

浸水被害を受けた下水処理場の段階的な復旧方法の立案

松橋 学・山田裕史・重村浩之

1. はじめに

東日本大震災から10年以上が経過し、下水道施設の耐震化、耐津波化など災害に対する構造上の対策の考え方は整理（知見の蓄積）が進みつつある。また、下水道施設が被災後、本復旧までの期間に水質を改善するための技術的な知見（課題）の整理は、東日本大震災後に国土技術政策総合研究所から発刊された「災害時における下水の排除・処理に関する考え方」¹⁾に地震後の対策がとりまとめられた。一方で、近年豪雨災害等において、大規模被災が発生しており、地震以外の災害における応急復旧に関するノウハウが蓄積されつつある。加えて、被災処理場の応急復旧時の水質リスクや水質改善効果について定量的に評価しようとしても、実際に被災処理場で復旧過程に応じた調査を実施する他に方法が無く、復旧過程における効果検討が困難であった。そこで、本調査では、令和元年東日本台風で被災した下水道施設の被害状況や復旧事例について調査すると共に、調査結果に基づいて、被災処理場の水質状況を模擬できる災害リスクマネジメント実験施設を建設し、復旧方法と水質改善効果について検討した。

2. 令和元年東日本台風における下水処理場の被害と緊急措置・応急復旧

2.1 近年の被害と令和元年東日本台風の下水処理場の被災件数の比較

近年の下水処理場の被災状況の把握のため、国土交通省ホームページの災害情報より、過去10年間の台風、梅雨前線の降雨による下水処理場、ポンプ場の被害件数を整理した（図-1）。過去10年で大きい被害として、平成30年度7月豪雨の際に処理場、ポンプ場それぞれ10件程度が被害を受けた事例があるが、令和元年東日本台風（台風19号）では、それを大きく超えて、ポンプ場34箇所、下水処理場17箇所が被害が発生した。ま

た、気候変動を踏まえた治水計画のあり方²⁾が示される等、今後も降雨強度増加による下水道施設の被害を考慮した計画の策定や浸水被害を受けた下水処理場の応急復旧対応等更なる検討が必要となった。

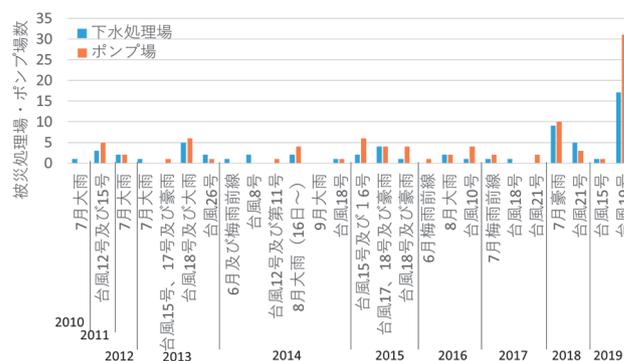


図-1 過去10年の下水処理場・ポンプ場被災件数

2.2 下水道施設の被害状況

今回調査対象とした令和元年東日本台風では、これまで被災・復旧のモデルとされた地震被害とは異なる被害の状況がみられた。主要な被害は浸水による機械設備、電気設備の浸水とそれに伴う排水・処理機能の停止であった。被害の範囲は、関東甲信越から東北まで非常に広い範囲に及んだ。また、河川の氾濫や破堤により道路上のマンホールポンプの電気設備が浸水、故障し、揚水機能が停止し溢水した事例も多数報告された。

次に、特に被害が大きく年単位の復旧期間が必要となった下水処理場の被災事例を記載する。

①内水氾濫：河川の水位上昇に雨水ポンプの能力が追い付かなくなり、処理場内が浸水した。沈砂池棟の搬出入口より沈砂池が浸水・水没した。ポンプ棟もシャッター部・換気口より浸水し、地下2階は完全に水没、地下1階は完全には水没しなかったものの浸水した。結果、沈砂池の機械設備の機能停止、ブローア・ポンプ棟の機能停止、汚泥処理系の電気設備の機能停止に陥った。

