

<特集>

大阪市における既存施設を利用した合流式下水道の改善

—雨天時下水活性汚泥処理法の開発と実用化—

Improvement of Combined Sewer System Utilizing Existing Facilities in Osaka City
—Development and Practical Application of Wet Weather Activated Sludge Treatment Process—

山本高弘*, 中村貴昭

大阪市都市環境局

Takahiro Yamamoto*, Takaaki Nakamura

Environment and Sewerage Bureau, Osaka City Government

Abstract

Activated sludge process for wet weather wastewater (named as 3W treatment process) originally developed by Osaka City Government is a useful method for combined sewer system improvement that enables to treat up to three times of wet weather wastewater volume compared with the conventional process. In the 3W process, among wet weather wastewater conveyed to reaction tanks, the portion equivalent to design peak hourly wastewater flow in dry weather (1Qsh) is fed to the first cell of reaction tanks through step gate No.1 and the additional two times of design peak hourly flow (2Qsh) is fed to the last cell of reaction tanks through step gate No.4. Distribution of wastewater flow is controlled by weir height of the step gate No.4 automatically operated according to the wastewater level of inlet channel to the reaction tanks in wet weather. Furthermore, real time remote monitoring of effluent quality using turbidity meters is facilitating operational control of 3W process, such as to check the process condition and to judge if continuation of 3W process operation is appropriate. Results of wastewater quality analysis at Suminoe Sewage Treatment Plant shows that effluent quality from the 3W process is equivalent to the one of secondary treatment effluent. In the conventional treatment process, 1Qsh of wet weather wastewater was fed to reaction tanks and 2Qsh was only passed primary sedimentation tanks and discharged. The effect in reducing pollutant load by the 3W process was 65% in SS and 78% in BOD compared with the conventional treatment process.

Key Words: wet weather activated sludge treatment process, 3W, combined sewer, step gate, turbidity meter

1. はじめに

1.1 合流式下水道の現状

大阪市の下水道は、現在市内全域にわたって整備されており、その普及率はほぼ 100%に達している。本市においては、明治時代という早くから下水道整備を行ってきたが、良好な生活環境の確保、雨天時における浸水の防除から汚水及び雨水の速やかな排除が重要かつ緊急の

課題であった。そのため排除方式については、整備期間、施工性及び経済性において有利である合流式を採用し下水道整備を行ってきた。しかし、合流式下水道は、雨天時に下水処理場で処理可能な量以上の水が管渠内に流入すると、雨水とともに汚水の一部が未処理のまま公共用水域に放流されるため、水質保全の面から大きな欠点がある。

