

諫早湾干拓調整池流域水質調査結果(2017年度)

桑岡 莉帆、浦 伸孝、陣野 宏宙、橋本 京太郎、植野 康成

Water survey in a basin of the regulation pond which has formed by Isahaya bay land reclamation(2017)

Riho KUWAOKA, Nobutaka URA, Hirooki JINNO, Kyotaro HASHIMOTO and Yasunari UENO

キーワード：諫早湾、調整池、干拓

Key words: Isahaya Bay, regulating reservoir, land reclamation

はじめに

諫早湾干拓調整池流入河川において、人口密集地域の下流部で界面活性剤等の水質調査を実施し、得られた水質データにより当該地域における排水施設の有無による影響などを考察したので報告する。

調査期間と調査対象

1 調査期間

水質調査は、2017年5月から2018年1月の間、5回行った。

2 調査対象

図1の6流域を対象とし、6地点で水質調査を行った。本明川と境川では環境基準点が設定されているが(本明川(1):A類型、本明川(2):B類型、境川:A類型)、本調査地点は人口密集地域の下流に設定したため、環境基準点とは異なる。

調査流域の概要

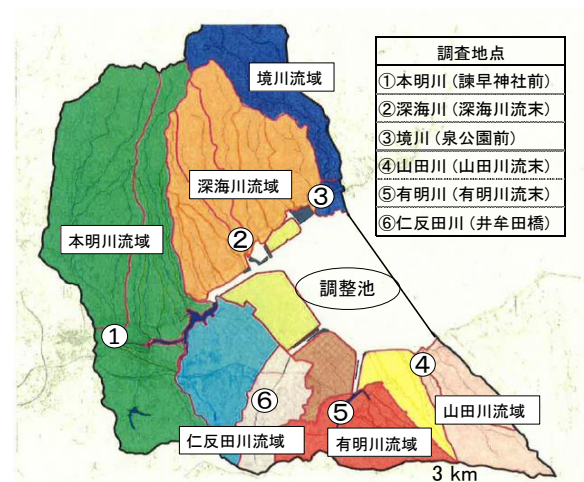
調査流域の土地利用の概要を図2に示す。ただし、今回の調査の地点では、流域全体を反映していない場合もある(本明川及び仁反田川)。なお、図は2014年の九州農政局資料¹⁾から作成した。

本明川で約7割、境川、深海川、山田川、有明川及び仁反田川で約8割を、山林・原野、畑地及び水田が占めている。また、畑地及び水田が占める割合は、有明川で最も多い。

調査流域の汚水処理の状況

1 調査流域の汚水処理状況の概要

調査流域の汚水処理状況の概要を図3に示す。



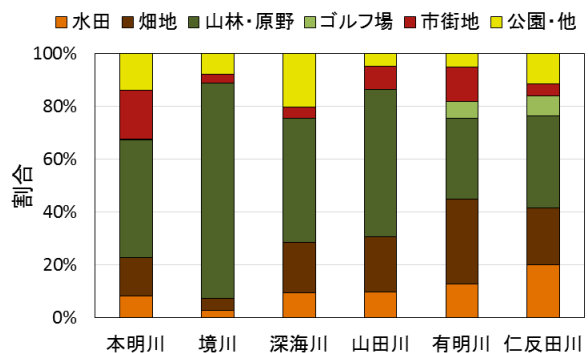
なお、図は2015年の九州農政局資料²⁾から作成し

図1 調査地点

図2 調査流域の土地利用の概要

た。

汚水処理状況を割合で見ると、下水道での処理は境川で最も高く、農業集落排水施設での処理は有明川及び仁反田川で高くなっている。くみ取り式便所及び単独浄化槽による処理は、生活排水が未



処理のまま河川などに排出されるが、その割合は山

田川で最も高くなっている。

河川名	BOD、 T-N、T-Pの 処理人口(人)*1	BOD、 T-Nのみの 処理人口(人)*2	BODのみの 処理人口 (人)*3	処理なしの 人口(人)*4	流域人口 (人)	BODの 処理率	T-Nの 処理率	T-Pの 処理率
本明川	30,342	7,873	0	14,231	52,446	72.9%	72.9%	57.9%
深海川	2,226	3,524	0	3,079	8,829	65.1%	65.1%	25.2%
境川	0	595	3,169	431	4,195	89.7%	14.2%	0.0%
山田川	0	165	2,053	1,834	4,052	54.7%	4.1%	0.0%
有明川	5,769	526	75	1,252	7,622	83.6%	82.6%	75.7%
仁反田川	1,594	291	0	221	2,106	89.5%	89.5%	75.7%
合計	39,931	12,974	5,297	21,048	79,250	73.4%	66.8%	50.4%

