

## 阿蘇海における無酸素層と硫化水素の 周年変化について

中西雅幸・杉山元彦・西岡 純・田中俊次

On the Annual Changes of Unoxic Water  
and Hydrogensulfide in the Asokai

Masayuki NAKANISHI,\*<sup>1)</sup> Motohiko SUGIYAMA,\*<sup>2)</sup>

Jun NISHIOKA,\*<sup>1)</sup> and Syunji TANAKA \*<sup>3)</sup>

海域の富栄養化に伴う生物生産の増大は、その生産された有機物の分解過程において、多量の酸素の消費を引きおこす。ここに生じた貧酸素状態の環境で硫酸還元菌の活性が高まり、海水中の硫酸塩の還元に基づく硫化水素の発生、蓄積がおこる。<sup>1)</sup> 浅海域や内湾漁場で水生生物に有害なのは遊離の硫化水素であるといわれている。<sup>1,2)</sup>

阿蘇海は水深およそ3mの2つの水道で宮津湾とつながり、海水の交換が行われている。また、沿岸域からの栄養塩の流入も多く、近年、富栄養化の傾向がいちぢるしいことが報告されている。<sup>3)-6)</sup>

現在まで阿蘇海の水質、底質についての調査は多数行われている。宮地ら<sup>7)</sup>は1945年から1946年にかけて、4回本湾の水質調査を実施した。そして、阿蘇海を、冬期に完全に上層混合が起こる型と周年底層が無酸素状態を持続する型の中間であると類別した。

田中ら<sup>5)</sup>は1974年から1975年にかけて5回の調査を行った。そして7月から12月の調査で底土上0.5mの底層水中で最高123  $\mu\text{g-at.S}/\ell$ の硫化水素を検出した。

上田ら<sup>3)</sup>は1974年から1975年にかけて4回調査を実施した。そして底層の貧酸素状態は冬期にも持続すると報告している。しかし全般に阿蘇海に関する報告は1年間に4回程度の調査に基づくものが大部分である。

橘高<sup>4)</sup>は1951年6月から1952年4月にかけて7回調査した。そして7月と10月に本湾最深部の底層で4.62 cc/ $\ell$ の硫化水素を検出した。

それ以後阿蘇海について周年調査をした報告はない。そこで著者らは本湾の漁業生産の増大を阻たげている無酸素層の発生およびそれに伴う硫化水素の蓄積について周年調査をした。同

---

\*1) Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu, Kyoto prefecture

\*2) Present address: National Research Institute of Aquaculture, Mie prefecture

\*3) Present address: Fishery Office of Kyoto prefecture

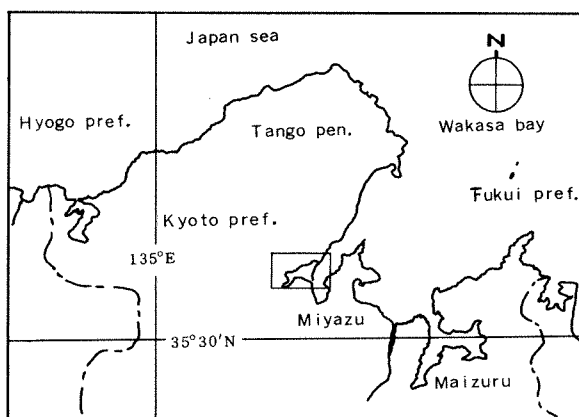
本研究の一部は京都府公害対策技術者会議内海域部会の阿蘇海の汚濁機構解明調査費によった。

時に底泥の硫化物についても周年調査をしたので報告する。

報告に入るに先立ち、本稿を校閲していただいた京都府立海洋センター所長塩川司博士に御礼申し上げる。また調査に多大の協力を惜しまれなかった京都府立海洋センター所属みさき丸の乗組員の方々に御礼申し上げる。

