

〔資料〕

## 七尾南湾における底質の汚濁の状況

石川県生活環境部 環境政策課

金曾 将弘・加藤 真美

石川県保健環境センター 環境科学部

玉井 徹

手取川水道事務所

原田 由美子

### 〔和文要旨〕

七尾南湾中央部において水質鉛直分布及び底質の調査を実施した。水質鉛直分布を確認したところ、水温及び塩分躍層の形成、並びに底層付近における溶存酸素の低下及びクロロフィルa濃度の上昇が確認された。底質調査の結果を底質改良事業実施指針に基づき評価すると、底質は汚染の始まりかかった泥という判定となった。また、調査により得られた炭素と窒素の比から、七尾南湾中央部における底質の有機物の主たる供給源は植物プランクトンに由来すると推定された。

キーワード：鉛直分布, 底質, 底層溶存酸素, 有機汚濁

本稿の一部は以下で発表した。

令和6年度日本水環境学会中部支部研究発表会 2024年12月13日 愛知県

### 1 はじめに

当センターでは地方環境研究所と国立環境研究所が共同で実施しているⅡ型共同研究「沿岸海域における新水質環境基準としての底層溶存酸素（貧酸素水塊）と気候変動の及ぼす影響把握に関する研究（2020-2022）」に参加した。当該共同研究で、夏季に七尾湾内の各地点において鉛直方向の水質変化を測定したところ、底層付近で溶存酸素（DO）の低下が確認された<sup>1)</sup>。

国立環境研究所の研究<sup>2)</sup>によれば、貧酸素水塊の主な要因としては（1）底泥による溶存酸素消費、（2）水塊中の有機物の分解に伴う溶存酸素消費、（3）成層強化による鉛直混合阻害による表層からの溶存酸素供給の低下、があるとされているが、同所が東京湾を対象海域として実施した研究では、「貧酸素水塊形成のために底泥の酸素消費が大きな要因として挙げられる」<sup>2)</sup>とされている。このことを踏まえ、上記の研究課題に引き続き実施

されているⅡ型共同研究「海域における気候変動と貧酸素水塊（DO）/有機物（COD）/栄養塩に係る物質循環との関係に関する研究（2023-2025）」の一環として、七尾湾の南湾中央部における底層DO低下の要因を検討するため、底質の有機汚濁の状況について調査したので報告する。

### 2 方 法

#### 2・1 調査地点

調査地点は石川県水質測定計画<sup>3)</sup>に定められた環境基準地点のうち、閉鎖性水域である七尾南湾中央部とした。位置を図1に示す。

#### 2・2 試料採取及び分析方法

底質試料は底層DOが最も低下すると考えられる夏季に、エクマンバージ型採泥器を用いて採取し、分析に供するまでの間、約5℃の冷蔵庫にて保存した。試料の採取年月日を表1に、分析項目及び方法を表2に示す。

Bottom Sediment Quality in the South Nanao Bay. by KANESO Masahiro, KATO Mami (Environmental Policy Division, Living and Environment Department, Ishikawa prefecture), TAMAI Toru (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science), and HARADA Yumiko (Tedorigawa Waterworks Office)

Key words : Vertical Distribution, Bottom Sediment, Bottom Layer Dissolved Oxygen, Organic Pollution



図 1 測定地点位置図  
(地理院地図に情報を追記して掲載)

また、採泥時の水質の状況について把握するため、多項目水質計による測定を採泥と同時に実施した。なお、既報<sup>1)</sup>と同様に、多項目水質計による測定値のうち、濁度が100を超えた水深で深のデータは着底による底質の巻き上がりの影響が懸念されるため結果から除外した。

### 3 結果と考察

#### 3・1 水質鉛直分布

七尾南湾中央部における水質鉛直分布の調査結果を図2に示す。2023年と2024年の両調査のほか、参考として既報<sup>1)</sup>に記載の2020年8月及び9月の結果を付す。

水温・塩分については、2020年8月の調査では水深2~3m付近に躍層が形成されており、同年9月の調査では鉛直方向にほぼ一様であった。2023年の調査では明確な変曲点がなく、深くなるにつれて緩やかに変化した。2024年の調査では水深6~7m付近に躍層の形成がみられた。なお、横山ら<sup>6)</sup>が東京湾内湾で実施した調査においては、「毎年夏季に形成される水温躍層と、降雨等による陸域からの淡水流入で形成される塩分躍層が、DOの低下に影響を与えている」とされており、七尾湾における躍層と底層DOの関係についても、今後のデータの蓄積を踏まえた検討が必要であろう。

DOについては、2020年8月及び9月の調査と同様、底層付近でDOの低下が確認されたが、2023年及び2024年の調査では底層付近での低下幅は小さく、底層までのDOはすべて4 mg/L以上であった。

