

雨水貯留施設による雨天時ノンポイント 流出汚濁物のリアルタイム制御

金 泰成¹・山田 淳²・文 亨夫³

¹学生会員 立命館大学大学院 理工学研究科総合理工学専攻 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

²正会員 工博 立命館大学教授 環境システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

³韓国麗水大学教授 環境工学科 (〒550-749 韓国全羅南道麗水市屯徳洞山96-1)

分流式下水道の末端での雨水貯留施設に汚濁制御、洪水制御、水利用の3機能をもたせ、実測値を持つ集水区域をモデル地域として、シナリオ設定によりリアルタイム制御導入の効果を検討した。その結果、リアルタイム制御により後期集中型の場合が汚濁削減に有効であること、また、最適制御により利水貯留槽ではCODとSS濃度が0.3mg/lと0.9mg/l程度で収まっていること、降雨時都市域からの流出問題の対策としてリアルタイム制御方法を用いることがより効果的であることなどを明らかにした。

Key Words : Real Time Control, Nonpoint Pollution, Storm Event, Drainage System, Storm Water Storage Tank, BMP

1. はじめに

下水道が整備された都市において、降雨時の受水域への汚濁物の流出は大きな問題になっている¹⁾。降雨は非定常でかつ予測が困難なため、汚濁物の流出を制御し流出負荷を削減することが重要で、状況に応じた流量と水質のリアルタイム制御(実時間制御, RTC)が要求されてきている²⁾。

合流式下水道が整備された流域では、汚水が混合して流出することから、合流式下水道越流(CSO)問題として長年その解決策が講じられてきている。合流管からの流出負荷量が分流式雨水管からの負荷量並になることを目標に、遮集水量を増加させ、貯留量の一部を高級処理するため、RTCの導入が検討されてきた³⁾。日本では降雨の特性や施設設置の困難性からCSO問題の解決にはなお長期間を要することから、RTCはなお検討課題となっているが、アメリカではすでに年間2, 3回越流するのみといった徹底した改善例がかなり報告されており⁴⁾、このような地域ではRTC導入の必要性はむしろ減ってきている。

一方、分流式下水道が整備された地域では、当初、

流出雨水の水質は良好であり汚濁削減策の必要性はないとされてきた。しかし、その後都市域の地表面には多量の汚濁物や有害物が堆積しており⁵⁾、降雨初期の流出雨水の水質は無視できないことが明らかになり、この初期汚濁をどう制御するかも重要な課題となってきた。加えて雨水もまた重要な水資源であり良質の雨水は貯留して再利用する考え方⁶⁾もでてきて、浸透などの雨水管流入前の雨水制御とともに、雨水管でのRTC導入の検討が必要となってきた。最近では、局地的な降雨の短期予測情報の収集もできるようになってきており、RTC導入の効果が期待できるまでになってきた。

本研究は、このような背景のもとで着手されたものであり、下水道(雨水管渠)末端での貯留施設に汚濁制御、洪水制御、水利用の3機能をもたせる方式が有効と考え、SS, CODなどの実測値を持つ集水区域をモデル地域として、RTC導入の効果を検討したものである。

2. 分流式下水道雨水管渠へのRTC導入の必要性

分流式下水道の雨水管渠は、汚水と分離されているために、高濃度の水が公共用水域に排出される可能性は低く、また、建設時に放流域の流下能力も十分検討されているので、浸水等の可能性も低いと考えられてきた。しかしながら、下水道の整備が進捗したにもかかわらず、公共用水域の水質改善が進まない現状から、改めて都市域の市街地排水の影響が見直され、降雨の特性に応じた流出雨水とその水質の管理が求められるようになってきた。分流式下水道への RTC 導入の必要性をあげると次のようになる。

- 1) 市街地からの汚濁物流出は年々増加しており、下水道整備後には、受水域への負荷量の大きな比率を占めるようになって予測されていること。
- 2) 水質面で受水域への影響が無視できないこと。
- 3) 分流式下水道が普及してきて問題点が明らかになってきたこと。
- 4) 非正常現象である降雨の特性が欧米諸国に比較して多様なため、効果的な制御が必要であること。
- 5) 都市の土地利用が高度化して、雨水貯留や自然浄化に必要な十分な土地が確保できないこと。
- 6) 都市化の進展で流出係数が増加し、放流先河川の通水能力に余裕がなくなってきたこと。
- 7) 降雨後期に流出する比較的良好な水質の水の利用が求められていること。

