

瀬戸内海福山沖海域の底質環境に関する研究

山本 民次・橋本 俊也・松田 治・竹本 広司*・米田 秀夫*

広島大学生物生産学部, 東広島市 739-8528

1999年5月20日 受付

要 旨 瀬戸内海福山沖海域底層の生物生息環境を評価するため, 1998年9月16日, 9測点において採泥し, 底質について分析を行った。分析項目は, 泥温, 酸化還元電位, pH, 含水率, 強熱減量, 酸揮発性硫化物量, 底質酸素要求量, および間隙水中の硫化水素濃度の8項目である。さらに, 底質直上水を採取し, 溶存酸素濃度, 硫化水素濃度およびアンモニア態窒素濃度について測定した。アンモニア態窒素濃度については, 表層水についても測定した。その結果, この海域の底層水環境は生物にとって危機的ではないが, 底質は一般に硫化物や有機物がやや高めであり, 特に芦田川河口沖では底生生物の生息環境として良好とは言えないことが明らかとなった。

キーワード: 強熱減量, 酸化還元電位, 底質, 酸素要求量, 福山, 硫化物

緒 言

海域に対して陸域から負荷される汚濁物質量が削減されても, 底質から回帰する栄養塩によって水柱内の一次生産が維持されるため, 水質の改善は急速には進まない(山本ほか, 1998)。瀬戸内海では, 水質は1970年代の最悪の時代に比べて改善傾向にあるものの, 底質は依然として改善が進まず, 底生生物の生息環境の修復が大きな課題の1つとなっている(山本ほか, 1999)。近年, 水質基準に比べてその整備がはるかに遅れていた底質基準の策定作業が水産庁などによって進められつつある。そこで, 本研究では備後灘北部で富栄養化の進行している広島県福山市沖海域において底質と水質を調査し, 底生生物の生息環境としての評価を行うことを目的とした。

方 法

ほぼ成層期の末期に当たり, 底質が季節的に最も悪くなると推定される時期の1998年9月16日, 福山沖海域の9測点(Fig. 1)においてエクマン・バージ採泥器を用いて海底泥を採取した。採泥後すぐ, 船上において泥温(水銀棒状温度計), 酸化還元電位(ORP; 飽和塩化銀電極 PS-112C, 東亜電波社), pH(PHS-120, 電気化学計器株式会社)を測定し, 残りの試泥はプラスチック容器に入れて冷蔵保存して研究室に持ち帰り, 酸揮発性硫化物量(AVS-S; ヘドロテックS, ガステック)と間隙水中の硫化水素濃度(FONSELIUS, 1983)を測定した。同日から翌日にかけて, 含水率と強熱減量(IL; 小山, 1982)および底質酸素要求量(SOD)を測定した。SODは20℃, 48時間培養による酸素濃度の差として求めた。

また, 同測点において底質直上水と表層水を採取した。底質直上水については, 溶存酸素濃度(DO; 日本海洋学会, 1985)および硫化水素濃度を測定した。別に, 表層水と底質直上水をポリエチレン容器に入れて冷蔵保存して研究室に持ち帰り, メンブランフィルター(Type HA, Millipore)でろ過し, 翌日, アンモニア態窒素濃度(SASAKI and SAWADA, 1980)を測定した。

結 果

今回の調査で得られた結果すべてを Table 1 に示した。海水中のアンモニア態窒素濃度は, Stn. 9 の底層水で $23.21 \mu\text{g at l}^{-1}$ と高く, Stn. 5 と 8 の表層水中でもそれぞれ, $6.53, 8.78 \mu\text{g at l}^{-1}$ とやや高かった(Fig.

