

河川における内部生産を原因とする環境基準超過事例*

馬場 義輝**・石橋 融子**
熊谷 博史**・大石 興弘**

キーワード ①内部生産 ②BOD ③植物プランクトン ④環境基準超過

要 旨

BOD 環境基準の不適合が続いている環境基準点の花宗川酒見橋について原因究明調査を実施した。酒見橋と上流の3地点において有機汚濁指標、栄養塩、クロロフィル a 等の調査を1年間行った結果、酒見橋のBODと高い相関がみられた水質項目はpH、COD、クロロフィル a であった。とくに、懸濁性BOD、懸濁性COD、クロロフィル a の間に高い相関が認められたことから、酒見橋にみられる環境基準値を超えるBODは高い濃度の栄養塩と滞留による植物プランクトンの増加に起因することが強く示唆された。

1. はじめに

福岡県では下水道整備地域の拡大、下水道未整備地区では合併浄化槽普及の促進等により河川の水質改善が図られている^{1,2)}が、一部では長期間環境基準が達成されていない水域がある。そのような水域では環境基準超過原因究明調査を実施している。今回、福岡県南部を流れる花宗川の環境基準点である酒見橋で原因究明調査を実施した。

花宗川は矢部川の花宗堰(八女市津之江)から分水し、大川市で筑後川に合流する幹川流路23.7 km、流域面積54.8 km²の河川であり、河川水は主に農業用水として利用されている。下流域は緩やかに田園地帯を流下し酒見橋付近にはクリークが点在しており、また酒見橋直下には堰があり、年間を通じて流れは滞留している。

酒見橋は季節類型が指定されており、5月から9月はB類型(BOD基準値3 mg/L以下)、10月

から4月がC類型(BOD基準値5 mg/L以下)である。酒見橋のBOD環境基準適合状況は、長年の間不適合が続いている。

2. 方 法

2.1 調査地点および調査期間

調査地点を図1に示す。調査地点は酒見橋と上流の広木橋、南川添橋、和泉橋である。調査は平成21年11月から平成22年10月まで月1回、合計12回行った。

2.2 調査項目

調査項目は気温、水温、pH、溶存酸素(DO)、BOD、溶存性BOD(D-BOD)、懸濁性BOD(P-BOD)、COD、溶存性COD(D-COD)、懸濁性COD(P-COD)、全有機炭素(TOC)、全リン(T-P)、全窒素(T-N)、クロロフィル a(Chl-a)、懸濁物質(SS)、電気伝導度(EC)とした。CODは

*The Case of Environmental Quality Standards Exceedance Caused by Organic Production Due to Phyto-Plankton Growth in the River

**Yoshiteru BABA, Yuko ISHIBASHI, Hiroshi KUMAGAI, Okihiko OISHI (福岡県保健環境研究所) Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences

