

合流下水の貯留量制御によるCSO改善の検討

○堤正彦¹、小原卓巳¹、山中理¹、本木唯夫²、加藤孝夫²

1. (株)東芝 電力・産業システム技術開発センター

2. (株)東芝 社会・産業システム事業部

概要：合流下水のCSO改善の一手法として、流入水質および流入水汚濁負荷量を入力値として、下水管渠から雨水貯留施設への送水量を制御する貯留量制御をシミュレーションで検討した。貯留容量が比較的小さく、かつ流入水質が低くて流入流量が大きい降雨パターンの場合には、上記流入水質および流入水汚濁負荷量を用いた制御が流入流量を用いた制御よりも、越流水汚濁負荷量を削減できるケースが見られた。

キーワード：CSO、合流改善、貯留施設、制御、水質、汚濁負荷量

1. まえがき

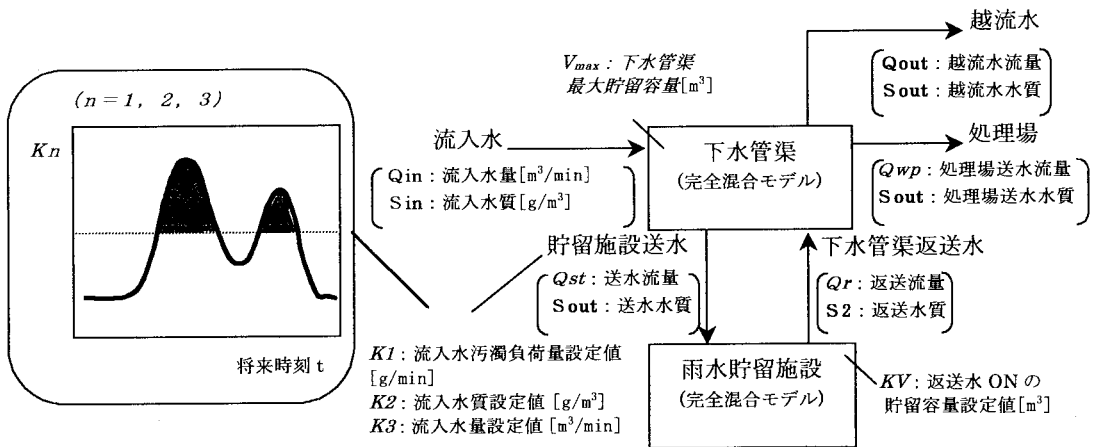
近年、合流式下水道において、雨天時、地表面や管渠内に堆積した汚濁物質が流出し、高いSS、BOD濃度の越流水(CSO: Combined Sewer Overflow)が放流されるという問題が顕在化しており、様々な調査、技術開発が進められている。¹⁾

これらの合流改善方法としては、雨水滞水池、雨水貯留管、雨水浸透などの雨水流出抑制施設や、増補管の整備などハード面の導入が進められている。一方、雨量計や管渠内流量計などの雨水情報から分布モデルを用いて流入水量や流入水質を予測し、それらの結果を利用してポンプやゲートを制御するリアルタイムコントロール(RTC)のソフト開発も進められている。ここでは、流入水質や流入汚濁負荷量を入力値として、下水管渠から雨水貯留施設への送水流量を制御することにより、CSOの汚濁負荷量を低減することを検討したので、報告する。

2. 方法

2.1 貯留量制御用シミュレータ

雨水流出量および汚濁負荷量の予測モデルとして、修正RRL法+土木研モデルや、Hydroworks、MOUSE、SWMM等の分布型モデル等が利用されている²⁾。今回、流入水質を利用した制御の有効性を把握するために、流入水質や流入水汚濁負荷量の予測やセンシングができたと仮定して、①流入流量 Q_{in} と流入水質 S_{in} の積すなわち流入水汚濁負荷量、②流入水質 S_{in} 、③流入水量 Q_{in} を各々入力値として、各々の設定値 K_n を超えた時に、雨水滞水池や雨水貯留管などの雨水貯留施設への送水流量 Q_{st} (ゲート開度)をONに制御するMATLAB/SIMULINKベースの貯留量制御用シミュレータを作成した。その入出力構成を図1に示す。下水管渠および雨水貯留施設の反応は、物質収支と完全混合モデルを利用した。



