロロフィルa量の結果を地点別にみると、2008年9月にはすべての地点で表層が最も高く、水深が深くなるにつれて減少していった。これはクロロフィルaが光合成に必要な葉緑素であるため、日差しが強い夏季の表層において高い結果が得られたと考えられた。一方、その他の季節においては各水深の差は見られなかったが、これは秋季以降、夏季に形成された水温成層が消滅し、表層と底層の間で水の混合が起こる循環期に入ったことによるものと考えられた。

表4より本研究におけるDOの結果を地点別にみると、2008年9月に測定した5地点では、水深6mでは平均 4.69mg/L 、水深10mでは平均 2.67mg/L と魚類の生息に必要な 5.0mg/L を下回った。採水地点別でみると、湾奥部のD、E地点では、水深6mにおいてもDOが 3.0mg/L 以下で貧酸素水塊がみられた。同じ湾奥部のC地点では水深6m、10mとそれぞれ 4.80mg/L 、 3.48mg/L と貧酸素水塊の形成にまでは至っていないものの低いDO値を示した。一方、湾口部に近いA地点、湾央部のB地点では、水深6mにおいてDOが 6.0mg/L 以上と表層の値と近いのに対し、水深10mではDOが 5.0mg/L 以下で貧酸素水塊に近い状態がみられた。しかし、2008年11月にはいずれの地点

においても水深10mでDOが 5.0mg/L 以上と回復しており、貧酸素水塊が消失していることがわかった。このように、貧酸素水塊の形成について、湾奥部と湾央部で違いがみられ、湾の奥に行くほど貧酸素水塊が形成されやすいことが示唆された。なお、大村湾では2008年9月19日に青潮が発生し、10月半ばまで青潮状態が続いた¹¹⁾。このような長期にわたる被害はこれまでになかったものであり、大村湾での環境の悪化が依然として続いていることが示唆される。本研究では9月16日に採水しているため、今回のデータは青潮発生の日前であることから、夏季の成層時期の特徴的なデータとなっていることが示唆された。

DOは降水量、日射量、気温、風速など気象影響を強く受ける。今回の結果においては、9月において貧酸素水塊の形成が確認されたが、採水前日に大雨が降ったこと、また2008年は台風の上陸もなく風速も弱かったといった気象条件が海水の成層をさらに強め、底層におけるDOの低下がみられたと考えられた。また、貧酸素水塊の形成には気温も影響するが、2008年は7月と8月は全日夏日、9月もほぼ夏日であったことから¹²⁾、貧酸素状態を加速している要因として近年の地球温暖化も挙げられ、その影響も大きいと思われる。今回の研究では5月から9月の水質調査を行っていないため評価するのは難しいが、今後は夏季から秋季にかけて定期的に測定することにより、短期的な変化のみならず長期的な変化を検討する必要がある。これらの研究を通して大村湾における貧酸素水塊の発生規模、またどれくらいの期間にわたって存在しているのか、大村湾における貧酸素水塊の特性を把握していく必要があると考えている。

参考文献

- 1) Nogami M., Matsuno T., Nakamura T. and Fukumoto T. (2000) 'Estimation of Oxygen Consumption Rate Using T-DO Diagram in the Benthic Layer of Omura Bay, Kyushu, Japan.'

- J. Oceanogr.* 56(3), pp. 319–329.
- 2) 西田渉, 野口正人, 富永昌伸 (2005) 「大村湾における溶存酸素の変化予測に関する研究」『長崎大学工学部研究報告』35, 114–119頁.
 - 3) 飯塚昭二, 関霽虹 (1989) 「大村湾における無酸素水塊の形成」『沿岸海洋研究ノート』26, 75–86頁.
 - 4) 飯塚昭二 (1984) 「大村湾」『長崎県大百科事典』長崎新聞社, 114頁.
 - 5) 柳哲夫 (1989) 「シンポジウム 貧酸素水塊のまとめ」『沿岸海洋研究ノート』26, 141–145頁.
 - 6) 山口創一, 経塚雄策 (2006) 「諫早湾における貧酸素水塊の形成機構」『海の研究』15, 37–51頁.
 - 7) 気象庁 HP :
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
 - 8) 田畑真佐子, 長岡寛明, 鈴木静夫 (1992) 「震生湖のホスファターゼ産生菌の分布と単離菌の生理的性状」『陸水学雑誌』53(3), 223–230頁.
 - 9) 日本薬学会編 (2005) 『衛生試験法・注解2005』金原出版, 852–854頁.
 - 10) 西田渉, 野口正人, 鈴木誠二 (2007) 「大村湾における水温と DO の変化予測に関する研究」『長崎大学工学部研究報告』37(69), 21–26頁.
 - 11) 藤原達志 (2008) 「大村湾からの報告」
http://www2.odn.ne.jp/omurawankyogikai/H20.11_ihen_aosio.html
 - 12) 出口雄也, 長岡寛明 (2010) 「2008年の気温からみた佐世保市の環境について」『長崎国際大学論叢』第10巻, 219–225頁.