

## 合流式下水道雨天時汚濁解析のための 管路内堆積物局在状況の推定手法

糸井優輔<sup>1</sup>・古米弘明<sup>2</sup>・中島典之<sup>3</sup>

<sup>1</sup>非会員 工修 東京大学 大学院工学系研究科都市工学専攻 (現職:三菱商事株式会社)

(〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

<sup>2</sup>正会員 工博 東京大学教授 大学院工学系研究科都市工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

<sup>3</sup>正会員 工博 東京大学講師 先端科学技術研究センター (〒153-8904 東京都目黒区駒場4-6-1)

雨天時のファーストフラッシュ現象で流出する汚濁負荷の多くは、晴天時に管路内に堆積したものと考えられるため、CSO流出汚濁負荷量を減少させるためには堆積物が多量に存在している管の分布を理解することが重要である。本研究では、分布型モデルを用いて予測した管内堆積物分布状況に基づいて、晴天時において堆積現象が生じやすい傾向を有する管の特徴を確認するために複数箇所において管内堆積物の観察を行った。その結果、堆積物が多く存在すると予想された管においては下水の滞留が生じ、多量の堆積物が存在していることが確認された。そこで、下水道台帳データと汚濁負荷輸送モデル式(Ackers-White式)を利用した、堆積物が局所的に存在する箇所の特定手順を考案し、その管に存在する堆積物量の簡易な推定手法の提案を行った。

**Key Words :** combined sewer overflow, distributed model, runoff quality model, sewer solids

### 1. はじめに

近年、お台場へのオイルボールの漂着をきっかけとして、合流式下水道システムから雨天時に汚水の一部が未処理のまま公共用水域に越流することに伴う汚濁現象への住民の認識が高まり、合流式下水道の改善や雨天時汚濁対策が全国で進められているところである<sup>1)</sup>。このような合流改善や汚濁対策を効率良く行うためには雨天時の汚濁負荷量を定量的に把握することが重要である。雨天時汚濁負荷量を把握する際にモデル計算による予測が有効であると考えられており、その汚濁負荷量のモデル解析には、修正RRL法と土研モデルを組み合わせた方法が従来から用いられてきている。この土研モデルでは、排水区全体を対象として包括的に汚濁負荷量を取り扱う手法であるため、排水区や管路ネットワーク内の特定箇所への汚濁対策シナリオを検討するには、地表面や管路の分布特性を考慮可能な分布型モデルを活用して高度に汚濁負荷量算定することに期待が寄

せられている<sup>2)</sup>。

これまでも合流式下水道システムに対して分布型モデルを用いた汚濁負荷解析に関する研究<sup>3), 4)</sup>がいくつか行われ、汚濁負荷流出挙動の再現の試みがなされてきている。しかしながら、汚濁負荷流出解析の初期条件としての管路内堆積物量については十分な検討がなされておらず、有効な設定方法が確立されていない。そこで、本研究では特に管路内堆積物に着目し、代表的な分布型の解析モデル<sup>5)</sup>であるMOUSEやInfoWorks CSにも組み込まれている管内汚濁負荷輸送モデル式のAckers-White式<sup>6)</sup>を用いた堆積物が存在する箇所の特定手法と、その存在量を推定する手法を提案する。具体的な本研究の目的は以下に示す。

①汚濁負荷輸送モデル式であるAckers-White式の妥当性を、それを用いた管路内堆積状況のモデル解析結果と実際の管路内堆積物の観察結果の比較により確認すること。

②Ackers-White式を利用して堆積物が局在する管



図-1 対象排水区

を特定する手順を考案すること。

- ③初期条件としての管内に存在する堆積物量の分布状況を推定する手法を提案すること。

## 2. 対象排水区と使用したデータについて

### (1) 対象排水区概要

対象の合流式下水道排水区を図-1に示す。この排水区の面積は168.8 haであり、計画処理人口は14,600人である。排水区の末端には吐き口があり、二級河川に越流が起こる。この排水区は3つの地区A, B, Cからなっており、各地区における幹線に沿って矢印を付して、流下方向を図示した。東に位置するC地区内に公園内貯留池（容量＝9,100 m<sup>3</sup>）と池（容量＝6,500 m<sup>3</sup>）が存在している。特殊構造物としては、その貯留池の周辺にポンプ場や堰が複数見られる。本区域は、都市化に伴う雨水流出量の増大に既設合流管の能力が十分には対応できないこと、地盤沈下に伴い放流先河川の水位が相対的に高くなり自然流下による排水しにくい場合があることなどから、浸水被害の軽減対策の実施が必要な区域である。

