

大規模雨天時下水幹線の適正制御による 合流式下水道の改善に関する研究

和田安彦¹・三浦浩之²

¹正会員 工博 関西大学教授 工学部土木工学科 (〒564 大阪府吹田市山手町3-3-35)

²正会員 関西大学助手 工学部土木工学科 (同 上)

都市部では用地取得の困難性から浸水対策用の雨水貯留施設として大規模な雨天時下水幹線の設置が行われている。本論文では、この大規模雨天時下水幹線により合流式下水道の越流対策を行う場合の制御方法を検討した。既存下水管路の分水点に浸水対策用の分水堰と合流式下水道越流水対策用の分水堰を設置した場合、合流式下水道の改善効果は高いが大降雨時においてピーク流量が生じる前に大規模雨天時下水幹線が満水となり、流出雨天時下水を貯留できない危険性があった。そこで、分水堰を可動式として、多雨期には浸水対策用、少雨期には合流式下水道越流水対策用の堰とする制御法を考えた。この制御法によれば、浸水対策と合流式下水道越流水対策を両立できることが明らかになった。

Key Words : storm runoff control, large scale trunk line, non-point pollution, wet weather flow reservoir, combined sewer overflow, control of overflow weir

1. はじめに

下水道整備等排水処理施設の整備が進んでいるにも関わらず、環境基準未達成の水域の割合はここ数年減少していない。わが国の水系において生活環境項目に関する環境基準を達成していないものは、およそ海域で20%、河川で30%、湖沼では60%であり、その多くは湖沼、内海、内湾等のような閉鎖性水域と、都市近郊または都市内を流下している河川である。

都市域の汚濁負荷には、工場、事業所、家庭からの排水等のように汚濁物質の発生源がある地点に特定されているものと、降水に含まれる汚濁物質や屋根・道路等の地表面に堆積した汚濁物質等のように排出源が面的に広がり、散在しているものがある。前者が特定汚染源、後者がノンポイント汚染源(非特定汚染源)であり、ノンポイント汚染源は汚濁物質の排出源を個々に特定しがたい排出源である¹⁾²⁾。この2つが都市域における汚濁負荷であるが、近年、都市域ではノンポイント汚染源からの負荷の増大による水質汚濁が顕著になっている。すなわち、特定できない広域的に散在する汚染源からの負荷は、個々の汚染源からの負荷量は少ないものの、その集積によって水質汚濁を引き起こすに至っている³⁾⁵⁾。

下水道は水環境保全の中心となる施設であり、第8次下水道整備5箇年計画における5つの重点事項のひとつとして、下水道による「清らかな水環境づくり」があげられている。これには、下水道普及率の向上、高度処理人口の増加が必要であるが、都市域では降雨に伴って流出する都市汚濁物質の対策、すなわちノンポイント汚染源対策も必要となる。

本論文では、ノンポイント汚染源負荷を含む合流式下水道システムからの雨天時汚濁越流水によって引き起こされている公共用水域水質悪化を防ぐために、浸水対策用に設置されつつある大規模雨天時下水幹線を用いる雨天時下水流出制御手法を検討した。

2. 大規模雨天時下水幹線による合流式下水道の改善

(1) 大規模雨天時下水幹線による浸水防除

都市化の進んだ市街地の中に雨水滞水池等の建設用地を確保することは非常に困難な状況にある。このため、浸水対策として大規模雨天時下水幹線を用いる事例が増えている。

これは、大規模雨天時下水幹線が以下のような特徴を有するためである。

- ① 貯留施設建設用地を新たに確保することが困難な場合でも、道路の地下部分に建設できる。
- ② 貯留のみならず、流下の機能も備えている。
- ③ 管きよであるため設置場所が広範囲となり、浸水常襲地が複数地域に分布している場合、貯留池よりも対応力が優れる。

(2) 大規模雨天時下水幹線による合流式下水道越流水対策と雨天時初期汚濁下水対策

浸水対策のため雨天時下水の迅速な排除を目指して建設される大規模雨天時下水幹線が、実際に浸水対策として稼働するのは、年に数回と見込まれる。このため、大規模雨天時下水幹線により合流式下水道の改善（越流水対策）や降雨初期に高濃度で流出するノンポイント汚染源負荷対策（雨天時初期汚濁下水対策）を図ることが検討されている。この際、雨天時下水幹線は本来浸水対策のために建設されるものであることから、その雨天時下水排除機能を阻害しない範囲でのみ合流式下水道越流水対策や雨天時初期汚濁下水対策に施設を利用することが可能となる。

このため、浸水対策を主目的とする雨天時下水幹線を、合流式下水道越流水対策や雨天時初期汚濁下水対策に用いることを計画する場合には、既存下水管路からの分水条件等を検討し、シミュレーション解析による効果の評価が行われている。

大阪市では「なにわ大放水路」を検討対象に、既存下水管路からの分水開始水量と分水上限水量を検討している⁹⁾。流出解析には修正RRL法、汚濁解析には土研モデルを用いている。種々の条件における年間解析の結果、最も効率良く雨天時汚濁負荷を捕捉するには、分水開始水量 $3Q_s$ (Q_s =晴天時時間最大汚水量)、分水上限水量 $6Q_s$ 程度とすることが適当であることを明らかにしている。