②外水氾濫：周辺河川の破堤により処理場内が浸

水した。管廊より浸入してポンプ室が浸水し、揚水機能が停止した。その他、階段室及び管理棟の搬入シャッターより浸水して電気室の設備が故障した。機械設備についても汚泥処理、水処理に関連した設備が浸水・故障して処理場が機能喪失した。急激な水位上昇の影響により、シャッター等の建具が水圧により損傷した（図-2）。



図-2 外水氾濫により浸水した下水処理場

2.3 水害による被災下水道施設の緊急措置

下水道における緊急措置は、二次災害の防止やより重篤な下水道の機能不全を防ぐために行う措置を指す。今回の調査においては、緊急措置はマンホールポンプの機能停止に伴う溢水を防ぐ目的で行われたものの他、中継ポンプ場内において汚水が溢れ、建屋内が浸水するのを防ぐために実施されたケースが数多く報告された（図-3）。以下に緊急措置の内容を記載する。

- (1) 仮設電気盤設置による応急措置
- (2) 発電機設置
- (3) ポンプ車による排水・排泥
- (4) 仮設ポンプ設置
- (5) 仮設配管・仮設水路構築
- (6) 機械設備の予備機対応
- (7) 機械・電気設備の応急修理

令和元年東日本台風では、処理場では、緊急措置を惹起する主要因は大雨による機械設備、電気設備の浸水であった。管きよ施設では被災直後に実施した緊急措置として、仮設ポンプの設置、清掃吸引、消毒放流などの対応を行った（図-4）。

大別すると、既存の設備を再使用できる状態とすること、既存設備の代替を用意すること、揚水機能の復旧を一時断念し浸水の悪化を防止するための緊急放流である。



図-3 緊急・応急復旧措置事例

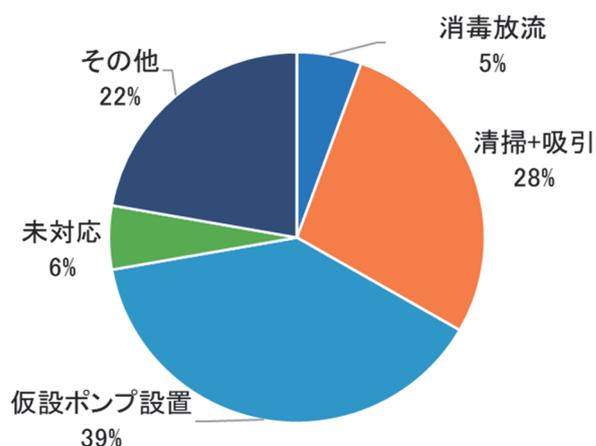


図-4 被災直後に管きよ施設で実施した緊急措置

2.4 被災下水道施設の応急復旧時の水質改善

下水道事業における応急復旧は本復旧までの放流水質改善の方策を指す。被災した下水処理設備は機械・電気設備の工場製作、現場据付工事が必要なことから、水処理機能の本復旧には年単位の時間を要する場合がある。そのため、前出の「災害時における下水の排除・処理に関する考え方」に基づき、目標放流水質をBOD 120mg/L、60mg/L、15mg/Lとして、設備の復旧状況に応じて、段階的に目標放流水質達成可能な応急復旧を講じる必要がある。今回の被災施設においては、最も大きな被害を受けた処理場において本復旧まで約2年半もの期間を要した。本復旧までに1年以上を要した多くの処理場では、段階的な応急復旧として、「沈殿処理+塩素消毒」及び「沈殿処理+簡易生物処理+塩素消毒」により目標放流水質が段階的に達成され、施設の本復旧が完了する前に、放流水質の改善がなされていた。令和元年東日本台風の事例を図-5に示す。一方で、各処理場の規

模や、被害の大きさ、応急復旧の方法により下水処理施設の段階的な水質の改善の速度が異なっていた。そのため各処理場の応急復旧方法と水質改善効果について整理するとともに、早期復旧に有効な応急復旧手法の確立のための調査を実施した。

