

1. はじめに

堀川流域では合流式下水道が施工されており、雨天時に降雨量が一定を超えると雨水と未処理排水が河川へ流れ出してしまう。これを雨水吐越流 (CSO) といい、河川に汚濁負荷を与え、水質悪化の原因となっている。また、感潮河川であるがために流れが停滞し汚濁が蓄積されやすい。そこで、本研究では堀川の大きな問題点の一つである雨水吐越流の流出機構について検討した。純粋に雨水吐越流の影響をみるために、堀川上流部の順流区間である黒川を研究対象とし、現地観測を通して雨水吐越流の発生の実態を調査し、流出解析ソフト MOUSE を用いて河川への流出量について検討した。

2. 現地観測

観測対象は堀川上流に位置する黒川の猿投橋より上流に約 1.5km の区間を対象とした。各吐口の位置を図-1 の地図に示した。また、観測区間には左岸に 3 箇所 (A, B, C, D 地点)、右岸に 4 箇所 (E, F, G 地点) の計 7 箇所の雨水吐口が存在しており、集水面積は約 180ha である。また、観測を実施した日時は 2010 年 10 月 24 日、10 月 30 日～11 月 1 日、11 月 22 日～23 日、12 月 21 日～22 日であり、各観測日の降雨形態 (降雨データは頭首工観測所と黒川周辺に設置した雨量計のデータをティーセン法を使用し求めた) を表-2 に示す。

現地観測では雨水吐越流の発生時刻を調べるためにデジタル温度記録計 (KN ラボラトリーズ製温度データロガー『サーモクロン G タイプ』) を使用し、F 地点を除く各吐口に設置し、温度を連続計測した。温度記録計の設置では直接吐口に設置し、その方法がとれない箇所ではワイヤーを用いて設置を行った。

観測日別に観測結果についてまとめたものを表-3 に示す。例として 10 月 30 日～11 月 1 日の観測結果から各地点において 10 分間に 1℃以上の温度上昇がみられ、雨水吐越流の発生により温度変化が検知されることがわかった。また、A, B, E 地点では、ほぼ同時に雨水吐越流が発生している。A, B 地点では、ほぼ同時に雨水吐越流が終了している。また、D, E 地点では、ほぼ同時に雨水吐越流が発生終了していると思われる。また、G 地点は他の地点より発生時刻が遅れており、降雨量が最大値になった後、雨水吐越流が発生していることから、G 地点は全地点の中で最も雨水吐越流が発生しにくいと推定できる。

各観測日の結果から各雨水吐口の流出発生前 30 分間の降雨量は、A 地点では 2.0mm, B 地点では 2.0mm, C 地点では 5.0mm, D 地点では 4.0mm, E 地点では 1.7mm, F 地点では 6.0mm, であると考えられる。また、流出時刻をみると A, B 地点が流出しやすいことがわかった。



図-1 位置図(出展 GoogleMap)

表-2 観測日の降雨形態

観測日	2010/10/24	2010/10/30	2010/10/31～11/1
総降雨量 [mm]	9.7	16.3	60.5
降雨開始時刻	18:30	1:00	17:00
降雨終了時刻	22:00	7:30	3:10
降雨継続時間 [hr]	5:30	6:30	10:10
最高 10 分間降雨量 [mm]	1.5	1.0	2.3
最高 30 分間降雨量 [mm]	2.5	2.3	6.2

観測日	2010/11/22～11/23	2010/12/21～12/22
総降雨量 [mm]	35.0	25.0
降雨開始時刻	1 回目: 7:00 2 回目: 15:40	19:10
降雨終了時刻	1 回目: 13:50 2 回目: 2:10	2:10
降雨継続時間 [hr]	1 回目: 5:50 2 回目: 10:30	7:00
最高 10 分間降雨量 [mm]	1.0	2.0
最高 30 分間降雨量 [mm]	2.3	5.0