合流式下水道越流水対策を行う場合の貯留施設への貯留形式には、

- ① 遮集容量を越えた雨天時初期汚濁下水を貯留するもの
- ② 計画汚水量を越えた雨天時初期汚濁下水を貯留するもの
- ③ 初期の遮集雨天時下水を貯留するもの

がある。札幌市では創世川貯留管において、②の計画汚水量を越えた雨天時初期汚濁下水を貯留する方法による合流式下水道の改善を検討している⁹⁾。雨天時下水流出解析には修正RRL法、汚濁解析には土研モデルを用い、1年間の降雨を対象として、貯留容量別に汚濁負荷削減効果を評価している。これより、貯留容量を $2\sim 3\text{mm}$ とするのが効果が高いことを示している。

東京都では合流式下水道越流水対策を目的に池尻幹線・新駒沢幹線を整備している⁹⁾。 $3Q_s$ 以上の流出水を貯留するとして、10年間730降雨についてシミュレーションを行い、年平均の汚濁負荷削減効果を明らかにしている。解析には修正RRL法と土研モデルを用いている。

大阪府では寝屋川流域下水道における雨水排除レベルアップ計画で整備される増補幹線を対象に、合流式下水道越流水対策実施効果を検討している¹⁰⁾。シミュレーションの結果、合流式下水道の改善のための既存下水管路からの分水開始水量を $1Q_s$ と評価している。

このような浸水対策を目的に建設された大規模雨天時下水幹線を合流式下水道越流水対策へ有効利用する場合の貯留下水の処理は、処理場にとって負担になると考えられる。このため、このような大規模雨天時下水幹線を合流式下水道越流水対策や雨天時初期汚濁下水対策を図る場合、処理場における処理能力を考慮してその効果を評価する必要がある。

3. 大規模雨天時下水幹線の制御による合流式下水道の改善

(1) 浸水対策用大規模雨天時下水幹線による合流式下水道越流水対策での分水制御

雨天時下水流出制御に貯留施設を用いる場合、既設下水管路の分水制御施設等ではあらかじめ設定した流量値以上となった場合に分水するように設計されている。大規模雨天時下水幹線において浸水対策と合流式下水道越流水対策を両立させる場合、この分水流量値の設定が重要となる。

大阪市の「なにわ大放水路」では既存下水道からの分水会所に浸水対策用の分水堰と合流式下水道越流水対策用の分水堰を設けている⁷⁾。合流式下水道越流水対策用の堰は雨天時下水を下水処理場や放水路で遮集して放流負荷量を最も効果的に削減できるように、シミュレーション結果に基づいて、 $3Q_s$ から $6Q_s$ の下水を遮集できる構造としている。

そこで、このような既存下水管路からの分水制御施設に浸水対策用と合流式下水道越流水対策用の二つの分水堰を設けた大規模雨天時下水幹線の浸水対策、合流式下水道越流水対策効果を検討する。

(2) 解析モデル

大規模雨天時下水幹線の浸水対策、合流式下水道越流水対策効果を明らかにするためには、雨天時下水流出水量、負荷量の時系列データが必要となる。ここでは、雨天時下水流出解析モデルとして筆者らが既存の修正RRL法を浸水発生を考慮できるように改良した

モデル¹⁾、汚濁負荷解析には土研モデル^{12,13)}をベースに雨天時のノンポイント汚染源負荷流出を考慮できるように筆者らが改良・開発した汚濁負荷流出モデルを用いた。計算時間間隔は1時間であり、修正RRL法で用いる有効降雨モデルでは無降雨時間が6時間を越えた時点で凹地貯留量を0mmにした。

対象モデル流域は流域の都市化が著しく、浸水対策、合流式下水道越流水対策どちらも必要とされているA合流式下水道流域とする。A流域は面積190ha、不透透面積率66%の平坦な住商混合地域であり、流域内には高速道路をはじめ多数の幹線道路がある。

検討対象降雨はA流域で平年並みの降雨量を記録した1993年度1年間の降雨とする(総降雨量:1378.4mm, 降雨回数100回, 降雨日数112日)。

各モデルの諸係数値はモデル流域における実測結果を用いて同定した。同定した諸係数値を表-1に、同定シミュレーションの一例を図-1に示す。

(3) 現状解析

対象A合流式下水道流域での現状の雨天時下水流出とその処理状況を、年間連続シミュレーションを行い明らかにした。

A合流式下水道流域の処理場では、 $1Q_{ST}$ (Q_{ST} = 下水処理場流入点での晴天時時間最大汚水量; $1.26 \times 10^3 m^3/hr$) までの流下下水は高級処理を行い、 $1Q_{ST}$ から $3Q_{ST}$ までの流下下水(流量としては $2Q_{ST}$ 相当)は簡易処理を行っている。 $3Q_{ST}$ を越える流下下水は河川へ直接放流している。

高級処理放流水質をBOD10ppm、簡易処理の負荷除去率を30%と設定し、解析した結果、各処理量は表-2に示す値となった。

雨天時流出は水量で26.2%、負荷量では17.6%を占め、処理後の放流負荷量では雨天時下水由来のものが50.9%と全放流負荷量の半分にもなっている。

また、A合流式下水道流域では $20Q_{ST}$ ($25.2 \times 10^3 m^3/hr$) を越えるような雨天時流出では浸水発生の危険性が高い。このような流出が生じる雨天時における流下水量と処理下水量の経時変化の例を図-2、3に示す。ピーク流出時には $20Q_{ST}$ を大きく越えており、未処理の河川直接放流量も非常に多くなっている。このような浸水発生の危険性が高い降雨は、対象とした1993年度には5降雨あった。