表 1 調査流域における生活排水のBOD、T-N、T-Pの処理状況

- *1 諫早中央浄化センター及び農業集落排水施設への接続人口
- *2 合併浄化槽設置人口
- *3 特定環境保全公共下水道への接続人口
- *4 単独浄化槽設置人口、未普及の人口及び未接続の人

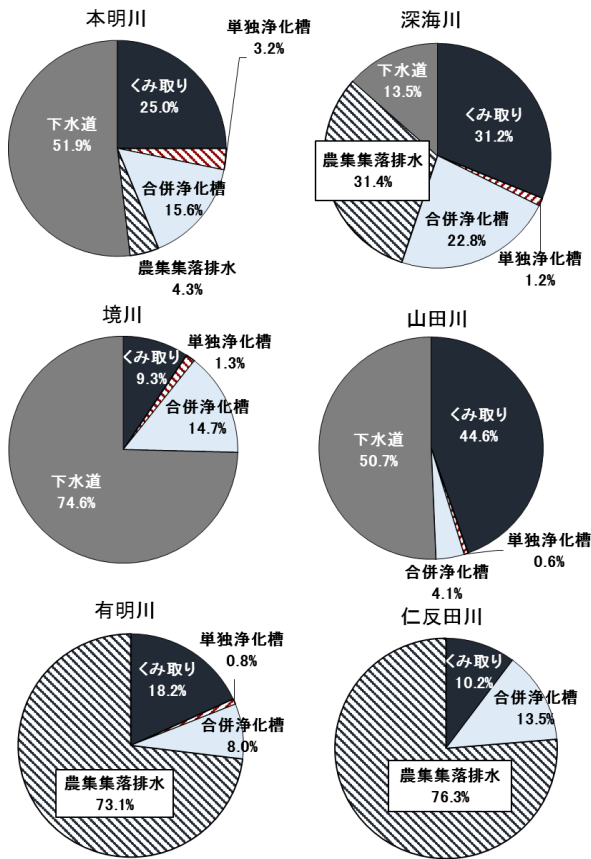


図 3 調査流域の汚水処理状況の概要



図 4 調査期間の降水量及び気温

2 調査流域における生活排水のBOD、T-N、T-Pの処理状況

汚水処理施設のBOD、T-N及びT-Pの処理機能は、施設によって異なっている。例えば、本明川流域の諫早中央浄化センターでは、BODに加えてT-N及びT-Pの高度処理に対応しており、同様に、深海川の一部、仁反田川及び有明川の農業集落排水施設においてもBOD、T-N、T-Pの高度処理に対応している。また、全流域に普及している合併処理浄化槽はBOD及びT-Nの処理に対応している。

調査流域における汚水のBOD、T-N、T-Pの処理状況を表1に示す^{2,3)}。なお、表は2015年の九州農政局資料、諫早市及び雲仙市資料から作成した。

BODの処理率は山田川の54.7%で最も低く、境川の89.7%で最も高い。調査流域全体で見ると、人口の73.4%で生活排水が処理されている。一方で、T-Nの処理率は4.1～89.5%、T-Pの処理率は0.0～75.7%で河川によって大きな差がある。

降水量

調査期間の降水量及び気温を図4に示す。

調査内容

1 水質の現況調査

(1) 水質調査

調査は、2017年5月8日、7月25日、9月13日、11月15日、1月16日に実施した。なお、採水は雨が降っておらず、河川が平常である日に行った。ま

た、午後 2 時以降に調査を行った。

項目	分析方法
流量	JIS K0094
DO	JIS K0102
pH	JIS K0102
COD	JIS K0102
SS	昭和 46 年環境庁告示第 59 号
T-N	JIS K0102
NO ₂ -N	JIS K0102
NO ₃ -N	Mullin-Riley法
NH ₄ -N	JIS K0102
T-P	JIS K0102
PO ₄ -P	JIS K0102
Cl ⁻	上水試験法
Chl.a	海洋観測指針
陰イオン 界面活性剤	メチレンブルー壁面付着 —吸光度法による— (デジタルパケット)

表 2 調査項目及び分析方法

(2) 調査項目及び分析方法
調査項目及び分析方法を表 2 に示す。

調査結果

1 水質の現況調査

(1) 流量

流量の水質調査結果を図 5-1 に示す。

調査期間を通して、本明川で最も流量が多かった。また、深海川の採水地点は河口に近く、調整池との水位差がそれほどないところで調査を実施したため、11 月を除いて、計測する際の場所によっては逆流がみられる箇所もあった。