### 調査方法の概要

調査定点は図1に示したように、阿蘇海内に5点、対照点として宮津湾内に1点を設定した。S tn. 3は本湾の最深部で水深およそ13 mである。S tn. 1からS tn. 5を本湾の長軸とみなした。



調査回数は13回で1978年4月24日から1979年5月2日の間に概ね各月1回実施した。

水質調査は全調査定点で実施した。水温と塩分は鶴見精機製STメーター(MODEL-1D)を、溶存酸素飽和度(DO%)はEIL15A型DOメーターを使用しS tn.6を除いて表層から底層まで1 mご

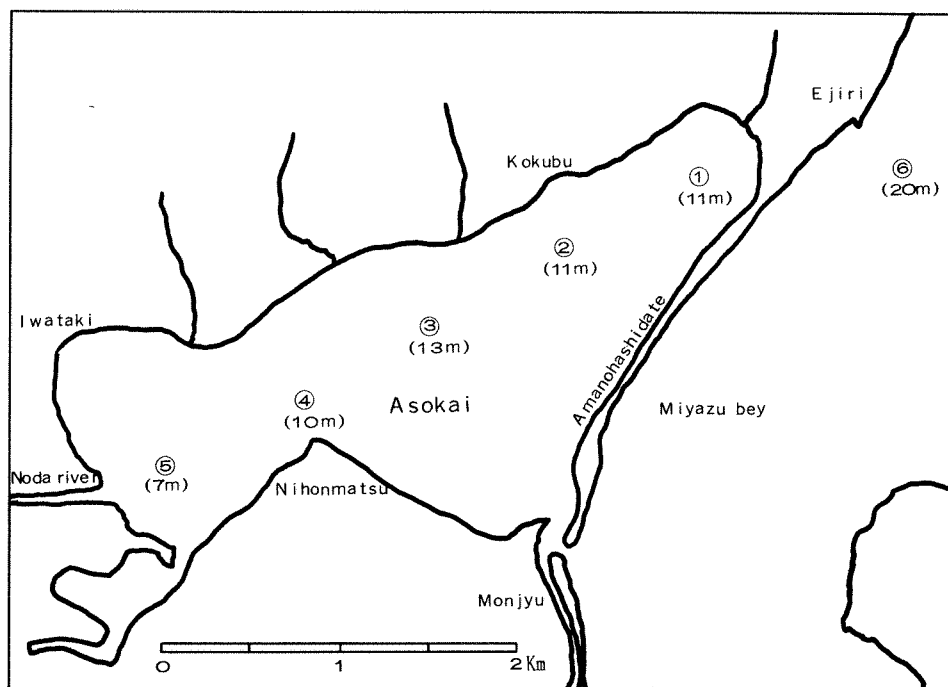


図1 阿蘇海調査定点、( )内は水深、S tn. 1からS tn. 5までを本湾の長軸とみなした。

とに測定した。Stn. 6については5 mごとに測定した。そしてDO 10%以下を示す水層を無酸素層とみなした。採水には北原式採水器を用いた。海水中の硫化水素( $H_2S$ )はアミン硫酸法により採水後ただちに発色させ、実験室に持帰り、比色定量した。

底泥の分析はStn. 3 についてのみ実施した。採泥には柱状採泥器を用いた。柱状の試泥を0~1, 1~2, 2~3, 3~4, 4~5, 5~6, 7~8, 10~11, 15~16, 20~21 cmの各層に分け各層ごとに分析した。底泥中の硫化物は富山ら<sup>8)</sup>の方法で水蒸気蒸留し酢酸亜鉛溶液で捕集したものについて上記の水中の硫化水素の定量法により比色定量した。水分含量は常法により定量した。

### 結果と考察

DOと $H_2S$ の周年変化 阿蘇海の長軸断面におけるDO,  $H_2S$ , 水温, 塩分の周年変化を図2-1~3に示した。阿蘇海の表層水は周年ほぼDO過飽和の状態を示した。これは植物プランクトンの活性が高いためと考えられる\*。しかし底層のDOは非常に低い。これは上下層の

