

低コスト水位計を用いた 雨天時浸入水調査

研究第一部 研究員
荒生 靖大



1 研究の背景・目的

分流式下水道における雨天時浸入水の調査では、発生源エリアの絞り込みを実施するため、様々な流量計や水位計測技術が用いられています。一般的には、流域面積に応じて大量の計測機器を設置するため、調査には多大なコストを要します。また、現場調査に必要な人員不足も課題となり、多くの自治体では本格的な調査が進まない状況となっています。このような背景を踏まえ、下水道技術開発連絡会議（以下、「連絡会議」という。）に係る共同研究において、測定精度を求めず、自治体職員の手で容易に設置できる低コストな水位計測技術を開発しました。

本研究では、大雨時におけるマンホールからの溢水や敷地内のトレイや風呂の排水不良が報告されているA市を対象とし、低コスト水位計による雨天時浸入水調査を実施し、浸入水の発生エリアの絞り込みを行いました。本稿ではその内容について報告します。

2 研究体制

2.1 研究体制

本研究では、A市からの委託により（公財）日本下水道新技術機構によって、調査・検討を行いました。

2.2 研究期間

令和6年5月～令和7年3月

3 低コスト水位計の概要

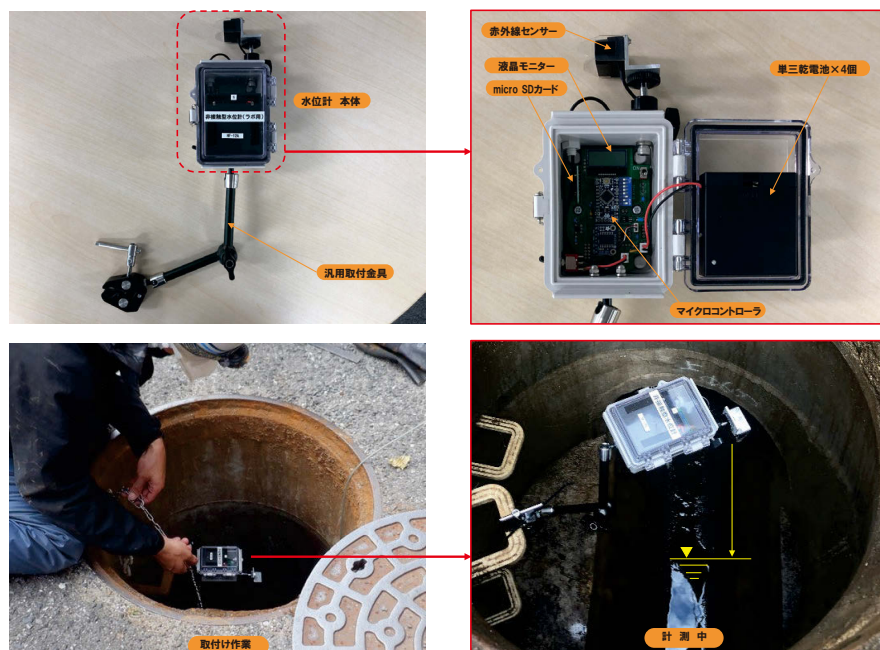
表－1に低コスト水位計の仕様、図－1に低コスト水位計の本体外形及び内部構造及び取付け状況を示します。

本水位計は、汎用赤外線センサー及び汎用マイクロコントローラ等で構成されており、低コストで調達可能な部品で構成しています。また、本水位計は各自治体職員の手で、容易に設置できることを目標としており、取付け作業の際に地上部から作業可能なことに留意し、人孔のステップや鉄蓋のヒンジに取付け可能な構造としています。1回／2カ月の頻度でバッテリー（単三電池×4本）交換が必要となりますが、その他に特別な維持管理は必要ありません。本水位計は、設置箇所から水面までの距離を測定することで、水位の変動を捉えるものであり、測定結果は測定時刻（5分刻み）とともにCSV形式でSDカードに記録されます。