【注】細字実線記号：入力変数、太字実線記号：出力変数、斜線記号：定数

図 1 貯留量制御シミュレータの入出力構成図

2.2 シミュレーション条件

表 1 にシミュレーションの定数設定値を示す。下水管渠は雨水滞水池の貯留容積 10,000m³ の 1/2 の容積を有すると仮定して³⁾、下水管渠最大貯留容量 V_{max} を 5,000m³ とした。また、各流量 Q_{st}、Q_r、Q_{wp} は、文献³⁾の流量パターンを利用した。

流入水質の入力値は、文献³⁾中の図-3 を利用した(図 2)。流入流量の入力値は、文献³⁾中の図-3 を降雨 a パターンとして(図 3)、降雨 a パターンの時間 200min から流入量が再度増大するものを降雨 b パターンとした(図 4)。降雨 b パターンは、初期降雨汚濁流出(ファーストフラッシュ)で堆積汚濁物がほぼ流出し、200min 以降は、低濃度の雨水のみが流出しているという事象を想定している。

表 2 にシミュレーションの変数設定値を示す。KV 値は、V_{max} の 1 倍、2 倍、4 倍と変動させ、各々の K 値は、流入流量および流入水質の範囲で変動させた。

表 1 シミュレーション定数設定値

定数の記号	定数の名称	単位	数値
V _{max}	下水管渠最大貯留容量	m ³	5000
Q _{st}	送水流量 (下水管渠→貯留施設)	m ³ /min	100
Q _r	返送流量 (貯留施設→下水管渠)	m ³ /min	130
Q _{wp}	処理場送水流量 (下水管渠→処理場)	m ³ /min	100

表 2 シミュレーション変数設定値

変数の記号	変数の名称	単位	数値
KV	返送水ONの貯留容量設定値	m ³	5000, 10000, 20000
K1	流入水汚濁負荷量設定値	g/min	20000~ 500000
K2	流入水質設定値	g/m ³	120~ 1000
K3	流入水量設定値	m ³ /min	180~ 1000

