諫早湾干拓調整池流入河川間の水質相関評価

横瀬　健、川口　勉、粕谷　智之、山口　仁士

諫早湾干拓調整池に流入する14 河川の過去の水質調査結果を用いて、河川データのバラツキを吟味した。併せて各河川間の相関を調べることにより、各河川水質の特性評価を試みた。その結果、小江川、深海川、仁反田川、湯江川は本明川と11 項目中6 項目以上において有意な相関が見られ、一方、田川原川では1 項目のみで有意な相関が見られた。本明川から13 河川の距離は、本明川と13 河川における水質との相関に影響を及ぼしている可能性が示唆された。すなわち、土地利用状況が周辺河川の水質に影響を与えている可能性が示唆された。

キーワード: 調整池、河川、相関

はじめに

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（第1期行動計画）[1]では、調整池の恒久的な水質保全を図るとともに、新しく生じつつある水辺環境や生態系を住民とともに守り育み、自然豊かな水辺空間づくりを推進することとしている。計画期間は2004年度から2007年度までの４ヶ年で、各種施策を実施してきた。2008年度以降は第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（第2期行動計画）[2]に基づいて各種施策が実施されている。

調整池には本明川や境川、有明川などの河川・小河川・小水路が流入しており（図1）、これらの河川を通じた栄養塩などの流入負荷は、調整池の環境に対して大きな影響を与えている。このことから、調整池の水質保全対策をにらんで、調整池に流入する河川をモニタリングしてきた。

一方で諸検査の外部化に伴い、2009 年度から小河川と小水路のモニタリングが外部委託となった。

そこで本研究では、外部の検査機関で調査した結果の妥当性を推し量る資料として既存の資料をもとに各河川の流量や水質について、今後の精度管理の一助とする目的で信頼区間の解析を行った。また併せて河川間の相関評価を行ったので報告する。

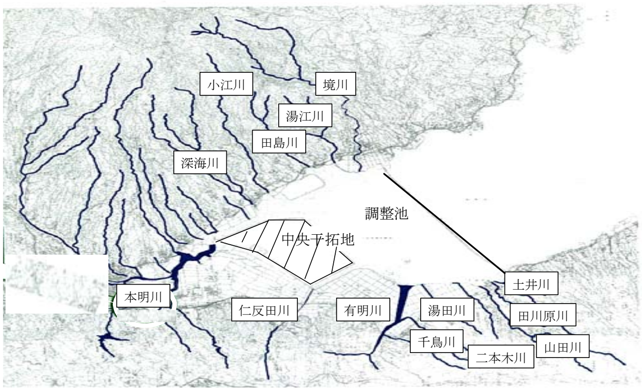

図１　調整池に流入する河川・小河川・小水路

表１ 分析方法

項目	分析方法
流量	JIS K0094
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

材料と方法

解析には、1990 年度から 2007 年度までの本明川、A 群（境川、小江川、深海川、仁反田川、千鳥川、山田川、土井川）及び B 群（湯江川、田島川、有明川、湯田川、二本木川、田川原川）の水質調査結果を用い、本明川の水質と他の河川との相関を調べた。解析した項目は流量、水素イオン指数（pH）、化学的酸素要求量（COD）、浮遊物質量（SS）、全窒素（T-N）、亜硝酸態窒素（NO_2-N）、硝酸態窒素（NO_3-N）、アンモニア態窒素（NH_4-N）、全燐（T-P）、燐酸態燐（PO_4-P）、塩化物イオン（Cl^-）である。分析方法は表1に示す方法に準拠した。

解析に用いた水質調査データの月別データ数を図2に示した。調査は四季を代表する 5、8、11、2 月に行われることが多いことからA 群は 5、8、11、2 月に 13 から 14 個

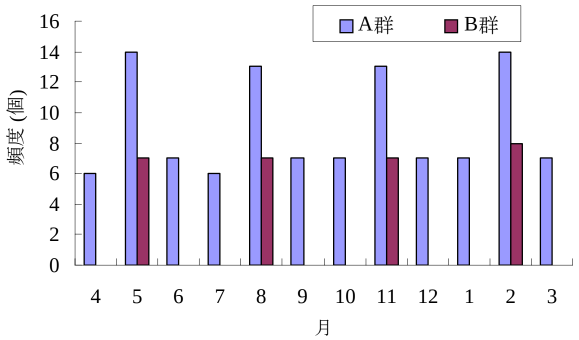

図2 解析に用いた水質調査結果の月別データ数

と頻度が高く、その他の月は6から7個であった。B群は5、8、11、2月のみで7から8個であった。5、8、11、2月及びその他の月におけるデータ数のばらつきはほとんど見られないので、5、8、11、2 月を春、夏、秋、冬とみなすと、本解析は年間を通じた特徴を反映していると考えられる。

