

B-15 合流式が併用された下水処理施設における 雨天時水質調査

○ 内田 翔^{1*}・上門 卓矢¹・山下 尚之¹・田中 宏明¹・
古屋 勇治²・田中 良春²

¹京都大学大学院工学研究科流域圏総合環境質研究センター（〒520-0811 滋賀県大津市由美浜1-2）

²富士電機水環境システムズ株式会社（〒191-8502 東京都日野市富士町1番地）

* E-mail: uchida@biwa.ecg.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

近年、合流式下水道からの雨天時の未処理放流水や簡易処理放流水による公共用水域の水環境悪化が問題となっている。現在の合流改善対策の中心は、雨水吐における夾雑物の流出防止と未処理下水の放流回数の削減による公衆衛生上の安全確保、合流式下水道からの放流汚濁負荷量の削減となっている¹⁾。また、処理場内対策として、高速ろ過や高速凝集沈殿などの雨天時処理技術が開発されている²⁾。これらの対策の主な除去対象はSSとSSに由来するBODであり、溶解性有機物や窒素・リンなどの栄養塩類、ウィルスなどの病原性微生物の除去対策はほとんど行われていないのが現状である。しかしながら、放流先が閉鎖性水域であったり、水道水源・水浴場など高度に水利用されている水域では、富栄養化や消毒副生成物防止の観点から、今後これらの除去を目的としたより高度な処理対策が必要となると考えられる。

下水処理場においてこれらの要求を満たす雨天時処理を考えた場合、既存の生物反応槽を最大限利用し、雨天時下水全量を処理する方法が有用であると考え³⁾。しかし現状では、時間最大汚水量（IQ）を超える量の下水は、生物反応槽のMLSS濃度の低下や沈殿池から汚泥流出を防止するため、多くの場合簡易処理のみで放流されている。

雨天時にも生物処理を行うためには、降雨時に大きく変動する流入水の水量・水質変動を把握する必要がある。そこで本研究では、分流式で整備された下水処理区の一部に合流式区域を含む下水処理場において、雨天時下水の流入特性、簡易処理放流時の放流水質特性を把握するための水質実態調査を行った。

2. 調査方法および測定項目

本調査を行った下水処理場は、放流先が閉鎖性水域で水道水源が存在する重要水域であり、各処理系において凝集剤添加などの高度処理が導入されている。また、処理区の約1割が合流式による整備区域であり、雨水吐の遮集量増加や貯留管の設置といった合流改善計画が策定されている。

2005年10月～2006年1月、2006年9月～12月にかけて降雨時の採水・水質調査を行った。下水処理場への流入水と最初沈殿池流出水（簡易処理水）を採水対象とし、採水間隔は、降雨状況に合わせて流入水、簡易処理水とも15分～60分とした。また、雨天時調査の結果と比較するための晴天時の24時間調査も同時期に行った。24時間調査は、午前10時から翌朝9時まで採水間隔1時間の定時採水を数回行った。採水は下水処理場内に自動採水機（ISCO-6712）を設置し行った。流入水と簡易処理水の採水地点をFig 1に示す。

測定項目はSS、BOD、濁度、全窒素（T-N）、溶解性全窒素（DT-N）、アンモニア性窒素（ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ）、全リン（T-P）、溶解性全リン（DT-P）とした。また、全成分と溶解性成分の差を取ることで、懸濁態全窒素（PT-N）、懸濁態全リン（PT-P）を求めた。流量データは調査を行った下水処理場の水質管理日報の毎時の値を用いた。降雨量データは、気象庁のアメダスデータ⁴⁾を用いた。

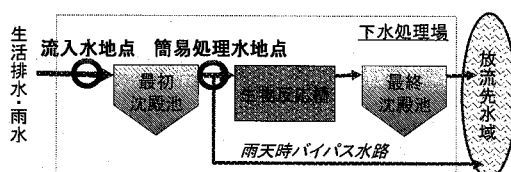


Fig 1 雨天地調査の採水地点

3. 調査結果と考察

(1) 調査日の降雨状況と流入量

本調査のうち降雨が特徴的であった4調査日についての結果を Fig 2 に示す。いずれの調査日も、流入量変化が降雨パターンとほぼ同様の変動傾向を示した。

最大降雨強度が 9 mm/h、8 mm/h であった1月13日と11月26日の降雨では、時間最大流入量が晴天時流入量の約3倍である約8,000 m³/h に達するなど、流入量が著しく増加した。12月7日と12月13日の総降雨量は同程度であったが、弱い降雨が長時間継続した12月7日は流入量の増加が小さかったのに対し、12月13日は短時間に強い降雨が発生したため、時間最大で晴天時の約2.5倍の下水量が流入した。

