

資料

鹿児島湾における海域版BOD測定による易分解性有機物について

Research on Easily Decomposable Organic Matter
by Biochemical Oxygen Demand Analysis in Kagoshima Bay有 西 聡 美 伊 口 航 平¹ 柴 田 英 介
吉 留 加奈子² 笠 作 欣 一

1 はじめに

鹿児島湾は図1のとおり、南北約80km、東西約20kmの細長く入り組んだ内湾であり、最深部は237mに達する閉鎖性の高い海域である。県では鹿児島湾の水環境及びそれと一体となった水辺環境の保全を図るため、総合的かつ長期的な計画として1979年5月に鹿児島湾ブルー計画（鹿児島湾水質環境管理計画）を策定（2021年3月修正）し、以来、各種の環境保全対策を講じている。しかし、特に桜島北側の湾奥部は閉鎖性が高く、湾内水と外洋水の交換が悪い等の理由により夏季には化学的酸素要求量（COD）が環境基準を上回ることが多く、また、赤潮の発生や溶存酸素（DO）の低下による貧酸素水塊の発生も多く報告されている¹⁾。

貧酸素水塊の形成は、河川からの流入や植物プランクトンによる内部生産によって供給された海水中有機物が、生物によって分解される際の酸素消費による寄与が大きいと考えられていることから²⁾、鹿児島湾湾奥部におけるCODの上昇やDOの低下は、海水中の生物による有機物分解と密接な関係があると考えられる。海域、湖沼の有機汚濁の指標として環境基準項目となっているCODは、過マンガン酸カリウムで酸化される有機物が対象となる。一方、河川の環境基準項目である生物化学的酸素要求量（BOD）は、好気性微生物に分解される有機物が対象となるため、このような現象の解明にはBODの測定が有効であると考えられている。

そこで、海域におけるBODの環境基準の設定はないが、国立環境研究所との共同研究（Ⅱ型）の一環として、当センターでは2014年度から湾奥部2地点において「海

域版BOD」として測定を行っており、既報^{3),4)}では2011～2016年度、2015～2018年度の結果を報告した。本報では、2015～2022年度の海域版BODの測定結果、2011～2022年度のCOD関連項目の測定結果について報告する。

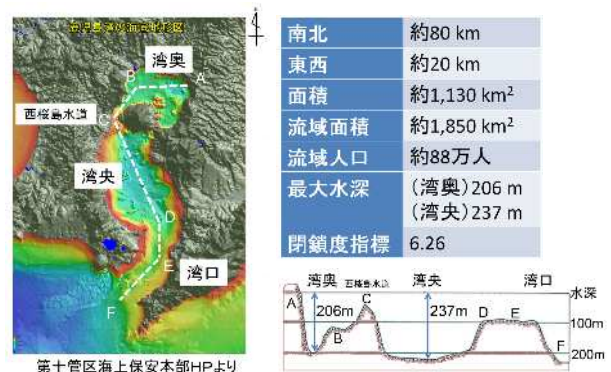


図1 鹿児島湾の概要

2 調査方法

2.1 調査地点

調査地点を図2に示す。海域版BODの調査地点は湾奥沿岸部の基準点1（水深約107m）、基準点2（水深約109m）とした。基準点1は垂水市牛根沖に位置し、赤潮の発生が多い地点である。基準点2は湾奥部で最も流量の多い天降川河口沖に位置し、河川水の影響が大きい地点である。2地点ともA類型に指定され、COD環境基準2.0mg/L以下が設定されている。

