

## ノート

## 鹿児島湾における水質挙動及び水塊の移動に関する調査研究（第Ⅱ報）

## Research about Behavior of Water Quality and Movement of a Water Mass in the Kagoshima Bay (Ⅱ)

梶 憲 弘                      右 田 裕 二                      牛 垣 里 奈  
山 道 哲 洋                      大 庭 大 輔

### 要 旨

多項目水質計による測定結果を用いて、鹿児島湾湾奥部の鉛直方向の溶存酸素（DO）及び関連項目を解析した結果、表層から10 m付近で起きているDOの上昇は植物プランクトンの光合成によると考えられ、9月から11月に浅層部に見られる低DOの層は、底層付近からの貧酸素水塊の移動ではなく、植物プランクトンの呼吸等により発生しているものと示唆された。また、11月から1月に見られたDOの不連続的変化は、表層付近からの高DO水の鉛直循環によるDOの均一化と、鉛直循環と共に下層に移送された植物プランクトンの呼吸等による局所的なDOの消費のために発生していると示唆された。

キーワード：溶存酸素，クロロフィルa，鉛直循環

### 1 はじめに

鹿児島湾は南北約80 km，東西約20 kmの細長く入り組んだ内湾で、桜島と鹿児島市街地を結ぶ水深約40 m，幅約1.9 kmの西桜島水道を隔てて、北方の湾奥部と南方の湾中部・湾口部に大別される。湾奥部と湾中部はすり鉢を2つ繋げたような形状のため湾内水と外海水との交換が悪く、特に湾奥部は海水の交換が少ない閉鎖性の高い海域となっている<sup>1)</sup>。このため、赤潮の発生や、海水中の溶存酸素（以下「DO」という。）が4 mg/L未満と極めて不足している水塊（以下「貧酸素水塊」という。）が比較的浅い層で発生していることが報告されている<sup>2)</sup>。

鹿児島湾における貧酸素水塊の発生・消失や、栄養塩類の溶出・沈降・移動等の挙動は複雑で、鉛直循環や外海水との交換の程度等によって大きく異なる。よって、鉛直循環や外海水との交換、栄養塩類等の移動状況を調査し、挙動を把握することで、今後の環境保全対策の推進に資することを目的に「鹿児島湾における水質挙動及び水塊の移動に関する調査研究」を2015年度から実施し

た。本報では、2015年度から2017年度までに行った調査結果を用いて、DOに着目した水質挙動等の解析を行ったので報告する。

### 2 調査方法

#### 2.1 調査地点

多項目水質計による調査は、常時監視調査地点であり、湾奥部の中央付近に位置する基準点3，湾奥部の最深部付近に位置する監視点トに加え、海流による影響を調査するために西桜島水道の北方（以下「西桜島水道北」という。）の計3地点を設定した（図1）。

#### 2.2 調査方法及び調査回数

##### 2.2.1 調査方法

多項目水質計（Hach Hydrolab製 DS5）を船上から概ね5秒間に2 mずつ底層まで垂下し、水深、水温、塩分、pH、DO、クロロフィルa（以下「Chl-a」という。）を鉛直方向に連続測定した。測定した水温（T）及び塩分（S）

の結果から海水の密度 ( $\sigma_t$ ) を下記の式により算出した。

$$\sigma_t = \rho (S, t, 0) - 1000 \quad (\rho = \text{密度}, t = T \times 1.00024)$$



図1 鹿児島湾調査地点図

### 2. 2. 2 調査回数

2015年7月から2018年3月の間に計19回の調査を実施した(表1)。なお、機器不調により、2018年2月の監視点トは全ての項目で110 m付近までしか記録できず、2015年12月及び2017年7月はpHの記録ができなかった。

表1 多項目水質計の調査年月

調査年度	調査年月
2015年度	7月, 9月, 11月, 12月, 1月, 3月
2016年度	5月, 7月, 9月, 11月, 12月, 1月, 3月
2017年度	5月, 7月, 11月, 12月, 2月, 3月

## 3 結果と考察

### 3. 1 DOの経月変化

DOの経月変化を図2に示す。特徴として、①表層付近のDOは年間を通して概ね5 mg/Lより高く、春季から夏季に高い傾向にあること、②表層から10 m付近でDOが上昇する傾向があること、③9月及び11月に比較的浅い部分で低DO層が確認されること、④3月から9月は、DOは概ね10 m付近から底層に向けて低下する傾向にあるが、11月から1月は、基準点3及び監視点トにおいて、上下のDOが逆転するような不連続的な変化がみられるなどの特徴が確認された。これらの特徴の②から④の要因について、関連する項目であるpH(図3)、密度(図4)及びChl-a(図5)の結果を用いて検討を行った。