(4) 大規模雨天時下水幹線設置による浸水対策、合流式下水道越流水対策効果

a) 大規模雨天時下水幹線の配置

対象A合流式下水道流域に浸水対策と合流式下水道越流水対策を目的とする大規模雨天時下水幹線を

表-1 モデルの諸係数値

修正RRL法		
有効降雨モデル	不浸透域・凹地貯留量	5mm
	浸透域・凹地貯留量	10mm
	浸透域・浸透速度	20mm/hr
貯留関数	K=0.30	p=0.66
汚濁負荷流出モデル(BOD)		
地表面系	負荷流出係数	0.28
	限界有効降雨強度	0.1mm/hr
	補給負荷量	3kg/ha/day
	初期堆積負荷量	5kg/ha
管きよ系	負荷流出係数	1.81×10^{-10}
	限界流量	$0.06 m^3/sec$
	補給負荷量	79.0kg/hr

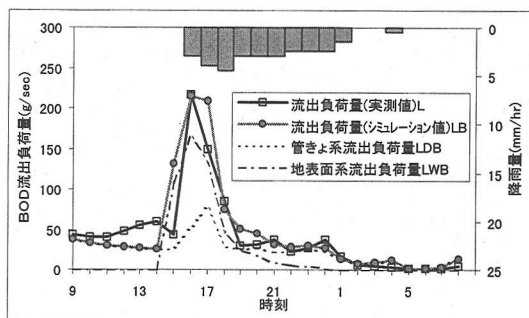


図-1 モデルの諸係数同定シミュレーション

表-2 現況の年間下水流出・処理状況

		水量	負荷量	水質
		($\times 10^3 m^3$)	BOD(ton)	BOD(ppm)
流出	晴天時汚水	5,807 (73.8%)	625.4 (82.4%)	108
	雨天時流出	2,063 (26.2%)	133.4 (17.6%)	65
	計	7,870 (100.0%)	758.8 (100.0%)	
処理	晴天時高級処理放流水	5,807 (73.8%)	58.1 (49.1%)	10
	雨天時高級処理放流水	384 (4.9%)	3.8 (3.3%)	10
	簡易処理放流水	713 (9.1%)	32.4 (27.4%)	45
	河川直接放流水	966 (12.3%)	23.8 (20.2%)	25
	計	7,870 (100.0%)	118.2 (100.0%)	

設置した場合の効果をシミュレーション解析により明らかにする。

大規模雨天時下水幹線は既存下水管路の流下能力不足を補うために設置されるため、流域のあるエリアからの流出下水を下流側へバイパスするように計画される。このため合流式下水道越流水対策を目的とする雨水滞水池等のように流域の最下流部(処理場等の直前)には設置されない。そこで、大規模雨天時下水幹線は図-4のように上中流部からの流出下水を処理場までバイパスするように設置することを想定する。

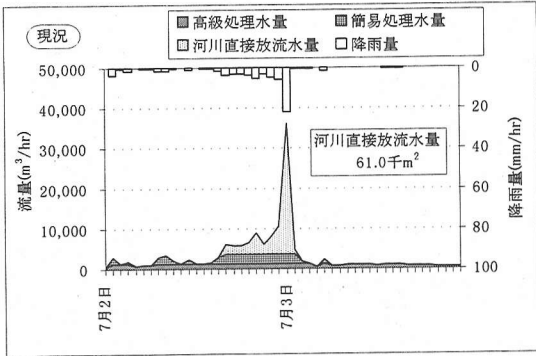


図-2 雨天時流下水量・処理下水量の経時変化 (現況)

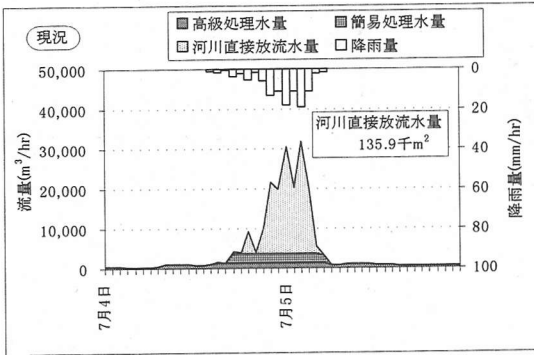


図-3 雨天時流下水量・処理下水量の経時変化 (現況)

b) 既存下水管路から大規模雨天時下水幹線への分水構造

対象降雨年における分水堰地点の流量区分別の年間下水流出量, 流出負荷量を図-5に示す。10 Q_{sw} (Q_{sw} ; 分水堰位置の晴天時時間最大汚水量) を越えるものは流出下水量で年間総量の3%以下, 流出負荷量では1%以下である。したがって, 合流式下水道越流水対策を考える場合, 10 Q_{sw} を越えるものは考慮する必要はない。

これより, 分水構造は図-6に示すものとする。すなわち, まず, 越流水対策として雨天時下水流出量の内, 10 Q_{sw} から 10 Q_{sw} に相当する流出分を雨天時下水幹線へ分水・貯留させる。さらに流出量が増加した場合には, 浸水対策として 20 Q_{sw} より多い流出分を雨天時下水幹線へ分水・貯留させる制御方式である。