1 商工労働水産部水産振興課

2 環境林務部環境保全課

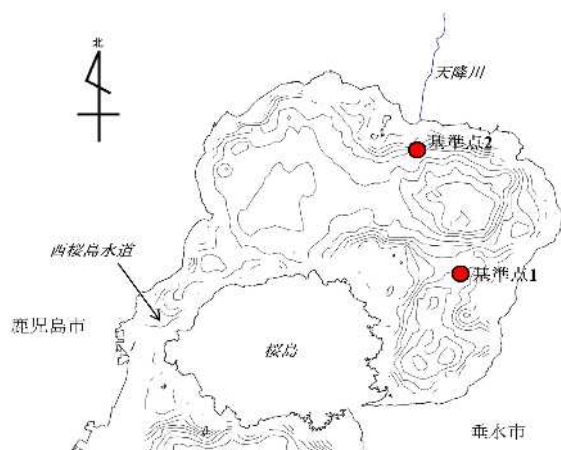
〒890-8577 鹿児島市鴨池新町10-1

〒890-8577 鹿児島市鴨池新町10-1

2. 2 調査期間

海域版BODの調査期間は2015～2022年度、COD関連項目の調査期間は2011～2022年度とした。

調査は年2回、2011、2012年度は8月及び12月、2013年度は9月及び12月、2014年度は11月及び1月、2015～2022年度は9月及び1月に行った。



(注) 国土地理院「国土数値情報」、日本海洋データセンター「500m メッシュ水深データ」をもとに作成

図2 調査地点

2. 3 調査項目等

海域版BOD、COD、溶存態COD (D-COD)、溶存態有機炭素 (DOC)、懸濁態有機炭素 (POC)、クロロフィルa (Chl-a) とした。なお、CODからD-CODを差し引いたものを懸濁態COD (P-COD)、DOCとPOCの合計を全有機炭素 (TOC) とした。

採水層は基準点1、2ともに表層 (0.5m) 及び下層 (2013年度までは100m、2014年度以降は90m) とした。

2. 4 分析方法

2. 4. 1 海域版BOD

海域版BODにおけるDOは、よう素滴定法により測定した。海域版BODの分析方法を図3に示す。まず、採水試料の水温を20℃に調整して1時間曝気を行い、その後、5個の300mLフラン瓶に分注したものを検体とした。その後、1検体は分注直後にDOの測定を行い、その他の4検体は20℃の恒温槽に静置 (暗条件) し、それぞれ3, 5, 7, 14日後に溶存酸素の固定を行った。なお、溶存酸素を固定した検体は水中に保管しておき、14日後以降にまとめてDOを測定した。BODは試料分取直後のDOから、n日静置後のDOを差し引いて求めた。

$$BOD_n \text{ (mg/L)} = DO_0 - DO_n$$

DO_0 : 試料分取直後のDO (mg/L)

DO_n : n日静置後のDO (mg/L)

2. 4. 2 COD関連項目

ここでは、COD、D-COD、P-COD、TOC、DOC、POC、Chl-aをCOD関連項目と定義する。

COD、D-CODについて、100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量によって求め、2013～2018年度は国立環境研究所において分析を行い、2019～2022年度は当センターにおいて分析を行った。

P-COD、TOC、DOC、POC、Chl-aについては、国立環境研究所で分析を行った。これらについては、あらかじめ450℃で4時間焼成処理したガラス繊維フィルターGF/Fを用いて採水試料500mLを当センターでろ過し、得られたろ液をD-COD、DOC測定用とした。同様に1Lろ過したフィルターをChl-a測定用とした。これらの試料と、未ろ過のCOD測定用試料は冷凍保管して国立環境研究所へ送付し、II型共同研究報告書⁵⁾に記載された方法で分析が行われた。

