

(株) 日水コン 酒井彰、平井真砂郎、張昇平、○川口智哉

1. はじめに

雨水ならびに汚水を対象とした都市下水排除方式としては合流式と分流式がある。これら2つの排除方式について、水質汚濁上の主な問題点を整理すると、合流式については、一定の降雨量を超える雨天時には雨水吐室などから下水の一部が未処理で公共用水域へ排出されるなど雨天時越流の問題がある。一方で、分流式については、ノンポイントソースへの対応性をもたないといった問題がある。このように、いずれの排除方式も水質保全上、万全であるとは言えない。

本稿では、合流式、分流式の汚濁負荷制御面での特性を踏まえたうえで、これら既存の排除方式の改善の方向性を示す。また、新たな排除システムの提案を含め、複数の排除システム代替案を提示し、これらに対する汚濁負荷制御上の特性をノンポイントソースへの対応性および処理の効率化といった観点から評価する。今回対象とする水質指標としては、閉鎖性水域である湖沼、海域の水質環境基準となっているCODとした。

2. 新たな都市下水排除システムの提案

雨天時に発生する汚濁負荷を制御するうえで、都市下水排除システムに求められる機能は、大きく次の3つの内容に分類される。

①汚濁負荷発生源対策 ②雨水排除機能に伴う雨天時負荷の収集 ③雨天時負荷の処理

表-1は、既存の排除方式の問題点をこれら3つの機能に対して整理したものである。これらの対策を各排除方式からみると、分流式においては、理想の状態あるいは、本来の機能への接近を図ることに加えて、処理対象となっていない分流雨水を処理対象として負荷削減を図ることと言える。一方、

表-1 既存の都市下水排除方式の問題点

排除方式	機能	問題点	対策
分流式	①発生源対策 ②排除システムの機能向上 ③雨天時負荷の処理	●点源負荷の雨水系への混入 ●雨水の汚水系への侵入 ●分流雨水の未処理放流 ●雨水の流入による処理機能の低下	●点源負荷の混入抑制 ●雨水侵入の抑制 ●分流雨水の処理 ●雨天時流入状況に対応した処理場の設計・管理
合流式	①発生源対策 ②排除システムの機能向上 ③雨天時負荷の処理	●雨天時越流 ●簡易処理、未処理放流される負荷量の存在	●雨水流出抑制 ●遅延能力の増強 ●処理対象の拡大、処理レベルの向上 ・一時貯留/貯留水の処理 ・越流水の直接処理

合流式については、多くの都市において一時貯留とその貯留水の処理を導入している実績がある。しかしながら、表-1に挙げた対策においても次のような課題が挙げられる。

①路面負荷に代表されるノンポイントソースの効率的な収集 ②濃度を分離することによる処理の効率化

このため、上記の課題に対応するために、図-1に示すような新たな都市下水排除システムを提案する。この排除システムを点源負荷を収集する側の汚水系からみると、合流式については屋根排水を分離したことになり、分流式については路面排水を取り込んだことになる。これを提案する理由は、次のとおりである。

①不浸透域への面源負荷の堆積の程度は、路面と屋根では前者が後者に比して1オーダー高いと言われており、路面排水を汚水系に取り込むことで、高い処理効率が期待できる。

②汚水系の流量が低減することにより、合流式においてみられるような雨天時越流の問題は小さくなる。

③雨水系は低濃度となるため、分流式に比べて雨水利用等を意図した場合有利となることが考えられる。

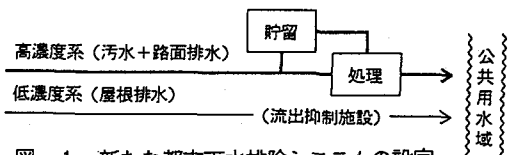


図-1 新たな都市下水排除システムの設定

3. 排除方式による雨天時負荷流出特性の相違

3. 1 シミュレーション条件の設定

モデル排水区としては、表-2に示すような諸元を有する排水区を対象にして以下の検討を行った。ただし、本稿で提案した新たな都市下水排除システム（以下、新排除システム）の検討においては、ノンポイントソースに関するパラメータである面源初期堆積負荷 P_{S0} ならびに面源負荷供給速度 a は、表-3に示すようにパラメータを設定

表-2 シミュレーション条件一覧

項目	数値
排水区面積	100.0 ha
不透透面積率	0.7
汚水量原単位	63.0 $m^3/ha/day$
負荷量原単位	5.4 $kg/ha/day$
管内負荷流出係数 K_p	0.15 分流雨水管
管内負荷流出係数 K_p	0.23 合流管
面源初期堆積負荷 P_{S0}	1.0 kg/ha
面源負荷供給速度 a	0.2 $kg/ha/day$
高級処理水質 $C > 50mg/l$	$C \times 0.2$
C は流入水質 $10 < C \leq 50mg/l$	10.0
$C < 10mg/l$	C
簡易処理水質 $C > 50mg/l$	$C \times 0.7$
C は流入水質 $35 < C \leq 50mg/l$	35.0
$C < 35mg/l$	C

