

19 既存施設による窒素・りん除去

横浜市 ○白浜武四郎
寺沢 敏夫
菅原 継好

1. まえがき

平成4年7月、横浜市では東京湾の水質改善のため、既設の終末下水処理場放流水の窒素、りんの水質管理目標値を各々15,1.0mg/lに定めた。窒素、りんの除去は、活性汚泥循環変法、嫌気・好気活性汚泥法が主流であり、横浜市でもその導入を検討している。しかし、この方法は施設の改造や攪拌機、循環ポンプ等の設備が必要となり、既存施設を整備するのに多大な費用と歳月を要する。

その間、運転方法の工夫によって放流水の窒素、りんの削減を図り、この目標値に近づけるのも意義あるものと考ええる。

本文は、横浜市緑下水処理場の既存施設を用いて、ステップ流入による脱窒、PAC添加によるりん除去とPAC添加による硝化作用への影響について検討した調査結果の報告である。

2. 施設・実験の概要

実験に用いた施設の概要を表-1に示す。当下水処理場は処理能力167,000m³/日、平均処理水量110,000m³/日の分流式下水処理場で、汚泥は北部汚泥処理センターに送泥し、集中処理している。PAC添加設備は水処理悪化対策用として設置したものである。なお、当処理場は流入下水水量の変動が大きいいため、実験期間中、朝方を除いてほぼ一定流入量になるように揚水ポンプを調整した。

(1) 窒素、りん除去の実験

表-1 実験に用いた施設の概要

図-1に使用したエアレーションタンク(以下ATと省略する)の概要を示す。ATは1水路3槽に分割され、3水路9槽からなり、返送汚泥を含めた曝気時間は5.1時間である。ステップ流入は4槽目で、ステップ比は1:1とした。4、5槽は脱窒槽(返送汚泥を含めた滞留時間は1.1時間)とするため、旋回流を確保できる最低の送风量とした。PACの添加地点はAT流出端、添加量はAT流入量に対して75ppm(A_lとして5mg/l)とした。

	エアレーション方法	エアレーションタンク容量	流入水量	滞留時間	返送率
実験(1)	片側散気式深槽	10,260m ³	1,300m ³ /時	7.9時間	55%
実験(2)	片側散気式中槽	6,110m ³	1,000m ³ /時	6.1時間	50%
PAC添加設備	最大貯留量 38m ³ A _l 2O ₃ 10.2%				
	添加地点: 最初沈殿池流入, エアレーションタンク流出部				

実験は平成5年2~3月に標準法、ステップ法、PAC添加法を組み合わせを行い、各々についてATでの窒素の挙動、AT流入水・二次処理水の水質の経時変化を調査した。

(2) PAC添加による硝化作用への影響実験

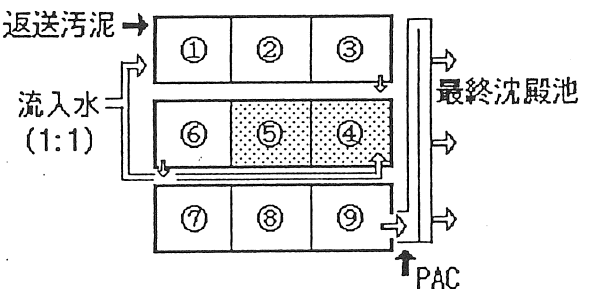


図-1 ステップ流入とPAC添加の処理場

平成5年11~12月に各々独立した2池のATを用いて、1池を対照、1池にPACの連続添加を行い、回分硝化速度(以下硝化速度と称する)、二次処理水の水質、汚泥中のA_l等の経日変化を調査した。

なお、窒素、りん、A_lの測定は下水試験法に従い、硝化速度は試料(AT出口混合液)1lに塩化アンモニウム(96mg)、炭酸水素ナトリウム(300mg)を添加、17-曝気を行い、時間当りのアンモニアの減少量から求めた。

