

(11) 都市雨水排除系からの汚濁負荷流出特性

A STUDY ON CHARACTERISTICS POLLUTANTS LOAD RUNOFF FROM URBAN DRAINAGE SYSTEMS

酒井 彰*, 平井 真砂郎*, 張 昇平*

Akira SAKAI*, Masaro HIRAI*, Sheng Ping ZHANG*

ABSTRACT: It has been recognized that nonpoint source is an important element to improve water quality conditions. To discuss the comprehensive management policy of water pollution control including nonpoint source, it is needed to quantify nonpoint source and understand its runoff mechanisms.

In this study, we shall construct a model including restoring and runoff processes of point and nonpoint sources, and apply it to analyze differences of pollutants load behaviors between combined and separated sewer systems for wet weather and dry weather.

KEYWORDS: nonpoint sources, urban drainage system, water pollution control, pollutants runoff model

1. はじめに

公共用水域の水質保全に対する要請は、目標水質レベルの向上、水利用面からの制御対象水質の多様化など高度化していく方向にある。これに対応して、下水道をはじめとする水質制御系が、従来からの点源負荷に起因する有機性汚濁の対策を実施していくのみでは、十分な効果を発揮し得ない水域は広がりつつある。

このような水質保全要請にこたえていくための水質管理の方向としては、①処理の高度化、②制御対象汚濁源の拡大、③対象水質項目の拡大、④利水面に対する安全度の確保が求められてこよう。

上記②あるいは④に対応して、ノンポイントソースの雨天時流出は、公共用水域の水質保全にとって無視できないものとされ、その制御の必要性が議論されている。ノンポイントソースの流出に関しては、いくつかの都市で分流雨水の負荷量調査が行われているものの、点源負荷対策と比べたときの制御の重要性を明確にするには至っていない。これは、雨天時に分流雨水系を通して流出する汚濁源として、本来汚水系を通じて排除されるべき点源負荷の一部が混入しており、その状況が調査地区によってまちまちであること、降雨そのものの負荷量も無視し得ないことから、路面等に堆積したノンポイントソースの流出量を分離してとらえていないことが大きな要因のひとつと考えられる。すなわち、汚濁負荷流出に関する背景情報が十分得られておらず、汚濁負荷流出現象の解析が不十分であると言うことができる。

一方で降雨は都市にとっては貴重な自己水源でもある。したがって、ノンポイントソースの雨天時流出を明らかにすることは、雨水利用の可能性、雨水利用のための処理のあり方を検討する基礎資料を得ることになる。このように今後の都市雨水の管理は、従来の単に排除するという観点だけでなく、都市水循環の一環として捉え、環境保全、利水の面をも考慮していくことが求められていると言える。

こうした観点に立った都市雨水管理体系を確立していくためには、雨天時に流出するノンポイントソースの定量化、降雨流出に伴う流出負荷特性の把握、ノンポイントソースの制御方法の検討が必要になる。

本論では、下水道が雨水排水を管理している都市域を対象に、雨天時に流出する汚濁負荷とその晴天時を

* 株式会社 日水コン (NIHON SUIDO CONSULTANTS CO., LTD.)

含めた挙動を考察したうえで、都市雨水管理体系の確立のために既往の汚濁負荷流出モデルの再構成を図った。さらに、こうした意図のもとに構成されたモデルを適用することにより、既往の都市雨水排除方式である分流式、合流式の汚濁負荷流出特性の相違について考察する。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. 都市域における汚濁負荷の挙動

下水道は、都市の安全、衛生面の維持のために雨水と汚水を排除する機能を有するものであり、この働きにより、汚濁負荷の排除も併せて行われる。Fig. 1は、都市域の汚濁負荷制御を考えるうえでのノンポイントソースの位置付けを明確にするために、都市における汚濁負荷制御系を含めた物質循環を示したものである。同図から、都市下水の排除に伴う公共用水域へのインパクトは、汚濁負荷源の種類、排除方式、処理システムにより異なることがわかる。

Table1は、雨天時に流出する汚濁負荷源の種類をまとめたものであり、それぞれの汚濁負荷

源の晴天時の挙動を整理している。Table1から、1. で述べた目的に沿った雨天時汚濁負荷流出モデルの再構成を行うにあたっての基本的概念を整理すると以下の項目を指摘することができる。

Table1 Kinds of pollutants and these behavior during dry weather

pollutants sources	type of sewer system	
	storm sewer/ urban drainage waterway	combined sewer system
・ nonpoint source rain sediment air pollution traffic scattered garbage left garbage	・ dust and aerosol in air ・ sediment on road surface and roof ・ decreasing by sweeping	
・ point source→sediment in sewerage systems	・ defectiveness of urban drainage system such as: --miss connection, un-connection --point source inflow to storm sewer ・ during dry weather a part of pollutants are sedimented. ・ sweeping makes pipe sediments decrease.	・ sedimenting goes on rapidly, and at last gets stationary.

