

金沢・高橋川の水質調査

金沢工業大学 正会員 山本隆彦
金沢工業大学 正会員 中川武夫
金沢工業大学 原 寿美

1. はじめに

河川の水質汚濁がある限度を越え、中を流れる水は自然浄化能力を失なうことは、東京や大阪などの大都市域を流れる河川や工場川の水質が悪化の一途をたどっていることを指摘する者も少なくなく知られていることである。著者が住む金沢のような地方都市においても、市街地を流れる河川の水質は日増しに悪化の傾向にあり、とくに郊外における新興住宅地の発達による不十分な下水処理が多くの中小河川や各種用水路が市民の生活排水路となつた結果、顕著化してある状況である。中でも、私企業による住宅地造成の場合には、共同の下水処理場が造られることはほとんどなく、かろうじて家のみが各家屋の浄化槽で処理されるものの、大部分の生活排水はそのままその排水路内へ放出されることとなる。本市の近郊を流れる高橋川は、鹿城沿いの住宅地の造成によるもの、そのまゝに住宅市民の生活排水路としての役割をになっている典型的な河川の一つである。すなわち、高橋川の流域は金沢市によって造成された一部の住宅地のみが下水処理施設を有しているが、その他の大部分の流域沿いの住宅地からの生活排水は高橋川へ直接流れていく。

本研究は、従来の生活排水と関係した水質汚濁の大部分を生活排水に依存する河川の典型である鹿城市郊外を流れる高橋川を対象とし、河川内水質汚濁に対する生活排水の影響のうちとくに、流域の市民生活のリズムと水質汚濁との関係及び水質汚濁の場所による依存性を明らかにすることをその目的とする。河川の水質汚濁の指標として、二酸化窒素、化学的酸素要求量(COD)、溶存酸素(DO)、塩素イオン(Cl^-)及び浮遊物(SS)を挙げる。なお、塩素イオンを主として水質汚濁の指標とした理由は、人間の生活に欠くことができない食塩($NaCl$)が水に溶けることにより生じる塩素イオンが、二酸化窒素とされている生活排水による河川の水質汚濁の指標として最も適当なものの一つであると考えたからである。

2. 調査の概要

高橋川は図-1に示すように金沢市街地の南に位置し、標高約500mの富樫山地を水源とする全流路長約20km、中流部の川幅が10m程度の中流川である。高橋川の上流部は、同時に、手取川から取水している富樫用水が流入している、水量のほとんどをこの用水に依存していることがよく見え、夏期を満水することになる。高橋川は伏見川に合流し、伏見川はさらに金沢市街地を縦断している犀川に合流して日本海に流れている。高橋川の上流中流ともに農村地帯であるが、伏見川合流点の午前約6kmの流域は一部の水田地域があるもののほとんど住宅地域となっている。この伏見川合流点の午前約6km流域のうち、金沢市に属する地域は小学校校区下が大部分を占め、人口20,328人、所帯数5,790戸(昭和57年5月1日、現在)、また、隣接する野々市町地域は人口約7,000人、所帯数約1,000戸である程度とされる。

水質測定は、住宅地域が中心である世帯を基点とする、図-2中に○印で示したMR-1～MR-6の計6つの測定地点において実施した。なお、測定の終点は伏見川合流点の午前約1kmにある横川町であり、そこから横川町に距離は約5.2kmである。図-2に示す同時に、測定区間内に存在する流入支川(川、排水溝及び排水路)SW-1～SW-5の状況を示すところとなり、表-1中にこの支川と主幹川流量、そして支川累計流量の一例を示すこととしている。なお、伏見川合流点の午前約1km流域には多くの工場が存在するが、河川内水質汚濁に対する生活排水の影響を明らかにすることを主目的とする本調査の対象外とした。

試料の採取に当たっては、各測定地点において、河川中央部の表層水を採取するものとし、受水した直後に二重ろ過を行った。河川内の平均流速は、河川中央部に投入した浮子の速度を求め、水面下の河川横断面形状は、川幅方向に 60 cm 間隔で水深を測定するものにより求めた。これらの測定結果から、高橋川の日流量は $5.2 \times 10^5 \text{ m}^3$ 程度であると推定された。各測定地点の水質と水中試験水質、化学的酸素要求量 (COD) 濃度は JIS K0101(1979) の 17 に従って過マンガン酸カリウム酸化法で、溶存酸素 (DO) 濃度は JIS K0101(1979) 24-2 に従って、イングラード・ジヒヤトリウム法で、そして塩素イオン (Cl^-) 濃度は JIS K0101(1979) の 32-3 に従って硝酸銀滴定法で求めた。また、浮遊物 (SS) 濃度は、 $0.45 \mu\text{m}$ のニッポン・フィルターで試験水をろ過し、3 分と乾燥した乾燥質量重量より求めた。