したがって, 流出下水量が 10 Q_{sw} を越えると大規模雨天時下水幹線への分水流入が始まる。流下水量が増加して 10 Q_{sw} を越えると 10 Q_{sw} より多い流下水量分は分水流入せず, 下流側施設へ流下する。さらに流下水量が増加して 20 Q_{sw} を越えると今度は浸水対策用堰から 20 Q_{sw} を越える流下水量が大規模雨天時下水幹線へ分水・流入する。

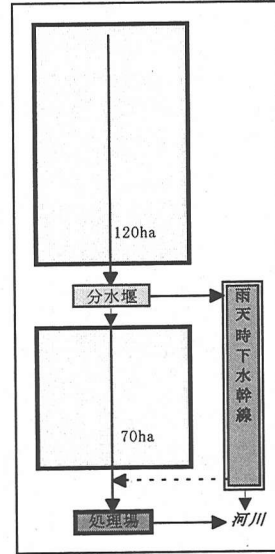


図-4 対象流域と大規模雨天時下水幹線の配置

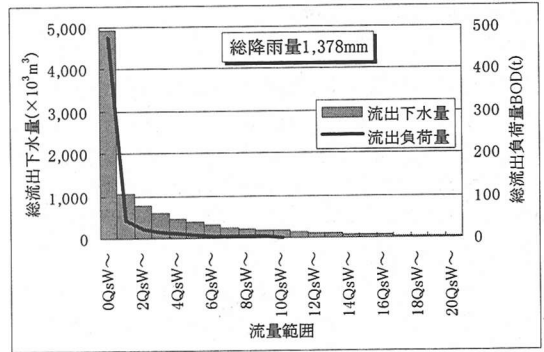


図-5 分水堰設置地点の年間総流出下水量, 負荷量

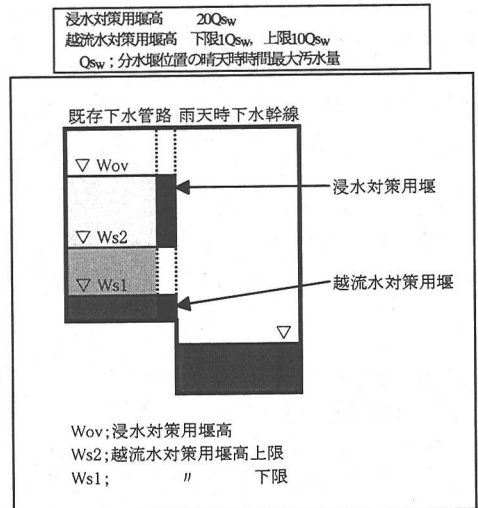


図-6 分水堰の構造

c) 前提条件

解析に当たって、以下の前提条件を設定した。

- ①大規模雨天時下水幹線内に流入した下水は完全混合する。
- ②浸水対策用堰から大規模雨天時下水幹線へ下水が流入した場合には、貯留下水は処理場へ送水せず降雨終了後に直接河川へ放流する。この時の放流量は晴天時汚水量を考慮して $1,000\text{m}^3/\text{hr}$ とする。
- ③合流式下水道越流水対策用堰から大規模雨天時下水幹線へ下水が流入した場合には、降雨後にその時間帯の送水可能水量ずつ貯留下水を処理場へ送水し、高級処理後に河川へ放流する。
- ④大規模雨天時下水幹線の貯留下水量がその貯留容量に達した後は、分水堰（浸水対策用、合流式下水道越流水対策用）を越えるような流出があっても雨天時下水幹線へは分水せず、下流側施設へ流下させる。

大規模雨天時下水幹線に分水・貯留された下水は、汚水に加えて、雨水流出に伴い流出したノンポイント汚染源負荷も含むため、処理を行って放流する必要がある。しかし、この貯留下水を受け入れる処理場は、近年の水消費量の増加や市街地の高度利用等によって、処理能力の余裕が少ない状態になっている。そのため、処理場に余裕のある時間帯にしか、貯留下水を受け入れることはできない。

そこで、雨天時下水幹線貯留水の処理場への送水状況もシミュレーションモデルに組み込んで、雨天時下水幹線の合流式下水道越流水対策、雨天時初期汚濁下水対策効果を評価する。

図-7には対象とするA合流式下水道流域の流末ポンプ場への流入水量経時変化を示す。この晴天時流量変動より、本研究では、降雨後に大規模雨天時下水幹線に貯留した雨天時下水の降雨後の処理場への送水は、晴天時流量の少ない13時から翌朝6時の17時間だけ行うと設定した。この時間帯の総送水量は $11.5 \times 10^3\text{m}^3$ である。

