

博多湾における貧酸素水塊及び栄養塩類等に関する実態調査

新田千穂・谷口勝彦・上尾一之

福岡市保健環境研究所環境科学課

Survey of Occurrence of Hypoxic Water Mass and Nutrients Concentration In Hakata Bay

Chiho NITTA, Katsuhiko TANIGUCHI and Kazuyuki UEO

Environmental Science Section, Fukuoka City Institute of Health and Environment

要約

平成26年度から平成28年度にかけて博多湾における貧酸素水塊発生と栄養塩類濃度の実態調査を行った。調査の結果、7月から9月にかけて各調査地点で貧酸素状態を確認した。クロロフィルaやCODに関する有機物指標は夏季表層で高い値を示し、植物プランクトンの増殖が寄与していると推察された。BODとCODの相関が強い地点でBODが0mg/L近くであっても、CODは1.5mg/L以上を示したものがあったことから、CODは生物によって分解されにくい有機物が含まれている場合もあると考えられた。栄養塩類については、溶存性の栄養塩類が夏季より冬季の方が高い値になっていることが確認された。

Key Words : 栄養塩 nutrients, 貧酸素水塊 hypoxic water mass (hypoxia), 物質循環 biogeochemical cycle, 底層溶存酸素量 DO in bottom layer

1 はじめに

内湾、内海等の閉鎖性海域においては、人間の社会活動に伴う窒素・リン等の栄養塩類の流入により植物プランクトンや藻類が増殖することに伴い、その水質が悪化するといういわゆる富栄養化の現象がみられる。これらの海域では赤潮や貧酸素水塊の発生により漁業被害をはじめとする環境保全上の問題が発生するほか、レクリエーションや景観上の支障となっている。

このような閉鎖性海域における富栄養化の防止を図るため、環境省(当時、環境庁)では、平成5年に海域の窒素及びリンに係る環境基準及び排水基準の設定を行った¹⁾。

現在、水質が改善された水域が見られる一方で、全体的には依然として水環境の改善が十分には進んでおらず、海域によっては貧酸素水塊等が発生し、水域利用や水生生物等の生育・生息に支障となっており、生態系の劣化が進行しているという指摘がある²⁾。

さらに、海域への栄養塩類の流入を削減することによ

る植物プランクトンなどの低次生産量の低下と、海域の開発による生物の生息・生育場の減少等があいまって、魚類などの高次の生物へ栄養塩類が循環せず、水産資源の減少を招いているとの指摘もある³⁾。

現在の環境基準である化学的酸素要求量(COD)、全窒素(TN)及び全リン(TP)については、汚濁負荷量の抑制により制御可能と考えられている指標であるが、生物生息環境を直接的に表現する指標とは言い難い。特に底層の生物生息環境と環境基準の関連性について説明が困難となっている¹⁾。こうした中、環境省は底層溶存酸素量(底層DO)の環境基準を設定しており、水塊構造を立体的にとらえることや、貧酸素水塊形成に関する物質循環上重要な水質指標を含めた常時監視を行う必要性が検討課題となっている⁴⁾。

これらの現状を踏まえ、栄養塩状態の把握、貧酸素水塊生成要因に関する知見を得るため、地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所で共同研究(Ⅱ型共同研究)「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」(平成26~28年度)に参加し調査を行った。

博多湾においては、例年、夏季に貧酸素水塊 (DO:3.6mg/L 以下を「貧酸素状態」とする.) が発生し、生物の生息・生育に影響を及ぼしている。また、TN, TP は環境基準をほぼ達成しているものの、COD の環境基準は一部の海域で達成していない。さらに、夏季の降雨による栄養塩類供給量の増加や、貧酸素による底泥からの栄養塩類溶出などで赤潮発生が助長される一方で、栄養塩類の供給が少なくなる冬季は海藻養殖に対するリン不足が懸念されている⁵⁾。

これらの課題を解決し、「生きものが生まれ育つ博多湾」(将来像)を実現するため、福岡市では「博多湾環境保全推進計画(第二次)」を策定し、計画を推進している。

そこで本研究では、博多湾における貧酸素水塊発生の実態を把握するため、多項目水質計等を用いて貧酸素水塊発生についての調査を行った。また、DO を消費する要因である有機物の性状を評価するため、COD や溶存性・懸濁性有機炭素(DOC・POC)、クロロフィル a (Chl a) を測定し、季節、地点での違い及び項目間の関係について比較し、実態の解明を試みた。また、貧酸素水塊発生の潜在性を推定する試みとして生物化学的酸素要求量(BOD)について測定した。さらに、栄養塩類の状態を確認するため、TN, TP, 硝酸性窒素(NO₃-N)、亜硝酸性窒素(NO₂-N)、アンモニア性窒素(NH₄-N)、リン酸態リン(PO₄-P)を測定し、季節間及び地点間の違いについて比較し、実態の解明を試みた。

また、COD が基準超過する要因の一つとして植物プランクトンの増殖が影響しているとされている。博多湾における状況について明らかにするため、平成 19 年度から平成 28 年度における博多湾内基準点 8 地点の Chl a と COD の相関性について確認した。

2 調査方法

2.1 調査項目

2.1.1 気象データ

降水量、日平均気温、最大瞬間風速、全天日射量を、気象庁(福岡管区気象台)による 1 日ごとの気象データを使用し調査した。

2.1.2 現地調査

DO, 塩分、水温及び Chl a を国立環境研究所から貸与された多項目水質計(Hydrolab)を船上から海中に垂下させ、垂直方向に水深約 20cm 間隔で調査した。

2.1.3 水質分析

現地調査で採取した試料の pH, COD, 溶存性 COD (D-COD), COD と D-COD の差から懸濁性 COD

(P-COD), DO, BOD, NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N, PO₄-P, TN, TP, を測定した。なお、BOD は表層と底層(海底上 1.0m)から採取した海水について爆気したのち、DO を滴定で測定し、さらに 20°C で暗所に 3 日間静置した後の DO を測定し、3 日間で消費された DO を BOD₃ として求めた。

また、試料を分注及び 450°C で 4 時間焼成処理したガラス繊維フィルター-GFC を用いて吸引ろ過した。試料・フィルター類は冷凍して国立環境研究所に送付し、一連の分析が行われた⁶⁾。試料を分注したものは COD の分析に、ろ液は D-COD と DOC, 溶存性の全窒素(DTN), 溶存性の全リン(DTP), NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N, PO₄-P, ケイ酸塩(シリカ:SiO₂)の分析に用いた。ろ紙は POC, Chl a の分析に用いた。P-COD は COD と D-COD の差から求めた。

2.2 調査地点及び調査日

博多湾内環境基準点の C-10 (中部海域)、補助地点の E-X1 (東部海域)及び貧酸素水塊が発生しない対照地点として C-1 (中部海域)の計 3 地点(図 1)で調査を行った。国立環境研究所への試料送付は C-10, E-X1 の 2 地点分を行った。