3. リアルタイム制御 (RTC) システム

(1) 基本的な考え方

RTC システムは、対象とする管渠・雨水制御施設と情報処理システム (モニタリングを含む) で構成される。ここでは、RTC を次のように限定して検討する。

- ・制御の対象は、分流式下水道雨水管渠および雨水貯留施設とする。
- ・制御目的を汚濁貯留、洪水対策の流量調節、利水のための3項目とし、雨水制御施設を3つの槽に分割する。
- ・モニタリング情報は、降雨量、流量(水位)、水質および予測降雨量とする。
- ・制御地点での流量と水質の予測にはモデル式を使用する。
- ・経済性を考慮して実現性のあるシステムとする。

図-1 に上記に限定した RTC システムの構成を

示す。

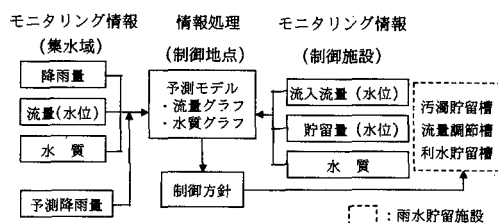


図-1 RTCシステムの構成

(2) 情報処理システムの概要

a) モニタリング情報 (集水域)

降雨量は、集水域内で 0.1mm 単位の情報得られ、集水域が広い場合には複数地点から情報を得ることもできる。流量は、水位計や堰越流水深から換算によって求められる。水質については、公定法での測定に時間が掛かり、電気、光学的な測定法はまだセンサーの開発中である。したがって、迅速な測定が可能な濁度を用いて SS や他の汚染指標に換算するのが一般的である。予測降雨量は、レーダー雨量計を用いた 1 時間単位 3 時間までの予測が公表されており利用できるが、小さな下水道集水域ではより短時間の予測が必要である。

b) モニタリング情報 (制御施設)

制御施設である雨水貯留施設からは、流入流量(水位)、貯留量(水位)、水質などの情報が必要となる。

c) 情報の伝送と処理

モニタリング情報は、通信 (公衆電話回線、専用回線、無線など) によって瞬時に集められ、データベースが作成されるとともに、モデル式による推定、予測計算が実行される。そして、ハイドログラフやポリュートグラフによって制御方針が決定され、制御施設に指令が送られる。

d) 制御

ここでの制御は、ポンプや可動堰などによる水量制御で、起動、停止が主体となる。操作の時間遅れを考慮した制御とする。

(3) RTC レベル

合流式では RTC として、レーダー雨量計と雨量計、水位計などの情報データに基づき流出量を予測し、より適切なポンプ場の運転と雨水貯留施設の最大活用をはかる量的な制御を行っている。雨天時越流水の流出頻度の削減などを目的としている^{2) 3)}。著者らも RTC の基礎的な研究を行ってきた⁷⁾。海外では合流式改善を効果的にするために、量と質を

制御できる高度な RTC を用い、施設の持つ能力を十分に発揮させるシステムづくりが行われている^{8) 9) 10)}。

制御には、(1) 雨水貯留施設各槽への分配操作を固定する、(2) 施設流入水の水量と水質をモニタリングし分配を変えていく、(3) 降雨量予測を用いて分配を決める、などの方式があり、これらの組み合わせなどによって多くの方式が考えられる。当然 (2)、(3) などの方式が取り入れられたものが RTC ということになる。最も高いレベルの制御は、すべてのモニタリングデータと予測降雨量を用いて、各槽間の機能を切り替えていく適応制御ということになる。

4. 雨天時汚濁負荷流出モデル

日本における都市の雨水流出解析においては、流量解析で修正 RRL 法、汚濁物流出で土研式がよく用いられているが、外国では様々な流出解析モデルが開発利用されており、その一つに Windows のもとで下水道での雨天時流出現象の水力計算と水質計算を同時に行うことができる市販ソフト「Hydro Works」がある^{2) 11)}。最近、日本でもこのソフトの導入、利用例があり、水力モデルは一定の評価を得ている。

(1) 流出モデル

降雨流出モデルは、降雨損失モデルと流出追跡モデルから構成されている。降雨損失モデルでは凹地貯留損失を考慮するとともに、浸透域に対しては浸透損失が、不浸透域に対しては流出係数が用いられる。流出追跡モデルではいくつかのタンクモデルが利用できるが、水質モデルと同時にシミュレーションする場合には単独線形タンクモデルを用いることになっている。

a) 凹地貯留モデル

凹地貯留による初期損失量は式(1)のように表わされる。

$$D = \frac{k_d}{\sqrt{S}} \quad (1)$$

ここで、 D ：初期損失量(m)、 k_d ：凹地貯留係数(m)、 S ：地表面勾配(m/m)である。

b) 浸透モデル

Horton 式の浸透量は式(2)のように表わされる。

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad (2)$$

ここで、 f ：浸透能(mm/hr)、 f_0 ：初期浸透能(mm/hr)、 f_c ：最終浸透能(mm/hr)、 k ：比例定数

(1/hr)、 t ：時間(hr)である。

c) 流出追跡モデル

単独線形タンクモデルの基本式と連続式を式(3)と式(4)に示す。

$$S = KQ \quad (3)$$

$$\frac{dS}{dt} = i_n - Q \quad (4)$$

ここで、 S ：流域に貯留された雨水量(m^3)、 K ：線形貯留係数(s)、 Q ：流域からの流出量(m^3/s)、 i_n ：有効降雨量(m^3/s)である。

