市街地雨水排除計画の合理化に関する研究

広島大学工学部　正員　寺西　靖治
広島大学工学部　正員　浅野　康也
広島大学大学院　学生員　○真田　孝治

1、はじめに　公共用水域の水質汚濁防止対策の必要性が論じられるようになって以来、既存の合流式下水道の雨水吐からの雨天時越流水問題に対する解決策が論じられるようになっている。越流水問題の解決には、汚濁流出機構の解明、流出状況の把握が必要であるが、これは地域性をもつから各都市で独自に調査、検討を行う必要がある。本研究ではこうした観点から、広島市A排水区において工種表面、下水管路、雨水ます等の各種汚濁源の検討を行い、さらに実際の対策として希釈倍率の引き上げ、滞水池による年間の越流負荷削減効果の検討を行った。

2、2－1　各種工種表面における汚濁物堆積の経日変化

工種表面における汚濁物の堆積状況を検討するために、図-1に示すような型枠を工種表面に設置し、蒸留水4ℓ散布した後、洗浄を行い洗浄水を採水した。調査は降雨終了翌日から5日間連続で行った。表-1は1日当たりQ mg/m²堆積し、n日間でnQ堆積するものとして回帰分析したものである。S_0は降雨直後の堆積負荷量である。T-Nの方がCODよりも相関係数が高い。これは、微生物による有機物分解の有無がその原因として挙げられよう。

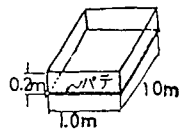

図-1 型枠

表-1　S_0(mg/m²)およびQ(mg/m²·日)

		S_0(mg/m²)	Q(mg/m²·日)	γ
路面	COD	402	28.9	0.858
〃	T-N	16.2	6.5	0.934
屋根	COD	361	149.6	0.894
〃	T-N	48.0	7.5	0.901

2－2　下水管路における堆積汚濁物の流出特性

降雨（59.5 mm）の前日と降雨終了翌日，3日後に人孔内で、下水管路上流部の堆積汚泥量を測定すると同時に採泥を行った。結果を表-2に示す。管路1m当たりの堆積汚泥量は小口径管路程汚泥が量的に少なく流送されやすく、大口径管路程小口径管路から流送されて来るため、全体として変化が少ないと思われる。乾泥1g当たりの負荷量はCOD，T-Nについても降雨1日後には減少し、堆積汚泥の表面に付着している含有成分が流送されたことを示す。

表-2　降雨前後の堆積汚泥量及び負荷量の変化

マンホール番号	管径 (mm)	勾配 (‰)	管路1m当たりの堆積汚泥量 (ℓ/m) 降雨前	降雨翌日	降雨3日後	乾泥1g当たりの負荷量(mg) COD 降雨前	降雨翌日	T-N 降雨前	降雨翌日	管路1m当たりの負荷量(g) COD 降雨前	降雨翌日	T-N 降雨前	降雨翌日
1	300	6.1	0.34	0	0	7.58	0	—	0	2.8	0	—	0
2	400	3.5	0.14	0	0	12.14	0	—	0	2.7	0	—	0
3	500	2.0	1.23	0.55	0.81	11.83	6.34	1.3	—	14.6	4.0	2.58	—
4	600	2.4	4.03	2.89	2.89	9.22	3.71	0.5	0.4	42.6	12.3	3.24	1.87
5	800	1.6	18.47	13.08	12.31	9.48	4.61	0.8	0.4	200.0	69.2	23.86	8.45
6	900	1.6	0.32	0.74	0.32	11.67	6.40	—	—	4.3	5.4	—	—
7	1200	1.4	29.43	7.16	6.44	36.63	6.85	1.1	—	1233.0	56.3	52.28	—
8	1350	1.5	17.73	12.28	18.40	5.71	2.35	0.5	—	112.1	33.1	13.83	—
9	2000	1.2	112.35	123.21	108.10	4.82	5.61	0.6	0.4	6207	793.1	1088.7	

2－3　雨水ます内の堆積汚泥の流出特性

雨水ますからの降雨による汚濁物の流出特性を検討するために雨水ますを図-2に示す型枠で覆い、ジョロで115.7ℓの蒸留水を8回に分けて散布した。なお雨水ます内には残存水はなかった。各散水終了と同時に流出水を採水し、降雨前後には採泥した。雨水ますへの流入水量と流出負荷量の関係を図-3に示す。これを流出負荷量

$S = K \cdot V^a$ [K,a：定数 $0<a<1$，V：流入水量] で回帰分析して相関係数 $\gamma = 0.9944$, $a = 0.603$ $K = 174.6$ を得た。この結果降雨初期には、流出水の負荷量の式 $S_c = KV^a$ はほぼ適合するといえよう。