### 3. 2 表層から10 m付近のDO上昇

表層から10 m付近のDOが上昇する要因について、基準点3の2016年7月のDO、密度及びChl-aの結果を用いて検討を行った(図6)。

図6よりDOの上昇部分でpHも上昇しており、また、Chl-aが高濃度になっていることが確認された。Chl-aは

植物プランクトン量の指標として用いられる項目であることから、表層から10 m付近には、多くの植物プランクトンが存在していることがわかる。

植物プランクトンが光合成を行うと、海水中の二酸化炭素濃度が減少するためpHは上昇し、また、酸素を海水中に放出するので、DOは上昇する。よって、表層から10 m付近で起きているDOの上昇は植物プランクトンの光合成の影響によるものと考えられた。

### 3. 3 9月及び11月の低DO層

9月及び11月に、比較的浅い部分で低DO層が確認された。この要因について、西桜島水道北の2016年9月の密度、Chl-a及びpHの結果を用いて検討を行った(図7)。

図7より、この時期の海水の密度は水深が深くなるに伴い高くなることからわかる。よって、鉛直方向の水塊の移動は起こりにくく、下層の低DO水が上層へ移動することは考えにくい。また、低DO層のChl-aは高く、pH及びDOが低いという結果から、低DO層では、植物プランクトンの光合成より呼吸が優位になっていると考えられ、植物プランクトンの呼吸による酸素消費によりDOが低下し、放出された二酸化炭素によりpHが低下するという現象が起きていると考えられた。以上のことから、9月や11月に発生する比較的浅い部分の低DO層は、下層からの移動ではなく、植物プランクトンの呼吸によって生じていると考えられた。