測定したデータの分析作業についても、自治体職員が自ら実施できることが望ましく、低コスト水位計の測定値（CSV形式）と気象庁10分降水量データを組み合わせ、可視化をするための測定値整理ツールも開発しています。測定値整理ツールは、各都道府県の比較規模の大きい気象台やアメダスを選定し、気象庁HPで公開されている10分降水量データをインターネ

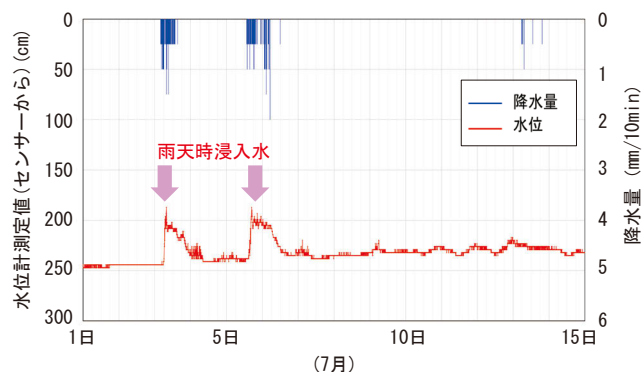
表－1 低コスト水位計の主仕様

項目	水位計 仕様
測定期間（電池寿命）	2カ月連続測定可能
測定精度	晴天時・雨天時の水位変動差の確認
分解能	最小測定単位 1 cm, 測定誤差 5 %以内
適用箇所	小口径～大口径まで対応
測定可能人孔深	最大深さ 5 m
測定間隔	5分間隔毎に1パルス計測
耐久性・耐水性	6カ月以上連続設置可能、水深50cmにおける10分水没試験の検証あり
機器構成	赤外線センサー方式



図－１ 本体外形及び内部構造及び取付け状況

ット上から読み込み、低コスト水位計の測定値とともに一覧表とグラフを生成するものです。生成したグラフデータから、雨天時の水位増減の有無により、雨天時浸入水の有無を確認します（図－２）。



図－２ 測定値整理ツールによって生成したグラフデータ（参考例）

4 調査概要

4.1 低コスト水位計の設置台数

水位計は計16台を製作し、約17haの調査範囲を小ブロック（約1～2ha）まで絞り込む方針としました。

4.2 低コスト水位計の設置人孔

水位計の設置箇所は、会合人孔や人孔内の段差等に配慮した候補地点を選定しました。その後、人孔内における水位計の取付け可否を判断するため、令和6年6月21日に現地調査を実施しました。現地調査では、目視による水流の安定性、取付けタラップの深さ等を確認し、最終的な水位計の設置箇所を決定しました（図－３）。

なお、測定した水位データの分析を進める過程で、水位変動が小さい地点や、段差・会合部で発生する乱流の影響を受けている地点が確認されました。これらの人孔に設置した水位計（計3台）は、雨天時浸入水による水位上昇が確認されたブロックへ移設し、より詳細な絞り込み調査を実施する方針としました。