* 広島県福山農林事務所, 〒720-0031 福山市三吉町

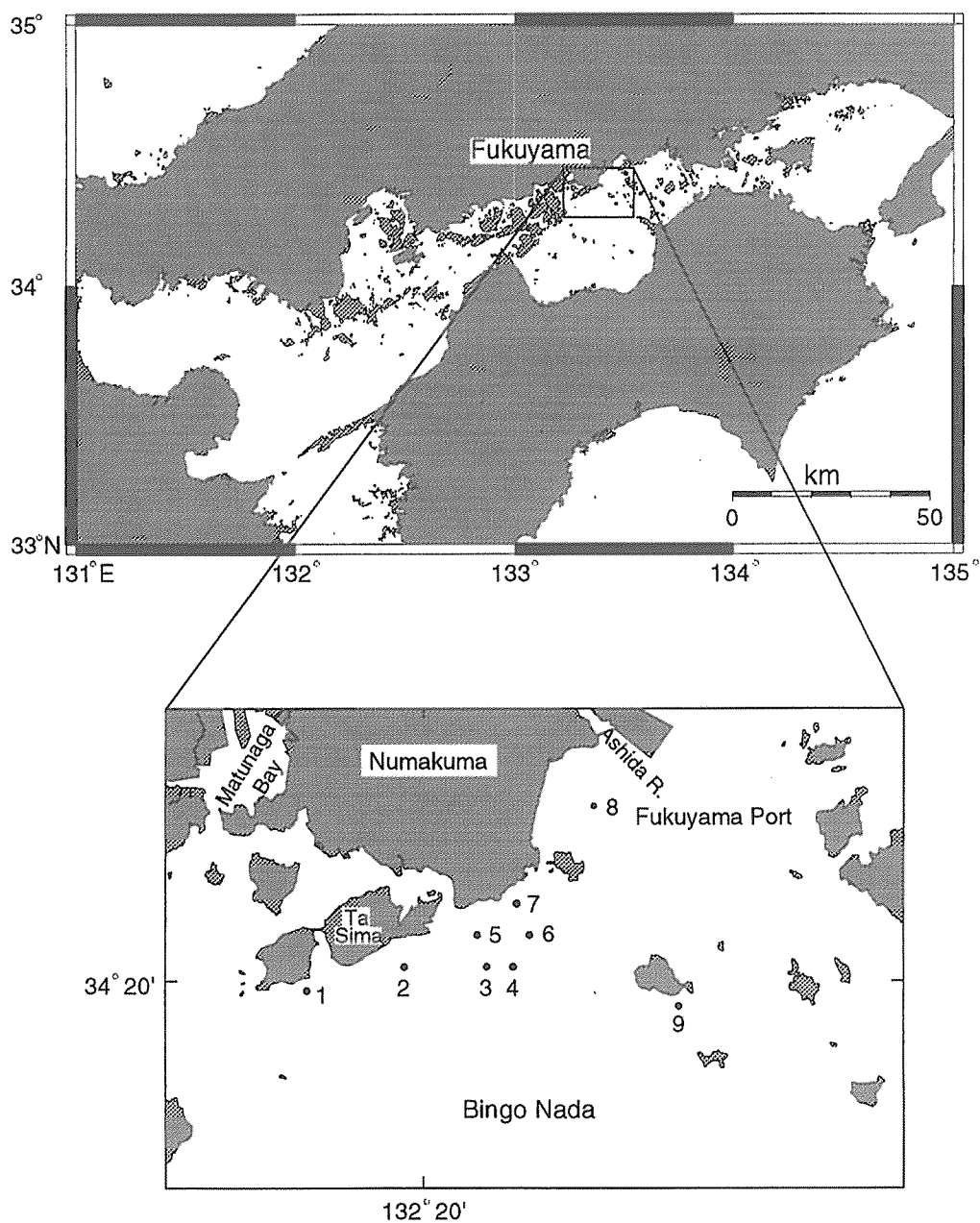


Fig. 1. Map showing the location of sampling stations in the sea off Fukuyama, the Seto Inland Sea, Japan.