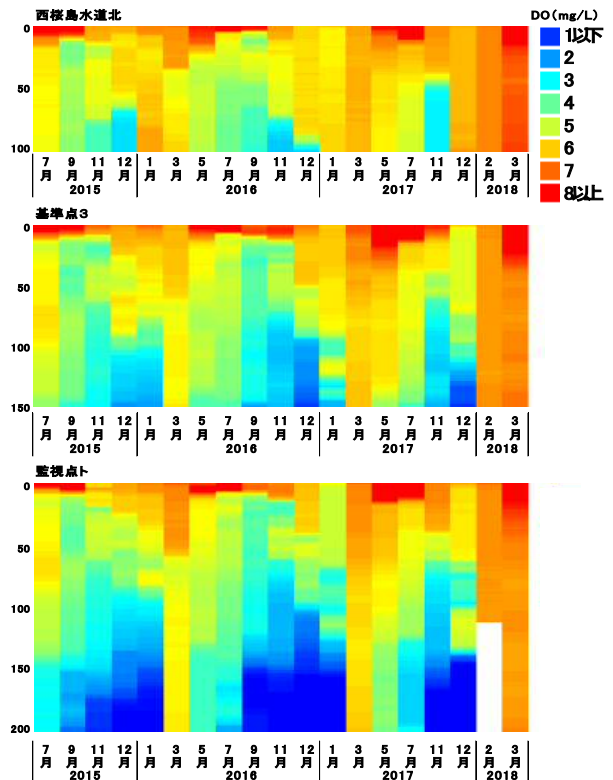


図2 DOの経月変化

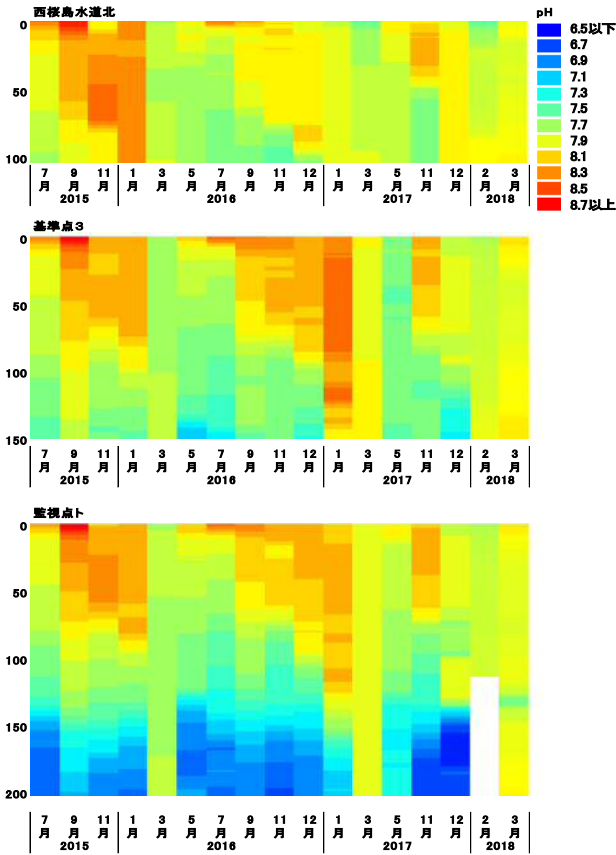


図3 pHの経月変化

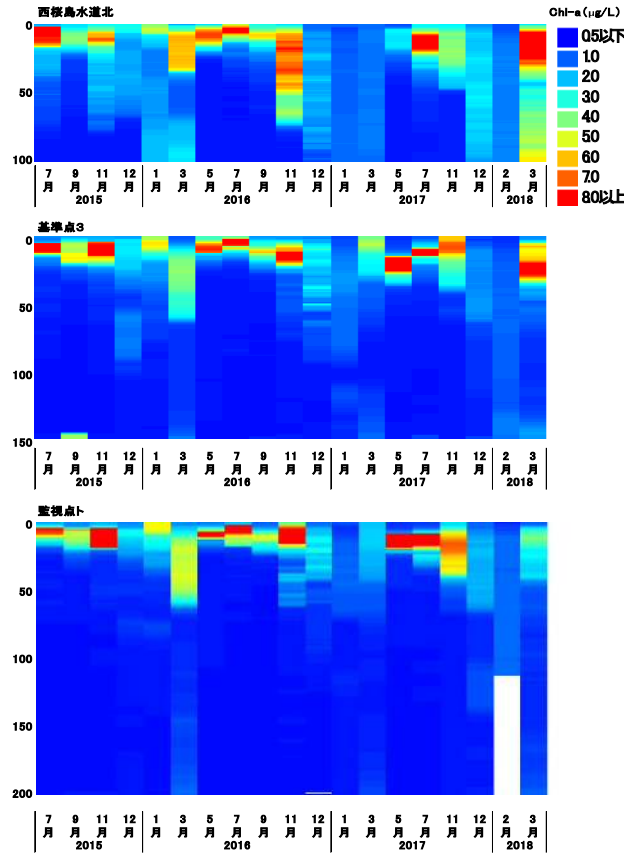


図5 Chl-aの経月変化

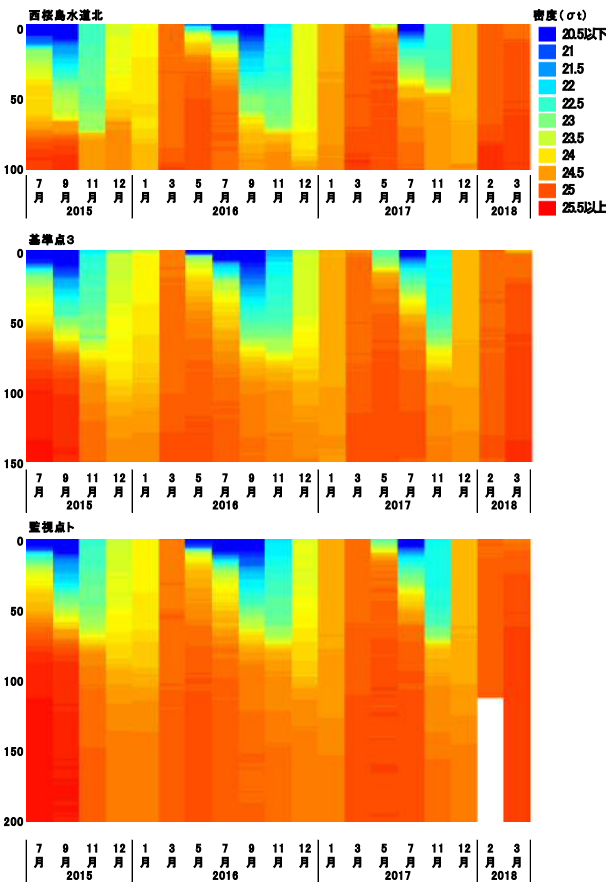


図4 密度 (σt) の経月変化

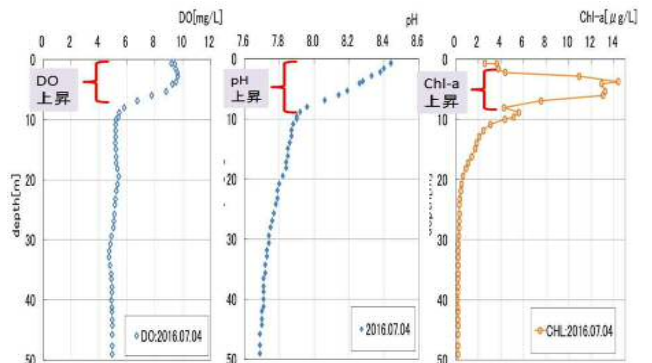


図6 DO, pH及びChl-a結果  
(基準点3:2016年7月)

