

## 〈論文〉

## アンモニア+DO 制御システムの開発

長塚 洋行<sup>1)</sup>, 遠藤 和広<sup>2)</sup>, 岡村 智則<sup>2)</sup><sup>1)</sup>東京都下水道局 東部第二下水道事務所 小菅水再生センター  
(〒120-0002 東京都葛飾区小菅 1-2-1 E-mail: Hiroyuki\_Nagatsuka@member.metro.tokyo.jp)<sup>2)</sup>東京都下水道局 (〒163-8001 東京都新宿区西新宿 2-8-1)

## 概要

東京都下水道局ではアースプラン 2010 を策定し、地球温暖化防止に取り組んでいる。水再生センターでは使用電力量の多くの部分を送風機用の電力が占めており、CO<sub>2</sub>削減に向けて送風用電力量の削減が求められている。しかし、単に送風量を削減するだけでは、処理水質の低下を引き起こす恐れがある。当局では、処理水質を低下させずに送風量を削減する対策として、反応槽のアンモニア濃度に着目して、標準活性汚泥法の反応槽最終部位における溶存酸素濃度を制御するアンモニア+DO 制御を技術開発した。本稿では、その制御システム及び評価等について報告する。

キーワード：下水処理, アンモニア性窒素濃度, 溶存酸素濃度, 送風量制御, 電力削減

原稿受付 2012.4.18 原稿受理 2012.8.17

EICA: 17(2・3) 31-38

## 1. はじめに

下水道事業は、生活環境の向上や浸水の防除等、都市のライフラインの一つとして重要な役割を担っている。しかし、都下水道局は、都の事務事業活動で排出される温室効果ガスの約 40% を占めており、多くのエネルギーを消費している。このため、当局では「アースプラン 2010」を策定し、地球温暖化対策に向けて温室効果ガスの削減に取り組んでいる<sup>1)</sup>。

当局が排出する温室効果ガスの内訳によると、電力使用が約 44% となっており、アースプラン 2010 の施策においても設備等の省エネルギー化を進めているところである。特に、使用する電力の中でも下水処理に必要な反応槽へ空気を送っている送風機で多く（水再生センターの使用電力の 30% 程度）を消費している。しかし、単に送風機の風量を減少させるだけでは、処理水質の低下を引き起こす恐れもある。そのため、この送風機を適切に制御し、送風電力を削減する技術が求められている。

一方で、現在、反応槽に用いられている送風量制御は、流入水質や処理施設の特性を考慮して、DO 一定制御や硝化制御<sup>2,3)</sup>等が用いられている。DO 一定制御は、反応槽内の溶存酸素濃度（以下、DO）が設定値になるように送風量を制御するものである。処理水質確保のため、最も負荷の高い時間帯に合わせて DO 値を設定するので、負荷が低いときは送風量に無駄が生じることがある。硝化制御は、反応槽内のアンモニア濃度が設定値になるように送風量を制御するもので

ある。硝化促進が安定している場合には、DO 一定制御に比べ送風量を少なくできるが、低水温等で硝化が進まないときは、要求される送風量が上限に固定されてしまう。また、雨等で流入基質が薄まった場合、アンモニア濃度が低くなることで硝化が完了したと判断され、有機物の酸化に必要な空気が供給されにくくなる可能性がある。

そこで、本論文では、反応槽内の DO とアンモニア濃度の両方を指標として、処理水質を低下させずに送風量の削減を目指したアンモニア+DO 制御システムの開発、及びその評価を行うこととする。

## 2. アンモニア+DO 制御の原理

反応槽内では BOD 成分が処理されてから NH<sub>4</sub>-N の酸化が始まる。この一連の処理では酸素が必要となる。また、全窒素を脱窒により除去するためには、NH<sub>4</sub>-N を硝酸まで酸化する必要がある。つまり、反応槽内への送風量が少ないと、NH<sub>4</sub>-N が残存するが、逆に多いと、NH<sub>4</sub>-N が NO<sub>3</sub>-N になった後の空気が無駄になってしまう。したがって、効率的な水処理を行うためには、NH<sub>4</sub>-N 濃度に着目した管理が重要となる。

本論文で提案するアンモニア+DO 制御システム（以下、本制御）は、反応槽の NH<sub>4</sub>-N 濃度に着目して、反応槽最終部位の DO を制御することにより、硝化を最小限の送風量で進ませつつ、これの削減を図ったものである。

本制御の概念図を Fig. 1 に示す。

主な構成要素は、アンモニア計、DO 計及び演算装置から成る。本制御はこれらの計測装置（アンモニア計と DO 計）で得られた値をもとに制御を行う。反応槽は全体を 4 つに区切り、それぞれを A～D 回路と称する。反応槽 D 回路出口における  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度の目標値（約 0.5～1.0 mg/l）を定め、その値と硝化速度をもとに、C 回路出口での  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度を算出し、それを  $\text{NH}_4\text{-N}$  の管理目標値としている。一方で、季節に応じた D 回路での DO 値の上下限値を決める。これらの値は、DO が低すぎると反応槽後段にある第二沈殿池でのりんの溶出や、逆に DO が高すぎると風量削減につながらない恐れがあるためである。そして、本制御では、アンモニア計の計測値が管理目標値より高い場合は D 回路 DO 目標値を上げ、管理目標値より低い場合は DO 目標値を下げる動きとなり、それに合わせた風量調節を行う。