(2) 雨天時下水の流入特性

Fig 3 に2006年1月13日~14日の調査のSS、BOD、T-N、TPの結果を示す。

1月13日は、降り始めの降雨強度が弱く流入量の大幅な増加は見られなかったが、各水質項目の濃度が大きく上昇した。降雨初期の最大値は、SSで585 mg/L、BODで453 mg/L、TPで7.3 mg/Lとそれぞれ晴天時の同時刻の約5倍、約4倍、約2.5倍の濃度となった。T-Nでは、降雨初期の最大値が42.3 mg/Lと晴天時の同時刻の約1.8倍にとどまった。1月14日は、降雨強度が強く流入量が大幅に増加し、それに伴って各水質項目の濃度が大きく減少した。SS、BODでは降雨再開直後に濃度の上昇が見られたが、1月13日の降雨と比較してピークが小さく、また流入量のピークに先行して現れた。T-N、TPでは流入量増大時の濃度の低下が顕著であった。

各水質項目の降雨初期の濃度上昇は、市街地の道路面

や管渠内に堆積した汚濁物が降雨により洗い出されて下水処理場へ流入する、いわゆる初期フラッシュと考えられる。初期フラッシュの影響は、懸濁態成分を多く含むSS、BODで大きく、溶解性成分を多く含むT-Nでは小さかった。

Fig 4 に、2006年11月26日のSSとNH₄⁺-Nの流入負荷量の経時変化について示す。懸濁態であるSSでは、流入負荷量が晴天時の約3倍まで増大したのに対し、溶解性成分であるNH₄⁺-Nでは晴天時と同程度であった。これよりSSは堆積物の影響を受けるが、NH₄⁺-Nは大きな外部負荷源がなく希釈されていることが示唆された。

(3) 簡易処理放流時のアンモニア性窒素の放流負荷

NH₄⁺-Nについて、2006年1月14日の簡易処理放流発生時と晴天時の放流負荷量を比較した結果を Fig 5 に示す。Fig 5 より、簡易処理放流時にNH₄⁺-Nが高濃度で流出している可能性が示唆された。ただし塩素消毒前の測定値であり、消毒を行うと塩素と結合し結合塩素を生じると思われる。NH₄⁺-Nは、当該処理場では通常生物反応槽にて硝化されるため晴天時の放流水にはほとんど含まれていない。しかし、雨天時は流入量が大幅に増加し流入水の一部が簡易処理放流されるため、晴天時と比較してNH₄⁺-N放流負荷量が增大すると考えられる。

放流水中のNH₄⁺-Nの残留は、放流先水域での富栄養化、消毒塩素と結合して結合塩素を生成し消毒効果を減じる、結合塩素の残留による生態影響が懸念されるといった問題を生じると考えられるため、重要水域では硝化促進が雨天時下水処理の課題の1つとして挙げられる。特に、合流改善対策により遮集水量が増加すると雨天時の下水処理場の役割は今後さらに大きくなると思われる。

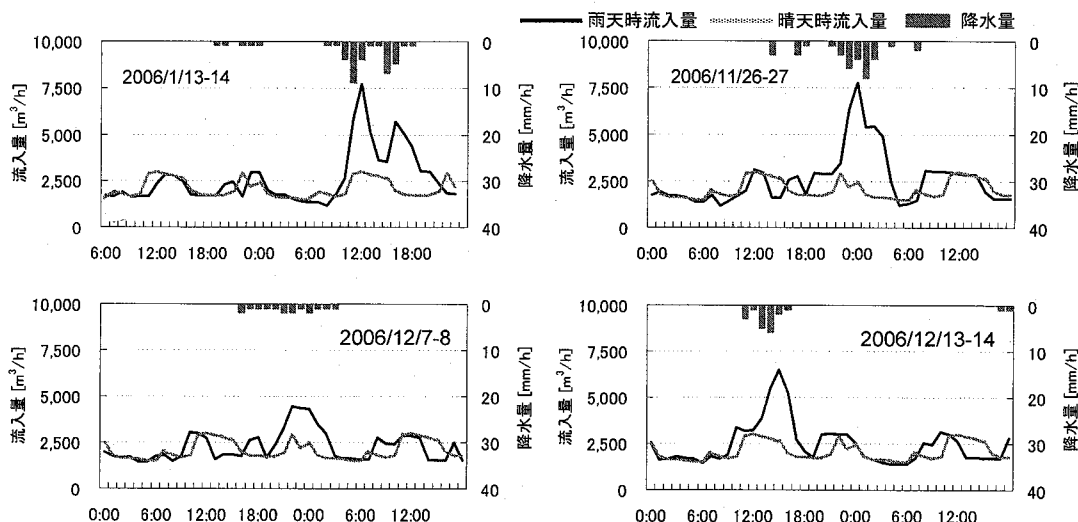


Fig 2 降水量と流入量の時間変化および晴天時・雨天時の流量変動の比較(4 調査日)