2a)。直上水中のDO濃度は $3.12\sim 4.65\text{ ml l}^{-1}$ で、測点間の違いは大きくなかった (Fig. 2b)。

底質中の含水率はStn. 1と7以外は70%前後あるいはそれ以上であった (Fig. 3a)。ILはStn. 9において6.2%と低かったが、それ以外の測点では7.5~9.4%であった (Fig. 3b)。AVS-SはStn. 8において $0.88\text{ mg g}^{-1}\text{dw}$ と高く、一方、Stn. 9では $0.22\text{ mg g}^{-1}\text{dw}$ と低かった (Fig. 3c)。ORPはすべての測点で負の値を取って還元性であり、特にStn. 1, 2, 3を除くすべての測点において -150 mV 程度の低い値を示した (Fig. 3d)。底質のpHは7.11~7.42で、測点間の変動は小さかった (Fig. 3e)。SODはStn. 8で最も大きかったのに対

Table 1. Sediment and water quality of offshore area of Fukuyama, Japan. September 16, 1998. DO: dissolved oxygen, IL: loss on ignition, AVS-S: acid-volatile sulfide, ORP: oxydation-reduction potential, SOD: sediment oxygen demand.

Stn.	Depth (m)	Sampling depth (m)	Water quality			Sediment quality						
			NH ₄ -N ($\mu\text{g at l}^{-1}$)	DO (ml l^{-1})	H ₂ S (mg l^{-1})	IL (%)	AVS-S ($\text{mg g}^{-1}\text{dw}$)	H ₂ S (mg l^{-1})	ORP (mV)	pH	SOD (mg g^{-1})	Water content (%)
1	21	0	0.97			7.5	0.40	0.10	-35	7.25	1.98	61.2
		B-2	1.00	4.65	ND*							
2	16	0	1.65			8.5	0.53	0.11	-65	7.26	2.74	70.9
		B-2	1.85	4.54	ND							
3	17	0	1.33			9.4	0.44	0.07	-101	7.27	3.28	75.8
		B-2	1.14	4.46	ND							
4	19	0	1.83			9.4	0.56	0.11	-156	7.11	2.73	73.2
		B-2	1.13	3.36	ND							
5	14	0	6.53			8.7	0.43	0.10	-140	7.26	2.70	68.0
		B-2	2.55	3.82	ND							
6	15	0	4.18			9.3	0.56	0.12	-144	7.21	2.96	72.8
		B-2	3.52	3.12	ND							
7	12	0	4.17			7.7	0.51	0.16	-141	7.32	2.36	63.0
		B-2	5.31	4.11	ND							
8	9	0	8.78			9.1	0.88	0.13	-156	7.11	3.88	74.6
		B-2	3.64	4.26	ND							
9	>30	0	2.16			6.2	0.20	0.04	-135	7.42	1.87	68.1
		B-2	23.21	4.07	ND							

*; not detected.

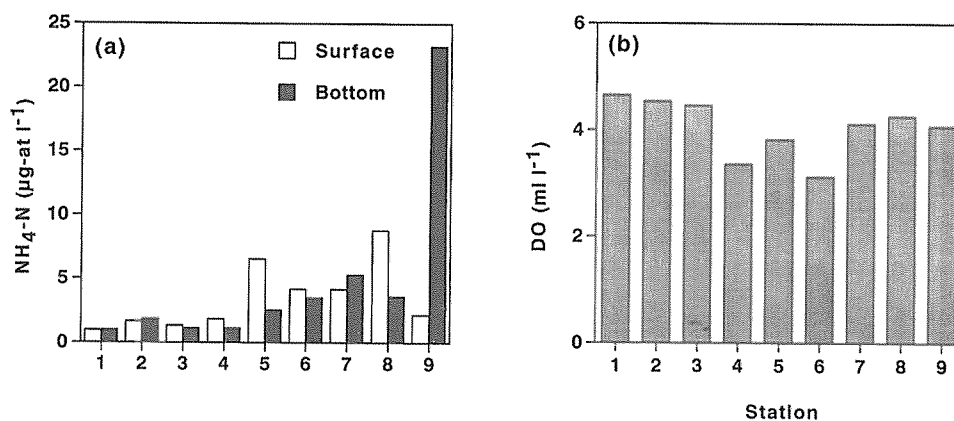


Fig. 2. Concentration of (a) ammonia (NH₄-N) in the surface water and the overlying water, and (b) dissolved oxygen (DO) in the overlying water (B-2 m) of the sediment at each station. September 16, 1998.