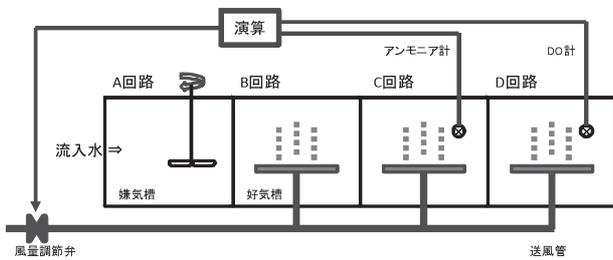


Fig.1: Flow Diagram and Treatment Process by Ammonia + DO System at Aeration Tank

また、反応槽内の  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度の変化は、BOD 成分の処理に遅れてアンモニアを主とする窒素成分の酸化が始まることにより生じる。反応槽内部では Fig. 2 に示すような濃度変化が起きている。窒素成分の処理は、Fig. 2 の上側の線である目標ラインのように最終回路出口付近で  $\text{NH}_4\text{-N}$  が 0 mg/l になる処理をすることが効率的である。

DO 一定制御では、流入水の  $\text{NH}_4\text{-N}$  負荷量が低い場合や処理水量が少ない場合、制御設定値は水量や水質の変動を勘案して安全側に設定されるため、完全硝化が可能な処理施設では、Fig. 2 の負荷小のような濃度変化を示すことが見受けられる。この場合、反応槽の途中で  $\text{NH}_4\text{-N}$  の酸化が終了しており、それ以降の送風は無駄が生じている。一方、本制御では  $\text{NH}_4\text{-N}$  の管理目標値よりも実測値が低いため、DO 設定値を下げる、すなわち、風量を減らすように動く。これにより、処理水質を確保して曝気風量の削減が可能になる。逆に、流入水の  $\text{NH}_4\text{-N}$  負荷量が高い場合や降雨で処理水量が多くなった場合などでは、反応槽内の  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度は目標ラインの上側に位置し、C 回路で  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度が多く残存しており、水質確保のためには送風量が不足する状態となる。この場合、本制御では  $\text{NH}_4\text{-N}$  の管理目標値よりも実測値が高いため、

DO 設定値を上げる、すなわち、風量を増やすように動く。これにより、 $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度を低下させ、反応槽出口での処理水質を確保できる。以上のように、C 回路の  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度により最終回路の DO 設定値を自動で増減させる原理である。

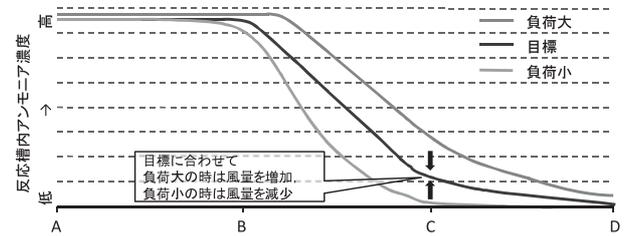


Fig.2: Process of Ammonia Concentration at the Phase of Aeration Tank

### 3. 実験方法

#### 3.1 システム構成

制御システムの構成を Fig. 3 に示す。本制御を導入する反応槽は嫌気好気処理を行っており、好気槽への空気量は、池ごとの風量調節弁により制御され、B～D 回路への風量配分は均等配分されている。本制御は、反応槽 C 回路  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度が目標値となるように D 回路の DO 設定値を変更する制御方式である。そこで、C 回路に電極式アンモニア濃度計を設置し、既設の水処理コントローラにアンモニア+DO 制御演算ソフトを追加して実現している。このアンモニア計は連続的に計測可能であり、反応槽出口までの滞留時間が 2 時間程度の場所に設置して計測している。システム構成は既設の DO 一定制御と  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度から D 回路 DO 目標値を求める演算処理を組み合わせたものになっている。この演算処理部分では、Fig. 3 のように、反応槽への流入量とアンモニア計の計測値及び  $\text{NH}_4\text{-N}$  の設定値をもとにカスケード制御を行っている。そして、そこで求めた D 回路 DO 目標値とその計測値をもとに風量目標値を算出し、それに応じて風量調節弁を制御している。