3. 調査結果と考察

3.1. 水質の 24 時間変化

流域の市民生活のリズムと水質汚濁との関係が明らかにするため、一定時間間隔で全 24 時間における水質測定を行った。図-3 に図-2 に示した 6 つの測定地点のうち、上流 MR-1、中流 MR-3 と下流 MR-6 の各測定地点での 3 時間間隔の測定結果を示した。図-3 (a) に各測定地点での流量と時間との関係を示したが、この図から下流測定地点 MR-6 における流量が残り 2 つの測定地点における流量の数倍以上となつていくことがわかる。また、同時に測定地点 MR-1 と MR-3 における流量の時間変化の間の差は小さいことが明らかである。この状況を表-1 中の本川及び支川の流量から推定することができた。図-3 (b) に各測定地点での COD 濃度と時間との関係を示したが、この図から下流測定地点 MR-6 における COD 濃度が残り 2 つの測定地点 MR-1 と MR-3 のそれよりかなり高い値を示しているのに対し、残り 2 つの測定地点 MR-1 と MR-3 における COD 濃度の時間変化の間の差は小さいことがわかる。また、COD 濃度は、測定地点の違いにかかわらず、13 時から 1 時までは比較的ゆるやかに減少するが、以後急激に減少し 8 時には最小となつた。その後急激に増加する傾向がみられた。図-3 (c) に各測定地点での DO 濃度と時間との関係を示した。この図から、下流測定地点 MR-6 における DO 濃度は常に残り 2 つの測定地点 MR-1 と MR-3 のそれよりかなり低い値を示しているのに対し、残り 2 つの測定地点 MR-1 と MR-3 における DO 濃度の時間変化の間の差は小さいことがわかる。また、DO 濃度は、測定地点の違いにかかわらず、13 時から急激に増加する傾向にあるが、これに下流測定地点 MR-6 における DO 濃度が 4 時から 7 時にかけて急激に増加する傾向がみられた。図-3 (b) から明らかなように、COD 濃度が急激に減少するのと、DO 濃度が急激に増加する傾向がみられた。これは、流域の市民生活のリズムと水質汚濁との関係が明らかにされた。図-3 (d) に各測定地点での Cl^- 濃度と時間との関係を示した。この図から、下流測定地点 MR-6 における Cl^- 濃度は、残り 2 つの測定地点 MR-1 と MR-3 におけるそれよりかなり高い値を示しているのに対し、残り 2 つの測定地点 MR-1 と MR-3 における Cl^- 濃度の時間変化の間の差は小さいことがわかる。図-3 (e) に各測定地点での SS 濃度と時間との関係を示した。この図から、SS 濃度は時間によって大きく変化するものの、測定地点に対する差は比較的緩慢であることが明らかとなった。図-4 に各測定地点の生活排水による河川内水質の 24 時間変化が下流測定地点と上流測定地点とで異なる結果を示すこと、この変化をより詳細に明らかにするため、下流測定地点 MR-5 における 1 時間ごとの流量、COD 濃度及び Cl^- 濃度の 24 時間における変化を示した。図-4 (a) に流量と時間との関係を示したが、この図から、本測定期間の流量が時間によって大きく変化していることがわかる。図-4 (b) に COD 濃度と時間との関係を示した。この図から、流域の市民生活のリズムと水質汚濁との関係が明らかにされた。朝の洗濯時における 6 時半ごろから COD 濃度は徐々に増加し 9 時半ごろに最大値となり、以後徐々に減少し 11 時半ごろに最小となった。ところが、昼食前である 11 時半ごろから COD 濃度は再び増加し、15 時半

ゴリ川の極大値となる。そして夕倉道前16時半ゴリ極小値となる一方で、以後は急激に増加し19時半ゴリ24時間平均の最大値となる。このCOD濃度の急激な増加は流域に住民に与え、夕倉から一家の田舎人の時刻に河川へ放出される生活排水に帰因するものと考えられる。とすると、最大値と連れたCOD濃度の翌朝6時半ゴリ最小値となった間、田舎のように増減をくり返しながら徐々に減少していくことがわかる。この翌朝の早朝にバヤエのCOD濃度の減少が、図-3(b) 及び(c)において指標として河川の自浄作用が活発化したことによることはいふまでもない。このように、COD濃度の時間変化が流域に住民の生活リズムを良く反映していることが明らかにされた。これに対して、図-4(c)に示したCl⁻濃度の時間的な関係を見ると、例年6月13時半ゴリ極大値が生じているが、流域に住民の生活リズムとCl⁻濃度の相関関係が多少認められることがわかるものの、COD濃度との関係は明確ではないことがわかった。