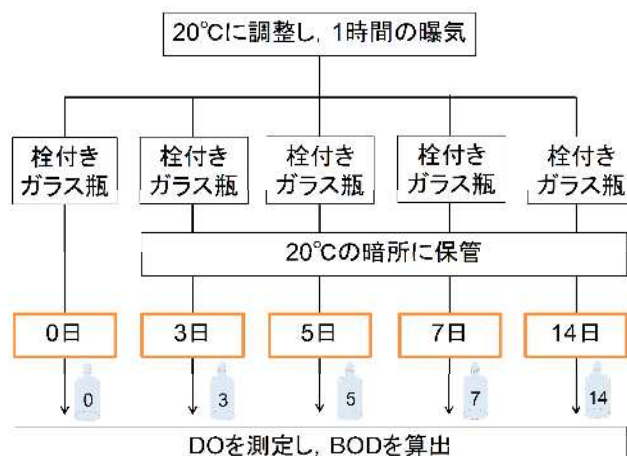


図3 海域版BOD分析方法

3 結果及び考察

3. 1 海域版BODの経時変化

海域版BODの評価に当たっては、採水月の9月を夏季、1月を冬季とし、項目毎に時季別、層別平均値を算出した。公共用水域測定結果における数値の取扱いでは、BODの報告下限値は0.5mg/Lと定められ、報告下限値の桁を下回る桁については、切り捨てることとされているが、本報では、細かい経時変化を見るため、0.5mg/L未満の値について、小数第二位の数値を含め採用することとした。

図4に夏季における海域版BODの経時変化、図5に冬

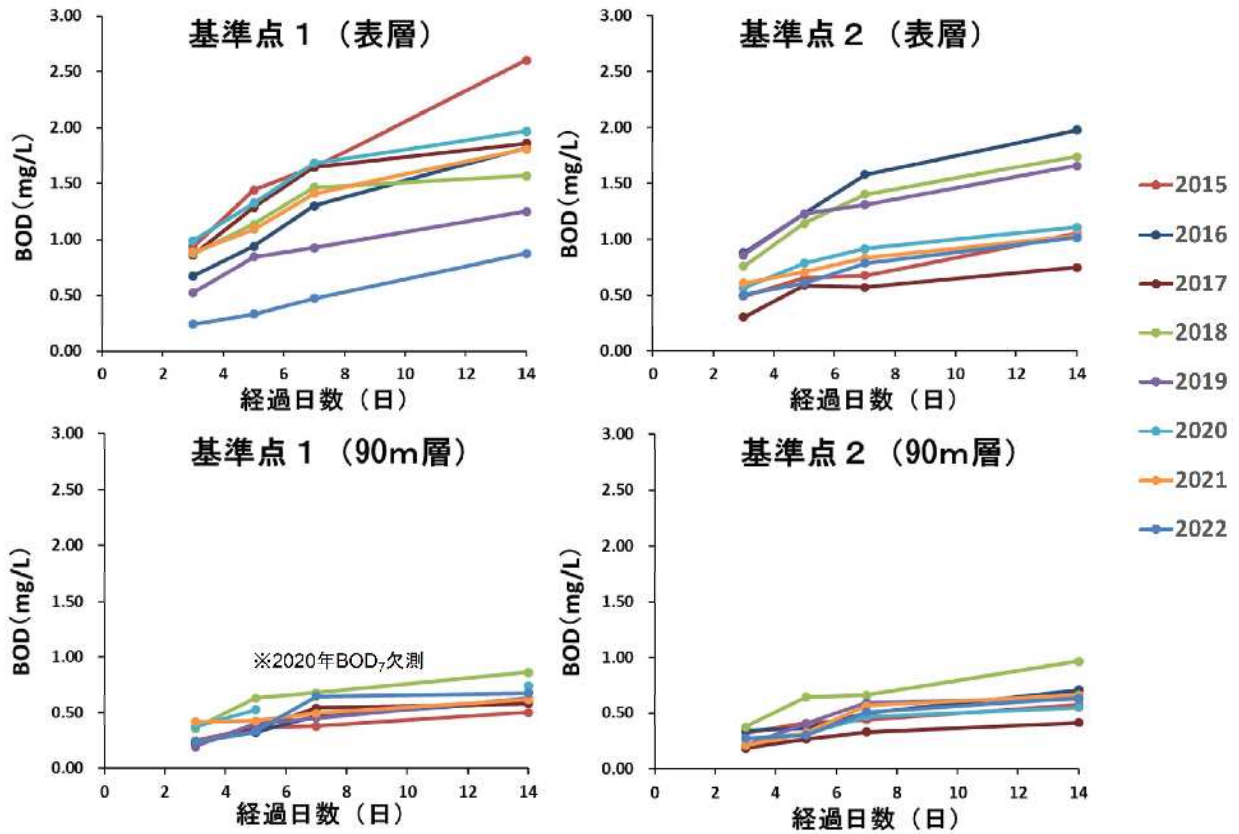


図4 海域版BODの経時変化 (夏季)