表-3 面源負荷に関するパラメータの設定

場所	パラメータ
浸透面積率 0.3	面源負荷流出なし
道路以外の 不透透面積率 0.58	$P_{S0}/10, a/10$
道路面積率 0.12	P_{S0}, a

注) パラメータの算定は、道路面積率を a と
して次式により求める。

1) $P_{S0} = P_{S0} \cdot a + P_{S0} / 10 \cdot (1 - a) = 1$

2) $a = a \cdot a + a / 10 \cdot (1 - a) = 0.2$

した。シミュレーションは、都市域におけるノンポイントソース等の堆積の挙動を考慮したモデル¹⁾を用い、年間降雨データより流出に関わる部分を抽出（降雨時間は584時間）して年間365日を連続して行った。

3. 2 流出負荷量の構成

表-4は、分流式、合流式、新排除システムそれぞれの年間流出負荷量の発生源の構成を示したものである。ここでは、各排除システムが、本来の機能を保持しているものとして検討した。既存の排除方式のうち、合流管の特性としては、晴天時に管内に堆積する負荷量が大きいため、年間発生負荷量に占める雨天時に流出する負荷量の割合が、分流式に比べて8%程度大きくくなっている。このため、雨天時発生負荷に対して何らかの対策がなされない場合、合流式下水道が水質保全上問題であることがうかがえる。また、分流式については、降雨負荷ならびに面源負荷といったノンポイントソースに起因する流出負荷量は、約3%強となっている結果が得られた。一方、新排除システムにおけるノンポイントソース起因の流出負荷量は、屋根排水を主体とする低濃度系と点源負荷と路面排水を排除する高濃度系からは、それぞれほぼ同じ量が流出しているが、このうち、路面負荷等の面源負荷については、高濃度系からの流出が低濃度系の約2倍となっていることがわかる。

表-4 発生負荷量の内訳

(t/年)

排除システム	発生源	雨天時	晴天時	年間
分流式	分流雨水管	降雨負荷 3.26 面源堆積 3.22 DWL 0.00 管内堆積 0.00	0.00	3.26 3.22 0.00 0.00
	合計	13.14	183.96	197.10
	雨天時と晴天時の内訳	9.6 %	90.4 %	100.0 %
合流式	合流管	降雨負荷 3.26 面源堆積 3.22 DWL 13.14 管内堆積 16.49	167.48	3.26 3.22 180.62 16.49
	合計	36.10	167.48	203.58
	雨天時と晴天時の内訳	17.7 %	82.3 %	100.0 %
新排除システム	低濃度系	降雨負荷 2.70 面源堆積 1.05 DWL 0.00 管内堆積 0.00	0.00	2.70 1.05 0.00 0.00
	高濃度系	降雨負荷 0.56 面源堆積 2.17 DWL 13.14 管内堆積 7.80	176.16	0.56 2.17 189.30 7.80
	合計	27.4	176.16	203.58
	雨天時と晴天時の内訳	13.5 %	86.5 %	100.0 %

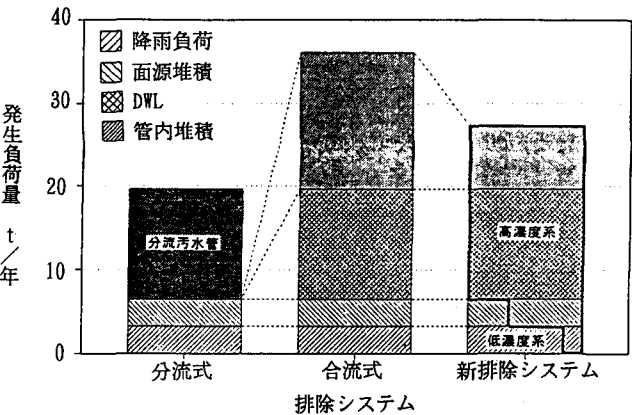


図-2 雨天時流出負荷量の発生源内訳

図-2は、雨天時流出負荷量の発生源内訳について示したものであり、新排除システムにおける雨天時の管内堆積の流出負荷量は、合流式に比べて約10t程度小さくなっており、初期雨水による管内堆積負荷のフラッシュは小さくなっていることがわかる。

3. 3 公共用水域へ排出される年間負荷量

表-5は、排除方式の相

表-5 排除方式の相違による年間総放流負荷量の比較

違による年間総放流負荷量の比較結果を示したものである。合流式、新排除システムにおいては、排水区あたり2mmの規模の貯留施設を設け、貯留水は降雨終了後に全量高級処理されるものとして検討した。