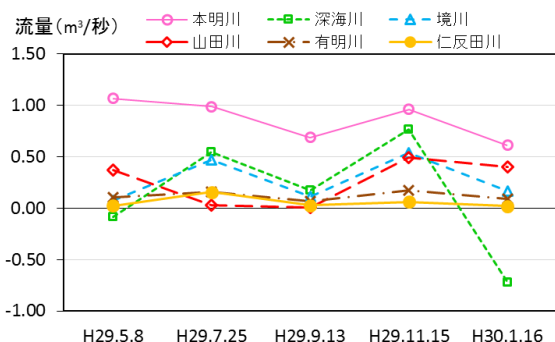


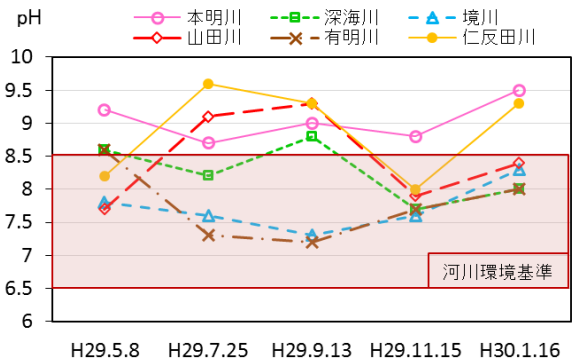
図 5-1 流量

(2) pH

pHの水質調査結果を図 5-2 に示す。pHの値で、本明川は 8.7~9.5、深海川は 7.7~8.8、境川は 7.3~8.3、山田川は 7.7~8.6、有明川は 7.2~8.6、仁反

田川は 8.0~9.3 で推移した。全河川において、大きく値が変動した (pHの値で 0.8 以上)。また、後述する Chl.a と類似の挙動を示したが、これは植物プランクトンが増加した際、光合成によって二酸化炭素が少なくなり、液性がアルカリ側に傾いたことが要因の一つとして考えられる。さらに、境川を除く河川で、河川の環境基準値の上限である 8.5 を超えることがあった。

図 5-2 pH



(3) DO

DOの水質調査結果を図 5-3 に示す。山田川を除く全河川で 1 月に高い濃度となった。調査期間を通して、全ての河川でその水温における飽和溶存酸素量を超えており、過飽和の状態環境基準値を大きく上回っていた。

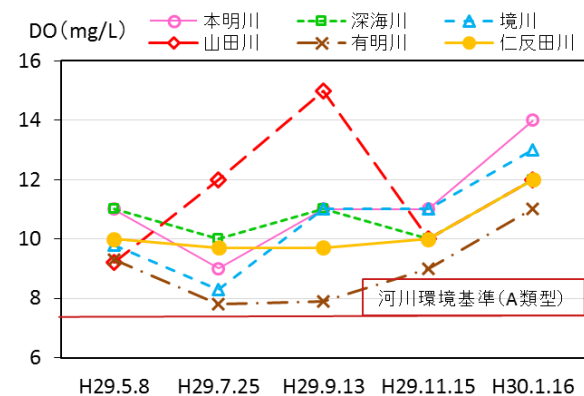


図 5-3 DO

(4) COD

CODの水質調査結果を図 5-4 に示す。深海川及び有明川を除く河川で、調整池の環境基準値である 5 mg/L 以下で推移した。また、全河川において、7 月で COD が最も高濃度となった。その要因の一つとしては、6 月から 7 月の降雨 (図 4) による土壌からの COD 成分の流れ込みが考えられる。深海川において、5 月、7 月、9 月で COD 値は環境基準を超えていたが、調整池内の水の逆流が原因のひとつだと考えられる。また、有明川では、4.4~6.5 mg/L で推

移し、前述の深海川を除いて他河川より高濃度であった。有明川の採水地点は水田に囲まれており、流域全体としても森林や農地の割合が高いことから(図2)、そこからのCOD成分の流入が要因の一つとして推測される。さらに、調査期間の河川のCOD平均濃度と河川流域の生活排水中のBODの処理率(表1)の間に相関は見られなかった($p > 0.05$)。

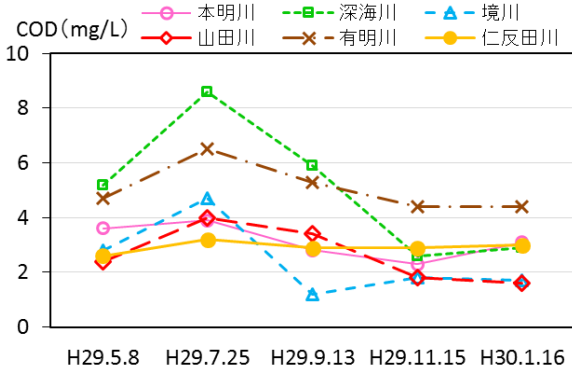


図 5-4 COD

(5) SS

SSの水質調査結果を図5-5に示す。深海川及び有明川を除く河川で、調整池の環境基準値である15 mg/L以下で推移した。深海川で比較的高いSS濃度がみられたが、これは調整池内の水が流れ込んだことが要因の一つとして推測される。また、調査期間を通して全河川で河川の環境基準値である25 mg/Lを下回った。