(2) 水質モデル

水質モデルは、地表面における晴天期間中の堆積物の増加と掃流による流出、雨水ますにおける晴天期間中の蓄積増加と雨天時の流出から構成される。

このソフトでは、懸濁態物質と溶存態物質に分けて計算を行う。地表面では懸濁態成分のみ、雨水ますでは溶存態成分のみが扱われている。BOD、COD、TN、TP などの汚濁物については、SS の挙動に追随し比例関係にあると仮定されている。単位堆積物量当たりの掃流する汚濁物量は降雨を通じて一定であると仮定する。図-2 に汚濁物の堆積、蓄積と流出の概念を示した。

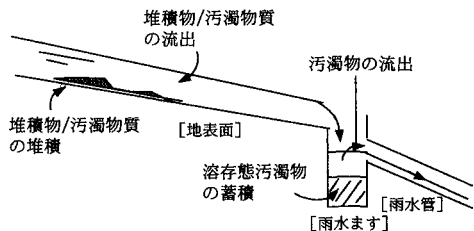


図-2 汚濁物の堆積、蓄積と流出の概念

a) 地表面堆積モデル

地表面堆積量は式(5)のように表わされる。

$$\frac{dM}{dt} = P_s - K_1 \cdot M \quad (5)$$

ここで、 M ：単位面積当たりの堆積量(kg/ha)、 P_s ：堆積係数(kg/ha/day)、 K_1 ：減衰係数(1/day)、である。

b) 雨水ます蓄積モデル

溶存態成分のみを計算する。計算上の雨水ますの容積は、集水域面積に雨水ますの換算深さ(デフォルト値 0.005m)を掛けたものとする。雨水ます蓄積負荷量の増加量は式(6)で表わされる。

$$\frac{dP_G}{dt} = \frac{L \cdot V_G}{1000} = \frac{L \cdot D_G \cdot A}{1000} \quad (6)$$

ここで、 P_0 : 雨水ます蓄積負荷量 (kg), L : 蓄積速度 (mg/l/day), V_0 : 雨水ますの容積 (m^3), D_0 : 雨水ますの換算深さ (m), A : 集水域面積 (m^2) である。

c) 地表面からの流出モデル

地表面から流出する堆積物は次の式 (7) ~ 式 (11) で表わされる。

$$M_e = K \cdot F \quad (7)$$

$$\frac{dM_e}{dt} = Ka \cdot M - F \quad (8)$$

$$Ka = C_1 \cdot i^{C_2} - C_3 \cdot i \quad (9)$$

ここで、 M_e : 浮遊汚濁物量 (kg/ha), K : 貯留係数 (s), F : 浮遊汚濁物流出量 (kg/ha/s), M : 堆積量 (kg/ha), Ka : 掃流係数 (1/s), C_1, C_2, C_3 : 係数, i : 有効降雨量 (m/s)

また、COD などの汚濁物については、SS 分と関係するとして次のように定義されている。

$$F_n = K_n \cdot F \quad (10)$$

$$K_n = A_1 (i_{\max} - A_2)^{B_1} + A_3 \quad (11)$$

ここで、 F_n : 汚濁物流出量 (kg/ha/s), K_n : 汚濁物掃流係数 (1/s), $i_{\max}$: 5 分間最大降雨強度 (mm/hr), A_1, A_2, A_3, B_1 : 係数

d) 雨水ますからの流出モデル

式(12)と式(13)で表わされる。

$$F_G = \frac{P_G}{V_G} \cdot Q \quad (12)$$

$$\frac{dP_G}{dt} = -F_G \quad (13)$$

ここで、 F_G : 雨水ますからの流出汚濁物 (kg/s), Q : 流出量 (m^3/s), P_G : 雨水ます汚濁物量 (kg), V_G : 雨水ますの容積 (m^3) である。

