

各水再生センター反応タンク流入水質詳細調査

水再生水質課 ○浅野 卓哉
水再生施設整備課 森 豊明

1. はじめに

下水処理水放流先の富栄養化対策として、窒素・りん除去の向上が大きな課題となっている。本市では、窒素・りん除去を目的とした高度処理施設の導入を進めると同時に、各センターの既存標準法施設に擬似嫌気好気法（以下、擬似AO法）を導入し、処理水質の向上を図っている。

一方で、窒素・りん除去は施設設備的要因の他に、流入水質の影響を大きく受ける。特に、りん除去には高い流入有機物負荷と同時に有機酸などの低分子有機物の存在が重要であることが知られている。また、DOやNO_x-Nが反応タンク流入部に多く流入すると、嫌気（擬似嫌気）槽のORPが上昇し、りん除去が悪化する。センター毎の高度処理や擬似AO法のりん除去性能を評価するには、通常分析では測定されていないこれらの成分濃度について把握する必要がある。

そこで我々は、平成18年2～3月に、本市全水再生センターの反応タンク流入水（以下、流入水）について一斉詳細調査を実施した。今回はその調査結果および各センターのりん除去性能の違いに関する解析結果について報告する。

2. 調査方法

- ・調査期間：平成18年2月～3月、週1回
- ・調査対象：全11水再生センター14系列（表1）
- ・調査項目：表2に示す各水質項目を分析
- ・調査方法：週1回各センターから中部水再生センターに試料を搬送、一括して分析

表1 調査対象施設

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
センター	北部第1	北部第2	神奈川	都筑	港北			金沢	中部	南部	西部	栄第1	栄第2	
系列	1系		A系	12系	中央	北	南		A系			A系	1系	23系
処理方式	標準法	標準法	標準法	一部高度処理	標準法	標準法	高度処理	標準法	標準法	標準法	標準法	標準法	標準法	標準法
	合流	合流	合流	分流	合流	分流	分流	合流	合流	合流	分流	分流	合流	分流

* 標準法施設は、港北中央を除いて一部もしくは全ての系列で擬似AO法運転を実施
* 北部第1および神奈川は、期間中北部センターからの返流水を受け入れている

表2 調査対象施設

	有機物						窒素				りん	
	BOD	COD _{MN}	COD _{Cr}	SS	有機酸*		T-N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	T-P	PO ₄ -P
					酢酸	プロピオン酸						
反応タンク流入水	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	
反応タンク流入水(溶解性)*	○	○	△									
処理水				○	○	○		○	○	○	○	

○:毎週測定 △:月1回測定 分析方法は、下水試験法に準じる
* 有機酸はスポット採水試料(朝10時前後)、他は24時間コンボジット採水試料
* 溶解性試料は、孔径1μmのガラス繊維ろ紙で加圧ろ過したもの

3. 調査結果

各施設の分析結果の調査期間平均値を用いて、以下の検討を行った。

3.1 溶解性有機物濃度の比較

各施設の流入水のBOD、COD_{MN}、COD_{CR}について、溶解性成分の割合を算出した結果を図1に示す。CODについては50～60%で各施設の差はなかったが、BODについては概ね25～40%の間であり、特に返流水処理施設の処理水を受け入れる北部第2、金沢で低い割合となっていた。合流、分流、返流水処理水受入施設それぞれの平均値を図2に示す。

■...合流 ■...分流 ■...返流水処理水受入施設

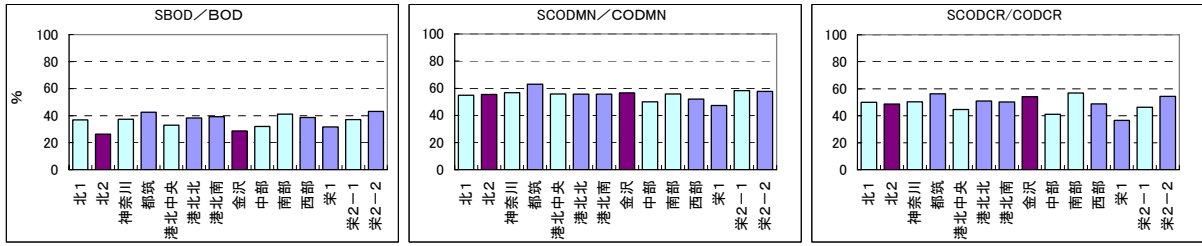


図1 溶解性有機物濃度比 (各施設)

3.2 有機酸濃度の比較

一般に下水中の有機酸成分は酢酸が支配的であるといわれている。各施設の流入水酢酸濃度の期間中平均値を図3に示す。施設によって大きく異なることがわかる。特に、返流水処理水受入施設では酢酸は期間中ほとんど検出されなかった。また、栄第2-1系を除く合流式施設では値が低く、逆に栄第1を除く分流式施設では高い傾向にあることがわかる。合流、分流、返流水処理水受入施設それぞれの平均値を図4に示す。

