

# 長崎県大村湾湾奥部における化学的酸素要求量(COD)関連物質の特性について

粕谷 智之

大村湾奥部の津水湾内の2測点(祝崎沖と久山港沖)において、2011年9月から2017年1月の間に、夏季と冬季の年2回、合計12回、海洋観測を行うとともに、現場海水の栄養塩類および化学的酸素要求量(COD)関連項目の分析を行った。栄養塩類は東大川河口に近い久山港沖の方が祝崎沖よりも高く、河川から栄養が流入していることの反映であると考えられた。CODの70%~88%は溶存態(D-COD)であった。久山港沖では、D-CODと溶存態有機炭素(DOC)との間に有意な相関が見られたことに加えて、D-CODと塩分との間に有意な負の相関が見られたことから、存在するDOCの一部は陸水起源である可能性が示唆された。栄養塩類および全リンに対するリン酸態リンの割合は両調査点ともに夏季の方が高く、貧酸素化によって底泥から溶出した高い濃度の栄養塩が津水湾内に供給されている可能性があることが示唆された。

キーワード: 溶存態有機物、津水湾、透明度、植物プランクトン

## はじめに

大村湾は長崎県本土のほぼ中央に位置し、佐世保湾を介して狭い針尾瀬戸と早岐瀬戸だけで外海と通じている閉鎖性の強い湾である。大村湾は海域A類型に指定されており、化学的酸素要求量(COD)の環境基準値は2.0 mg/Lであるが、17環境基準地点における平均値は基準値を超過した状態が続いている<sup>1)</sup>。長崎県環境保健研究センターでは、平成23年度から「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型実施共同研究)」に参加し、大村湾奥部の2地点(久山港沖と祝崎沖)において海洋観測を実施している。本資料では観測で得たCOD関連項目と栄養塩類のデータを用いて項目間の関係について検討する。

## 現場調査、測定・分析方法

### 1) 調査点とその環境概要

調査点は大村湾の環境基準点である「久山港沖」と「祝崎沖」である(図1)。両測点は大村湾の支湾である津水湾内にあり、それぞれの水深は、久山港沖で約6 m、祝崎沖で約15 mである。

両調査点における2006年1月から2015年3月までの透明度とCOD(水深0.5 m)の推移を図2に示す。透明度は年間で変動が大きいものの、大

概すると夏季に低く、冬季に高い傾向が見られた。平均値は久山港沖では3.2 m(範囲: 1.4~6.3 m)、祝崎沖では4.5 m(範囲: 2.2~11 m)であり、沿岸に近い久山港沖でより低い。

CODも年間で大きく変動するものの、概すると夏季に高く、冬季に低い傾向が見られた。平均値は久山港沖では2.6 mg/L(範囲: 1.5~7.0 mg/L)、祝崎沖では2.3 mg/L(範囲: 1.4~4.2 mg/L)であり、沖合にある祝崎沖でより低い。両調査点とも2006年以降、透明度およびCODはほぼ横ばいで推移している。

### 2) 現場測定・採水・分析

調査は2011年9月から2017年1月の間に、夏季と冬季の年2回、合計12回実施した。各測点では多項目水質計(JFEアレック電子製AAQ-RINKO)を用いて水温、塩分および溶存酸素量(DO)を鉛直的に連続に記録した。さらに、透明度板を用いて透