5. RTC の検討

(1) 対象排水区の概要

表-2 降雨時データの概要

降雨番号	降雨日	先行晴天期間 (hr)	総降雨量 (mm)	降雨継続時間 (hr)	平均降雨強度 (mm/hr)	流出降雨量 (mm)	流出率
1	1994. 8.21	204	32.4	3.7	8.8	10.0	0.31
2	1994. 9. 6	10	3.4	0.5	6.8	0.9	0.27
3	1994. 9. 8	23	13.2	3.2	4.1	2.64	0.20
4	1999. 8.27	25	7.0	0.5	14.0	2.24	0.32
5	1999.10.19	20	4.0	4.0	1.0	0.9	0.22

分流式下水道排水区における雨天時ノンポイント汚濁物の RTC 導入を検討した。

対象排水区は滋賀県滋賀郡志賀町に位置している小野排水区を選定した。対象排水区の污水管、雨水管の整備率はいずれも 100% である。降雨時調査は 1994 年度に測定地点 1 で、1999 年度に測定地点 2 で実施され、流量と水質が測定された。土地利用の概要を表-1 に、雨水管渠図を図-3 に示す。

表-1 土地利用形態別面積 (小野排水区)

区 別	面 積 (ha)	比 率 (%)
不浸透域	屋 根	8.31 (5.66)
	道 路	10.30 (6.13)
	その他 不浸透面	0.28 (0.28)
		0.6 (0.9)
浸透域	間 地	14.63 (8.98)
	裸 地	4.54 (1.82)
	芝、公園	2.33 (2.04)
	山 地	5.51 (5.41)
		12.0 (17.9)
合 計	45.90 (30.32)	100.0 (100.0)

() なし: 測定地点 1, () : 測定地点 2

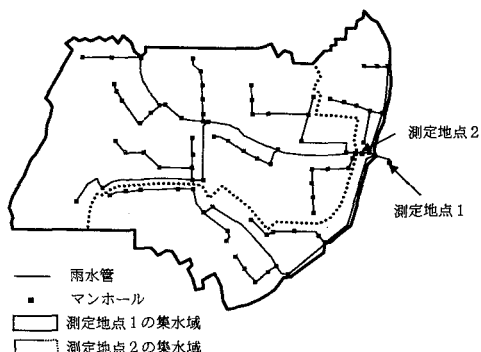


図-3 小野排水区の管渠図

(2) パラメータ設定とその検証

a) 実測データ

1994 年の降雨時調査¹²⁾から 3 降雨, 1999 年の降雨時調査から 2 降雨を選定してモデルの検証を行った。降雨時データの概要を表-2 に示す。

b) パラメータの設定

流出モデルと水質モデルの各パラメータは 5 降雨のデータを用いて試行錯誤的に決定した。流出と水質 (SS, COD) のパラメータを表-3 と表-4 に示す。

表-3 流出パラメータ

パラメータ	浸透域	不浸透域
貯留係数 k_d (m)	0.00028	0.000071
初期浸透能 f_o (mm/hr)	160	—
最終浸透能 f_c (mm/hr)	8.5	—
比例定数 k (1/hr)	2.0	—
流出係数	—	0.55

表-4 水質パラメータ

項目	パラメータ	値
地表面	P_s (kg/ha/day)	2.0
	K_1 (1/day)	0.08
	C_1	2×10^6
	C_2	1.95
	C_3	29.0
	A_1	1.25
	A_2	0
	A_3	0
雨水ます	B_1	-0.419
	初期汚濁濃度 (mg/l)	67.3
	L (mg/l/day)	10.8

c) モデルの適合性

対象降雨は, 3mm~30mm と幅広く, また初期集中型と後期集中型を含むことから, 設定パラメータの検証には有効と考えられる。ここでは, 流出量, 流出負荷量 (COD, SS) についてモデルの適合性を相関係数 (r) と合致率 (E) を用いて検討した。

合致率は式(14), 式(15)のようにに表わされる¹³⁾。

$$E_Q = \{1 - \sqrt{\sum (Q_m - Q_c)^2 / TQ_m}\} \cdot 100 \quad (14)$$

$$E_L = \{1 - \sqrt{\sum (L_m - L_c)^2 / TL_m}\} \cdot 100 \quad (15)$$

ここで, E_Q : 流量の合致率 (%), Q_m : 実測流出量 (m^3), Q_c : 計算流出量 (m^3), TQ_m : 実測総流出量 (m^3), E_L : 負荷量の合致率 (%), L_m : 実測流出負荷量 (kg), L_c : 計算流出負荷量 (kg), TL_m : 実測

総流出負荷量 (kg), Σ : 計算の開始時から終了時までの総和である。

ここで, 相関係数と合致率の計算は, 測定の開始から終了までの全体時間および総負荷量の半分が流出するまでの時間の 2 ケースについて行った。表-5 に相関係数と合致率を示した。

