

博多湾沿岸域における貧酸素水塊に関する調査

山崎亜弓・益尾実希・小林斎哉

福岡市保健環境研究所環境科学課

Survey of Occurrence of Hypoxic Water Mass in Hakata Bay Coastal Area

Ayumi YAMASAKI, Miki MASUO and Masaya KOBAYASHI

Environmental Science Section, Fukuoka City Institute of Health and Environment

要約

海域における酸素消費の潜在性を推定する試みとして博多湾において海域版 BOD の測定を行った結果、中部海域においては夏季の特に沿岸側で BOD が高くなる傾向がみられ、BOD 成分のほとんどは懸濁態で占められていると考えられた。博多湾沿岸部において多項目水質計を用いた貧酸素水塊の発生状況に関する調査を行った結果、沿岸部において夏季に貧酸素状態が確認されることが分かった。降雨に伴う栄養塩類の実態について調査を行った結果、樋井川の 3 地点（友泉亭橋、田島橋、草香江新橋）における栄養塩類の流入負荷量は、晴天時よりも降雨時の方が多く、下流に行くにつれ多くなる傾向が見られた。

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

全国の内湾や湖沼等の閉鎖性水域での水質改善は未だ十分ではない状況にあり、水域によっては、貧酸素水塊の発生等により水生生物の生息や水利用等に障害が生じている状況にある¹⁾。こうした中、環境省はより国民の実感にあった分かりやすい指標として、平成 28 年 3 月に底層溶存酸素量（以下、「底層 DO」とする。）を生活環境項目環境基準として設定しており、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²⁾。

閉鎖性の高い博多湾においては、例年、夏季に湾奥部や沿岸域などで貧酸素水塊（DO=3.6 mg/L 以下の「貧酸素状態」にある水塊。）³⁾が発生し、生物の生息・生育に影響を及ぼしている。さらに、夏季の降雨による栄養塩類供給量の増加に伴う赤潮発生などで有機物汚濁が助長され、T-N 及び T-P 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³⁾。

これらの現状を踏まえ、福岡市保健環境研究所では栄養塩状態の把握、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）「海域における水質管理に

係わる栄養塩・底層溶存酸素状況把握に関する研究（平成 29～31 年）」に参加し調査を行っている。

平成 30 年度は、Ⅱ型共同研究の一環として、海域における酸素消費（貧酸素水塊生成）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）を測定した。また、貧酸素水塊発生の実態を把握するため、河口域に近い沿岸部において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。さらに、貧酸素水塊発生の要因の 1 つと考えられる降雨に伴う栄養塩類流入の実態について調査を行った。

2 調査方法

各調査地点は図 1 のとおりで、地行浜の防波堤の形状は図 2 のとおりである。

2.1 海域版 BOD

平成 30 年度の博多湾公共用水域調査日に、博多湾内環境基準点の中部海域（C-10, C-1）及び東部海域（E-X1）の計 3 地点について調査を行った。

BOD は、各調査地点の表層（海面下 0.5 m）と底層（海底上 1.0 m）から採取した海水について、原液及びろ液（ガラス繊維フィルター(47 mmGF/C)でろ過したもの）

を曝気したのち, JIS K 0102 32.1 よう素滴定法で DO を測定し, さらに 20°C で暗所に 3 日間静置した後の DO も同様に測定し, 3 日間で消費された DO を BOD₃ として求めた。



図1 調査地点



図2 地行浜 調査位置図

(シーサイドももち海浜公園 地行浜地区)

2.2 貧酸素調査

平成 30 年 6 月～平成 31 年 3 月に, 地行浜海浜公園の東又は西防波堤の北側護岸で調査を行った。調査地点の水深は潮の干満の影響で調査日により変動するが, おおむね 3.5 m～5.0 m である。

多項目水質計 (Hydrolab 社) を海中に垂下させ, 溶存酸素 (DO), 水温, 塩分, クロロフィル a (Chl-a) 及び濁度を鉛直方向におおよそ 0.2 m ピッチで観測した。

2.3 降雨に伴う栄養塩類の実態調査

平成 30 年 6 月～9 月の降雨時及び 11 月の晴天時に, 博多湾に流入する樋井川において 5 地点 (上流から友泉亭橋, 田島橋, 草香江新橋, 旧今川橋, なぎさ橋) 及び博多湾沿岸部において 1 地点 (地行浜西防波堤先の表層