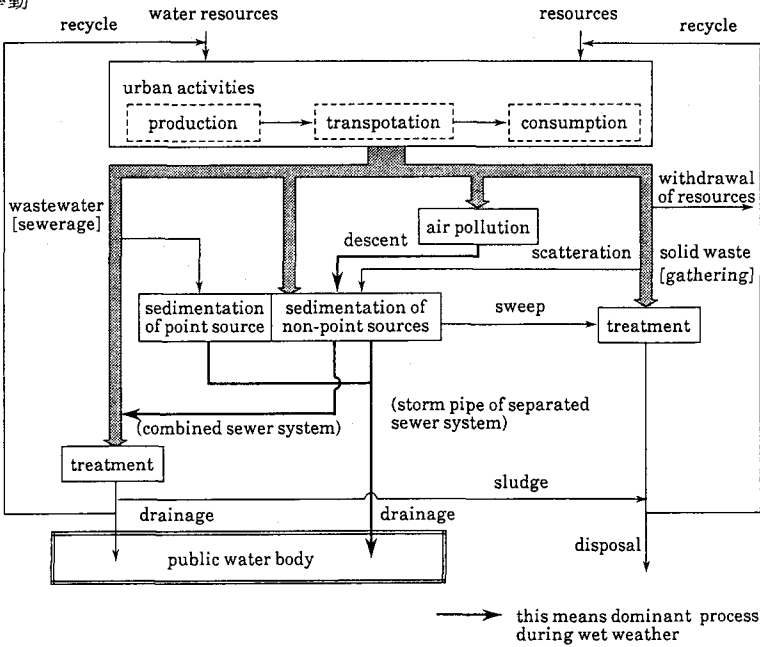


Fig. 1 Material cycle concerning pollutants load in urban area

- ①面源堆積負荷量及び下水道施設内に堆積している負荷に起因する負荷流出は、先行降雨からの汚濁負荷の貯留・堆積挙動に支配されるものであり、この現象をモデルに組込む必要がある。
- ②分流雨水管であっても多くの場合、晴天時に流下負荷量を有しており、基本的なモデル構造は合流管と同様と考えられる。
- ③①で述べた貯留・堆積過程と雨天時の負荷流出とは、基本的に連続した現象としてとらえることができる。
- ④考えられる汚濁負荷制御手法の負荷削減効果を予測するためには、汚濁負荷源、堆積箇所に応じた挙動特性を考慮する必要がある。

合流管、分流雨水管とも基本的に同一のモデル構造をとることになるため、排水区特性、排除施設の特性は、モデルパラメータにより反映させることになる。

3. 汚濁負荷流出モデル

3-1 モデルの構成

2. で述べたモデル化の視点から、雨天時汚濁負荷流出現象を以下のように定式化した。これらは、合流管ならびに分流雨水管に適用されるものである。

(面源堆積負荷量の貯留・堆積：晴天時)

面源堆積負荷量は、晴天時において堆積が進行するとともに、(2)式に示すように一部は路面清掃、風による散乱によって、一定の比速度で減少するものと考えた¹⁾。また、面源堆積負荷量は直接流出の対象となる不透水面での堆積を考慮するものとした。

$$A \cdot \text{Imp} \cdot \frac{dPs}{dt} = a \cdot A \cdot \text{Imp} - Lsd \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$Lsd = Ksd \cdot Ps \cdot A \cdot \text{Imp} \quad \text{-----} \quad (2)$$

(面源堆積負荷量の流出：雨天時)

面源堆積負荷量の堆積は晴天時同様進むものと考えられるが、流出負荷量は(4)式のように現存量ならびに有効降雨強度に依存して流出し²⁾、分流雨水管あるいは合流管に流入するものとした。(3)(4)式における $Cr \cdot Qr$ は、降雨が一定の水質濃度を有するものとしたものである。

$$A \cdot \text{Imp} \cdot \frac{dPs}{dt} = a \cdot A \cdot \text{Imp} - (Ls - Cr \cdot Qr) \quad \text{-----} \quad (3)$$

$$Ls = (1/360) \cdot (Ks/10) \cdot Ps \cdot (Rh - Rc) \cdot A \cdot \text{Imp} + Cr \cdot Qr \quad \text{-----} \quad (4)$$

(管渠内の汚濁負荷の流出：晴天時、雨天時共通)