この結果, 降雨量, 降雨強度の異なる 5 降雨に対して同一パラメータを使ったため, 降雨番号 1 の COD 相関係数, 降雨番号 4 の SS 合致率, 降雨番号 5 の COD 合致率などが低くなったが, 全体として見ると, 流出モデルと水質モデルの両方ともに適合性や相関性が良好であり, 対象排水区の流出流量と負荷量の流出実態を再現できていると判断した。

表-5 相関係数と合致率

降雨番号	流 量		COD		SS	
	r	E	r	E	r	E
1	0.95 (0.94)	97.2 (96.5)	0.32 (0.37)	78.2 (74.5)	0.64 (0.85)	80.3 (81.9)
2	0.99 (0.99)	96.3 (94.7)	0.86 (0.69)	84.7 (71.7)	0.85 (0.64)	83.7 (70.2)
3	0.99 (0.98)	97.2 (94.6)	0.97 (0.99)	92.5 (91.1)	0.98 (0.98)	91.5 (89.2)
4	0.94 (0.98)	90.6 (58.8)	0.89 (0.83)	73.0 (71.7)	0.89 (0.80)	56.3 (54.7)
5	0.85 (0.75)	95.7 (91.9)	0.88 (0.81)	37.1 (22.2)	0.69 (0.74)	88.2 (86.7)

r: 相関係数, E: 合致率,

() : 総負荷量の半分が流出する時までの場合

(3) 雨水貯留施設の容量

a) 雨水貯留施設の役割

雨水排除施設の流末に汚濁制御(汚濁貯留槽), 洪水制御(流量調節槽), 水利用(利水貯留槽)という 3 つの機能をもった雨水貯留施設の設置を図-4 のように計画する。汚濁貯留槽に貯留された雨水は降雨後に污水管に送って処理する。流量調節槽に貯留された雨水は原則として降雨後雨水管に戻すが, 汚濁制御用として用いた場合には污水管に送って処理する。利水貯留槽に貯留された低濃度雨水は簡易処理後雑用水として利用する。大降雨の場合で, 流量調節槽を用いても放流先の河川の断面容量を超える場合には, 他の貯留槽も洪水制御のために用いる。

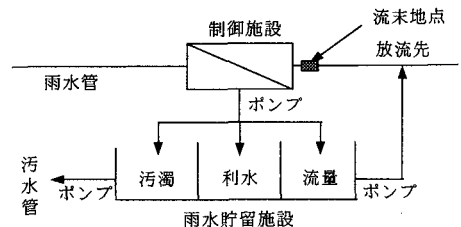


図-4 雨水貯留施設

b) 雨水貯留施設の容量設定

放流先河川の断面容量が 10 分間降雨量で 4mm と設定し、6 年間降雨量データから、1 時間降雨量が 25mm を超える 5 降雨 (25mm~29mm) を選定して、シミュレーションを行ったところ、降雨量換算で 4.95mm 分の貯留が必要となった。このため、雨水貯留施設の全体容量を 5mm 相当分と設定した。

次に、汚濁貯留槽の容量設定のために、平均的な年間降雨量であった 1995 年の 1 年間降雨データを対象に、貯留容量を変えて汚濁貯留槽による汚濁負荷量の削減効果を検討した。その結果を図-5 に示す。COD, SS とともに、2mm の貯留でほぼ 80% の削減が可能と分かったので、ここでは、貯留量を 2mm (918.0 m^3) と設定した。

次の利水貯留槽は雑用水として農業用水、公園用水、洗浄水 (道路) 等への補充的利用が考えられるため、SS 濃度が 20mg/l 以下となる雨水を貯留することとし、容量 0.5mm (229.5 m^3) 相当分と定めた。残りの容量 2.5mm (1147.5 m^3) 相当分を流量調節槽の容量とした。

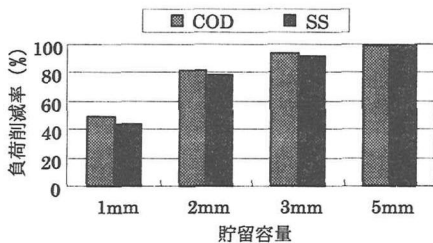


図-5 貯留容量別の COD と SS 負荷削減率

(4) 計算対象降雨の設定

草津市で平年に近い降雨量であった 1993 年降雨量 (1684.5mm) と 1995 年降雨量 (1336.0mm) をもとに降雨パターンを調べて解析に用いる降雨を設定した。「初期集中型」と「後期集中型」の「小降雨量」と「大降雨量」の組み合わせとして計 4 ケース