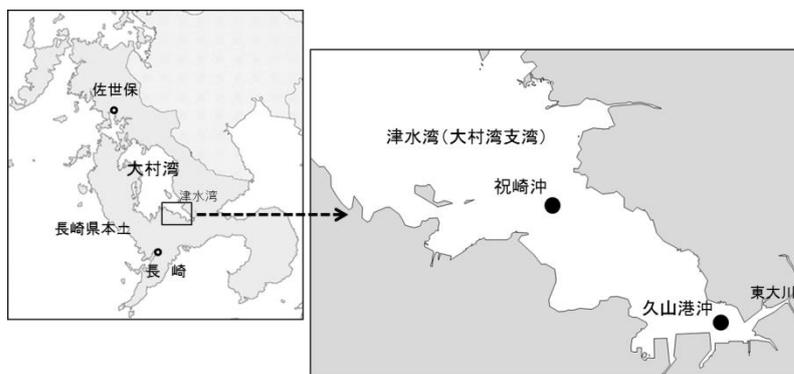


図1 調査点位置図

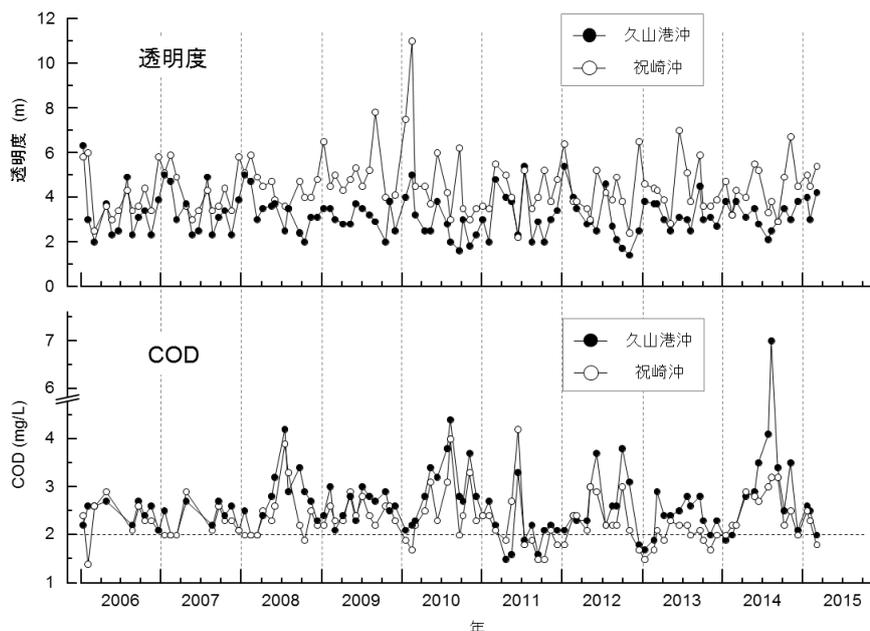


図2 久山港沖および祝崎沖における2006年1月から2015年3月までの透明度とCOD値の推移。データは長崎県公共用水域水質測定結果<sup>1)</sup>から引用した。COD値は水深0.5mのデータである。

明度を測定するとともに、採水バケツおよびバンドン採水器を用いて、久山港沖では表層と底層、祝崎沖では表層、中層、底層から採水した。ここで、中層とは水深の1/2の深度、底層とは海底から1mの深度である。

採取した海水は氷冷して持ち帰り、ろ過を行い、ろ過・分注した試水・フィルター類は冷凍して国立環境研究所の方に送付し、II型共同実施研究報告書内の「茨城県沿岸海域公共用水域常時監視点におけるCODと関連する有機物項目について」<sup>1)</sup>で述べられた方法で一連の分析を行った。

### 結果と考察

#### 1) 海況について

夏季(2016年9月26日)および冬季(2017年1月25日)における久山港沖および祝崎沖の水温、塩分およびDOの鉛直分布を図3に示す。夏季においては、水温は久山港沖では26.7~28.1℃、祝崎沖では25.9~28.0℃であり、久山港沖でやや高い傾向が見られた。一方、塩分は久山港沖では29.7~31.0、祝崎沖では30.4~31.7であり、祝崎沖でやや高かった。水温・塩分躍層は久山港沖では水深2m付近に、また、祝崎沖では水深5m付近に見られた。DOは両調査点ともに海底上1m付近から急激に減少した。久山港沖では海底直上のDOは4.9 mg/Lであったのに対して、祝崎沖は