表-3 観測日別結果

観測日	観測地点	流出開始時間	流出終了時間	流出時間	前 30 分降雨量(mm)	Δt1	Δt2
2010/10/24	A	19:42	20:08	0:26	2.5	2.5	1.5
2010/10/24	B	19:38	20:16	0:38	2.5	3.5	2.0
2010/10/24	E(1回目)	17:54	18:12	0:18	2.3	1.5	1.0
2010/10/24	E(2回目)	19:22	19:38	0:16	2.5	1.0	1.0
2010/10/30	A(1回目)	3:16	3:34	0:18	2.3	2.0	1.0
2010/10/30	A(2回目)	6:54	7:28	0:34	2.3	1.0	1.5
2010/10/30	B	7:00	7:22	0:22	2.3	2.5	1.5
2010/10/30	E(1回目)	5:14	5:24	0:10	1.7	1.5	1.0
2010/10/30	E(2回目)	6:46	6:58	0:12	2.0	1.5	1.0
2010/10/31-1	A	18:06	27:08:00	9:02	3.0	2.5	1.0
2010/10/31-1	B	18:08	27:04:00	8:56	3.0	2.5	1.0
2010/10/31-1	C	21:18	22:32	1:14	5.0	1.5	1.0
2010/10/31-1	D	21:10	21:24	0:14	4.0	1.0	1.0
2010/10/31-1	E	18:02	18:06	0:04	1.9	2.0	2.0
2010/10/31-1	G	21:56			6.0	1.0	
2010/11/22	A	12:08	12:26	0:18	2.0	1.5	1.0
2010/11/22	B(1回目)	9:46	10:16	0:30	2.0	1.0	1.0
2010/11/22	B(2回目)	12:04	12:26	0:22	2.3	2.0	2.0
2010/12/21-22	A(1回目)	21:38	22:26	0:48	2.5	2.0	1.0
2010/12/21-22	A(2回目)	23:40	25:22:00	1:42	3.0	2.5	1.0
2010/12/21-22	B(1回目)	21:40	22:28	0:48	2.5	2.0	1.0
2010/12/21-22	B(2回目)	23:40	25:04:00	1:24	3.0	2.0	1.0
2010/12/21-22	D	24:58:00	25:10:00	0:12	4.0	1.0	1.0

3. MOUSE による流出解析

流出解析ソフト MOUSE を用いて黒川左岸の流域をモデル化したものを図-3 に示す。ここでは、管径 0.5m 以上の管路のみを取り入れ、各マンホールに区分面積を与えた。

堰堤頂の推定には 2010 年 9 月 15, 16 日の降雨データを使用した。別の計測により 15, 16 日における対象区間の流量増加量の合計が 5902m³ と判明していること、合計流域面積が約 180ha、左岸の流域面積が約 100ha であることから、解析対象の左岸からの合計流出量を 3279m³ と仮定した。そこで、この値に近づくよう堰堤頂を調整した。その結果、河川への合計流出量が 3276m³ となったモデルを以て使用した。また、15, 16 日には 5 回の流出が発生しており、増加流量との比較を行った結果を図-4 に示す。増加流量は両岸合計値であるため解析結果より大きい値を示すが、流出開始時刻、終了時刻は概ね一致している。

また、現地観測を行った 10 月 30 日～11 月 1 日 A 地点の温度観測結果と解析結果の比較を図-5 に示す。温度観測による温度変化点と流出解析による流出発生時刻、流出終了時刻はおよそ一致している。また、B, C, D 地点においても同様に流出解析による雨水吐越流の流出発生、終了時刻は温度観測による結果と概ね一致した。これらの結果から、今回使用したモデルは概ね黒川左岸の流出状況を再現できたと思われる。

現地観測を行った日についての流出解析結果を表-6 に示す。解析結果から今回使用したモデルでは前 30 分間降雨量が 2.3mm 以上の場合、流出が発生するとわかった。表には別の流量計測結果を示しているが流域面積を考慮すると概ね流出特性を表現しているといえる。また、河川への合計流出量に対してポンプ所への合計流出量、下流域への流出量が大半を占めていることが判明した。