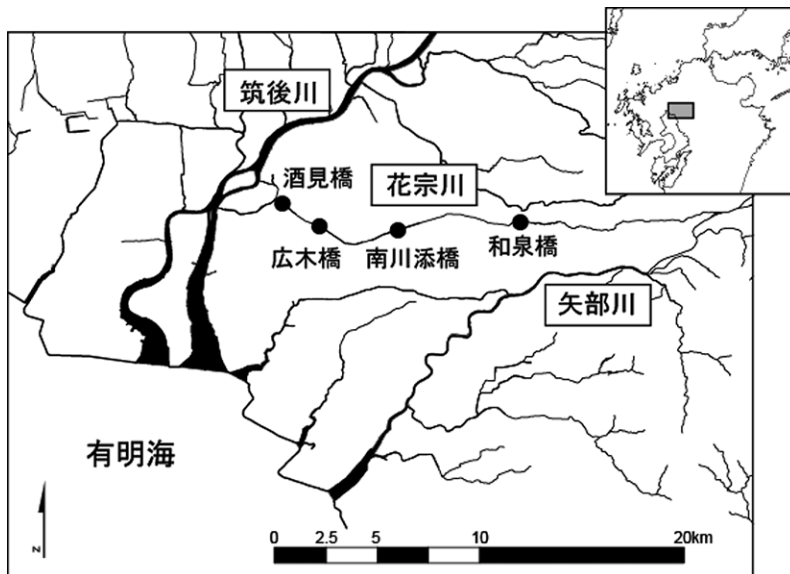


図1 調査地点

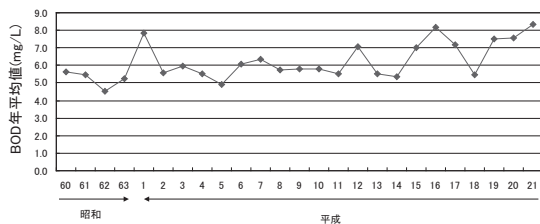


図2 酒見橋のBODの経年変化

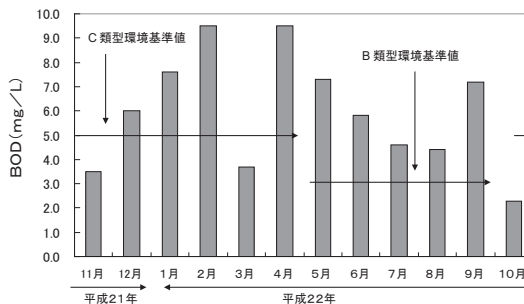


図3 酒見橋のBOD変化

酸性過マンガン酸カリウム法を用いた。溶存成分はADVANTEC GS-25でろ過したろ液を分析し、D-BOD、D-CODとした。BODとD-BODの差をP-BODとした。CODも同様である。TOCは島津TOC-VCHS、pHは東亜電波製HM-7J、ECは東亜電波製CM-25Rにより測定した。その他の項目はJIS-K0102及び海洋観測指針に準じて測定した。

3. 結果および考察

3.1 調査地点の流況

花宗川の和泉橋から下流は田園地帯の緩やかな流域である。調査時の流況は和泉橋では12回とも順流であったが、南川添橋、広木橋、酒見橋では流れが見られず、12回の調査時にはすべて滞留していた。酒見橋から南川添橋間を滞留流域とすると、和泉橋の流量から計算される滞留時間は9日

以上であった。

3.2 酒見橋のBODの経年変化

酒見橋のBOD経年変化を図2に示した。BOD年平均値は平成6年頃から概ね6.0 mg/L近くで横ばい傾向であったが、平成21年の平均は8.1 mg/Lであり近年上昇傾向にある。

酒見橋の環境基準値は季節により3 mg/L(B類型)と5 mg/L(C類型)の場合があり、また、環境基準の適否は75%値で判断され、年平均値より厳しく設定されているため図2に示す期間、すべて環境基準不適合である。

3.3 酒見橋の調査期間の水質

酒見橋の調査期間のBOD経月変化を図3に示した。11月には3.5 mg/LであったBODが2月には9.5 mg/Lに達し、冬季には高い値であった。

表1 酒見橋の水質

調査日時	pH	EC	DO	BOD	D-BOD	COD	D-COD	SS	TOC	Chl-a	T-N	T-P
平成21年11月	8.7	340	13	3.5	1.1	8.8	6.0	21	3.0	160	2.6	0.20
12月	9.1	340	17	6	2.3	9.7	5.7	22	3.0	140	2.4	0.15
平成22年1月	9.2	430	16	7.6	1.5	12	7.3	29	5.0	160	2.3	0.37
2月	9.6	400	23	9.5	2.0	11	6.5	24	3.1	193	3.3	0.24
3月	8.2	350	11	3.7	1.0	9.8	7.0	40	5.0	48	3.9	0.32
4月	9.8	320	11	9.5	1.7	17	7.6	34	4.1	237	2.3	0.23
5月	9.1	180	14	7.3	1.7	8.2	4.7	19	2.6	106	1.9	0.20
6月	9.3	200	12	5.8	1.6	9.2	6.1	13	3.9	55	1.2	0.19
7月	8.6	180	9.5	4.6	1.4	7.7	6.1	26	3.5	48	2.8	0.23
8月	8.7	230	9.2	4.4	1.5	7.5	5.6	12	4.0	46	1.4	0.16
9月	8.8	250	10	7.2	1.8	9.6	7.2	17	4.3	104	1.2	0.21
10月	8.3	220	9.5	2.3	1.0	5.4	4.3	9	2.5	22	2.0	0.10
平均値	8.9	280	13	5.9	1.5	6.1	22	3.6	109	109	2.2	0.21