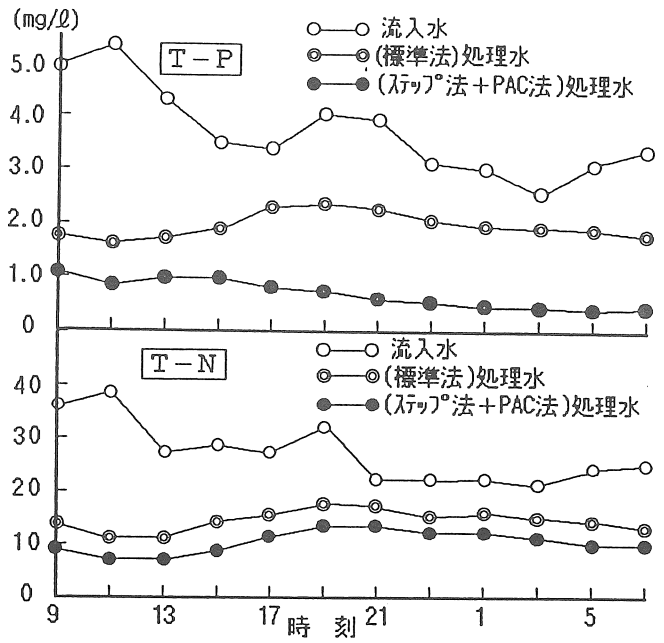
3. 結果と考察

(1) 窒素、りんの除去

実験は①標準法、②標準法+PAC添加、③ステップ法、④ステップ法+PAC添加の4方法で行った。処理結果を表-2に、①と④のAT流入水・二次処理水のT-N、T-Pの経時変化を図-2に示す。T-N、T-PいずれもAT流入水では11時が最大となり、二次処理水では滞留時間分の遅れで19時に最大となる。

表-2 処理結果

項目	実験No	①	②	③	④
AT流入水	BOD (mg/ℓ)	82	87	110	98
	TOC (mg/ℓ)	64	66	67	65
	T-N (mg/ℓ)	24	26	32	26
	NH ₄ -N (mg/ℓ)	21	20	20	20
	T-P (mg/ℓ)	3.7	3.6	3.1	2.6
	PO ₄ -P (mg/ℓ)	1.5	1.7	2.2	1.9
二次処理水	BOD (mg/ℓ)	3.5	1.6	2.6	1.3
	TOC (mg/ℓ)	7.1	5.4	7.7	6.2
	T-N (mg/ℓ)	14	15	13	11
	NH ₄ -N (mg/ℓ)	3.5	3.0	0.4	1.5
	NO ₃ -N (mg/ℓ)	9.1	9.9	11	8.7
	T-P (mg/ℓ)	2.1	0.78	2.1	0.87
PO ₄ -P (mg/ℓ)	1.5	0.58	1.8	0.82	
硝化率 (%)	65	67	82	81	
T-N 除去率 (%)	42	43	59	59	
T-P 除去率 (%)	43	78	32	66	



実験①と③を比較すると、窒素除去率、硝化率はいずれも③の方が高く、硝化、脱窒ともに促進されていることが認められる。しかし、りん除去率は③の方が幾分低くなっており、りん除去は改善されていない。

実験①と②を比較すると、二次処理水のNH₄-N、NO₃-Nにはほとんど差がなく、T-Pは①が2.1mg/ℓに対して、②は0.78mg/ℓと低下している。PAC75ppm添加では硝化作用への影響もなく、りん除去の効果も十分認められる。

実験①と④を比較すると、二次処理水のT-Nは図-2に示すように④の方が約3mg/ℓ低くなっており、ステップ法による脱窒の効果が認められる。また、T-PはPAC75ppmの添加で常時1.0mg/ℓ以下を維持することができた。窒素、りん除去率は④の方が各々17%、23%向上している。

図-3に標準法、ステップ法のDO₇レベルと窒素の挙動を示す。ステップ法では4、5槽のDOレベルは0に近い状態であり、脱窒槽としての役目を果たしているものと推定される。全送風量は標準法、ステップ法とも同一で、ステップ法では4、5槽分の送風量を前段、後段に振り分けた。その分、1~3槽では標準法に比べてDOが0.5mg/ℓ高くなっている。

窒素の挙動をみると、標準法では、1、2槽で返送汚泥からの持ち込み分のNO₃-Nが2.8mg/ℓから0.3mg/ℓに減少しており、3槽から徐々に硝化が進行し始める。一方、ステップ法では、1~3槽で硝化が進行し、3槽流出端で、NO₃-Nは11mg/ℓに達する。4槽流入端では、NO₃-Nはステップ流入水によって7.3mg/ℓに希釈されるが、5槽目では、NO₃-Nは1.8mg/ℓに減少し、4、5槽で脱窒が進行している。6槽から再びNO₃-Nが増加し、硝化が進行している。