管内堆積負荷量の収支を(5)式に示すが、その変化量は晴天時、雨天時ともに晴天時排出負荷量(DWL)と管内流下負荷量(Lp)によって決定され、さらに雨天時の場合は流出した面源堆積負荷量を取り込むことになる。雨天時負荷流出は、(6)式に示すように管内堆積負荷量及び(7)式に示す雨水流出量と晴天時流量(DWF)を合わせた比流量に依存するものとした。流量に関する項が二つあるのは、汚濁負荷流出に係わる限界流量が存在するという考え方にも対応した一般式として記述したためである。

(5)(6)式から、晴天時分流雨水管においては点源排出負荷の一部のみが流出し、非流出分の堆積が進行していく。このため、晴天時期間が長いと雨天時流出負荷量は大きくなる。さらに、(5)～(8)式によれば、分流雨水管晴天時水質は、点源負荷の一部混入によるDWLの大きさ、先行の降雨からの経過時間に依存する管内堆積負荷量及び地下水流入量を含めたDWFにより規定されることになる。

$$A \cdot \frac{dP}{dt} = DWL + Ls - (Lp - Cr \cdot Qr) \quad \text{-----} \quad (5)$$

$$Lp = Kp \cdot P^m \cdot (Q/A)^{p1} \cdot \{ (Q - Qc) / A \}^{p2} \cdot A + Cr \cdot Qr \quad \text{-----} \quad (6)$$

$$Q = Qr + DWF \quad \text{-----} \quad (7)$$

$$C = Lp / Q \quad \text{-----} \quad (8)$$

ここで、 P_s : 面源堆積負荷量の堆積量[kg/ha], a : 面源堆積負荷量の供給速度[kg/sec/ha],
 L_{sd} : 晴天時における面源堆積負荷量の減少(清掃、飛散、分解等による)[kg/sec],
 L_s : 雨天時の面源堆積負荷量の流出量[kg/sec],
 K_s : 面源堆積負荷量の流出係数[mm⁻¹], K_{sd} : 面源堆積負荷量の減少係数[1/sec],
 R_h : 降雨流出強度[mm/hr], R_c : 面源堆積負荷量流出限界降雨強度[mm/hr],
 A : 排水区面積[ha], I_{mp} : 不浸透係数[-], P : 管渠内堆積負荷量[kg/ha],
 DWF : 晴天時流量[m³/sec], DWL : 晴天時排出負荷量[kg/sec], L_p : 管渠流下負荷量[kg/sec],
 K_p : 汚濁負荷流出係数, Q : 流量[m³/sec], Q_r : 降雨流出量[m³/sec],
 Q_c : 限界流量[m³/sec], m, p_1, p_2 : 係数, C : 流出水質[mg/l], C_r : 降雨水質[mg/l]

である。

3-2 モデルパラメータの検討

(1) 面源堆積負荷量の流出

面源堆積負荷の流出に関しては、(4)式に示すように流出負荷量が残存負荷量 P_s と流量に1次の関係で比例するとされており²⁾、負荷流出係数 K_s は、1mmの有効降雨があったときの残存負荷量に対する流出負荷量の割合を表すものである。ここでは、平均的な路面堆積負荷量時の初期流出濃度、人工降雨を用いた既往調査例における解析結果³⁾から $K_s=0.2\text{mm}^{-1}$ とした。また、ごく小降雨時には面源堆積負荷の流出は、小さいと言われていることから $R_c=0.5\text{mm/hr}$ とした。

(2) 分流雨水管、合流管における流量-負荷量関係

Fig. 2, 3に分流雨水管、合流管における流量-負荷量関係を示す。これらの図から、分流雨水管、合流管の間で雨天時流出負荷量の流量変化に対する依存関係は大きく変わらないものとみることができる。また、小流量時であっても一定の関係とみなすことができ、汚濁負荷の管内流下に係わる限界流量 Q_c は見込まなくとも良いと判断できる。したがって、分流雨水管、合流管共通に $p_1=1.3$, $p_2=0$ と設定した。

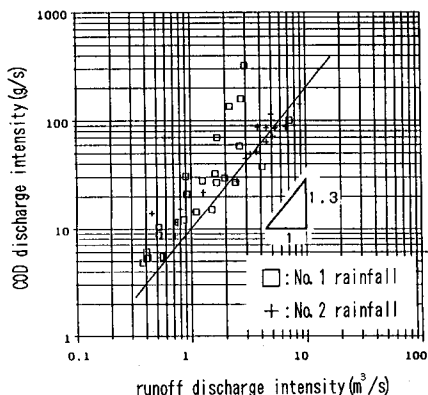


Fig. 2 COD pollutants runoff characteristics (storm sewer)