1.2 合流式下水道改善の取り組み

平成 16 年 4 月 1 日に「下水道法施行令の一部を改正する政令」が施行され、合流式下水道改善対策は現在その重要性と緊急性を増している。本市では、公共用水域

*〒559-0034 大阪市住之江区南港北 1-14-16

WTC コスモタワービル 33 階

TEL : 06-6615-7674 FAX : 06-6615-7690

E-mail : ma0008@ii.city.osaka.jp

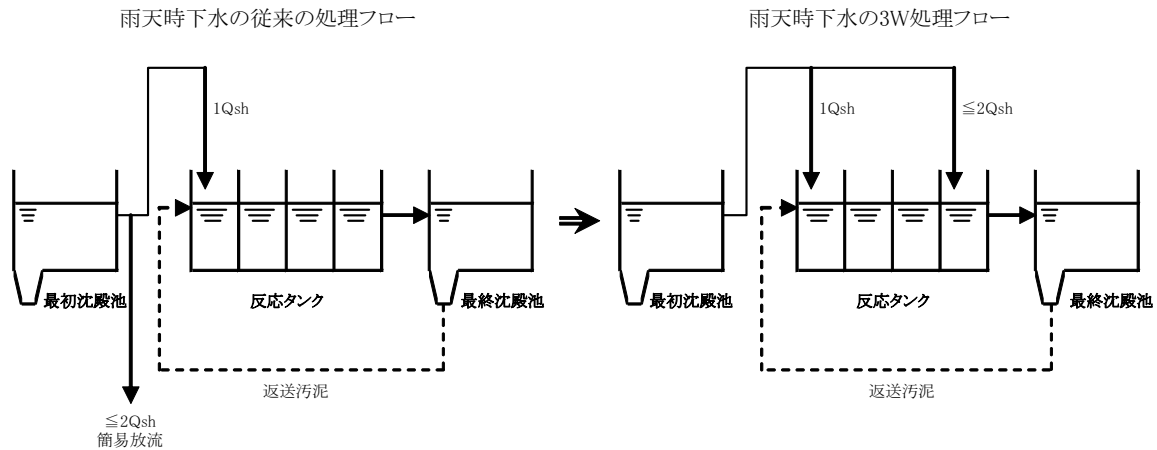


Fig.1 Outline of 3W treatment method

の水質保全を図る上において合流式下水道の改善を重要施策の一つとし、その対策に取り組んでおり、当面の合流式下水道改善目標を「雨水の放流水質を分流式下水道におけるそれと同程度にすること」として種々の取り組みを行っている。その主な取り組みについては以下のとおりである。

- ・雨天時下水活性汚泥処理法の全下水処理場への導入
- ・傾斜板沈殿池の整備
- ・雨水滞水池の整備
- ・雨水沈砂池における汚濁物の堆積防止と除去
- ・人孔のインバート化
- ・雨水吐き室へのろ過スクリーンの設置
- ・直接放流スクリーンの整備

本稿では、これらの取り組みのうち本市独自で開発、実用化し、既存施設を利用するという点で費用対効果の面で非常に有利で、かつ合流式下水道の改善において即効性があることから、現在市内の全下水処理場へ導入を進めている雨天時下水活性汚泥処理法（Wet Weather Wastewater treatment method：以下「3W処理法」と呼ぶ。）について紹介する。

2. 3W処理法の概要と原理^{1)~6)}

2.1 3W処理法の概要

従来、本市の下水処理場では、雨天時において計画時間最大汚水量（以下 1Qsh と呼ぶ。）の 3 倍量を沈殿処理し、そのうちの 1Qsh については活性汚泥処理を、残りの 2Qsh までの超過水量についてはそのまま放流（以下、簡易放流と呼ぶ。）を行ってきた。3W 処理法とは、

現在簡易放流を行っている 2Qsh までの超過水量を反応タンク終段にある第 4 ステップゲートより流入させ、3Qsh までの雨天時下水を活性汚泥処理する方法である。3W 処理法の概略フローを Fig.1 に示す。

2.2 3W 処理法の原理

活性汚泥処理では、反応タンク内に流入した下水中の汚濁物質は、最初の 20~30 分程度でそのほとんどが活性汚泥に吸着され、その後緩やかに分解される。3W 処理法は、この初期吸着機構を利用した方法で、反応タンク終段に流入した雨天時下水中の汚濁物質は活性汚泥の初期吸着により速やかに除去される。汚濁物質を吸着した活性汚泥は、最終沈殿池で分離返送され、返送汚泥系と反応タンクの前・中段で滞留している間に汚濁物質を分解し、反応タンク終段に戻る時には再び吸着能力を回復する。その結果、3W 処理が安定して継続できるようになる。

また 3W 処理法においては、最終沈殿池での固液分離が重要である。水面積負荷の考え方では、3W 処理運転中、最大で設計値の 3 倍の負荷がかかる。しかし固形物負荷からみると、反応タンク終段の第 4 ステップゲートより雨天時下水を流入させているため、3W 処理運転開始直後は、反応タンク終段の MLSS（反応タンク内混合液の浮遊物質）がそのまま最終沈殿池に押し出され、一時的に負荷は高くなるものの、その後は超過流入水によって希釈されるため、すぐに MLSS 濃度は低下する。そのため、定常状態では最終沈殿池の固形物負荷は通常に比べてそれほど高くはならず、固形物負荷の高い運転初期を乗り切れば、3W 処理水質は安定してくる。