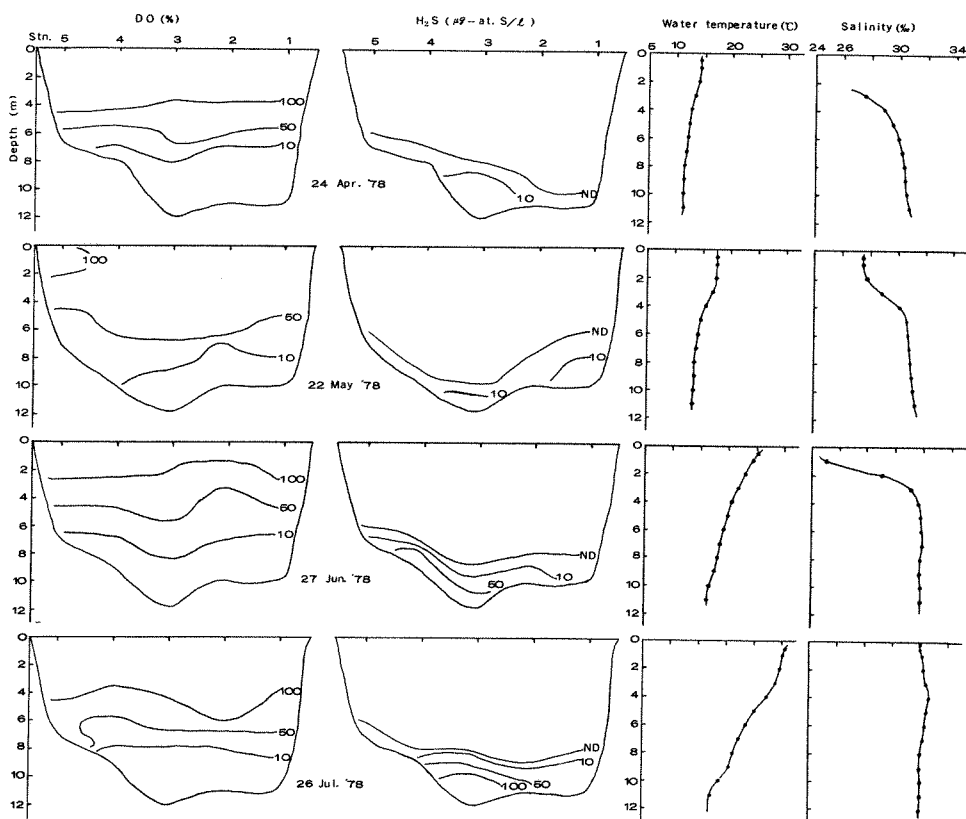


図2-1 阿蘇海の長軸断面における溶存酸素飽和度(DO%), 硫化水素( $\mu g\text{-at. S/l}$ ), 水温( $^{\circ}C$ ), 塩分(‰)の周年変化。  
ND: not detected.

\* 著者(西岡): 阿蘇海のプランクトンについて, 本誌

混合が不十分なためと、堆積有機物の分解が盛んなためと考えられる。特に春期から秋期にかけて上下層のDO飽和度の差が顕著であり典型的な富栄養化した内湾の状態を示した。なお宮津湾内の Stn. 6 では周年、表層から 20 m の底層までほぼ DO 100% を示し底層が貧酸素状態になることはなかった。