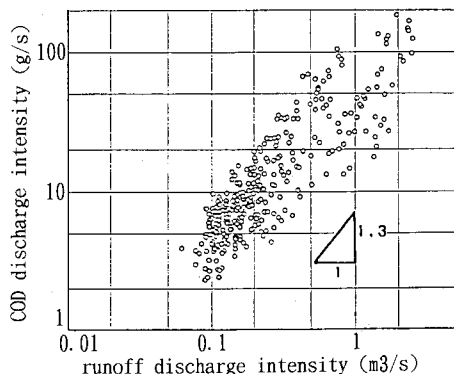


Fig. 3 COD pollutants runoff characteristics (combined sewer)³⁾

管内残存負荷量 P に係わる係数 m については、(5)(6)式(ただし、降雨負荷の項、 DWL 、 L_s は含まない)において $m=1$ とした積分式

$$P/P_0 = \exp(-K_p \cdot A^{-p_1} \cdot \int Q^{p_1} dt) \quad \text{-----} \quad (9)$$

ここで、 P_0 は初期管内残存負荷量 [g/ha]

に対して、合流管内フラッシュ実験におけるCODの結果がフィットしている³⁾ことから、(4)式の面源堆積負荷の流出と同様 $m=1$ と設定する。

管内負荷流出係数 K_p は、排水区特性、下水管の特性を反映した係数と考えることができる。分流雨水管、合流管について、実測結果との適合性ならびに Table 1 に示した晴天時の負荷堆積挙動から以下の事項を配慮して決定する必要がある。

分流雨水管：晴天時水質濃度、

汚濁負荷堆積の堆積挙動（面源堆積負荷との対比）

合流管：降雨による管内堆積負荷流出後数日以内に定常状態に回復、その負荷量は D WL の 1/2 日分程度であるという報告がある。⁴⁾

Fig. 4 は、排水面積 210ha、不浸透面積率 0.51 の大都市郊外の住宅地を中心とした排水区における総降雨量 35mm の降雨時の分流雨水管流出負荷量を対象として、上記のパラメータ設定方針に基づいたモデル検証例である。ここでは、(1) に述べたように面源負荷流出限界降雨強度を 0.5mm/hr と設定することにより、小降雨時でも負荷流出がみられることが再現できた。なお、本計算では計算時間間隔を 5 分とし、雨水流出計算は修正 RRL 法によった。

(3) モデルの適用

モデル排水区として、Table 2 の諸元を有する排水区を Fig. 4 Comparison of observation and calculation of COD pollutants runoff (storm sewer) 対象に晴天時の堆積負荷挙動（分流雨水管、合流管）及

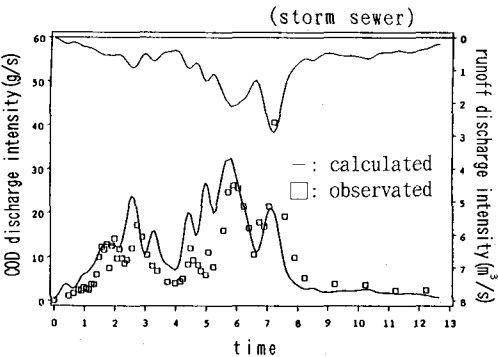


Table 2 Inputs and model parameters

	Parameters	Value
Drainage basin conditions	drainage basin area(ha)	100
	impermeable area ratio	0.7
	population density(persons par ha)	180
	specific wastewater amount(1/day/person)	350
	specific COD pollutant amount(1/day/person)	30
	inflow ratio of point source to storm sewer(%)	0.025
	DWF(storm sewer)(m/s)	0.010
	(combined sewer)(m/s)	0.083
	DWL(storm sewer)(m/s)	0.16
	(combined sewer)(m/s)	6.25
Parameters of nonpoint source runoff model	supply rate of nonpoint source(kg/ha/day)	0.2
	decrease rate of nonpoint source(1/day)	0.1
	rainfall COD concentration(COD mg/l)	3.0
	initisl rainfall loss(mm)	2.0
Parameters of sediment runoff model	critical rainfall intensity of nonpoint source runoff(mm/hr)	0.5
	non-point source runoff coefficient(1/mm)	0.2
	pollutant discharge coefficient(1/mm) (storm sewer)	0.25
	(combined sewer)	0.23
Concentration of treatment ellulent	dimension of sediment	1.0
	dimension of specific discharge	1.3
	COD concentration of secondary treatment ettluent(mg/l)	C>50mg/l 10(C<=50mg/l C:inflow concentration) C<10mg/l
		C*0.2 10 C
	COD concentration of primary treatment ellulent(mg/l)	C>50mg/l 35(C<=50mg/l C:inflow concentration) C<35mg/l
		C*0.7 35 C