現地調査は、貧酸素水塊が発生しやすい 7 月から 9 月を中心に、以下の日程で計 25 回調査を行った。うち 9 回は水質汚濁防止法に基づく公共用水域の水質常時監視(常時監視)と同時に実施した。また、貧酸素水塊の発生がない 1 月にも調査を行った。

国立環境研究所への試料送付・測定は平成 23 年度から継続しており、夏季及び冬季に各 1 回、平成 23~28 年度全体では夏季 7 回、冬季 6 回の計 13 回行った。

平成 26 年	9 月 8 日,	9 月 30 日,	12 月 19 日*
平成 27 年	1 月 20 日,	4 月 17 日*,	6 月 1 日
	7 月 14 日,	7 月 29 日*,	8 月 21 日
	8 月 28 日,	9 月 15 日	
平成 28 年	1 月 6 日*,	6 月 7 日,	7 月 12 日*,
	7 月 19 日,	7 月 25 日,	8 月 5 日,
	8 月 9 日*,	8 月 16 日,	9 月 6 日*,
	9 月 9 日,	9 月 12 日,	9 月 27 日
	10 月 4 日*		
平成 29 年	1 月 12 日*		

* : 常時監視と同時に実施

下線 : 国立環境研究所へ試料送付

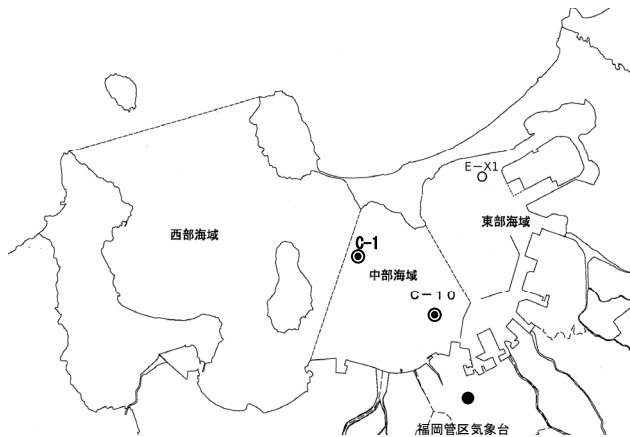


図1 調査地点

3 結果及び考察

3.1 気象データ

平成26年度から28年度の間で貧酸素水塊が発生していた7月から9月の福岡管区気象台の降水量、日平均気温、最大瞬間風速、全天日射量の変化を図2-1から図2-3に示した。また、調査を行った日を矢印で示した。なお、現地調査については、貧酸素水塊が発生していた7月から10月の表示とした。3か年とも気温は7月から8月にかけてピークとなり、8月を過ぎると気温が徐々に下降する傾向が見られた。平成27年度は平成26年度、平成28年度に比べ8月の気温が高く、降水量が少ない傾向にあった。

3.2 現地調査

多項目水質計による鉛直方向のDO、塩分、水温、Chl aの測定値を図3に示した。常時監視と同時に実施した日は常時監視のデータを用いた。

C-10とE-X1で7月から9月にかけて底層で貧酸素状態(DO: 3.6mg/L以下を「貧酸素状態」とする)が確認されることがあった。

【平成26年度】

9月8日の調査では、C-10とE-X1のいずれも、表層から中層でのChl aが高く、プランクトン増殖によるDO上昇が確認された。しかし水深2m付近からDOが低下し、いずれの地点も貧酸素が確認され、底層DOを比較すると、湾奥にあるE-X1の方が低い状況だった。この日、海水温は表層から底層までほぼ一定であるのに対し、鉛直方向に塩分差が確認されたことから、この時の貧酸素水塊発生には塩分による成層化の影響が考えられた。9月30日の調査前にも降雨の後高日射が続いていたが、表層と底層の塩分差が小さく、貧酸素は確認されなかった。

【平成27年度】

7月中旬から8月にかけてC-10とE-X1の底層で貧酸素状態が確認されることがあった。

DOは、C-10やC-1において、7月は水深が深くなるにつれて比較的なだらかに低下しているが、8月は水深2~4mで急速に低下した後底層まで低下することはなかった。一方でE-X1では水深2m以降底層まで急激に低下する傾向が見られた。

水温については、7月29日の調査では差が4度以上となり、貧酸素が発生しやすい状況となっていた。8月には底層の温度が25度以上まで上昇し、鉛直方向の差は小さくなったものの、底層の水温が高くなることで、引き続き貧酸素が発生しやすい状況となっていたと考えられる。

塩分については、鉛直方向の塩分差が大きくなる傾向がみられ、貧酸素が発生しやすい状況になっていたと考えられる。8月28日の調査では台風の影響による降雨で表層の塩分が大きく低下していた。

【平成28年度】

7月中旬から10月初旬にかけてC-10とE-X1の底層で貧酸素状態が確認されることがあった。C-1でも9月9日に貧酸素状態が確認されたが、当課の調査では期間中一度のみで、環境調整課による貧酸素調査⁷⁾や環境保全課による常時監視⁸⁾では確認されていなかった。

C-10とE-X1の貧酸素状態の状況を比較するとE-X1は底層のDOが0.5mg/Lを下回ることがあり、DO低下の度合いが強い傾向にあった。また、E-X1は底層近くで急激にDOが低下する傾向が見られた。E-X1のDO低下の度合いが大きい要因としては、①栄養塩類が比較的多い湾奥部に位置すること ②水深が浅いため、水温が上昇しやすく有機物分解が促進されることなどが推察されたが、今回の調査では明確にはわからなかった。

水温については、鉛直方向の温度差はC-10、C-1よりも、E-X1で小さい傾向にあった。

塩分については、鉛直方向の塩分差がC-1、C-10に比べ湾奥に位置するE-X1の方が大きかった。ただし、8月16日のE-X1は、鉛直方向の水温差と塩分差がなく、貧酸素水塊は確認されなかったが、底層近くでDOが低下していた。

10月4日の塩分差は、9月27日から9月30日までの累計282.5mmのまとまった降雨によって発生したと考えられた。このときは、E-X1が他の2地点に比べて鉛直方向の塩分差が大きかった。