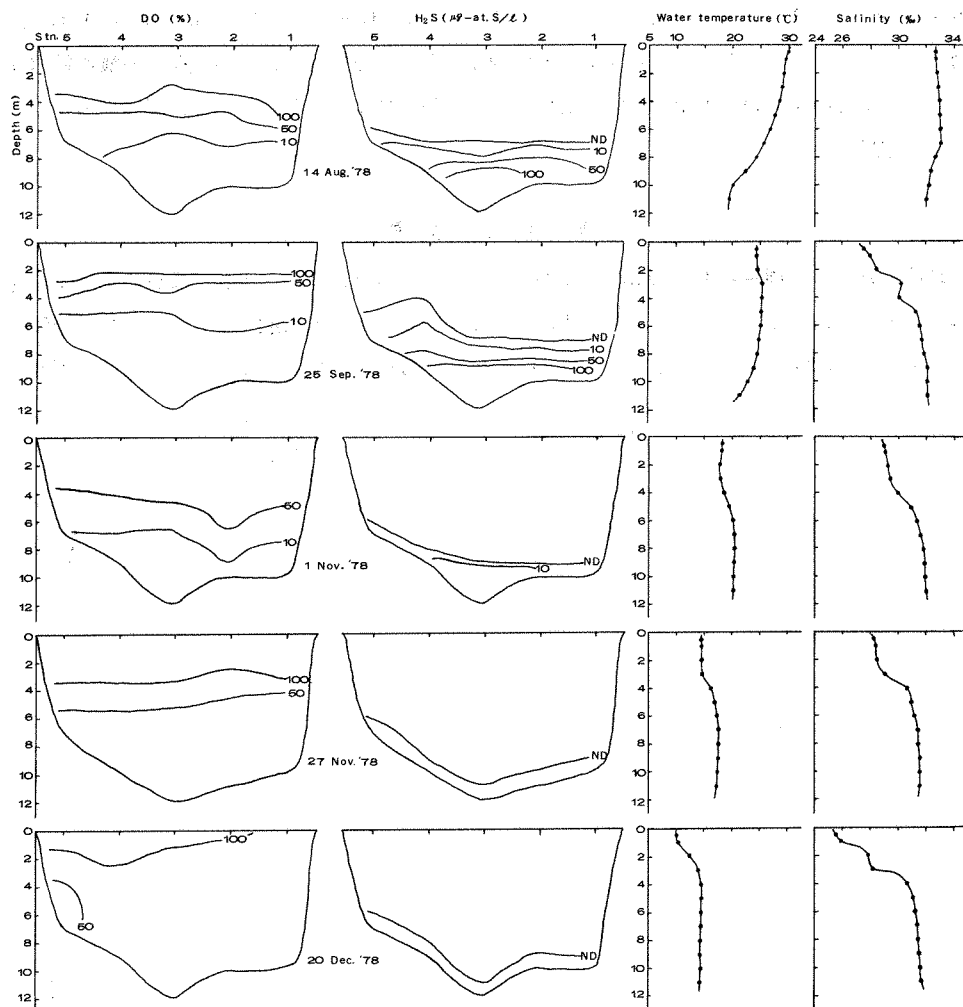


図 2-2 阿蘇海の長軸断面における溶存酸素飽和度 (DO%), 硫化水素 ( $\mu\text{g-at.S}/\ell$ ), 水温 ( $^{\circ}\text{C}$ ), 塩分 (‰) の周年変化, 水温と塩分は Stn. 5 の平均.  
ND: not detected.

無酸素層は 1978 年 4 月 24 日には、ほぼ本湾全域にわたって海底上 4 m 以下に認められた。この無酸素層は夏期に向かうにつれて上昇し、9 月には最高となり海底上 7 m に達した。しかし鉛直混合期に入ると思われる 11 月になると底層の DO の回復は早く、11 月下旬には、およそ DO 40% に回復した。以降、底層の DO は増加し 1979 年 1 月下旬には DO は 70% に回復した。しかし表層から底層まで完全に混合し、同じような DO を示すことは周年認めら