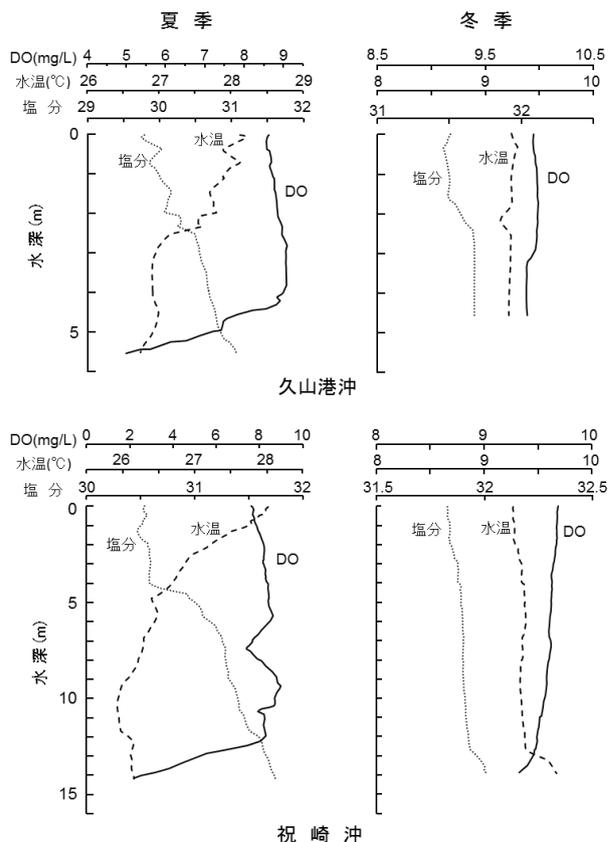


図3 久山港沖(上図)および祝崎沖(下図)における夏季(左側、2016年9月26日)および冬季(右側、2017年1月25日)の海況鉛直構造

表1 2011年9月～2017年1月の夏季と冬季の久山港沖と祝崎沖における栄養塩類の平均値。単位はすべてmg/L、カッコ内の数値は標準偏差を表す。

		DIN	DTN	DIP	DTP	SiO <sub>2</sub>
久山港沖	夏季	0.061 (0.063)	0.270 (0.075)	0.008 (0.009)	0.017 (0.008)	0.77 (0.56)
	冬季	0.055 (0.070)	0.181 (0.048)	0.002 (0.002)	0.008 (0.002)	0.54 (0.31)
祝崎沖	夏季	0.030 (0.030)	0.211 (0.049)	0.008 (0.011)	0.015 (0.010)	0.51 (0.74)
	冬季	0.009 (0.005)	0.151 (0.037)	0.001 (0.001)	0.007 (0.001)	0.39 (0.15)

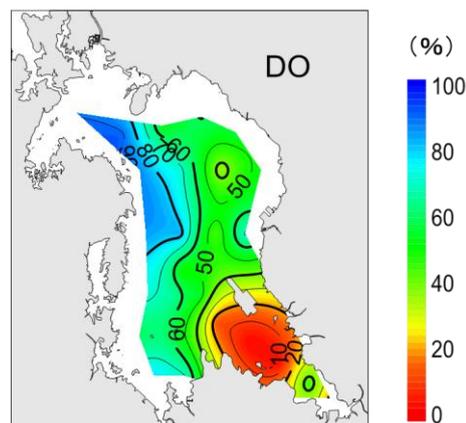


図4 2014年9月30日の海底から1.0m上のDO分布(%)。大村湾貧酸素水塊情報<sup>3)</sup>から引用。

2.2 mg/L まで低下しており貧酸素状態であった。

冬季においては、水温は久山港沖では 9.1～9.2℃、祝崎沖では 9.2～9.6℃であった。塩分は久山港沖では 31.4～31.6、祝崎沖で 31.8～32.0 であり、両調査点間に夏季ほど差は見られなかった。また、水温、塩分ともに顕著な躍層は見られず、両調査点ともに鉛直的に混合していた。DO は久山港沖で 9.8～9.9 mg/L、祝崎沖で 9.3～9.6 mg/L で、鉛直的にほぼ一様であった。

### 2) 栄養塩類

栄養塩類の測定結果を表 1 に示す。溶存態の無機窒素(DIN: 硝酸態と亜硝酸態窒素、そしてアンモニア態窒素の総和)、全窒素(DTN)、リン酸態リン(DIP)、全リン(DTP)、そして珪酸塩(SiO<sub>2</sub>)は久山港沖の方が祝崎沖よりも高い傾向が見られた。久山港沖は東大川の河口付近に位置することから、河川から栄養が流入していることの反映と思われる。季節間の比較では、夏季の方が冬季よりも高く、特にDIPで顕著であった。これは後述するように、貧酸素によって底泥から溶出した栄養塩が供給されたためと思われる。

DIN が DTN に占める割合(DIN/DTN)は夏季においては久山港沖では 22%、祝崎沖では 14%であったのに対して、冬季は久山港沖で 30%、祝崎沖で 5%であった。一方、DIP が DTP に占める割合(DIP/DTP)を計算した結果、久山港沖と祝崎沖ではそれぞれ、夏季は 47%と 53%、冬季は 25%と 14%であり、両調査点ともに夏季の方が高かった。一般に、他の海域、例えば茨

城県の大津漁港や大洗港では、本調査結果とは異なり、DIN/DTN および DIP/DTP は共に夏季よりも冬季の方が高く、これは夏季に植物プランクトンの増殖が活発となり、栄養塩(DINとDIP)が利用されていることの反映と考えられている<sup>2)</sup>。大村湾では、晩夏から初秋にかけて湾外水の底層流入による貧酸素水塊の湾奥部への移動が起こる<sup>4)</sup>(図4)。本調査で得た夏季に高いDIN/DTN および DIP/DTP は、貧酸素化によって底泥から水塊内に溶出した高い濃度の栄養塩(特にDIP)が、津水湾内に供給されたことを示唆していると考えられる。