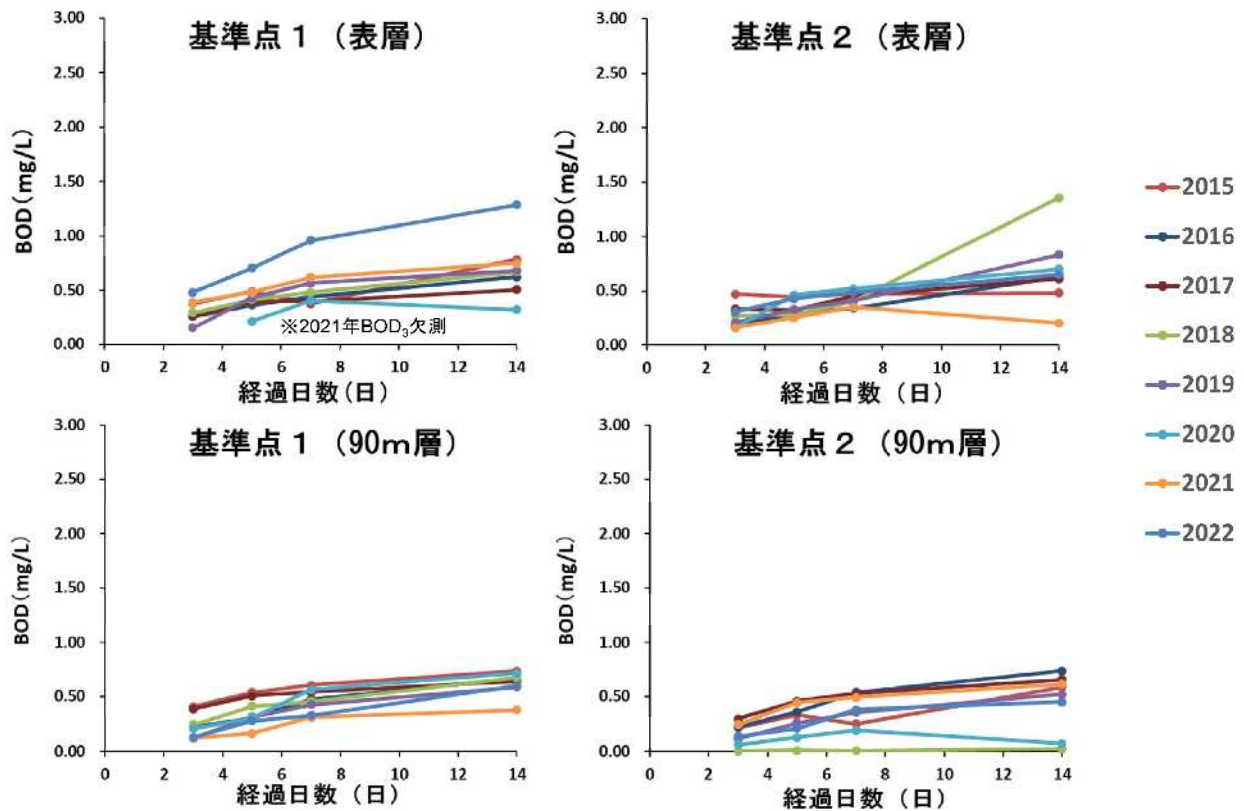


図5 海域版BODの経時変化 (冬季)