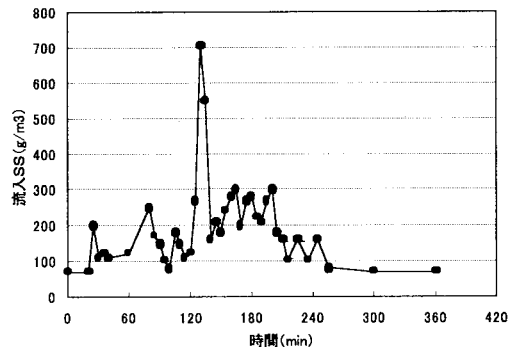


図 2 流入水質 S_{in} 入力値

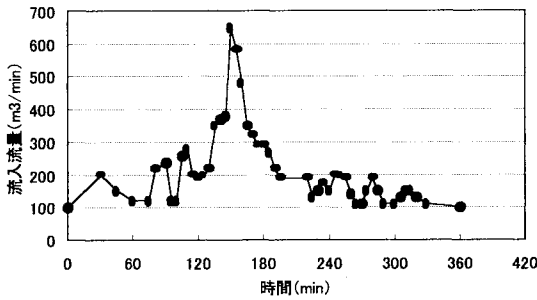


図3 降雨aの流入流量 Q_{in} 入力値

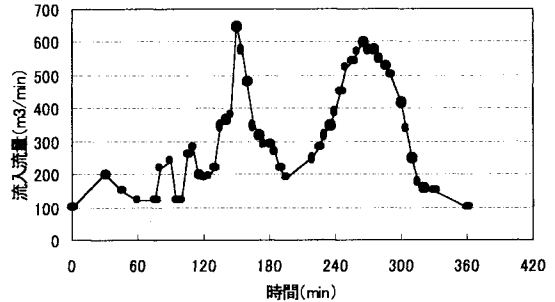


図4 降雨bの流入流量 Q_{in} 入力値

3. 結果

(1) 各制御方式の比較

降雨aパターンにおける越流水汚濁負荷総量最小値の結果を図5と表3に、降雨bパターンの同結果を図6と表4に各々示す。降雨aパターンでは、貯留容量設定値KVが20000 m^3 の時には各制御で差異は無いが、KVが5000、10000 m^3 の時には、流入水質を入力した制御（流入汚濁負荷量入力、流入水質入力）が、流入流量入力制御より若干CSO流出量が多くなった。

しかしながら、降雨bパターンでは、同様にKVが20000 m^3 の時には各制御はほとんど同値であるが、KVが5000、10000 m^3 の時には、流入水質を入力した制御が、流入流量入力制御よりCSO流出量が改善された。KVが10000 m^3 の時は、流入汚濁負荷量入力制御のデータが流入流量入力制御のデータの86%、流入水質入力制御が流量入力制御の88%と、10%以上改善された。

(2) 制御目標値 K_n の設定

KVが10000 m^3 の時の K_n 値と越流水汚濁負荷総量との関係を図7と図8に示す。

流入汚濁負荷量入力制御と流入水質入力制御は極小値が存在し、制御目標値 K_n の設定がCSO削減に大きな影響を与えることが示唆された。

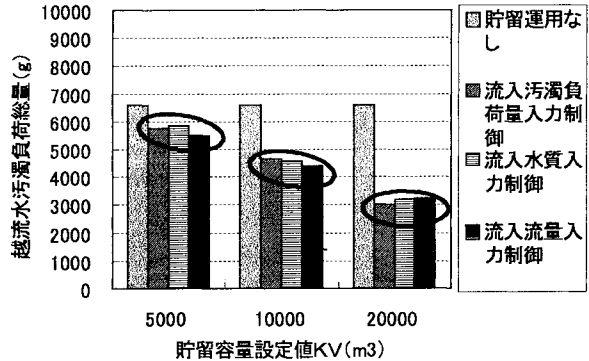


図5 降雨aの越流水汚濁負荷総量最小値

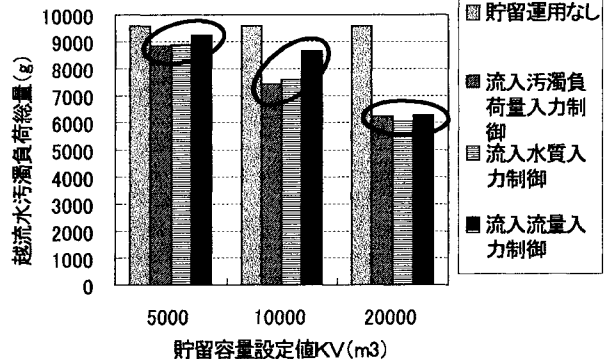


図6 降雨bの越流水汚濁負荷総量最小値

表3 降雨aの越流水汚濁負荷総量最小値(単位: g)

制御方法	KV=5000	KV=10000	KV=20000
貯留運用なし	6594	6594	6594
流入汚濁負荷量入力制御	5746	4663	3015
流入水質入力制御	5841	4565	3193
流入流量入力制御	5508	4392	3211

表4 降雨bの越流水汚濁負荷総量最小値(単位: g)

制御方法	KV=5000	KV=10000	KV=20000
貯留運用なし	9592	9592	9592
流入汚濁負荷量入力制御	8835	7438	6212
流入水質入力制御	8868	7564	6041
流入流量入力制御	9216	8639	6276

