

# 循環脱窒法による運転実績について

下水道水質課 本橋 孝行  
○福井 宏人

## 1. はじめに

南部下水道センターでは、6つの水再生センターから発生する汚泥を集約して処理している。その汚泥集約処理の過程で発生する濃縮・脱水分離液は、これまで専用の処理施設（循環脱窒法）で処理し、水再生センターの水処理系で再度流入水と合わせて処理してきた。昨年7月に新たな分離液処理施設（修正Bardenpho法）を稼動したことに伴い、平成22年11月をもって循環脱窒法の運転を完全に停止した。

その稼動から停止まで約20年間の運転内容、処理水質について整理し、今回その運転実績の評価を行う。

## 2. 導入経緯

汚泥集約処理を進めるにあたっては、濃縮・脱水工程から発生する日量10,000m<sup>3</sup>を超える分離液（以下、返流水という）の処理対策が課題であった。返流水には高濃度のBOD・窒素・りんが含まれ、下水処理施設で直接処理するには負担が大きいことから、その負担を軽減する目的で既存の水処理施設を改造した活性汚泥循環変法（以下、循環脱窒法という）による返流水処理を平成2年12月より開始した。表-1に運転開始時の計画水質を示す。運転計画では有機物処理と窒素処理を主に考えており、りん処理については計画されていなかった。

表-1 循環脱窒法の計画水質

|             | BOD   | COD | SS    | 全窒素 |
|-------------|-------|-----|-------|-----|
| 返流水(mg/l)   | 1,800 | 680 | 1,100 | 420 |
| 初沈流出水(mg/l) | 1,300 | 580 | 740   | 420 |
| 処理水(mg/l)   | 54    | 75  | 45    | 105 |
| 除去率(%)      | 97    | 89  | 96    | 75  |

## 3. 施設概要

循環脱窒法の施設概要を表-2、処理フローを図-1に示す。汚泥資源化センターから送られてきた返流水は一般の汚水と混合されることなく、専用に設けた最初沈殿池に直接投入された。反応タンクは2系列、4水路に区切られ、構成比は無酸素：好気が1：3となっており、1/2系のみ脱窒、好気の二つの機能を持った兼用槽となっていた。初沈から終沈まで約50時間かけて処理を行った後、再度水処理系で処理する工程としていた。

表-2 循環脱窒法の施設概要

| 施設    | 施設数       | 容積                   | 滞留時間                 |
|-------|-----------|----------------------|----------------------|
| 最初沈殿池 | 4         | 5,500 m <sup>3</sup> | 11 h                 |
| 反応タンク | 1水路:脱窒    | 2                    | 3,600 m <sup>3</sup> |
|       | 2水路:兼用・好気 | 2                    | 3,600 m <sup>3</sup> |
|       | 3・4水路:好気  | 4                    | 7,200 m <sup>3</sup> |
| 最終沈殿池 | 4         | 6,200 m <sup>3</sup> | 12.4 h               |

