

鹿児島湾に流入する河川的环境調査

岡林 悦子* 田中 光徳*

Etsuko OKABAYASHI, Mitsunori TANAKA

要旨：鹿児島湾奥部に流入する清水川、郡田川の2河川について、経月及び経年水質変化の調査とNFCブロックによる底生生物調査を行った。水質汚濁特性調査では、理化学的水質とNFCブロック内の指標生物による生物学的水質の比較検討を行った結果、これらには良い相関性が見られた。また流量の少ない清水川には、気温、降雨、農業用水などの環境変化によって、水温上昇、DO減少、pH低下、流量減少、底泥浮上などの変化を生じている。

キーワード：水質汚濁；BOD₅、T-N、多孔性コンクリート、汚濁負荷量

1. まえがき

河川、湖沼、海洋などの水質は平均的には近年やや改善の兆しが見えるとはいえ、湖沼、内湾などの閉鎖性水域においては未だ改善されつつあるとは言い難い。浄化槽や下水道の普及によって排水中の有機汚濁はかなり解消されてきているとされているが、鹿児島県下では、下水道普及の遅れや合併浄化槽の設置が少ないなどの理由で、なかなか改善されていない。

これらの処理施設からは、窒素、リンなどの栄養塩類が除去不十分のまま排出されているものも多い。また、中小河川の場合には流量の少ない事もあって、少数の工場排水や、生活排水の影響を受けやすい。さらに降雨、農業用水などの水量変化も大きな河川環境変化をもたらしている。近年、地球の温暖化が進みこの様な中小河川では水温の上昇が大きく、水流の停滞している流域では貧酸素状態に陥りやすくなっている。本研究は経年的に理化学的水質及び生物調査を行っている清水川（隼人町）の1996年から1999年までの調査結果をまとめたものである。

2. 調査河川概要

清水川は鹿児島湾奥に流入する中小河川である。この河川は隼人町内山田に発し、流路延長4.5km、流域

面積9.4km²、流域人口約5,900人で、生活雑排水の未処理人口が約87%を占めている。平成8年の「隼人町生活排水対策推進計画」によると、BOD負荷量は240.6kg/日で、このうち生活系排水が90.2%と大きな負荷を占めている。隼人町はテクノポリスとして、新しい企業の進出や、開発が進んできており、清水川流域にも、新しい団地が造成されるなど、市街地化が進んでいる現状である。

清水川の水源は町内山林に発し約100m程で新興団地Aの生活雑排水が流入する。この三面張コンクリート水路は水田部を流下した後、団地B、新興団地Cの生活排水が流入する。ほぼ河川の半ば付近で流量は急増し、再び水田部を流れた後、団地D及び市街地の生活排水が流入する。水質汚濁は水源約100m付近から始まる。

2.1 採水及び生物調査ブロック設置点

水質調査用採水地点と生物調査用ブロック設置地点をFig. 1に示す。尚両調査地点は同じポイントとした。
S-1：隼人町内山林（水源付近）
S-2：新興団地A下（三面張コンクリート水路）
S-3：団地B、新興団地C中央付近（三面張コンクリート水路）

*土木工学科（第一工業大学環境衛生開発研究所）

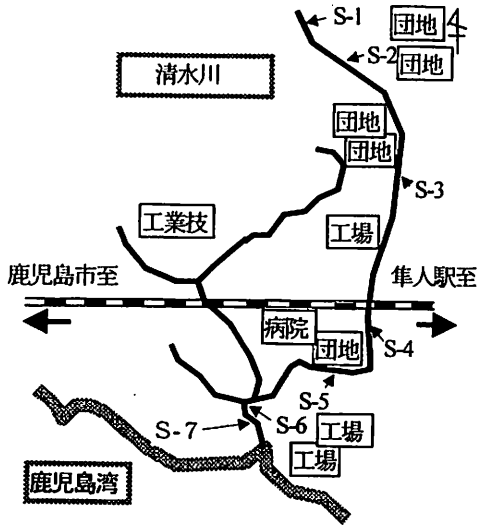


Fig.1 Investigation position

- S-4 : 鉄橋下, 水田部 (流量増大)
- S-5 : 団地D中央付近 (流量の少ない時期には流速が停止する)
- S-6 : 支流①との合流点下流部 (支流①には県工業技術センターと水田がある)
- S-7 : 止水上付近, 支流②との合流点下流部 (支流②には新興住宅が多い)