いずれの地点でも鉛直方向に塩分差や水温差が確認され、貧酸素水塊の発生と関わりがある可能性が示唆された。

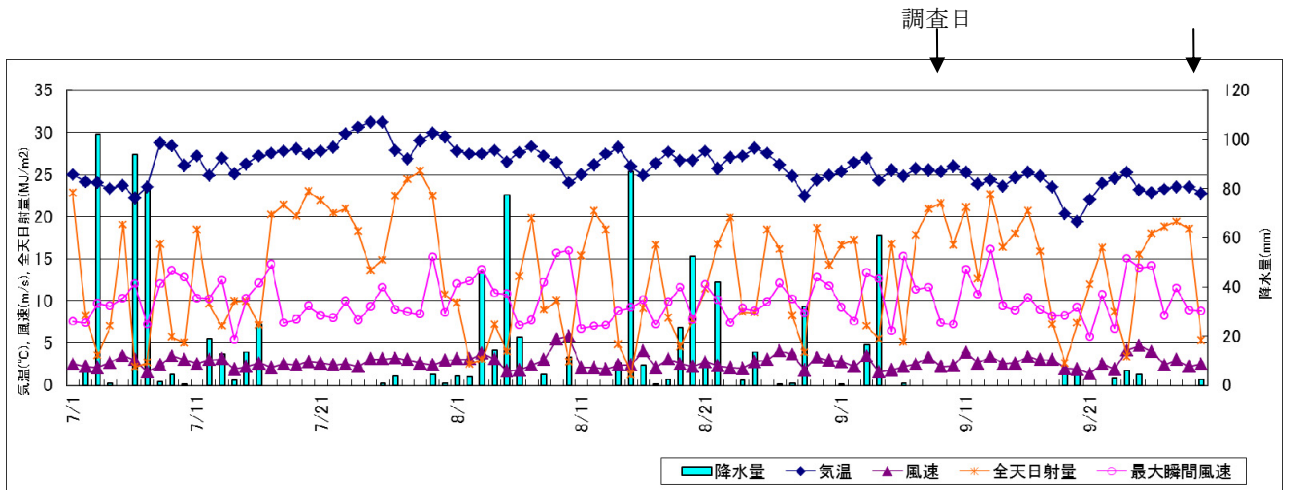


図 2-1 気象データ (福岡管区気象台) (平成 26 年 7 月～9 月)

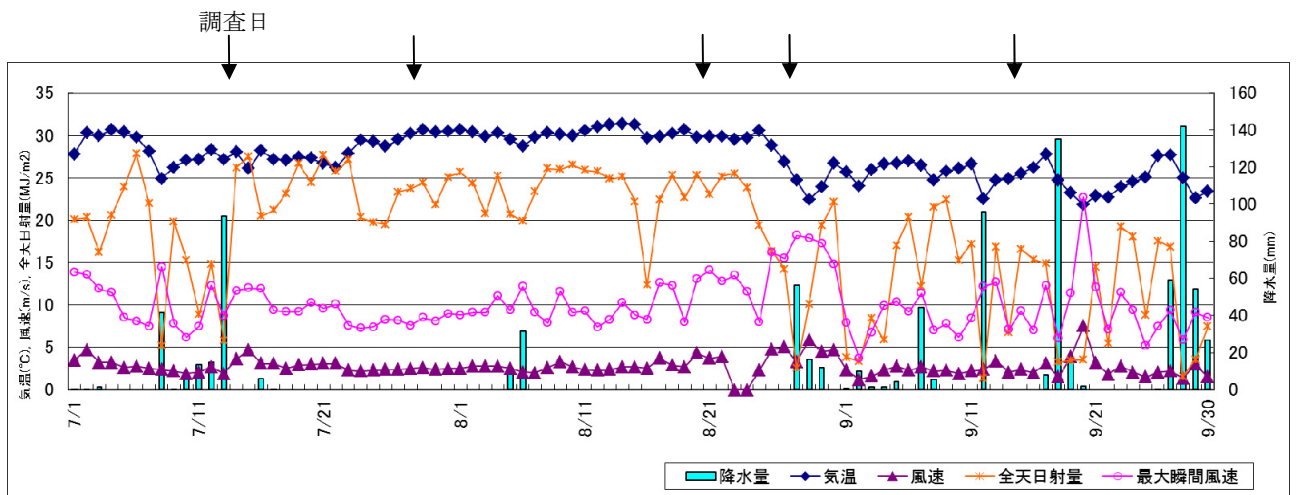


図 2-2 気象データ (福岡管区気象台) (平成 27 年 7 月～9 月)

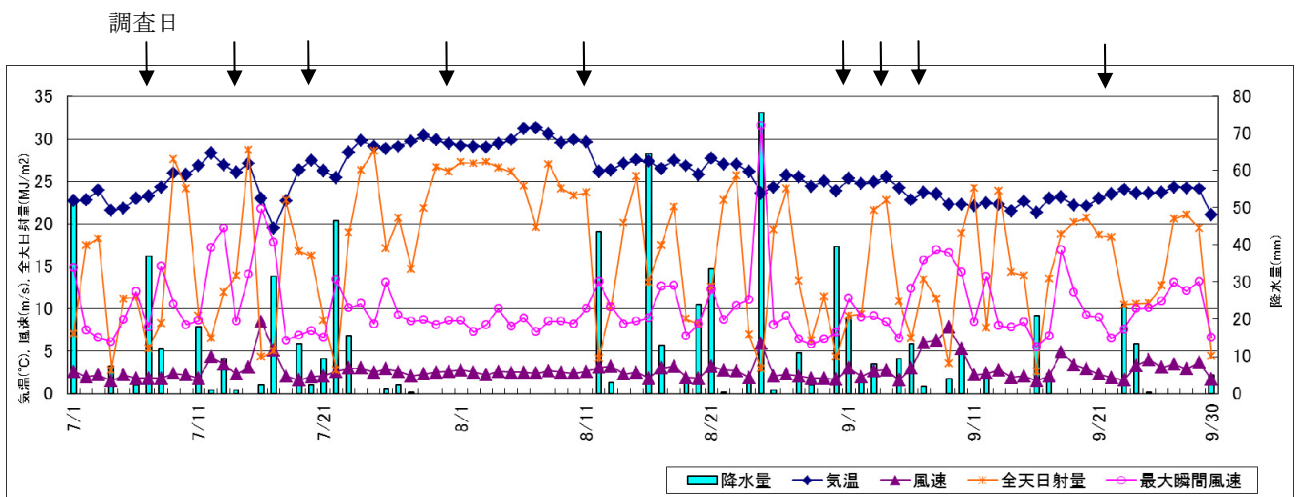


図 2-3 気象データ (福岡管区気象台) (平成 28 年 7 月～9 月)