結 果 と 考 察

1　ばらつき及び平均値の範囲

本明川を基準としたA群、B群の平均値 (MEAN)、標準偏差 (S.D.) 及び標準誤差 (S.E.) を表2、3に示した。計算に当たっては本明川の各データをそれぞれ1としたときの他の河川の各項目を割合として表したものである。これは降雨の影響等でデータのバラツキが大きくなることを極力抑えようとしたものである。即ち、降雨はほぼ一様に流域にもたらされると考えられることから、流達率や流達時間は各河川で異なるものの、降雨等によるバラツキの広がりを最小限に留めようとしたものである。流量に限らず、水質各項目も流量が増えれば降雨初期は濃度が上昇する傾向にあり、降雨が続けば希釈傾向にあることから、そうした水質についてもバラツキを押さえられると考えたものである。

MEAN±S.D.は母集団のばらつきを、MEAN±S.E.は母集団の平均値が存在する範囲を示す[3]。表2より、解析に用いた水質調査結果のばらつきと平均値の存在する範囲が示された。

2　相関解析

上ではバラツキの解析を行ったが、河川流域の土地利用形態や整備状況はそれぞれの異なることが考えられ、必ずしもここで基準とした本明川と相似の関係を示すものではない。従って各河川間の相関について解析を行った。

本明川を基準としたA群、B群の項目別Pearsonの相関係数を表4、5に示した。また、有意確率pが0.05未満ならば*、0.01未満ならば**を表中に付した。

小江川、深海川、仁反田川、湯江川は11項目中6項目以上において5%水準以下で有意な相関が見られた。一方、田川原川は1項目のみで有意な相関が見られた。

流量は境川、小江川、深海川、仁反田川、千鳥川、山田川、土井川、湯江川、田島川の9河川において5%水準以下で有意な相関が見られた。これらの河川のうち、本明川を基準とした流量の平均値は最も高い山田川で0.273、最も低い仁反田川で0.040であった。

COD は境川、小江川、深海川、仁反田川、千鳥川、山田川、土井川、湯江川、有明川、湯田川の 10 河川において5%水準以下で有意な相関が見られた。特に、境川、小江川、深海川、湯江川は強い正の相関が見られ、これらの河川は本明川の北側に位置している。したがって、何らかの汚濁要因が本明川より北側に位置する河川の COD に影響を与えている可能性が示唆された。相関の見られた10 河川において、本明川を基準とした COD の平均値は最も高い有明川で1.171、最も低い湯田川で0.437であった。また、仁反田川、千鳥川、土井川、有明川は本明川と同程度から高い値を示し、それぞれ 0.987、0.923、1.022、1.171 であった。これらの河川は本明川の南側に位置しており、仁反田川は旧森山町、千鳥川、有明川は旧愛野町、土井川は旧吾妻町に位置している。図3に諫早市の土地利用現況図を示した。また、表6に諫早市及び雲仙市の土地利用状況、表7に畜産飼育頭数を示した[2),4)]。旧吾妻町は畜産業が、旧森山町、旧愛野町、旧吾妻町は農業が盛んである。それに対し、本明川は諫早市に位置しており、周辺は市街地が広がっている。したがって、本明川は都市部、仁反田川、千鳥川、土井川、有明川は畜産系や農業系排水など農村部の影響を受けている可能性が示唆された。

T-N は境川、小江川、深海川、仁反田川、千鳥川、土井川、湯江川、有明川、湯田川、二本木川の 10 河川において5%水準以下で有意な相関が見られた。これらの 10 河川において、仁反田川、千鳥川、土井川、有明川、湯田川、二本木川は本明川と同程度から高い値を示し、本明川を基準とした平均値はそれぞれ1.135、2.746、1.242、2.862、6.488、4.322 であった。これらの河川は本明川の南側に位置しており、仁反田川は旧森山町、千鳥川、有明川は旧愛野町、土井川、湯田川、二本木川は旧吾妻町に位置している。したがって、T-NもCODと同様に、仁反田川、千鳥川、土井川、有明川、湯田川、二本木川は畜産系や農業系排水など農村部の影響を与えている可能性が示唆された。その他の項目ではあまり相関が見られなかった。