び分流雨水管における小降雨時の負荷流出シミュレーションを行った。Table 2 の条件は、比較的過密な都市域を対象に分流式、合流式で整備されると想定したものである。

Table 2 のなかの降雨流出量に係わる初期損失及び降雨水質は、既往調査例^{5) 6)}を参考に設定したものである。分流雨水管への点源負荷の混入率は多くの要素に関連するが、ここでは下水道整備された規制市街地における下水道非接続率として設定した。面源負荷供給速度 $[a]$ は、Fig. 4 の観測地点における観測降雨の先行降雨との時間間隔、実測地点の雨天時流出負荷量等から設定したものであり、面源負荷の晴天時減少比速度 $[Kd]$ は、概ね10日に1回程度道路面を清掃するとしその他の堆積負荷量の減衰は見込まないと想定したものである。 a や Kd の値は基本的に対象地区の特性を反映すべき条件と考えられるものである。

晴天時シミュレーションを行い、晴天期間中に面源堆積負荷量、分流雨水管、合流管に堆積する負荷量の経時変化を求めた結果をFig. 5 に示す。分流雨水管については、数段階の負荷流出係数 $[Kp]$ を設定し、その変化による堆積負荷量の挙動の相違を併せて示した。Fig. 5 に示すように、 Kp を大きくとることによって堆積負荷の回復は遅れる。このことは晴天時負荷流出率が大きいことを示すものであり、晴天時濃度は早期に上昇することになり、堆積負荷量はより早く平衡値に達する。すなわち、負荷堆積パターンは、合流管のパターンに近くなる。

Fig. 6 は、小降雨 (2 mm/hr) 時にこの分流雨水管から流出する負荷量、水質ならびに堆積負荷量の変化をシミュレートした結果を示すものである。ここでは、Fig. 5 の晴天時堆積負荷挙動で、 $Kp=0.25$ の条件下で7日間経過した状態を初期条件とした。この結果、小降雨時にあっても降雨初期の分流雨水管流出水濃度は、約40mg/l程度となり、比較的高濃度になることと推定された。

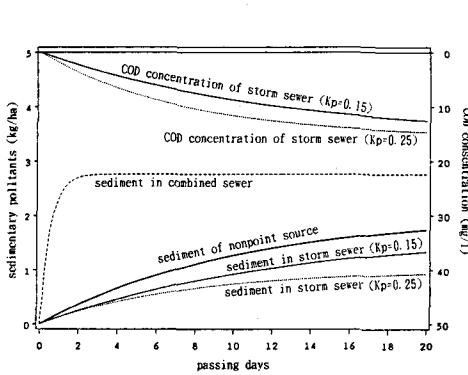


Fig. 5 Simulatin during dry Weather

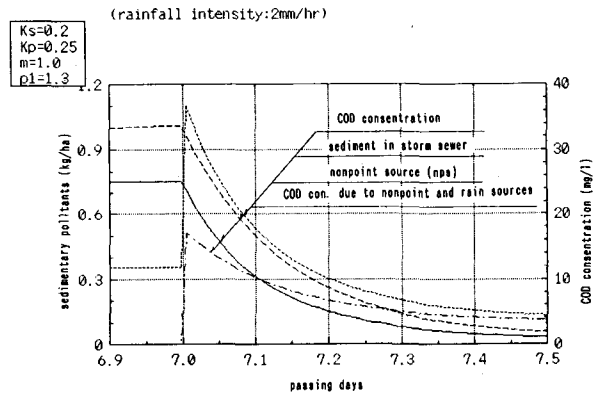


Fig. 6 Simulatin of small rain duration (storm sewer)

Fig. 7, 8 は、分流雨水管、合流管における実降雨に対してのシミュレーション結果例であり、流出負荷量の内訳等を示したものである。このケースでは、初期の降雨強度が小さく、分流雨水管、合流管ともに初めの流量ピークに対するフラッシュは顕著でないが、分流雨水管においても合流式下水道の越流水として水質的に問題となるような水質濃度となる時間帯がある。

合流管では、ピークの流出負荷量は、分流雨水管のほぼ2倍程度であり、降雨初期には管内堆積分を含めて点源負荷が流出負荷量の大部分を占める。また、降雨後半においても管内堆積負荷量が残存するため、負荷流出のピークが見られる。