4.3 調査期間

（１）調査期間その１（移設前）

令和6年7月18日（木）～9月9日（月）

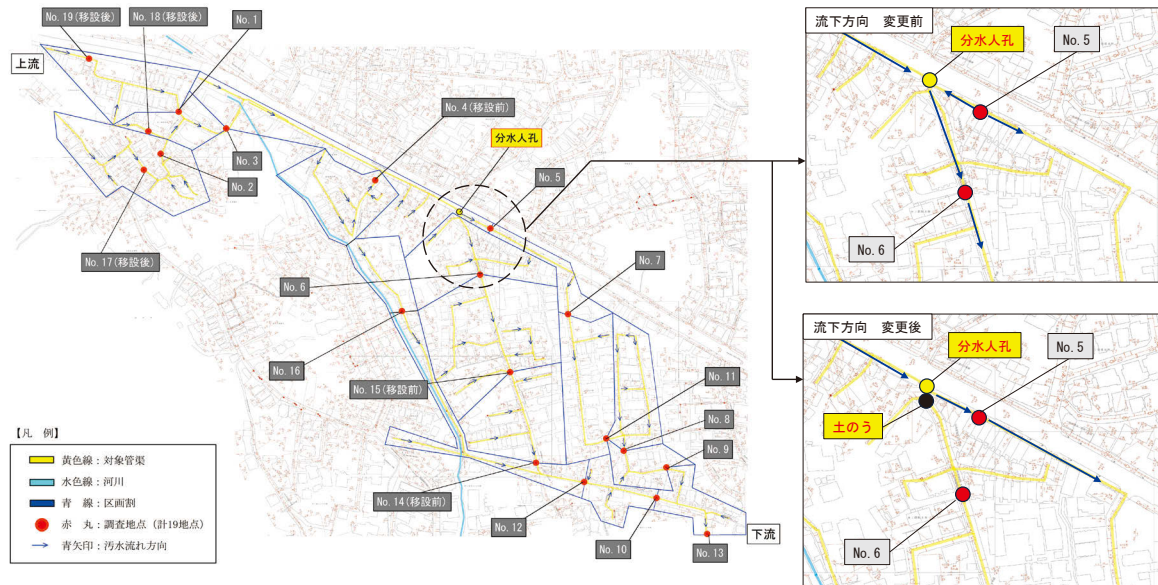
（２）調査期間その２（移設後）

令和6年9月9日（月）～11月26日（火）

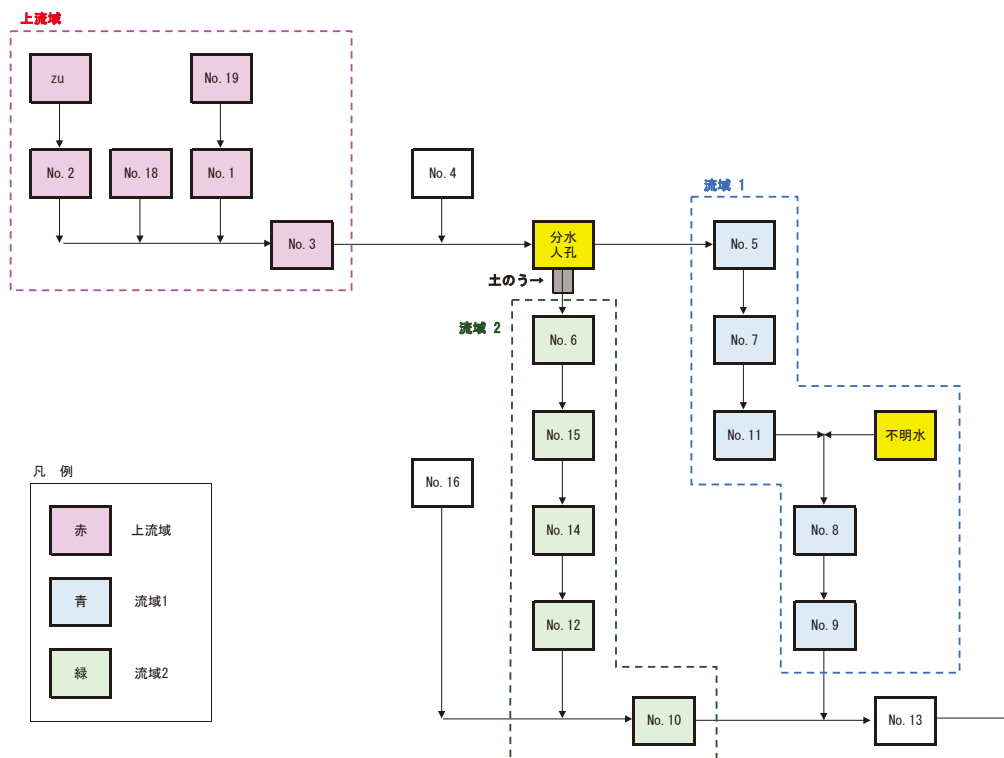
※No.4, No.14, No.15人孔→No.17～19人孔へ移設

4.4 調査エリアの特徴

上流域からの下水は、図－３に示す分水人孔を經由して、No.6人孔へ流下しています。しかし、過去に



図－3 水位計測地点（低コスト水位計設置人孔）



図－4 調査地点の流域区分図

No.12人孔付近において汚水の溢水が確認され、現在は分水人孔に土のうを設置し、No.6人孔への流下量の低減を行っていることが、現地踏査によって確認されました。このことから、水位調査の前段階で、上流域からの下水は、分水人孔を経由してNo.5人孔へ向かって流下しており、No.6人孔への流下量は少ないと推察されました。

