

イオンクロマトグラフを活用した 水再生センターの処理調整

横浜市 村上 信吾
○福井 宏人
堺 順子

1. はじめに

イオンクロマトグラフ（以下、「IC」という。）は、無機イオンや有機酸、タンパク質等を定性・定量するための分析装置であり、環境水の水質分析や大気環境測定、食品品質管理等様々な分野で広く使用されている。ICは前処理が簡単で、全自動測定であり、測定時間が短く、多検体にも対応でき、非常に有用な分析機器である。横浜市の終末処理施設（水再生センター）は、無機態窒素の排水基準の確認は勿論、施設の維持管理上硝化・脱窒・りん除去状況を効率よく確認できるよう、市内全11センターでICを保有している。

横浜市中部水再生センターでは、流入下水から放流水までのサンプルをICで分析している。硝化・脱窒状況や反応タンクのセルごとの窒素・りん濃度変化、流入のカルシウム濃度変動等を解析し、水再生センターの処理調整に役立っているため、報告する。

表1 中部水再生センター施設概要

	A系列	B系列
処理方式	擬似嫌気好気法（標準活性汚泥法）	
晴天時処理水量	30000 m ³	25000 m ³
最初沈殿池	4811 m ³ (6 池)	4314 m ³ (4 池)
反応タンク	9360 m ³ (4 池)	9724 m ³ (4 池)
最終沈澱池	6569 m ³ (4 池) 返送汚泥量一定	4879 m ³ (4 池) 返送汚泥率一定

2. 施設概要・IC機種

中部水再生センターは、合流式処理区域であり、原水をA系列とB系列に振り分け、各々擬似嫌気好気法で処理している（表1）。当センターは沿岸部に位置し、平成24～26年度のセンター流入水の塩化物イオン濃度は100～2700 mg/L、ナトリウムイオン濃度は50～1500 mg/Lと海水流入の影響で高い。潮位上昇時に下水幹線へ海水が微量流入しているものと考えられる。

使用しているIC機種を表2に示す。陽イオンは高濃度ナトリウムと分離性が高い陽イオンカラムを使用し、陰イオンはUV検出器で硝酸・亜硝酸を測定している。

表2 IC機種

IC機種	ダイオネクス ICS-1000 Chromleon 6.60
使用カラム	陽イオン：CS16、陰イオン：AS14
検出器	陽イオン：ECD、陰イオン：ECD・UV
前処理方法	ADVANTEC DISMIC-25CS でろ過

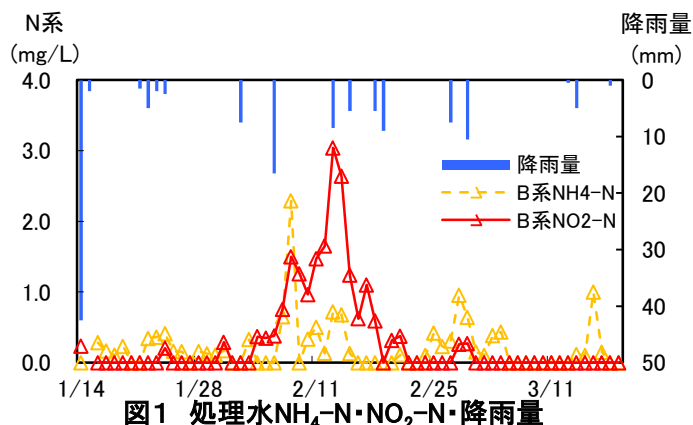
3. ICの活用状況

当センターでは、ICを次の3点で活用している。

3-1. 日常的な硝化状況の確認

日常分析として、0時から24時まで流量比例採水した各処理工程の下水を毎日採水し、pHや透視度、COD等を測定している。ICの分析については毎日分のサンプルを分析し、硝化状況を細かく確認し、状況に応じて処理変更を行っている。

平成25年冬季の処理水データを示す（図1、2）。B系列は2/6と2/13の降雨で亜硝酸型の処理が一気



に進行し、活性汚泥が解体した。MLSS を 2500 mg/L 程度に調整していたが、降雨によって水温が低下し、硝化が不安定になったためと判断できた。よって、活性汚泥の硝化菌を増加させるため、B 系列余剰汚泥ポンプを停止し、A 系列からの余剰汚泥移送で MLSS を上げ、また送風量を解体が進行しない程度に増加させた。三日後には処理が回復し、亜硝酸性窒素濃度は 1 mg/L を下回った。

このように毎日の IC のデータから硝化状況や活性汚泥の状態を把握することができる。毎日の IC によるデータ取りが容易なため、細かい状況把握や処理調整が可能になっている。