S-2 ~ S-3 前後は三面張コンクリート水路で水深数cmと流量がかなり少ない。団地排水が流入するのはS-2, S-3, S-5の3地点, 流量の少ない時に流れの停滞するのはS-5, S-6, S-7の下流部3地点付近である。

3. 水質測定項目と生物調査用ブロック

3.1 理化学的水質測定項目

S-1 からS-7 地点までの水質測定項目は水温, 透視度, 川幅, 水深, 流量, pH, BOD, COD, T-N, T-P, NH₃-N, DO, TOC, SSである。測定は各月ごとで1996~1999年現在までで, 経月変化を経年変化をみた。採水は採水日前ほほ一週間降雨のない日を選び計測を行った。各測定項目は以下の通りである。

pH : JIS Z8802

BOD : JIS K0102 21, ウィンクラー, アジ化ナトリウム変法

DOメーター (機器測定)

COD : JIS K0102 17 COD_{Mn}

T-N : JIS K0102 45.2

T-P : JIS K0102 46.3

NH₃-N : DR-2000 ネスラー法 (セントラル科学)

DO : 高精度DOメーター (飯島電子K.K.)

TOC : 赤外線ガス分析計 TOC-650 (東レエンジニアリングK.K.)

3.2 生物調査用ブロック

生物調査用ブロックは, NFC (多孔質) コンクリートブロックを作成して, それに付着, 生釋する微生物と水生生物を採取した。

使用したセメントは普通ポルトランドセメントで比重3.16, 高性能減水剤はナフタリン系を使用した。骨材としては鹿児島県串良産のシラス軽石, 普通砕石は始良産の安山岩質砕石を用いた。コンクリート総合材 (バインダー) のマンシステンシー値をフロー値で, 240mmとした。

供試体作成はFig. 2の要領で行い, 10×10×40cmおよびφ10×20cmのものとした。打設2日後に脱枠し, その後7日間空中養生した後, 放流洪水中に28日間養生したものを用いた。

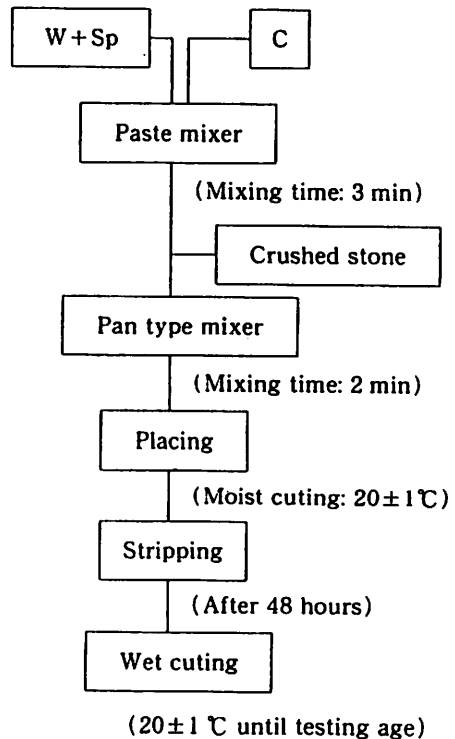


Fig.2 Mixing and fabrication of specimen

NFCコンクリートブロックは使用骨材の種類と大きさにより次の4種類とした。その概要をTable 1に示す。G-5, G-6は碎石系で、P-11, P-6は軽石系である。

このブロックに付着、生釋する水生生物の取り出しは、生物皮膜接写や藻類の採取した後、3日間浄水中に放置し、0.3mmフルイに残留した物も5%ホルマリン液に浸け個体数を求めた。

4. 調査結果と考察

4. 1 1996年から1999年まで(S-5地点)