単位：Chl-a は $\mu\text{g/L}$, EC は $\mu\text{S/cm}$, その他 pH 以外は mg/L

表2 酒見橋の水質項目間の相関

	pH	EC	DO	BOD	D-BOD	P-BOD	COD	D-COD	P-COD	SS	TOC	Chl-a	T-N	T-P
pH	1													
EC	0.31	1												
DO	0.56	0.67	1											
BOD	0.90**	0.36	0.56	1										
D-BOD	0.69**	0.16	0.54	0.76**	1									
P-BOD	0.88**	0.37	0.53	0.99**	0.61*	1								
COD	0.74**	0.56	0.29	0.75**	0.35	0.78**	1							
D-COD	0.37	0.58*	0.13	0.52	0.15	0.56	0.78**	1						
P-COD	0.80**	0.47	0.33	0.76**	0.39	0.78**	0.95**	0.56	1					
SS	0.14	0.57*	0.21	0.31	-0.05	0.35	0.65*	0.68*	0.54	1				
TOC	0.00	0.36	-0.18	0.17	-0.14	0.22	0.45	0.80**	0.22	0.54	1			
Chl-a	0.79**	0.66*	0.61*	0.76**	0.48	0.77**	0.82**	0.52	0.84**	0.42	0.02	1		
T-N	-0.15	0.54	0.40	-0.04	-0.21	0.00	0.18	0.23	0.12	0.75**	0.08	0.20	1	
T-P	0.14	0.59*	0.27	0.35	-0.10	0.41	0.50	0.73**	0.32	0.77**	0.75**	0.30	0.48	1

上記相関の5%の有意水準(*)は0.57であり、1%の有意水準(**)は0.70である

(n = 12)

3月にはBODの低下が見られた。4月では9.5 mg/Lと高かったが4月以降は低下傾向がみられ、調査期間のBODの平均値は5.9 mg/Lであった。

酒見橋は10月から4月のBOD環境基準値は、5 mg/L以下であり12月、1月、2月、4月は環境基準を満足していない状況であった。5月から9月も、BOD環境基準値は3 mg/L以下であるが、すべて基準値を超える値であった。

3.4 酒見橋の水質の特徴

酒見橋の水質を表1に示した。各成分の年間平均濃度はBOD 5.9 mg/L, COD 9.6 mg/L, T-N 2.2 mg/L, T-P 0.21 mg/L, Chl-a 109 $\mu\text{g/L}$ でT-N, T-P濃度が高く富栄養化していると考えられた。

BODの上昇と関連する水質項目を明らかにするため、酒見橋において水質項目間の相関を調べた(表2)。BODと高い相関がみられたのは順に、P-BODの0.99, pHの0.90, Chl-aの0.76,

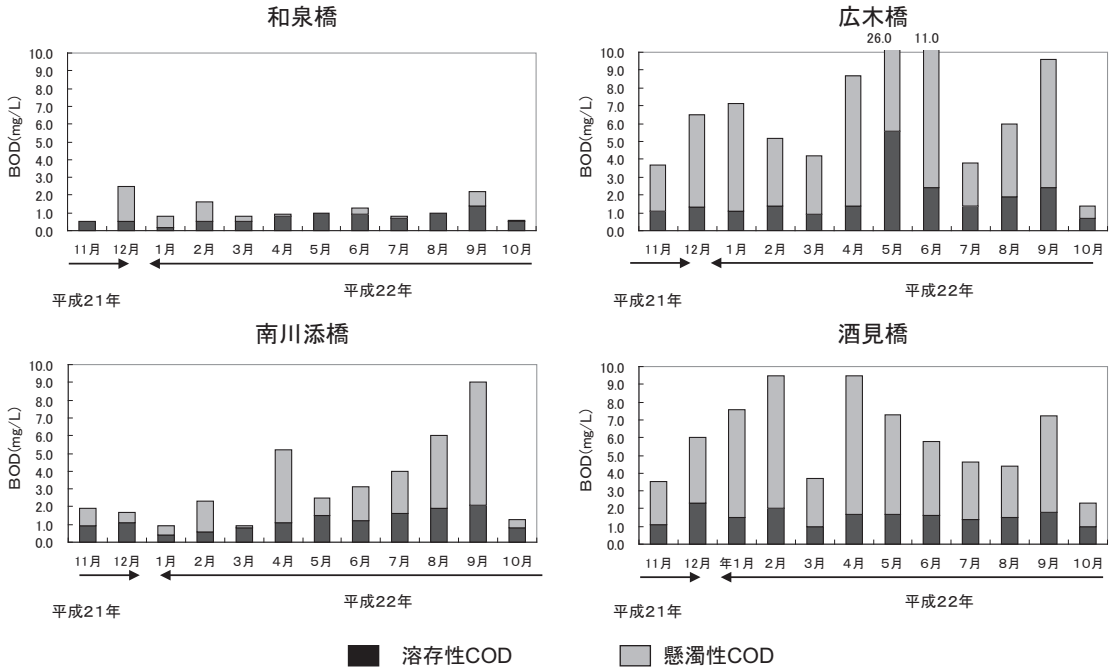


図4 花宗川のBODの経月変化(平成21年11月～平成22年10月)