5 調査結果と考察

5.1 水位データの分析結果

水位計測の分析結果の傾向を基に、計16地点の調査地点について、「上流域」、「流域1」、「流域2」の3つに区分して考察を行いました（図－4）。各調査地

点の代表地点における分析結果は、図－5に示します。

5.1.1 上流域における測定水位の挙動

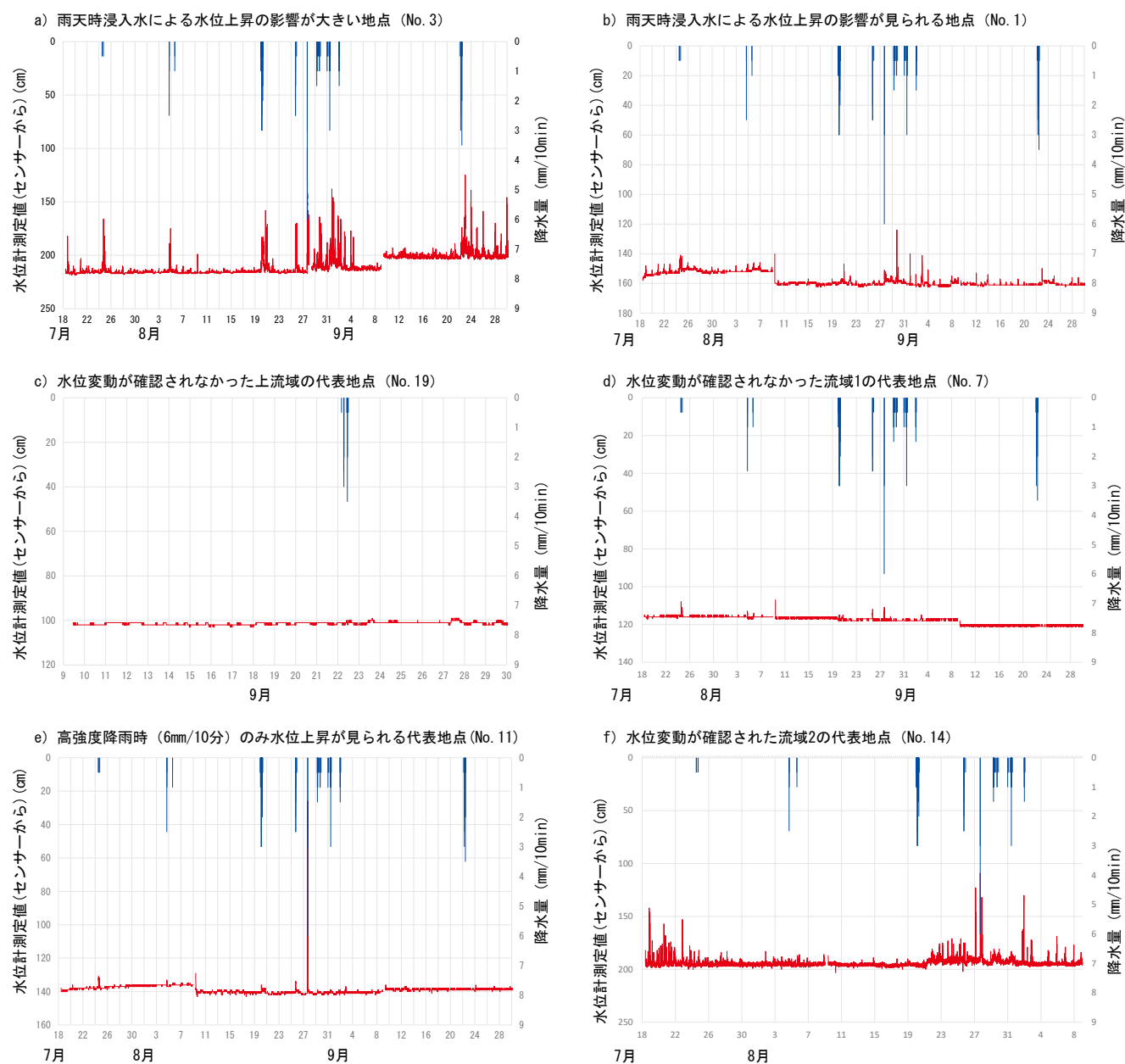
9月9日（月）までの測定期間において、上流域のNo.1人孔、No.3人孔では、降雨に伴う水位上昇が確認されました（図－5－a, b）。特にNo.3人孔は、全調査地点において、降雨に伴う水位上昇が大きい傾向を示しました。これらの結果を踏まえ、上流域に対して計3台の水位計を追加で移設設置し、より詳細な絞り込み調査を行いました。