S-5地点の1996年から1999年までの測定結果をTable 2に示す。これは各年の経月変化を表にしたものである。測定したものは気温、水温、流速、流量、透視度、pH、SS、NH₃-N、BOD、COD、T-N、T-P、TOCの13項目である。各項目ごとに1996年から1999年までの経月変化を図にしたものがFig. 3とFig. 4である。Fig. 3より流量は6月から9月の間が速く、流量もほぼ同様に増加する。10月から5月までは各年度共に流量は他の月の $\frac{1}{12}$ ~ $\frac{1}{5}$ 程とかなり少く、流れが停滞する事もある。主な停滞地点はS-5, S-6, S-7地点である。Table 2とFig. 3より、気温は5月から10月の間が30℃前後から35℃と高い月が多い。

水温は全体的に高く、特に1998年の7, 8月はそれぞれ31℃, 32℃と30℃を越えて、CODの値が11.25mg/l, 6.36mg/lと極めて高くなる。

pHは1996年には平均7前後であるが、1997年には平均7と少く低くなり、pH6.87(5月)のようにpH7以下の月もある。1998年になるとpHは平均7とさらに低下する。またpH7以下はpH6.84(5月), 6.42

(7月), 6.78(9月)と多く、特に7月はpH6.42まで下がる。

これはまだ調査中であるが7月, 9月は雨量が多かった月である事から酸性雨の影響も考えられる。

BODは一般的に夏には低く秋から冬にかけてかなり高くなる傾向にある。Fig. 3からもその傾向が伺える。1997年10月には割合に低い値を示しているが、11月には18.32mg/lとかなり高い数値になるので、ほぼ毎年秋から冬には上昇していると言える。

CODはかなりバラツキがあり、6, 7月付近と、10月から4月にかけて高くなるが、BOD程顕著ではない。10月から4月にかけてのCOD上昇はBOD起因のものと考えられるが、6, 7月の上昇は還元性の物質の影響があるものと考えられる。

TOCはCODとほぼ相関関係にある。NH₃-Nは流量と逆相関のグラフになり、この河川の場合には、他の河川と比べて、生活系排水の流入がかなり多い。1995年に当研究所で行った小型合併処理浄化槽の処理調査では、放流BOD20mg/lに対して、超過しているものがかなりあり、放流水の最も高いBODは45.9mg/lであった。これらの処理水は黄褐色ないし淡黄色をしており、アンモニア臭も強かった。このような処理不十分な合併及び単独浄化槽の生活排水中のNH₃-Nが河川に流入すると考えられる。

T-Nは1997年にはNH₃-Nとの相関が見えられないが、1998年になると相関関係を示している。

4. 2 S-1からS-7までの一斉採水

S-1からS-7地点までの7ヶ所の一斉採水は1997年から毎月実施している。その中の一例をFig. 5に示す。この河川は1997年から河川改修が進み、木工沈床工法による多自然型護岸工法をS-5地点下流部からS-7地点までの一部に施行している。1999年10月現在、護岸にはいぬたで、みぞそば、ささばなどが繁茂している。

1997年と1999年のS-1からS-7地点までのBOD変化を見ると1997年にはS-5, S-6でのBODがかなり高い。しかし1999年にはS-6地点のBOD値は低くなっている事が分かる。

特に植物に吸収利用される窒素とリンの変化は、T-N, T-Pのグラフより、S-6, S-7地点で減少している事が分かる。これに対して1997年の場合にはT-NがS-6, S-7でかなり高く、T-PもS-7で高い。この事から多自然護岸の植生回復は、清水川の

Table 1 physical properties of aggregates and mixing proportion

Kind of aggre.	Size (mm)	Specific gravity	Void ratio (%)	W/C (Wt%)	B/V (Vol%)	Sp/C (Wt%)
P-11	11- 6	1.23	47.8	25	40	1.4
P-6	6- 3	1.39	50.9	25	40	1.3
G-5	20- 13	2.65	43.3	25	40	0.9
G-6	13- 5	2.67	44.0	25	40	1.0
G-7	5-2.5	2.67	44.6	25	40	1.3

W: Water, C: Portland cement, B: Binder, V: Void
Sp: Superplasticizer, P: Shirasu pumice,
G: Crushed stone

Table 2.