し (3.88 mg g⁻¹), Stn. 1 と 9 では 2 mg g⁻¹ 以下であった (Fig. 3f)。

考 察

上記の結果から、芦田川河口沖の Stn. 8 は AVS-S や SOD の値が大きく、有機物量も比較的多いことから、最も汚濁の程度が重いと考えられる。Stn. 3 と 4 は Stn. 8 に次いだ。一方、Stn. 9 は還元的是であるが、

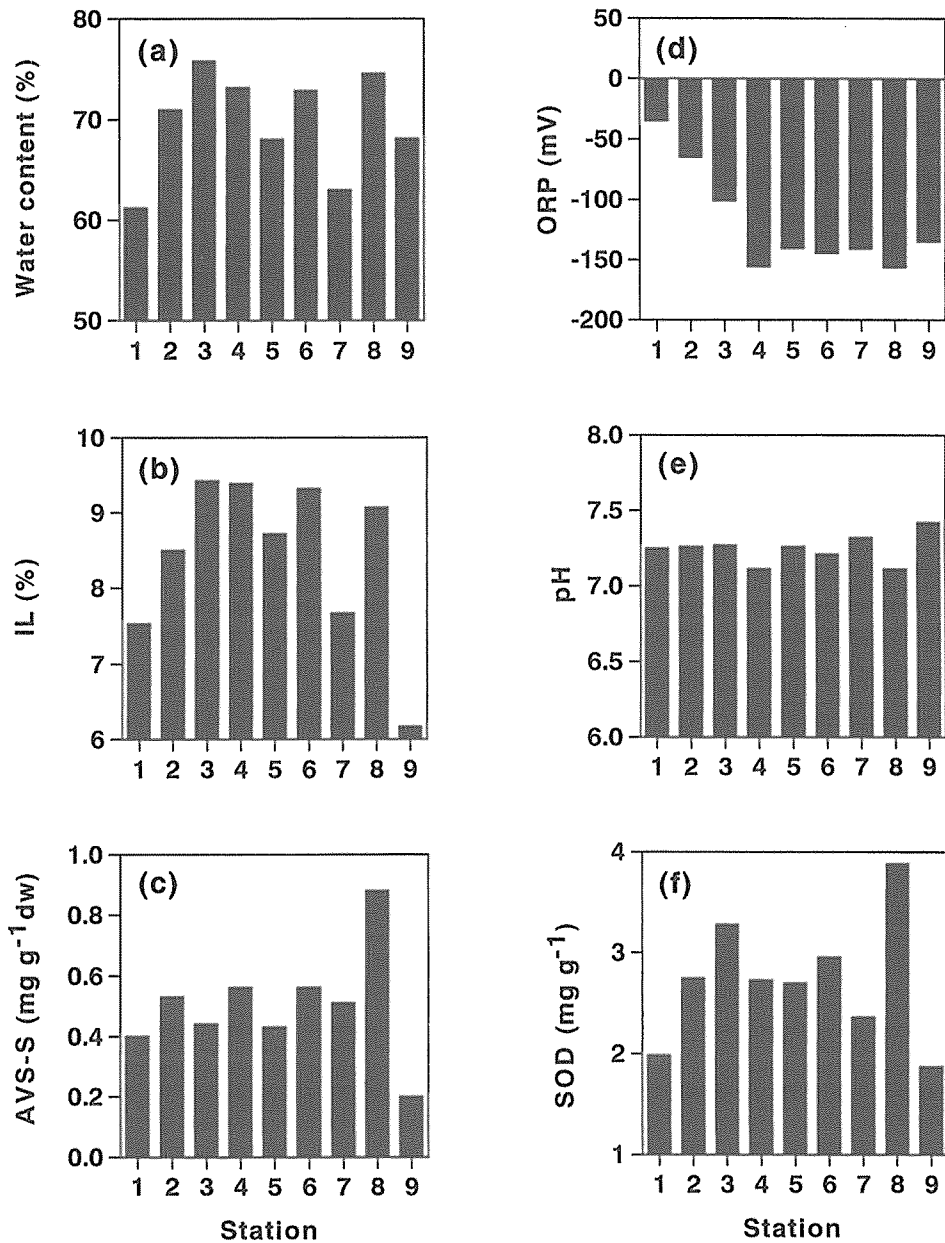


Fig. 3. Sediment quality at each station. (a) Water content, (b) loss on ignition (IL), (c) concentration of acid-volatile sulfide (AVS-S), (d) oxydation-reduction potential (ORP), (e) pH, and (f) sediment oxygen demand (SOD). September 16, 1998.