設定した。降雨継続時間は時間別の最頻度である「2 時間」と、全降雨の非超過確率 50%にあたる「4 時間」を設定した。設定降雨量は雨水貯留施設の容量 5mm と流出率を考慮して「小降雨量」は 12mm, 「大降雨量」は 30mm を選んだ。先行晴天期間としては年間平均値 105 時間を用いた。設定した降雨の概要を表-6 に示す。これらの 4 つの設定降雨を用いてシミュレーションを行う。なお、先行晴天期間に対する SS 初期堆積量を 7.38 kg/ha とした。

表-6 設定降雨の概要

降雨記号	総降雨量 (mm)	降雨継続時間 (hr)	平均降雨強度 (mm/hr)	時間降雨量 (mm/hr)			
				0~1	1~2	2~3	3~4
A	12	2	6.0	8	4	—	—
B	30	4	7.5	18	7	3	2
C	12	2	6.0	2	10	—	—
D	30	4	7.5	1	3	20	6

先行晴天期間：105 時間

(5) シナリオ設定

代表的な制御レベルを設定し RTC の効果を検討した。表-7 にシミュレーションを行った 4 ケースを示す。CASE 1 は雨水貯留施設がない場合である。CASE 2 は制御地点に設置している水位計、水質センサーの情報を用いて、汚濁貯留槽に初期汚濁雨水を貯留し、流量調節槽に 24mm/hr 分を超えるピーク流量を貯留する。CASE 3 は予測降雨による流量、水質の予測結果を用いて各貯留槽の確定制御を行う。流量調節槽は、制御方法は予測流量によって、ピークカットか汚濁制御用かのどちらかが選択される。CASE 4 では 1 時間毎の予測降雨と実測降雨を用いた流量、水質の予測結果と各貯留槽の貯留量、平均水質との比較により汚濁貯留槽では汚濁負荷削減が最大になるように、利水貯留槽では平均水質が小さくなるように適応制御を行う。

CASE 3 と CASE 4 は、1 時間毎の予測降雨と制御施設の水質測定の情報を用いるか否かによる確定制御と適応制御の違いである。

表-7 シナリオ設定条件

CASE	情 報								雨水貯留施設制御					
	集水域および制御地点						制御施設		汚濁貯留槽		利水貯留槽	流量調節槽		
	降雨量		流量		水質		水位	水質	初期汚濁雨水	高濃度雨水	低濃度雨水	ピーク流量	転用選択*	
	測定	予測	測定	予測	測定	予測	測定	測定						
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	—	—	○	—	○	—	○	—	○	—	○	○	—	
3	—	○	○	○	○	○	○	—	—	○	○	—	○	
4	○	□	○	○	○	○	○	○	—	◎	◎	—	○	

□：1 時間ごとに予測降雨量を更新， ◎：適応制御

転用選択*：ピーク流量カットか汚濁貯留槽への転用かを選択する。

(6) シミュレーション結果と考察

a) 貯留量

シナリオシミュレーションの結果を貯留量について図-6に示す。流量調節槽に大きな差がでている。「大降雨量」にもかかわらず調節槽が有効に使われていない場合があり、CASE 4の効果が特別高い。また、後期集中型の「小降雨量」の場合には利水槽が水質悪化のため利用できない。

b) 負荷削減率

SSの結果を図-7に、CODの結果を図-8に、CASE 1に対する削減率として示す。両者ともに大きな差はないので、SSについて考慮すると、いくつかの特徴が見られる。まず、「大降雨量」の場合汚濁貯留槽における削減率が15%程度落ちている。

CASE 1に対する削減率として示す。両者ともに大きな差はないので、SSについて考慮すると、いくつかの特徴が見られる。まず、「大降雨量」の場合汚濁貯留槽における削減率が15%程度落ちている。しかし、降雨Dの場合にはレベルを上げると削減率が上昇することが分かった。一方、流量調節槽での負荷削減も場合によって期待できる。ここでも降雨DでのCASE 4に削減効果が見られる。全体の削減率では、悪いケースで70%；良いケースでは100%に達している。