9月9日（月）以降、No.17～No.19人孔において、

降雨に伴う水位の上昇は確認されませんでした（図－5－c）。No.1及びNo.3人孔については、調査開始当初から降雨に伴う水位変動が確認でき、雨天時浸入水の影響を受けている可能性が高いと考えられます。

5.1.2 流域1における測定水位の挙動

流域1のNo.5人孔、No.7人孔では、降雨に伴う水位変動はほとんど確認できませんでした（図－5－d）。「4.4調査エリアの特徴」より、上流域からの下水は流域1へ流下していると推察しましたが、この推察結果と異なる傾向を示す結果となりました。なお、No.11人孔まで流下すると、高強度降雨日（8月27日：



図－5 水位データの分析結果（代表地点）

降雨量 6 mm/10分) においてのみ、約110cmの水位上昇が確認されました(図-5-e)。高強度降雨における水位上昇は、No.8, No.9人孔でも同様の傾向を示しました。

5.1.3 流域2における測定水位の挙動

流域2は、流域1と異なる傾向を示し、降雨に伴う水位上昇が確認できました(図-5-f)。特に全ての調査地点において、高強度降雨日(8月27日:降雨量 6 mm/10分)において高い水位上昇を示す結果となりました。

5.2 雨天時浸入水の発生エリア及び流下の挙動

図-6に雨天時浸入水の発生エリア及び流下の挙動を示します。上流域の水位データの傾向から、No.1人孔は雨天時浸入水の影響がみられ、No.3人孔においては雨天時浸入水の影響を大きく受けていると推察しました。下流側の流域1では水位変動が低く、一方の流域2では大きな水位変動が確認されました。晴天時においても、流域1と比較して、流域2の水位の時間変動は大きい傾向を示していました。これらの結果から、分水人孔では流路を遮断する目的で土のうを設置していましたが、晴天時・降雨時においても、上流

域からの汚水の大部分は流域2へと流下していると推察しました。

5.3 高強度降雨による逆流の発生

8月27日16時40分に、6 mm/10分の高強度降雨が観測され、流域2では全ての調査地点で同日に水位が上昇しました(図-6)。一方で、流下量の少ない流域1では、No.8, No.9, No.11人孔においてのみ、高強度降雨時の水位上昇が確認されました。ここで、流域1と流域2の各人孔の地盤高及び水位高を、縦断面図を基に比較検討しました(図-7)。

