

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

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)

都市域の水環境改善を目的に、雨水貯留施設を用いてノンポイント汚染源負荷の流出制御を行うための制御方法を検討した。貯留施設の貯留容量をファーストフラッシュ用の一次貯留分とピーク流出用の二次貯留分に分ける2段階貯留方式を用い、それぞれの貯留容量、貯留開始流量を適切に設定すれば、ノンポイント汚染源負荷の流出量削減に効果があることを明らかにした。また、2段階貯留方式は大規模雨水貯留施設を用いた合流式下水道改善としても有効であった。

Key Words : storm runoff control, non-point pollution sources, storm-water reservoir, rainfall infiltration facilities, combined sewer system, overflow

1. はじめに

わが国では、土地価格が高水準にあることから、建物や社会インフラの地下空間への進出がなお一層進むことが予想される。また、近年の情報化の発達により都市内には各種情報網が張り巡らされており、多様な情報関連設備が設置されているが、それらの大半は地下にある。このため、都市で一旦浸水が発生すると、単に建物などの浸水に留まらず、ライフラインの被災による都市経済活動の停滞、情報網の寸断等による情報の混乱等、その被害は深刻なものとなる。

また、都市域では、温暖化やヒートアイランド現象の顕在化等により集中豪雨等が発生しやすくなっていると言われている。

このため、都市での雨水排除の重要性はこれまで以上に高まっており、都市での雨水排除の一翼を担う雨水貯留浸透施設も重要度を増してきている。

一方、都市における雨水流出では、不浸透面積の増大、流出経路の整備等による浸水氾濫といった量的な問題と共に、雨水流出に伴う汚濁負荷の公共用海域への流出割合の増加という質的な問題がある。特に人口30万人以上の都市においてかなりの割合で採用されている合流式下水道では、雨天時越流負荷による公

共用水域の水質汚濁が問題である。

これらの雨天時流出汚濁負荷の供給源の一つがノンポイント汚染源負荷である。都市でのノンポイント汚染源負荷の流出は、屋根、道路や道路側溝、排水路や下水管きょ内に堆積した汚濁物質が雨水流出と共に下流水域へ流出することにより生じる。さらに、道路面からのノンポイント汚染源負荷には重金属や有害な有機化合物が含まれている^{1)~3)}。

したがって、都市での雨水流出水質管理を行うには、合流式下水道からの越流の抑制とノンポイント汚染源負荷の流出を制御することが必要であり、これらは下水道が果たすべき重要な役割である。

現在、大都市域では都市型水害の軽減・防止のため、地下貯留池や大規模な地下雨水幹線が次々と建設されている。これらの貯留施設は年に数回程度の強雨時に用いられるだけであり、その他の降雨時には機能しない。そのため、一部の大規模雨水貯留施設では本来の目的である雨水排除機能、浸水防除機能を阻害しないことを前提に、雨天時汚濁負荷削減を目的に雨天時下水の貯留施設としての利用が考えられている^{4)~7) 9)}。また、そのための制御方法として、既存下水管きょから雨水貯留施設への分水を、浸水対策用と合流式下水道改善用とに分けて行う方式も検討されている^{4) 9)}。

本論文では雨水流出の量・質対策を両立させるための雨水貯留施設の制御方法を検討し、その効果をシミュレーション解析により評価した。これにより、雨水貯留施設への雨天時汚濁負荷の効果的な流入・貯留方式を明らかにした。

2. 雨水貯留施設によるノンポイント汚染源負荷対策

(1) 基本的な考え方

浸水対策を主眼として建設された雨水貯留施設においても、施設への雨水の分水方法や貯留雨水の処理方法等に配慮すれば、質対策にも運用できる^{4~7, 9)}。これらの大規模雨水幹線は、流出雨水量が既存の下水管渠の能力を超えた場合のみ使用されるため、使用頻度は低い。このため、既存下水管渠きよからの分水構造を変更して小降雨時に雨天時初期下水を施設に流入させるように改良し、雨水と共に汚濁負荷を貯留して、雨天時負荷対策（合流式下水道越流水汚濁負荷削減対策とノンポイント汚染源負荷削減対策）に利用することが可能となる。

雨水貯留施設をノンポイント汚染源負荷対策として用いるには、その施設設計、運用上で、以下のような事項に配慮する必要がある。

a) 量・質併用型への機能拡大

大都市の雨水貯留施設は浸水対策と質対策の併用型とする。質対策は単に合流式改善対策に留まらず、広く非特定汚染源負荷を含む都市の雨天時流出負荷全体の制御を行っていくという考えが必要である。

分流式下水道地域においてもノンポイント汚染源負荷による汚濁の可能性は高く、公共水域の環境対策の視点から、今後、設置される雨水貯留施設は浸水対策のためだけでなく、雨天時の流出汚濁物質を除去する滞水池のような機能を持ったものでなくてはならないと思われる。

b) ノンポイント汚染源負荷流出特性を考慮した施設設計

雨水貯留施設の設計では、降雨パターンと地域の流出特性によるハイドログラフ形状の違いを得られる流出モデルを用いる。特に、ノンポイント汚染源負荷対策を行うために、降雨パターンや先行晴天日数、地域の汚濁特性等を考慮する流出負荷モデルを選択する。

c) 適切な維持管理の実施

雨水の貯留によって雨水貯留施設底に蓄積される堆積物は汚濁負荷を高濃度で含み、悪臭の発生や貯留容量の減少を招く。したがって、雨水貯留施設をノンポイント汚染源負荷対策としても運用する際には、今