c) 汚濁制御

とくに差の大きい降雨Dについて具体的な制御状況を図-9に示す。予め制御方法の確定しているCASE 2と予測降雨に基づくCASE 4では、汚濁貯

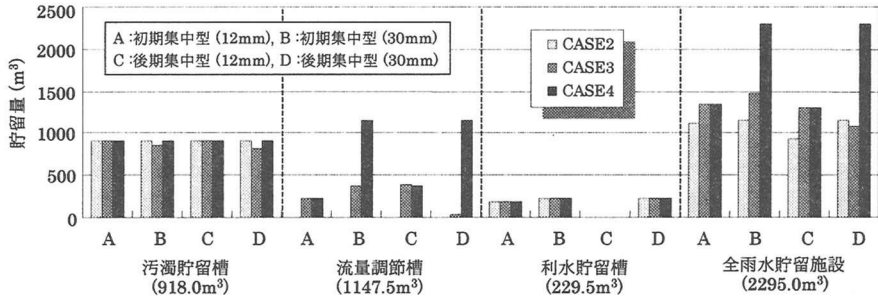


図-6 各貯留槽に貯留された水量

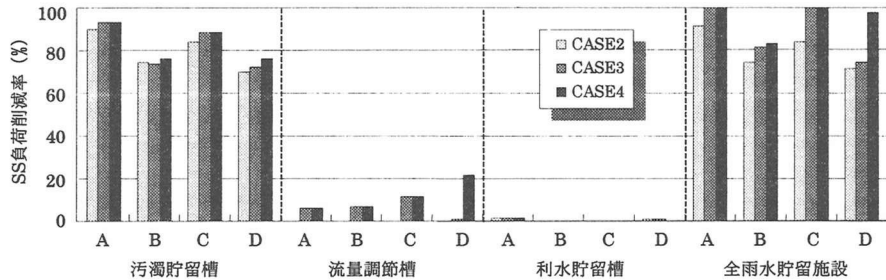


図-7 CASE 1に対する各貯留槽に貯留されたSS負荷削減率

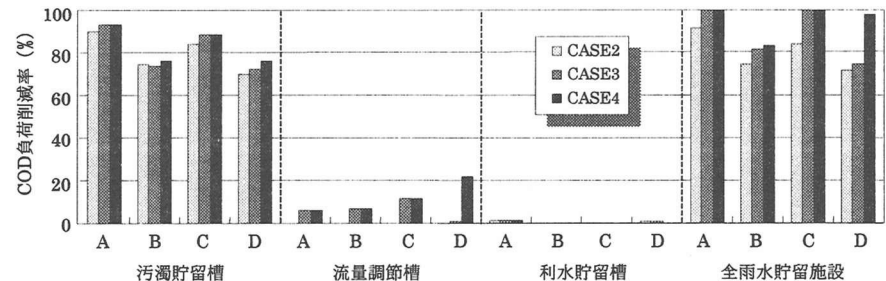


図-8 CASE 1に対する各貯留槽に貯留されたCOD負荷削減率

留槽への雨水取りこみ時間がかなり違っている。

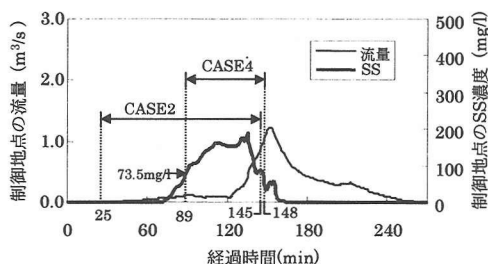


図-9 降雨Dに対する汚濁貯留槽でのCASE2とCASE4の貯留時間

d) 利水貯留槽

利水貯留槽の平均水質濃度を図-10 と図-11 に示す。「小降雨量」の場合、平均水質濃度は高く、前期集中型で最も高い。しかし、後期集中型では、大きな差が見られない。ここでも CASE 4 の効果が著しい。

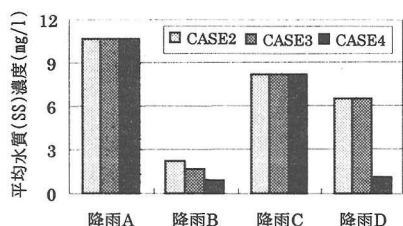


図-10 利水貯留槽に貯留された SS の平均水質濃度

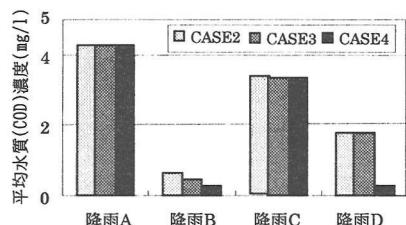


図-11 利水貯留槽に貯留された COD の平均水質濃度

e) RTC の効果

RTC の効果としてみると次のようにまとめられる。

- ①初期集中型降雨の場合、RTC の効果はレベル毎にあまり変わらない。
- ②後期集中型降雨の場合、RTC の効果は CASE によって変わる。
- ③後期集中型「小降雨量」の場合、RTC の効果は CASE 3 と CASE 4 で変わらない。
- ④後期集中型「大降雨量」の場合、CASE 2 より

