

横浜市における機械学習を活用した 雨天時浸入水対策へのアプローチについて

横浜市環境創造局管路保全課 木村 英一
○安田 雅人

1. はじめに

分流式下水道における雨天時の污水管への雨水流入は、下水道施設からの污水溢水による衛生問題や処理施設の負担が大きくなることによる処理能力低下、処理費用の増大等が懸念されている。横浜市においても同様の問題が生じており、本市の処理区の一つである都筑処理区は、雨天時に計画有収水量の2倍以上の污水流入があり、雨天時浸入水対策が急がれている。雨天時浸入水対策には大きく発生源対策や効果的な運転管理、能力増強等施設対策があるが、本稿では発生源対策について述べる。発生源対策は水位計や流量計等を使用し、発生源箇所の特定を大ブロックから絞り込んでいくが、物理的な調査は莫大な時間と費用、労力が必要となる。流域が大きい場合は机上による発生源箇所の特定を行い、ある程度のブロックに絞り込んだ後に物理的な調査に移行するのが効率的である。そのため、机上の発生源箇所を特定する解析工程で高い精度が必要となっている。

本稿は都筑処理区全体から雨天時浸入水の発生源箇所を特定するために、機械学習を用いた解析を実施し、発生源箇所を絞り込んだ事例と、今後の本市下水道事業計画への活用を検討したことについて紹介する。

2. 都筑処理区の概要

横浜市では市域の地形に合わせ9つの処理区に分けており、都筑処理区(8,095.9ha)は市の北側から南側にかけて位置する分流式下水道区域である(図—1)。処理区で発生する污水は主要3幹線(川井污水幹線、恩田污水幹線、市ヶ尾污水幹線)を経由し都筑水再生センターで集約され下水処理をしている。都筑水再生センターの計画有収水量は約25万m³/日、計画人口は約60万人である。



図—1 都筑処理区

3. 都筑水再生センターの現状

2019年度中で都筑水再生センターへの污水流入量が最大であった10月12日の流入量グラフが図—2である。上記日付は台風19号が横浜市に上陸していた日であり、総降水量は192.5mmの非常に強い雨を観測した。図—2から10月12日におけるセンターへの流入量は726,700m³/日を計測していることが分かる。これは前述したセンターの計画有収水量の約3倍の数値である。



図—2 2019/10/12 都筑水再生センター流入量

4. 機械学習を活用した浸入水発生源特定解析について

都筑水再生センターへの汚水流入量と XRAIN レーダー雨量及び各種流域特性を数値化し、多変量解析を行い、以下に示すように、晴天時と雨天時の汚水量の変化から浸入水発生源箇所を絞りこんだ。

- ① 地表を 250m ごとのメッシュに区切り、メッシュごとに XRAIN の雨量情報および流域特性を設定した。
- ② 全てのメッシュについて機械学習を行い、個別に浸入水率を評価した。
- ③ 流域特性の解析を行うことで、雨天時浸入水の発生に影響度が大きい要因を把握した。

5. 雨天時浸入水の解析

都筑水処理再生センターの流域を 250m 四方の縦 67、横 40 に分割し、1,277 メッシュを都筑処理区の対象とした。

また、表-1のとおり、各メッシュの污水管の管種や経過年数、雨水管整備状況など様々な流域特性を設定するとともに、本市では市域全体の管きょ情報を GIS 化しているため、汚水流入量と雨量の流達時間差は管網を考慮しメッシュ毎にマニング式を用いて算出した。

機械学習による解析により浸入水率を推定したものを図-3に示す。浸入水率は 250m メッシュ単位で推定しているが、本稿では污水排水区単位でメッシュの平均値を取ったものを示している。

表-1 流域特性の項目の例

特性	項目
地理的	住居面積
施設の	污水管経過年数
	污水管延長
	雨水管延長
	陶管延長
	污水樹数(取付管数)
その他	污水人孔数
	流達時間
	土地利用

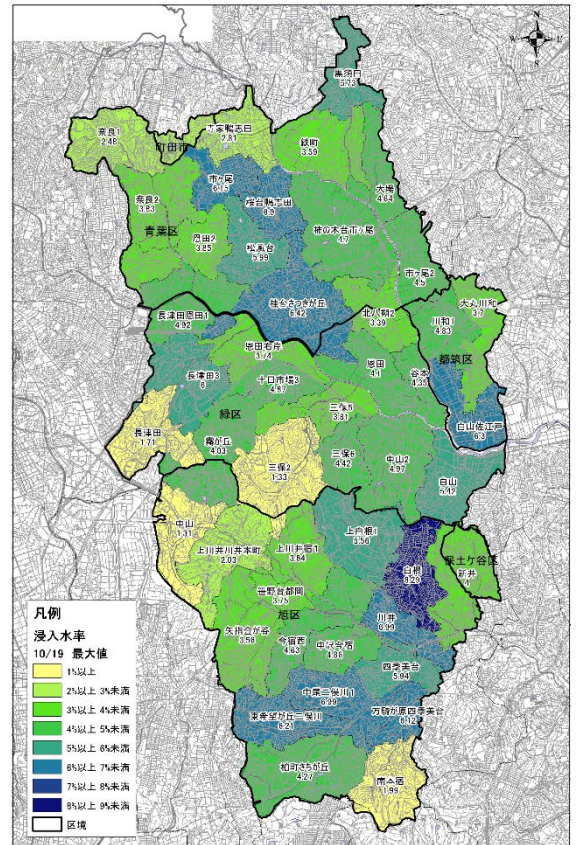


図-3 浸入水率の推定

6. 流量調査と解析結果の比較

汚水流入量、XRAIN データ、流達時間で構築した解析モデルの精度確認を目的に、実際の都筑処理区内の汚水幹線に流量計を設置し、流量を測定した。測定地点は処理区内全 10 か所 (A~J 地点) であり、都筑処理区の主要 3 幹線及び流域の会合部とした。