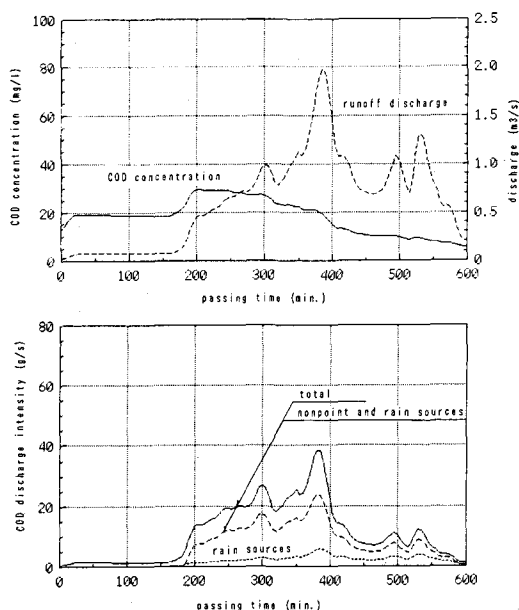


Fig. 7 Simulatin during wet weather (storm sewer)

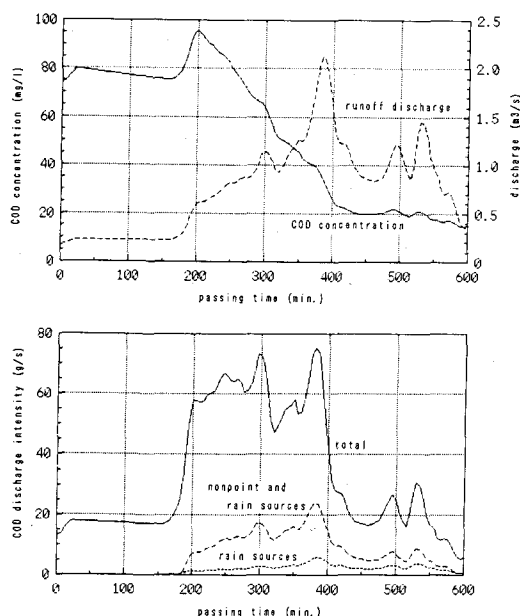


Fig. 8 Simulatin during wet weather (combined sewer)

4. 排除方式による雨天時負荷流出特性の相違

4-1 流出負荷量の構成

ここでは、3-1, 2で構成ならびにパラメータの検討を行ったモデルを用い年間シミュレーションを行った。年間降雨は、A気象台の降雨データを用い365日を連続してシミュレーションの対象とした。晴天期間については、(1)~(8)式を解析的に解き、各降雨開始時の面源及び管内の堆積負荷量の値を得、雨天時には計算時間ステップは1時間とした。対象域は、Table2に示すものである。

Table3は、分流式、合流式それぞれでの年間流出負荷量の発生源構成を示すものである。合流管の特性として、晴天時に管内に堆積する負荷量が大きいため、年間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5%程度大きくなっており、雨天時発生負荷に対しての対策の採られていない合流式下水道システムが水質保全上問題を持つことをうかがうことができる。なお、ここで、雨天時とは降雨時間から初期損失の時間帯を除いた雨水流出のみられる時間を指しており、年間で584時間である。今回、着目してきた面源堆積負荷、降雨負荷によるノンポイントソースに起因する流出負荷量は、3%強という結果であった。

Table3 Composition of annual COD pollutants runoff

				(CODt/year)	
storm sewer	rain source	3.26	14.5%	3.26	1.6%
	nonpoint source	3.22	14.3%	3.22	1.6%
	DWL	0.33	1.5%	1.73	1.0%
	sediment in sewer	2.87	12.8%	2.87	1.4%
	total	9.68	43.0%	11.41	5.6%
sanitary sewer		12.81	57.0%	179.36	94.4%
separated sewer system total		22.49	100.0%	181.09	203.58 100.0%
		11.0%		89.0%	
combined sewer system	rain source	3.26	9.7%	3.26	1.6%
	nonpoint source	3.22	9.6%	3.22	1.6%
	DWL	13.14	39.2%	170.09	90.0%
	sediment in sewer	13.87	41.4%	-	13.87 6.8%
	total	33.49	100.0%	170.09	203.58 100.0%
		16.5%		83.5%	100.0%

Fig. 9 は、雨天時流出負荷量の負荷源内訳を示すものであるが、分流式では雨天時流出負荷量の40%強が雨水管から流出しており、分流雨水管の流出負荷量は、ノンポイントソース起因の負荷が2/3、点源負荷に起因する管内堆積分が1/3を占めている。

4-2 公共用水域へ排出される年間負荷量

Table4 は、排除方式の相違による年間放流負荷量の比較を行ったものである。合流式においては、50m³/haの規模の貯留池を設け、貯留水は降雨終了後高級処理されるものとした。ここでは、降雨間隔に関わらず貯留水は全量処理できるものとした。高級処理、簡易処理の除去率は、Table2 に併せて示したように発生濃度に応じて設定した。