各人孔の水位関係を比較すると、下流側の流下能力が低下した場合は、流域2から流域1へ下水が逆流する可能性があります。今回の調査エリアの管径は全て200mmであり、特に両方の流域が会合し、No.13人孔まで流下する区間は流下能力が低下すると考えました。このとき、両方の流域が全て圧力状態となり、地表面まで水位が上昇したと推察しました。このことから、土のうを設置した本来の目的は、流域2への流下量の低減でしたが、いずれの流域に下水が流下した場合においても、両方の流域で水位が上昇する可能性が高いと考えます。

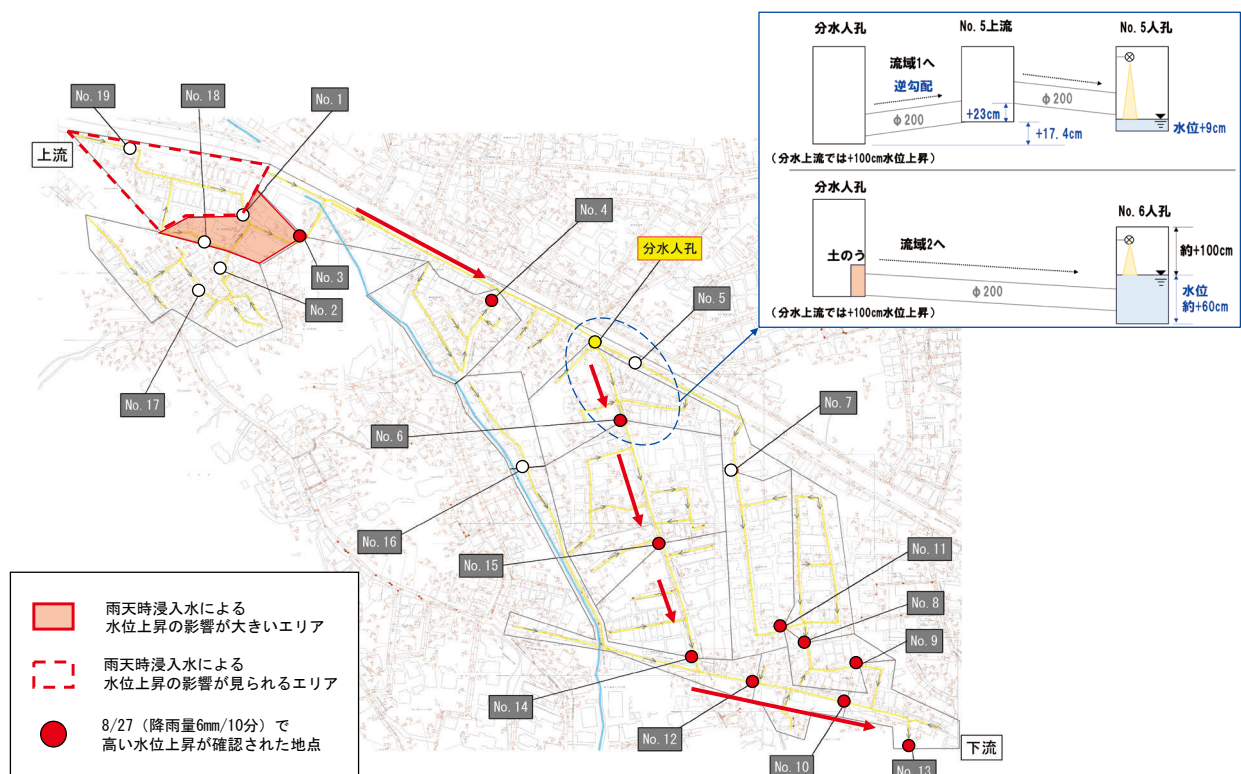
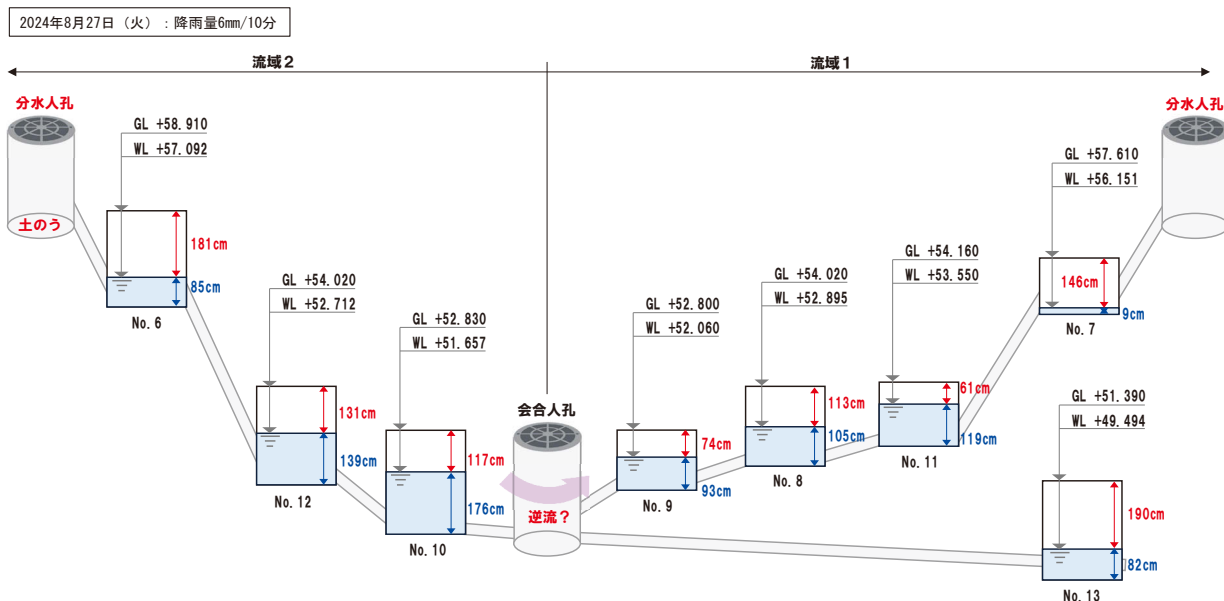