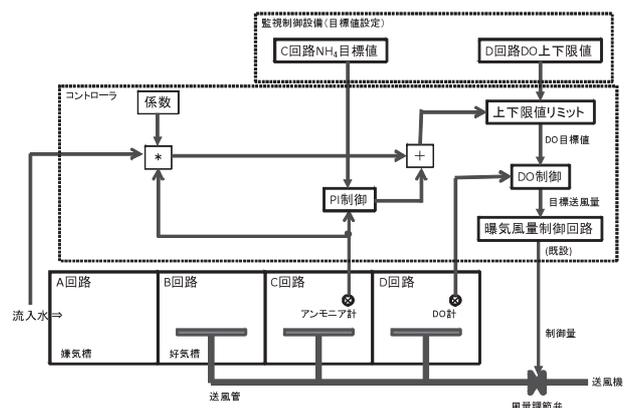


Fig.3: The Block Diagram of Ammonia + DO System

以上のように、本制御はアンモニア計の計測値と NH<sub>4</sub>-N のパラメータ設定値の偏差から D 回路 DO 制御目標値を増減させ、反応槽個別送風管の風量調節弁を動作させるものである。なお、比較対象の反応槽で用いている既存の DO 制御は、C 回路の DO 値を制御目標値とした DO 一定制御であり、本制御でも既設の反応槽風量制御回路をそのまま使用している。

### 3.2 制御設定値の考え方

本制御の設定値には、C 回路での NH<sub>4</sub>-N 目標値と DO 上下限值が必要である。ここではこれらの基本的な考え方を示す。なお、処理水 NH<sub>4</sub>-N は、流入量（滞留時間）や流入水質（アンモニア濃度等）だけでなく、水温・好気槽の MLSS・DO の影響を受けるので、従来の DO 一定制御と同様に、水温・流入負荷の季節変動などに応じて、処理状況（D 回路 NH<sub>4</sub>-N の水質測定等）を確認し、適宜、設定値の変更を行う必要がある。すなわち、温度と硝化菌の活性の関係性<sup>4)</sup>から、硝化菌の活性が低下する低水温期ほど NH<sub>4</sub>-N の設定値を低めに設定し、C 回路までの硝化を促進させ、D 回路上限 DO を高めにする。逆に、高水温期には、C 回路 NH<sub>4</sub>-N の設定値を高め、D 回路上限 DO を低めに設定し、風量削減効果を出す。また、D 回路下限 DO は、第二沈殿池でのりんの再吐出が起らない設定値とする。

ここでは、硝化速度・水温等によって求めた各制御設定値の目安を示す。NH<sub>4</sub>-N の目標値として、春・秋の中水温期は約 2.0~3.0 mg/l、夏の高水温期は約 2.5~3.5 mg/l、冬の低水温期は約 2.0~3.0 mg/l の範囲内で設定している。また、D 回路 DO の上下限の設定値は、下限 DO は年間を通して 1.5 mg/l とし、上限 DO は春・秋の中水温期は約 1.8~2.5 mg/l、夏の高水温期は約 1.5~2.5 mg/l、冬の低水温期は約 2.0~3.0 mg/l の範囲内としている。

### 3.3 実験方法

本制御手法において、目標設定値に対しての追従性や処理水質を低下させずに送風量削減が可能かについて調査するため、以下の調査期間・施設で実験を行った。

#### (1) 調査期間

平成 22 年 12 月 9 日~平成 23 年 6 月 21 日

#### (2) 調査場所

小菅水再生センター 東系水処理施設  
(東京都葛飾区小菅一丁目 2 番 1 号)

#### (3) センター概況と実験反応槽

今回、実験対象とする反応槽及びその比較基準となる対照槽はそれぞれ 1-1 号池（以下、1 号池）、1-2 号池（以下、2 号池）としている。

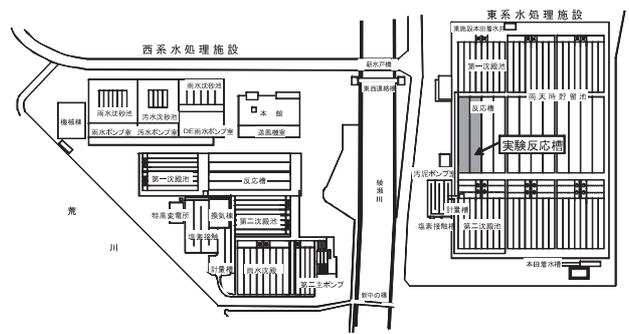


Fig.4: The Ground Plan of Kosuge Water Reclamation Center

東系水処理施設の反応槽容量は約 10,000 m<sup>3</sup>で、先に述べた A~D の 4 回路で構成されている。処理方式は、標準活性汚泥法の変法である嫌気-好気法 (AO 法)、散気方式として旋回流式である。定格反応槽流入水量は約 1,000 m<sup>3</sup>/h、汚泥返送率は約 50%、実流入水量から求めた滞留時間は約 8 時間となっている。また、水質管理目標として、好氣的固形物滞留時間 (ASRT) は、季節による変更はあるが、概ね 4~9 日と定めている。なお、調査期間中の反応槽への流入水質は、平均値として BOD=94 mg/l、COD=63 mg/l、浮遊物質=72 mg/l、全窒素=23 mg/l、全りん=3 mg/l 程度であった。