合流式の特徴として、ノンポイントソースの一部が、収集、処理可能であることがあげられるが、Table4 でみれば、ノンポイントソースの60% ((1.21+2.73)/6.48) が高級処理され、40%以上の除去がなされた結果となっている。雨天時放流負荷量の分流式との差異 (2.08 t) が、ノンポイントソースの除去 (2.91 t) によりカバーされることになり、その結果、合流式の年間除去率は分流式を上回る結果となっている。

一方、分流式においては一部点源負荷の混入を含め雨水管からの放流負荷量が、年間ベースの放流負荷量に占める割合は20%を越えており、このうち、点源負荷の一部混入分は晴天時を含め4.93t/年、総放流負荷量の10%を占めており、点源負荷の一部混入の問題は、雨天時のみの問題ではなく、年間総負荷量の削減率に対する影響も小さくないことがわかる。また、雨水管流出負荷量が、一般の下水道システムにおいて処理対象となっていない点は、より高度な負荷削減を求めていく上においては注目する必要がある。

Table4 Comparison of annual discharged COD load between separated and combined sewer system

(CODt/year)

		wet weather				dry weather		annual total	
		total		nonpoint source		①	②	②	③
		①	②	①	②				
storm sewer		9.68	9.68	6.48	6.48	1.73	1.73	11.41	22.9%
sanitary sewer/secondary treatment		12.81	2.56	-	-	179.36	35.87	38.43	77.1%
total of separated sewer system		22.49	12.24	6.48	6.48	181.09	37.60	49.84	
removal			45.6%		0.0%		79.2%	75.5%	
combined sewer system (storage capacity: 50m ³ /ha)	secondary treatment	8.70	2.73	1.21	0.47	170.09	34.02		
	primary treatment	3.47	3.40	0.80	0.79				
	storage	16.53	3.41	2.73	0.57				
	overflow	4.78	4.78	1.74	1.74				
	total	33.48	14.32	6.48	3.57	170.09	34.02	48.34	
removal			57.2%		44.9%		80.0%	76.3%	

①: generated ②: discharged ③: constitutive rate(%)

Fig. 10は、貯留池の規模の変化による合流式の総放流負荷量を示したものである。同図には、合流式総放流負荷量に占める点源負荷量、分流式において雨水管へ点源負荷の流入がないとした場合の分流式総放流負荷量を併せて示した。晴天時を含めた総放流負荷量においては、ノンポイントソース削減の効果は、大きなものとは言えないが、分流式、合流式の総放流負荷量の比較において、ノンポイントソースの制御、分流式における汚濁源管理、すなわち、雨水管への点源負荷流入抑制は重要な要素になると考えられる。

以上の結果から、雨天時汚濁負荷対策を検討するうえで、以下の要素を着目する必要があると考えられる。

①雨天時負荷対策の対象となる負荷源それぞれの制御の可能性、とくに分流式における点源負荷の雨水管

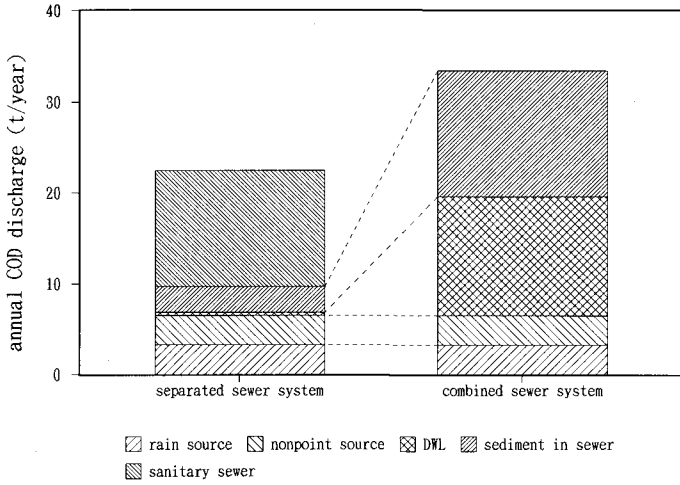


Fig.-9 Composition of COD pollutants runoff during wet weather

流入状況の把握とその抑制

- ② ノンポイントソース起因負荷量の総量を規定する供給速度 [a] の定量化、とくに土地利用、交通量、大気汚染状況等地域特性との関連のもとでの把握
- ③ 同様な意味での降雨水質ならびにその変化特性に関連する地域特性要因の把握
- ④ 不浸透面を構成する道路と屋根とでの堆積負荷量の差異を考慮した面源負荷対策の効率化
- ⑤ 総放流負荷量に占める雨天時負荷量のウェイト
- ⑥ 貯留施設の効果に係わる高度処理と雨天時汚濁負荷制御との関連性