・底層) で調査を行った。樋井川は, 幹川流路延長 12.9 km, 流域面積は 29.1 km² の二級河川であり⁴⁾, BOD 等に係る環境基準は樋井川全域が B 類型に指定されている。各調査地点周辺の下水排除方式は, 友泉亭橋は分流式, 田島橋より下流は合流式 (一部分流式) である。

採水は各調査地点, 流量の測定は樋井川の上流から 4 地点で行った。栄養塩類は流れ分析法 (T-N: JIS K 0102 45.6, NO₂-N: JIS K 0102 43.1.3, NO₃-N: JIS K 0102 43.2.6, NH₄-N: JIS K 0102 42.6, T-P: JIS K 0102 46.3.4, PO₄-P: JIS K 0102 46.1.4) で測定を行った。流量は現地にて測定した川幅及び水深から求めた断面積 (m²) に電磁流速計 (KENEK 社 LP2100) で測定した流速 (m/s) を乗じ算出した。なお, 降水量データは気象庁ホームページ (<http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>) より引用した。

3 結果及び考察

3.1 海域版 BOD

BOD の調査結果を図 3 に示す。定量下限値 0.5 mg/L 未满是 0 とした。懸濁態の BOD 値 (P-BOD) は, 原液の BOD 値からろ液の BOD 値 (D-BOD) を差し引いて算出した。

C-1 及び C-10 においては, BOD は概ね夏季を中心に高くなり, 冬季には低くなる傾向がみられ, 年間を通して底層よりも表層の BOD の方が高かった。また, 湾口に近い C-1 よりも, 沿岸側に位置する C-10 の方が BOD が高くなる傾向がみられた。

BOD 成分についてみると, 年間を通して D-BOD は定量下限の 0.5 mg/L 未満となることが多く, ほとんどが P-BOD で占められていた。したがって, 酸素消費に関わる BOD 成分のほとんどは懸濁態で占められていると考えられた。

3.2 貧酸素調査

地行浜防波堤先における底層 DO (海底上 0.5 m 以下) の推移を図 4 に示す。計 23 回の調査のうち, 底層で貧酸素状態が確認されたのは 5 回ですべて夏季 (6～9 月) であり, 10 月以降に貧酸素状態は確認されなかった。貧酸素状態が確認された各調査日の観測データを図 5 に示す。福岡では, 平成 30 年 7 月豪雨で 7 月 5 日及び 6 日の 2 日間合計降水量が 337 mm を記録している。7 月 10 日の観測データでは表層の Chl-a が約 45 µg/L, DO が約 15 mg/L で過飽和となっている。これは, 樋井川から栄養塩類が多く供給され, 表層でプランクトンが増殖したものと考えられた。また, 水深 1.0～2.0 m 付近で塩分が急激