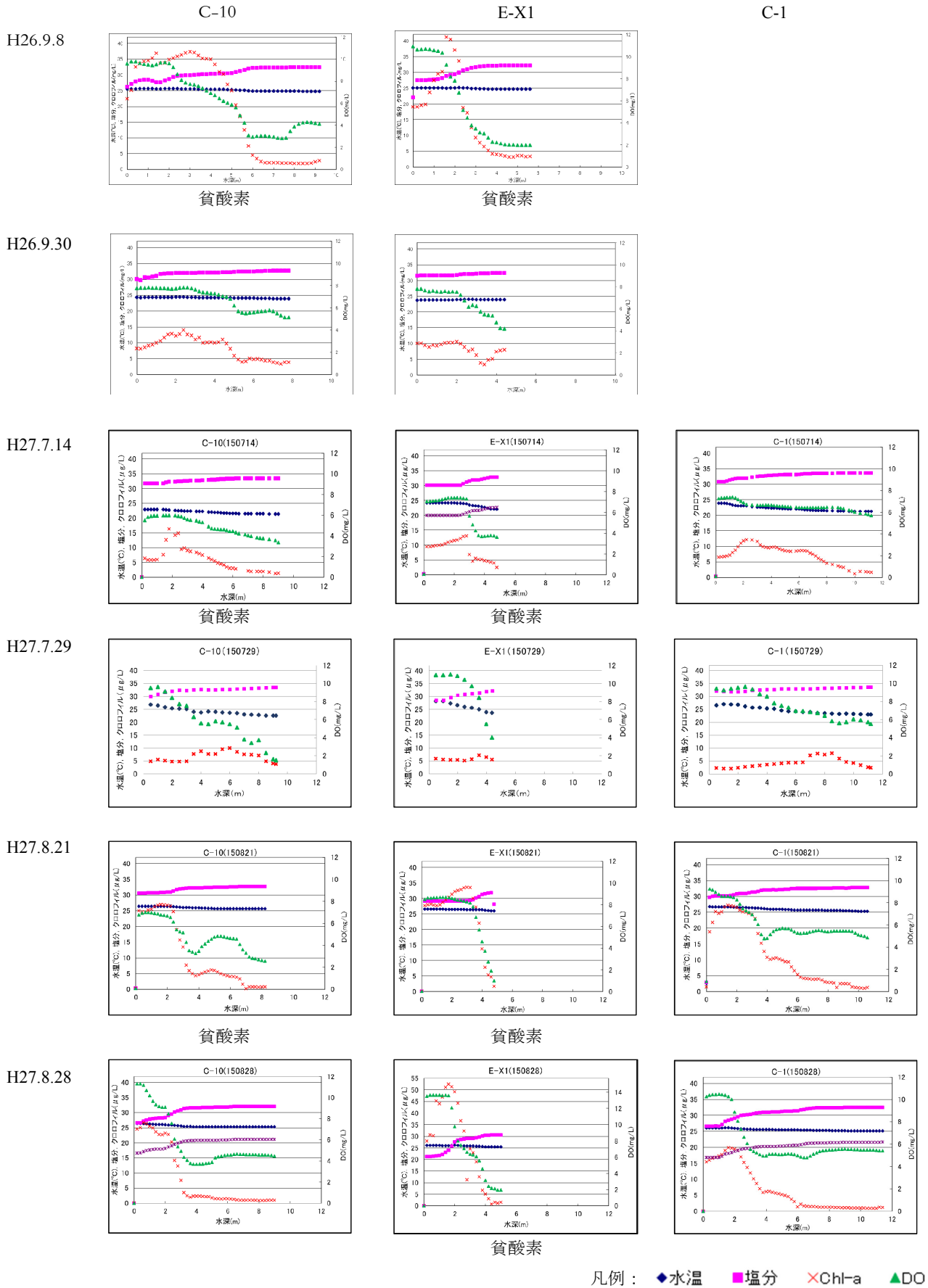


図 3-1 多項目水質計による調査結果 (7月~9月)

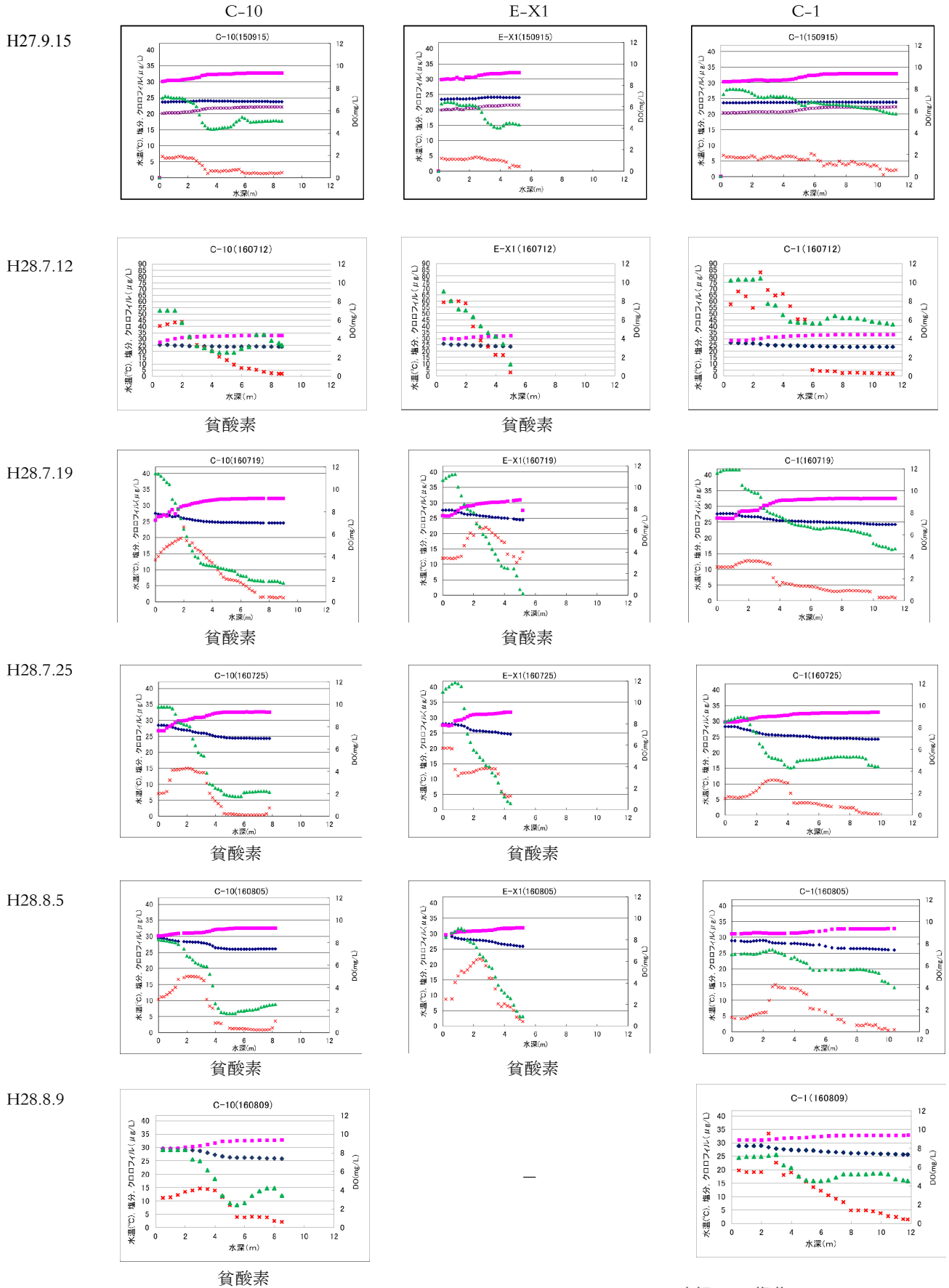
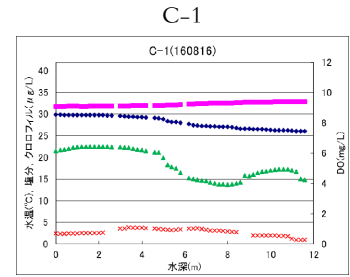
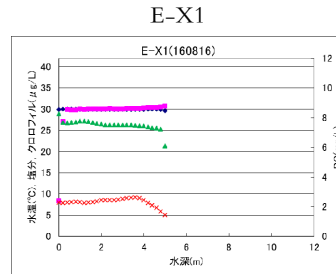
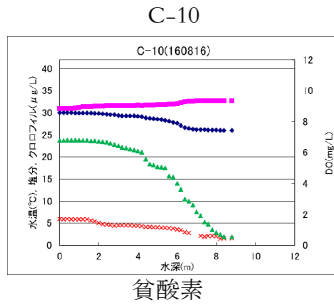
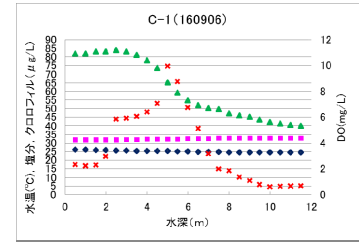
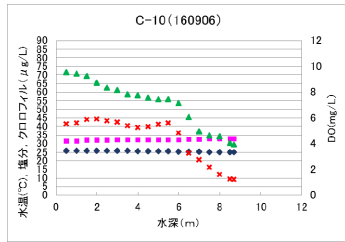


