

降雨が都市河川・山崎川の水質に与える影響について

指導教員 富永晃宏 教授

中野將嗣

1.はじめに：山崎川は、名古屋市千種区にある平和公園内の猫ヶ洞池からの導水を源とし名古屋港に注ぐ、流域面積 26.6km²、流路延長 13.6km の河川である。山崎川流域の下水道は 100%合流式で整備されているため、雨天時に初期段階で下水管路内に堆積した汚濁物質が一度に流出するファーストフラッシュや雨水と生活排水が一定量を越えると未処理のまま河川に流出する雨水吐越流(CSO)が発生し、河川に汚濁負荷を与え、水質悪化の原因となっている。本研究では、汚濁濃度、汚濁負荷量の計測、パケットテストや水質計により水質測定を行い、未処理排水による汚濁負荷について検討する。

2.雨天時における現地観測：雨天時の観測場所は山崎川の川名大橋付近である。観測を実施した日時は 2011 年 10 月 14~15 日(以下)、11 月 11 日(以下)、11 月 19 日(以下)であり、それぞれの日の降雨形態を表 1 に示す。次に水質調査と現地観測の方法について述べる。SS 濃度と BOD 濃度は河川の水を採水し、ガラス繊維ろ紙法(JIS M0210)と BOD 自動測定器 BODtrak(セントラル科学株式会社製 JISK0102 に準拠)によって分析した。なお、BOD 濃度については機器の性能上、一度に 12 サンプル分しか分析していない。流速については、河川用電磁流速計(AEM1-D)を用いて川名大橋から計測した。また、事前に 8 基の水位計(応用地質株式会社製 S&DLmini)の設置及び水位計を設置した河川断面の測量を行い、これらのデータと計測した流速から粗度係数の算出を行った。観測間隔については、採水は降雨状態を観察しながら、最長で 1 時間、最短で 2 分間隔で行い、流速は 2 分間隔で計測を行った。粗度係数は、水位計で計測される水位データと測量による河川断面のデータより流積及び潤辺を求め、径深を算出し、また、観測場所に近い 2 基の水位計で計測された水位の差を 2 基間の距離で除することで水面勾配を算出し、それらの算出した値をマンギングの式に代入し、現地で計測した流速と比較することで算出した。今回は、算出された粗度係数の平均値である $n=0.0453$ を利用し、流量を求めた。

観測結果については、観測日の SS 濃度、BOD 濃度、SS 負荷量、BOD 負荷量と流量、降水量の関係を図 1~4 に示す。また、各観測日の各測定項目の最大値を表 2 に示す。観測日では、14 日 22 時頃に CSO の発生を確認し、そのときは 1.5mm/10min 程度の降雨であった。その後 30 分間は流量、SS 濃度に大きな変化は無く、22 時 30 分頃に流量と SS 濃度に大きな上昇が見られた。BOD 濃度についても今回測定した範囲ではあるが、23 時頃に大きな上昇が見られた。

次に図 1~2 より、SS 濃度、BOD 濃度の最大値が流量

表 1 各観測日の降雨形態

観測日	2011/10/14 ~ 10/15	2011/11/11	2011/11/19
総降雨量 [mm]	34.5	16.0	59.0
降雨開始時刻	10/14_16:00	11/11_9:00	11/19_1:00
降雨終了時刻	10/15_4:00	11/11_17:00	11/19_17:00
降雨継続時間 [hr]	12	8	16
平均10分間雨量 [mm/10min]	0.47	0.33	0.60
最高10分間雨量 [mm/10min]	5.5	2.0	2.0
先行晴天日数 [day]	7	4	7

表 2 各観測日の各項目の最大値

観測日	2011/10/14 ~ 10/15	2011/11/11	2011/11/19
最大SS濃度 [mg/l]	220.0	254.0	94.7
最大BOD濃度 [mg/l]	22.6	47.3	33.6
最大SS負荷量 [g/s]	719.4	592.7	248.4
最大BOD負荷量 [g/s]	98.5	134.7	60.3
最大流量 [m ³ /s]	8.19	4.29	3.54