#### (4) 目標値設定

2.3 制御設定値の考え方に基づき定めた試験期間中の C 回路 NH<sub>4</sub>-N 濃度の目標値と D 回路 DO の上下限値を Table 1 に示す。

#### (5) 実験機器

本論文で用いた計測機器の仕様等について以下に示す。なお、制御ソフト及びデータ計測は、既設の監視制御設備（三菱電機製）に組み込んでいる。

- ・アンモニア窒素濃度計
  - 一型式名：NH4Dsc (HACH 社製)
  - 一測定方式：イオン電極式
- ・DO 計
  - 一型式名：7533 L (東亜 DKK 製)
  - 一測定方式：ポーラログラフ式

Table 1: The Setting of Each Parameter (NH<sub>4</sub>-N and DO)

RUN	期	1号槽 (実験槽)		2号槽 (対照槽)
		C回路 NH <sub>4</sub> -N濃度 目標値 [mg/l]	D回路 DO 下限~上限 [mg/l]	C回路 DO 目標値 [mg/l]
1	12月後半~2月前半	2.0	2.5~3.0	2.0
2	2月後半~5月前半	2.0	1.5~2.5	2.5
3	5月後半~6月前半	3.0	1.5~2.2	2.5
4	6月後半	3.0	1.5~2.2	2.0

## 4. 結果と考察

### 4.1 制御動作

C 回路  $\text{NH}_4\text{-N}$  の目標設定値と計測値から D 回路 DO 目標値が変化し、それに追従することを確認する。なお、本実験で用いる各設定値は **Table 1** の RUN 1 の値とする。

本手法の動作確認に使用したデータ（12月26日～27日）を **Fig. 5** に示す。D 回路 DO 目標値は、低流入量で C 回路  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度が目標値  $2.0\text{mg/l}$  より低い時間帯では下限 DO ( $2.5\text{mg/l}$ ) になっており、流入量が増加して C 回路  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度の目標値を超えると上限 DO ( $3.0\text{mg/l}$ ) となる。それに伴い、D 回路 DO の計測値もこれらの目標値に追従していることを確認できた。

一方、26日12:00頃の流入量変動で  $1500\text{m}^3/\text{h}$  まで上昇したとき、DO 実測値は上限 DO の  $3.0\text{mg/l}$  付近であるが、 $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度は目標値より高い  $3.3\text{mg/l}$  まで達していた。しかし、その後、流入量・送風量等の変化により、 $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度は目標値付近まで低下した。また、流入量が  $600\text{m}^3/\text{h}$  から  $1000\text{m}^3/\text{h}$  程度へ変動したときは、C 回路  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度は目標値の  $2.0\text{mg/l}$  程度を維持していた。 $600\text{m}^3/\text{h}$  程度の低流入量が続いている 27日6:00前後の期間では、D 回路 DO は下限値  $2.5\text{mg/l}$  付近にあるが、C 回路  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度は  $0.8\text{mg/l}$  付近まで低下した。

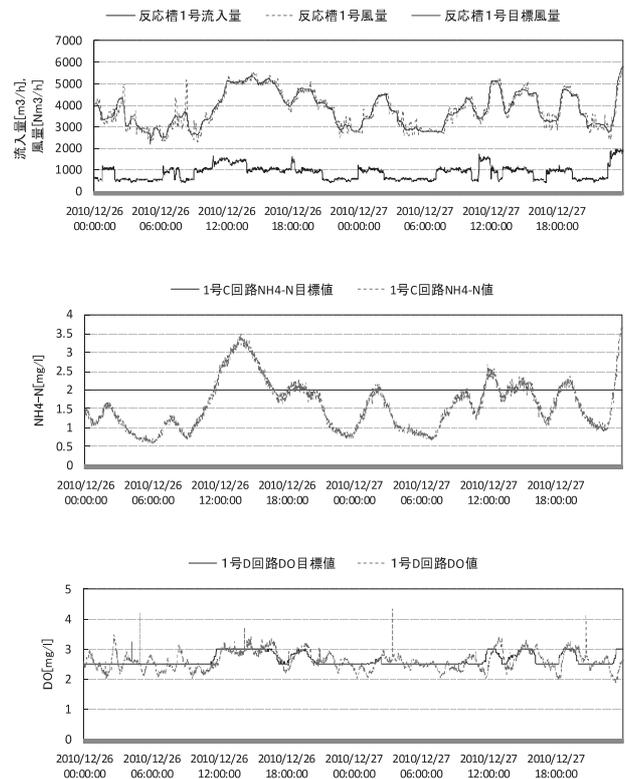
曝気風量は、DO 目標値に対して、その計測値が小さい場合には、風量が増加し、DO を上昇させる動作であることを確認できた。また、全体的にみると、風量は目標値にほぼ追従しているが、短時間では目標値に対して  $500\text{m}^3/\text{h}$  程度の幅で変動していた。この改善には、風量調節弁の応答性を良くし、不感帯幅を小さくすることが必要であると考えられる。