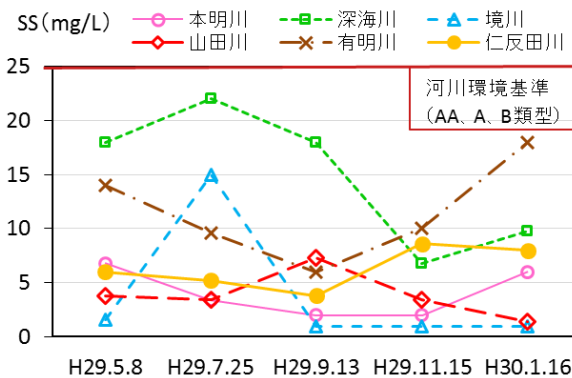


図 5-5 SS

(6) T-N

T-Nの水質調査結果を図5-6に示す。有明川以外で1.5 mg/L以下で推移したが、調整池の環境基準値の1.0 mg/L以下で推移した河川は境川だけであった。有明川では、2.7~7.1 mg/Lで推移し、他の河川よりも高い濃度であったが、これは流域に農地の割合が高く(図2)、水田や畑の施肥の影響を受けていると推測される。有明川では7月と9月に大きく濃度が下がった(3 mg/L程度)が、周辺水田では

7月と9月の調査日に湛水していたため、脱窒作用により硝酸性窒素が減少したことに伴い、全窒素も減少したと推測される。また、三態窒素の状況を見てみると、深海川以外の河川で、硝酸性窒素濃度が大部分を占めていた。深海川の5月、7月および9月では、全窒素のうち半分以上を懸濁態窒素が占めていた。後述するChl.aも5月、7月及び9月に高くなっているため、調整池の水の逆流によって流入した植物プランクトンの影響が要因として考えられる。さらに、調査期間の河川的全窒素平均濃度と窒素の処理率(表1)の間に相関は見られなかった($p > 0.05$)。

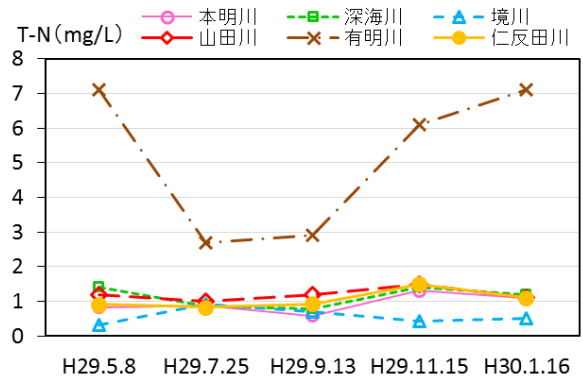


図 5-6 T-N

(7) NO₂-N

NO₂-Nの水質調査結果を図5-7に示す。有明川以外の河川において、報告下限値(0.02 mg/L)以下で推移した。有明川は0.03~0.12 mg/Lで推移したが、前述のとおり周辺水田からの肥料の流入や畜産排水の流入が要因の一つと考えられる。2016年の有明川流域千鳥川水域調査⁴⁾において、有明川の東を流れる千鳥川の上流では畜舎が確認され、窒素分の負荷要因の一つと推定されている。

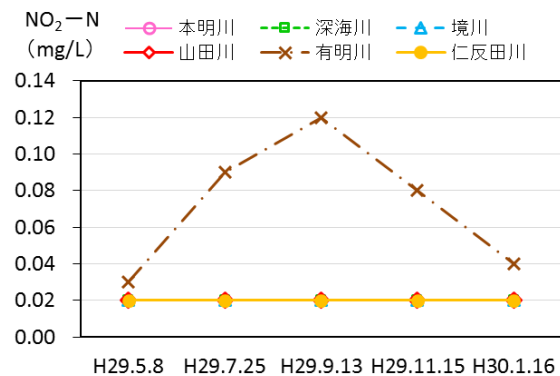


図 5-7 NO₂-N

(8) NO₃-N

NO₃-Nの水質調査結果を図 5-8 に示す。有明川以外の河川で 1.5 mg/L以下で推移した。有明川では、7月と9月で大きく濃度が下がった (3.5 mg/L程度)。有明川の周辺の水田では、7月と9月の調査日に湛水していたため、脱窒作用によるものと推測される。