3. 3W処理法の処理効果⁷⁾

本市住之江下水処理場は、平成13年11月より3W処理運転を開始している。当下水処理場において、3W処理運転開始後、3W処理時の放流水質調査を行った。この調査結果をもとに3W処理導入による放流汚濁負荷の削減効果を試算した。放流汚濁負荷の削減効果は、3W処理運転を行うことによりなくなる簡易放流時の放流水質と3W処理運転時の放流水質の差である。SS(浮遊物質)及びBOD(生物化学的酸素要求量)放流負荷削減効果の試算結果をTab.1、Tab.2に示す。

1Qsh以上の下水を簡易放流したと仮定した場合のSS放流汚濁負荷量は4,568kg、BOD放流汚濁負荷量は

5,061kgであるのに対し、3W処理を行った場合のSS放流汚濁負荷量は1,608kg、BOD放流汚濁負荷量は1,135kgであった。したがって、3W処理を行うことによりSS放流汚濁負荷量は65%、BOD放流汚濁負荷量は78%削減されている。

またこの時の調査において、ふん便性大腸菌及び大腸菌群数についても測定を行った。その結果、ふん便性大腸菌は3W処理運転によって問題なく処理されていることが分かり、大腸菌群数についても放流基準である3,000個/cm³を下回っていた。

これらのことより、3W処理運転は簡易放流と比較して処理効果は大きく、有効な処理方法であることが実施設においても確認された。

Tab.1 Simulated calculation result of effluent load reduction effect in SS

時刻	1Qsh以上を簡易放流した場合						3W処理した場合		
	簡易放流負荷量			二次放流負荷量			処理水量	SS	負荷量
	簡易放流量	SS	負荷量	二次処理量	SS	負荷量			
m ³	mg/l	kg	m ³	mg/l	kg	m ³	mg/l	kg	
4:00	2,506	42	105	9,300	4	37	11,806	7	83
5:00	17,711	58	1,027	9,300	4	37	27,011	18	486
6:00	19,272	60	1,156	9,300	4	37	28,572	18	514
7:00	13,394	58	777	9,300	4	37	22,694	8	182
8:00	13,103	45	590	9,300	4	37	22,403	8	179
9:00	9,018	47	424	9,300	4	37	18,318	5	92
10:00	5,112	45	230	9,300	4	37	14,412	5	72
合計	80,116	—	4,309	65,100	—	259	145,216	—	1,608

注) 二次処理水質SSは平成13年12月の混合水質試験結果を使用した。

Tab.2 Simulated calculation result of effluent load reduction effect in BOD

時刻	1Qsh以上を簡易放流した場合						3W処理した場合		
	簡易放流負荷量			二次放流負荷量			処理水量	C-BOD	負荷量
	簡易放流量	BOD	負荷量	二次処理量	C-BOD	負荷量			
m ³	mg/l	kg	m ³	mg/l	kg	m ³	mg/l	kg	
4:00	2,506	100	251	9,300	3.2	30	11,806	4.3	51
5:00	17,711	76	1,346	9,300	3.2	30	27,011	10	270
6:00	19,272	58	1,118	9,300	3.2	30	28,572	12	343
7:00	13,394	53	710	9,300	3.2	30	22,694	7.8	177
8:00	13,103	51	668	9,300	3.2	30	22,403	6.4	143
9:00	9,018	50	451	9,300	3.2	30	18,318	5.1	93
10:00	5,112	60	307	9,300	3.2	30	14,412	4.0	58
合計	80,116	—	4,851	65,100	—	210	145,216	—	1,135