ま と め

本解析では各河川の過去のデータをもとに、今後の調査結果の精度管理を目的として平均値のバラツキやデータのバラツキを整理した。その上で各河川間の項目別相関解析を行った。

その結果、以下のことが示唆された。

1 本明川との位置関係（距離）が相関に影響を及ぼしている可能性が示唆された。

2 都市部と農村部など、土地利用状況が周辺河川の水質に影響を与えている可能性が示唆された。

参 考 文 献

1) 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 (2004 年 12 月)

2) 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 (2008 年 3 月)

3) 浜田知久馬：学会・論文発表のための統計学、50-58、(2006)

4) 諫早市都市計画マスタープラン (2008 年 10 月)

表 2　本明川を基準とした A 群のばらつきと平均値の存在範囲

(MEAN±S.D. (上段) , S.E.(下段) 、n ＝ 108)

項目	境川			小江川			深海川			仁反田川			千鳥川			山田川			土井川		
流量	0.235	±	0.206	0.178	±	0.136	0.110	±	0.065	0.040	±	0.037	0.061	±	0.045	0.273	±	0.206	0.121	±	0.081
			0.020			0.013			0.006			0.004			0.004			0.020			0.008
pH	0.933	±	0.066	0.995	±	0.083	0.993	±	0.068	1.041	±	0.071	0.969	±	0.075	0.986	±	0.070	0.988	±	0.078
			0.006			0.008			0.007			0.007			0.007			0.007			0.008
COD	0.492	±	0.233	0.560	±	0.223	0.541	±	0.223	0.987	±	0.469	0.923	±	0.700	0.727	±	1.209	1.022	±	0.842
			0.022			0.021			0.021			0.045			0.067			0.116			0.081
SS	0.409	±	0.422	0.513	±	0.514	0.447	±	0.491	2.782	±	4.999	1.892	±	3.066	4.153	±	32.077	1.534	±	2.481
			0.041			0.049			0.047			0.481			0.295			3.087			0.239
T-N	0.492	±	0.176	0.714	±	0.191	0.505	±	0.143	1.135	±	0.811	2.746	±	0.953	1.143	±	0.488	1.242	±	0.510
			0.017			0.018			0.014			0.078			0.092			0.047			0.049
NO_2-N	0.596	±	1.669	0.313	±	0.257	0.314	±	0.283	0.508	±	0.584	0.536	±	0.655	0.356	±	0.327	0.627	±	0.525
			0.161			0.025			0.027			0.056			0.063			0.031			0.051
NO_3-N	0.617	±	0.594	0.978	±	1.215	0.601	±	0.216	1.361	±	1.032	4.658	±	11.046	1.608	±	2.011	1.635	±	1.898
			0.057			0.117			0.021			0.099			1.063			0.193			0.183
NH_4-N	0.288	±	0.334	0.425	±	0.975	0.263	±	0.463	0.375	±	0.532	1.098	±	8.075	0.304	±	0.638	0.604	±	1.182
			0.032			0.094			0.045			0.051			0.777			0.061			0.114
T-P	0.185	±	0.123	0.250	±	0.192	0.228	±	0.133	0.734	±	0.520	0.966	±	1.087	0.693	±	0.628	0.922	±	0.796
			0.012			0.019			0.013			0.050			0.105			0.060			0.077
PO_4-P	0.166	±	0.155	0.227	±	0.219	0.208	±	0.150	0.706	±	0.502	1.038	±	1.162	0.751	±	0.637	0.954	±	0.779
			0.015			0.021			0.014			0.048			0.112			0.061			0.075
Cl^-	0.442	±	0.205	0.561	±	0.214	0.522	±	0.220	1.049	±	0.556	1.146	±	0.731	0.629	±	0.393	0.783	±	0.396
			0.020			0.021			0.021			0.054			0.070			0.038			0.038

表 3　本明川を基準とした B 群のばらつきと平均値の存在範囲

(MEAN±S.D. (上段) , S.E.(下段) 、n ＝ 29)