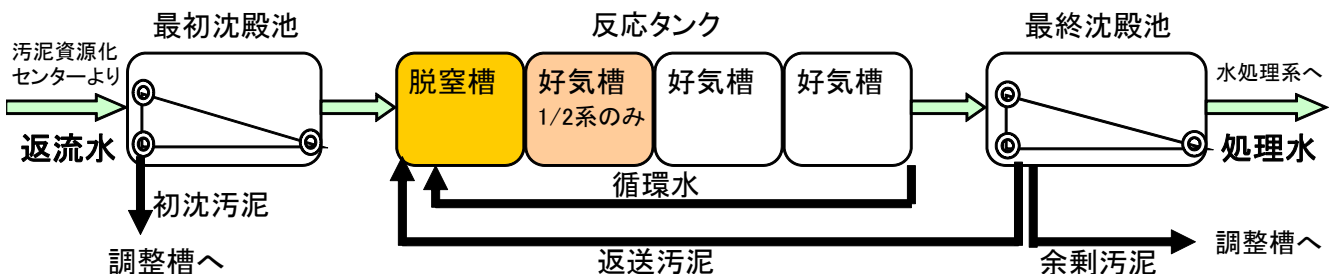


図-1 循環脱窒法の処理フロー

## 4. 運転履歴

- 平成 2年 1 2月 1/2 系列稼動 返流水処理開始。返流水の一部は南部下水処理場で処理。
- 平成 6年 4月 2/2 系列稼動 返流水の全量処理開始。
- 平成 22年 7月 2/2 系列停止 新施設稼動。返流水量を約3割まで落として運転。
- 平成 22年 1 1月 1/2 系列停止 新施設へ全量移行。循環脱窒法運転停止。

## 5. 運転実績

これまでの運転実績を表-3に示す。返流量は 11,300m<sup>3</sup>/日、初沈汚泥量は 1,800m<sup>3</sup>/日と返流量の 15%程度を占めていた。循環率は 200%で設計値どおりで、返送率は 160%で窒素除去率を上げるために高めに設定していたものと思われる。余剰汚泥量は 1,070m<sup>3</sup>/日で、流入水に対し約 1 割とかなり多めに発生していた。MLSS は 3,100mg/l と設計値よりは低めで、散気装置の目詰まりを危惧していたこと、活性汚泥の終沈での固液分離が悪かったことからやや低めで管理していたものと思われる。

表-3 運転実績

|                             | 年平均<br>最大値 | 年平均<br>最小値 | 年平均<br>平均値 | 設計値     |
|-----------------------------|------------|------------|------------|---------|
| 返流量 (m <sup>3</sup> /day)   | 14,400     | 6,380      | 11,300     | 9,400   |
| 初沈汚泥量 (m <sup>3</sup> /day) | 2,390      | 1,190      | 1,800      |         |
| 循環水量 (m <sup>3</sup> /day)  | 28,000     | 10,800     | 20,200     |         |
| 循環率 (%)                     | 260        | 98         | 200        | 200     |
| 空気量 (m <sup>3</sup> /day)   | 532,000    | 183,000    | 382,000    | 432,000 |
| 空気倍率 (倍)                    | 52         | 22         | 37         | 46      |
| 返送汚泥量 (m <sup>3</sup> /day) | 25,700     | 7,600      | 17,100     | 9,400   |
| 返送率 (%)                     | 240        | 92         | 160        | 100     |
| 余剰汚泥量 (m <sup>3</sup> /day) | 2,000      | 520        | 1,070      |         |
| 処理水量 (m <sup>3</sup> /day)  | 15,100     | 6,100      | 11,700     |         |
| MLSS (mg/l)                 | 4,200      | 2,300      | 3,100      | 4,000   |
| SVI                         | 280        | 130        | 180        |         |

水質年報及び運転月報から過去20年間のデータを集計

### a. 有機物処理について

表-4に有機物の処理状況について示す。返流水はSS 1,400mg/l、COD 730mg/l、BOD 1,500mg/l で初沈で 5 割から 7 割が除去され、処理水では全て 40mg/l 前後であった。SS が高く、透視度が低いことから終沈での固液分離の悪化が処理水のCOD、BODの数値に影響したものと思われる。

表-4 有機物の処理状況 (年間平均値)

|               | BOD                  | COD                | SS                   | 透視度          |
|---------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------|
| 返流水<br>mg/l   | 1,500<br>(910~2,800) | 730<br>(480~1,200) | 1,400<br>(800~2,200) | -<br>-       |
| 初沈流出水<br>mg/l | 690<br>(430~1,200)   | 360<br>(230~520)   | 400<br>(170~630)     | -<br>-       |
| 処理水<br>mg/l   | 38<br>(6~180)        | 41<br>(19~84)      | 37<br>(10~160)       | 31<br>(9~50) |
| 総合除去率<br>%    | 98<br>(94~99)        | 94<br>(89~97)      | 98<br>(91~99)        | -<br>-       |