注) 二次処理水質C-BODは平成13年12月の混合水質試験結果を使用した。

4. 3W 処理の運転管理

本市において、平成17年4月現在、3W 処理法を導入した下水処理場は9箇所である。3W 処理法の導入における主な施設の改造内容は、次のとおりである。

- ・ 反応タンク終段にある第4ステップゲートの電動化
- ・ 第4ステップゲートの運転操作及び監視制御設備の設置
- ・ 水位計ならびに濁度計の設置

但し、施設の状況によっては、流出入水路の拡幅等反応タンクに3Qshまでの下水を流入させるための改造が必要となる。

4.1 第4ステップゲートの運転制御

本市では3W 処理運転中、反応タンクに流入する雨天時下水のうち1Qsh分を前段の第1ステップゲートより、残りの2Qshまでを終段の第4ステップゲートより流入させている。第1ステップゲートの堰高は固定しており、3W 運転時常に前段から1Qsh分を流入させるため、反

応タンク流入水路の水位を一定に保つ必要がある。そのため、第4ステップゲートを流入水路の水位により8段階で開閉動作させ、水位が一定になるように自動制御を行っている。3W 処理設備の計装・制御フローを Fig.2 に示す。

また、第4ステップゲートの水位自動運転中、外水位の上昇等により反応タンク流入水路水位が危険水位（処理系から水が溢れ出す寸前の水位）になった場合に、自動的に簡易放流に切り換わり水位の上昇を防ぐモードや、晴天時に第1から第4ステップゲート間の流入水路に溜まった下水の腐敗を防ぐため、定期的に第4ステップゲートを開け、溜まり水をフラッシングするモード等を設けている。第4ステップゲートの運転制御方法を Fig.3 に示す。