に下がり，これ以下の水深の DO が低下している様子が確認された．これは，淡水の流入量増大に伴い塩分躍層が形成されて成層化し，海水の上下混合が行われにくく

なり底層 DO が消費され貧酸素水塊が形成されたものと推察された．

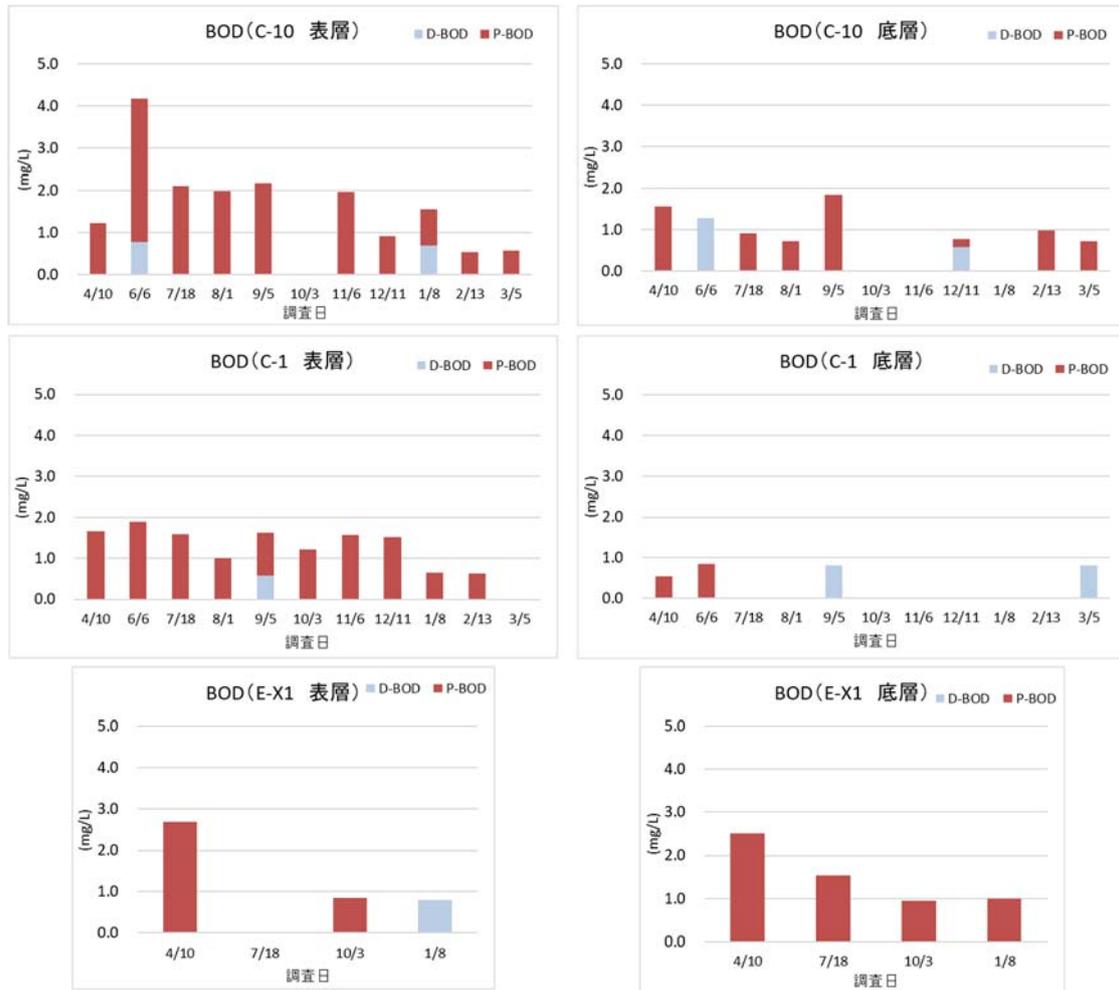


図3 各調査地点のBOD推移



図4 地行浜防波堤先における底層DOの推移

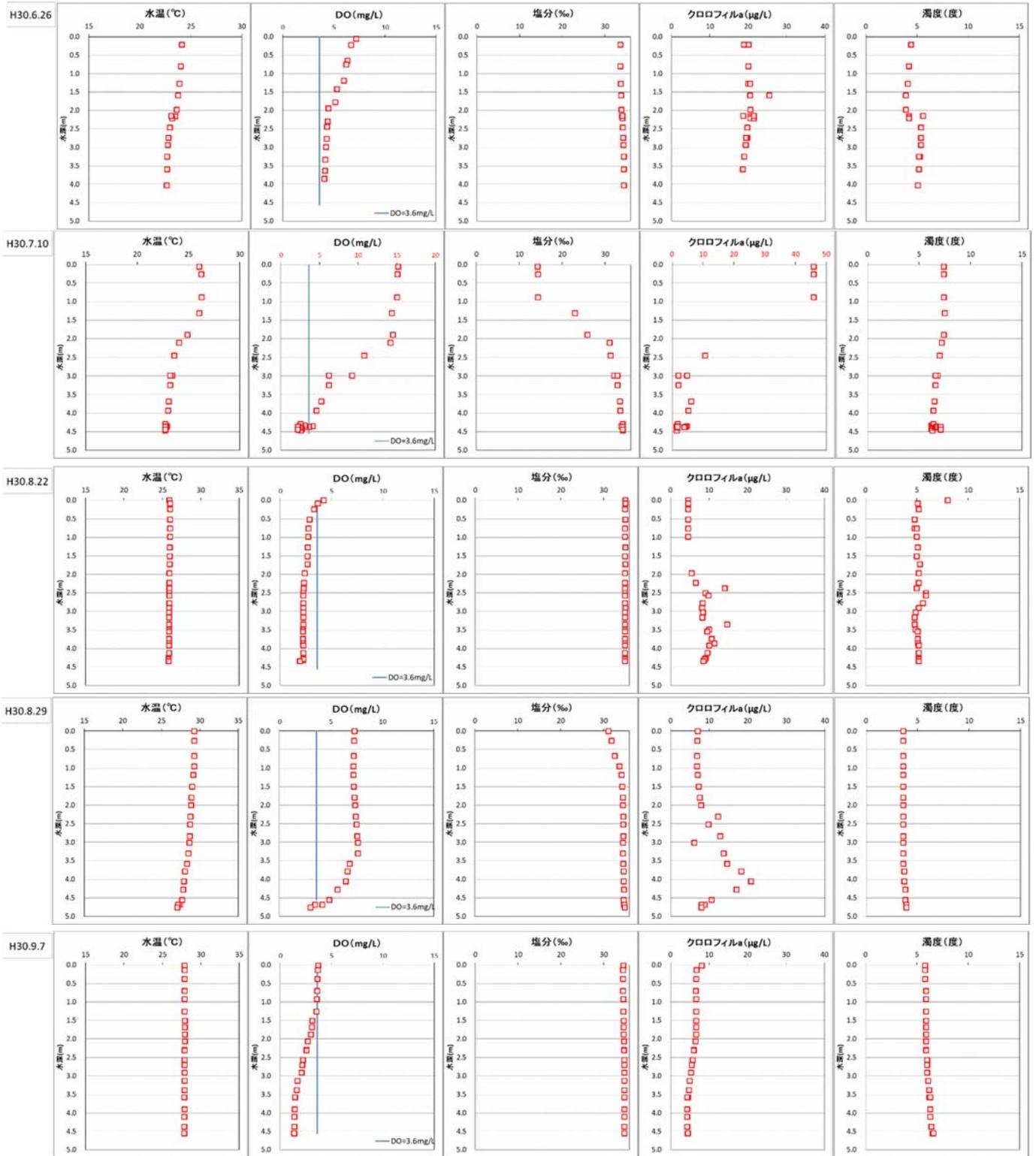


図5 貧酸素水塊発生時の鉛直分布（水温，DO，塩分，Chl-a，濁度）

3.3 降雨に伴う栄養塩類の実態調査

降雨時（7月3日）と晴天時（11月16日）のデータを図6に示す。7月3日の日降水量は73mmで、調査時までの累積降水量は約13mmであった。T-N及びDIN濃度については、晴天時の方がやや高かった。一方T-P及びDIP濃度は降雨時の方が高かった。樋井川の4地点（友泉亭橋、田島橋、草香江新橋、旧今川橋）の流量を表1に示す。旧今川橋は潮位の影響を受け11月16日の流量がマイナスになったが、降雨時は下流に行くにつれ流量が増えていた。これは、ポンプ場や雨水幹線など、下水道の雨水排除による影響と考えられた。旧今川橋を除く3地点について栄養塩類の負荷量を図7に示す。負荷量

は濃度に流量を乗じて算出した。晴天時よりも降雨時の方が負荷量は多く、下流に行くにつれ多くなる傾向が見られた。

表1 樋井川4地点の流量

調査日	調査地点	流量
		(m ³ /s)
H30.7.3 (降雨時)	友泉亭橋	1.4
	田島橋	3.7
	草香江新橋	4.1
	旧今川橋	27.1
H30.11.16 (晴天時)	友泉亭橋	0.21
	田島橋	0.21
	草香江新橋	0.17
	旧今川橋	-2.6