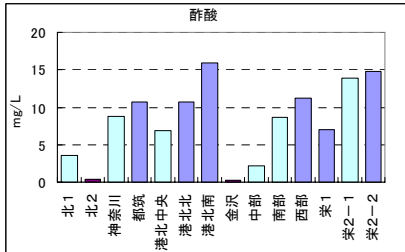


図3 流入水酢酸濃度 (各施設)

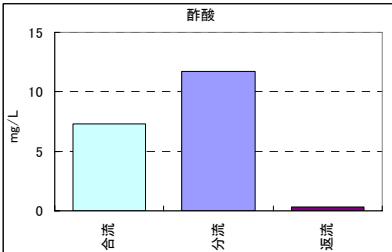


図4 流入水酢酸濃度 (流入別平均)

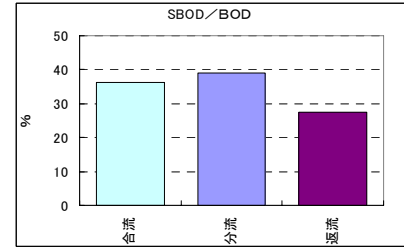


図2 溶解性有機物濃度比 (流入別平均)

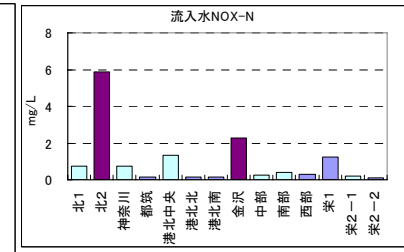


図5 流入水 NO_x-N 濃度

3.3 NO_x-N 濃度の比較

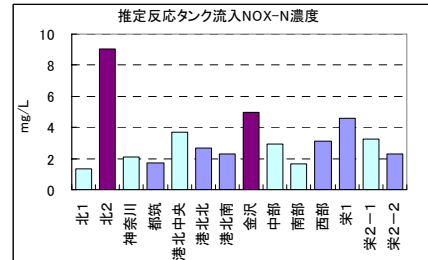
流入 NO_x-N 濃度が高いと、りん除去に悪影響を及ぼすことが知られている*1,2。各施設の流入水 NO_x-N 濃度の期間中平均値を図5に示す。返流水処理水受入施設、特に北部第2が突出して高い。これは返流水処理施設における硝化反応により生成された NO_x-N が流入しているためである。他の施設では、合分流に関係なく低い値となっていた。

また、実際に反応タンクに流入する NO_x-N 濃度は、流入水および返送汚泥中の NO_x-N 濃度の加重平均値である。そこで各センターの処理水質から返送汚泥中の NO_x-N 濃度を推定し、返送率を考慮した加重平均計算により、反応タンク流入 NO_x-N 濃度を算出した (図6)。

4. 各センターりん除去性能の解析

4.1 各センターBOD/T-P 比および酢酸/PO₄-P 比の検討

良好なりん除去は、りん過剰摂取反応により汚泥中のりん含有率を高めると同時に、余剰汚泥発生量を高く保つことで達成される。こうした条件を保つためには、高度処理施設において流入水の BOD/T-P 比が 20~25 以上、また酢酸/PO₄-P 比が 7 以上あることが必要とされている*1,2。今回の測定結果における各センターの BOD/T-P 比および酢酸/PO₄-P 比の比較を図7に示す。BOD/T-P 比については、北部第2を除いて上記条件を概ね満足しているが、酢酸/PO₄-P 比は各センターで大きく異な



* 推定反応タンク流入 NO_x-N 濃度
 = (流入水 NO_x-N + 処理水 NO_x-N × 終沈脱窒率 × 返送率) / (1 + 返送率)
 終沈脱窒率...一律0.8と仮定

図6 推定反応タンク流入 NO_x-N 濃度

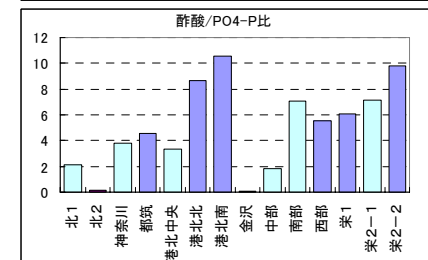
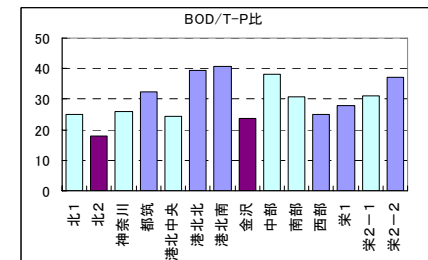