図 3-2 多項目水質計による調査結果 (7月~8月)

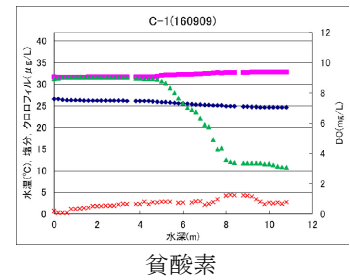
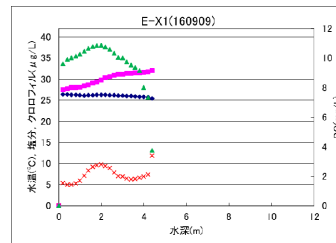
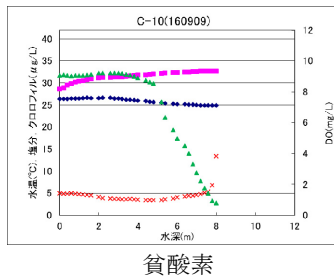
H28.8.16



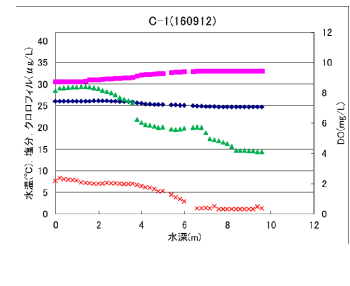
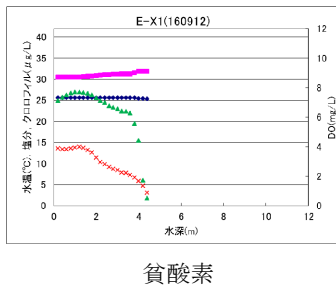
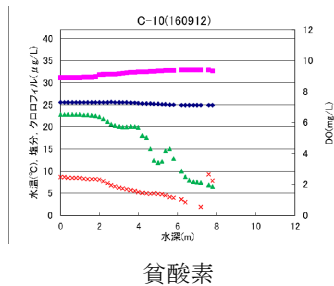
H28.9.6



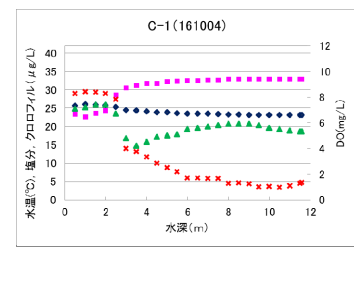
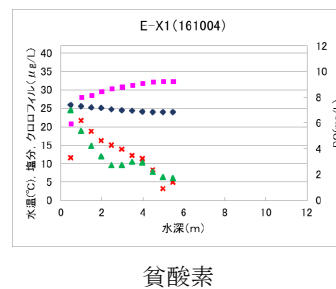
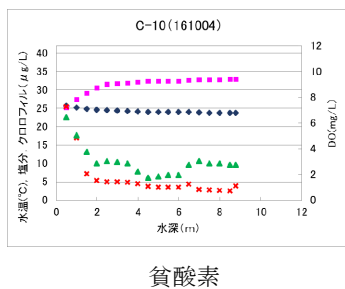
H28.9.9



H28.9.12



H28.10.4



凡例：◆水温 ■塩分 ×Chl-a ▲DO

※9月27日は機器不良により欠測

図 3-3 多項目水質計による調査結果 (7月~10月)

3.3 水質分析

3.3.1 BOD・COD 関連項目

BOD・COD 関連項目測定結果（平成 26 年～28 年度分）を表 1-1 に、有機炭素等測定結果（平成 23～28 年度分）を表 1-2 に示した。夏季を 7～9 月、冬季を 1～2 月の結果とし、異常値は除き、定量下限値未満は 0 とした。環境科学課測定分で、常時監視と同時に実施した日は、BOD を除き、常時監視のデータを用いた。

1) 季節間の比較

DO を除く項目は、概ね夏季が冬季に比べて高い傾向が見られ、特に表層は顕著であった。

COD に対する P-COD(COD-D-COD)の割合及び DOC+POC に対する POC の割合(懸濁性のものの割合)についても、夏季表層で高い傾向にあった。DO は夏季底層が低い傾向にあった。

夏季に表層と E-X1 底層で DO を除く各項目が高いのは、Chl a が高いことから、植物プランクトンの増殖(内部生産)の影響が大きいと推察された。また、懸濁性のものの割合が高いのも、植物プランクトンの増殖の影響が大きいと考えられた。E-X1 については水深が浅いため、底層近くでも植物プランクトンが増殖していたためと考えられた。

2) 地点間の比較

DO を除く項目は、夏季では概ね各項目とも E-X1, C-10, C-1 の順で高かったが、冬季には大きな違いはみられなかった。

夏季は湾口部より湾奥部において植物プランクトンが増殖していたためと考えられた。

表 1-1 BOD・COD 関連項目測定結果（平成 26 年度～28 年度平均値）

(単位は Chl a は $\mu\text{g/L}$, その他は mg/L かつこ内は標準偏差)