3.2. 水質の場所的变化

水質汚濁の場所による依存性を明らかにするために、図-2に示した6つの測定地点において水質の測定を行なった。図-5には、流量、COD濃度、Cl⁻濃度そしてSS濃度が測定地点において依存性を示した。図-5(a)には流量の測定地点との関係を示したが、この図から流量が下流へ行くに従って徐々に増加する傾向があることがわかった。なお、この流量の増加が、表-1に示したような支川SW-1～SW-5の横流入によるものがあることが明らかである。図-5(b)にはCOD濃度の測定地点との関係を示したが、この図から、COD濃度と下流の測定地点MR-1から下流の測定地点MR-5までは比較的中等的に増加するものの、下流の測定地点MR-5からMR-6にかけて急増していることがわかった。とすると、COD濃度が下流の測定地点で急増するのは、表-1中の支川及び支川のCOD負荷量が支川から河川へ流入する累計負荷量がその累積度を示すように、下流へ行くに従って汚濁液の支川からの累計流入量が増加すること、下流の流域で人口密度が増加するため生活排水の汚濁濃度が増加すること等によるものと考えられる。図-5(c)には、Cl⁻濃度の測定地点との関係を示したが、このCl⁻濃度の下流の測定地点における増加をCOD濃度が増加するのと同様原因によるものと考えられる。図-5(d)にはSS濃度の測定地点との関係を示したが、この図からSS濃度の測定場所による依存性は不足であるものの、二つの対象測定区間内での変動幅は比較的小さいのが特徴的である。

図-6(a) と (b)にはそれぞれ1981年9月24日と10月2日に測定したCOD濃度、レイノルズ数Reフルード数F及び流量が測定地点に依存していることがわかった。この図中、流量及びCOD濃度の測定地点に対する依存性は図-5(a)及び(b)と同様であるが、レイノルズ数とフルード数は測定場所によって異なる変化を示すものの全体として下流へ行くにつれて小さくなる傾向が認められる。とすると、レイノルズ数、フルード数が小さい河川の水表面からの曝気が増えたり水質の自浄能力が向上すると考えられるので、この場合では、上流で水質の自浄能力が高いのに対して、逆に下流へ行くにつれて水質の自浄能力が低下していくものと考えられる。

4. 結論

二つ行なった、高橋川の水質調査を通じて得た結果を要約すると次のとおりである。

- 1) 水質の24時間変化は、この流域に住民の生活リズムと良く対応がつくことが明らかにされた。すなわち、二つの対象として高橋川のように生活排水の影響を強く受ける河川の水質を調査する際に水質の24時間単位の变化を考慮することが必要となる。
- 2) 化学的酸素消費量(COD)濃度、溶存酸素(DO)濃度及び塩素イオン(Cl⁻)濃度を指標とした高橋川の水質の汚濁の程度は下流へ行くにつれて増加することが明らかにされた。
- 3) 浮遊物(SS)濃度の場所に対する依存性について、二つの用いた水質汚濁指標と比較して少々少ないことが明らか

