

# ベルジャーを用いた底質の酸素消費速度測定装置の改善と博多湾における現地観測

福岡大学工学部 学生員○大久保良昭 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

博多湾では、福岡市西部地区埋め立て事業において、室見川河口の西、東側の2ヶ所から埋立用の土砂を掘削した結果、約74haの窪地が形成された。ここでは貧酸素化などの水質の悪化が生じ、生物に影響を及ぼすことが問題となっている。夏季には底層で貧酸素水塊が度々観測され生態系への影響が認められている<sup>1)</sup>。博多湾の生態系を持続的に保全するためには博多湾底質の酸素消費量を把握する必要がある。

本研究室ではベルジャーを用いた酸素消費測定装置の開発を行ない、これまでにベルジャー内の酸素消費速度の測定、水中カメラによる底質の状況確認を行ってきた。しかし、ベルジャー内の水塊が均一化されていないことや、ベルジャー内における酸素消費の内、底質によるものと水塊のバクテリア等によるものの分離は行えていない等の問題点もある。また、博多湾では貧酸素水塊を改善するため、2011年7月7日に東側窪地(C-5)(図-1参照)において、浚渫土砂投入による窪地の埋め立て工事が開始された。そこで本研究では以下の3点を目的として設定した。

## 2. 目的

- 目的① 装置を改良し、底質による酸素消費と水塊による酸素消費の割合を明らかにする。
- 目的② 装置内の水塊の溶存酸素濃度を変化させ、底質の酸素消費速度の変化を明らかにする。
- 目的③ 土砂投入による底質の酸素消費への影響を明らかにする。

## 3. 研究方法

本研究で用いた装置を写真-1に示す。塩化ビニル樹脂製の容器(ベルジャー)に多項目水質計(HYDROLAB社製MS5)を組み合わせたもので、ベルジャー内部の容積は13300 cm<sup>3</sup>、底面積は754.8 cm<sup>2</sup>である。また、海底でベルジャー内を密閉状態に保つ構造となっており、着底した際の底泥の巻き上がり、観測中の観測装置の様子を確認するための水中カメラを、ベルジャー内の水塊を採水するための水中ポンプを、ベルジャー内部に水質を均一にするための攪拌機を装着している。測定の際は、底質による酸素消費と水塊内のバクテリア等による酸素消費を分離するため、ベルジャーによる測定と平行して、事前にベルジャー内の海水をポンプで船上の容器に汲み上げ、密閉した容器内での酸素消費を多項目水質計により測定した。また、DO濃度による酸素消費速度の変化を明らかにするため、ベルジャー内へ高酸素化した海水を送り、同様の測定も行った。現地での測定手順は次のとおりである。