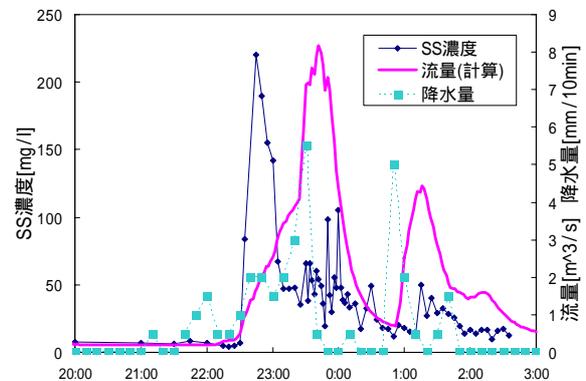


図 1 SS 濃度と流量の関係

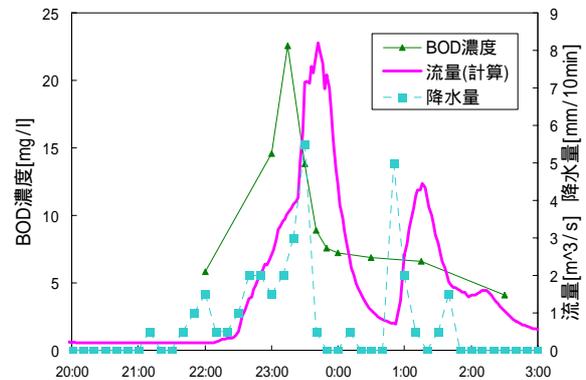


図 2 BOD 濃度と流量の関係

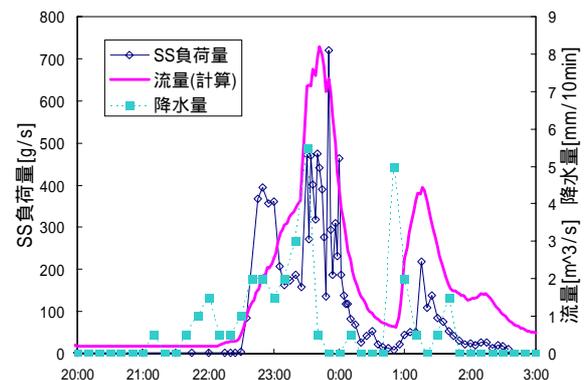


図 3 SS 負荷量と流量の関係

のピークの前に現れていることがわかる。これは、出水初期に下水管路内に堆積した汚濁物質を多量に含んだ水が河川に流入したことが原因と考えられる。そして、流量がピークを迎える頃には下水管路内の汚濁物質はほとんど流されてしまったので、汚濁濃度の最大値が流量のピークの前に現れたと考えられる。次に図 3~4 より、SS 負荷量、BOD 負荷量ともにピークの出現が流量のピークの出現にほぼ一致していたことから、汚濁負荷量は流量に大きく依存していることがわかる。汚濁負荷量は汚濁濃度と流量から算出するわけであるが、今回の観測より、流量との関係性が強いことが示された。

次に、表 2 について考察する。最大 SS 濃度の違いが生じた原因としては、CSO 発生前の降雨形態の違いが影響したと考えられる。観測日 11/11 では、CSO 発生前の降雨はほとんど無かったが、観測日 11/19 では CSO 発生前に 2mm/hr 程度の降雨が 2 時間程続いていた。そのため、観測日 11/19 では下水管路内に堆積していた汚濁物質がある程度処理場に流されてしまったため、観測日 11/11 に比べ出水初期に流出した汚濁物質が減少し、最大 SS 濃度に違いが生まれたものと考えられる。最大 SS 負荷量の違いについては、SS 濃度と流量が関係してくるが、今回は主に流量の違いが影響して最大 SS 負荷量に違いが生まれたと考えられる。なお、BOD 濃度、BOD 負荷量については、採水したサンプルから適当に 12 サンプル選び解析したため SS 濃度や SS 負荷量とは一致した挙動とはなっていないが、1 つの指標として提示した。

最後に今回算出された粗度係数とそのときの水位の関係を図 5 に示した。この図より、水位が低いと粗度係数は高くなり、水位が高いと粗度係数が低くなる傾向があることがわかる。この原因としては、観測場所の底面には巨石や草などがあり、側面は比較的滑らかな構造になっていることが考えられる。そのため、水位が低いときには底面の凹凸の影響を大きく受け、水位が上昇するにつれて底面の影響が小さくなるので、算出された粗度係数に違いが見られたと考えられる。以上のことより、同一河川でも晴天時と雨天時で粗度係数に違いが発生する可能性があると言える。