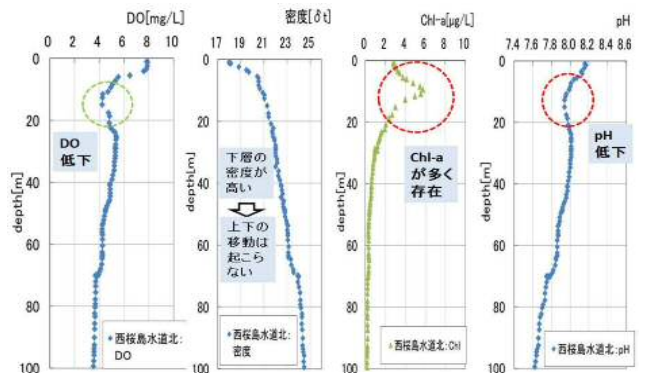


図7 DO, 密度, Chl-a及びpH結果  
(西桜島水道北:2016年9月)

### 3. 4 DOの不連続的变化

3月から9月の間、DOは概ね10 m付近から底層に向けて低下する傾向であったが、2016年11月の基準点3及び監視点トにおいて、上下のDOが逆転するような不連続的变化がみられた。図8に基準点3のDOの経月変化を示すが、この不連続的变化は、1月にかけて下層に移動していた。この要因について、2016年9月から2017年1月における基準点3のDO、Chl-a、pH及び密度の結果を用いて検討を行った（図9から図12）。

9月（図9）はDO及び密度の結果から、鉛直循環は生じていないと考えられた。

11月（図10）はDO及び密度の結果から70 m付近まで鉛直循環が到達していたと考えられる。また、20 mから40 m付近にDOの低い部分を確認され、同様の部分にpHの低下も確認された。

12月（図11）はDO及び密度の結果から90 m付近まで鉛直循環が到達していたと考えられる。また、50 mから60 m付近にDOの低い部分を確認され、同様の部分にpHの低下も確認された。

1月（図12）はDO及び密度の結果から底層付近まで鉛直循環が到達していると考えられる。また、90 mから110 m付近及び、120 mから130 m付近にDOの低い部分を確認され、同様の部分にpHの低下も確認された。

各月のDO及びpHが低下している部分ではChl-aが存在していたため、前述の低DO層の発生要因と同様に、植物プランクトンの呼吸によって、酸素消費によるDOの低下及び放出された二酸化炭素によるpHの低下が起きていると考えられた。DO及びpHの低い部分が下方へ移動するのは、表層付近に存在した植物プランクトンが、鉛直循環により下層へ移送されているためと考えられ、11月から1月は表層付近からの高DO水の鉛直循環によるDOの均一化と、鉛直循環と共に下層に移送された植物プランクトンの呼吸による、局所的なDOの消費が発生していると考えられた。

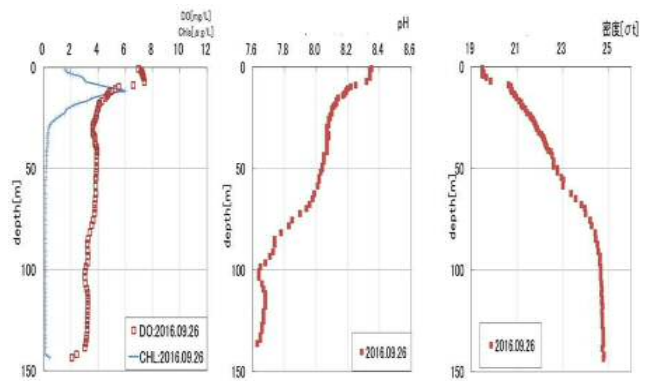


図9 DO, Chl-a, pH及び密度結果  
(基準点3：2016年9月)