測定地点 A から J 地点ごとに推定の浸入水率と実測の浸入水率を比較したものが図-4である。結果は浸入水率の推定値と実測値は概ね同じであったが、A 地点と C 地点については大きく異なる値であった。考えられる要因としては、実測流と仮想流速の違いが挙げられる。解析モデルでは満管状態と仮定し、マニング式から一定の流速としているが、実際は会合部などでの流速損失や粗度係数が一定でないと考えられるため、推定値と実測値に差が出たと推測される。

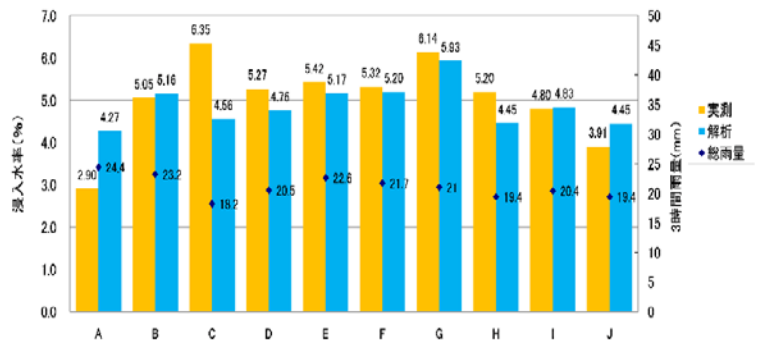


図-4 浸入水率の推定値と実測値の比較

7. 解析結果の考察

雨天時浸入水に対する各流域特性の特徴を表-2に示している。特徴値は、Random Forest Regressor 関数を用いた機械学習モデルでの解析により算出され、数値が1に近いほど雨天時浸入水との関連性が高いことになる。特徴値の中で「雨水量」が最も高く、次に「住居面積」、「浸透率」となった。その次に「雨水管」が高く、污水施設に関する特性よりも関連性が高い結果となった。

特徴値の最大が「雨水量」であるのは、自然なことである。「住居面積」が高い値となった要因としては、屋根排水管の宅地内での配管誤接続等が挙げられる。通常、屋根に降った雨は地中へ浸入することなく宅地内配管を介し、雨水管へ排水される。しかし、宅地内で誤接続があれば、すべての雨水が污水管へ流れることになり、雨天時の直接浸入水の要因となってしまう。「浸透率」に関しては、U字側溝排水の污水管への誤接続が考えられる。都筑処理区の一部の地域は未だ雨水管が整備されておらず、U字側溝による分流排水を行っており、U字側溝で集約された雨水が污水管に接続されている可能性がある。最後に「雨水管」であるが、前述した雨水管整備率が低いことが要因と考えられる。このように、これまでは污水施設の老朽化等による雨天浸入水が大きな要因と考えられていたが、雨水施設の要因が大きく影響している結果となったのは特徴的である、

表-2 流域特性の特徴

特性	流域特性	特徴値	順位
地理的	住居面積	0.166464	2
	污水管布設年度	0.042653	9
施設の	污水管延長	0.051930	5
	雨水管延長	0.058370	4
	陶管延長	0.050584	7
	污水樹数（取付管数）	0.050695	6
	污水人孔数	0.044655	8
	浸透率	0.081008	3
	雨水量	0.453641	1

8. 今後について（課題と対応策）

本研究を通じて生じた課題とそれに対する対応策を述べる。

【課題①と対応策】雨天時浸入水と劣化度の相関性の確認

本研究の特徴値に布設年度は含まれているが、劣化度は含まれていない。現在、横浜市では市域全域でスクリーニング調査を展開しているため、スクリーニング調査結果を用い、劣化度との相関性を確認する。

【課題②と対応策】降雨量が大きいデータで学習を継続

本研究で使用した降雨データは2019年度中の降雨データである。期間中複数の台風往来により比較的大きな降雨を観測できたが、大きな降雨のデータ母数（期間中5降雨）は少ない。解析モデル構築においては、データ母数が多いほど結果の精度が高くなるため、降雨量が大きいデータで学習を継続する。

9. おわりに（横浜市下水道事業への展開）

本研究で使用した雨天時浸入水対策へのアプローチは改善、向上の余地がある。引き続き解析のブラッシュアップ（データ母数拡大）をし、精度の向上と現地調査による妥当性の検証を行い、本市の下水道事業への展開を検討していきたい。具体的には本市が2018年度から実施しているスクリーニング調査後の計画的な修繕において、修繕箇所を選定する優先度の一つとするなどである。スクリーニング調査で見つかった計画的に修繕が必要な異常箇所に対し、優先順位をつける際には老朽化対策、浸水対策、耐震対策を総合的に判断するが、その中の一つの対策要因として雨天時浸入水対策を組み込みとともに、新たに制定された国の雨天時浸入水対策ガイドラインや他都市の動向を吟味しながら、より広域な観点から総合的に判断することを検討していきたい。

問い合わせ先：横浜市環境創造局下水道管路部管路保全課 安田 雅人

TEL：045-671-2841 Email：ks-hozeniji@city.yokohama.jp