### (2) 使用したデータ

この排水区を対象に、2000年から2001年にかけて国土交通省国士技術政策総合研究所下水道研究室により晴天時・雨天時流出汚濁調査<sup>7)</sup>（以降「国総研

表-1 観測降雨データ

| 降雨開始<br>日時         | 先行晴天<br>時間[hr] | 降雨継続<br>時間<br>[min] | 総降雨量<br>[mm] | 最大降雨<br>強度<br>[mm/hr] |
|--------------------|----------------|---------------------|--------------|-----------------------|
| 2000/3/16<br>6:55  | 89             | 525                 | 18.0         | 6.0                   |
| 2001/5/30<br>20:45 | 8              | 575                 | 13.0         | 6.0                   |

表-2 採用した有効降雨モデルパラメータ値

| 項目   | 単位  | 採用値   |
|------|-----|-------|
| 初期損失 | 屋根  | mm    |
|      | 道路  | mm    |
|      | 浸透域 | mm    |
| 浸透能  | 浸透域 | mm/hr |

実測調査」と表記）が実施された。図-1に示されたA地区内のNo.1地点（排水面積33.5ha）と吐き口の手前のNo.3地点（排水面積168.8ha）において管路内水位観測と水質分析（SS, TN, TP, BOD, COD, 大腸菌群数）の両者が行われた。雨天時の水位観測結果から流量への換算は、水位流量曲線を用いて行っている。また、表-1には、本研究でモデル解析に使用した五降雨のうち、汚濁解析結果を示す二降雨について先行晴天時間、降雨継続時間、総降雨量、最大降雨強度（5分間隔）について示す。

詳細データの内容は参考文献<sup>7)</sup>に譲るが、モデル解析に必要な下水道管路ネットワークや土地利用分布のファイルを作成するにあたり下水道台帳データ、細密数値情報を用いた<sup>3)</sup>。また、晴天時污水ファイル（水量、水質）に関しては、国総研実測調査に基づいて作成した。

## 3. モデルキャリブレーション

モデル解析に必要な入力データとしては、下水道ネットワークデータ、土地利用分布データ、晴天時污水データ、観測降雨データ、組み込まれているモデル式のパラメータがある。モデルパラメータ以外のデータは国総研実測調査に基づいて入力し、モデルパラメータに関しては以下のようにキャリブレーションを行った。

### (1) 雨水流出解析のキャリブレーション結果

過去の研究<sup>8)</sup>から推奨されている有効降雨モデルパラメータ値をもとに試行計算の結果、浸透域の初期損失と浸透能を低目に調整することで、観測降雨5降雨について雨水流出結果をうまく再現することが可能となった。表-2に調整したパラメータ値を、

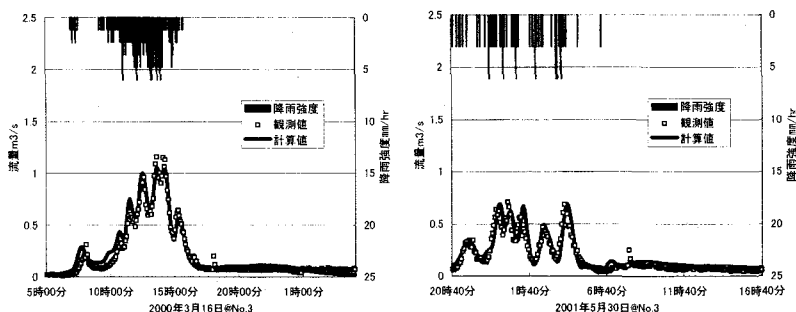


図-2 雨水流出解析結果

図-2には解析結果を示した。

図-2に示されるように、流出量のピーク位置やその高さが非常によく一致していることから、汚濁負荷流出解析のキャリブレーションを行なうに十分な精度で、雨水流出現象を再現できていると考えられる。