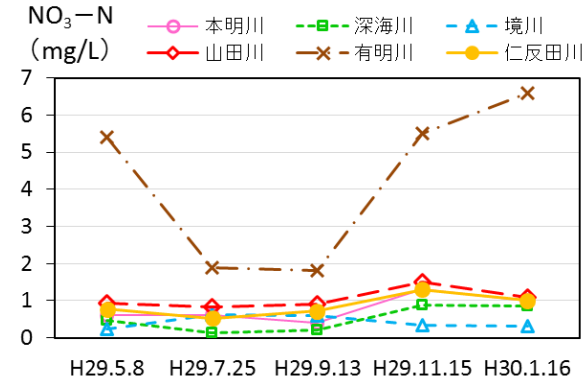


図 5-8 NO₃-N

(9) NH₄-N

NH₄-Nの水質調査結果を図 5-9 に示す。深海川及び有明川を除く河川で、0.1 mg/L以下で安定して推移した。有明川では5月を除いて、高濃度で推移した。この要因としては、硝酸性窒素と同様に有明川周辺水田や畑からの肥料の流入や畜産排水の流入が考えられる。また、深海川では11月と1月に高濃度となった。

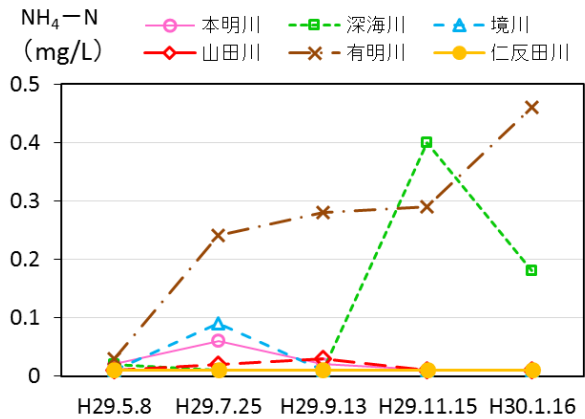


図 5-9 NH₄-N

(10) T-P

T-Pの水質調査結果を図 5-10 に示す。境川で調整池環境基準値の 0.1 mg/L以下、仁反田川で 0.1 mg/L前後で推移し、本明川、深海川、山田川および有明川で約 0.1~0.3 mg/Lの間で推移した。T-Pの内訳を見ても、深海川を除く河川でT-Pの大部分をリン酸態リンが占めていたのに対して深海川

では、5月、7月および9月において、T-Pの約半分を懸濁態リンが占めていた。前述の通り、調整池から流入した植物プランクトンの影響があると推測される。また、調査期間の河川の全リン平均濃度とリンの処理率 (表 1) の間に相関はみられず (p > 0.05)、リンの処理率が 0%である境川のT-P濃度は比較的低い値で推移している一方、仁反田川を除く他の河川はより高い濃度を示し、生活排水の他にT-P濃度に影響している要因があると推測される。

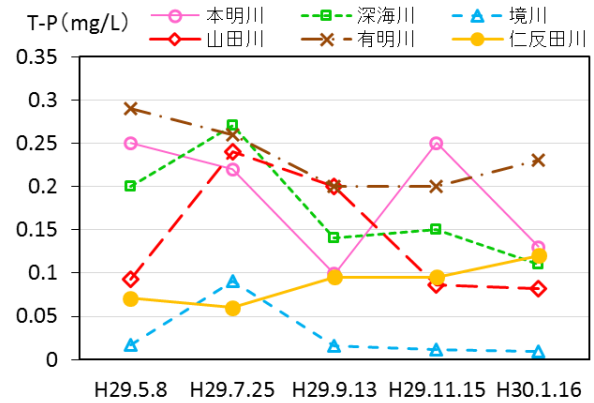


図 5-10 T-P

(11) PO₄-P

PO₄-Pの水質調査結果を図 5-11 に示す。深海川を除き、全リンと同様の傾向にあった。

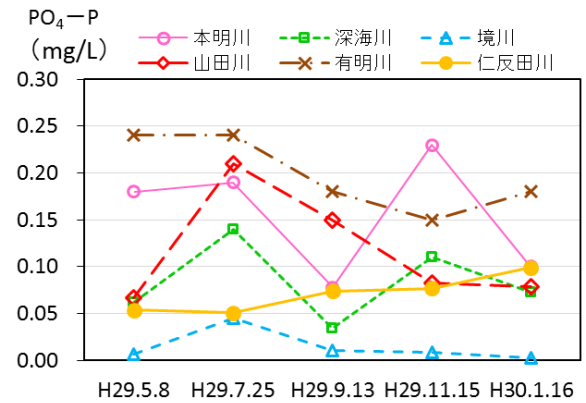


図 5-11 PO₄-P

(12) Cl⁻

Cl⁻の水質調査結果を図 5-12 に示す。深海川を除く河川で、調査期間を通して大きな変動がなく安定して推移した。深海川では1月に大きく上昇した。そのときの流量をみると- 0.72 m³/secで、Cl⁻が高い調整池内の水が流れ込んだと推測される。