以上の結果より、 $\text{NH}_4\text{-N}$  と D 回路 DO の値は、 $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度が目標値よりも大きい場合には D 回路 DO は上限値、逆に  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度が目標値よりも小さい場合には D 回路 DO は下限値となり、それぞれ制御目標値に概ね追従している制御動作であることを確認できた。

### 4.2 晴天時の処理状況

雨水の流入がなく、汚水のみを処理する晴天時において、本手法を適用した場合の各設定値を評価する。晴天時の特性例として、3月3日～4日の水質試験時のプロセストレンドを **Fig. 6** に示す。このとき、制御設定値は、**Table 1** の RUN 2 の値である。水温は約  $16^\circ\text{C}$  であり、流入量は約  $500\sim 1500\text{m}^3/\text{h}$  の範囲で数時間ごとに増減を繰り返している。なお、MLSS は手分析値で約  $2000\text{mg/l}$  程度であった。

1号池 C 回路  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度は、 $600\text{m}^3/\text{h}$  程度の低流



**Fig.5:** Result of Control Action by This System

入量時では目標値  $2.0\text{mg/l}$  より低く約  $0.8\text{mg/l}$  まで低下していたが、3日3:00前後などの流入量の増加に伴い、概ね目標値の  $2.0\text{mg/l}$  程度となっていた。また、1号 D 回路 DO は C 回路  $\text{NH}_4\text{-N}$  に応じて変化し、低流入量時では下限 DO の約  $1.5\text{mg/l}$ 、高流入量時では上限 DO の約  $2.5\text{mg/l}$  となっていた。低流入量時では、D 回路 DO は 2号池より  $2\text{mg/l}$  程度、C 回路 DO も  $0.5\sim 1.0\text{mg/l}$  程度低くなっており、曝気風量も小さくなっている。また、D 回路 DO が下限 DO の目標値となっても、C 回路  $\text{NH}_4\text{-N}$  は目標値を下回ったままであることから、下限値  $1.5\text{mg/l}$  は高めの値と考えられ、下限風量でも D 回路 DO を下限 DO に下げることができない場合もある。高流入量時の変動として、2号池 D 回路 DO が流入量増加に伴い低下するため、1号池 D 回路 DO と差はほぼなくなるが、C 回路 DO は逆に 2号池に比べ 1号池が  $1\text{mg/l}$  程度高くなり、曝気風量も大きくなっている。これは DO 制御点の違いによる制御特性の差異と考えられる。すなわち、本制御の制御点は D 回路であり、D 回路の酸素消費速度に見合った風量が各回路に均等配分されるのに対して、制御点が C 回路の DO 一定制御では C 回路酸素消費量に応じた風量となり、D 回路 DO は負荷状況に応じて変化する。高流入量時では滞留時間が小さくなり、C 回路までの  $\text{NH}_4\text{-N}$  除去が進まなくなるため、C 回路の酸素消費量は D 回路に比較して小さくなっていたと考えられる。このため、1号池曝気風量は 2号池より高くなり、また、