項目	湯江川			田島川			有明川			湯田川			二本木川			田川原川		
流量	0.074	±	0.058	0.049	±	0.043	0.065	±	0.063	0.026	±	0.024	0.036	±	0.042	0.059	±	0.075
			0.011			0.008			0.012			0.004			0.008			0.014
pH	0.966	±	0.044	0.977	±	0.048	0.999	±	0.057	1.007	±	0.056	0.976	±	0.060	1.032	±	0.085
			0.008			0.009			0.011			0.010			0.011			0.016
COD	0.466	±	0.079	0.602	±	0.293	1.171	±	0.445	0.437	±	0.175	0.905	±	0.269	0.821	±	0.234
			0.015			0.054			0.083			0.033			0.050			0.043
SS	0.259	±	0.299	0.163	±	0.146	0.839	±	1.520	0.258	±	0.190	0.390	±	0.321	0.221	±	0.145
			0.055			0.027			0.282			0.035			0.060			0.027
T-N	0.688	±	0.137	0.454	±	0.179	2.862	±	1.065	6.488	±	1.508	4.322	±	1.324	1.412	±	0.451
			0.026			0.033			0.198			0.280			0.246			0.084
NO_2-N	0.213	±	0.091	0.160	±	0.067	1.965	±	1.151	0.291	±	0.158	0.740	±	0.636	0.575	±	0.402
			0.017			0.012			0.214			0.029			0.118			0.075
NO_3-N	0.859	±	0.288	0.513	±	0.283	3.179	±	1.676	9.209	±	2.975	5.955	±	2.622	1.664	±	0.630
			0.054			0.053			0.311			0.553			0.487			0.117
NH_4-N	0.292	±	0.552	0.148	±	0.187	4.451	±	5.112	0.240	±	0.563	0.495	±	0.554	0.570	±	0.735
			0.102			0.035			0.949			0.105			0.103			0.137
T-P	0.448	±	0.319	0.244	±	0.236	1.376	±	1.001	0.597	±	0.449	1.462	±	0.992	1.004	±	0.625
			0.059			0.044			0.186			0.083			0.184			0.116
PO_4-P	0.493	±	0.274	0.200	±	0.170	1.490	±	1.019	0.717	±	0.487	1.625	±	1.113	1.085	±	0.591
			0.051			0.032			0.189			0.091			0.207			0.110
Cl^-	0.266	±	0.110	0.326	±	0.127	0.819	±	0.309	0.574	±	0.174	0.578	±	0.154	0.436	±	0.146
			0.020			0.024			0.057			0.032			0.029			0.027

表4 本明川を基準とした A 群の水質相関

(n = 108、*p<0.05、**p<0.01)

項目	境川	小江川	深海川	仁反田川	千鳥川	山田川	土井川
流量	0.631**	0.634**	0.633**	0.589**	0.266**	0.291**	0.402**
pH	0.061	0.151	0.391**	0.607**	0.109	0.163	0.038
COD	0.581**	0.601**	0.630**	0.330**	0.212*	0.225*	0.231*
SS	0.103	0.165	0.265**	-0.022	-0.039	-0.076	0.082
T-N	0.293**	0.480**	0.542**	0.216*	0.260**	0.189	0.211*
NO_2-N	-0.076	0.171	0.132	0.155	0.127	0.237*	0.093
NO_3-N	0.177	0.225*	0.360**	0.117	0.097	0.194*	0.160
NH_4-N	0.106	-0.022	0.126	0.032	-0.104	0.033	0.035
T-P	0.085	0.132	0.430**	0.208*	0.503**	0.081	0.135
PO_4-P	0.123	0.223*	0.246*	0.307**	0.067	0.145	0.139
Cl^-	0.218*	0.498**	0.243*	0.141	0.291**	0.139	0.072

表5 本明川を基準とした B 群の水質相関

(n = 29、*p<0.05、**p<0.01)