表層								
地点	時季	BOD	COD	D-COD	P-COD (COD-D-COD)	DO	pH	Chl a
C-10	夏季	2.5 (1.2)	4.1 (1.0)	2.3 (0.5)	1.7 (0.9)	8.8 (1.4)	8.4 (0.2)	17.6 (16.2)
	冬季	0.7 (0.3)	1.5 (0.7)	1.3 (0.5)	0.3 (0.2)	9.2 (0.8)	8.1 (0.0)	5.7 (3.9)
E-X1	夏季	2.3 (1.1)	4.5 (1.0)	2.4 (0.4)	2.1 (0.7)	10.0 (2.0)	8.4 (0.2)	17.3 (16.6)
	冬季	0.7 (0.6)	1.7 (0.7)	1.3 (0.5)	0.4 (0.3)	9.4 (1.3)	8.1 (0.1)	3.7 (0.7)
C-1	夏季	1.8 (0.9)	3.6 (1.1)	2.2 (0.6)	1.4 (0.8)	9.5 (1.6)	8.4 (0.2)	9.4 (8.0)
	冬季	-	1.0 (0.4)	0.8 (0.2)	0.2 (0.1)	8.8 (0.3)	8.1 (0.0)	4.8 (1.6)

底層								
地点	時季	BOD	COD	D-COD	P-COD (COD-D-COD)	DO	pH	Chl a
C-10	夏季	0.9 (0.7)	2.4 (1.0)	1.5 (0.3)	1.0 (0.8)	4.6 (1.2)	8.0 (0.1)	4.7 (7.1)
	冬季	0.7 (0.4)	1.8 (0.7)	1.1 (0.5)	0.7 (0.2)	8.9 (1.0)	8.1 (0.0)	5.8 (3.0)
E-X1	夏季	1.2 (0.7)	3.0 (0.7)	1.8 (0.4)	1.2 (0.5)	5.8 (2.4)	8.1 (0.3)	7.9 (5.1)
	冬季	0.8 (0.5)	1.7 (0.6)	1.2 (0.4)	0.5 (0.4)	9.3 (1.5)	8.1 (0.1)	5.1 (4.3)
C-1	夏季	0.8 (0.5)	1.8 (0.4)	1.3 (0.2)	0.5 (0.3)	5.6 (0.5)	8.1 (0.1)	2.0 (1.9)
	冬季	-	0.9 (0.5)	0.4 (0.6)	0.5 (0.1)	8.4 (0.2)	8.1 (0.0)	4.8 (1.4)

表 1-2 有機炭素等測定結果 (平成 23~28 年度 国立環境研究所分析平均値 (異常値は除く))

(単位は Chl a は $\mu\text{g/L}$, その他は mg/L かつこ内は標準偏差)

表層

地点	時季	BOD	COD	D-COD	P-COD (COD-D-COD)	DOC+POC	DOC	POC	Chl a
C-10	夏季	1.67 (0.61)	4.12 (0.93)	2.66 (0.52)	1.46 (0.88)	2.84 (0.75)	1.64 (0.29)	1.17 (0.55)	22.5 (13.3)
	冬季	0.60 (0.28)	2.11 (0.33)	1.67 (0.10)	0.43 (0.37)	1.66 (0.07)	1.16 (0.19)	0.50 (0.18)	4.38 (2.65)
E-X1	夏季	2.43 (1.82)	4.66 (1.05)	3.25 (0.36)	1.39 (0.89)	3.09 (0.45)	1.70 (0.17)	1.42 (0.38)	28.8 (11.20)
	冬季	0.30 (0.14)	2.06 (0.27)	1.74 (0.18)	0.32 (0.23)	1.46 (0.21)	1.12 (0.15)	0.34 (0.13)	2.09 (0.70)

底層

地点	時季	BOD	COD	D-COD	P-COD (COD-D-COD)	DOC+POC	DOC	POC	Chl a
C-10	夏季	1.80 (0.95)	2.60 (0.47)	2.15 (0.39)	0.42 (0.43)	1.95 (0.32)	1.41 (0.20)	0.54 (0.11)	7.12 (4.65)
	冬季	0.50 (0.14)	2.11 (0.52)	1.68 (0.09)	0.52 (0.56)	1.60 (0.26)	1.03 (0.16)	0.57 (0.31)	3.31 (1.97)
E-X1	夏季	1.67 (0.75)	3.30 (0.34)	2.40 (0.43)	0.92 (0.39)	2.58 (0.44)	1.48 (0.26)	1.04 (0.42)	15.0 (8.52)
	冬季	0.55 (0.35)	2.04 (0.27)	1.77 (0.23)	0.27 (0.19)	1.66 (0.22)	1.16 (0.06)	0.50 (0.25)	3.59 (3.14)

3) 項目間の関係

図 4 に各項目間の関係を示す。Chl a と P-COD 及び POC の関係では、C-10 及び E-X1 の表層では相関を示した。

C-10 及び E-X1 表層において COD と DOC+POC では強い相関がみられた。

BOD と COD については C-10, E-X1 のいずれも比較的強い相関があった。特に、BOD と COD の相関が強い E-X1 表層において、BOD が 0mg/L 近くでも COD が 1.5mg/L 以上を示したものがあつた。そのため、COD は生物によって分解されにくい有機物が含まれていると推察された。

BOD と Chl a については C-10 の底層、E-X1 の表層で比較的強い相関を示した。

表層の Chl a と P-COD 及び POC で相関があつたことから、P-COD, POC は植物プランクトンの増殖が寄与していると考えられた。

COD と DOC+POC では強い相関がみられた。しかし、C-10 の底層で相関が弱かつたが、原因はわからなかつた。

BOD については、DO の消費が有機物分解によるもののほか、植物プランクトンの呼吸やアンモニアの硝化が考えられる。今後、ろ過してプランクトンを除いた検体とろ過しない検体による BOD の違いについて

検討する必要があると考えられる。また、BOD とその他の項目との関連については現時点ではデータ数が少ない。そこで、物質循環のバランスを把握するため、海域に流れ込み、植物プランクトンに消費されるまでの栄養塩類について、今後も調査を続ける必要があると考えられる。

なお、本市が参加している前述の II 型共同研究「沿岸海域環境の物質循環と現状把握と変遷解析に関する研究」において、15 海域で海域版 BOD 測定が実施され、図 5 のとおり BOD と COD の相関 (相関係数 0.46) よりも BOD と Chl a の相関 (相関係数 0.56) が高いという結果が出ている。このことから、海域における酸素消費に関わる有機物 (因子) は COD より植物プランクトン (内部生産) であると示唆された。

そこで、博多湾においても COD の基準超過の要因として植物プランクトンの増殖が影響しているのか明らかにするため、博多湾常時監視における環境基準点 8 地点で平成 19 年度から平成 28 年度までの COD と Chl a の相関を確認したところ、図 6 のとおり相関を示し、博多湾においても植物プランクトンの増殖が COD 基準超過の影響要因と考えられることが確認された。