図7 BOD/T-P 比、酢酸/PO₄-P 比

り、上記条件を満足しているのは港北（北、南）、南部および栄第2（1、2）の5施設のみであった。また返流水処理水受入施設や北部第1、中部は有機酸/PO₄-P比が3以下と低い。この結果から、流入水質、特に有機酸濃度により各センターのりん除去適性は大きく異なり、特に北部第2や金沢ではBOD/T-P比、酢酸/PO₄-P比ともに低く、これらの施設では安定したりん除去は困難であると考えられる。

4. 2 BOD/T-P比、酢酸/PO₄-P比、流入NO_x-N濃度とりん除去の関係

本調査期間中、港北中央を除く各施設では、一部または全系列で擬似AO法運転を実施していた。各施設の除去PO₄-P濃度（流入水PO₄-P-処理水PO₄-P）の期間中平均値を図8に示す。なお期間中、北部第2では凝集剤（PAC）添加を実施していたため、他と傾向が異なる。このように、除去濃度は施設によって大きく異なる。条件設定が施設毎に異なるため一概にはいえないが、擬似AO法によるりん除去向上効果は、施設によって大きな違いがあるといえる。

BOD/T-P比、酢酸/PO₄-P比と除去PO₄-P濃度の相関を図8に示す。高い相関はないが、どちらも高いほうがりんが除去される傾向にあるといえる。次に図6で求めた推定流入NO_x-N濃度と除去PO₄-P濃度の相関を図9に示す。凝集剤添加を行っていた北部第2を除いて、良好な負の相関があることがわかる。このことは擬似AO法においても、返送率を下げたり硝化を抑制して流入NO_x-N濃度を下げることによって良好なりん除去が可能となることを示す。

図9で酢酸/PO₄-P比が高いにも関わらず除去濃度が低い施設（栄第1、栄第2-1）があるのは、これらの施設は流入NO_x-N濃度が高いためだと考えられる。逆に、酢酸/PO₄-P比が低い除去濃度が高い施設（北部第1、神奈川、都筑）については、これらの施設は本期間中処理水中にNH₄-Nが残存しており、流入NO_x-N濃度が低かったためだと考えられる。また、流入NO_x-N濃度の高い北部第2や金沢ではりん除去が極めて困難であり、これらの施設でりん除去を行うには凝集剤や酢酸を添加するなどの対策が必要であるといえる。

5. まとめ

本調査結果から、次のことがわかった。

- ・ 流入水有機物中の溶解性成分の割合は、BODで25~40%、CODで50~60%程度であった。
- ・ りん除去に重要な流入水有機酸濃度は、施設毎に大きく異なっていた。
- ・ 高度処理および擬似AO法におけるりん除去性能は、反応タンクに流入するNO_x-Nおよび有機酸の影響が大きいことが確認された。
- ・ 返流水処理水受入施設（北部第2、金沢）では流入水中のNO_x-N濃度が高いうえに有機酸もほとんど検出されず、溶解性BODの割合も低いことから、生物学的りん除去には極めて不利な条件であることが確認された。

今後は、年間を通じた調査を実施して各施設の流入水質特性を把握すると同時に、各施設における処理水質向上のための諸検討を行っていきたい。

参考文献

1. (社)日本下水道協会 下水道維持管理指針 後編 -2003年版-
2. 土木研究所資料 高度処理施設設計資料検討プロジェクト報告書 平成15年3月

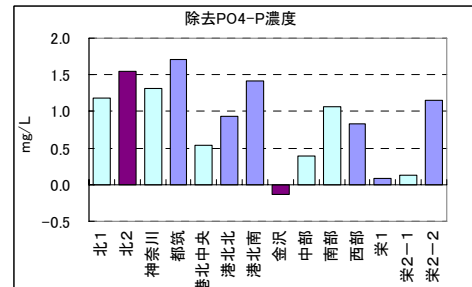


図8 除去PO₄-P濃度

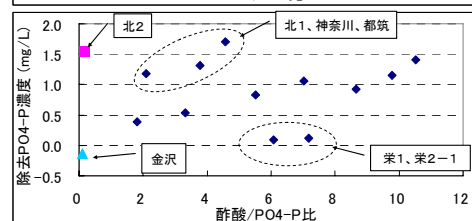
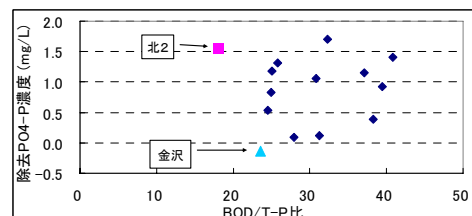


図9 BOD/T-P比、酢酸/PO₄-P比と除去PO₄-P濃度の相関

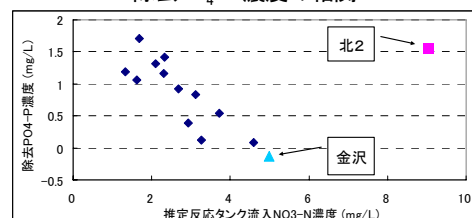


図10 流入NO_x-N濃度と除去PO₄-P濃度の相関