CASE 4 の削減効果は 20% 程度も大きく、RTC 導入による効果が期待できる。

6. おわりに

本研究では、分流式下水道の雨水管渠からのノンポイント汚濁物流出を削減するために、典型的なパターンの単独降雨について、貯留施設の設置と RTC 導入の有効性を検討した。分流式下水道が整備された地域を対象に、降雨時の水量と水質の変化を実測し、市販の水質を含む流出解析ソフトを使用して共通のモデルパラメータを設定した。実測した 5 降雨について適合性の検証をしたところ、降雨特性や実測年度が異なっているにもかかわらず実用に耐える良好な適合性を示した。

このモデルを使用して、対象地域に汚濁制御、洪水制御、水利用の 3 つの機能をもった雨水貯留施設を仮定し、典型的なパターンをもつ 4 降雨について、RTC のレベルを変えながらシミュレーションを行い、汚濁負荷削減率を計算し比較した。

これらの結果から、貯留施設の設置によって 70% 以上の負荷削減を期待できるが、RTC の導入によって、削減率をさらに 20% 以上アップできることが分かり、90% 以上の削減をめざす水質制約の大きな流域においては有効であることがわかった。とくに、今後の予測降雨の精度の向上やモニタリング機器の改良によってレベルの高い制御が可能になるものと期待できる。

謝辞：本研究は(株)クリアスとの共同研究の一部である。調査と実験に協力いただいた環境計画研究室の大学院生に感謝する。また、滋賀県琵琶湖環境部から測定データの提供を受けたことを付記し謝意を表する。

参考文献

- 1) 前田正博, 伊藤紀夫, 本靖夫: ノンポイント汚濁負荷調査と削減対策, 下水道協会誌, Vol.33 No.404 pp.15 - 20, 1996.
- 2) 和田安彦: ノンポイント負荷の制御, 技報堂出版, 東京, 1994.
- 3) 船山吉久: 雨天時下水に関わるリアルタイムコントロールシステムの開発について, 下水道研究発表会講演集, 36, pp.186 - 188, 1999.
- 4) たとえば Prof. Vladimir Novotny 私信
- 5) 山田淳, 市木敦之, 舟木琢也: 都市不浸透域堆積物の発生源分離に関する研究, 第 32 回日本水環境学会年会講演集, pp.182, 1998.

- 6) 和田安彦, 三浦浩之: 雨水貯留施設によるノンポイント汚染源負荷制御方法の検討, 土木学会論文集, 566/VII-3, pp.25 - 34, 1997.
- 7) 山田淳, 中村一樹: 都市域ノンポイント流出汚濁物のリアルタイム制御に関する基礎的な研究, 土木学会年次学術講演会講演集, 53/VII-150, pp.300 - 301, 1998
- 8) Petruck, A., Cassart, A. and Dettmart, J. : Advanced real time control of a combined sewer system. *Wat. Sci.Tech.*, 37(1), pp.319 - 326, 1998.
- 9) Kofod Andresen, N. and Harrenmoes, P. : Monitoring and real time control in a trunk sewer. *Wat. Sci.Tech.*, 36(8-9), pp.337 - 342, 1997.
- 10) Weinreich, N. and Schilling, W. : Pollution based real time control strategies for combined sewer system. *Wat. Sci. Tech.*, 36(8-9), pp.331 - 346, 1997.
- 11) 藤田 昌一, 田中 一郎: 雨天時汚濁負荷量流出モデル比較検討調査, 下水道新技術研究所年報, pp.77 - 84, 1994.
- 12) 下水道新技術推進機構: 湖沼等における糞排水対策調査報告書, pp.S2-1 - S2-40, 1994.
- 13) 和田安彦, 三浦浩之: 分流式下水道の雨水流出に伴う汚濁負荷流出モデルとその適用, 土木学会論文集, 369/II-5, pp.287 - 293, 1996.

STUDY ON REAL TIME CONTROL OF NONPOINT POLLUTANTS DISCHARGED WITH STORM WATER STORAGE TANK DURING STORM EVENT

Tae Sung KIM, Kiyoshi YAMADA and Hyoung Bu MOON

In this research, we installed the storm water storage tank, which has three functions of pollutant control, flood control and Rainwater use, to the end pipe of the separate system. We examined the effect of the real time control (RTC) introduction with the scenario selection in the study area in the catchment basin, which has a measured data. As a result, a late peaking case is satisfied with the pollutant reduction by the RTC and also at the Rainwater use tank, the best control settles COD and SS concentration at about 0.3 mg/l and 0.9mg/l. To use a RTC method as the measure of the discharge problem from urban area during a storm event was clarified.