季における海域版BODの経時変化を示す。夏季表層においては、夏季下層及び冬季全層と比べてBODが高く、経過日数に対するBODの上昇幅も大きかった。一方、夏季下層及び冬季全層は、夏季表層と比べて経過日数に対するBODの上昇幅が小さかった。夏季表層においては、BOD₇とBOD₁₄の差が最も大きく、7日目以降も酸素消費されていることが示され、夏季下層及び冬季全層と比べて易分解性有機物が多いことが示唆された。一方、夏季下層及び冬季では、BOD₇とBOD₁₄の差が夏季表層より小さく、易分解性有機物が少ないことが示唆された。

夏季表層は他と比べ易分解性有機物が多く、その分解により酸素消費が進むことが、海域の浅い層における貧酸素水塊生成の原因となる可能性が示唆された。

鹿児島湾においても、海域版BODは貧酸素水塊形成に寄与する水中の易分解性有機物の量を評価するための指標として有効と考えられた。

3. 2 海域版BODとCOD, Chl-aの相関

CODの評価に当たっては、採水月の8, 9月を夏季, 12,

1月を冬季としたが、2014年度においては、調査の関係から、11月を夏季とした。ここでのBODは、20℃で3日間静置したとき消費されたDOの量 (Omg/L) から求めた値である。

COD関連項目について、表層の測定結果の平均を表1に示す。基準点1, 2とも夏季, 冬季を比較すると、Chl-aについてはばらつきが大きいものの、全ての項目で夏季の方が高かった。夏季のCODに対するD-CODの割合は、基準点1が83%, 基準点2が77%, TOCに対するDOCの割合は、基準点1が82%, 基準点2が75%と、溶存態が大部分を占めていた。また、冬季のCODに対するD-CODの割合は、基準点1が76%, 基準点2が84%, TOCに対するDOCの割合は、基準点1が89%, 基準点2が84%と、夏季同様、溶存態が大部分を占めていた。

下層 (90m) の測定結果の平均を表2に示す。下層では地点間, 季節間の差異は小さく、表層と比較し全体的に低い値となっており、夏季のCODに対するD-CODの割合は、基準点1が87%, 基準点2が89%, TOCに対するDOCの割合は、基準点1が89%, 基準点2が88%であり、

表1 海域版BODとCOD関連項目の測定結果 (表層 2011~2022年度の平均値)

(単位: mg/L (Chl-aは µg/L))

地点名	時季	BOD ₅	COD	D-COD	P-COD	TOC	DOC	POC	Chl-a
基準点1	夏季	0.75	2.41	2.01	0.40	1.75	1.42	0.32	1.89
		8, (0.26)	11, (0.56)	11, (0.45)	11, (0.36)	12, (0.40)	12, (0.31)	12, (0.17)	12, (1.22)
	冬季	0.32	1.38	1.05	0.33	1.10	0.98	0.16	1.47
		7, (0.11)	11, (0.57)	11, (0.22)	11, (0.49)	10, (0.25)	12, (0.27)	10, (0.08)	11, (1.35)
基準点2	夏季	0.62	2.35	1.81	0.58	1.53	1.15	0.38	1.43
		8, (0.20)	12, (0.62)	11, (0.47)	11, (0.40)	12, (0.43)	12, (0.34)	12, (0.22)	12, (1.07)
	冬季	0.26	1.26	1.06	0.21	1.16	0.89	0.20	1.14
		8, (0.11)	12, (0.20)	11, (0.26)	11, (0.20)	10, (0.26)	12, (0.27)	10, (0.04)	11, (1.02)

(注) 下段はn数, 括弧内は標準偏差

表2 海域版BODとCOD関連項目の測定結果 (下層 2011~2022年度の平均値)

(単位: mg/L (Chl-aは µg/L))