まで以上に雨水貯留施設を適正に維持管理し、適時この沈殿堆積汚濁物質を施設外へ排出することが必要である。しかしながら、雨水貯留施設は地下にあるものが大半であり、施設内の清掃は困難が伴い、完全に除去されにくい。したがって、維持管理のしやすい貯留施設設計を行う必要がある。例えば、貯留水の一部を洗浄水として利用するための装置を付加したり、小型ブルドーザー等を施設内に導入しやすい施設構造とする等が考えられる。

d) 降雨の予測による施設の効率的運用

流入下水、雨水の量と水質を的確に予測できれば、公共水域の水質保全と浸水対策によってより一層効果的な雨水貯留施設の運用が可能となる。現在、降雨の状況を把握するために、アメダスによる降雨情報や建設省等の広域雨量レーダーの情報が実際に利用できるようになっている。これとその地域の雨水流出予測モデルとを連携させて、制御すべき水量や制御すべき時期を予測したり、施設内に貯留した雨水を適宜排水させる等の制御を行って、雨水貯留施設の持つ能力をフルに活用できるようにすべきである。

(2) ノンポイント汚染源負荷対策のための貯留施設への分水制御方法

a) 合流式下水道越流水対策における分水制御方法

雨水貯留施設を用いた雨天時汚濁負荷制御として合流式下水道越流水対策に用いた事例がある。

大阪市では雨水排除目的で建設された雨天時専用大幹線管きよを越流水対策に用いるため、汚濁物除去効果の定量的検討を行い、最も効率良く雨天時汚濁負荷を捕捉できる流入方式として、3~6Qsh (Qsh : 時間最大流入下水量) の雨天時流出分の分水方式を採用している¹⁰⁾。京都市では浸水対策と越流水対策を兼ね備えた貯留管を建設している。そこでの既設幹線からの分水は、時間最大汚水量の1~5倍としている¹¹⁾。東京都では管きよの遮集量を上回る降雨初期の高濃度越流水を一時貯留するため、遮集量（時間最大汚水量の3倍）を超えるものの8mm分相当の降雨初期流出雨水を貯留する計画を示している⁸⁾。また、札幌市では比較的小降雨が多いことから、計画汚水量を越えた初期雨水を貯留する方法を採用している⁹⁾。

これらの分水制御方法はいずれも固定されたものであるが、大阪府では従来の固定化された制御ではなく、季節的な降雨特性変化を踏まえて分水堰高を変更する制御法を検討し、その導入を進めている。

b) 分流式下水道の雨水汚濁対策における分水制御方法

現在、分流式下水道における雨水汚濁対策として、ノンポイント汚染源負荷により汚濁した初期雨水を

貯留施設に流入させる事業が進められている¹⁰⁾。しかし、その制御は単純に初期雨水流出5mm分を貯留するものであり、雨天時の汚濁負荷流出の効率的な取り込みまでは検討されていない。

c) ノンポイント汚染源負荷制御のための分水制御方法

ノンポイント汚染源負荷制御のために雨水貯留施設を活用する場合の貯留施設への雨天時流出水の流入方式の検討において考慮しなければならない事項は、限られた容量の中でどれだけ汚濁の著しい流出水を施設へと導流できるかである。

ノンポイント汚染源負荷は雨天時の流出開始直後に汚濁濃度の高い雨水が流出する特性がある。この初期汚濁水を貯留施設へ取り込むには降雨開始直後から全量流入させる方式が適する。しかし、降雨開始後しばらく降雨強度の弱くない状態が続き、その後ピークとなるような降雨波形では、降雨の後半に大規模なノンポイント汚染源負荷の流出が生じることもある。このような場合には、降雨開始時から貯留施設への流出水の全量を取り込んでいくと、肝心の降雨後半の流出ピーク時には既に施設容量に余裕がなくなっている事態も生じる。

ノンポイント汚染源負荷制御のためには、これらの事項を踏まえた分水制御方法を見出すことが重要である。

3. 分流式下水道域における雨水貯留の段階化による量、質対策の両立

(1) 対象排水区と対象降雨

分流式下水道排水区における降雨時のノンポイント汚染源負荷の流出特性をもとに、ノンポイント汚染源負荷対策を行う場合の貯留施設への流入方式を検討した。

対象地域は、A住宅団地内のB調整池流入区域（面積71ha、住宅用地44%、最大流達時間 560sec.）である。対象地域の用途地域別面積を表-1に示す。調査は住宅開発に伴って設置されたB調整池への流入水路において実施した。この水路は平常時は流水がなく、雨天時のみ流水がある。したがって、調査した流出負荷はすべてノンポイント汚染源由来のものである。

対象とした25降雨の特性は表-2に示すものである。まとめると次のようになる。

降雨量 0.5mm～36.0mm

平均降雨強度 1.0 mm/hr～8.4 mm hr

平均流出水量 3,349m³/降雨

平均流量 810m³/hr

表-1 対象地域の用途地域別面積

| | 面積(ha) | 比率(%) |
|-------------|--------|-------|
| 住宅用地 | 31.2 | 44.0 |
| 特定業務施設用地 | 0.5 | 0.6 |
| その他公共公益施設用地 | 6.5 | 9.1 |
| 教育施設用地 | 2.9 | 4.0 |
| 道路用地 | 16.3 | 23.0 |
| 公園用地 | 6.4 | 9.0 |
| 緑地用地 | 7.3 | 10.3 |
| 総計 | 71.0 | 100.0 |