## (2) 汚濁負荷流出解析のモデルパラメータとAckers-White式について

合流式下水道システムにおける汚濁負荷流出解析においては、降雨前の管路内堆積物量が計算結果に大きく影響することが明らかになってきている<sup>4)</sup>。特に、管路内堆積物は初期降雨のファーストフラッシュにおける汚濁負荷の主要な起源となっている可能性が高く、晴天時における管内堆積物分布やその量を正しく設定することが非常に重要となる。汚濁負荷流出過程全体を表現するには、地表面堆積モデル、地表面堆積流出モデル、管内汚濁負荷輸送モデルについて検討する必要があるが、そのうち、管路における堆積物蓄積現象は管内汚濁負荷輸送モデルに大きく依存している。

管内汚濁負荷輸送モデル式の代表的なものとして、Ackers-White式が汎用のモデルソフトウェアには採用されている。このAckers-White式を、管路内での懸濁物の堆積と掃流・流出に関する概念図とともに図-3に示した。その詳細は、参考文献<sup>6)</sup>に記載されているが、この式により算出される $C_r$ は無次元の値であり、これに水の密度( $\rho$ )と堆積粒子の比重( $s$ )を乗じて求める濃度 $C_{\max}$ が、堆積物が掃流されて懸濁物質として水中に存在しうる濃度として定義される。したがって、汚濁解析モデルにおいて、この限界の濃度 $C_{\max}$ が管内の汚濁負荷輸送現象を支配する濃度となる。ここで、 $W_e$ :有効堆積物幅[m]、 $R$ :径深[m]、 $A$ :流れの断面積[m<sup>2</sup>]、 $d$ :懸濁物の代表粒径[m]、 $\lambda_c$ :管と堆積物の合成摩擦係数、 $V$ :流速[m/s]、 $s$ :懸濁物の代表比重[-]である。残りの

$$C_r = J \left( W_e \frac{R}{A} \right)^\alpha \left( \frac{d}{R} \right)^\beta \lambda_c^\gamma \left( \frac{V}{[g(s-1)R]} \right)^{1/2} - K \lambda_c^\delta \left( \frac{d}{R} \right)^\epsilon$$

$$C_{\max} = C_r \rho s$$

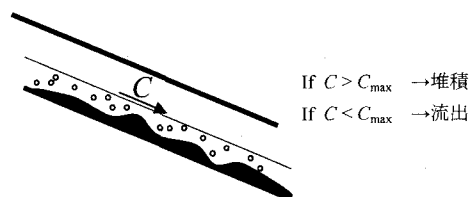


図-3 Ackers-White 式 の概念図

係数( $J, K, \alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, m$ )は無次元の粒子サイズ $D_{gr}$ の値の関数である。

図-3に示すように管内の下水中の懸濁物濃度 $C$ が、そのときの水利条件で算出される限界濃度 $C_{\max}$ より小さければ下水中の濃度が限界濃度と等しくなるまで管内堆積物は掃流・流出する。反対に下水中の濃度 $C$ が限界濃度より大きければ、下水中の濃度が限界濃度と等しくなるまで下水中の堆積粒子は沈降する。このように考えることで管路内堆積物の挙動をモデル化することが可能となる。その現象が、懸濁物の代表粒径と比重により支配されることになり、この二つのパラメータを調整することで堆積、掃流・流出を再現することになる。雨天時だけでなく、晴天時においてもこのモデルを活用することで雨天時前の管路内堆積物量を推定することが可能かどうかを検討することは有意義である。

## (3) 地表面と管路内の堆積物量設定と汚濁負荷流出解析のキャリブレーション結果

地表面堆積モデルの増加係数については、中村<sup>9)</sup>により報告されている13 kg/ha/dayを用い、他のパラメータについてはInfoWorks CSのデフォルト値<sup>10)</sup>を与えた。計算に使用したSSに関するモデルパラメータ値を表-3にまとめて示した。地表面堆積量の初期条件は、先行降雨直後には残存堆積量が無視できる