れなかった。

H<sub>2</sub>Sについてみると1978年4月にS tn. 3の底層を中心に低濃度のH<sub>2</sub>Sが検出された。5月以降、底層水にH<sub>2</sub>Sの検出される範囲は広がるが、野田川河口部のS tn. 5(水深、7m)では周年検出されなかった。底層水に高濃度のH<sub>2</sub>Sが検出されるのは6月以降でありその

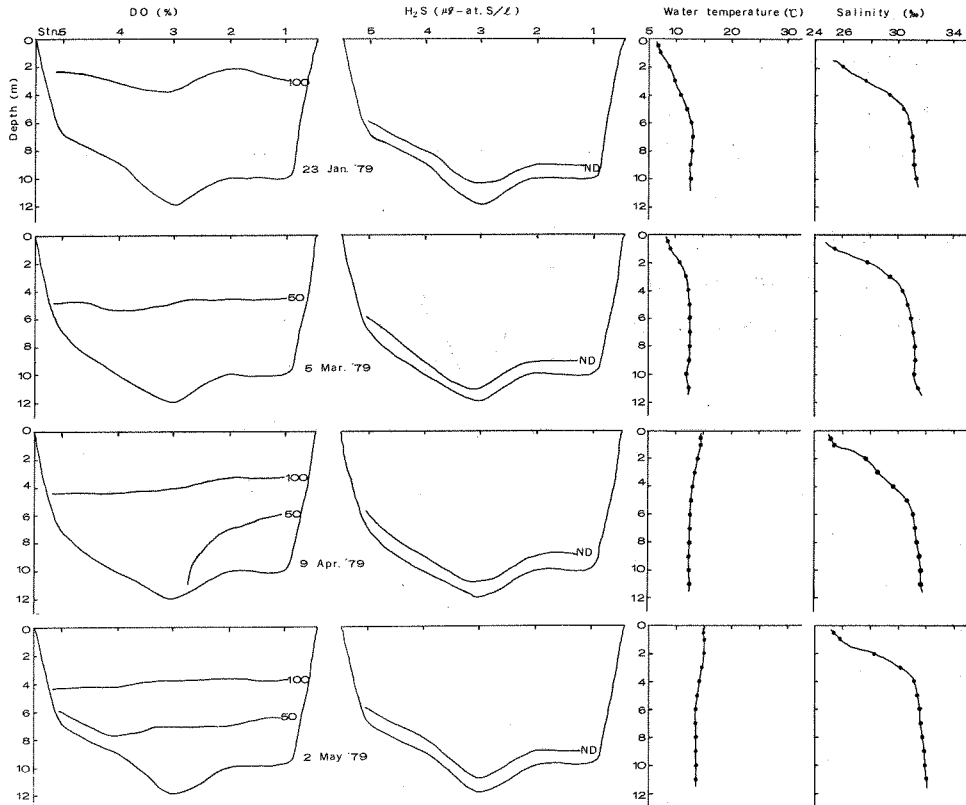


図 2-3 阿蘇海の長軸断面における溶存酸素飽和度 (DO%), 硫化水素 ( $\mu\text{g-at. S/l}$ ), 水温 ( $^{\circ}\text{C}$ ), 塩分 ( $\text{‰}$ ) の周年変化.

ND : not detected.

蓄積は急速に行われた。9月下旬には最高  $200 \mu\text{g-at. S/l}$  以上のH<sub>2</sub>SがS tn. 3の底層水中に検出された。H<sub>2</sub>Sが検出されたのは周年海底上5m以下にかぎられていた。そしてH<sub>2</sub>Sは水深が浅くなるにつれて急激に減少し、その濃度勾配は急であった。底層のDOが回復する11月以降には、H<sub>2</sub>Sは検出されなくなった。

S tn. 3の底層における無酸素層の消長と、H<sub>2</sub>Sの関係について図3に示したが両者の消長は完全に一致した。無酸素層と硫化水素層の最も上昇する9月下旬においても、底層の還元的環境が表層水に影響を及ぼすことはなかった。また鉛直混合により表層の酸素が消費される時期にも酸素は高濃度に存在していた。