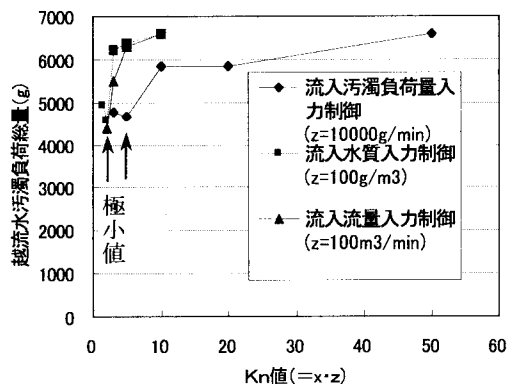


図 7 Kn 値と越流水汚濁負荷総量との関係 (KV10000m³、降雨 a)

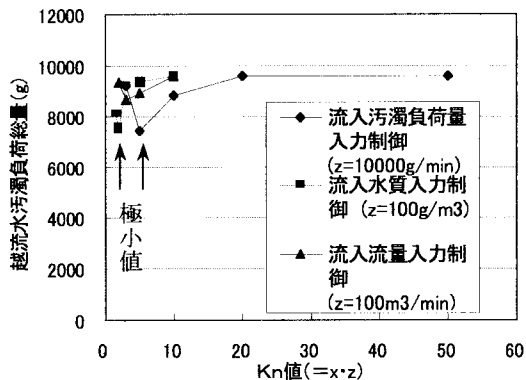


図 8 Kn 値と越流水汚濁負荷総量との関係 (KV10000m³、降雨 b)

4. まとめ

今回検討した貯留量制御シミュレーションでは、貯留容量KVが比較的小さく、かつ降雨bのような流入水質が低くて流入流量が大きい降雨パターンの場合には、流入水質もしくは流入水質汚濁負荷量を入力値として、雨水貯留施設へ送水制御（ゲート制御）することにより、越流水汚濁負荷量を削減（CSO改善）できる可能性が示唆された。

今後、制御の有効性を詳細に検討するとともに、図9のようなCSO削減向け貯留量制御システムを構築するための以下の課題解決を検討していく予定である。

- (1) 多様な降雨パターンにおけるCSO削減制御技術の確立
- (2) 水質予測や水質センサ技術の精度向上

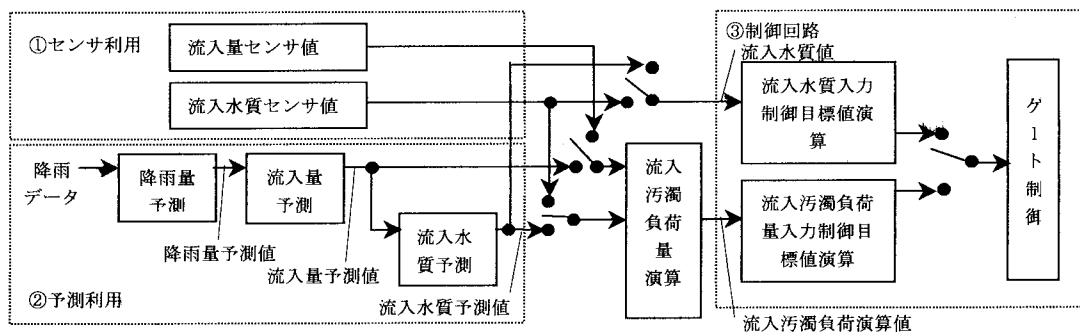


図 9 CSO 削減向け貯留量制御システムの機能ブロック

5. 参考文献

- 1) 国土交通省都市・地域整備局下水道部下水道企画課、第 5 回合流式下水道改善対策検討委員会資料、<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewage/information/cso020227.html>、2002.2.27
- 2) 古米弘明ら、都市ノンポイント汚染源負荷流出調査に基づく不浸透面堆積負荷流出モデルの検討、土木学会論文集、No. 685/VII-20、pp123-134、2001.8
- 3) 岡部三郎、西村孝彦、雨水滞水池の沈殿除去効果、第 27 回下水道研究発表会講演集、pp702-704、1990