最終的な除去率はBOD 98%、COD 94%、SS 98%と運転開始時の計画水質をすべて満足していた。

### b. 窒素・りん処理について

表-5に窒素・りんの処理状況を示す。返流水の全窒素は 320mg/l、うち約 6 割がアンモニア性窒素で、初沈で約 2 割が除去されていた。処理水では全窒素 44mg/l と約 6 割程度が反応タンクで減少し、うちアンモニア性窒素は 4mg/l、硝酸性窒素は 33mg/l と、硝化促進運転が年間を通してほぼ実施できていたことが伺える。原水の全りんは 48mg/l、初沈通過後約 3 割が除去され、処理水では 10mg/l と約 4 割程度が反応タンクで減少していた。特記すべき点として脱窒槽だけでもりん除去が進んでおり、高い水準を維持できていたことが伺える。

表-5 窒素・りんの処理状況 (年間平均値)

|               | 全窒素              | アンモニア<br>性窒素     | 硝酸性窒素         | 全りん           |
|---------------|------------------|------------------|---------------|---------------|
| 返流水<br>mg/l   | 320<br>(210~380) | 180<br>(130~210) | -<br>-        | 48<br>(24~64) |
| 初沈流出水<br>mg/l | 250<br>(170~290) | 170<br>(120~210) | -<br>-        | 31<br>(15~45) |
| 処理水<br>mg/l   | 44<br>(29~64)    | 4<br>(1~24)      | 33<br>(17~46) | 10<br>(3~16)  |
| 総合除去率<br>%    | 85<br>(80~91)    | 97<br>(87~100)   |               | 78<br>(64~87) |

最終的な除去率は全窒素 85%と運転開始時の計画水質を満足し、りんは 78%と高い結果であった。

### c. 月平均で見た処理状況

年間平均よりも細かな傾向を見るため、図-2~7に過去10年間の月平均データを集計した図を示す。各月の縦棒は月別の最大・最小の変動幅を表し、中央のひし形はその月の平均値を表している。

#### ア. BODについて

図-2に初沈流出BOD、図-5に処理水BODを示す。初沈流出水の平均値は 550mg/l 前後で推移し、各月の変動幅は全体的に大きく、特に3月から7月までの間が大きくなる傾向が見られた。流入変動が大