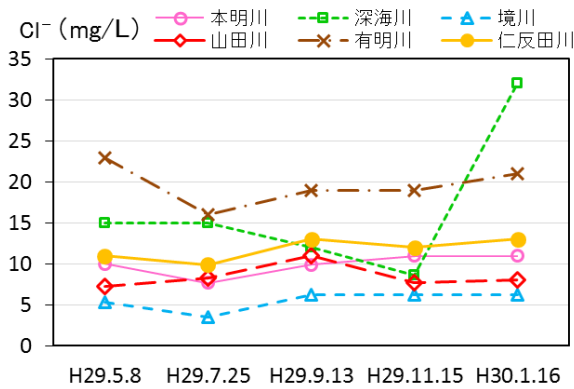


図 5-12 Cl⁻

(13) Chl.a

Chl.aの水質調査結果を図5-13に示す。深海川を除く河川で 20 µg/L以下の濃度で安定して推移した。深海川では、調整池の水の逆流が見られ、その調整池で発生した植物プランクトンの影響でChl.a濃度が他の河川より大きくなったと考えられる。

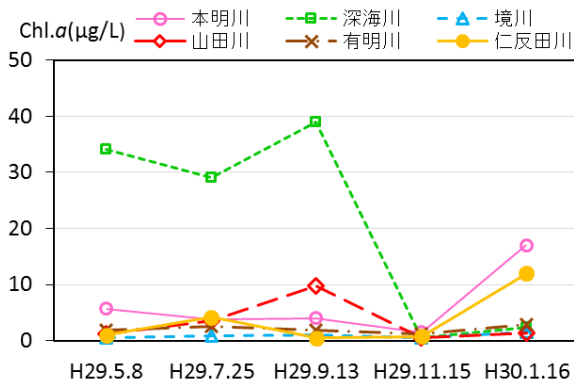


図 5-13 Chl.a

(14) 陰イオン界面活性剤

陰イオン界面活性剤の水質調査結果を図5-14に示す。本明川は 0.25~0.55 mg/L、深海川は 0.35~0.45 mg/L、境川は 0.30~0.65 mg/L、山田川は 0.45~0.55 mg/L、有明川は 0.20~0.40 mg/L、仁反田川は 0.35~0.40 mg/Lで推移した。

全ての河川において1月で最も高濃度となったが、これは陰イオン界面活性剤の水温による生分解速度の違いが要因の一つと推測される。水温の推移を図5-15に示す。界面活性剤の生分解は温度に依存するが、特に陰イオン界面活性剤の約3割を占める直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム (LAS) の生分解は水温によって大きく変化し、高水温の河川中では生分解されやすいが、10°C以下の低水温ではほとんど分解されないことが知られている⁵⁾。

また、調査期間の河川の陰イオン界面活性剤平

均濃度について、境川で 0.50 mg/L、山田川で 0.48 mg/L、本明川、深海川及び仁反田川で 0.40 mg/L、有明川で 0.31 mg/Lの順に高い濃度となった。その陰イオン界面活性剤平均濃度とBODの処理率(表1)の間に相関は見られなかった ($p > 0.05$)。山田川ではBODの処理率が 54.7%と低く、陰イオン界面活性剤平均濃度が比較的高い結果となった。一方で、境川では処理率が 89.7%と比較的高いにも関わらず、陰イオン界面活性剤濃度が6河川の中で最も高かった。採水を行った人口密集地域の下流部では、前述の通り、陰イオン界面活性剤が河川を流れていく過程で分解されている可能性があるため、必ずしも本調査における陰イオン界面活性剤が河川全体の生活排水の状況を表しているわけではないことが推測される。

さらに、陰イオン界面活性剤は水道法において水道水の水質基準項目の一つとなっており、発泡を防止する観点から、0.2 mg/L以下と規定されている。今回の調査では、全ての河川で 0.20 mg/L以上の陰イオン界面活性剤が検出され、調査期間を通して発泡が確認された。