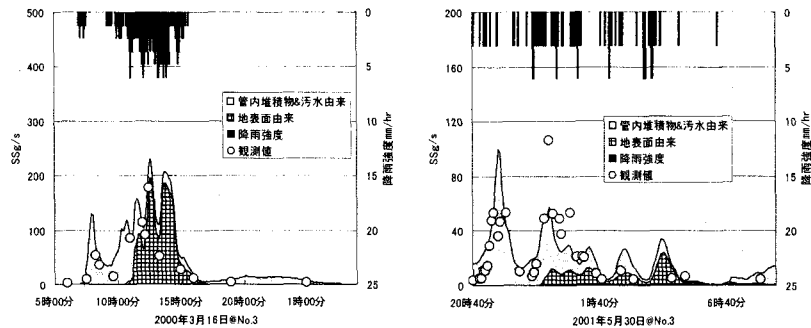


図-4 汚濁負荷流出解析結果

表-3 採用した汚濁負荷流出解析のSSに関するモデルパラメータ値

| 項目          | 単位        | 採用値          |
|-------------|-----------|--------------|
| 地表面堆積モデル    |           |              |
| 減衰係数        | 1/d       | 0.08*        |
| 増加係数        | kg/ha/day | 13           |
| 地表面掃流モデル    |           |              |
| 侵食係数        | $C_1$     | -            |
|             | $C_2$     | 100,000,000* |
|             | $C_3$     | 2.0*         |
|             |           | 29.0*        |
| 管内汚濁負荷輸送モデル |           |              |
| 粒径          | $d_{50}$  | mm           |
|             |           | 0.04*        |
| 比重          | $s$       | -            |
|             |           | 1.7*         |

\* InfoWorks CSでのデフォルト値

と仮定して、対象降雨の先行晴天時間を与えることで設定した。また、管路内堆積量の初期条件も、先行降雨直後の残存堆積量を無視して、晴天時汚水データを与えて先行晴天時間だけ汚濁流出計算を行うことで設定した。この計算では、懸濁物の代表粒径と代表比重として、0.04 mmと1.7（ともに、デフォルト値）をそれぞれ与えて計算を行った。

雨天時汚濁流出調査における採水頻度や回数に限りがあるため、必ずしも予想される汚濁ピーク時にサンプリングが行われているとは限らない。したがって、詳細なモデルパラメータのキャリブレーションを行うことに限界があるものの、先行晴天日数や降雨パターンの異なる二降雨において、十分な精度で汚濁流出負荷量変動を的確に表現することができることが図-4に示されている。特に、初期降雨によるファーストフラッシュ現象として、その負荷量の急激な上昇時期やその高さともに再現できている。計算において、汚濁負荷の起源となっていると想定されている管路内堆積物量が、無降雨条件での汚濁流出計算を通じて十分な精度で設定されていたものと考えられる。すなわち、汚濁解析モデル内に組み込まれている管内汚濁負荷輸送モデル式であるAckers-White式に下水中の懸濁物の代表粒径と代表比重としてデフォルト値を組み合わせて与えることで、雨天時のみならず晴天時における管路内の堆積・流出現象をおおよそ再現できていたものと推察される。

表-4 管路内堆積物量上位20本の管の総堆積量、総延長に占める割合（2000/3/16降雨前）

|                 |         |
|-----------------|---------|
| 排水区中の管総延長 m     | 48182.4 |
| TOP20の総管延長 m    | 1693.3  |
| 割合 %            | 3.5     |
| 排水区中の総管内堆積量 kg  | 692.7   |
| TOP20の総管内堆積量 kg | 322.6   |
| 割合 %            | 46.6    |

#### 4. モデル計算結果により予想される管路内堆積物分布

十分な精度で汚濁負荷流出現象を再現できた計算において、降雨前の管路内堆積物量の上位20本（TOP20）の管を3月16日の降雨を例として調べてみた。排水区全体の管路内総堆積量に占めるTOP20の管に存在する総堆積量の割合と、総延長中に占めるそれらの管の総延長の割合の比較を表-4に示す。

TOP20の管延長は、3.5%に過ぎないが、堆積量としては46.6%を占める。そのためこのような管について堆積物分布を把握することは有意義であると考えられる。降雨前の晴天時における堆積物分布状況の計算結果を見ると、先行晴天日数の違いにより堆積量に相違はあるものの、特定の管路に堆積物が多く存在することがわかってきており、それらの特徴を類型化すると下流の管よりも管底高が低い管（図-5左）、逆勾配の管（図-5右）、それ以外の管に分けることができることを著者らは指摘してきている<sup>11)</sup>。