がとらえた。

最後に、この高橋川の調査は上流部ほど水質の自浄能力が高く、逆に下流部ほど水質の自浄能力が低いことを示唆した。

6. 謝辞

本研究を遂行するにあたり、横浜工業大学土木工学科・木羽敏泰教授及び同研究室の学生諸兄が多くの援助を授けた。ここに付記の謝辞にかえる。

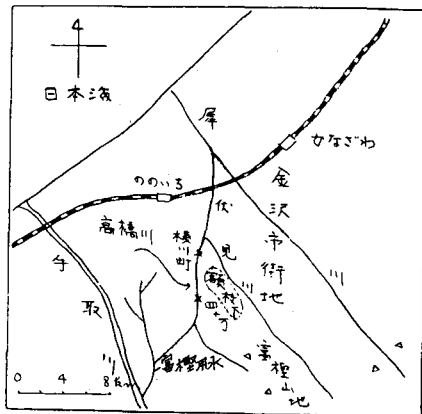


図-1 高橋川近傍の概略図

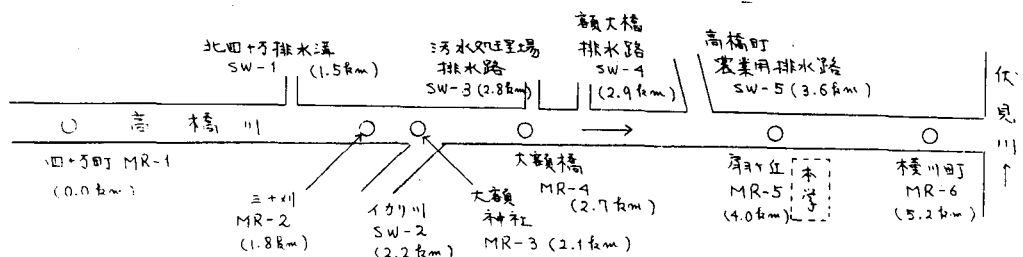


図-2 高橋川における測定地点 (MR-1 ~ MR-6) および流入支川 (SW-1 ~ SW-5) の概略図

表-1* 本川および支川の流量、またCOD、 Cl 、SSの負荷量とそれらの量の累計

本川	支川	流量(m^3/s)	累計**	COD(g/s)	累計**	Cl (g/s)	累計**	SS(g/s)	累計**
MR-1		1.61	1.61	2.1	2.1	6.7	6.7	18.6	18.6
	SW-1	0.01	1.62	0.2	2.3	0.1	6.8	0.1	18.7
	SW-2	1.00	2.62	1.7	4.0	6.8	12.6	8.0	26.7
MR-4		2.83		7.6		13.2		39.6	
	SW-3	0.03***	2.65	2.1	6.1	0.6	14.2	0.6	27.3
	SW-4	0.22	2.87	0.4	6.5	1.9	16.1	2.5	29.8
	SW-5	0.17	3.04	1.0	7.5	2.2	18.3	7.5	37.3
MR-6		5.56		12.0		26.0		35.1	

* 1981 Nov. 10, Nov. 24 の2測定値の平均値 (CODのみ Nov. 10 の測定値)

** MR-1の負荷量に各支川の負荷量を累計した値 *** 推定値

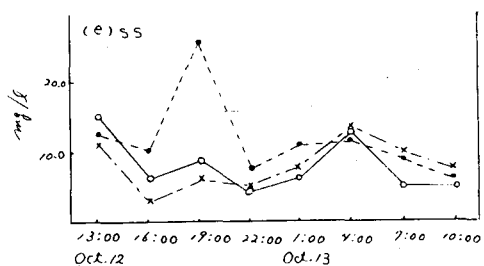
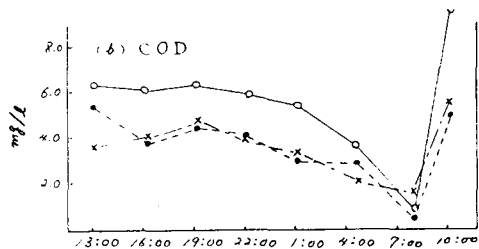
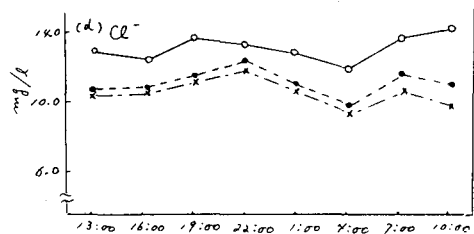
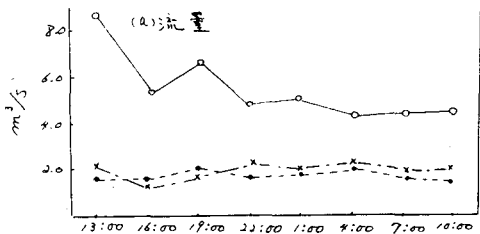