本調査で採集した試料のCOD関連項目、すなわちCOD、溶存態COD(D-COD)、懸濁態COD(P-COD)、全有機炭素(TOC)、懸濁態有機炭素(POC)およびクロロフィルa(Chl. a)の測定結果を表2に示す。調査点間の比較では、どの項目も祝崎沖よりも久山港沖で高い傾向が見られ、特にChl. aで顕著であった。また季節間の比較では、祝崎沖のChl. aを除き、何れの項目も夏季に高かった。COD関連項目の調査点間および季節間の違いには植

表2 2011年9月～2017年1月の夏季と冬季の久山港沖と祝崎沖におけるCOD関連項目の平均値。単位はChl.aはμg/L、他はすべてmg/Lである。カッコ内の数値は標準偏差を表す。

		COD	D-COD	P-COD	TOC	DOC	POC	Chl. a
久山港沖	夏季	3.12 (0.46)	2.58 (0.33)	0.54 (0.4)	1.98 (0.17)	1.39 (0.12)	0.59 (0.21)	6.35 (3.78)
	冬季	2.46 (0.49)	1.94 (0.38)	0.51 (0.46)	1.54 (0.26)	1.14 (0.13)	0.43 (0.16)	5.04 (1.45)
祝崎沖	夏季	2.62 (0.48)	2.23 (0.38)	0.44 (0.38)	1.62 (0.27)	1.26 (0.17)	0.51 (0.6)	2.83 (1.52)
	冬季	2.18 (0.32)	1.92 (0.36)	0.25 (0.21)	1.44 (0.28)	1.15 (0.18)	0.39 (0.14)	3.59 (1.07)

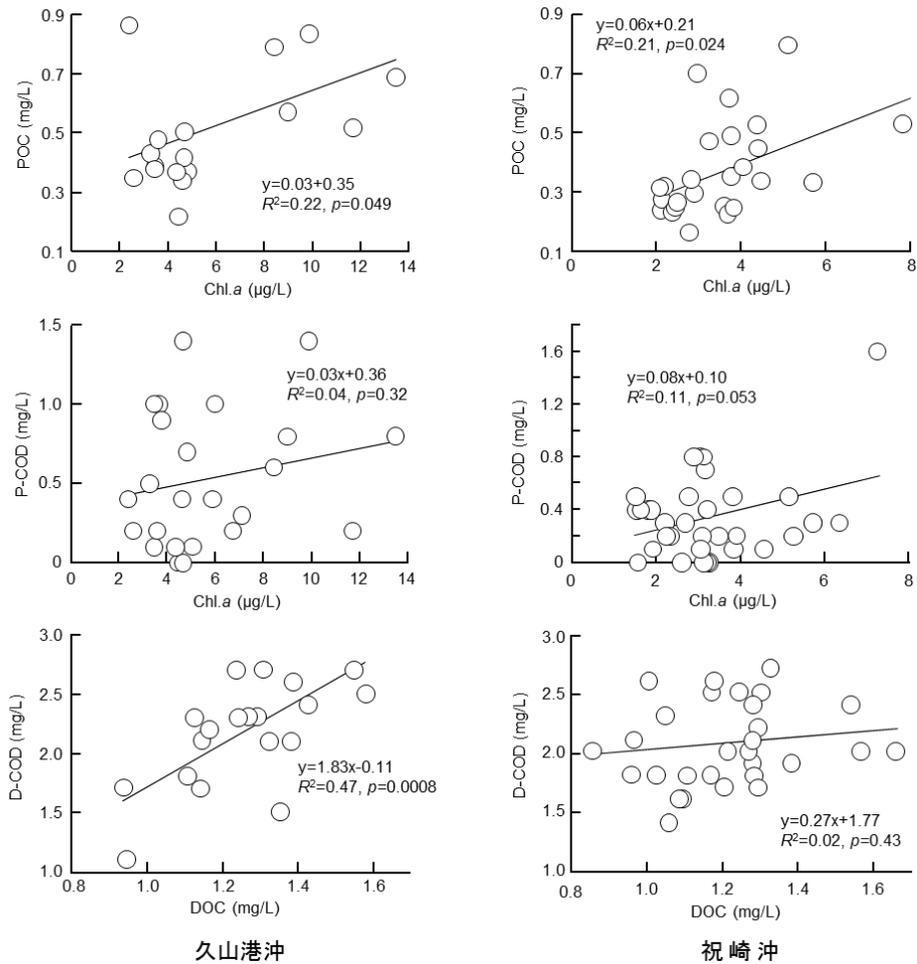


図5 久山港沖および祝崎沖における2006年1月から2015年3月までの透明度とCOD値の推移。データは長崎県公共用水域水質測定結果<sup>1)</sup>から引用した。COD値は水深0.5mのデータである。