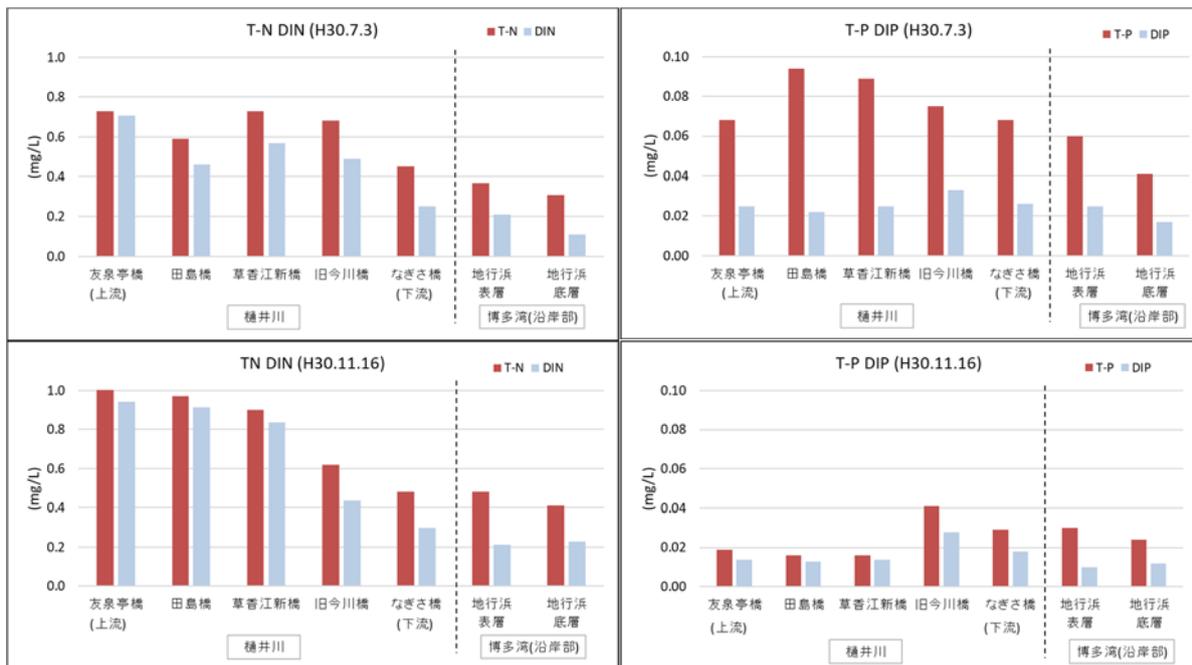


図6 降雨時（H30.7.3）と晴天時（H30.11.16）の栄養塩類の濃度

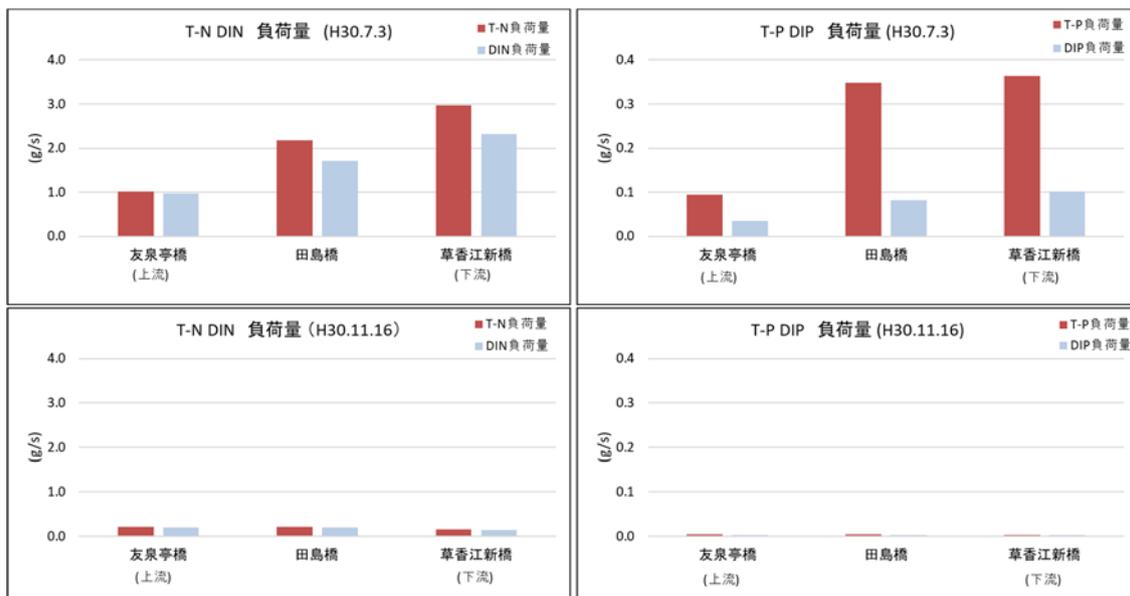


図7 降雨時（H30.7.3）と晴天時（H30.11.16）の栄養塩類の負荷量

樋井川河口（なぎさ橋）及び博多湾沿岸部（地行浜）における降雨前から降雨後（①6月26日～7月18日，②9月7日～14日）の栄養塩類及び塩分の推移を図8及び図9に示す。グラフの日付軸のうち破線で囲っている日が，日降水量が10mm以上を観測した日である。なお，