図-6 雨天時浸入水の発生エリア、流下の挙動、及び高強度降雨における水位上昇地点



図－7 流域1及び流域2の縦断面図

No.11人孔では、水面と鉄蓋までの空間が61cmとなっており、非常に高い水位上昇を示しています。No.11人孔付近の住民からは、大雨時における敷地内のトイレや風呂の排水不良の報告を受けており、逆流による水位上昇は、この報告と整合します。なお、No.11～No.7人孔の区間は高低差があるため、No.7人孔では逆流の影響を受けていなかったと考えられます。以上の結果から、高強度降雨時には、流下方向に関わらず流域1と流域2で水位が上昇する可能性があり、特にNo.11人孔周辺では、今回観測された降雨以上の場合、宅内排水まで逆流する可能性が考えられました。

への流下量は少なく、汚水の多くは流域2へ流下していることが示唆されました。

3) 測定水位の挙動から、流域2へ流下した汚水は、高強度降雨の際には下流域で流域1へ逆流している可能性が考えられます。

6 まとめ

1) 調査エリア（約17ha）のうち、上流域は雨天時浸入水の影響を受けているエリアであることが推察されました。特に、No.3人孔は全調査地点のうち、最も高い水位変動を示しており、雨天時浸入水の影響が高いブロックであると考えます。No.3と比較して低い水位変動ではありますが、No.1人孔を有するブロックについても、雨天時浸入水の影響が確認されました。

2) 土のうを設置している分水人孔では、流下方向の変更を行っていますが、測定水位の挙動から流域1