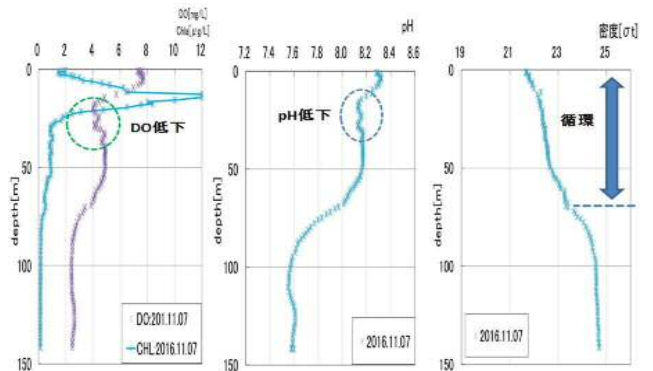


図10 DO, Chl-a, pH及び密度結果  
(基準点3：2016年11月)

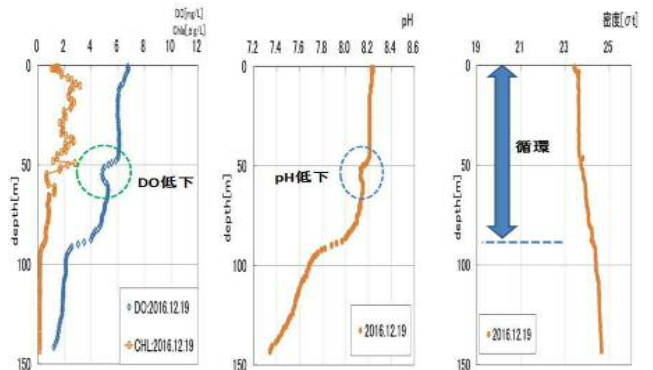


図11 DO, Chl-a, pH及び密度結果  
(基準点3：2016年12月)

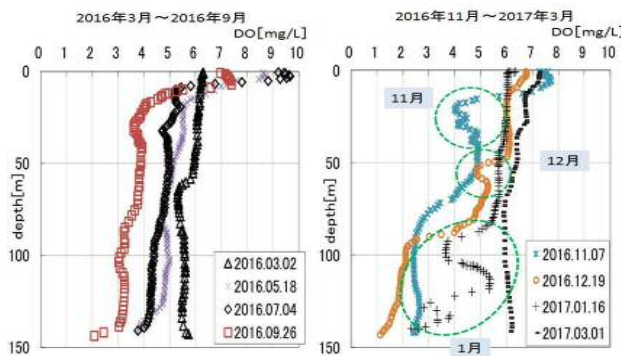


図8 DOの経月変化  
(基準点3：2016年3月から2017年3月)

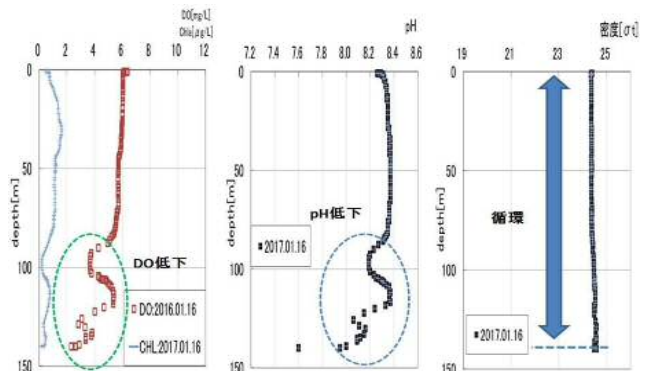


図12 DO, Chl-a, pH及び密度結果  
(基準点3：2017年1月)

#### 4 まとめ

2016年3月から2017年3月に測定したDO及び関連項目の解析の結果から以下の点が示唆された。

- 1) 表層から10 m付近で確認されたDOの上昇は植物プランクトンの光合成による影響を受けている。
- 2) 9月及び11月の比較的浅い部分に見られる低DO層は、底層部分からの低DO水の移動ではなく、植物プランクトンの呼吸により発生している。
- 3) 11月から1月に確認された、不連続的变化は表層付近からの高DO水の鉛直循環によるDOの均一化と、鉛直循環と共に下層に移送された植物プランクトンの呼吸による、局所的なDOの消費が発生するために起きている。

#### 5 おわりに

今回はDOと植物プランクトンの関係を主として検討を行ったが、鹿兒島湾湾奥部のDOは植物プランクトンの影響を強く受けていることが示唆された。

植物プランクトンはCODの上昇にも影響を与えるため、今後は栄養塩類等との関連についても解析も進めていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 鹿兒島県；鹿兒島湾水質環境管理計画（平成27年3月）
- 2) 鹿兒島県水産技術開発センター；赤潮情報  
<http://kagoshima.suigi.jp/akashio/newHP/info.html>  
※上記アドレスについては、原稿作成時のものであり、現在は変更されている場合があります。