図-5に示すような構造を有している管内、モデル計算上堆積物が多量に存在すると予想された管のうち6箇所について、現場マンホールから管内堆積物観察を行った結果、流速が極端に遅く下水が滞留していることや、白色の堆積物が蓄積していることが確認された。一方、堆積物が存在しないと計算された管についても5箇所観察を行なったところ、堆積物が蓄積していないことが確認された。マンホー

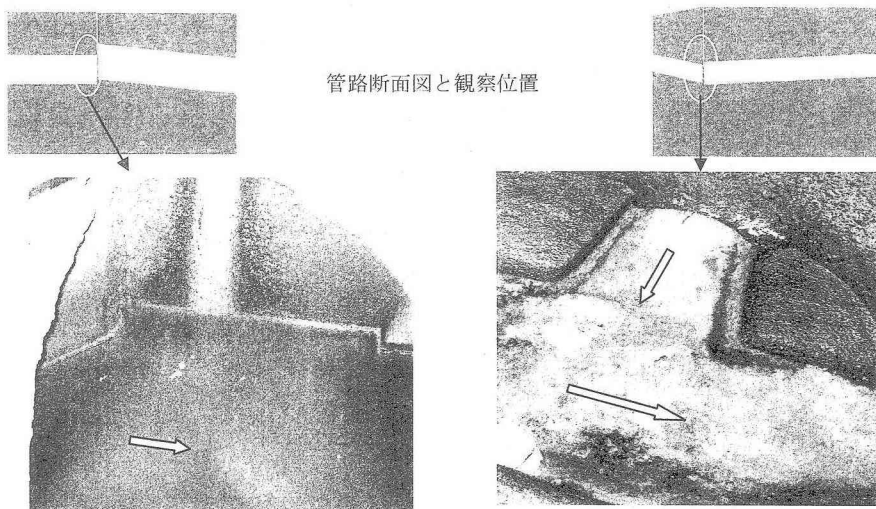


図-5 下流の管より管底高が低い管における滞水状況（左）と下流側の逆勾配の管との接続部における白色の堆積物の蓄積状況（右）の観察結果

ルからの管内観察は、道路交通事情などの制約から合計で11箇所の実施に留まったこと、さらに肉眼での観察のためモデル計算における堆積量自体の妥当性を検討はできないことから、定量的な検証とは言えない。しかしながら、堆積物の有無や堆積しやすさを示すレベルでのモデル計算は妥当な結果を予測しているものと考えられる。

## 5. 管路堆積物局在箇所の特定手順と堆積量の推定手法の開発

Ackers-White式は、管路内に十分な流量がある条件での実験式であるため、晴天時のような低流量条件では十分な検討がなされておらず計算される限界濃度絶対値自体の信頼性には限界はあると考えられる。しかしながら、前節での検討によりこの式を用いた管内汚濁負荷輸送モデルによる計算結果は、堆積物蓄積の有無のレベルでの判断においては十分利用可能であることが考えられる。この式を基礎として、合流式下水道排水区の管路システムにおいて堆積物が存在している箇所を特定する簡易な手法を提案することは、管路システムの見直しや汚濁負荷流出抑制対策を検討する上で有意義と考えられる。

### (1) 堆積物局在箇所の特定手順の考案

本研究で提案する堆積物局在箇所の特定手順を図-6に示す。まず、①では、各管路における晴天時の計画時間最大汚水量データを整理する。②では、

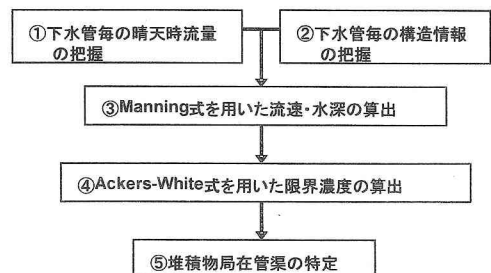


図-6 堆積物局在管渠の特定手順

下水道台帳データより各管路の管径、勾配、粗度の情報を抽出する。③においては、流量と管路の情報を用いて、各管路において等流状態を仮定してManning式により流速、水深を算出する。そして、④において、③で算出した流速、水深を用いて各管路における限界濃度 $C_{max}$ をAckers-White式により計算する。最後に、⑤において算出した限界濃度を下水中の懸濁物濃度との大小を比較して、堆積物が生じる管路かどうかを判断することで堆積物局在管渠の特定を行なう。3. (2)で述べたように、下水中の懸濁物濃度が限界濃度より高い場合に、当該管渠には堆積物が蓄積しやすいと判断することになる。