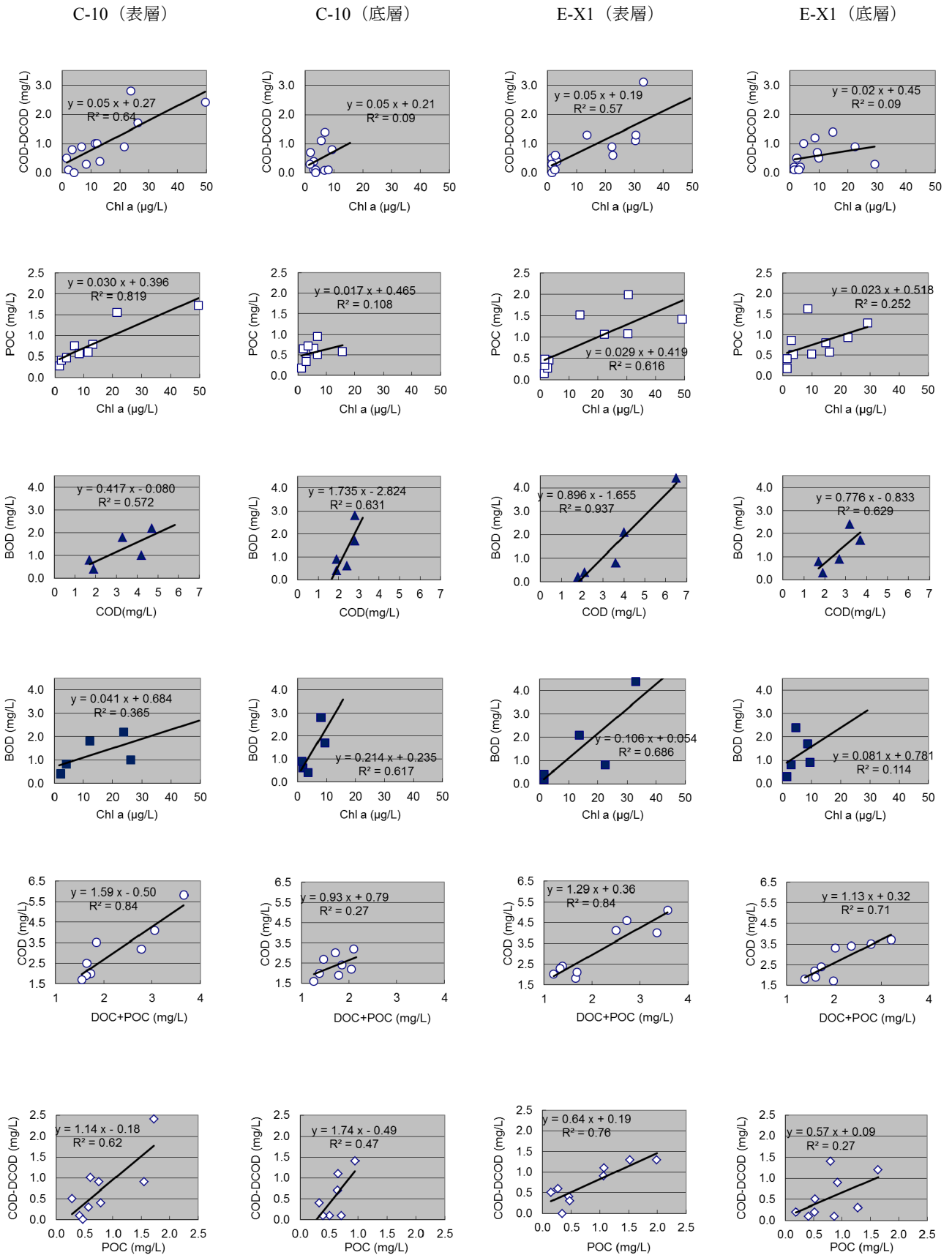


図4 有機炭素等項目間の関係

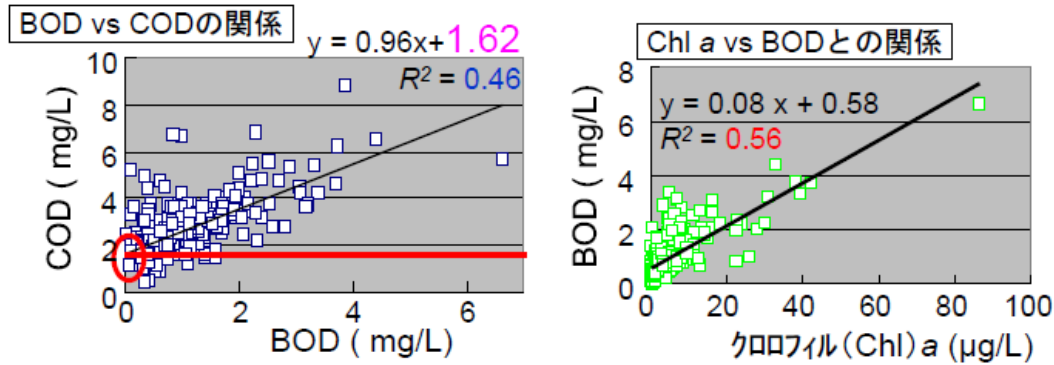


図5 II型共同研究に参加機関による全国15海域における海域版BOD測定結果

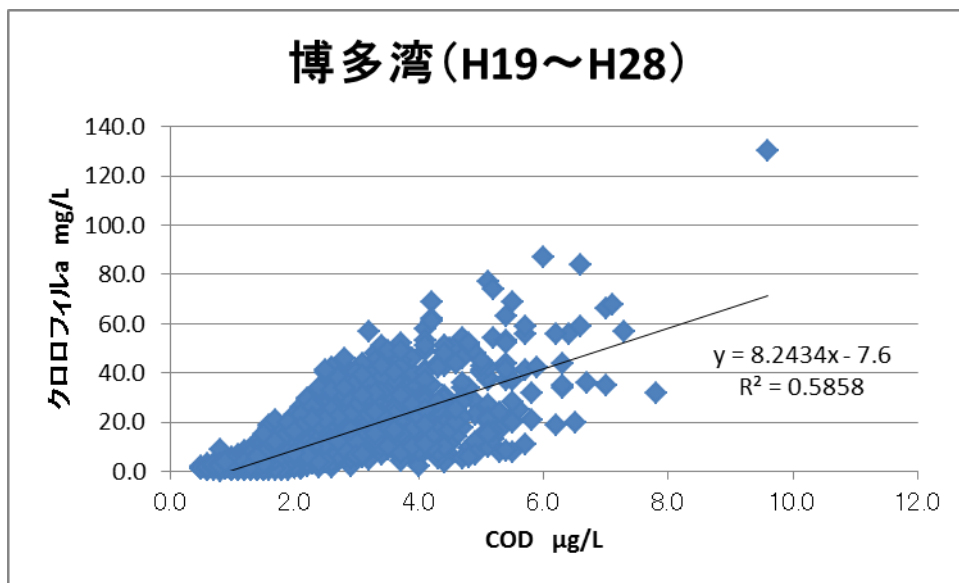


図6 博多湾環境基準点8地点におけるCODとクロロフィルaの相関

3.3.2 栄養塩類

平成26年度から平成28年度までの栄養塩類測定結果を表2に示した。夏季を7～9月、冬季を1～2月の結果とし、異常値は除き、定量下限値未満は0とした。

1) 季節間の比較

表層のDIN, DIP, 底層のDINについては、冬季が夏季より高い傾向がみられた。これは、植物プランクトンの消費によるものと考えられた。

DIN, DIPは冬季が夏季より高い傾向であった。

夏季は、冬季と比較して降雨量が多いため、海域への栄養塩類の流れ込みは多いが、大量増殖した植物プランクトンによって消費される一方、冬季は流れ込みが少ないものの、植物プランクトンによって消費される量が少ないため、溶存性の栄養塩類は夏季より冬季の方が高い傾向となっていると推察される。

本研究は、雨の影響の少ない時期に調査を行ってきたため、陸域から栄養塩類が流れ込み、植物プランクトンによって消費されるまでの状況はわかっていない。

栄養塩類の物質循環のバランスを把握するためには、海域に流れ込み、植物プランクトンに消費されるまでの栄養塩類について調査していく必要があると考えられる。

2) 地点間の比較

E-X1とC-10では特に傾向が見られなかったが、C-1については、他の2地点よりも栄養塩類が低い傾向がみられた。

湾奥部のE-X1から順にC-10, C-1と値が低くなっていくことが予想されたが、E-X1とC-10では大きな差がなく、E-X1よりC-10が高くなることもあった。

C-1が、他の2地点よりも値が低い傾向にあるのは、C-1は陸域から遠いため、陸域から流れ込んだ栄養塩類が拡散されて到達することや、栄養塩類の低い外海と近いことから海水交換を受けやすいためと考えられた。

表2 栄養塩類測定結果 (平成26~28年度)

(単位はすべて mg/L かつこ内は標準偏差)

地点	時季	DIN (NO ₃ -N+NO ₂ -N+NH ₄ -N)	TN	DIP (PO ₄ -P)	TP
C-10	夏季	0.087 (0.097)	0.522 (0.153)	0.006 (0.008)	0.040 (0.012)
	冬季	0.313 (0.040)	0.463 (0.067)	0.011 (0.003)	0.024 (0.005)
E-X1	夏季	0.059 (0.048)	0.575 (0.121)	0.006 (0.008)	0.046 (0.016)
	冬季	0.474 (0.167)	0.635 (0.201)	0.014 (0.007)	0.036 (0.017)
C-1	夏季	0.011 (0.015)	0.346 (0.120)	0.005 (0.009)	0.028 (0.012)
	冬季	0.238 (0.116)	0.335 (0.120)	0.008 (0.006)	0.018 (0.000)

地点	時季	DIN (NO ₃ -N+NO ₂ -N+NH ₄ -N)	TN	DIP (PO ₄ -P)	TP
C-10	夏季	0.120 (0.052)	0.373 (0.117)	0.018 (0.020)	0.045 (0.032)