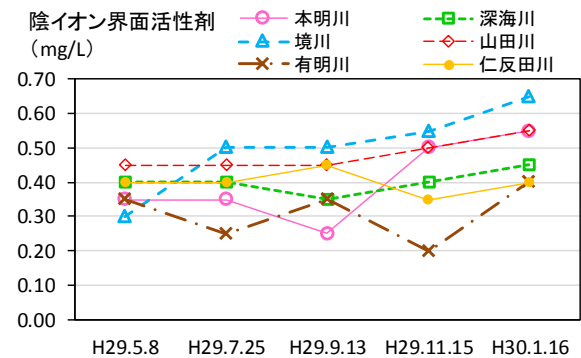


図 5-14 陰イオン界面活性剤

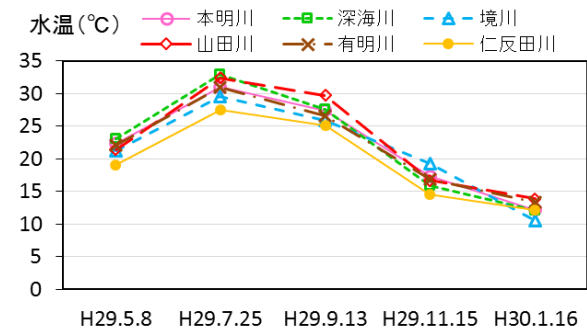


図 5-15 水温

2 生活排水処理状況と負荷量の関係

生活排水処理状況と水質負荷量の関係を図 6-1~6-4 に示す。なお、未処理人口とは、物質や成分

を除去することなく、生活排水を公共用水域へ排出している人口を表す。負荷量は、次式を用いて算出した。

$$\text{負荷量 (kg/日)} = \text{流量 (m}^3\text{/日)} \cdot \text{物質濃度 (mg/L)} \div 1000$$

(1) 陰イオン界面活性剤

生活排水処理状況と陰イオン界面活性剤負荷量の関係を図 6-1 に示す。陰イオン界面活性剤の平均負荷量は、本明川の 29.4 kg/日で最も高かった。また、境川と山田川では、深海川、有明川及び仁反田川と比較すると負荷量が多く、BODの未処理人口、つまり生活排水を処理していない人口に対する負荷量が他の河川より多くなった。

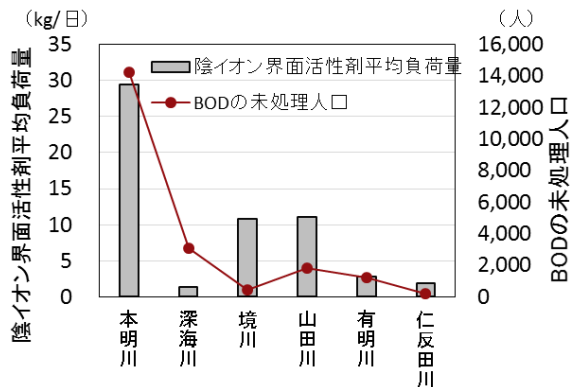


図 6-1 陰イオン界面活性剤平均負荷量と BODの未処理人口

(2) COD

生活排水処理状況とCOD負荷量の関係を図 6-2 に示す。CODの平均負荷量は、本明川の 236 kg/日で最も高く、仁反田川の 15 kg/日で最も低かった。深海川、境川、山田川及び有明川は、BODの未処理人口に差があるにもかかわらず (431 人～3,079 人)、43 kg/日～59 kg/日で大きな差はみられなかった。

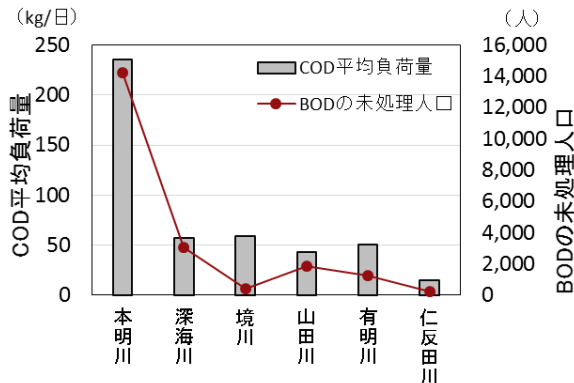


図 6-2 COD平均負荷量と BODの未処理人口

(3) T-N

生活排水処理状況とT-N負荷量の関係を図 6-3 に示す。T-Nの平均負荷量は、本明川の 70.1 kg/日で最も高かった。また、有明川ではT-N濃度が高く、負荷量は 51.5 kg/日で本明川について高かった。有明川では他の河川より、T-Nの未処理人口に対する負荷量が大きくなったが、その要因として水田や畑の施肥の影響を受けていることが推測される。