機物量が少なく、AVS-S や SOD が低いことから、相対的に汚濁の程度が軽いと判断される。Stn. 1 と 7 がこれに次いだ。

底質環境の判定基準値は体系的には整備されていないが、今回の AVS-S の測定結果を「水産用水基準」の化学的酸素要求量 (COD) と全硫化物量 (TS) に基づく底質の有機汚染度 (水産資源保護協会, 1995) の TS 値に当てはめて考察すると、「正常泥」($<0.2 \text{ mg g}^{-1} \text{ dw}$) に対応するのは Stn. 9 のみで、その他の測点

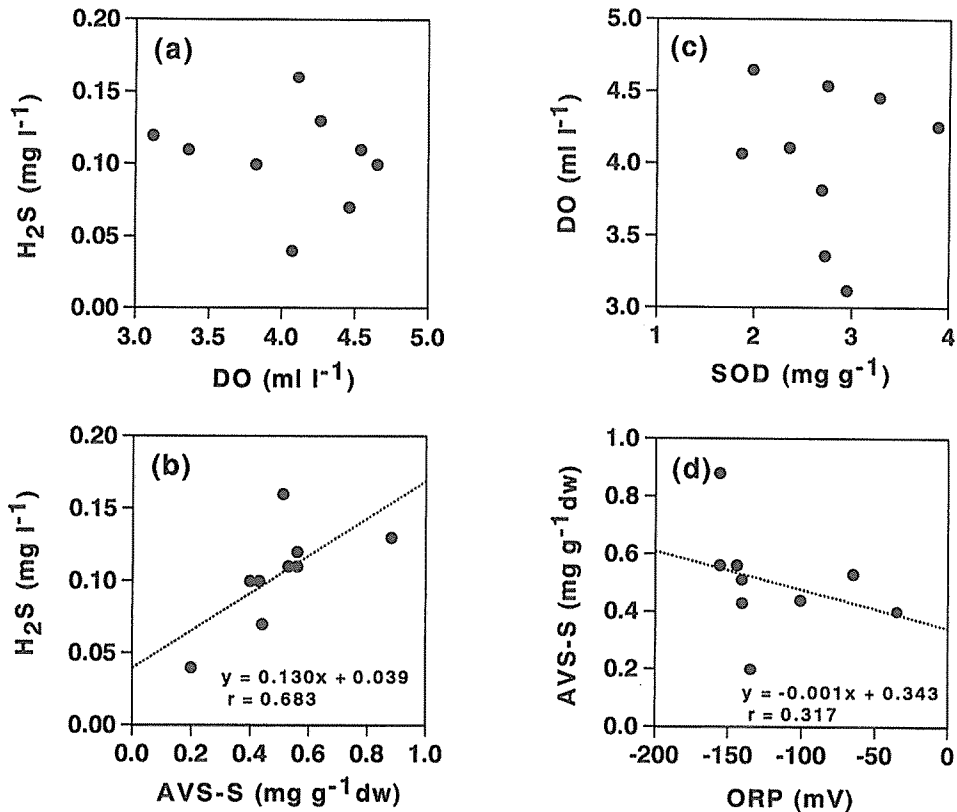


Fig. 4. Relationship between the parameters. (a) Dissolved oxygen (DO) concentration and hydrogen sulfide (H₂S) concentration in the overlying water, (b) acid-volatile sulfide (AVS-S) concentration of the sediment and H₂S concentration in the overlying water, (c) sediment oxygen demand (SOD) and DO concentration in the overlying water, and (d) oxydation-reduction potential (ORP) and AVS-S concentration of the sediment. September 16, 1998.