	湯江川	田島川	有明川	湯田川	二本木川	田川原川
流量	0.559**	0.379*	0.248	-0.143	-0.108	-0.041
pH	0.410*	0.478**	0.392*	0.271	-0.019	0.116
COD	0.671**	0.253	0.465*	0.483**	0.298	0.255
SS	0.449*	0.420*	-0.173	0.306	0.010	0.050
T-N	0.454*	-0.018	0.399*	0.412*	0.527**	0.253
NO_2-N	0.352	0.383*	0.158	0.643**	0.040	-0.148
NO_3-N	-0.245	-0.117	-0.207	-0.203	-0.130	0.047
NH_4-N	0.449*	0.240	0.075	-0.323	0.449*	0.497**
T-P	0.190	0.217	0.085	0.313	0.149	0.180
PO_4-P	0.268	0.244	0.199	0.286	0.337	0.293
Cl^-	0.161	0.229	0.370*	0.258	0.455*	0.128

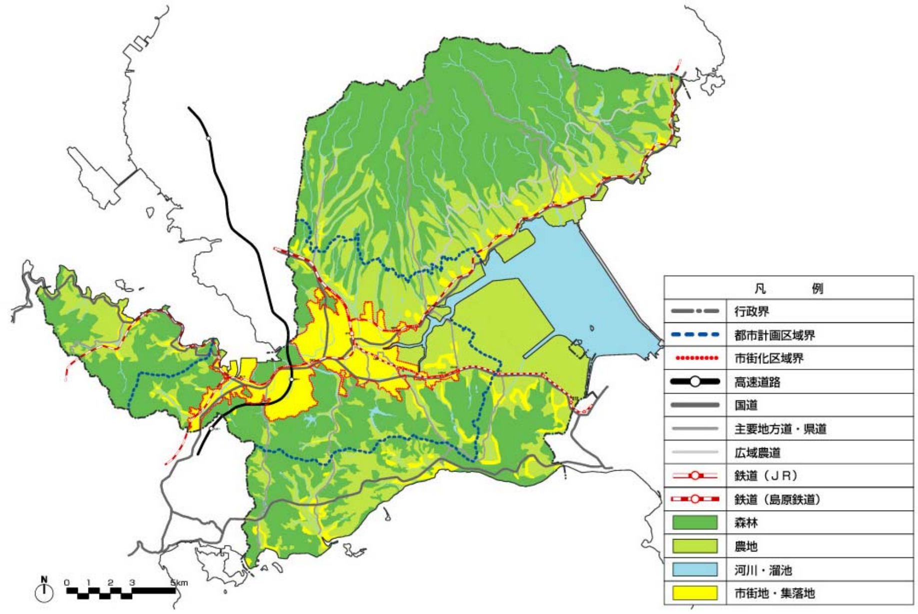

図3 諫早市の土地利用現況図

表6 諫早市及び雲仙市の土地利用状況

（面積：ha）

市名	土地総面積	土地利用状況			
		水田	畑	森林	その他
諫早市	17,721	2,973	1,854	8,033	4,861
旧諫早市	10,821	1,771	1,354	4,083	3,613
旧森山町	2,040	770	218	650	402
旧高来町	4,860	432	282	3,300	846
雲仙市	3,645	797	906	1,288	654
旧吾妻町	2,535	561	576	1,024	374
旧愛野町	1,110	236	330	264	280
計	21,366	3,770	2,760	9,321	5,515

表7 諫早市及び雲仙市の畜産飼育頭数

市名	畜産系(頭)		
	牛	豚	計
諫早市	2,385	5,974	8,359
旧諫早市	1,760	4,406	6,166
旧森山町	271	81	352
旧高来町	354	1,487	1,841
雲仙市	4,605	12,185	16,790
旧吾妻町	4,135	11,885	16,020
旧愛野町	470	300	770
計	6,990	18,159	25,149

Correlative Evaluation of Water Quality between Rivers flow into Isahaya Bay Land Reclamation Detention Pond

Takeshi YOKOSE, Tsutomu KAWAGUCHI, Tomoyuki KASUYA and Hitoshi YAMAGUCHI

Evaluation of water quality characteristics was studied by investigating correlation between Honmyo river and other 13 rivers using survey results of 14 rivers flow into Isahaya Bay land reclamation. As a result, for more than 6 measurement items of 11 items, a significant correlation was seen between Honmyo river and Oe river, Hukanoumi river, Nitanda river and Yue river. On the other hand, a significant correlation was seen only 1 item between Honmyo river and Tagawahara river. The possibility suggests that correlation of water quality between Honmyo river and another 13 rivers are influenced by the distance between Honmyo river and another 13 rivers. Those results also suggest that rivers are influenced by land use.

Key words: detention pond, river, correlation