図-3 1981 Oct.12 ~ Oct.13 の時間変化

—○—: MR-6, —●—: MR-3, - - - × - - -: MR-1

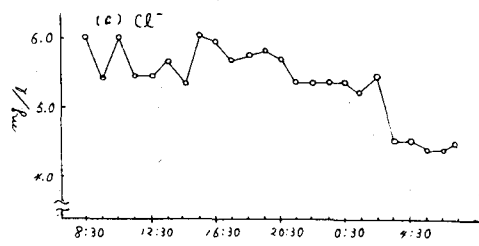
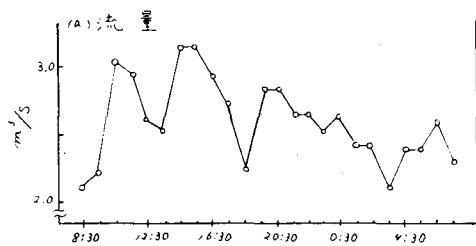
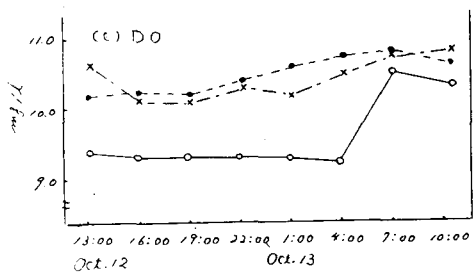
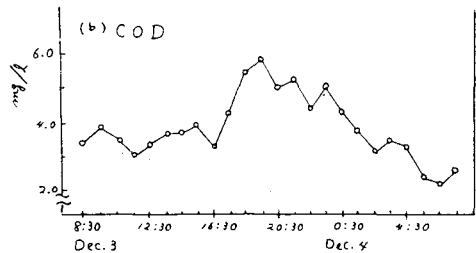


図-4 1981 Dec.3 ~ Dec.4 MR-5 における時間変化



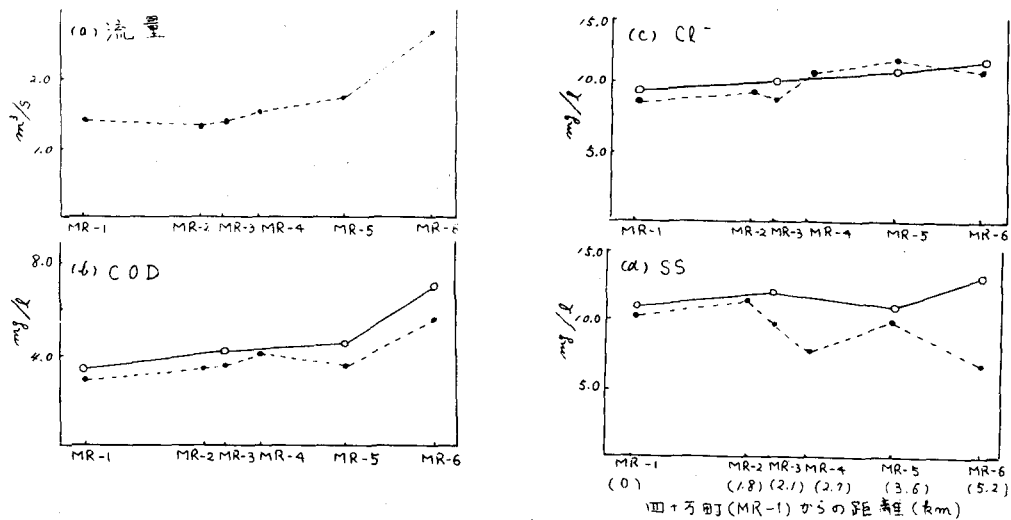


図-5 水質の場所的变化

○ : 1980 Oct.~Dec. 9測定値の平均値
● : 1981 Sep. 24, Oct. 2測定値の平均値

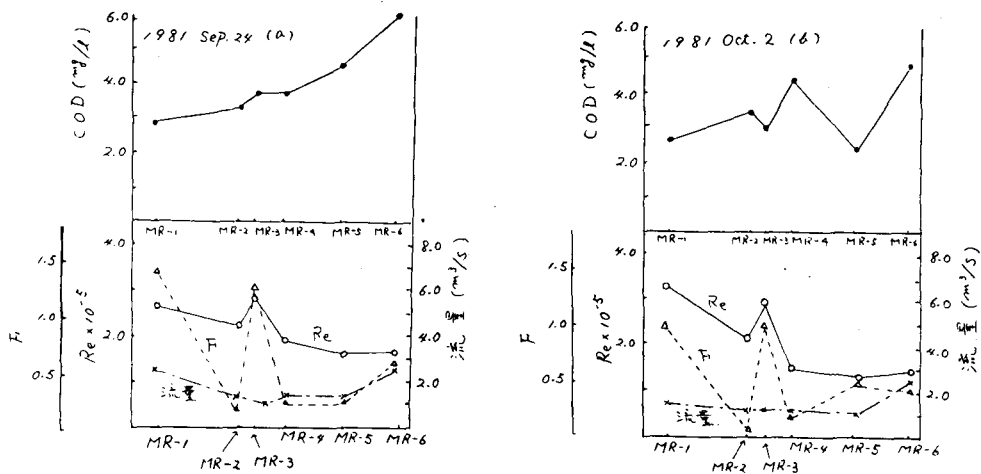


図-6 COD濃度と Re , F および流量の関係