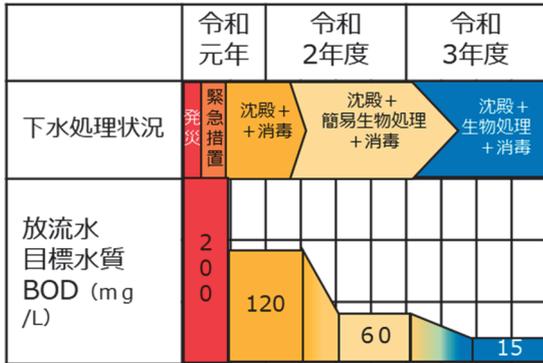


図-5 段階的な水質改善の事例

3. 災害リスクマネジメント実験施設概要

3.1 災害リスクマネジメント実験施設の設置目的

前章に記載の通り、被災した下水処理場であっても、放流先の公共用水域の公衆衛生の確保及び環境影響を低減することが求められる。そのため被災処理場では放流水質の向上に関する様々な取り組みが行なわれている。本復旧まで長期間が必要となる場合の復旧方法と水質改善効果の関係を明らかに出来れば、下水処理規模や被害状況に応じた効果的な復旧方法の提案が可能となる。一方で、実下水処理場で一部機能を停止させて水質向上手法を検討することは困難なため、今までは、対策と水質改善効果を施設一体として評価できなかった。そのため、様々な応急復旧方法に対する水質改善効果の評価を実施することを目的に、実下水処理場と同様の施設構成、及び災害時の機能を喪失した状態での運転を再現可能とした施設（災害リスクマネジメント下水処理実験施設）を建設した（図-6）。



図-6 災害リスクマネジメント下水処理実験施設

3.2 実験装置の再現可能な処理方式と構造

3.2.1 再現可能な処理方式

全国の下水処理場には規模や地域特性に応じて様々な下水処理方式がある。下水道施設計画・設計指針と解説(2019年版)³⁾には5つの処理方式が示され、下水道統計では、21の処理方式に分類されている。本実験施設は、復旧に長時間が必要な下水処理を再現するためバルブ等の切り替えにより、図-7に示す10の処理方式（全国の処理場のうち41.5%となる、比較的大規模向けの処理方式）を再現可能な構造とした。なお、オキシデーションディッチ法の割合は多いが小規模処理場に採用され、早期に災害復旧可能な構造であると考え、対象外とした。

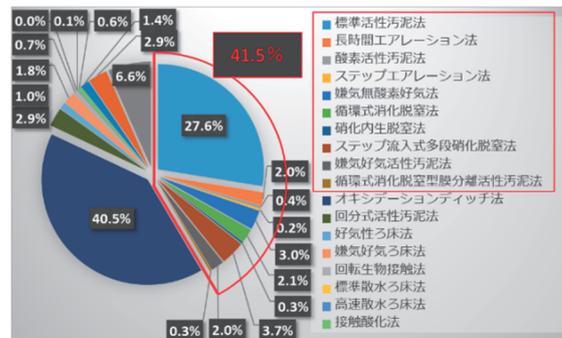


図-7 全国の下水処理方式の割合

3.2.2 実験装置の構造

災害リスクマネジメント下水処理実験施設は、最初沈殿池、反応槽、最終沈殿池、消毒槽及び、通常と異なる流入水質を再現するための性状変動槽から構成される。平常時の流入水量24m³/day、最大流量48m³/dayの下水処理が可能な系列が2系統あり、同様の流入水に対し2つの条件で実験が可能な施設である。消毒については、塩素消毒及び、どちらか一方のみUVランプによる消毒も可能な構造とした。性状変動槽は、最大10m³の容量があり、約10時間の実験が可能である。また、反応槽は、1.5m³の水槽が11層あり、処理方式に応じた反応槽の滞留時間について変動可能な構造となっている（図-8）。