	冬季	0.205 (0.047)	0.388 (0.112)	0.010 (0.003)	0.023 (0.003)
E-X1	夏季	0.127 (0.068)	0.491 (0.155)	0.012 (0.011)	0.046 (0.021)
	冬季	0.375 (0.096)	0.530 (0.143)	0.014 (0.004)	0.026 (0.002)
C-1	夏季	0.052 (0.020)	0.235 (0.055)	0.012 (0.010)	0.024 (0.006)
	冬季	0.104 (0.036)	0.195 (0.021)	0.007 (0.004)	0.016 (0.000)

4 まとめ

平成26年度から平成28年度にかけて多項目水質計を用いた貧酸素状態の現状把握を行ったところ、7月から9月にかけてC-10、E-X1で貧酸素状態を確認した。

Chl a や COD に関する有機物指標は夏季に高くなり特に表層で顕著だった。Chl a と P-COD 及び POC は表層において相関を示し、P-COD、POC は植物プランクトンの増殖が寄与していると推察された。また、BOD と COD については C-10、E-X1 の両地点とも相関を示した。特に相関が強い E-X1 表層において、BOD が 0mg/L 近くで COD が 1.5mg/L 以上を示すものがあったことから、COD は生物によって分解されにくい有機物が含まれていると考えられた。また、博多湾の常時監視 8 地点 10 年間の Chl a と COD について相関がみられたので、植物プランクトンが COD の基準超過の影響要因と考えられる。なお、BOD については、DO 消費の潜在性の指標になるものの、DO の消費が有機物分解のほか、植物プランクト

ンの呼吸やアンモニアの硝化があるため、そのことを加味した分析方法を検討する必要がある。BOD は、データ数が少なく、傾向等を見る上で今後さらなるデータの蓄積が必要である。

栄養塩類については、溶存性の栄養塩類が夏季より冬季の方が高い値になっていることが確認された。

博多湾は閉鎖性が強く容積に比べ流域面積が広いため、降雨等による流入水の影響を受けやすく、夏季においては降雨の影響による富栄養化や植物プランクトンの増殖による有機汚濁が生じ、貧酸素水塊が発生する要因となっていると考えられる。しかし、栄養塩類の流れ込みが多いと考えられる降雨後の博多湾水質の動態を明らかにするための調査は実施していない。そのため、降雨の影響による博多湾の栄養塩類の増加や降雨後の栄養塩類の推移、貧酸素水塊や赤潮との関連等について実態を明らかにするため、日単位で連続した水質調査を実施する必要があると思われる。

文 献

- 1) 環境省：日本の閉鎖性海域（88 海域）環境ガイドブック
- 2) 今後の閉鎖性海域対策に関する懇談会：今後の閉鎖性海域対策を検討する上での論点整理，平成 19 年 3 月
- 3) 海域の物質循環健全化計画統括検討委員会，環境省：海域のヘルシープラン [海域の物質循環健全化計画] 策定の手引き（改訂版），平成 26 年 3 月
- 4) 牧 秀明：環境部局による海域の調査研究の在り方について，第 42 回環境保全・公害防止研究発表会
- 5) 福岡市環境局：博多湾環境保全計画（第二次），平成 28 年 9 月
- 6) 牧 秀明：茨城県沿岸海域公共用水域常時監視点における栄養塩類と COD に関連する有機物項目について，Ⅱ型共同研究報告書
- 7) 福岡市環境局：博多湾環境保全計画に係るモニタリング業務委託報告書
- 8) 福岡市環境局：平成 28 年度 博多湾水底質調査業務委託報告書