d) 解析方法

上記前提条件下で、各分水制御方法の合流式下水道の改善効果を検討する。

年間の時系列降雨データを用いて、時間ステップ1時間で、以下の解析をシミュレーションにより行う。

- 大規模雨天時下水幹線への分水・貯留
- 貯留水の処理場への送水

これより、年間の合流式下水道の改善効果と貯留水の送水状況を検討する。

e) 解析結果

年間解析結果を表-3に示す。大規模雨天時下水幹

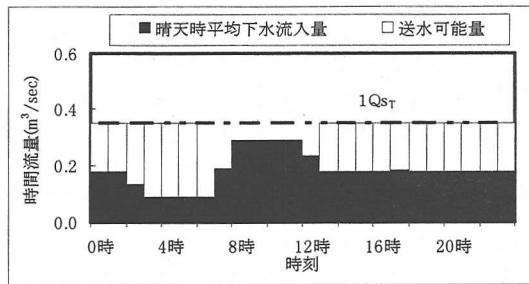


図-7 晴天時流量と処理場送水可能量

表-3 大規模雨天時下水幹線設置時の年間下水処理状況

	水量 ($\times 10^3\text{m}^3$)	負荷量 BOD(ton)	水質 BOD(ppm)
晴天時高級処理放流水	5,807 (73.8%)	58.1 (60.0%)	10
雨天時高級処理放流水	888 (11.3%)	8.9 (9.2%)	10
簡易処理放流水	538 (6.8%)	18.4 (19.0%)	34
河川直接放流水	638 (8.1%)	11.5 (11.9%)	18
計	7,870 (100.0%)	96.8 (100.0%)	

()内は構成比

線設置により、公共用水域への年間BOD負荷放流量は $118.2\text{ton} \Rightarrow 96.8\text{ton}$ (18%減)

と減少した。これは、雨天時流出下水を大規模雨天時下水幹線に貯留し、高級処理した結果である。

さらに、簡易処理放流負荷量と河川直接放流負荷量は次のように大きく減少した。

- 簡易処理放流負荷量 $32.4\text{ton} \Rightarrow 18.4\text{ton}$ (43%減)
- 河川直接放流負荷量 $23.8\text{ton} \Rightarrow 11.5\text{ton}$ (52%減)

このように、既設下水管路から大規模雨天時下水幹線への分水堰を浸水対策と合流式下水道越流水対策の2通り設置する方法により、合流式下水道越流水対策において十分な効果が得られることが明らかになった。

しかし、この制御方法では、強雨時に流出下水量がピークとなる前に貯留容量が合流式下水道越流水対策用堰から分水流入した下水により一杯になり、本来の目的である浸水対策用に施設を運用できない場合があった。例えば、 $20Q_{sw}$ を越えるような流出の生じた雨天時における流下下水量の経時変化は図-8、9のようになった。

これらの雨天時では、ピーク流下下水量は現況と同じであり、大規模雨天時下水幹線が浸水対策機能を発揮していない。したがって、大規模雨天時下水幹線により浸水対策の機能を損なわない範囲で合流式下水道越流水対策機能を持たせるためには、雨天時下水流出状況を踏まえた分水制御方法を検討する必要がある。

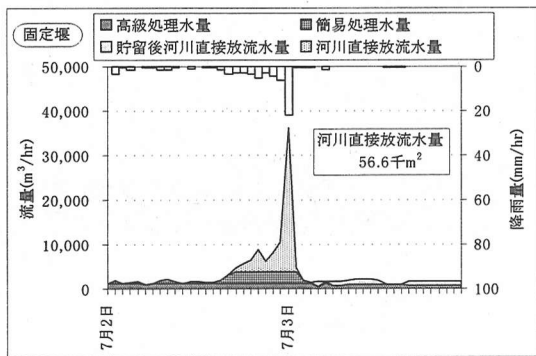


図-8 雨天時流下水量・処理下水量の経時変化
(大規模雨天時下水幹線設置時；固定堰による分水制御)

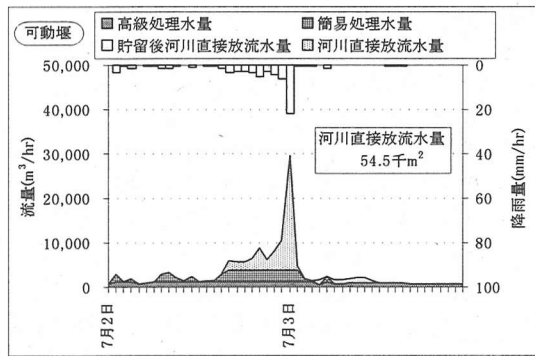


図-10 雨天時流下水量・処理下水量の経時変化
(大規模雨天時下水幹線設置時；可動堰による分水制御)

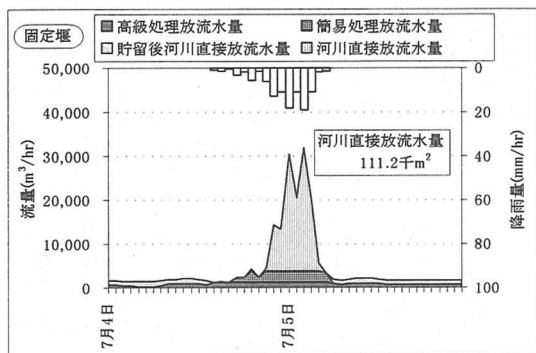


図-9 雨天時流下水量・処理下水量の経時変化
(大規模雨天時下水幹線設置時；固定堰による分水制御)