合流式については、ノンポイントソースの一部が処

排除システム		雨天時		ノンポイント		晴天時		年間		
		発生	放流	発生	放流	発生	放流	発生	放流	放流 構成比
分流式	雨水管	6.48	6.48	6.48	6.48	0.00	0.00	6.48	6.48	14.1 %
	汚水管 高級処理	13.14	2.63			183.96	36.79	197.10	39.42	85.9 %
	合計	19.62	9.11	6.48	6.48	183.96	36.79	203.58	45.90	100.0 %
	除去率 (%)		53.6		0.0		80.0		77.5	
合流式	合流管 高級処理	8.47	2.54	1.09	0.41	167.48	33.50	175.95	36.04	68.6 %
	簡易処理	6.36	5.63	1.28	1.16			6.36	5.63	10.7 %
	貯留施設 貯留	12.99	2.62	1.49	0.30			12.99	2.62	5.0 %
	2 (mm) 直接放流	8.28	8.28	2.63	2.63			8.28	8.28	15.8 %
	合計	36.10	19.07	6.48	4.50	167.48	33.50	203.58	52.56	100.0 %
	除去率 (%)		47.2		30.6		80.0		74.2	
新排除システム	低濃度系	3.75	3.75	3.75	3.75	0.00	0.00	3.75	3.75	8.3 %
	高濃度系 高級処理	15.47	3.25	1.65	0.35	176.16	35.23	191.63	38.48	85.4 %
	簡易処理	1.39	1.13	0.11	0.10			1.39	1.13	2.5 %
	貯留施設 貯留	6.40	1.28	0.91	0.18			6.40	1.28	2.8 %
	2 (mm) 直接放流	0.41	0.41	0.06	0.06			0.41	0.41	0.9 %
	合計	27.42	9.82	6.48	4.43	176.16	35.23	203.58	45.05	100.0 %
	除去率 (%)		64.2		31.6		80.0		77.9	

理可能であることが挙げられ、ここでは、雨天時においてノンポイントソースの約40%が高級処理対象となり、そのうちの70%以上が除去されている結果となっている。しかしながら、年間除去率については、ノンポイントソースが点源負荷に比べてかなり小さいため、分流式よりは小さくなっている。

一方で、新排除システムの場合、雨天時におけるノンポイントソースの除去率は合流式と同程度である。雨水系からの排水水質は約4mg/l、分流雨水管の約6mg/lであることから、分流式に比べてノンポイントソースへの対応性はやや優れていることがわかる。また、年間除去率については、既存の排除システムより上回っている結果が得られた。これを雨天時発生負荷の除去率から考察すると、ノンポイントソースのうち路面排水を処理対象としたことと、路面排水とそれ以外の不浸透面流出分を分離したことで、直接放流が減少して貯留施設の導入効果が顕著に表れるなど、処理効率が非常に高くなったためである。高級処理対象となる平均水質については約70mg/lであり、合流式が約40mg/lであることから、これからも処理効率が高くなっている結果がうかがえる。

図-3は、貯留施設の規模の変化による各排除方式の年間総放流負荷量を示したものであり、新排除システムは、既存の排除方式に比べてより高度な負荷削減が可能であることがわかる。

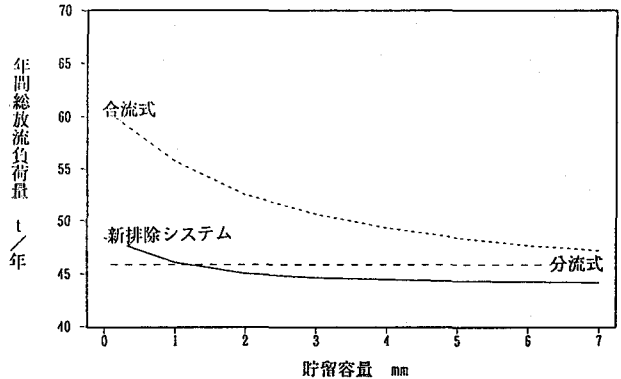


図-3 貯留施設の規模による年間総放流負荷量の変化

図-3は、貯留施設の規模の変化による各排除方式の年間総放流負荷量を示したものであり、新排除システムは、既存の排除方式に比べてより高度な負荷削減が可能であることがわかる。

図-3は、貯留施設の規模の変化による各排除方式の年間総放流負荷量を示したものであり、新排除システムは、既存の排除方式に比べてより高度な負荷削減が可能であることがわかる。

4. おわりに

本稿では、既存の都市下水排除方式の特性を踏まえたうえで、新たな都市下水排除システムを提案し、汚濁負荷制御上の特性を評価した。ここで得られた主要な結果を以下に要約する。

- ① ノンポイントソースのうち、高濃度の路面排水を汚水系へ取り込んでいることなど、処理対象を拡大することによって、処理効率が合流式に比べて向上することが明らかとなった。
- ② 初期雨水による管内堆積負荷のフラッシュは、合流式に比べてかなり小さくなることが明らかとなった。
- ③ ノンポイントソースへの対応性については、分流式に比べて優れていることが示された。

今後は、ノンポイントソースに関する負荷ポテンシャルの地域特性との関連を把握し、これをモデルパラメータへ反映すること等が課題として挙げられる。

<参考文献>

- 1) 酒井彰・平井真砂郎・張昇平、都市雨水排除系からの汚濁負荷流出特性、環境工学研究論文集、Vol. 30、1993