表-2 対象降雨の諸特性

| No. | 総降雨量 (mm) | 降雨継続時間 (hr) | 平均強雨強度 (mm/hr) | 10分間最大降雨強度 (mm/hr) | 流出率 (%) | 平均BOD濃度 (ppm) |
|-----|--------------|----------------|-------------------|-----------------------|------------|------------------|
| 1 | 13.5 | 10.2 | 1.3 | 6.0 | 0.39 | 9.2 |
| 2 | 33.5 | 7.8 | 4.3 | 21.0 | 0.40 | 12.1 |
| 3 | 0.5 | 0.2 | 3.0 | 3.0 | 0.51 | 11.0 |
| 4 | 0.5 | 0.2 | 3.0 | 3.0 | 0.60 | 15.2 |
| 5 | 12.0 | 5.0 | 2.4 | 6.0 | 0.35 | 9.5 |
| 6 | 6.0 | 2.0 | 3.1 | 9.0 | 0.32 | 6.4 |
| 7 | 24.5 | 10.7 | 2.3 | 6.0 | 0.39 | 7.6 |
| 8 | 14.5 | 5.2 | 2.8 | 20.0 | 0.29 | 6.1 |
| 9 | 10.0 | 4.5 | 2.2 | 10.0 | 0.32 | 7.1 |
| 10 | 36.0 | 5.2 | 7.0 | 30.0 | 0.30 | 3.4 |
| 11 | 5.0 | 4.8 | 1.0 | 20.0 | 0.27 | 9.6 |
| 12 | 9.5 | 1.3 | 7.2 | 30.0 | 0.29 | 4.6 |
| 13 | 29.5 | 5.2 | 5.7 | 42.0 | 0.31 | 4.3 |
| 14 | 13.0 | 6.2 | 2.1 | 20.0 | 0.35 | 4.9 |
| 15 | 9.0 | 1.5 | 6.1 | 24.0 | 0.31 | 5.1 |
| 16 | 5.0 | 2.2 | 2.3 | 10.0 | 0.27 | 5.1 |
| 17 | 26.5 | 3.2 | 8.4 | 30.0 | 0.34 | 5.1 |
| 18 | 34.5 | 3.0 | 11.6 | 60.0 | 0.26 | 3.2 |
| 19 | 5.5 | 0.5 | 11.0 | 20.0 | 0.25 | 10.2 |
| 20 | 19.5 | 1.8 | 10.7 | 20.0 | 0.30 | 3.4 |
| 21 | 5.5 | 3.3 | 1.7 | 20.0 | 0.31 | 3.9 |
| 22 | 12.0 | 5.2 | 2.3 | 20.0 | 0.28 | 5.7 |
| 23 | 10.0 | 5.2 | 1.9 | 18.0 | 0.27 | 6.6 |
| 24 | 14.0 | 3.7 | 3.8 | 20.0 | 0.35 | 3.5 |
| 25 | 14.5 | 5.2 | 2.8 | 20.0 | 0.35 | 3.8 |

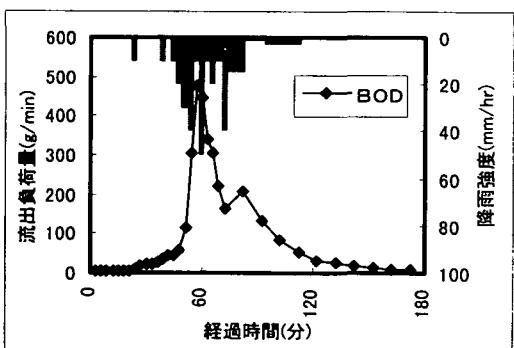


図-1 B調整池流入ポリュートグラフ (BOD)

雨天時のB調整池流入ポリュートグラフの一例を図-1に示す。

(2) 貯留容量別負荷量削減効果

貯留施設への分流開始流量値を段階的に設定し、調査を実施したすべての降雨時を対象に、貯留による流出汚濁負荷の減少量を解析した。同時に施設容量についても各種ケースを設定し、ノンポイント汚染源負荷対策として適切な施設制御方式と施設容量を検討した。

貯留容量を流域換算で 5mm, 7mm, 10mm (それぞれ $3,550\text{m}^3$, $4,970\text{m}^3$, $7,100\text{m}^3$)と設定し、降雨初期から全量を貯留し、貯留施設の容量を超えた時点で河川に放流した場合の流出ノンポイント汚染源負荷量削減効果を検討した。その結果を図-2に示す。25降雨中それぞれ 9, 6, 1 降雨が貯留施設から越流している。全25降雨の総流出負荷量削減率は、BODでそれぞれ71.1%, 82.9%, 94.3%となる。

以上の結果より、貯留施設容量が 7mm以上であれば、排水区域からのノンポイント汚染源負荷流出量の8割以上を削減でき、かなりの効果が期待できる。

(3) 貯留開始高別負荷量削減効果

公共用水域へ流出するノンポイント汚染源負荷を削減するためには、汚濁の著しい初期汚濁水とピーク流出水の両方を貯留施設に流入させる必要がある。そこで、貯留施設への流入を開始する流量を様々に変化させて、効果的な貯留施設運用方法を検討した。