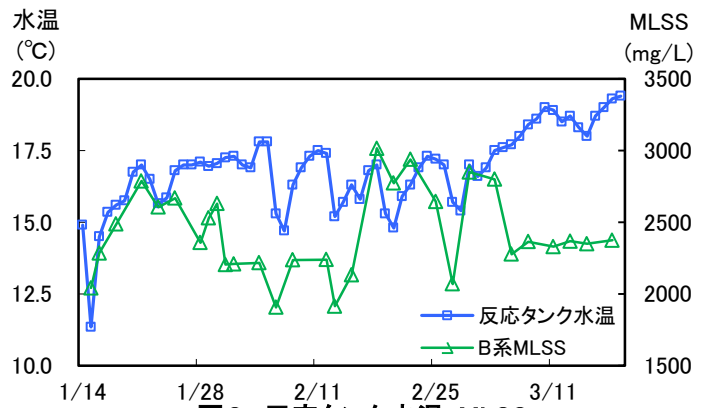


図2 反応タンク水温・MLSS

3-2. 反応タンクのセルごとの管理

窒素・りん除去能力が低下している場合、原因調査のため、反応タンク全池各セル（1池あたり4セル）末端で採水した活性汚泥、返送汚泥、沈後水を IC で分析している。分析結果から、各系列の池ごとのバランスや各セルの窒素・りん処理速度を評価し、より効果的な処理調整を行っている。

平成25年夏季のりん濃度データを示す(図3)。A 系列のりん濃度が B 系列に比べ高かったため原因を調査したが、コンジット採水の処理水の評価だけでは分からなかったため、反応タンク各セルを IC で分析した(図4)。

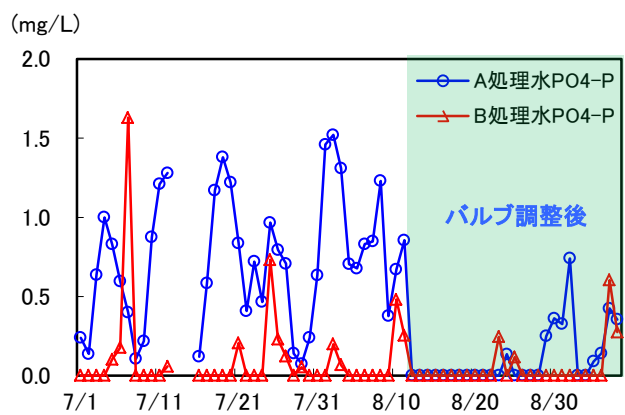


図3 処理水PO₄-P

1セル目（疑似嫌気槽）の窒素・りん濃度を A 系列と B 系列で比較すると、ほとんど曝気していないにもかかわらず、A 系列は硝化が進行しており、また B 系列に比べりんの吐出し量が少なかった。よって、A 系列は B 系列に比べ1セル目の送風量が多すぎると考え、8月中旬に疑似嫌気槽の送風配管のバルブ開度を僅かに閉めたところ、劇的な効果が表れた。再度反応タンク各セルの IC 分析を行ったところ、B 系列の濃度変化とほぼ同じであることを確認できた(図5)。

また、反応タンクの全池全セルの分析結果から、各池の処理状況も確認している(図6)。A 系列全4池のうち、12池の硝化速度は2セル目から遅く、11、13池も4セル目で遅いため、完全硝化するよう池・セルごとに送風量を調節し、バランスを整えた。

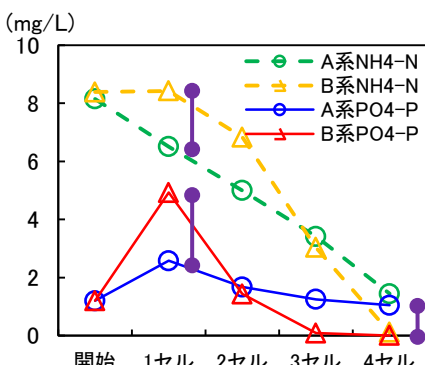


図4 8/7 反応タンクNH₄-N・PO₄-P

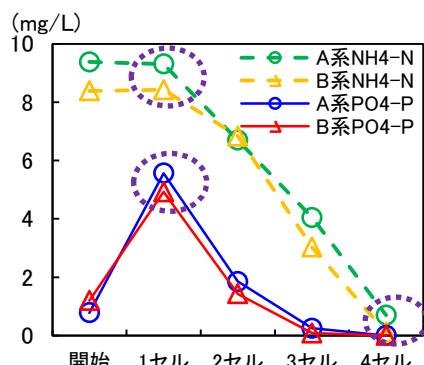


図5 開度調整後 NH₄-N・PO₄-P

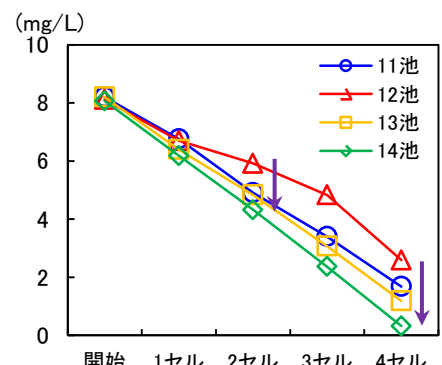


図6 A系列反応タンク全池NH₄-N

このようにして、各系列の池・セルごとの処理バランスを整え、より効果的な処理条件で運転している。

3-3 異常流入対策

高 pH 異常流入時、コンクリート系排水の確認にカルシウム等の分析を行うが、当センターのカルシウム濃度は海水流入の影響で高く、また日常変動も塩化物イオン同様激しい。その変動パターンを予測した上で、実際の異常流入時のデータと変動予測値を比較し、コンクリート系排水の判断を行っている。