厳密には、晴天時における管路内の下水の流れは等流ではなく、時間的な変動や上下流管路の水位の影響を受けた流れとなっている。しかしながら、ここでは管路内の堆積物の有無を簡易に判定するために、晴天時に最大流量が発生する時点においても懸濁物の堆積現象が起きるかを判断することとした。したがって、最大流量発生時において等流状態を仮

定する手順だけでは、下流の管との接合部での水位の影響を無視した単独の管としての堆積しやすさを判定していることになる。そのため、下流の管より管底高が低い管や逆勾配の管については②の段階において堆積物が蓄積しやすい管路として、別途抽出しておく必要がある。

## (2) 管路内堆積ポテンシャルと初期堆積量の推定手法の提案

堆積物が蓄積しやすいと判定された管に対して、そこでの堆積物の存在量を推定するための「堆積ポテンシャル」の概念を提案する。堆積ポテンシャルの算出手順を図-7に示す。このとき、管内における堆積現象を沈殿池における沈殿現象と同様なものと想定する。潤辺に管延長を乗じた堆積可能面積 $A_{dep}$ を沈殿池の水面積として管内の懸濁粒子濃度は全ての点で流出水濃度に等しいと仮定して、完全混合モデル<sup>12)</sup>を解く(図-8)。管に流入する下水の流量 $Q$ 、SS濃度 $C$ 、管内での懸濁粒子沈降速度を $u$ 、除去率を $y$ とすると、管から流出する下水のSS濃度は $C(1-y)$ となる。この条件で、管内堆積量 $X$ を計算すると、

$$X = Q \times C \times y = Q \times C \times \frac{A_{dep} \times u}{(Q + A_{dep} \times u)}$$

となる。ここで、 $Q \gg A_{dep} \times u$ であると考えられるため、

$$X \cong C \times A_{dep} \times u$$

と近似することができる。濃度 $C$ 、沈降速度 $u$ を一定と仮定すると、堆積物量は、管内において晴天時最大流量時の堆積可能面積に比例することがわかる。したがって、管路ごとの堆積ポテンシャルは、対象排水区の管路ネットワーク全体における堆積可能総面積に対して各管路の堆積可能面積の比率として表現される。したがって、管路ネットワーク内の総堆積量が与えられると、この堆積ポテンシャルに総堆積量を乗ずることで初期堆積量の推定値を与えるという手法である。

次に、ここで提案した手順と手法による計算結果の例を示す。図-9には、Ackers-White式により求められる限界濃度 $C_{max}$ の計算結果を排水区図として示した。また、図-10には、管路内総堆積量を当該排水区における一日当り総流入SS量の1日分(1,500 kg)と仮定した上、堆積ポテンシャルで重み付けして各管渠での堆積量を推算した結果を示す。本検討では、限界濃度との大小を比較する下水中の懸濁物濃度としては、100 mg/Lを採用した。また、1日分という総流入SS量は、土研モデルを用いた汚濁解析において初期堆積量として一般的に採用されている