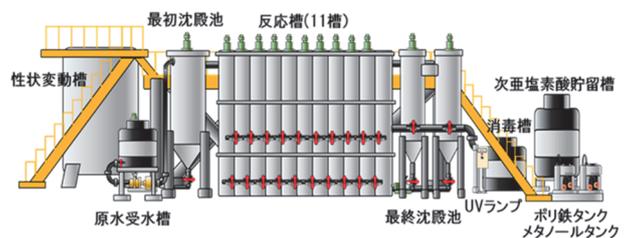


図-8 実験施設構成

3.3 実験装置を用いた早期応急復旧効果の検証例

3.3.1 活性汚泥の投入による復旧効果検討

令和元年東日本台風での復旧事例では、仮設機器類の設置完了後、下水処理に必要な活性汚泥を育成するまでに1か月以上の時間を要した。そこで、他の処理施設から活性汚泥を移送して投入した場合の効果を検討した。1系が汚泥投入、2系は汚泥投入せずに運転した結果を図-9に示す。1系が投入後1日で処理水の有機物指標であるBODが15mg/L以下となったのに対し、2系では、処理水のBODが15mg/L以下になるまで約2か月程度かかった。このことから、他処理場汚泥の投入は復旧時間の短縮に効果があると考えられる。

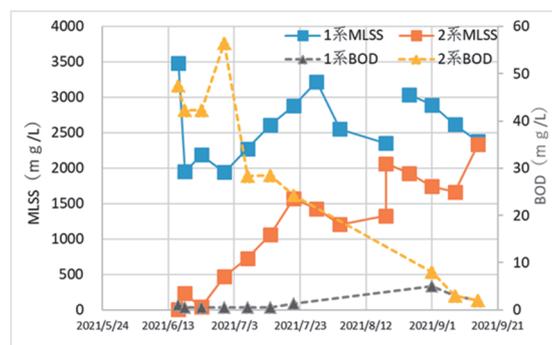


図-9 活性汚泥の投入による復旧効果

3.3.2 凝集剤添加による水質改善効果の検討

大規模な被害の場合は、処理場の全機能が停止していることから、薬剤を用いた化学的な処理が有効と考えられる。そこで、流入水に対し浮遊物質(SS)の除去が可能な凝集剤を添加し、SS及びBOD、CODの除去効果を検討した。検討には水道や下水道では一般的に用いるPACとポリ鉄の2種類の凝集剤を使用した。対象とした流入水の水質はBODが115mg/L、CODが257mg/L、SSが57mg/Lである。本実験では、流入水に凝集剤濃度をPAC3段階、ポリ鉄2段階の設定濃度となるように投入し、急速攪拌2秒、緩速攪拌3分、静置27分の条件で混和した。その結果、最も効果

の高かったケースでは、処理水のBODは73mg/Lで除去率36%、CODは79mg/Lで除去率67%、SSは5mg/Lで除去率90%であった。このことから、災害時に流入水に対する凝集剤の添加濃度を適切に管理できれば一定の水質改善効果があると考えられる(図-10)。

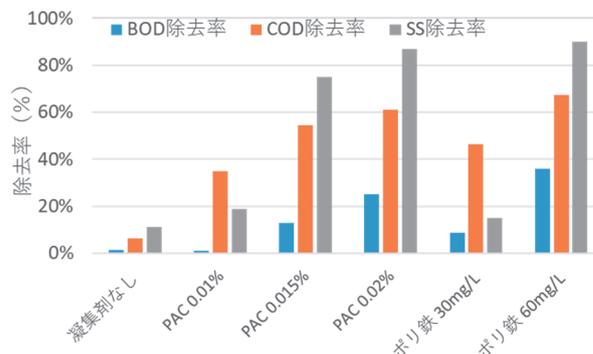


図-10 凝集剤による下水処理効果

4. まとめ

本調査では、令和元年東日本台風で浸水被害を受けた下水処理施設の緊急措置、応急復旧事例を収集するとともに、被災後の状況を再現できる実験施設を建設すると共に、実験施設を用いて実施した活性汚泥の投入による復旧効果と凝集剤による下水処理効果について取りまとめた。様々な応急復旧事例があることから、今後も実験施設を活用し、前出の「災害時における下水の排除・処理に関する考え方」の改定に資する検討を継続して実施する予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所、「災害時における下水の排除・処理に関する考え方」、平成24年9月
- 2) 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会、気候変動を踏まえた治水計画のあり方(提言)、令和3年4月
- 3) (公社)日本下水道協会、下水道施設計画・設計指針と解説(後編)-2019年版-、2019年9月

松橋 学



国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室 研究官
MATSUHASHI Manabu

山田裕史



国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室 研究官
YAMADA Hirofumi

重村浩之



国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室 室長
SHIGEMURA Hiroyuki