地点名	時季	BOD ₅	COD	D-COD	P-COD	TOC	DOC	POC	Chl-a
基準点1	夏季	0.28	1.25	1.08	0.16	1.17	1.03	0.13	0.15
		8, (0.08)	11, (0.35)	11, (0.25)	11, (0.25)	12, (0.37)	12, (0.34)	12, (0.05)	9, (0.08)
	冬季	0.23	1.34	1.12	0.22	1.24	0.99	0.31	0.34
		8, (0.11)	11, (0.51)	11, (0.46)	11, (0.30)	10, (0.55)	12, (0.29)	10, (0.48)	11, (0.16)
基準点2	夏季	0.27	1.32	1.17	0.15	1.16	1.02	0.14	0.15
		8, (0.07)	11, (0.35)	11, (0.36)	11, (0.12)	12, (0.37)	12, (0.33)	12, (0.06)	12, (0.07)
	冬季	0.16	1.10	0.93	0.17	1.08	0.99	0.14	0.22
		8, (0.10)	11, (0.26)	11, (0.33)	11, (0.14)	10, (0.40)	12, (0.37)	10, (0.05)	11, (0.14)

(注) 下段はn数, 括弧内は標準偏差

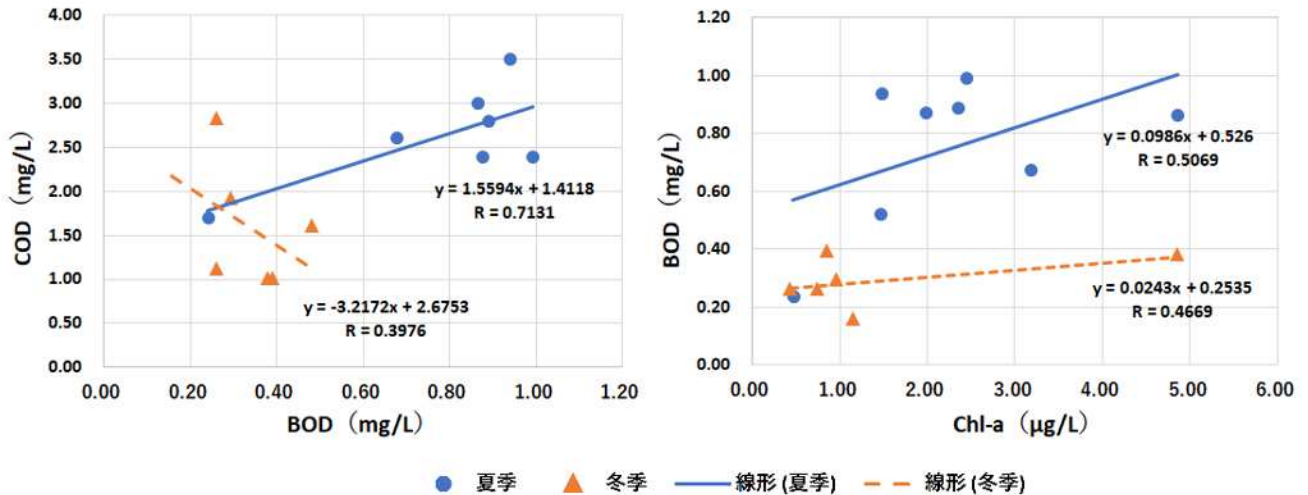


図6 基準点1（表層）のBOD、CODとChl-aの関係

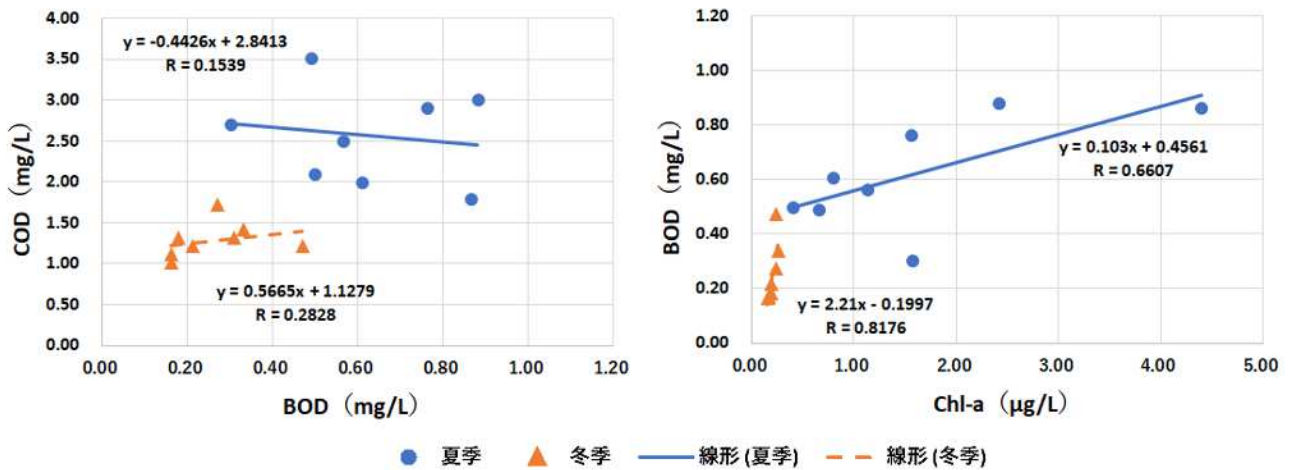


図7 基準点2（表層）のBODとCOD、Chl-aの関係

表層と同様に溶存態が大部分を占めていた。また、冬季のCODに対するD-CODの割合は、基準点1が84%、基準点2が84%、TOCに対するDOCの割合は、基準点1が80%、基準点2が91%であり、表層と同様に溶存態が大部分を占めていた。

夏季、表層においてCOD関連項目が高くなっていたことから、植物プランクトンによる内部生産の影響が考えられた。

海域版BODは易分解性有機物の指標として考えられる一方、CODは易分解性有機物に加え、難分解性有機物や還元性物質等を反映していると考えられ、BODよりも高い値となっていた。