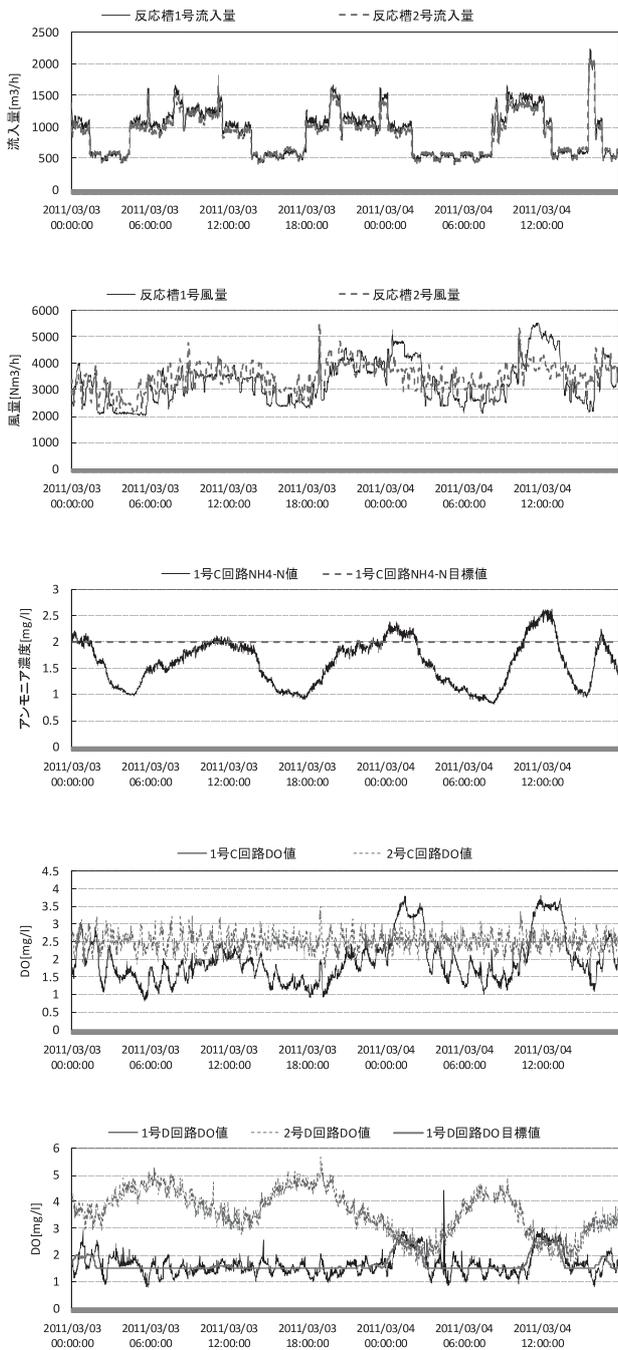


Fig.6: Result of processing status by this system in clear condition

C回路DOも高くなっていた。

風量削減率を風量比(1号送風量/2号送風量)で評価すると、本制御の方が約10%の削減となっているが、主にC回路・D回路DOが2号池より低下している低流入量期間で風量の削減がされており、C回路DOが大きくなっている高流入量時では、逆に風量が大きくなる場合もあった。本制御による風量削減においては、高流入量時に対応した上限DOを適切に行うことが重要となる。

### 4.3 雨天時の処理状況

雨天時は、晴天時と違い、雨水の影響を受け、流入量の増加や流入水質の変化等が起こる。その場合の本

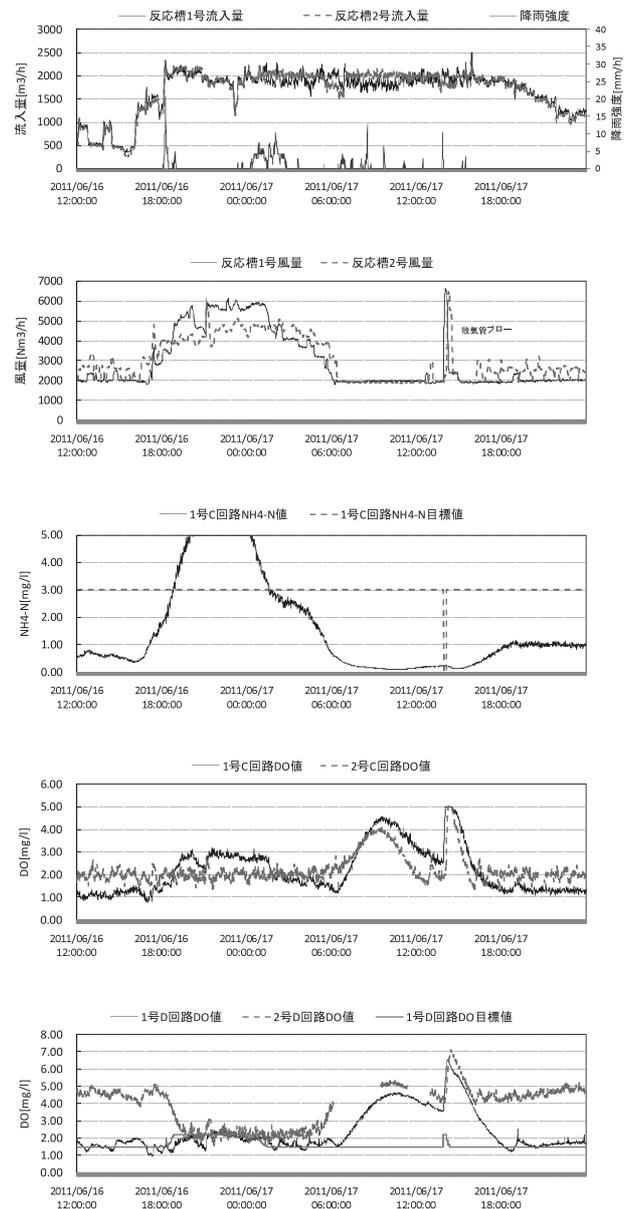


Fig.7: Result of Processing Status by This System in the rain

手法の評価実験として、雨天時の特性例である6月16日～17日のプロセストレンドをFig.7に示す。16日18:00頃から断続的に17日の15:00頃まで降雨があり、この間、水温は約22℃から20℃に低下し、その後は緩やかに回復した。流入量は、16日18:00頃に2000 m³/hに急増し、17日15:00頃まで2000 m³/hの高流入量が続いた後、緩やかに通常の流入量付近まで戻っている。また、MLSSは流入量が急増したため、1500 mg/lから1300 mg/l程度まで低下している。