日時	Apr-96	May-96	Jun-96	Jul-96	Aug-96	Sep-96	Oct-96	Apr-97	May-97	Jun-97	Jul-97	Aug-97	Sep-97	Oct-97
気温 ℃	25.0	28.0	33.0	32.0	33.0	25.0	28.0	23.0	28.0	32.0	35.0	28.0	29.0	29.0
水温 ℃	20.5	22.0	26.0	29.0	26.0	21.0	21.0	15.0	22.0	25.0	26.0	23.0	23.5	18.0
流速 cm/S	14.8	19.6	48.3	48.3	48.3	48.3	—	12.4	12.4	36.4	48.3	38.7	48.3	24.4
流量 m ³ /S	0.184	0.239	0.275	0.367	0.312	0.238	—	0.061	0.061	0.328	0.576	0.494	0.780	0.227
透視度 cm	100	100	100	100	100	100	68	94	96	77	100	100	100	100
p H	7.90	7.90	7.64	7.51	7.80	7.13	7.57	7.44	6.87	7.64	7.68	7.12	7.42	7.77
S S mg/l	7.0	6.0	10.0	6.0	2.0	5.0	7.0	3.0	5.0	10.0	4.0	4.0	5.0	4.0
NH ₃ -N mg/l	1.61	0.48	0.36	0.56	0.28	0.30	1.65	1.67	0.68	0.77	0.48	0.27	0.27	0.50
BOD mg/l	5.18	3.24	3.35	4.18	3.58	3.62	9.08	18.92	14.84	4.93	3.35	6.98	3.98	4.80
COD mg/l	6.68	3.30	3.54	5.37	3.80	5.54	8.34	6.40	5.33	7.58	5.61	2.71	2.29	6.44
T-N mg/l	—	2.448	2.448	—	1.000	—	1.088	1.632	0.952	1.632	2.176	1.088	1.496	1.088
T-P mg/l	—	0.060	0.156	—	0.004	—	0.180	0.060	0.252	0.120	—	0.144	0.108	0.144
TOC mg/l	8.50	3.16	5.35	3.05	3.31	5.31	7.08	3.28	4.05	2.53	2.45	—	—	—

日時	Apr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Aug-98	Sep-98	Oct-98	May-99	Oct-99
気温 ℃	22.0	27.0	30.0	34.0	30.0	29.0	29.0	27.0	18.0
水温 ℃	21.0	22.5	31.0	32.0	27.0	25.0	14.2	22.0	18.6
流速 cm/S	13.5	13.5	23.1	29.4	32.7	40.5	16.5	—	20.0
流量 m ³ /S	0.064	0.064	0.328	0.576	0.487	0.660	0.118	—	0.075
透視度 cm	74.5	100	62	79	98	99	94	100	100
p H	7.10	6.84	7.16	6.42	7.15	6.78	7.66	8.57	7.34
S S mg/l	68.0	5.0	12.0	14.0	45.0	10.0	1.0	2.0	3.0
NH ₃ -N mg/l	0.82	0.34	0.23	0.27	0.18	0.58	0.71	0.16	0.82
BOD mg/l	0.66	4.08	4.25	4.01	7.04	—	8.40	2.37	4.80
COD mg/l	4.78	3.72	11.25	6.36	—	—	1.48	3.75	5.00
T-N mg/l	2.720	1.632	1.496	1.496	1.900	2.580	3.260	1.907	1.000
T-P mg/l	0.156	0.252	0.204	0.168	0.220	0.130	0.050	0.144	0.220
TOC mg/l	—	—	13.79	—	13.79	—	—	13.25	3.46