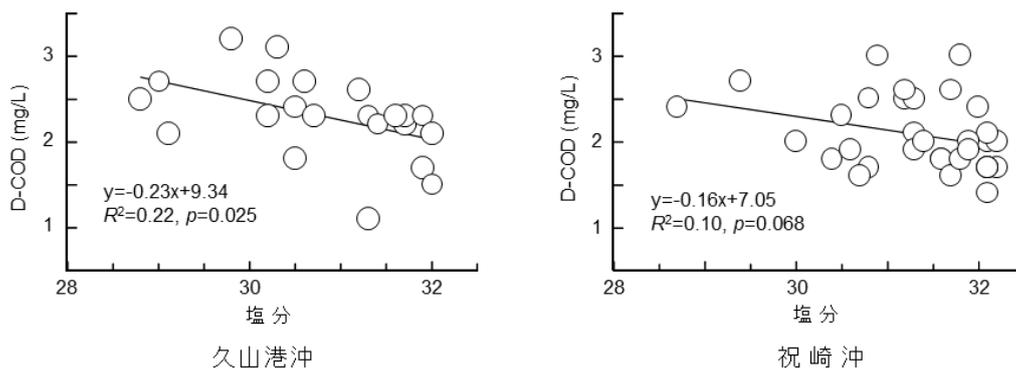


図6 久山港沖および祝崎沖における塩分とD-CODとの相関関係

物プランクトンの増殖による内部生産が関わっていると思われる。

図5に久山港沖と祝崎沖における主な項目間の相関を示す。Chl. aとPOCとの間には両調査点ともに有意な相関が見られたが( $p<0.05$ )、Chl. aとP-CODの間には相関は無かった。従って、両調査点ともにP-CODの主な構成成分は植物プランク

トン生体以外(例えば死んで分解過程にある植物プランクトンなど)のものであることが示唆される。

CODとTOCはそれぞれ溶存態のもの(D-CODとDOC)が多くを占め、その割合は70%~88%であった。D-CODとDOCの間には久山港沖では有意な相関がみられたものの( $p<0.01$ 、D-CODに対するDOCの寄与率47%)、祝崎沖では相関はなかった

(図 5)。また、D-COD と塩分との間には久山港沖で有意な負の相関が見られた ( $p < 0.05$ ) (図 6)。これらのことから、河口に近い久山港沖においては、存在する DOC の一部は陸水起源である可能性が示唆された。

#### 参 考 文 献

- 1) 長崎県環境部地域環境課 公共用水域及び地下水の水質測定結果
- 2) 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) 平成 23~25 年度

環境保健研究センター所報 62, (2016) 報文

「沿岸海域環境の診断と地球温暖化の影響評価のためのモニタリング手法の提唱」報告書

- 3) 長崎県環境部地域環境課 大村湾の貧酸素水塊発生情報

<https://www.pref.nagasaki.lg.jp/bunrui/kurashi-kankyo/kankyohozen-ondankataisaku/omura/hinsanso-omur>

- 4) 須崎寛和ほか: 大村湾における青潮発生の物理的なメカニズム, 沿岸海洋研究, 53, 65~72, (2015)

## Characteristics of COD and its related Matters, on inner Area of Omura Bay, Nagasaki

Tomoyuki KASUYA

Chemical oxygen demand (COD) and its related matters of seawater were measured once a month at two stations of Iwaizaki-oki and Kuyamakou-oki in Tsumizu Bay, situated in innermost part of Omura, Bay in September and January from 2011 to 2017. The concentration of nutrients were higher at St. Kuyamakou-oki near the estuary of Higashi-ookawa River than that at St. Iwaizaki-oki, indicated the inflow of nutrients from rivers. Seventy to 88 % in COD was present as a dissolved COD (D-COD). In Kuyamakou-oki, a significant relationship was observed between D-COD and a dissolved organic carbon (DOC). In addition, because the significant, negative relationship was also observed between D-COD and salinity of seawater, the DOC in Kuyamakou-oki seems to originate partly from inland water. Nutrients and a ratio of a dissolved inorganic phosphorus to a total phosphorus were higher in summer than in winter at both stations, which suggests that water-mass including a high concentration of nutrients released from the sediments, due to hypoxic or anoxic water developing in bottom water, was transported into inner area of Omura Bay.

Key words: dissolved organic matter, Tsumizu Bay, transparency, phytoplankton