貯留施設への貯留を行う最低流量を流域の単位面積当たりで表した。これを貯留開始高とする。その値を 0mm/hr ~ 6mm/hr まで変化させた場合の公共用水域への総流出負荷量を、貯留容量別(流域換算5mm, 7mm, 10mm)に求めた。その結果を図-3に示す。降雨開始直後からの全ての流出水量を貯留施設へ流入させた場合が最も負荷削減率が高い結果となった。貯留容量を流域換算7mm、貯留開始高を 0mm/hr と設定した場合、汚濁負荷の削減率は

COD ; 82.2%

BOD ; 71.1%

SS ; 71.4%

であった。結果的に同じ貯留容量では、貯留開始高が小さければ小さいほど削減効果は大きくなつた。

この結果は、対象降雨のほとんどが総降雨量 15mm 以下の小降雨であったことに起因している。

(4) 降雨タイプ別の負荷削減効果

貯留施設による雨水流出の量的・質的対策実施において問題となるのが、ある程度の強度を有する先行降雨が長時間継続した後にピークとなる降雨である。そこで、対象降雨を次のように2タイプに分けて貯留施設による負荷削減効果を検討した。

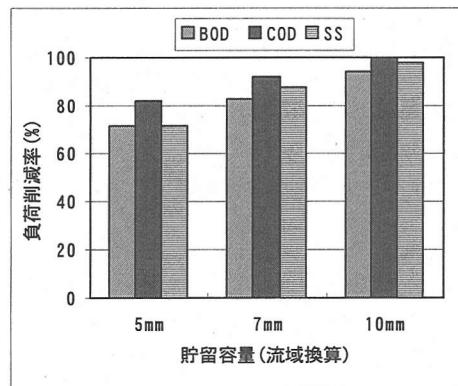


図-2 貯留容量別総放流負荷量(BOD)

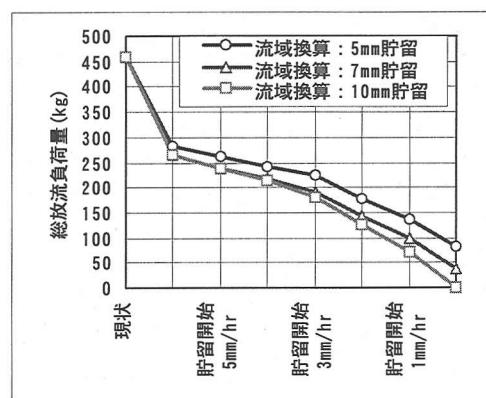


図-3 貯留開始高と総放流負荷量の関係(BOD)

タイプI：降雨開始から60分以内に流量のピークが現れる降雨

タイプII：降雨開始60分以降に流量のピークが現れる降雨

全25降雨中、タイプIは8降雨、タイプIIは17降雨である。

降雨タイプ別に、貯留開始高を変化させた場合の負荷削減効果について検討した。一降雨当たりの総放流負荷量(平均値)を解析した結果を図-4に、同じく総放流負荷量削減率(平均値)を図-5に示す(貯留容量；流域換算5mm)。

どちらのタイプの降雨においても貯留開始高が低い方が一降雨当たりの総放流負荷量は少なく、総放流負荷量削減率は高くなっている。しかし、タイプIIの降雨はタイプIの降雨に比較して貯留効果は低い。タイプIIの降雨はタイプIに比較して、一降雨当たりの総放流負荷量はBODで約10kg多くなっており、総放流負荷量削減率は貯留開始高が 0mm/hr では30%程度、貯留開始高が 5mm/hr では10%程度低くなっている。

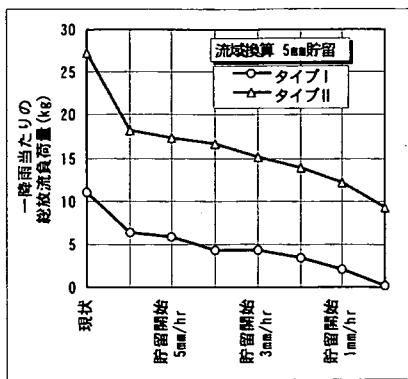


図-4 貯留開始高と総放流負荷量の関係
<降雨タイプ別> (BOD)

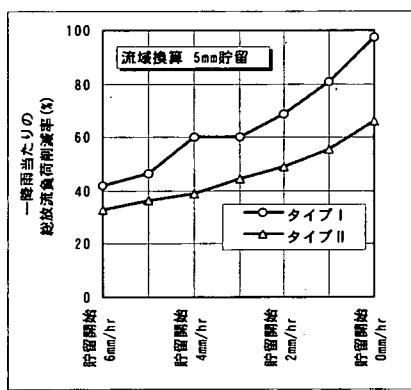


図-5 貯留開始高と総放流負荷量の関係
<降雨タイプ別> (BOD)

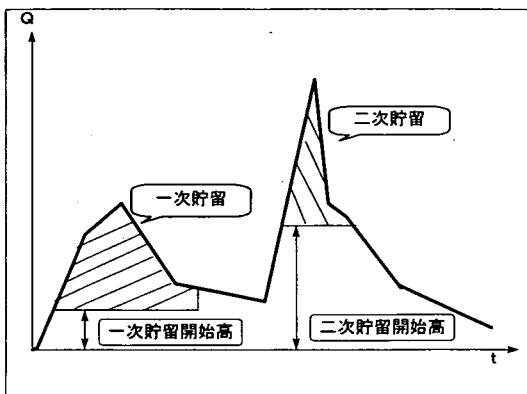


図-6 2段階貯留のイメージ

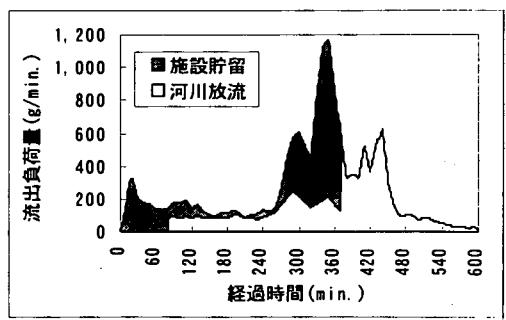


図-7 河川放流負荷量の時系列変化 (BOD)