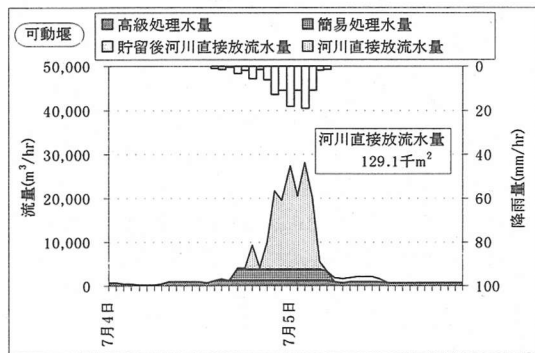


図-11 雨天時流下水量・処理下水量の経時変化
(大規模雨天時下水幹線設置時；可動堰による分水制御)

4. 分水制御方法の変更による大規模雨天時下水幹線による合流式下水道の改善

(1) 可動堰による分水制御

大規模雨天時下水幹線により浸水対策と合流式下水道越流水対策の両方に対応するには、それぞれの対策において適正な流量を施設に流入させる必要がある。

すなわち、浸水対策では浸水を生じさせるような大流量時のピーク分だけを流入させ、合流式下水道越流水対策では $1Q_{sw}$ を越える流量分を流入させることである。

一般に、わが国では、浸水対策が必要となるような降雨は梅雨から台風シーズンの間に生じることが多い。A合流式下水道流域においても、浸水発生の危険性が高い $20Q_{sw}$ を越えるような流出の生じる降雨は6月から9月の間に集中している。そこで、既存下水管路の分水堰を可動堰とし、浸水対策が必要な季節には堰高を上げ、浸水対策の必要性が低い季節には堰高を下げて合流式下水道越流水対策用とする制御方法を検討する。すなわち、次の分水構造とする。

ケース1
6月から9月 浸水対策用堰高 $20Q_{sw}$
10月から5月 越流水対策用堰高 下限 $1Q_{sw}$, 上限 $10Q_{sw}$
ケース2
6月から9月 浸水対策用堰高 $20Q_{sw}$
10月から5月 越流水対策用堰高 下限 $1Q_{sw}$, 上限 $5Q_{sw}$

(2) 解析結果

a) 浸水対策効果

$20Q_{sw}$ を越えるような流出の生じた雨天時における流下水量の経時変化は図-10, 11のようになった。なお、浸水対策効果の検討はケース1についてのみ実施した。

堰高が浸水対策用に $20Q_{sw}$ に設定されているため、流下水量がピークとなるあたりから大規模雨天時下水幹線への分水・流入が始まる。このため、ピーク流量が減少している。浸水対策用と合流式下水道越流水対策用の堰により大規模雨天時下水幹線への分水を行う場合（以下、「固定堰による分水」とする）、

および分水堰を可動式として季節により浸水対策用堰と合流式下水道越流水対策用堰を使い分ける場合（以下、「可動堰による分水」とする）の雨天時下水流出抑制効果を比較して表-4に示す。対象降雨は1993年度で最も最大雨天時下水流出量の大きい2降雨である。

固定堰による分水の場合には、2降雨共に、大規模雨天時下水幹線が浸水対策用として機能する前に合流式下水道越流水対策として分水流入した下水により貯留容量が満杯になって、雨天時ピーク下水流出を抑制できていない。

一方、可動堰による分水では、ピーク河川直接放流量（下水道で処理できない流出量）は

降雨1 $32.3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hr} \Rightarrow 25.9 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hr}$ (20%減)

降雨2 $28.2 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hr} \Rightarrow 24.3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hr}$ (14%減)

と減少している。大規模雨天時下水幹線へは流域全体の63%の地域からの流出分だけを分水させていることを考慮すると、浸水対策効果は高いと評価できる。

b) 合流式下水道越流水対策効果

年間解析結果を表-5に示す。大規模雨天時下水幹線設置により、公共用水域への年間BOD負荷放流量は現況に比較して次のように減少した。

118.2ton \Rightarrow ケース1 106.5ton (10%減)

ケース2 107.3ton (9%減)

また、簡易処理放流負荷量、河川直接放流負荷量はそれぞれ次の量になった。

簡易処理放流負荷量

32.4ton \Rightarrow ケース1 24.6ton (24%減)

ケース2 24.4ton (25%減)

河川直接放流負荷量

23.8ton \Rightarrow ケース1 17.3ton (27%減)

ケース2 18.8ton (21%減)

これらの削減量は、固定堰による分水の場合と比較すると小さいが、簡易処理放流負荷量と河川直接放流負荷量を約3/4にできている。

(3) 浸水対策と合流式下水道越流水対策の両立

a) 季節による堰高変更の効果

これまでの検討により、既存下水管路からの分水制御方法を、降雨発生状況に応じて変更すれば、大規模雨天時下水幹線を浸水対策用にも合流式下水道越流水対策用にも使えることが明らかになった。分水制御方法を固定した場合と変動させた場合の河川への放流量、負荷量の内訳は図-12、13に示すようになる。

可動堰により季節的に分水堰高を変更しても、固定堰による分水の場合に比較して各処理水量の増減は少ない。雨天時の高級処理水量は固定堰による分水の場合に比較して30%程度減少し（ケース1；-27%、

表-4 雨天時下水流出抑制効果

	降雨1	降雨2	
総降雨量(mm)	71.5	108	
時間最大降雨強度(mm/hr)	22.0	19.0	
ピーク流量 (km^3/hr)	現況	32.3	28.2
	固定堰による分水	32.3	28.2
	可動堰による分水	25.9	24.3