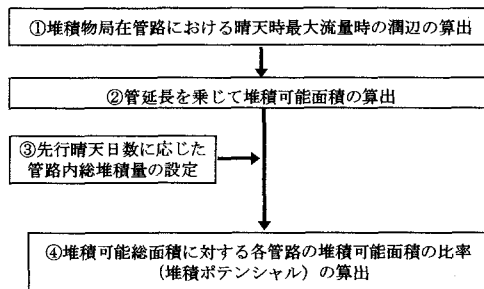


図-7 堆積ポテンシャルの算出手順

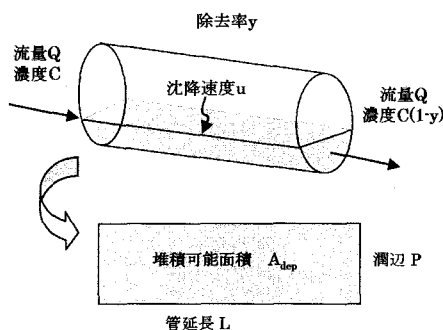


図-8 完全混合モデルを仮定した管内堆積現象概念図

ものである。

まず、図-9では上流側の末端管路の多くで限界濃度が低く計算されていること、下流に位置する幹線の一部でも同様な箇所が存在することがわかりやすく表示されている。この結果は、流入下水量が少ない割に上流末端では250 mmという最小管径の管渠敷設がなされること、逆勾配や管底が上下流で逆転するような管路の布設状況などにより、管路内堆積物が局所的に蓄積する管渠が存在する可能性があることなどを示唆していると考えられる。そして、図-10のように、堆積物量として推算結果を示すことで、末端管路を含めた排水区全体における堆積物量の局在箇所の分布状況を把握するために役立つと考えられる。

今後、様々な排水区において、堆積ポテンシャルの算定とともに、管路内堆積物観察が行われることにより、この手法の一般性や管路内の堆積物局在状況の把握法としての妥当性の確認が必要となる。また、管路内堆積物だけでなく、地表面堆積物についても設定のあり方を検討する必要性も残されている。すでに、分流式下水道排水区での都市ノンポイント汚染に関連して、不浸透面堆積負荷流出モデル<sup>13), 14)</sup>も検討されてきており、これらと組み合わせた統合的な合流式下水道排水区の雨天時汚濁流出解析が可能となることが期待される。

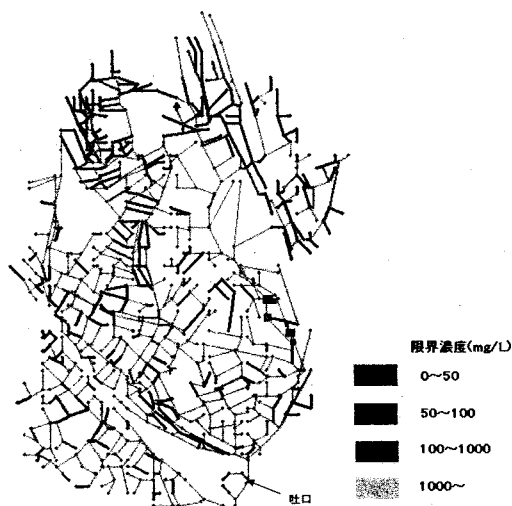


図-9 限界濃度の計算例

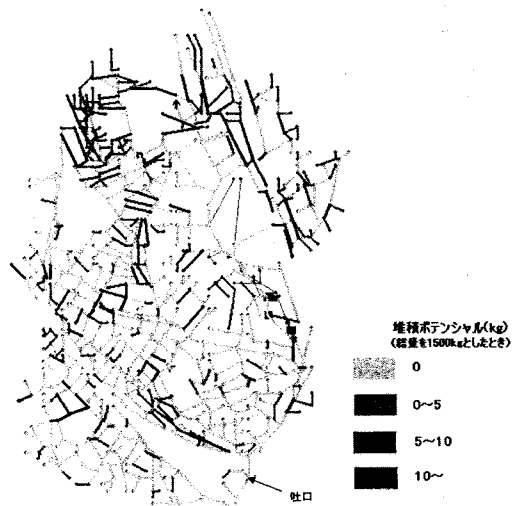


図-10 管内堆積物の試算例（総量 1500kg と仮定）

## 6. 結論

本研究を通じて次のような知見が得られた。

- ① 合流式下水道排水区を対象として、分布型モデルを用いた雨水流出解析を行ったところ、都市域における浸透域の有効降雨モデルパラメータを調整することで、汚濁負荷流出解析のキャリブレーションを行うに十分な雨水流出現象の再現が可能であった。
- ② 先行晴天時間の異なる降雨に対して、初期降雨によるファーストフラッシュ現象を的確に再現する汚濁解析結果が得られたことから、使用した分布型の汚濁解析モデル内に組み込まれている管内汚濁負荷輸送モデル式であるAckers-White式により、晴天時における管路内の堆積・流出現象をおおよそ再現できるものと推察された。
- ③ 晴天時の水理条件から堆積物が局在している可能性の高いと判断された下流の管より管底高が低い管や逆勾配の管について、現場マンホールからの管内堆積物観察を行なった結果、堆積物が多量に堆積していることが確認された。
- ④ 下流の管より管底高が低い管や逆勾配の管や、計算上堆積物が存在しないと予想される管について、現場における管内堆積状況の観察を行った結果、モデル計算結果で予想されるように下水の滞留や堆積物が蓄積した状況、あるいは堆積物が全く存在していない状況を確認できた。この観察結果から、代表的な懸濁物の粒径と比重を定義することで、管内汚濁負荷輸送モデル式（Ackers-White式）により管路内堆積物の蓄積の有無を推