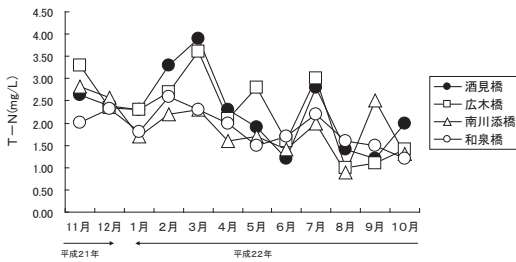


図5 花宗川のT-Nの経月変化(平成21年11月～平成22年10月)

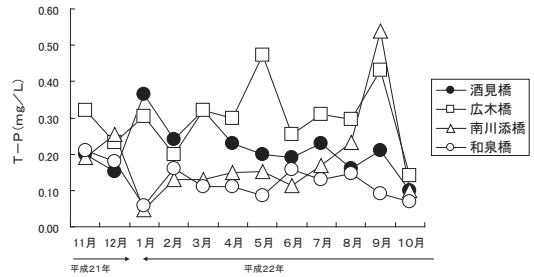


図6 花宗川のT-Pの経月変化(平成21年11月～平成22年10月)

D-BOD の0.76, P-COD の0.75の順であった。SSとの相関は0.31と低く、T-Nとの相関は認められなかった。

Chl-a と高い相関がみられたのは有機汚濁の指標であるCOD, BODでSS, T-N, T-Pとの相関は低かった。

3.5 花宗川の水質の特徴

花宗川の調査地点のBOD経月変化をP-BODとD-BODに分けて図4に示した。

上流の和泉橋のBODは12月に2.5 mg/L, 9月に2.2 mg/L, 2月に1.6 mg/L, 6月に1.3 mg/Lとやや高くなっているが季節変化は小さく

その平均値は1.1 mg/Lの清澄な河川水であった。また、和泉橋では概して、D-BODの割合が多いが、BODの高い12月はP-BODの割合が大きかった。

南川添橋のBODは4月および夏期にやや高いもののその平均値は3.2 mg/Lと比較的低い値であった。P-BODは5月から9月にかけて顕著な増加がみられ、BODの増加はP-BODの増加によるところが大きかった。

広木橋のBODは冬期、春期および9月に高く、とくに5月、6月は10 mg/Lを超える値であった。P-BODも他地点と同様BODの高い月に高

い値であった。

4地点の水質を比較すると和泉橋は清澄であるが、下流にある広木橋、酒見橋では年間を通じてBODが高い傾向にあった。また、南川添橋、広木橋、酒見橋の3地点は異なる変動を示しているがBODが高くなる月は南川添橋、広木橋および酒見橋のいずれの地点においてもBODに占めるP-BODの割合が大きかった。

3.6 花宗川の T-N、T-P 濃度変化

和泉橋、南川添橋、広木橋、酒見橋の T-N 濃度および T-P 濃度の経月変化を図 5、6 に示した。上流の和泉橋の T-N 濃度は 1.2~2.6 mg/L の範囲であり、下流の酒見橋も 2月、3月は高いものの 1.2~3.9 mg/L の範囲であった。このように4地点の濃度は類似しており多少の変動はあるものの同様の傾向を示した。

T-P 濃度は和泉橋で 0.07~0.21 mg/L の範囲にあり、酒見橋で 0.10~0.37 mg/L で下流の広木橋、酒見橋で高い傾向がみられた。また5月の広木橋、9月の広木橋、南川添橋で 0.40 mg/L を超えていた。日本の湖沼で富栄養湖の栄養塩濃度は、それぞれ N 濃度で 0.5~1.3 mg/L、P 濃度

で 0.01~0.09 mg/L と報告されている³⁾。その値と比較すると、4地点ともに富栄養湖の濃度か、それを超える濃度の栄養塩が存在していた。

3.7 花宗川のクロロフィル a 濃度の変化

調査地点の Chl-a 濃度の変化を図 7 に示した。和泉橋では年間を通じて Chl-a 濃度は低く濃度範囲は 1.0 μg/L から 8.7 μg/L、平均値は 4.0 μg/L であった。

南川添橋の Chl-a 濃度の平均値は 46 μg/L で、4月、6月から9月に高く BOD と同様の傾向を示した。広木橋の Chl-a 濃度の平均値 132 μg/L で11月と12月に、また3月から5月に増加し、再度9月に増加と、増加減少を繰り返していた。酒見橋の Chl-a 濃度の平均値は 109 μg/L であり、その濃度変化は BOD 類似しており冬期と春期と9月に同様に高い傾向を示した。