このことから阿蘇海の表層水における酸素生産量は非常に大きいと推察される。そしてその

原因は富栄養化に伴う植物プランクトンの現存量が周年非常に多いことによるとと思われる。

底泥中硫化物の鉛直分布と周年変化 底泥硫化物の定量は本湾最深部の S tn. 3 (水深, 13 m) について実施した。なお本報における底泥硫化物の定量法では、 $H_2S$ 、 $FeS \cdot nH_2O$ 、 $Fe(SH)_2$ などの易解離性の硫化物しか定量されていない。底泥中に比較的多いとされている  $FeS_2$  は定量しなかった。その理由は、畑<sup>1)</sup>らも述べているように、水生生物に有害なのは主として遊離の  $H_2S$  だからである。

底泥硫化物の周年変化を図4に示した。硫化物は周年表層に非常に多く下層ほど少なかった。0~2 cm層の硫化物は周年ほぼ  $10 mg S/g$  dry 以上存在した。そして4月かけ9月にかけてよりも11月から12月に多く3月には最低値を示した。秋期の硫化物濃度は夏期のおよそ1.4倍であった。

2~4 cm層でも0~2 cm層と同様の周年変化が認められたが、その濃度は0~2 cm層の  $\frac{1}{2}$  以下であった。

4~6 cm層およびそれ以下の層では硫化物は急激に少なくなった。4~6 cm層で  $1.6 mg S/g$  dry, 15~21 cm層で  $0.6 mg S/g$  dry の値を示し、一年を通してほぼ一定していた。

図5に底泥中硫化物の濃度範囲を示した。0~4 cm層に含まれる硫化物量は0~21 cm層のそのの

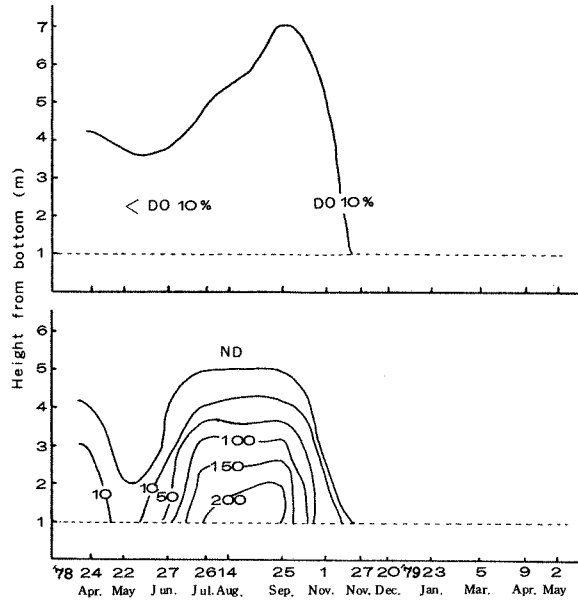


図3 底層水における無酸素層(上)と硫化水素(下)の消長。(S tn. 3)  
単位は酸素飽和度(%)と硫化水素  $\mu g-at. S/l$   
ND: not detected.

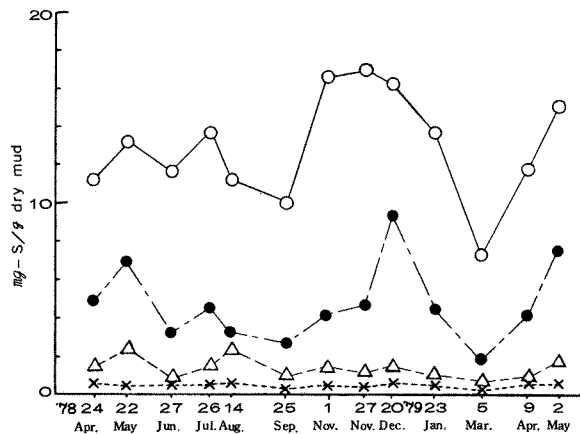


図4 底泥中硫化物濃度の周年変化(S tn. 3)  
—○— : 0~2 cm, ---●--- : 2~4 cm  
---△--- : 4~6 cm, ---×--- : 15~21 cm  
の各平均を示す