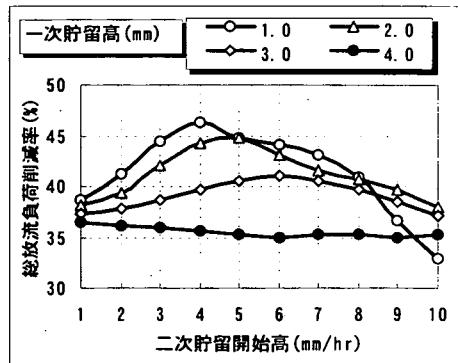


図-8 貯留開始高、貯留容量と総放流負荷削減率の関係

一次貯留高 1~4mm

一次貯留開始高 0mm/hr

二次貯留高 1~4mm

二次貯留開始高 1~10mm/hr

なお、全貯留容量は流域換算5mmとした。

シミュレーション結果の一例を図-7に、ある降雨における各検討ケースの総放流負荷削減率を図-8に示す。BODでは次の組み合わせの場合に負荷削減効果が最も高い結果となった。

(5) 後ピーク型降雨における負荷削減

上述したように貯留開始高を変えてタイプIIの降雨では負荷削減効果をタイプI並とすることはできない。そこで、タイプIIの降雨においても貯留施設による負荷削減効果を高くするための流入方式を検討する。特に、タイプIIの降雨の中でも降雨後半に大きな負荷流出があった後ピーク型の4降雨を対象とした。

様々な流入方式の予備検討を行った結果、次に示す流入方式において、二次貯留開始高等を適切に設定すれば、後ピーク型降雨においても負荷削減効果を高くできる可能性があることがわかった。

- ①貯留施設の貯留容量を初期汚濁流出用の一次貯留分とピーク流出用の二次貯留分に分ける。
- ②一次貯留分、二次貯留分それぞれに貯留開始高を設定する（一次貯留開始高 > 二次貯留開始高）。

貯留のイメージを図-6に示す。

検討した二次貯留開始高等の検討範囲は次の通りである。

| | |
|---------|--------|
| 一次貯留高 | 1mm |
| 二次貯留高 | 4mm |
| 二次貯留開始高 | 4mm/hr |

この結果は検討した4降雨のBOD負荷に対してのものであり、他の降雨や水質項目に対しても同じ結果になるとは限らないものの、貯留施設を初期汚濁流出用の一次貯留分とピーク流出用の二次貯留分に分け、それぞれの貯留開始高を適切に設定すれば、少ない貯留容量でも様々な降雨に対して負荷削減効果を高くできることが明らかになった。

4. 合流式下水道域における雨水貯留の段階化による量、質対策の両立

(1) 検討内容

a) 検討方法

分流式下水道雨天時排水のノンポイント汚染源負荷対策に有効であった2段階貯留方式を、合流式下水道越流対策として用いることを検討した。

検討は、修正RRL法を用いた雨水流出解析と、土研式を用いた汚濁負荷流出解析の結果を用いて行った。まず、有効降雨モデルにより有効降雨量を算出し、その結果より修正RRL法によって雨天時流出水量を算出する。次に、土研式を用いて算出した雨天時流出水量により地表面系負荷を算出する。管きよ系負荷の算出にはさらに晴天時汚水量を加えた管きよ内流量により流出量を計算する。これにより雨天時の汚濁負荷流出をシミュレーションする。そして、設定した制御条件に従って、2段階貯留方式採用の貯留施設への取り込み量を計算し、汚濁負荷流出制御効果を求めた。

雨水貯留の段階化による制御効果は、量対策についてはピーク流量の低減率、質対策については流出負荷量削減率により評価した。

b) 対象地域と対象降雨

C合流式下水道域を対象に、上記施設の雨天時流出汚濁負荷制御をシミュレーションした。C合流式下水道域の排水面積は187ha、不浸透面積は91.5%であり、高度に都市化された地域である。

検討対象降雨は、実際にC合流式下水道域で観測された降雨の中から、降雨量が50mm以上の降雨を任意に選択した。これにより、降雨量が57.0～134.0mmの中大規模の4降雨を用いる。

なお、各解析モデルのパラメータや初期設定条件等は、対象下水道域における実測値をもとに同定した。用いたパラメータ等を表-3、4に、同定したパラメータによるシミュレーション結果の一例を図-9に示す。

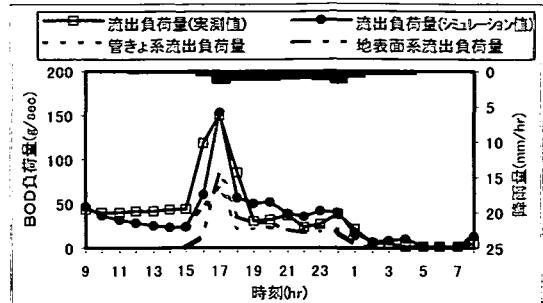


図-9 モデルのパラメータ同定シミュレーション

表-3 有効降雨モデル

| | 凹地貯留量(mm) | 浸透能(mm/hr) |
|------|-----------|-----------------------------------|
| 不浸透域 | 2 | 道路 宅地(屋根) 宅地(庭) グラウンド・公園 |
| 浸透域 | 6 | 山地 農地 |
| | | 0 0 4 4 64 20 |