表 1 試料採取日

地点名	採取日
七尾南湾中央部	2023/7/25
	2024/7/24

表 2 各項目の分析方法

項目	分析方法
水温	多項目水質計 (HACH社製 Hydrolab DataSonde DX5) により測定
塩分	
溶存酸素 (DO)	
クロロフィル a (Chl a)	
粒度分布	底質調査方法 <sup>4)</sup> II-4.3
乾燥減量	底質調査方法 <sup>4)</sup> II-4.1
強熱減量	底質調査方法 <sup>4)</sup> II-4.2
化学的酸素要求量 (COD)	底質調査方法 <sup>4)</sup> II-4.7
全硫化物 (T-S)	底質調査方法 <sup>4)</sup> II-4.6
全炭素 (T-C)	CNコーダー法 (土壌養分分析法 <sup>5)</sup> 9.5)
全窒素 (T-N)	CNコーダー法 (土壌養分分析法 <sup>5)</sup> 9.5)
全リン (T-P)	底質調査方法 <sup>4)</sup> II-4.9.1

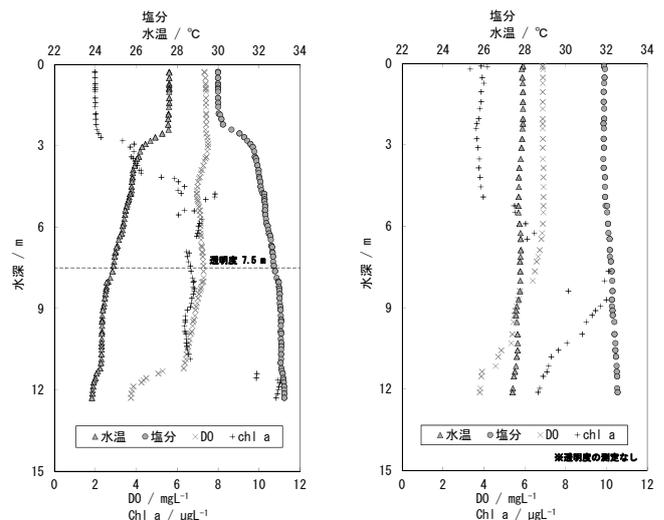


図2-1 南湾中央部における水質鉛直分布 (2020. 8)

図2-2 南湾中央部における水質鉛直分布 (2020. 9)

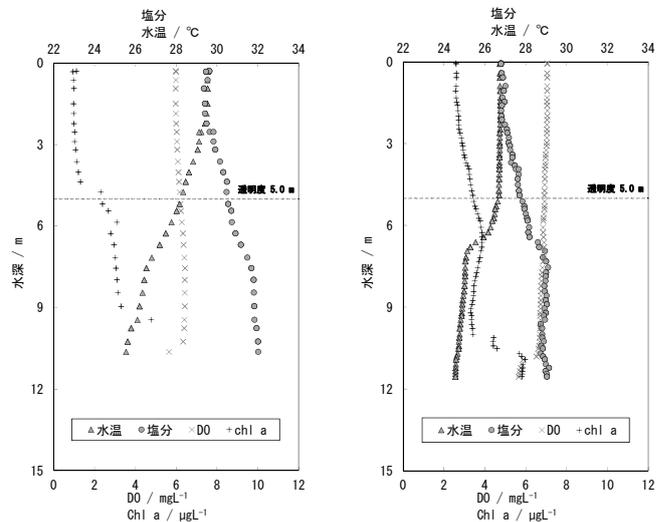


図2-3 南湾中央部における水質鉛直分布 (2023. 7)

図2-4 南湾中央部における水質鉛直分布 (2024. 7)

図 2

クロロフィルa (Chl a) については、2020年8月の調査では水深3～5 mにかけて濃度が上昇し、11 m付近までおよそ一定となったのち、底層付近で再度上昇していた。同年9月の調査では水深5～8 mにかけて濃度が上昇したのち、底層に向かうにつれ減少していた。2023年の調査では水深4～5 mにかけて濃度が上昇し、9.5 m付近で最大となった。2024年の調査では水深2～6 mにかけて濃度が緩やかに上昇し、9 m付近まで値が低下した後、底層付近で顕著に上昇した。Chl aの値が大きく変化する水深と透明度は必ずしも一致しなかった。

### 3・2 底質調査結果

七尾南湾中央部における底質調査結果を表3に示す。臭気は腐敗性臭気であり、乾燥減量が72.6～76.8%と

大きく、泥分が80～93%を占めておりヘドロ様であった。

表3の結果を踏まえ、七尾南湾中央部における有機汚濁の状況について検討した。和野ら<sup>7)</sup>は、底質の有機汚濁に関する既往の評価基準として、東京都と水産資源保護協会が作成した4つの事例を紹介している。各評価基準について、和野らの記載を基に評価した結果を表4に示す。2023年調査結果では6点評価法及び8点調査法で除去対象、水産用水基準では汚染泥、底質改良事業実施指針では汚染の始まりかかった泥という判定となった。また、2024年調査結果では8点評価法で除去対象、水産用水基準及び底質改良事業実施指針では汚染の始まりかかった泥という判定となった。