表-5 可動堰により分水制御する大規模雨天時下水幹線設置時の年間下水流出・処理状況

[ケ-1]

	水量 ($\times 10^3 \text{ m}^3$)	負荷量 BOD(ton)	水質 BOD(ppm)
晴天時高級処理放流水	5,807 ($\pm 0.0\%$)	58.1 ($\pm 0.0\%$)	10
雨天時高級処理放流水	647 (-27.2%)	6.5 (-27.2%)	10
簡易処理放流水	621 (+15.5%)	24.6 (+33.8%)	40
河川直接放流水	796 (+24.8%)	17.3 (+51.1%)	22
計	7,870 ($\pm 0.0\%$)	106.5 (+10.0%)	

[ケ-2]

	水量 ($\times 10^3 \text{ m}^3$)	負荷量 BOD(ton)	水質 BOD(ppm)
晴天時高級処理放流水	5,807 ($\pm 0.0\%$)	58.1 ($\pm 0.0\%$)	10
雨天時高級処理放流水	602 (-32.2%)	6.0 (-32.2%)	10
簡易処理放流水	613 (+14.1%)	24.4 (+32.9%)	40
河川直接放流水	848 (+33.0%)	18.8 (+64.1%)	22
計	7,870 ($\pm 0.0\%$)	107.3 (+10.9%)	

()内は固定堰の場合に対する増減比

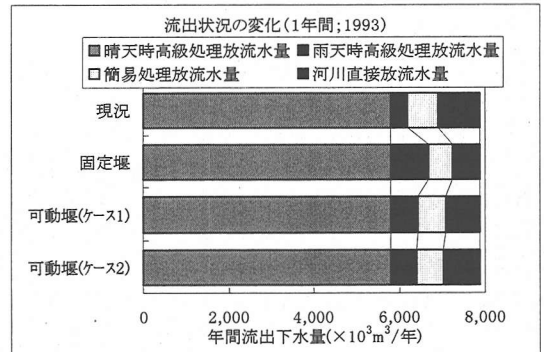


図-12 分水制御方法による処理水量の相違

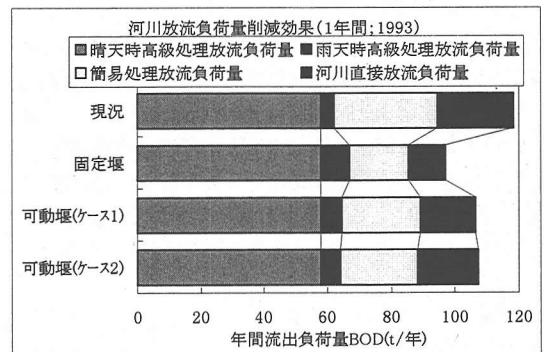


図-13 分水制御方法による処理放流負荷量の相違

ケース2；-32%）、簡易処理放流量は固定堰の場合の約15%増、河川直接放流量は25~33%増に収まっている。

可動堰の場合の雨天時高級処理放流負荷量は固定堰の場合より30%前後減少し、反対に簡易処理放流負荷量は約33%、河川直接放流負荷量は50~60%増加するものの、河川への全放流負荷量でみると約10%の増加にすぎない。

すなわち、1年間の2/3を占める少雨期のみ合流式下水道越流水対策用に大規模雨天時下水幹線を用いる方法でも、年間を通じて合流式下水道越流水対策に施設を用いる場合の1/2~2/3の効果は得られる。

b) 越流水対策時の分水量の上限

大規模雨天時下水幹線を越流水対策に用いる場合の分水量の上限について、 $10Q_{sw}$ と $5Q_{sw}$ の2通りについて検討したが、年間の総河川放流負荷量は大差なかった。これは、分水堰上限を $10Q_{sw}$ とした場合はこれを $5Q_{sw}$ とした場合に比較して、河川直接放流負荷量は少なくなるが、多くの雨天時下水を幹線に取り込むことによって雨天時高級処理放流負荷量、簡易処理放流負荷量が多くなるためである。

したがって、越流対策時の分水量の上限値は、幹線容量や処理場の処理能力に余裕のある場合には $10Q_{sw}$ 程度と高く設定し、あまり余裕のない場合には少ない貯留量で効果を発揮できる $5Q_{sw}$ 程度の分水量上限とするのが好ましい。

c) 浸水対策と合流式下水道越流水対策の両立のための制御方法

固定堰の場合に比較して可動堰の場合の方が流出雨天時下水量当たりの簡易処理放流負荷量（＝簡易処理水の平均BOD濃度）および同水量当たりの河川直接放流負荷量（＝河川直接放流水の平均BOD濃度）がそれぞれの水量に比較して相対的に多いのは、可動分水堰を浸水対策用に設定した期間の雨天時初期汚濁下水を簡易処理あるいは直接放流していることによる。

これに対しては、季節的な降雨発生状況よりさらにきめ細かな制御方法を設定することや、雨天時初期汚濁下水のみを大規模雨天時下水幹線に分水させるように、降雨中に分水堰高を変更する方法が考えられる。しかし、分水構造を頻繁に変動させることや、雨天時に変更することは、技術的な問題や安全性確保の問題があり現時点では困難である。したがって、現時点では今回の制御方法で示した、1年間を多雨期と少雨期に分けて制御方法を設定する程度が現実的である。