表-4 土研式のパラメータ等

| 地表面系 | 管きよ系 |
|---------|--|
| 負荷流出係数 | 0.25 |
| 限界有効降雨量 | 0.5 (mm/hr) |
| 初期堆積負荷量 | 7.3 (kg/ha) |
| | 初期堆積負荷量 補給負荷量 |
| | 869 (kg) 72.3 (kg/hr) |

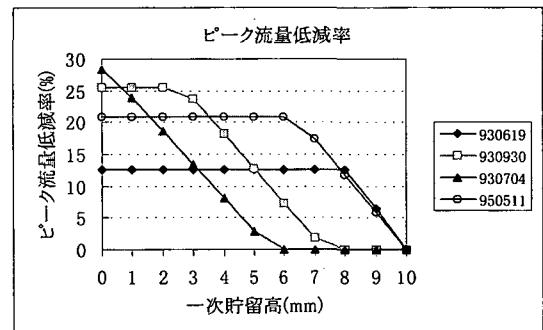


図-10 一次貯留高とピーク流量低減率の関係

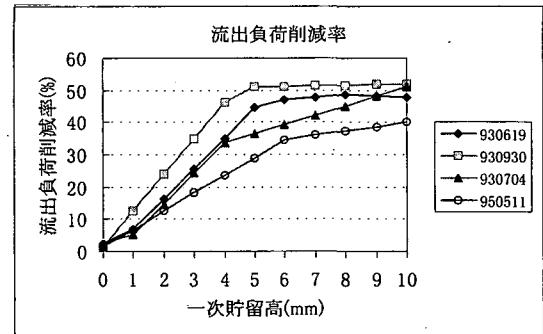


図-11 一次貯留高と流出負荷量削減率の関係

c) 貯留施設規模と制御方式

大規模貯留施設の建設には長年月を要することか

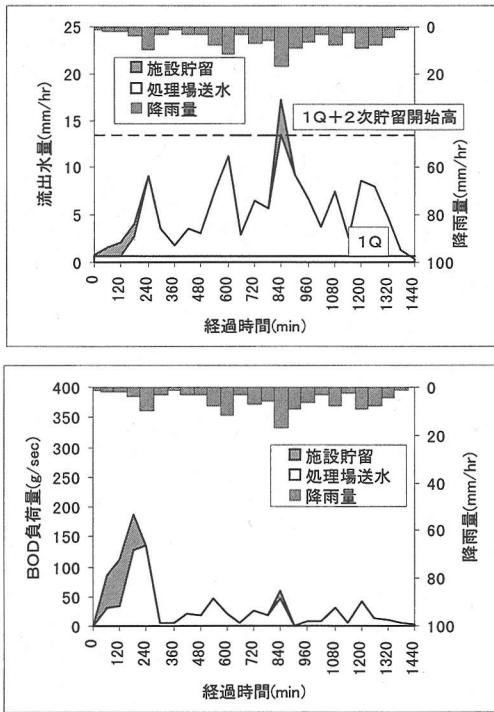


図-12 2段階貯留による雨天時流出負荷削減効果の予測

ら、ここでは貯留容量が流域換算10mmの比較的小規模の貯留施設を検討対象とした。

ピーク流出カット用の二次貯留の開始高は、C合流式下水道域での雨水排除計画における浸水防除用雨水貯留施設の施設への分水開始流量20Qとした。対象域ではこれは流域換算で12.9mm/hrとなる。

(2) 検討結果

一次貯留高と二次貯留高の設定によるピーク流量低減率の変動を図-10に、流出負荷量削減率の変動を図-11に示す。ここで、一次貯留開始高は1Qとした。

ピーク流量低減率は一次貯留分を少なくした方が高い値となるが、流出負荷削減率は反対に一次貯留分を多くした方が高い値となる。これは一次貯留分を多くすると、降雨初期のファーストフラッシュによる多量の汚濁負荷流出分を貯留できるためである。図-11をみると、一次貯留高を5mm以上としてもさほど流出負荷削減率は高くならないことがわかる。

以上より、合流式下水道における雨天時流出の量・質対策として、2段階貯留法式の雨水貯留施設を用いる場合、一次貯留高は降雨初期の汚濁負荷のファーストフラッシュを取り込める程度に少なくし、二次貯留高をできるだけ多く確保することが最も効果的であるといえる。

一次貯留高を4mm、二次貯留高を6mmとした場合の流出シミュレーション結果の例を図-12に示す。一次貯留により降雨初期の汚濁負荷のファーストフラッシュ分を、二次貯留によりピーク流出分を貯留制御できている。

5. 大規模雨水貯留施設における雨水貯留の段階化による量、質対策の両立

(1) 考え方

比較的容量の小さな雨水貯留施設において、段階貯留方式により雨水の流入を制御すれば、雨天時流出の質的対策が可能であった。そこで、この制御方式を都域において建設が進められている大規模雨水貯留施設に適用した場合の、雨天時流出の量、質対策の両立の可能性とその効果について、シミュレーション解析により検討した。

(2) ノンポイント汚染源負荷対策と浸水防除の両立

4章において検討対象とした分流式下水道域に、大規模雨水貯留施設（貯留容量15mm）を設置した場合について検討する。

降雨には計画降雨を用いる。降雨強度式はCleveland型である。

時間最大降雨強度 117.3mm/hr(10分間)