また、基準点1の表層におけるBODとCOD、Chl-aのそれぞれの関係を図6に、基準点2の表層におけるBODとCOD、Chl-aのそれぞれの関係を図7に示す。BODとCOD

について、基準点1の夏季において、正の相関が見られた。BODとChl-aについて、いずれの地点、季節においても正の相関が見られた。

4 まとめ

2015～2022年度における海域版BOD等の結果をまとめると、夏季表層は夏季下層及び冬季全層と比べ易分解性有機物が多く、その分解により酸素消費が進むことが、海域の浅い層における貧酸素水塊生成の原因となる可能性が示唆された。

90m層の海域版BODは、いずれの年、地点においても低い値であり、底層付近においては常に易分解性有機物が少ないことが示唆された。

COD関連項目については、表層において高くなっていたことから、植物プランクトンによる内部生産の影響

が考えられた。

海域版BODは貧酸素水塊形成に寄与する水中の易分解性有機物の量を評価するための指標として有効と考えられた。

参考文献

- 1) 鹿児島県水産技術開発センター；赤潮情報，
<http://suigi.jp/akashio/newHP/info.html>
(2024/6/17アクセス)
- 2) 国立研究開発法人国立環境研究所；貧酸素水塊の形成機構と生物への影響評価に関する研究(特別研究)
(2010)
- 3) 右田裕二，輛憲弘，他；鹿児島湾湾奥部における水質調査結果について，鹿児島県環境保健センター所報，**18**，91～95 (2017)
- 4) 右田裕二，前畑健太，他；鹿児島湾湾奥部における海域版BODについて，鹿児島県環境保健センター所報，**20**，71～74 (2019)
- 5) 牧秀明；茨城県沿岸海域公共用水域環境基準点における栄養塩類とCODに関する有機物項目について，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）「沿岸海域環境の物質循環現状把握と変遷解析に関する研究」報告書，21～25 (2017)
<https://www.nies.go.jp/kenkyu/chikanken/>
(2024/6/17アクセス)