定できる可能性があることが明らかとなった。

- ⑤ Ackers-White式を基礎として、堆積物が局在している管を特定する簡易な手法を開発した。また、その特定した管に対して、どの程度の堆積物量が存在するかを設定するための堆積ポテンシャルの概念を提案した。しかしながら、依然として管路内の総堆積量の設定方法など課題が残されているため、今後は、様々な排水区に対してモデル解析と管内調査を組み合わせた調査研究が行われ、この概念の妥当性の検証が行なわれることが期待される。

## 参考文献

- 1) 国土交通省都市・地域整備局下水道部，財団法人下水道新技術推進機構：合流式下水道の改善対策に関する調査報告書－合流式下水道改善対策検討委員会報告－，2003。
- 2) 古米弘明：都市域の雨天時汚濁負荷流出解析の現状と課題，水環境学会誌，Vol.25, No.9, pp.524-528, 2002。
- 3) 脇岡靖明，市川 新，古米弘明：下水道台帳データベースと細密数値情報を利用した分布型モデルによる都市雨水流出解析，下水道協会誌，Vol.38, No.469, pp.79-90, 2001。
- 4) 古米弘明，脇岡靖明，市川 新：分布型モデルを用いた浸水対策用雨水貯留幹線を有する合流式下水道における雨天時流出汚濁負荷解析，下水道協会誌，Vol.38, No.467, pp.99-111, 2001。
- 5) 財団法人下水道新技術推進機構：流出解析モデル利活用マニュアル（雨水対策における流出解析モデルの運用手引き）－1999年3月－，財団法人下水道新技術推進機構，1999。
- 6) Ackers, J.C., Butler, D., and May, R.W.P.: *Design of Sewers to Control Sediment Problems*, Construction Industry Research and Information Association, UK, Report 141,

- 1996.
- 7) 千葉市下水道局建設部下水道再整備課，財団法人下水道新技術推進機構：千葉市中央雨水幹線合流改善計画に関する調査，2002.
  - 8) 建設省土木研究所：下水管路施設設計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，1981.
  - 9) 中村栄一：雨水流出水による汚濁負荷の流出特性，下水道協会誌論文集，Vo.30, No.9, pp.1-13, 1993.
  - 10) Wallingford Software Limited: InfoWorks CS version 4.5 Documentation, 2002.
  - 11) 糸井優輔，古米弘明，中島典之：合流式下水道排水区の流出モデルシミュレーションによる局所的SS堆積管渠の特定と類型化，第31回環境システム研究論文発表会講演集，pp.231-236, 2003.
  - 12) 内藤幸穂，藤田賢二：上水道工学演習，学献社，1985.
  - 13) 金 泰成，山田 淳，文 亨夫：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，環境システム研究論文集，Vol. 28, pp.105-113, 2000.
  - 14) 脇岡靖明，古米弘明：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, pp.123-134, 2001.

## SPECIFICATION METHOD OF COMBINED SEWER PIPES WITH HIGH SEDIMENT DEPOSITION FOR WET WEATHER POLLUTION ANALYSIS

Yusuke ITOI, Hiroaki FURUMAI and Fumiyuki NAKAJIMA

It is important to understand the location of combined sewer pipes with high deposits to reduce CSO pollutant load efficiently, because the sewer solids has a significant influence on the overflow pollutant load during the wet weather. In this study, field surveys were carried out to confirm which types of pipe structure have a tendency to accumulate deposits during the dry weather period. Most of the specified pipes with high deposits by a distributed model were under stagnant flow condition and had high deposits, although the amount of deposit was not verified. Therefore, the specification method of sewer pipe with high deposits was developed based on pipe network data and pollutant transportation calculation using the Ackers and White Equation. A simplified procedure to estimate the amount of deposition during the dry weather period was also proposed.