降雨量 211.5mm

降雨継続時間 8時間

流出解析モデルは、合理式（合成法）と土研モデルである。各モデルの係数値等は、対象域における実地調査に基づいて同定した。

一次貯留高は、これまでの検討結果を踏まえて、全貯留高の1/5～1/3の範囲内で検討した。二次貯留開始高は現在の都市域における都市型水害の発生状況を考慮して25mm/hrとした。

検討結果より次の貯留方式が浸水対策と雨天時流出負荷削減対策に効果的であった。

一次貯留高；5mm、二次貯留高；10mm、

二次貯留開始高；25mm/hr

この制御条件におけるハイドログラフ、ポリュートグラフを図-13に示す。また、2段階貯留を行わなかった場合の各グラフを図-14に示す。

2段階貯留実施によるピーク流量減少率、及び雨天時流出負荷量削減率は次のものである。

ピーク流量減少率 33.0%

流出負荷量削減率 22.9%

2段階貯留による制御によって、ピーク流量を小さくしつつ、降雨初期の汚濁負荷のファーストフラッシュ

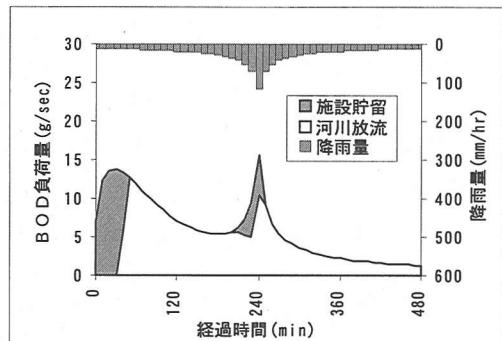
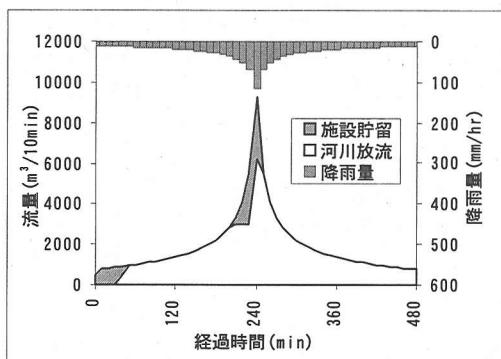


図-13 2段階貯留方式による雨水流出制御(分流式雨水管)

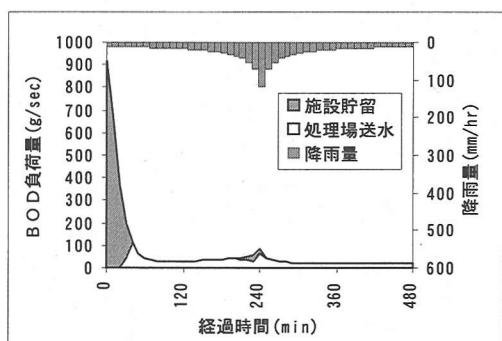
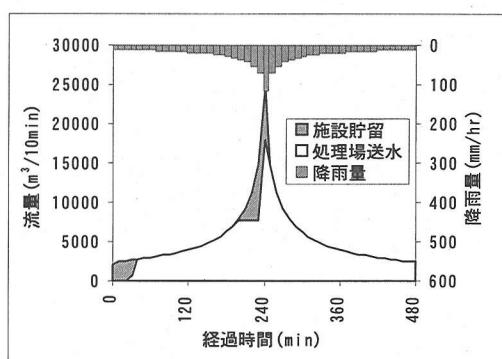


図-15 2段階貯留方式による雨水流出制御(合流式)

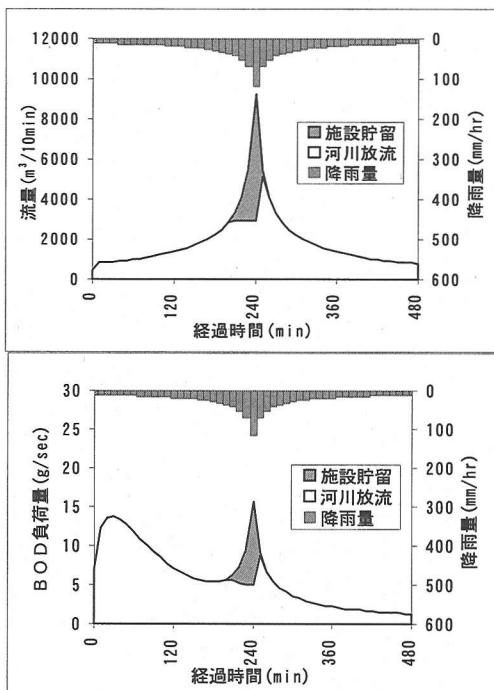


図-14 従来方式による雨水流出制御(分流式雨水管)