降雨前の1号池C回路NH<sub>4</sub>-N濃度は、0.5 mg/l程度と目標値3 mg/lより低く、D回路DOも下限値1.5 mg/lになっているが、初期雨水が入ってくるとNH<sub>4</sub>-Nの値が急上昇し目標値を大きく超える。これによりD回路DOは上限値2.2 mg/lとなるが、C回路NH<sub>4</sub>-N濃度は4時間ほど5 mg/l(計器レンジ)以上が継続している。その後、高流入量の雨水が流入する

ことにより、0.2 mg/l 程度まで急減している。初期雨水流入時の1号池D回路DOは、晴天時の高流入量時と同様に、2号池D回路DOの急減に伴い、2号池とほぼ同じ値まで低下しているが、1号池C回路DOは2号池より大きくなり、曝気風量も大きくなっていた。雨水流入期間では低負荷のため、曝気風量は1、2号ともに下限風量となり、C回路・D回路DOともに大きく上昇していた。

トレンド期間の風量削減率を分析すると約12%であったが、降雨前の16日17:00までは約20%削減で、初期雨水期間の16日18:00~17日6:00までは逆に約9%増加している。また、雨水流入期間は、1、2号池ともほぼ下限風量になっており、風量の削減効果はえられなかった。このため、降雨の影響を受ける期間では、晴天時より風量削減効果は減少することになる。なお、初期雨水の流入期間では、D回路NH<sub>4</sub>-Nを管理目標値以内にできないので、上限DOを高めに設定すると、晴天時の高流入量時と同様、曝気風量は2号池より非常に高くなるため、上限DOの設定には特に注意が必要となる。

#### 4.4 調査期間中の風量削減効果と処理水質

調査期間を通して、本制御と既存のDO一定制御から得られる処理水質の比較と送風量削減状況について確認する。

本制御と既存のDO一定制御から得られる処理水質の比較を行うため、約1か月周期で行っている水質の通日試験時に反応槽D回路での手分析による処理水質の平均値をTable 2、Table 3及びTable 4に示す。

12月~2月の1号池D回路NH<sub>4</sub>-N濃度は2号池に比較して低い値で推移していたが、3月以降はほぼ完全硝化しており、NH<sub>4</sub>-Nの値はほぼ同じ値で、最大でも0.1 mg/lの差であった。T-Nについても、1号池と2号池で大きな差はなかった。NO<sub>2</sub>-Nについては、硝化が不十分な場合、D回路NH<sub>4</sub>-Nが低い方が高く、また、T-Nも小さくならない傾向があるため、MLSSを調整してもNH<sub>4</sub>-N除去が十分できない場合は、硝化を抑制した方が良いと考えられる。NO<sub>3</sub>-Nは、2月まで1号池の方がやや高く、それ以降はほぼ差がなくなるが、比較的小さな差であるため、同程度の処理水質が得られていると考えられる。PO<sub>4</sub>-Pについても1号池・2号池ともにほぼ差はなかった。この結果より、反応槽出口から得られる処理水質については、同程度の水質が得られていることを確認できた。

一方、本制御と既存のDO一定制御から得られる処理水質がほぼ同等である場合に、これらの送風量の削減率を求める。アンモニア+DO制御システムの実験を行った12月後半から6月までにおける半月毎の1号

**Table 2:** Comparison of Measuring Results of NH<sub>4</sub>-N and NO<sub>2</sub>-N at Aeration Tanks No.1 and 2

区分	NH <sub>4</sub> -N[mg/l]		NO <sub>2</sub> -N[mg/l]	
	1号	2号	1号	2号
12/26	0.2	1.0	0.3	0.4
1/6	1.1	4.5	0.5	0.4
2/2	3.5	6.2	0.3	0.2
3/3	0.2	0.2	0.1	0.1
4/21	0.2	0.1	0.3	0.2
5/17	0.6	0.6	0.4	0.4
6/6	0.1	0.1	0.1	0.1

**Table 3:** Comparison of Measuring Results of NO<sub>3</sub>-N and T-N at Aeration Tanks No.1 and 2

区分	NO <sub>3</sub> -N[mg/l]		T-N[mg/l]	
	1号	2号	1号	2号
12/26	10.2	9.1	11.1	10.8
1/6	11.4	7.9	13.2	12.9
2/2	9.9	6.8	14.0	13.8
3/3	7.9	8.1	8.5	8.9
4/21	9.0	9.4	10.3	10.6
5/17	8.3	8.5	11.2	11.4
6/6	7.7	8.3	9.4	10.3

**Table 4:** Comparison of Measuring Results of PO<sub>4</sub>-P and DO at Aeration Tanks No.1 and 2

区分	PO <sub>4</sub> -P[mg/l]		D回路DO[mg/l]	
	1号	2号	1号	2号
12/26	0.01	0.01	2.65	2.61
1/6	0.02	0.02	2.66	2.87
2/2	0.06	0.01	2.97	1.92
3/3	0.10	0.15	1.64	3.69
4/21	0.02	0.02	1.64	4.57
5/17	0.05	0.04	1.73	4.49
6/6	0.02	0.01	1.51	4.40