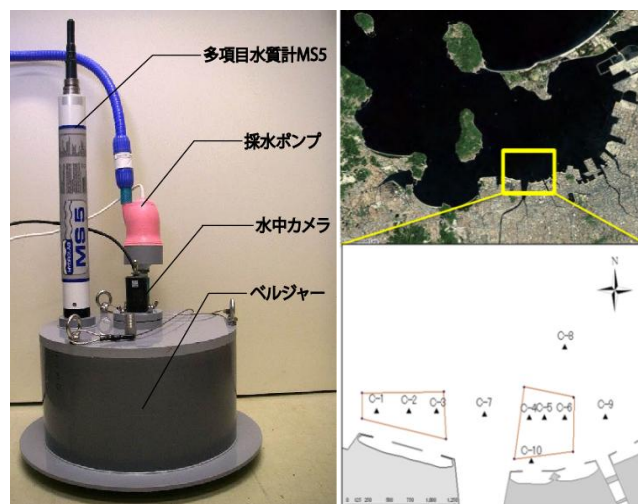


写真-1 酸素消費測定装置

図-1 調査地点図

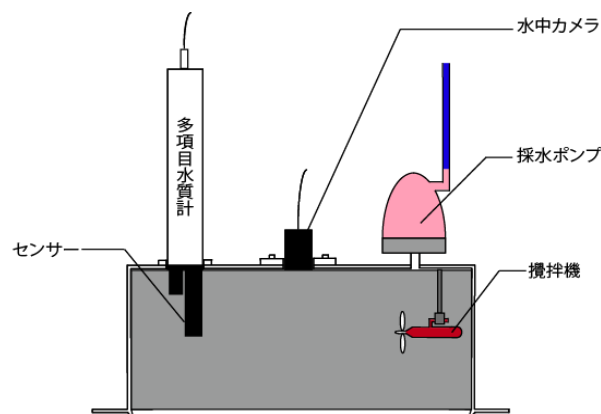


図-2 酸素消費測定装置断面図

- 1) ベルジャーを船上から投下し、水中カメラによって着底時に底泥の巻き上がりがないかを確認する。
- 2) 水中ポンプでベルジャー内の海水を採水し、水塊による酸素消費測定用の容器を満たす。
- 3) 水塊による酸素消費測定用の容器に多項目水質計を挿入し、密閉した後、容器内の水質を30分間測定する。
- 4) 3)を終了と同時にポンプの電源を切りベルジャー内の水質も30分間測定する。
- 5) 計測後、予め船上でばっ気した海水をサイフォンの原理を用いてベルジャー内の海水と入れ替える。
- 6) 再び2)3)4)を行う。

図-1は10月10日、11日、12日に博多湾で行った調査地点を示す。また、地点C-1~C-6は浚渫窪地内の調査地点である。酸素消費速度 $v(\text{g/m}^2/\text{day})$ の算出方法は式(1)で表される。

$$v = 14.4 \cdot \frac{V \cdot \Delta DO}{A \cdot \Delta t} \cdot \dots (1)$$

ここに、 $V$ ：ベルジャーの容積( $\text{cm}^3$ )、 $A$ ：ベルジャーの底面積( $\text{cm}^2$ )、 $\Delta t$ ：測定時間(min)、 $\Delta DO$ ： $\Delta t$ における溶存酸素の変化量( $\text{mg/L}$ )である。

## 4. 結果

図-1 に AVS(酸揮発性硫化物)、図-2 に IL(強熱減量)の測定結果を示す、西側窪地で高く、地点 C-5 が最も低い値を示した。また、ベルジャー内における底質と水塊の酸素消費の割合をまとめると DO 平常時が底質 83%、水塊 17%であり、DO 増加時が底質 93%、水塊 7%であった。広島湾における実験結果<sup>2)</sup>では底質の酸素消費量が 80%以上を占めており、今回の測定結果もおおむね同様となった。

表-1 底質の初期 DO と酸素消費速度結果

|     | 初期DO<br>(mg/l) | 底質<br>(g/m <sup>2</sup> /day) | 水塊<br>(g/m <sup>2</sup> /day) | 全体<br>(g/m <sup>2</sup> /day) |
|-----|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| C-1 | 4.08           | 3.12                          | 0.50                          | 3.62                          |
| C-2 | 3.62           | 3.75                          | 0.36                          | 4.11                          |
| C-3 | 3.45           | 7.10                          | 0.29                          | 7.39                          |
| C-4 | 4.30           | 1.12                          | 1.00                          | 2.12                          |
| C-5 | 4.26           | 0.68                          | 0.23                          | 0.91                          |
| C-6 | 4.11           | 1.73                          | 0.33                          | 2.06                          |
| C-7 | 4.13           | 1.45                          | 0.16                          | 1.61                          |
| C-8 | 3.39           | 1.27                          | 0.35                          | 1.62                          |
| C-9 | 2.79           | 1.57                          | 0.27                          | 1.84                          |

表-2 底質の初期 DO と酸素消費速度結果(高酸素状態)

|     | 初期DO<br>(mg/l) | 底質<br>(g/m <sup>2</sup> /day) | 水塊<br>(g/m <sup>2</sup> /day) | 全体<br>(g/m <sup>2</sup> /day) |
|-----|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| C-1 | 5.38           | 4.24                          | 0.71                          | 4.95                          |
| C-2 | 5.15           | 7.56                          | 0.13                          | 7.69                          |
| C-3 | 5.33           | 5.96                          | 0.56                          | 6.52                          |
| C-4 | 6.11           | 5.58                          | 0.14                          | 5.72                          |
| C-5 | 4.99           | 2.03                          | 0.00                          | 2.03                          |
| C-6 | 6.29           | 4.01                          | 0.58                          | 4.59                          |
| C-7 | 6.34           | 4.74                          | 0.22                          | 4.96                          |
| C-8 | 5.37           | 5.43                          | 0.29                          | 5.72                          |
| C-9 | 5.04           | 4.44                          | 0.82                          | 5.26                          |