4.2 水質計測設備

3W 処理においては、最終沈殿池からの活性汚泥の越流の有無が重要な監視項目の一つであり、活性汚泥が越流した場合、処理水の濁度が上昇するので3W 処理継続

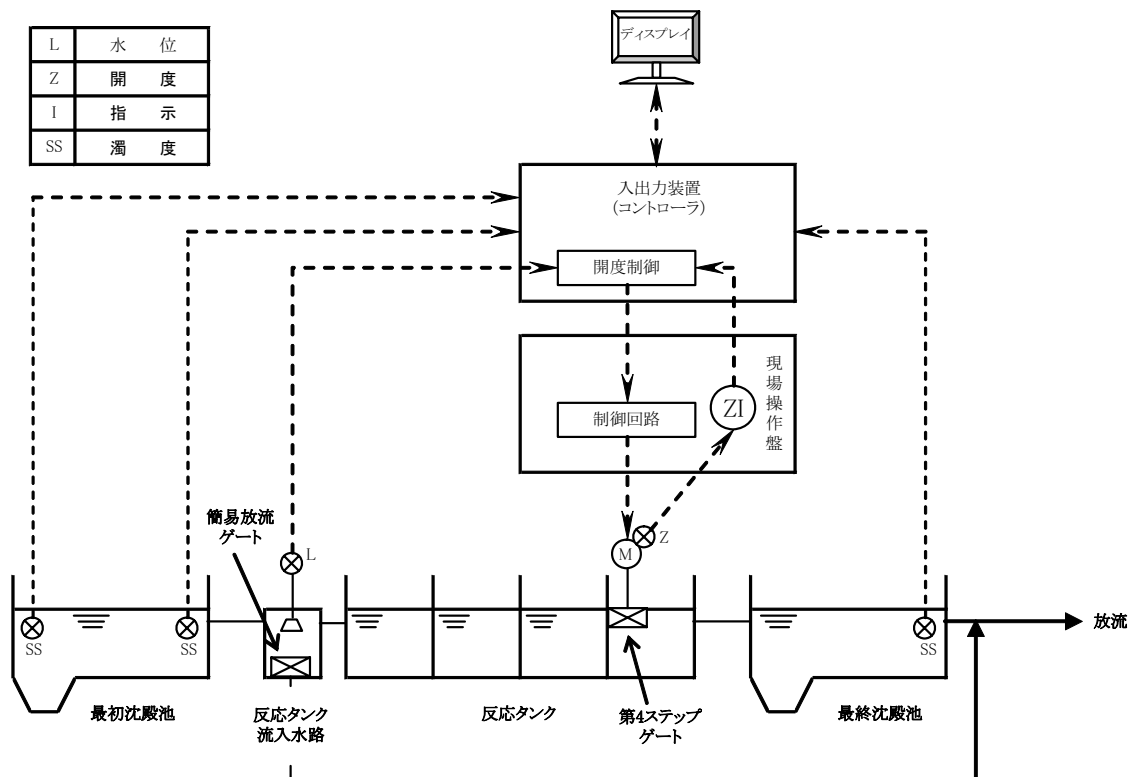


Fig.2 Instrumentation and the control diagram of 3W treatment equipment

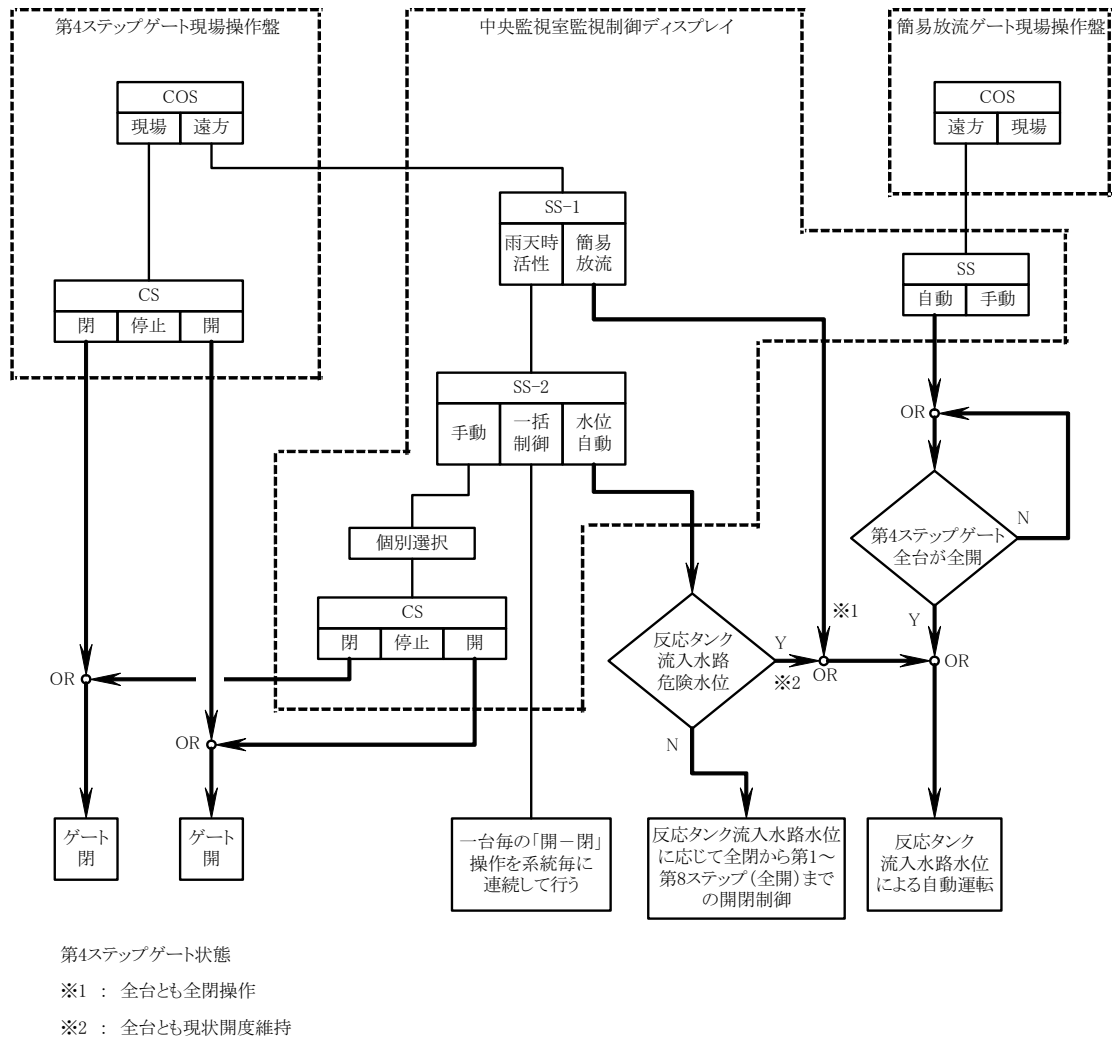


Fig.3 Flow diagram of step gate NO.4 operation

の判断をする指標として、これをリアルタイムで遠方監視する必要がある。さらに各種調査で、濁度は下水の汚濁指標である SS と相関のあることが確認できており、濁度測定値を SS に換算することで SS 負荷量を算出することができる。これらのことより、本市では 3W 処理における水質計測設備として濁度計を採用し、最初沈殿池の入口及び出口、最終沈殿池の出口に設置している (Fig.2 参照)。最初沈殿池入口及び出口の濁度計については、高い流入水質に対してピークカット効果のある最初沈殿池での処理効果を確認する目的で設置している。また、最終沈殿池出口の濁度計については、3W 処理の処理効果の確認と 3W 処理継続の判断に用いるという目的で設置している。さらに、監視制御設備のディスプレイ化に伴い、濁度測定値から演算により容易に SS 換算値を求めることが可能となり、これを指示させ、帳票に

印字することで 3W 処理の運転管理に役立てている。このように 3W 処理法では、濁度計を運転管理に利用しているが、現行の濁度計は下水中に含まれる油分に弱いという欠点があり、計測を行っているガラス面に油分が付着するとワイパー等により洗浄を行っても容易には除去できず、計測値が不安定になる。そのため、こまめなメンテナンスが必要であり、今後の技術開発が望まれる。

5. おわりに