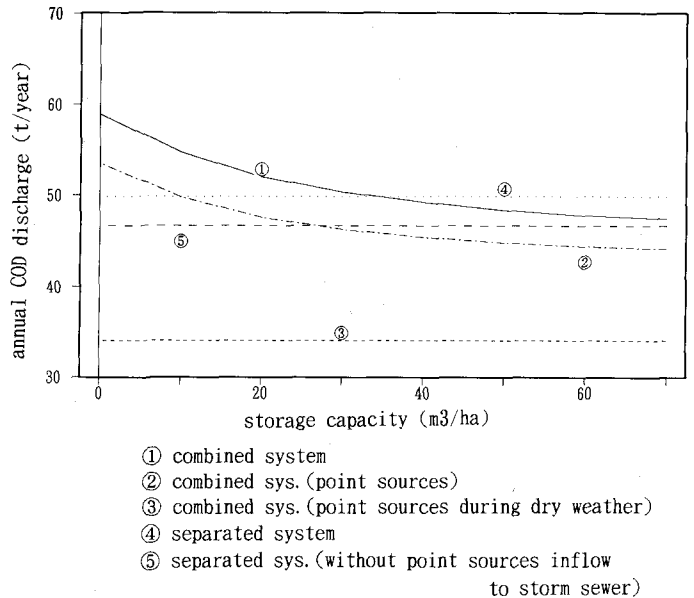


Fig.-10 Relationships between storage capacity and annual discharged COD load

5. おわりに

本論文で得られた成果は、以下のようにまとめられる。

(1) 雨天時汚濁負荷制御方策を検討するにあたり、発生源、貯留・堆積過程の異なる汚濁負荷を分離して取り扱うことを目的に、次の視点に立ったモデル構成を行った。

- ① ノンポイントソースならびに管渠系内における汚濁負荷の堆積挙動の考慮
- ② 分流雨水管、合流管について同一のモデル構造の採用
- ③ 分流雨水管における晴天時雨天時の連続性の考慮

モデルを適用した結果、都市雨水排除方式の相違による点源負荷、ノンポイントソースの雨天時負荷流出ならびに処理特性を示すことができた。具体的には、以下の2点を明示することができた。

- (2) 貯留施設を設けた合流式下水道では、ノンポイントソースの一部を収集処理できる。
- (3) 分流式下水道における雨水排除系への点源負荷の混入による雨天時負荷量、年間総放流負荷量への影響は小さくない。

今後は、今回提案したモデル構成を適用することにより、考えられる多様な雨天時汚濁負荷制御手法の負荷削減特性を把握していくことが求められるが、そのためには、モデルパラメータの合理的設定手法を確立することにより、モデルの適用性を向上させる必要がある。具体的には、負荷ポテンシャルの地域特性を把握することによる排水区特性の反映、管の布設状況、水理特性等の排除施設特性のモデルパラメータへの反映等である。このためには、体系的データ集積の必要性は高く、必要調査項目の明確化、必要に応じてモニタリングシステムの導入等を図っていく必要がある。

また、今回提案したモデル構成を発展的な適用として下水道整備途上の都市河川、都市内水路等へ適用していくことにより、下水道の整備効果をより定量的に把握していくことができると考えられる。

今回は、CODを対象としてモデルの考え方を示しているが、より高度で安全性も考えた水環境の達成を目標としていくときには、雨天時汚濁負荷制御の問題は、有機物指標を対象とするより栄養塩類、蓄積性の化学物質等も対象にしていかなければならないと考えられ、その方向でもデータ蓄積が必要である。

<参考文献>

- 1)和田安彦「非点源における路面堆積負荷の定量と流出シミュレーションに関する研究」、第17回衛生工学研究討論会論文集(1980)
- 2)E. Nakamura, "Factors Affecting the Removal Rate of Street Surface Contaminants by Overland Flow", Jour. of Research, Public Research Institute, Nov. 1984
- 3)建設省土木研究所「下水管路施設の合理化に関する調査報告書（Ⅴ）－都市域の汚濁負荷ポテンシャル－」
土木研究所資料第1705号、昭和56年8月
- 4)日本下水道協会「合流式下水道越流水対策と暫定指針」、1982年版
- 5)建設省土木研究所「下水管路施設の合理化に関する調査報告書（Ⅳ）-合流式下水道の改良に関する調査-」、
土木研究所資料第1704号、昭和55年8月
- 6)和田安彦「非点源汚染源負荷の流出量とその特性」、環境技術、Vol. 14、No. 1、1985年1月