マグネシウム・カリウム・カルシウム・硫酸イオン濃度(以下、「各イオン種濃度」という。)の変動を調査するため、当センターの平成 26 年秋季晴天時データを用い、塩化物イオン濃度を横軸、各イオン種濃度を縦軸にプロットしたところ、高い直線性が得られた(図7)。この直線の傾きと海水の成分比を比較し、相関が高いことから、各イオン種濃度変動は海水流入割合に比例していると考えられる(表3)。

当センターの海水流入の影響を受けていない塩化物イオン濃度は、海水流入の影響を受けない内陸部センターの塩化物イオン濃度と同程度と仮定し、図7で得られた傾きを用いて、海水流入の影響がない当センター各イオン種濃度を算出した(表4)。内陸部センターと予測値の差がほとんどないことから、図7のグラフの傾きの整合性を確認することができた。

当センターのカルシウム濃度は10~55 mg/L程度で変動するため、コンクリート排水系異常流入時の判断が困難であった。しかし図7の傾きから海水流入由来の各イオン種濃度を予測できるため、高 pH 異常流入時の各イオン種濃度が海水流入による変動か検証した(表5)。2/28の異常流入は、予測値がカルシウム以外一致し、日常変動値よりも遥かに高いため、水酸化カルシウムのコンクリート系流入が原因と予想される。その後排出業者を特定でき、異常流入は収まったが、3/19に再発した。しかし3/19の異常流入は2/28の濃度パターンと異なるため、2/28の業者と異なる業者による異常流入だと考察できた。特定にまで至らなかったが、データを蓄積していくことで新たな知見を得られると期待している。

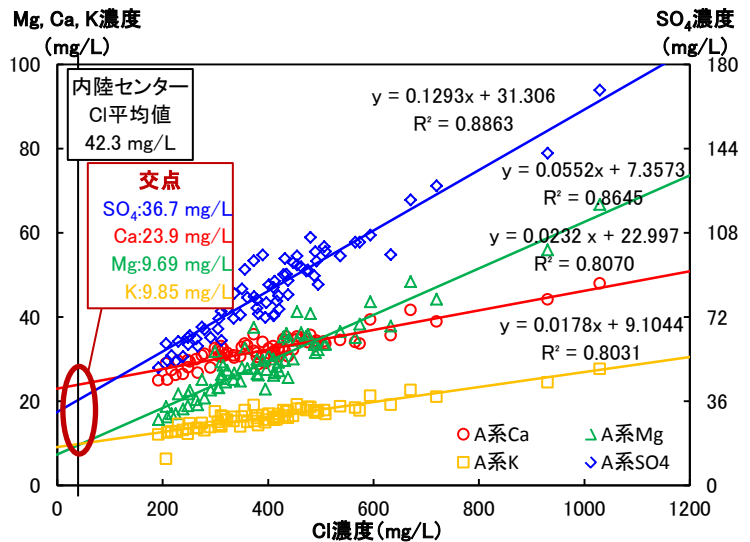


図7 Cl濃度に対する各イオン種濃度

表3 海水成分比と当センター変動比

	海水成分比	図7の傾き
Mg	<u>0.0670</u>	<u>0.0552</u>
Ca	<u>0.0211</u>	<u>0.0232</u>
K	<u>0.0200</u>	<u>0.0178</u>
Cl	1.0000	-
SO ₄	<u>0.1396</u>	<u>0.1293</u>

表4 内陸センターと予測値 単位:mg/L

	内陸C	海水無 当C
Mg	<u>6.36</u>	<u>9.69</u>
Ca	<u>22.6</u>	<u>23.9</u>
K	<u>10.6</u>	<u>9.85</u>
Cl	<u>42.3</u>	42.3(仮定)
SO ₄	<u>41.0</u>	<u>36.7</u>

表5 高 pH 異常流入と予測値 単位:mg/L (pH 除く)

	H26.2/28	予測値	H26.3/19	予測値
pH	9.08	-	8.91	-
Ca	66.2	35.4	79.3	33.5
Mg	<u>35.0</u>	<u>36.8</u>	13.9	32.4
Cl	535	535(仮定)	455	455(仮定)
SO ₄	<u>110</u>	<u>100</u>	57.3	90.1

4. まとめ

本報告では日常的な硝化状況の確認・反応タンクのセルごとの管理・異常流入対策を例としてIC活用方法を挙げたが、紹介した内容は一例である。他にも、テーブル実験による窒素・りん・硫酸変動検討等、ICの活用範囲は多岐にわたる。今後ICの活用範囲を広げ、処理調整等に更に役立てていきたい。

問い合わせ先：横浜市環境創造局下水道水質課 福井宏人 TEL 045-621-4343 ks-suishitsu@city.yokohama.jp