3. 場所的に見る水質変化：この章における現地観測は、山崎川の川名大橋、萩山橋、瑞穂橋で行った。水質の測定は多項目水質計(WQC-24 東亜 DKK)とパックテスト(株式会社 共立理化学研究所)を用いて行った。

観測結果については表 3 に示す。なお、11 月 11 日は出水が停止した直後、11 月 19 日は出水中に測定を行い、晴天時については晴天であった 11 月 9 日、12 月 13 日、1 月 17 日に測定したものの平均値である。

測定結果より、各項目で雨天時の水質悪化が確認できる。細かく見てみると、まず電気伝導率と濁度の大きな上昇が見られる。これは、出水により多くの汚濁物質が供給されたことや、速い流速による巻上げが原因と考え

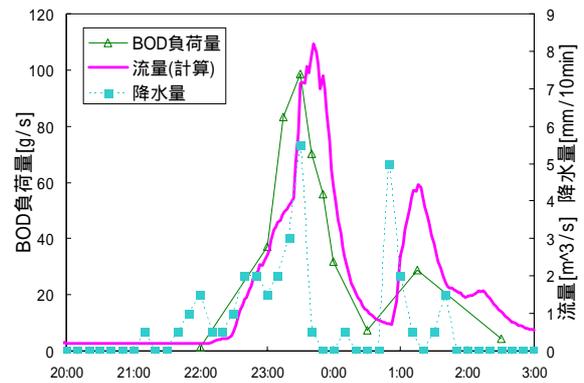


図 4 BOD 負荷量と流量の関係

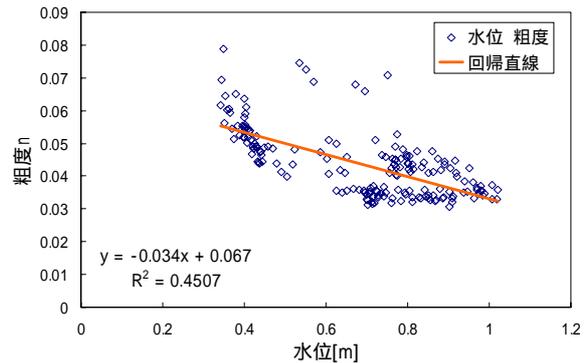


図 5 粗度係数と水位の関係

表 3 各水質項目の測定値

地点	川名大橋			萩山橋			瑞穂橋			
	日時	11月11日	11月19日	晴天時	11月11日	11月19日	晴天時	11月11日	11月19日	晴天時
pH		7.17	7.19	8.18	6.65	7.05	6.56	6.68	7.03	6.48
DO [mg/l]		8.64	8.83	14.85	7.76	8.61	11.41	7.51	8.54	12.21
電気伝導率 [mS/m]		51.00	41.00	16.7	5000	1200	14.8	4900	4700	14.7
濁度 [NTU]		29.7	24.4	7.0	40.9	54.8	1.9	37.6	31.1	0.9
COD [mg/l]		7	9	4	8	12	3	8	12	4
NH4 [mg/l]		0.35	0.35	0.2	0.75	0.75	0.2	0.75	0.35	0.2
NO2 [mg/l]		0.015	0.015	0.005	0.015	0.015	0.005	0.015	0.015	0.006
NO3 [mg/l]		0.38	0.38	0.69	0.63	0.38	2.63	0.88	0.63	2.62
PO4 [mg/l]		0.075	0.100	0.025	0.075	0.100	0.020	0.075	0.100	0.020

られる。また、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ や $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ の上昇も見ることが出来る。これらの上昇はし尿等の生活排水が河川に流入したことが原因であり、特に $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ の上昇より近い過去の比較的近い箇所での汚濁の流入があったことが示されている。また、晴天時の値を見てみると、どの項目の値も河川の水質としては良いことから、CSO が水質に与える影響が大きいこと、CSO の発生により流入した汚濁物質は今回測定した区間では滞留することなく流下していること等がわかる。

4. おわりに：今回の現地観測より、山崎川の川名大橋付近の流域では 1.5mm/10min 程度の降雨で CSO が発生することがわかった。また、水質汚濁の原因となっているのはし尿等の生活排水という、人間活動に起因していることもわかった。そして、汚濁濃度は流量のピークの前に出現することや、汚濁負荷量は流量に大きく影響されることも確認出来た。しかし、今回雨天時に現地観測を行うことが出来たのは 3 回であったため、データの信頼性に欠く部分が多々あると言える。そのため、今後も現地観測を続けていく必要がある。