と2号の送風量の比率(=1号/2号)の推移をFig. 8に示す。試験前半では、2号池の硝化がうまく進まず、1号池と2号池で同等の処理水質を得ることができなかったため、比較評価を行うことができなかった。しかし、2月後半以降は条件を合わせ込んだ運転を行い検証したところ、従来制御よりも平均で10%程度の風量削減効果を確認できた。

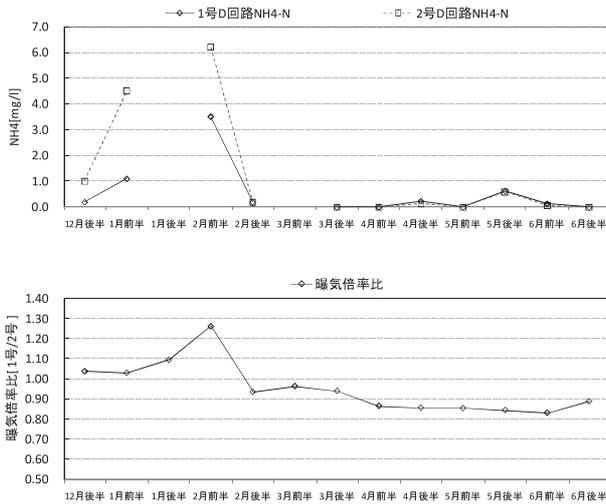


Fig.8: Comparison of Air Volume of Aeration Tank No. 1 and 2

## 5. ま と め

水再生センター施設内にアンモニア+DO 制御システムの構築を行い、それと従来のC回路DO一定制御の運転を比較した運用評価を行った。

その結果、水質試験時の処理水質の確認項目(反応槽出口水質のNH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, T-N, PO<sub>4</sub>-P)において、提案システムと従来のDO一定制御でほぼ差は無かった。

送風量の削減効果は、冬季についてはパラメータ調整期間であったが、2月後半から3月前半において約5%の風量削減となり、5月後半から6月の運転では、10%~15%の風量削減を確認できた。夏場については、節電対策のため、評価試験はできなかったが、6月程度の風量削減が可能と考え、運転状況に合わせて、パラメータを適切に設定すれば、通常の晴天時負荷パターンで年平均10%程度の削減が期待できると考えられる。ただし、硝化が十分できない高負荷の時間帯

では、D回路DOは上限値となり、低汚濁の雨水流入時間帯では、風量は散気装置の下限風量となるため、これらの時間帯の割合が多い期間では風量削減率は低下した。

なお、原理的に本制御を適用し、電力の削減効果を得るには、①硝化が可能な機場であること、②硝化可能な負荷変動の範囲の運転が可能であること、③送風量の削減が動力の低減につながる送風機があることが必要である。①については、NH<sub>4</sub>-Nが処理目標以下に除去されていれば、CODやりん等の他の水質についても問題なく除去されていることが前提となっているためである。また、②については、負荷が急に変動した場合、硝化が十分にできなくなり、送風量が増加する恐れがあるためである。③については、送風機の風量制御方式により異なるが、送風量の減少が動力の低減に関連性が無いと、電力の削減につながらないためである。

今後は、今回の検証試験においては、夏場の高水温期やDO一定制御の目標設定値を変更した場合のデータ数が少ないため、引き続きデータ収集を行い、水質への影響と送風量の削減効果について比較検討する必要があると考えられる。

## 参 考 文 献

- 1) 東京都下水道局：下水道事業における地球温暖化防止計画アースプラン2010(2010)
- 2) 東京都下水道局、三菱電機株式会社：硝化制御システムの省エネルギー効果の実証調査、東京都下水道局技術調査年報(2002)
- 3) 田崎、白倉、笠間：小菅水再生センターにおける硝化制御システムの運用実績と今後の課題、第42回下水道研究会講演集(2005)
- 4) 社団法人日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説(2009)

## Development of Control System with Ammonia and Dissolved-Oxygen Concentration for Aeration Tank

Hiroyuki Nagatsuka<sup>1)</sup>, Kazuhiro Endo<sup>2)</sup> and Tomonori Okamura<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Kosuge Water Reclamation Center, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

<sup>2)</sup> Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

### Abstract

The Bureau of Sewerage, the Tokyo Metropolitan Government drew up the "Earth Plan 2010". And we are trying to reduce greenhouse gases. The electric power for the air blower to be used for the aeration tank is a major part of the electrical usage at the Water Reclamation Center. However, if we reduce the amount of the air volume, it could cause the declining quality of water treatment. So, in order to deal with this matter, we addressed the technology development of the air volume control for aeration tank. It controls the dissolved-oxygen at the last zone of the aeration tank focusing ammoniac nitrogen at the middle of it. Here, we report on this system, evaluation experiment and so on.

**Key words :** wastewater treatment,  $\text{NH}_4\text{-N}$ , DO, air volume control, reduction of electricity use