9月7日の採水は降雨前に行った。降雨以降に塩分が減少しており，樋井川から淡水が流入していることがわかる。それに伴い，T-N及びDIN濃度が增加する様子が確認されたが，T-P及びDIP濃度については淡水流入にともなう明確な変化は確認されなかった。

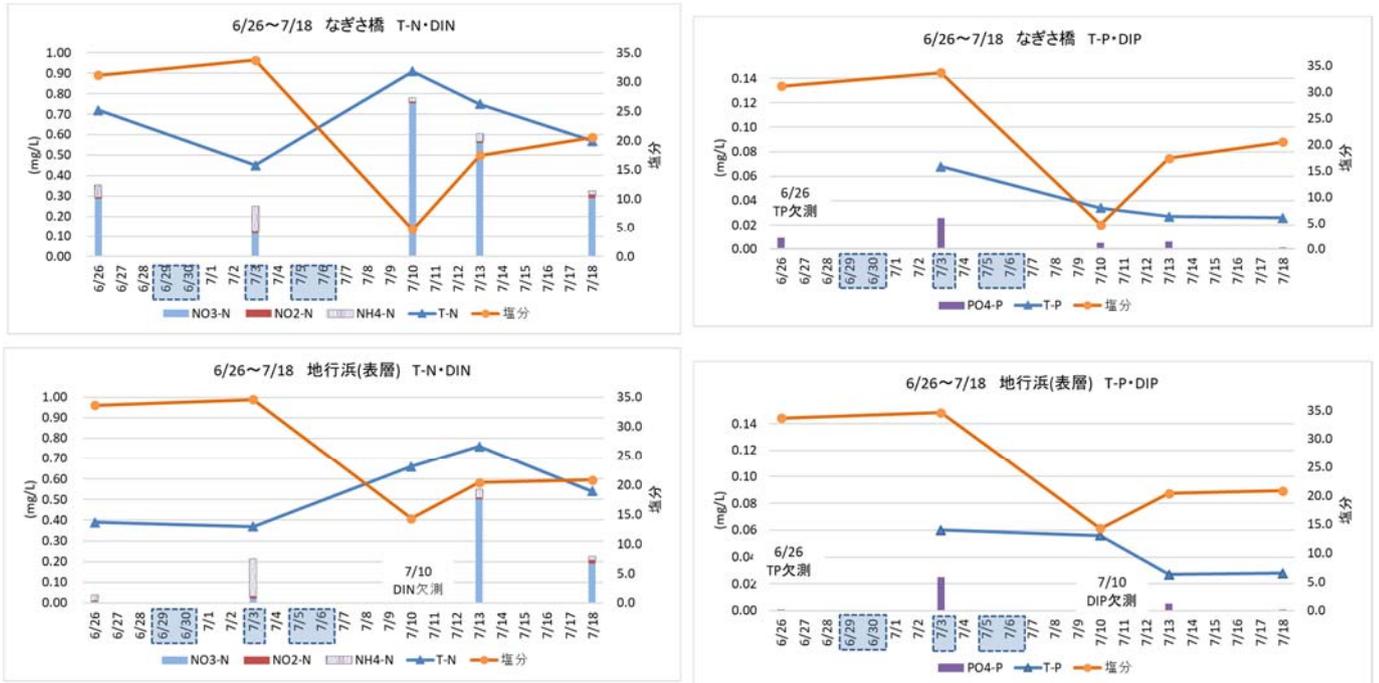


図8 降雨前～降雨後の栄養塩類及び塩分の推移（6月26日～7月18日）

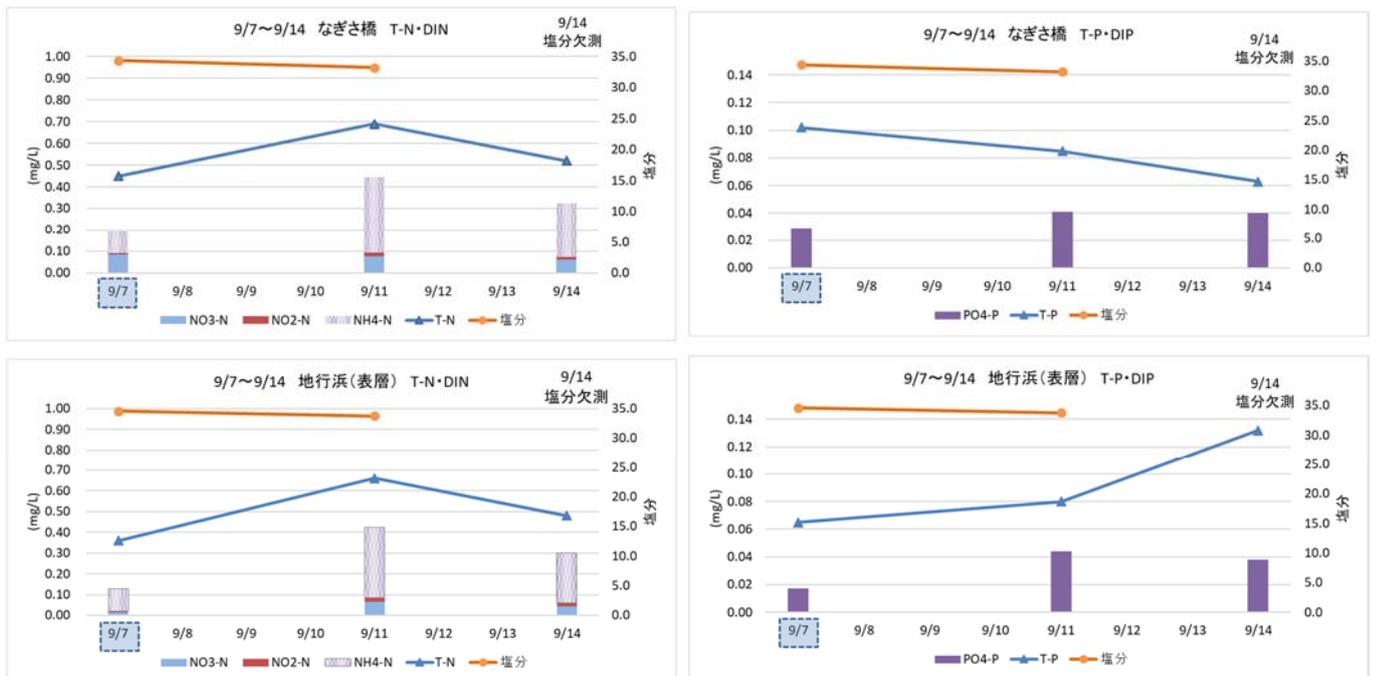


図9 降雨前～降雨後の栄養塩類及び塩分の推移（9月7日～14日）

4 まとめ

海域における酸素消費の潜在性を推定する試みとして海域版 BOD の測定を行った結果，中部海域(C-1 及び C-10)においては，BOD は概ね夏季を中心に高くなり，冬季には低くなる傾向がみられた．また，湾口に近い C-1 よりも，沿岸側に位置する C-10 の方が BOD が高くなる傾向がみられた．さらに，酸素消費に関わる BOD 成分のほとんどは懸濁態で占められていると考えられた．

博多湾沿岸域において多項目水質計を用いた貧酸素水塊の発生状況に関する調査を行った．その結果，河口域に近い沿岸部においても夏季に貧酸素状態が確認された．

降雨に伴う栄養塩類の実態について調査を行った結果，樋井川の3地点（友泉亭橋，田島橋，草香江新橋）における栄養塩類の流入負荷量は，晴天時よりも降雨

時の方が多く，下流に行くにつれ多くなる傾向が見られた．沿岸部においては，樋井川からの淡水流入にともない，T-N 及び DIN 濃度が増加する様子が確認されたが，T-P 及び DIP 濃度については淡水流入にともなう明確な変化は確認されなかった．

5 参考文献

- 1)環境省中央環境審議会：水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準の見直しについて（答申），平成 27 年 12 月
- 2)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
- 3)福岡市環境局：博多湾環境保全計画（第二次），平成 28 年 9 月
- 4)福岡県：樋井川水系河川整備計画，平成 26 年 5 月