の値はいずれも「汚染の始まりかかった泥」(0.2~1.0 mg g⁻¹ dw)に対応する。中でも Stn. 8 の値は「汚染泥」(>1.0 mg g⁻¹ dw)に近いことが特徴的である。

アンモニア態窒素濃度が Stn. 9 の底層で高かったのは、水深が大きいため有機物の分解による供給が植物体による取り込みを上回ったためと考えられるが、Stn. 8 の表層で高かったのは芦田川の影響が大きいためであろう。Stn. 8 の底質が有機物に富むのは、同様に芦田川からの負荷の影響が大きいためと思われる。

パラメータ間の相関において明瞭な関係が見られたのは、底質 AVS-S と直上水の硫化水素濃度、および底質の ORP と AVS-S であった (Fig. 4b, 4d)。これらのことから、底質中において有機物の分解が起こり、還元的な状態で硫酸還元過程が進行し、底質の間隙水中の硫化水素濃度が高くなると考えられる。

今回の調査ではいずれの測点においても直上水中には硫化水素は全く検出されず (Table 1)、DO 濃度も「底生生物の生息状況に変化を引き起こす臨界濃度 3 ml l⁻¹」(日本水産資源保護協会, 1995) 以上存在したことから、福山沖海域の底層水環境は生物の生息環境としては危機的な状態にはないと考えられる。一方、底質そのものはいずれの測点においても硫化物や有機物量がやや高めであるか、あるいは還元性が強く、特に Stn. 8 では底生生物の生息環境は良好とは言えないと結論される。ただし、最も貧酸素化が進行すると思われる 9 月に調査を行ったものの、今回 1 回限りの測定結果から結論を導き出すことの危険性は大きい。

謝 辞

英文を手直ししていただいた、広島大学生物生産学部 Vaishali Pawar 女史に感謝します。

引 用 文 献

- FONSELIUS, S. H., 1983, Determination of hydrogen sulphide. *In*, Methods of Seawater Analysis, 2nd ed. pp. 73-80, Verlag Chemie, Weinheim.
- 小山忠四郎, 1982, 水質・底質化学分析法。pp.197-198, 成文堂, 東京。
- 日本海洋学会, 1985, 海洋観測指針。気象庁(編), pp.158-164, 大東印刷, 東京。
- 日本水産資源保護協会, 1995, 水産用水基準。68 pp.
- SASAKI, K. and Y. SAWADA, 1980, Determination of ammonia in estuary. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **46**, 319-321.
- 山本民次・松田 治・橋本俊也・妹背秀和・北村智顕, 1998, 瀬戸内海底泥からの溶存無機態窒素およびリン溶出量の見積もり。海の研究, **7**, 151-158.
- 山本民次・松田 治・橋本俊也・妹背秀和, 1999, 瀬戸内海表層底泥に見られる強熱減量, 酸化還元電位および酸揮発性硫化物濃度の関係。沿岸海洋研究, **36**, 171-176.

A Study on the Sediment Quality of the Sea off Fukuyama, the Seto Inland Sea, Japan.

Tamiji YAMAMOTO, Toshiya HASHIMOTO, Osamu MATSUDA,
Hiroshi TAKEMOTO* and Hideo YONEDA*

*Faculty of Applied Biological Sciences, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

A study was carried out on the sediment quality of the sea off Fukuyama, the Seto Inland Sea, Japan to evaluate the environmental conditions. Sediment temperature, oxidation-reduction potential, pH, water content, loss on ignition, acid-volatile sulfide concentration, and sediment oxygen demand were measured, along with the hydrogen sulfide concentration in the interstitial water of the sediment. Concentrations of dissolved oxygen, hydrogen sulfide and ammonia in overlying water of the sediment were measured. Ammonia concentration of the surface water was also determined. It revealed that the quality of overlying water of the area is not so deteriorated as to impart serious damage to benthic organisms. However, sediment of the area, in particular off the Ashida River, was rich in organic content and sulfide, and hence inhabitable by benthic organisms.

Key words: Fukuyama, Loss on ignition, Oxidation-reduction potential, Oxygen demand, Sediment quality, Sulfide

* Hiroshima Prefectural Fukuyama Agriculture and Forestry Office, Miyoshi-cho, Fukuyama 720-0031, Japan