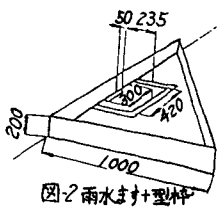

図-2 雨水ます+型枠

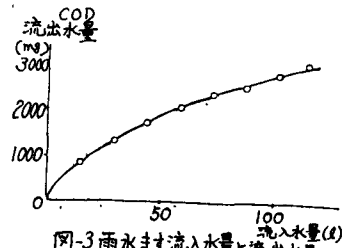

図-3 雨水ます流入水量と流出水量

2－4　各種汚濁源の雨天時負荷ポテンシャル

各種汚濁源の調査から得られた、晴天時に汚濁源が保持している汚濁負荷量を表-2に示すが、これによると下

水管渠が重要なウエイトを占め、下水管渠の清掃は汚濁負荷流出の削減には効果的であると推察される。

3. 希釈倍率の引き上げ及び滞水池による汚濁負荷削減効果

A排水区において昭和55年度の雨天時越流水を対象に、以下のような仮定で汚濁負荷削減効果を検討した。①雨水流出量の予測は修正RRL法を用いた。損失機構として、$Imp=0.517$, $Dimp=2$ mm, $Dp=6$ mm, $f_c=10$ mm/hr とし、貯留機構についてS-Q曲線は、測定値からフィードバックして $S=0.74Q^{0.7}$ を用いた。計算値は7降雨で検討したがほぼ実測値に適合した。例を図-4に示す。②汚濁負荷流出モデルは運動モデル($Q_s=KQ^n$ Q_s：汚濁負荷流出量(g/s), Q：流量, K,n定数)を用いた。K,nの定数は実測値の平均として$K=40$, $n=1$ と固定した。運動モデルは汚濁物の管渠内堆積量を考慮していないため、first flush や流量低減期の希釈現象を正確には表現し得ないが、流出負荷量全体としては図-5に示すようにほぼ実測値と適合した。③水質指標は有機物指標としてCODとした。④晴天時汚水量、負荷量は晴天時調査の平均的なパターンを使用した。⑤計画時間最大汚水量は0.47m³/sとし、希釈倍率は現行の4(1.8m³/s)及び6(2.7m³/s)8(3.6m³/s)としこれ以上の流量は直接放流されるものとした。⑥滞水池に流入した雨水は完全にカットされるものとし、満杯となった後は直接放流されるものとし、滞水池の1次処理効果は考えていない。⑦滞水池の容量は10万m³までとした。⑧処理場での1次処理の除去率は1律30%とした。こうして得られた削減効果を図6-7に示す。希釈倍率の引き上げは1次処理放流量の増大を招き、1次処理をも含めると4倍～8倍での削減効果は6t(6%)と少ない。一方滞水池の効果は、容量が1万m³で7t(7%)とその効果を発揮するには、上記の仮定からはかなり大規模の容量を必要とすることが判明した。

表-3 広島市A排水区における雨天時流出汚濁源

発生源＼項目		COD 発生負荷(t)	COD 割合(%)	T-N 発生負荷(t)	T-N 割合(%)	単位面積当りの負荷量 COD (t/km²)	単位面積当りの負荷量 T-N (t/km²)
1) 晴天時負荷(汚)		1.24	17.3	0.38		0.35	0.11
2) 管きょ内堆積物		4.0	55.8	0.35		1.13	0.10
3) 降雨負荷		—		—		—	—
4) 下水道関連環境負荷	①路面	0.397	5.5	0.041		0.11	0.01
	②屋根	0.959	13.4	0.109		0.27	0.03
	③裸地(浸透域)						
	④雨水ます	0.570	8.0			0.16	
	⑤汚水ます	—		—		—	—

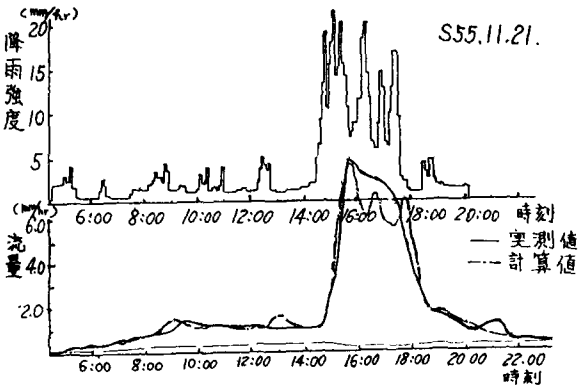

図-4 修正RRL法による計算結果

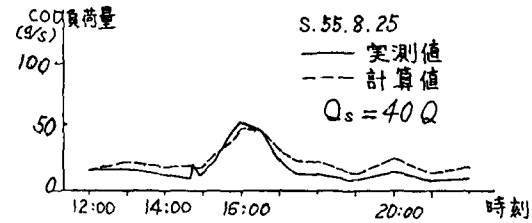

図-5 運動モデルによる結果

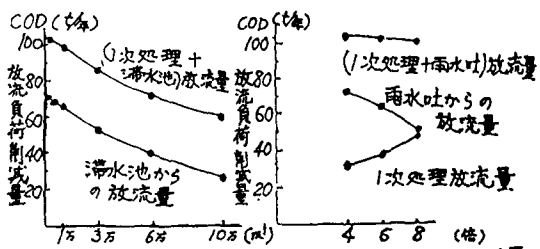

図-7 滞水池の効果　図-6 希釈倍率の引き上げ効果

4. おわりに

今回は雨天時の汚濁流出に影響を及ぼす因子について実測に調査を行うことにより検討したが、CODでは下水管路が大きく寄与することが明らかになった。今後は下水管路の清掃という観点から、さらに詳細に検討を行う必要があろう。次にシミュレーションによる滞水池の効果については i)汚濁負荷流出の予測モデルの精度をさらに上げる ii) first flush 分の流出負荷削減効果を求める。iii)滞水池に処理効果をもたせる、こと等が今後さらに検討する課題として残されている。

文献 1)建設省土木研究所、都市域からの降雨流出調査報告書、土木研究所資料第1018号, S50.3