およそ72%を占めた。

一般に酸素の豊富な底層水に触れている底泥表面は灰色ないし灰褐色を呈するが本湾においては周年この酸化層は認められなかった。冬期に、底泥上1mの底層にまで酸素は供給されDOおよそ70%にまで回復するがそれ以深でこの酸素は消費されてしまうのでないかと推察される。そして底泥表面にまで酸素は到達し得ないのであろう。底層水中の $H_2S$ の消長は激しいが、それに比較すると底泥中硫化物の周年変化は小さいと言える。また表面に酸化層の出現することもなかった。このことから冬期、鉛直混合によって底層水に酸素が供給された時、底泥上1m以浅は比較的酸化状態を示すのに対して、底泥表面はほとんど酸素に接触することはないと推察される。すなわち、酸素収支の観点からすれば、阿蘇海は底泥に酸素を直接供給し、浄化する能力を持たないことを示唆している。

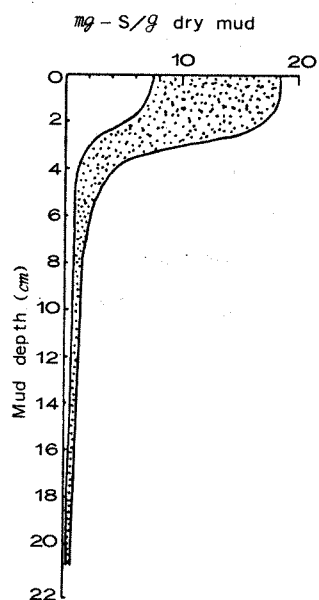


図5 底泥中硫化物濃度の範囲(Stn.3)

## 要 約

1. 阿蘇海における無酸素層および硫化水素の消長について、1978年4月から1979年5月にかけて13回調査した。
2. 表層水中の酸素は周年過飽和状態で底層では低酸素状態であった。
3. 底層の無酸素層は9月には底土上7mにまで達した。11月以降には消滅し、1月には底層水の酸素飽和度はおよそ70%にまで回復した。
4. 硫化水素の消長は無酸素層の消長と一致した。
5. 底泥中の硫化物は表層に多く低層に少なかった。その周年変化は底層水中の硫化水素のそれに比較して小さかった。
6. 冬期には、底層水の酸素は回復するが底泥は直接酸素に触れることはないと考えられた。

## 引 用 文 献

- 1) 畑 幸彦：沿岸海域の底土堆積物中における硫化物の生成，水大研報，14(2)，37-83(1965)。
- 2) 藤田雄二・谷口忠敬・飯塚昭二・銭谷武平：浅海域の微生物学的研究-IV，長崎大水産学部研報，24，79-88(1967)。

- 3) 上田 博・岡 高明：富栄養化に関する研究（その2），京都府公害研究所年報，4，  
81—85（1975）。
- 4) 橘高二郎：日水研創立三周年記念論文集，日水研，1952，pp. 139—149。
- 5) 田中俊次・杉山元彦・西岡 純：与謝内海水質環境調査，京水試報，昭和49年度，  
104—111（1976）。
- 6) 田中俊次・杉山元彦・中西雅幸：与謝内海の水質について，京水試報，昭和50年度，  
127—130（1977）。
- 7) 宮地伝三郎・波部忠重・川口正雄・山路 勇：与謝内海の海況の遷移と漁獲減少に就て，  
動物学雑誌，57（9），147—151（1947）。
- 8) 富山哲夫・神崎嘉瑞夫：底土に含まれる硫化物の少量定量法，日水誌，17（5），115  
—121（1951）。