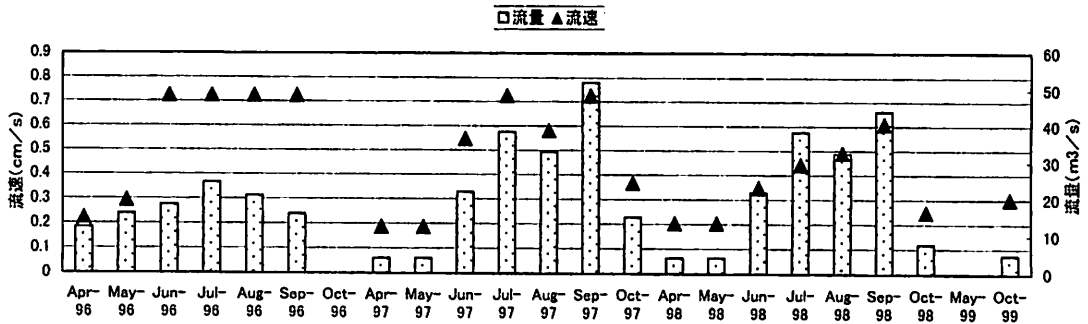


Fig. 3 Monthly variation of velocity and rate of flow

水質汚濁の改善に貢献しているものと考えられる。しかしCODは1999年5月、10月共にS-5地点からS-7地点まで横這い状態で、除去されているとは言い難い。

4.3 河川の水質と生物調査

郡田川流域には国分上水場(湧水)があり自然豊かな河川であるが、近年宅地造成が進んでいる。採水地点は上流からA, B, C, D, E, Fの6地点でEで手筈川, Fで天降川と合流する。D地点には食品加工場がありこの排水の影響を受ける。図-11, 12にその水質を図-13に指標生物数を示す。理化学的水質はD地点でNH₃-N, BOD₅共に急変する。図-13の指標生物の優占種も強腐水性に変化して双方に良い相関性がある。図-14は清清水川S-4, S-5の指標生物数を表しているが、S-4ではα-中腐水性生物がS-5では強腐水性生物が優占種となり、理化学的水質変化と同様の傾向を示す。

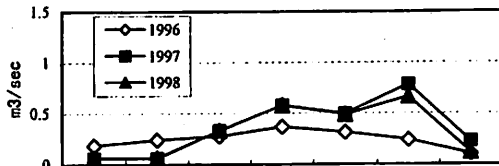


図-4 清清水川の流量変化(1996~1998年, S-5地点)

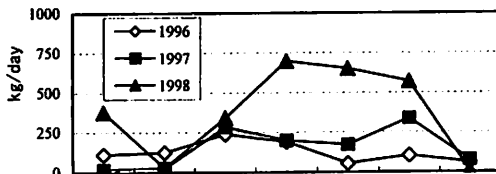


図-5 清清水川のSS汚濁負荷量(S-5採水地点)

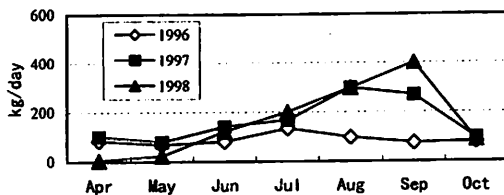


図-6 清清水川BOD汚濁負荷量(S-5採水地点)

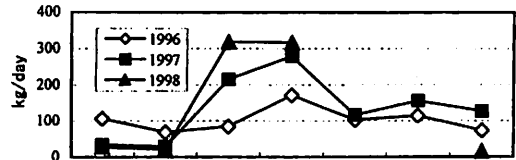


図-7 清清水川のCOD汚濁負荷量(S-5採水地点)

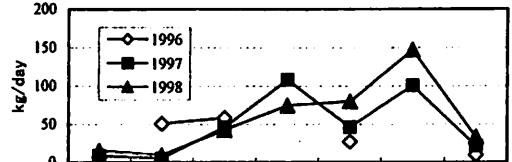


図-8 清清水川のT-N汚濁負荷量(S-5採水地点)

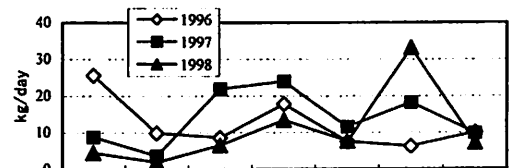


図-9 清清水川NH₃-N汚濁負荷量(S-5採水地点)