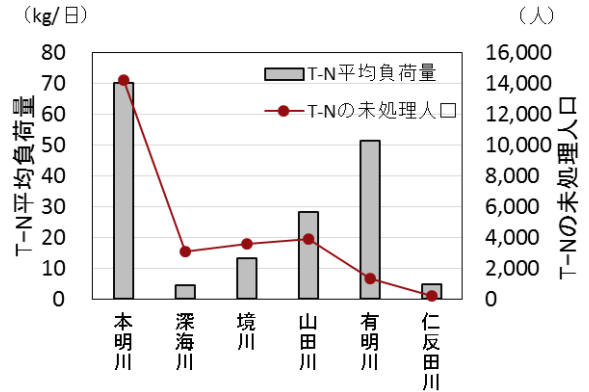


図 6-3 T-N平均負荷量とT-Nの未処理人口

(4) T-P

生活排水処理状況とT-P負荷量の関係を図 6-4 に示す。T-Pの平均負荷量は、本明川の 14.3 kg/日で最も高く、仁反田川の 0.4 kg/日で最も低かった。同様に、T-Nの未処理人口に関しても、本明川の 22,104 人でもっとも多く、仁反田川の 512 人で最も少なくなっている。

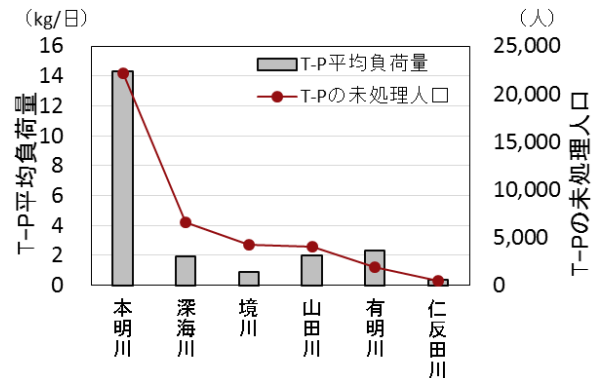


図 6-4 T-P平均負荷量とT-Pの未処理人口

考察

(1) 水質の現況調査

採水地点の周辺を水田で囲まれていた有明川では、COD、SS、T-N、T-Pなどの項目で他の河川と比較して高濃度で推移した一方で、陰イオン界面活性剤は他の河川と比較して低濃度で推移した。このことから、有明川流域では生活系より農業由来の汚濁

負荷が大きいと考えられる。

境川について、COD、SS、T-N、T-Pの項目において調整池環境基準以下で推移しており、これらの指標から見ると汚染の程度は低いと推測されるが、陰イオン界面活性剤は他の河川より高濃度で推移しており、生活系からの負荷割合が大きい可能性がある。また、陰イオン界面活性剤の生分解性の違いや土地利用の違いなども、陰イオン界面活性剤濃度を高くする要因となっている可能性も考えられる。

T-NおよびT-Pについては、ほとんどの河川で調整池環境基準以上の濃度水準にあり、調整池の環境基準達成のためには流入前の対策も重要と思われた。

全河川について陰イオン界面活性剤においては季節変動がみられ、水温による生分解速度の違いが推測されるとともに、河川水中で生分解が起こっていることが示唆された。このことから、今回調査の各河川 1 地点における陰イオン界面活性剤濃度だけでは、その河川全流域の生活排水の状況を把握することは難しいと考えられる。そこで、生分解の影響を小さくするために、1 つの河川における地点数を増やし、採水地点上流区域の陰イオン界面活性剤濃度を詳細に調べていくことで、地域の生活排水状況を把握する必要がある。

COD、T-N、T-P及び陰イオン界面活性剤濃度のいずれにおいても生活排水の処理状況との明確な関連はみられず、流域河川の水質に関しては、生活系の影響に加え農業系など他の影響が大きいことが示唆された。

(2) 生活排水処理状況と負荷量の関係

流量が多い本明川では、陰イオン界面活性剤、COD、T-N及びT-Pの全てにおいて、負荷量が最も大きく、その全ての項目で生活排水の未処理人口が最も多い。また、境川及び山田川では陰イオン界面活性剤負荷量が比較的大きく、生活排水の影響が他の河川より大きいことが示唆された。

生活系の負荷は、調整池への流域からの負荷の一つとされており、第2期諫早湾干拓調整池水辺環境の保全と創造のための行動計画に基づき、長崎県では水質汚濁防止法に基づいて生活排水対策重点地域に諫早市及び雲仙市の一部を指定し、それらの市のもと、下水道や浄化槽、農業集落排水処理施設の整備の促進などの取り組みが行われているところである。

今後は、陰イオン界面活性剤濃度が高かった境川および山田川の 2 河川で詳細調査を行い、生活排水の面から調整池の負荷削減対策につなげる。

参考文献・脚注

- 1) 九州農政局資料 (2014).
- 2) 九州農政局資料 (2015).
- 3) 諫早市及び雲仙市資料
- 4) 玉屋千晶, 他: 諫早湾干拓調整池流入河川有明川流域千鳥川水質調査結果, *長崎県環境保健研究センター所報*, **62**, 68-81 (2016).
- 5) 菊池 幹夫: 界面活性剤の河川水中での生分解, *日水誌*, **51**, 1859-1864 (1985).