Chl-a は植物プランクトンに含まれる葉緑素の1種であり、植物プランクトンの存在量を反映している。Chl-a 濃度が停滞水域である南川添橋で徐々に増加し広木橋で最大になった事実は、植物プランクトンの存在量がそのような変動をしたことを示す。また、最下流の酒見橋より広木橋で最

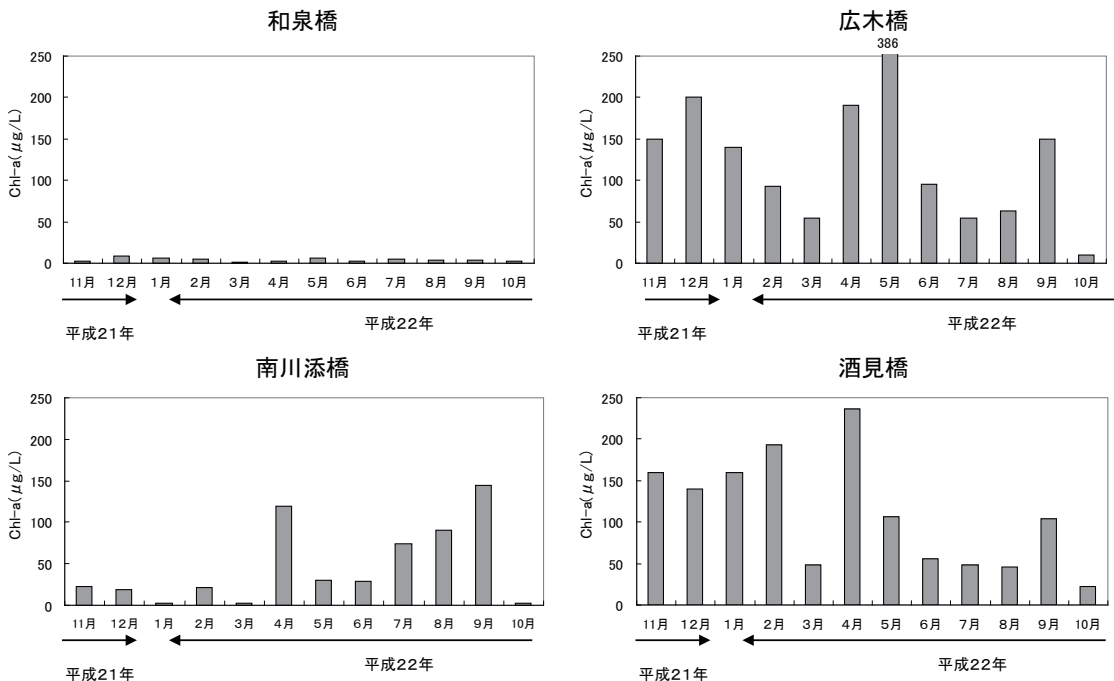


図 7 花宗川の Chl-a の経月変化(平成21年11月~平成22年10月)

大のクロロフィル a 濃度が認められたことは植物プランクトンの何らかの成長因子が広木橋で最大増殖を示した時期に酒見橋で枯渇している可能性が考えられた。さらに、河川の Chl-a 濃度と BOD の連動した動きは植物プランクトンの存在量の増加が河川の BOD の増加因子になっていることを示すものである。

4. ま と め

平成21年11月から平成22年10月の期間、花宗川の酒見橋と上流3地点において BOD 環境基準超過原因究明調査を実施した。酒見橋において水質項目間の相関を調べたところ BOD, COD, クロロフィル a の3成分間に高い相関が認められた。花宗川上流の和泉橋では清浄であったが停滞水域である南川添橋から酒見橋の間で BOD の上昇がみられた。和泉橋から酒見橋間の T-N 濃度, T-P 濃度は富栄養湖の濃度に達し、クロロフィ

ル a の濃度は和泉橋で低い値であるのに対し、南川添橋, 広木橋, 酒見橋で増加がみられており、滞留による植物プランクトンの増殖が認められた。

以上より酒見橋にみられる環境基準値を超える BOD は高い濃度の栄養塩と滞留による植物プランクトンの増加に起因することが強く示唆された。

謝辞 本研究は北筑後保健福祉環境事務所, 南筑後保健福祉環境事務所及び環境保全課の協力により実施した。

— 参 考 文 献 —

- 1) 福岡県：平成23年度版環境白書, p 3, 2011
- 2) 徳永隆司:下水道の普及と水質モニタリング結果の経年変化.福岡県保健環境研究所報, 26, 63-66, 1999
- 3) 日本分析化学会北海道支部：水の分析第3版, p 437, (株)化学同人, 京都市, 1990