4. おわりに

現地観測では温度記録計によって雨水吐越流の流出を確認することができた。

次に MOUSE による流出解析では、黒川左岸の雨水吐越流を概ね再現することができたが、今回のモデルでは管径 0.5m 以上の幹線を対象に行ったこと、右岸に対しては解析ができなかったことから、今後流域を拡大し、より詳しくモデルを作成する必要がある。また、解析結果からポンプ所と下流域への流出量が多いことから、今後ポンプ所の流出先、下流域について雨水吐越流の影響を考えていかなければならない。

参考文献

- 大井重明：都市河川の水質と雨天時負荷に関する研究 名古屋工業大学修士論文 2007
- 和田有明ら：都市流域の流出汚濁解析と負荷特性におよぼす降雨形態の影響 水工学論文集第 49 巻, 2005 年 2 月

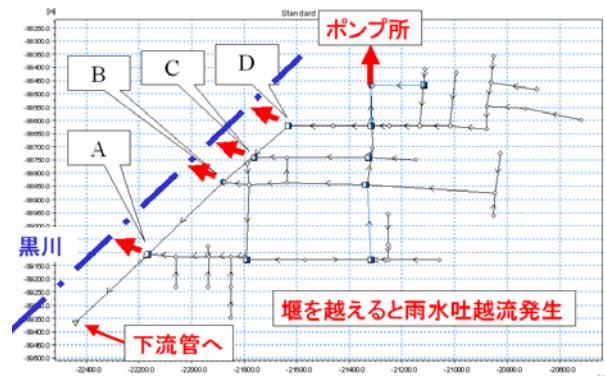


図-3 黒川左岸流域モデル

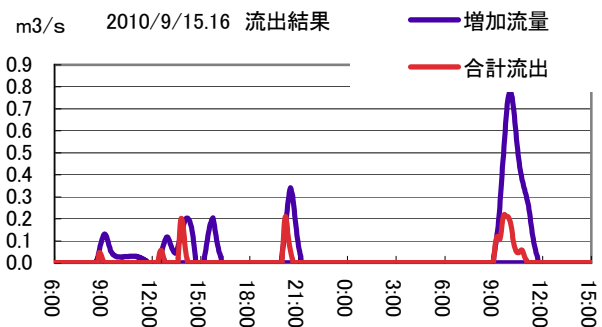


図-4 増加流量との比較

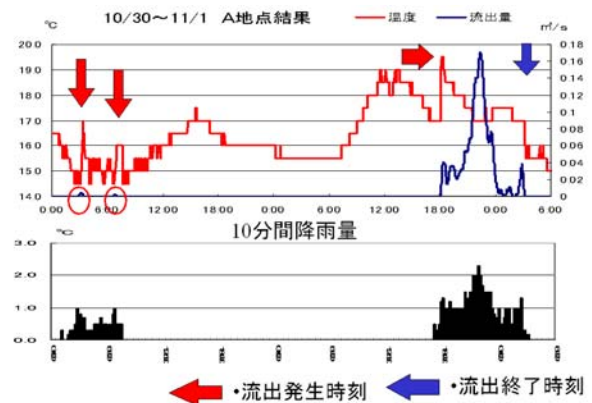


図-5 観測結果と解析結果の比較 (A 地点)

表-6 流出解析結果

解析日	2010/9/15～16	2010/10/24	2010/10/30～11/1
河川への合計流出量 (m ³)	3276	87	3610
河川への増加流量 (m ³)	5902	46	7541
仮定流出量 (m ³)	3279	28	4190
ポンプ所への合計流出量 (m ³)	3939	6181	51873
下流域への流出量 (m ³)	10090	1930	14257
総降雨量 (mm)	60.4	9.7	76.8
最大 10 分間降雨量 (mm)	4.2	1.9	2.3
最大 30 分間降雨量 (mm)	8.6	2.5	6.2
解析日	2010/11/22～23	2010/12/21～22	
河川への合計流出量 (m ³)	187	988	
河川への増加流量 (m ³)	573		
仮定流出量 (m ³)	318		
ポンプ所への合計流出量 (m ³)	17854	17437	
下流域への流出量 (m ³)	22992	4924	
総降雨量 (mm)	35.0	25.0	
最大 10 分間降雨量 (mm)	1.0	2.0	
最大 30 分間降雨量 (mm)	2.3	5.0	