5. 結論

公共用水域の水質保全に対するニーズは高く、合流

式下水道からの越流水の問題は早急に解決すべきである。この問題に対して、大規模雨天時下水幹線を利用するための既存下水管路からの分水制御方法について検討した。

分水制御施設に浸水対策用の分水堰と併せて合流式下水道越流水対策用の分水堰を設置すると、合流式下水道越流水対策と浸水対策を両立できるものの、施設容量が不十分であると、浸水対策として施設を利用したい時点で既に貯留容量に空きがなくなり、浸水対策が行えない可能性があった。

そこで、分水堰を可動式として、多雨期には浸水対策用として堰高を高くし、少雨期には合流式下水道越流水対策用に堰高を低くする制御方法を検討した。この制御方法では多雨期には浸水対策に施設の貯留能力をフルに活用できることから、浸水防除効果は高い。また、1年間の2/3は合流式下水道越流水対策用の施設とできるため、合流式下水道越流対策にも効果がある。

可動堰による分水制御方法を用いると、浸水発生の危険性は確実に低下でき、固定堰の場合に比較すると低いものの、合流式下水道越流水対策効果も得られる。

今後、さらに、降雨発生特性や流出状況を踏まえて、降雨初期は分水堰高を低くし、降雨中盤から後半は堰高を高くするなどリアルタイムな制御方法を検討すれば、固定堰による分水の場合に匹敵する合流式下水道越流水対策効果を得ることも可能である。

浸水被害と合流式越流の問題の市民生活への影響の深刻さを考慮すると、まず浸水対策を優先する必要がある。したがって、浸水対策と合流式下水道越流水対策を両立させるためには、今回提案した制御方法のように、浸水対策を優先しつつ、対象地域における降雨発生特性、雨天時下水流出特性とその季節的な変動を解析して、それに合わせた制御方法を見出し、可能な限り合流式下水道越流水対策も行っていくことが重要である。

謝辞：最後に、本研究の遂行に当たり、種々の面からお世話になった方々、貴重な資料等を御提供いただいた方々に心から謝辞を申し上げます。また、調査・解析に当たっては関西大学大学院学生村岡治道君をはじめ研究室大学院生、学生諸君の協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 和田安彦：ノンポイント汚染源のモデル解析、技報堂出版、1990。
- 2) 和田安彦：ノンポイント負荷の制御、技報堂出版、1994。
- 3) Vladimír Novotný：NONPOINT POLLUTION AND URBAN STORMWATER MANAGEMENT, WATER

- 4) 和田安彦：環境計画—21世紀への環境づくりのコンセプト—, 技報堂出版, 1995.
- 5) 和田安彦：都市の雨水水質管理の動向と課題, 水文・水資源学会誌, Vol.4, No.3, pp.3-14, 1991.
- 6) 高柳枝直, 玉野富雄, 福井聡, 寺川孝：雨天時専用大幹線を利用した越流負荷の削減手法, 下水道協会誌増刊号論文集, No.7, pp.43-55, 1993.
- 7) 原正博：大規模幹線による雨水対策設計例—なにわ大放水路を利用した合流式下水道の改善—, 下水道協会誌, Vol.27, No.312, pp.47-50, 1990.
- 8) 唐牛義夫, 白鳥悟士, 今井健治：札幌市における雨水貯留管, 月刊下水道, Vol.16, No.4, pp.21-26, 1993.
- 9) 大迫健一：池尻幹線・新駒沢幹線の管内貯留による雨天時初期汚濁対策および浸水対策としての暫定利用, 月刊下水道, Vol.14, No.5, pp.26-32, 1991.
- 10) 山本正, 米澤康雄：流域下水道増補幹線による合流改善方策について, 第31回下水道研究発表会講演集, pp.811-813, 1994.
- 11) 三浦浩之, 和田安彦：修正RRL法による浸水を考慮した都市域下水の流出解析, 土木学会論文集, No.533/II-34, pp.205-214, 1996.2.
- 12) 建設省都市局下水道部監修, 合流式下水道越流水対策と暫定指針—1982年版—, 日本下水道協会.
- 13) 渡辺政広, 藤田和博, 時尾嘉弘：都市下水道流域の汚濁負荷流出モデル, 愛媛大学工学部紀要, pp.251-260, Vol.13, 1994.

(1996. 6. 4受付)

AN APPROPRIATE CONTROL METHOD OF THE LARGE SCALE TRUNK LINE FOR WET WEATHER FLOW TO REDUCE COMBINED SEWERAGE OVERFLOW

Yasuhiko WADA and Hiroyuki MIURA

The underground large scale storm-water trunk lines are constructed as storm-water reservoirs for flood control. In this paper, we examined an efficient method of control of the overflow weir that distributes a part of wet weather flow into the large scale trunk line for wet weather flow to reduce the combined sewerage overflow. This overflow weir has two function. One is wet weather flow distribution for flood control and another is wet weather flow distribution for reduction of combined sewerage overflow. There are cases that we can not reserve runoff storm-water, since the large scale trunk line was full before peak amount of the wet weather flow occurs at a large rainfall. There, we made a height of the overflow weir high in the rainy season (for a flood control) and also we made a height of a the weir low in the dry season (for a combined sewage overflow control). If applying this control method, we will be able to be compatible the combined sewage overflow control with the flood control by the underground large scale trunk line for wet weather flow.