表-3 他の海域の酸素消費速度(g/m<sup>2</sup>/day)

|               | 底質   | 水塊   | 全体   |
|---------------|------|------|------|
| 大阪湾(1988年10月) | 1.15 | 0.14 | 1.29 |
| 大阪湾(1989年12月) | 0.79 | 0.13 | 0.92 |
| ギンザケ養殖場       | 0.8  | 0.12 | 0.92 |
| カキ養殖場         | 1.2  | 1.6  | 2.8  |
| 広島湾(1998冬季)   | (-)  | (-)  | 1.31 |
| 海田湾(1999夏季)   | (-)  | (-)  | 1.61 |

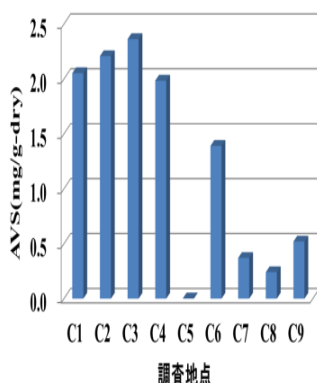


図-1 AVS グラフ

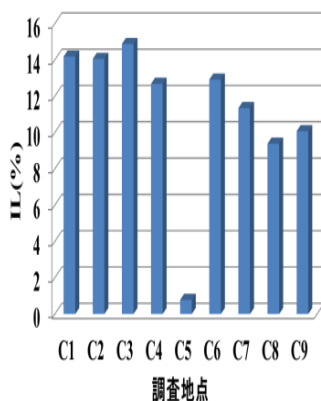


図-2 IL グラフ

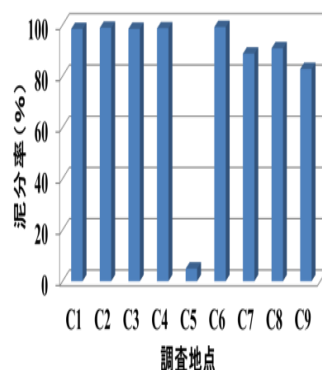


図-3 泥分率グラフ

## 5. 考察

調査の結果、西側窪地の酸素消費速度が最も高く、東側窪地と窪地外の酸素消費速度が同程度の値であった(表-1)。本研究室の従来の調査結果では、西側より東側窪地の方が貧酸素の影響を強く受けていると考えられていたが、東側の酸素消費速度が小さかった。また、底質分析結果からも貧酸素の指標となる AVS、IL 値が、西側より、東側窪地の方が低かった(図-1、図-2)。その要因として 2011 年 7 月 7 日に開始された東側窪地(C-5)における土砂投入が影響している可能性がある。地点 C-5 に限定すると酸素消費速度、底質分析結果が極端に低かったのは土砂投入が直接的に影響していると考えられる。また、地点 C-5 の泥分率が低かった要因は、その際に使用された土砂が真砂土であったためと考えられる。

ベルジャー内の DO を増加させると、C-3 以外の地点の酸素消費速度が増加した。特に西側窪地以外の酸素消費速度の増加の割合が高かった。これは、西側窪地では AVS 値も高く、還元的な底質環境となっており、嫌氣的微生物が優先していたと考えられ、DO を増加しても短時間では酸素消費速度に大きな変化が見られなかった可能性が考えられる。

## 6. 結論

- 結論① 昨年までの装置と比較し、ポンプ、攪拌機を装着した。それにより装置内の海水を採水、高酸素化海水と交換出来るようになった。底質と水塊の酸素消費の割合をまとめると DO 平常時が底質 83%、水塊 17%であり、DO 増加時が底質 93%、水塊 7%であった。
- 結論② ベルジャー内の溶存酸素濃度を増加させると底質の酸素消費速度がほぼ全ての地点で増加した。
- 結論③ 土砂投入が行われた地点 C-5 の酸素消費速度は DO 濃度に関わらず、他の地点と比較し最も低かった。

## 7. 今後の課題

今後の課題として、土砂投入による貧酸素の変化の過程をモニタリングしていくことが重要である。また、他の文献と比較すると(表-3)、本調査結果は DO 濃度を増加させた際に酸素消費速度が高く出ている傾向がある。故に、これから酸素消費速度を測定する際は、様々な地点で酸素濃度を変えて酸素消費速度を観測し、比較していく必要がある。また、攪拌機によって装置内の水塊が正常に均一化しているか確認する必要がある。

## 8. 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。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 篠原満寿美, 福岡湾における貧酸素水塊の発生状況, 福岡水技セ研報 第 12 号 2002 年 3 月
- 2) 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, 第 663 号 pp109-117, 2000