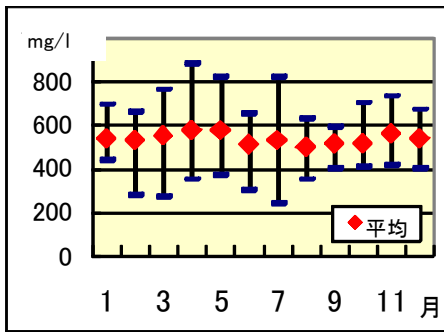


図-2 初沈流出BOD

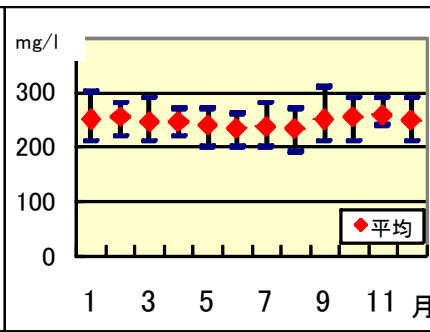


図-3 初沈流出T-N

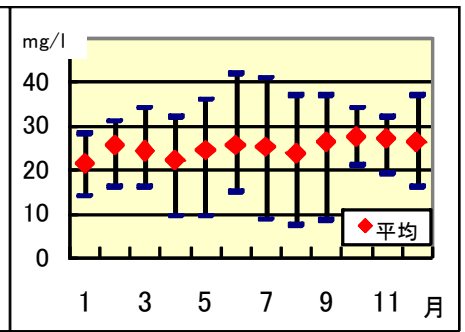


図-4 初沈流出T-P

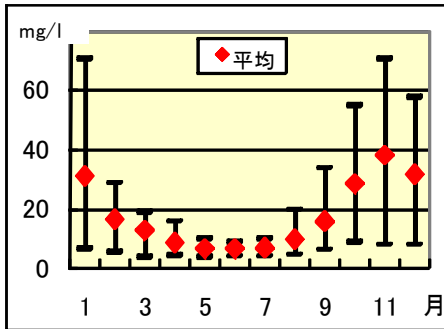


図-5 処理水BOD

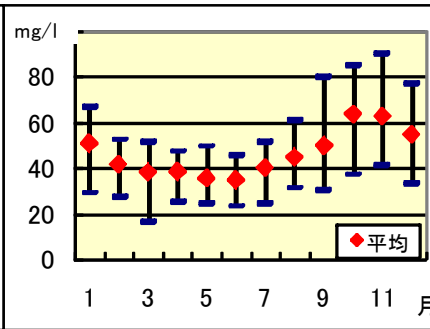


図-6 処理水T-N

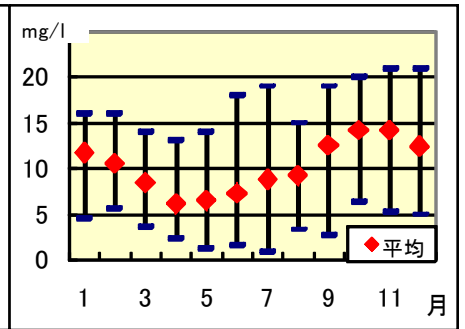


図-7 処理水T-P

きいことが伺える。処理水の平均値は7月を境に数値が上昇し、11月を境に減少する傾向が見られた。処理水中のアンモニア性窒素の増減による硝化のBODの影響と思われる。

#### イ. 窒素について

図-3に初沈流出T-N、図-6に処理水T-Nを示す。初沈流出水の平均値は250mg/l前後で推移し、各月の変動幅には大きな差はでていないが冬季がやや広がる傾向が見られた。年間を通して安定していることが伺える。処理水の平均値は6月を境に数値が上昇し、11月を境に減少する傾向が見られた。また、変動幅では9月から11月頃に大きくなる傾向が見られ、夏から冬に向かうにつれて脱窒量が安定していないことが伺える。処理水の下限值から30mg/l弱がこの処理法での限界と考える。

#### ウ. りんについて

図-4に初沈流出T-P、図-7に処理水T-Pを示す。初沈流出水の平均値は25mg/l前後で推移し、各月の変動幅は全体的に大きく、特に4月から9月までの間が大きくなる傾向が見られた。BODと同様流入変動が大きいことが伺える。処理水の平均値は4月を境に数値が上昇し、11月を境に減少する傾向が見られた。また、変動幅は全体的に大きく、年間を通して不安定であることが伺える。処理水の下限值から5mg/l弱も達成可能なようだが、りんを取るための嫌気槽を有していない点で管理が難しかったものとする。

### 6. まとめ、課題等

以上整理すると、処理水の月平均値の挙動は窒素・りん・BODとも夏から冬にかけて上昇し、冬からまた下降する同じような傾向を示した。この処理方式の冬季の運転管理の難しさを表している。

今後、東京湾に放流する水再生センターの計画放流水質はBOD5mg/l、COD10mg/l、窒素10mg/l、りん0.5mg/lと当初の計画水質よりも非常に高い水準が求められている。現在、金沢水再生センターではこの基準に対応するため高度処理施設への改造を順次進めている。この水再生センターへの返流水負荷をさらに低減させるべく、新たな処理方式（修正Bardenpho法）による運転を平成22年7月より開始した。

約20年の間、一定の役割を担ってくれたこの循環脱窒法に感謝するとともに、今後はより高い水準が満足できるよう安定した水質管理に努めていきたい。

問合せ先：横浜市環境創造局下水道水質課 TEL045-621-4343 E-mail ta00-motohashi@city.yokohama.jp