3W 処理法は、本市が独自で開発、実用化し、現在市内全下水処理場へ導入を進めている合流式下水道の改善手法である。従来簡易処理放流を行っていた雨天時下水を 3W 処理することは、放流負荷削減方法として有効で

あることが、実施設を用いた調査でも確認された。

また、監視制御及び計測技術の向上により第4ステップゲートのきめ細かな制御、リアルタイムでの水質の監視が容易に可能となっていることが、3W処理が良好に行えている一つの要因であると思われる。

現在本市では、合流式下水道改善として3Qshを越える雨天時下水に対しても、可能な限り処理を行う放流負荷削減方法の開発に取り組んでいる。これらに関しても、簡潔で最良の制御、計測技術を用い、実用化を目指すことを考えている。

[参考文献]

- 1)高柳枝直, 菅野悦次, 矢野幸一:合流式下水道における雨天時下水の活性汚泥処理, 第29回下水道研究発表会講演集, P.781 (1992)
- 2)菅野悦次, 山本智:雨天時下水の活性汚泥処理に関する調査, 第30回下水道研究発表会講演集, P.810 (1993)
- 3)菅野悦次, 松本広司, 江原佳男:雨天時下水の活性汚泥処理に関する調査(その2), 第31回下水道研究発表会講演集, P.823 (1994)
- 4)Enao Takayanagi, Tadataka Simaoka, Tetuji Kato: Activated Sludge Treatment for Wet Weather Wastewater, WEF 69th Annual Conference (1996)
- 5)高柳枝直, 嶋岡忠敬, 加藤哲二:雨天時下水の活性汚泥処理とその効果予測, 第33回下水道研究発表会講演集, P.264 (1996)
- 6)窪田光一, 森山慎也:雨天時下水活性汚泥処理法(3W処理法)の実施設における処理性能評価, 第38回下水道研究発表会講演集, P.141 (2001)
- 7)Environmental and Sewerage Bureau: Initiatives to Improve Combined Sewer System, OSAKA AND ITS TECHNOLOGY, No.45, P.31, (2004)