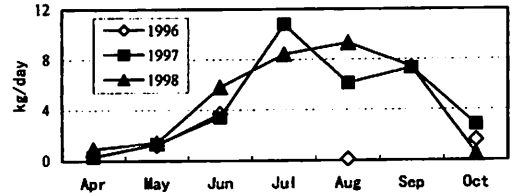


図-10 清清水川のT-P汚濁負荷量(S-5採水地点)

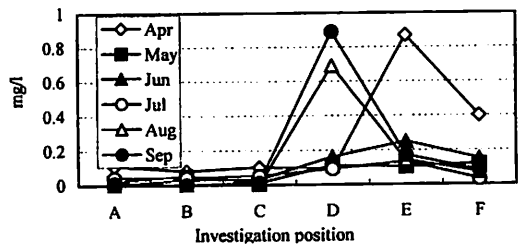


図-11 各採水地点でのNH₃-Nの経月変化(郡田川)

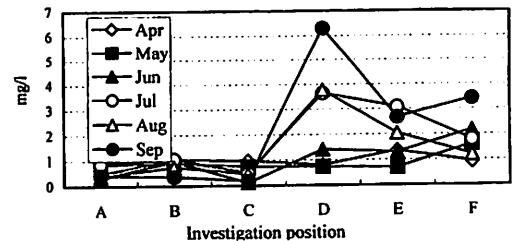


図-12 各採水地点でのBOD5の経月変化(郡田川)

まとめ

清水川は湾奥部河川の中で生活雑排水未処理人口が87%を占め、生活系排水の影響が大きい。調査結果をまとめると次のようになる。1) 清水川のBOD₅, COD, T-N, NH₃-Nなどの汚濁負荷量は年々増加する傾向にある。2) NH₃-N濃度が高く浄化不十分な尿尿などの影響が大きいと考えられる。3) 堰や下流では流れが停滞してDOが急激に減少する。また底泥も浮上する。4) 小河川である為に夏の水温が30℃を越す事もあり、DO減少や生物の棲息に影響する。

郡田川は流域に国分市上水場を持つ自然豊かな河川である。調査結果を以下にまとめる。1) 上流部では食品加工場排水の影響をかなり受ける。2) NFCブロックによる生物採取では理化学的水質変化より早期の水質汚濁を知る事が可能である。3) 理化学的水質とNFCブロックにより採取した水生生物には良い相関がある。

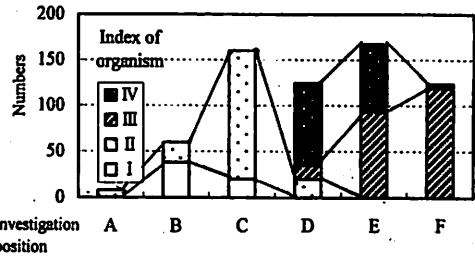


図-13 郡田川の名計測地点の指標生物数(4月)

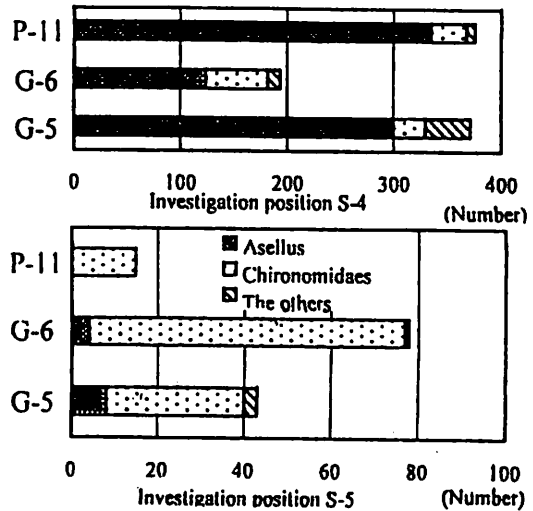


Fig.14 Number of organism in water and organic pollution