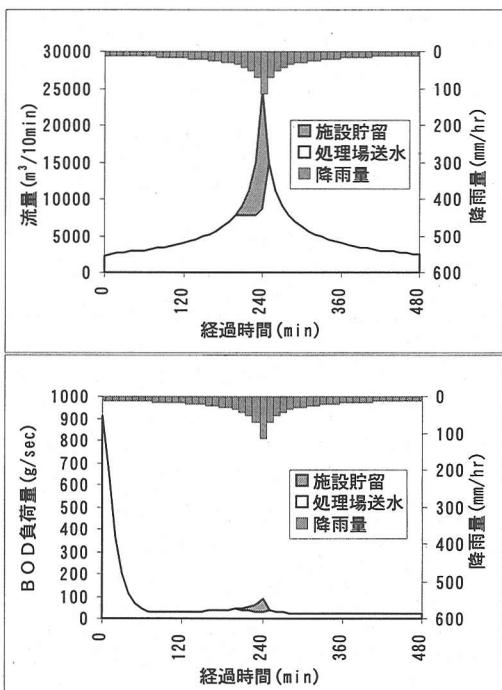


図-16 従来方式による雨水流出制御(合流式)

ユが公共用水域に直接流出することを抑止できている。

(3) 合流式下水道越流対策と浸水防除の両立

4章において検討対象とした合流式水道域に、先の分流式下水道域と同様に大規模雨水貯留施設(貯留容量15mm)を設置した場合について検討する。

一次貯留高は、分流式下水道域の場合と同様に、全貯留高の1/5~1/3の範囲内で検討した。二次貯留開始高は25mm/hrである。

検討結果より、分流式下水道域における制御条件と同じ、次の貯留方式が浸水対策と雨天時流出負荷削減対策に効果的であった。

一次貯留高；5mm、二次貯留高；10mm、

二次貯留開始高；25mm/hr

この制御条件におけるハイドログラフ、ポリュートグラフを図-15に、2段階貯留を行わなかった場合の各グラフを図-16に示す。

2段階貯留制御実施によるピーク流量減少率、及び雨天時流出負荷量削減率は次のものである。

ピーク流量減少率 28.3%

流出負荷量削減率 60.1%

2段階貯留の実施により、降雨初期の汚濁負荷ファーストフラッシュの流出を大幅に減少できる。

6. 結論

下水道を都市における水環境創造施設として発展させていく一手法として、雨水貯留施設によるノンポイント汚染源負荷流出制御、合流式下水道改善手法の検討を実地調査をもとにしたシミュレーション解析により明らかにした。これにより、比較的容量が少ない貯留施設においてノンポイント汚染源負荷の削減を図るには、貯留施設をファーストフラッシュ用の一次貯留分とピーク流出用の二次貯留分に分け、それぞれの貯留容量、貯留開始流量を適切に設定することが効果的であることを明らかにした。また、合流式下水道改善対策としても、この2段階貯留方式による制御が効果を持つことを明らかにした。

このように、建設する下水道施設をこれまで以上にきめ細かく制御することが、今後、下水道施設を水環境創造施設へと発展させていくために必要である。

都市の拡大と高密度化が進むほど、下水道を中心とした人工的な雨水排除経路を流出する雨水の割合が増える。また、最近の地球規模での気象状況の変化や

都市における熱環境の変化等によって、都市では局所的な強雨が降りやすくなっている。

このような情勢から、下水道は都市総合水管管理(Integrated Urban Water Management)の中核施設として発展していく必要がある。

謝辞：最後に、本研究の遂行に当たり、貴重なデータの提供等、種々の面からお世話になった方々に心からの謝辞を申し上げます。また、調査・プログラムの作成・解析に当たっては関西大学大学院芳谷伸明君をはじめ研究室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) Vladimir Novotny : NONPOINT POLLUTION AND URBAN STORMWATER MANAGEMENT, WATER QUALITY MANAGEMENT LIBRARY, Volume 9, Technomic Publishing Company, Inc., 1995.
- 4) 原正博：大規模幹線による雨水対策設計例—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.
- 5) 高柳枝直、他：雨天時専用大幹線を利用した越流負荷の削減手法、下水道協会誌論文集、No.7, pp.43-55, 1993.
- 6) 佐伯正夫、江渕史明：合流式下水道の貯留管による浸水及び汚濁対策、下水道協会誌、Vol.27, No.312, pp.43-46, 1990.
- 7) 弘元晋一、鈴木秀男、山内智、井川俊之：京都市における貯留管の運用状況について、下水道協会誌、Vol.33, No.404, pp.44-49, 1996.
- 8) 児玉一大：雨水貯留施設による合流改善－東京都－、月刊下水道、Vol.16, No.4, 1993-4.
- 9) 唐牛義夫、白鳥悟士、今井健治：札幌市における雨水貯留管（創成川貯留管）、月刊下水道、Vol.16, No.4, 1993/4.
- 10) 本田康秀：分流式下水道の雨水汚濁対策、下水道協会誌、Vol.33, No.404, pp.4-7, 1996.
- 11) 建設省河川局都市河川室：都市における良好な水・熱環境の再生を目指して－河川部門からみた下水道－、下水道協会誌、Vol.31, No.365, 1994/1.

(1996. 5. 1 受付)

STUDY OF THE WAY OF NON-POINT POLLUTION CONTROL
WITH STORM-WATER RESERVOIR FOR FLOOD CONTROL

Yasuhiko WADA and Hiroyuki MIURA

An investigation was made of the way of runoff non-point pollution control with storm-water reservoir for flood control in order to improve water quality in the public water body in urban area. We suggested separating the one storm-water reservoir for two reservoirs functionally. One is the reservoir for non-point pollution control and the other is the reservoir for flood control. "First flush" of runoff non-point pollution loads flows into the first reservoir and peak runoff storm water flows into the second reservoir. These "Two-step reservoirs" are effective for non-point pollution control when we establish adequate volume of reservoirs and height of inflow weir. And "Two-step reservoirs" are effective to reduce combined sewer overflows.