更に、七尾南湾中央部における底質の有機物の供給源

表3 底質調査結果

項目	単位	七尾南湾中央部	
		2023	2024
色		緑黒	暗緑黒
臭気		(中) 腐敗性臭気	(微) 腐敗性臭気
粒度分布			
粗砂分 (0.425 ~ mm)	%	1	5
細砂分 (0.075 ~ 0.425 mm)	%	6	15
泥分 (0 ~ 0.075 mm)	%	93	80
乾燥減量	%	76.8	72.6
強熱減量	%	12.7	12.4
化学的酸素要求量 (COD)	mg/g 乾泥	32	25
全硫化物 (T-S)	mg/g 乾泥	0.60	0.51
全炭素 (T-C)	mg/g 乾泥	26	24
全窒素 (T-N)	mg/g 乾泥	2.6	2.4
全リン (T-P)	mg/g 乾泥	0.54	0.54

表4 底質評価結果

項目	七尾南湾中央部		評価 (概略)
	2023	2024	
6点評価法	8	5	6点以上で除去対象
8点評価法	19	18	8点以上で除去対象
水産用水基準	汚染泥	汚染の始まりかかった泥	COD > 30 mg/g 又は T-S > 1 mg/g : 汚染泥 COD ≤ 20 mg/L かつ T-S ≤ 0.2 mg/g : 正常泥 それ以外 : 汚染の始まりかかった泥
底質改良事業実施指針	0.5	0.2	0以上 : 汚染の始まりかかった泥 1以上 : 汚染泥

注) 定量下限値未満の値は分析値を用いて計算した。

表5 有機物のC/N比

由来	C/N比	文献
陸上高等植物	25 ~ 500	Hedges, 1986
海藻	23 ~ 43	Duarte, 1992 ; Kennedy et al., 2004
植物プランクトン	5 ~ 15	Redfield et al., 1963 ; Duarte, 1992

について検討した。武邊ら<sup>8)</sup>は植物が生産する有機物の C/N 比 (有機炭素/全窒素モル比) は陸上高等植物、海藻、植物プランクトンで表 5 のとおり異なることを指摘し、島根県中海安来港の堆積物中の有機物について、その C/N 比から植物プランクトンが供給源であると推定している。既報<sup>1)</sup>においても、七尾湾内では Chla が底層付近で増加する傾向がみられており、この Chla で示される植物プランクトンが底質の有機物の供給源となっていると考えた。全炭素のうち、炭酸塩鉱物等の無機物に由来する炭素は十分少ないと仮定し、全炭素を全有機炭素とみなして七尾南湾中央部の底質における C/N 比を調べたところ、11~12 であった。表 5 に掲げる知見を基にすると、七尾南湾中央部における有機物の主たる供給源は植物プランクトンに由来すると推定された。

#### 4 ま と め

七尾南湾中央部において水質鉛直分布及び底質の調査を実施し、次の結果を得た。

(1) 水温及び塩分躍層の形成、並びに底層付近における DO の低下及び Chl a 濃度の上昇が確認された。

(2) 底質改良事業実施指針に基づくと、底質は汚染の始まりかかった泥という判定となった。

(3) 底質の有機物の主たる供給源は植物プランクトンに由来すると推定された。

調査にあたり、国立環境研究所主幹研究員 牧 秀明 氏におかれましては機材の貸与等にご協力を賜りました。厚く御礼申し上げます。

#### 文 献

- 1) 金曾将弘, 堅田勉, 前田空人, 重吉祐生, 原田由美子: 石川県沿岸海域公共用水域環境基準点における栄養塩類と COD に関連する有機物項目について (第 4 報), 地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所との共同研究 (II 型) 「沿岸海域における新水質環境基準としての底層溶存酸素 (貧酸素水塊) と気候変動の及ぼす影響把握に関する研究」報告書, 58-77 (2024)
- 2) 国立環境研究所 編集委員会 編: 貧酸素水塊の形成機構と生物への影響評価に関する研究 (特別研究), 独立行政法人 国立環境研究所 (2020)
- 3) 石川県: 令和 5 年度水質測定計画 (2023)
- 4) 環境省水・大気環境局: 平成 24 年 環水大水発第 120725002 号 底質調査方法 (2012)
- 5) 土壤養分分析法 (土壤養分測定法委員会 編), 139-147, 養賢堂 (1970)
- 6) 横山智子, 飯村晃: 水質鉛直分布調査による東京湾内湾の底層溶存酸素量の中長期変動, 水環境学会誌, **45**, 239-244 (2022)
- 7) 和野信市, 榛澤芳雄, 長尾義三, 近藤健雄, 寺中啓一郎, 古谷純一: 生物多様性を考慮した海底環境評価手法, 日本沿岸域学会論文集, **9**, 17-29 (1997)
- 8) 武邊勝道, 大屋誠, 三村耕一, 杉谷健一郎, 山本銅志, 亀谷均, 高田龍一, 吉田英一: 中海安来港内の有機物に富む堆積物 (ヘドロ) とその間隙水の化学組成, 名古屋大学博物館報告, **22**, 19-29 (2006)