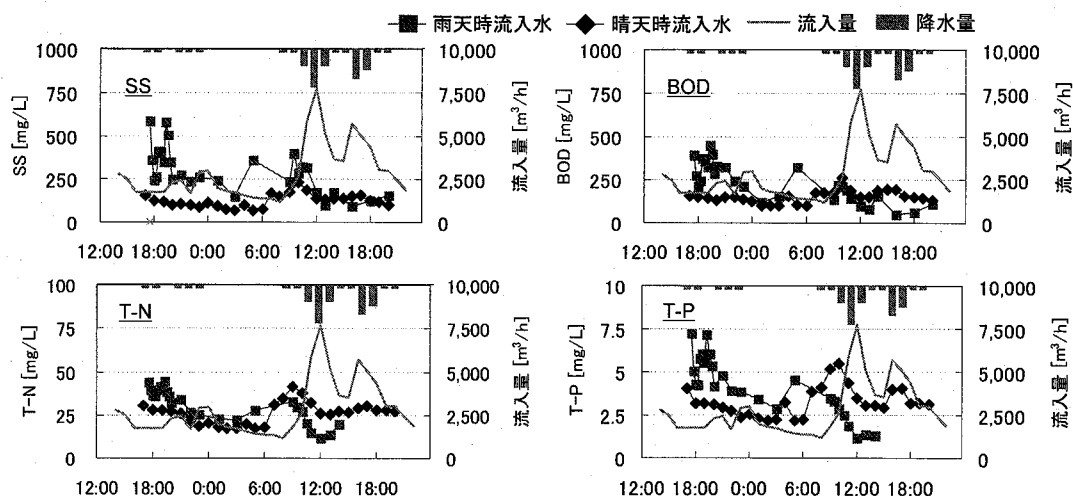


Fig 3 晴天時・雨天時の SS, BOD, T-N, T-P の時間変化 (調査日: 2006/1/13-14)

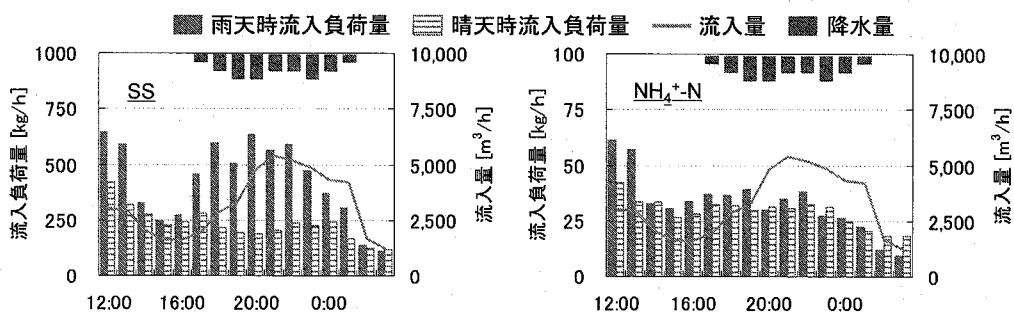


Fig 4 晴天時・雨天時の SS, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の流入負荷量の比較 (調査日: 2006/11/19-20)

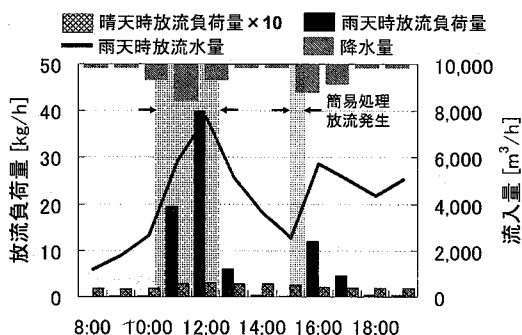


Fig 5 簡易処理放流時と晴天時の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の放流負荷量の比較 (調査日: 2006/1/14)

4. まとめ

処理区の一部に合流式下水道を含む下水処理場で、雨天時の流入水、簡易処理水の水质調査を行い晴天時の状況と比較した。本調査結果を以下にまとめる。

- ・雨天時の流入量の時間変化は、降雨量の時間変化と

同様の変動傾向を示した。最大で晴天時の約3倍に達するなど、雨天時に流入下水量の大幅な増加が見られた。

- ・流入水では、SS、BOD、リンで初期フラッシュと思われる水质濃度の顕著な上昇が短期間見られた。また流入量増大時に、希釈による水质濃度の低下が見られた。

- ・雨天時の簡易処理放流によりアンモニア性窒素の放流負荷が増大する可能性が示唆された。そのため、アンモニア性窒素による消毒効果の低下や放流先水域への影響が懸念される。

参考文献

- 1) (社)日本下水道協会: 合流式下水道改善対策指針と解説—2002年版—
- 2) 阿部千雅, 中筋康之, 猪木博雅: 下水道における技術開発の最近の動向, 下水道協会誌, 42, 518, 64-75 (2005)
- 3) 古川清: 大阪市における雨天時下水活性汚泥処理法(3W処理法)について, 下水道協会誌, 39, 475, 40-44 (2002)
- 4) 気象庁ホームページ: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>