AT内の脱窒量を計算すると、標準法では100kg/日、ステップ法では220kg/日となり、ステップ法は標準法に比較して約2倍の脱窒量が認められた。この結果から、既存施設でもステップ脱窒・PAC添加法で窒素、りんの除去率を向上させることが確認できた。

図-2 流入水・二次処理水のT-N, T-Pの経時変化

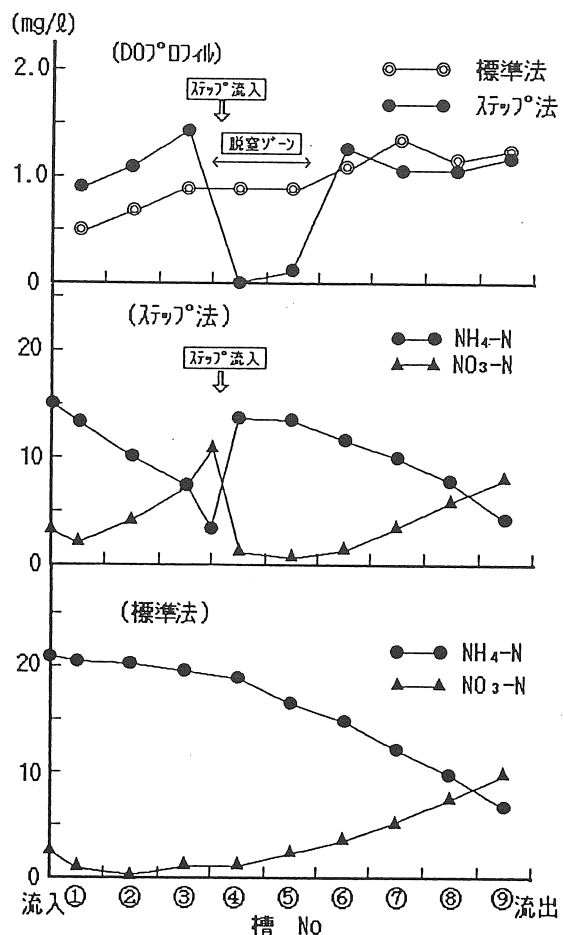


図-3 標準法、ステップ法のDO₇レベルと窒素の挙動

(2) PAC添加の硝化作用への影響

2系列の標準法ATを用いて、一方は対照、他方はAT出口にPAC75ppmを連続25日添加した。運転状況と処理結果を表-3に示す。

透視度、BOD、CODともPAC系の方が良好で、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-Nは両系ともほぼ同じであった。T-Pは対照系1.5mg/ℓに対してPAC系は0.27mg/ℓとなり、りん除去率は90%以上となった。これは連続添加で未反応のPACが返送汚泥として循環し、PO₄-Pと反応したものと考えられる。

図-4に両系列の硝化速度、二次処理水のNH₄-N、Aℓの汚泥蓄積量の経日変化を示す。

硝化速度をみると、対照系は約5mg N/g.VSS/hrの間で変動している。一方、PAC系は、添加20日頃から対照系に比較して、約1mgN/g.VSS/hr低下する傾向が認められる。しかし、この硝化速度は基質、DO濃度が十分にある場合の最大硝化速度である。実施設の硝化速度〔(流入T-N×0.7-処理水NH₄-N)/g.VSS/hr〕を算出すると、両系とも1.2~1.4mgN/g.VSS/hrであった。また、両系列のNH₄-Nの経日変化を比較しても、ほとんど差が認められない。これらから推察すると、PAC75ppmを添加しても、実施設の硝化作用には影響を与えないものと思われる。

汚泥のAℓ蓄積量の経日変化をみると、10mg/g.SSから徐々に増加し、18日頃から45mg/g.SSで一定となった。Aℓ蓄積量の増加に対応して、PAC系のMLVSSは、87%から徐々に低下して、75%で一定となり、対照系に比べて最大12%の差が生じた。

当初の目標であるT-P1.0mg/ℓ以下を維持することとPAC添加の経済性を考慮すると、添加量は75ppmからさらに減らすことが可能で、最大硝化速度に与える影響も軽減されるであろう。

4. まとめ

4. まとめ

既存施設を用いたステップ脱窒・PAC添加法は、標準法に比較して、窒素、りんの除去率が各々17%、23%改善され、二次処理水のT-Nは15mg/ℓ以下を維持することができた。また、T-PもPAC添加率75ppm(Aℓとして5ppm)で1.0mg/ℓ以下を維持することができた。

PAC75ppmの連続添加の結果、最大硝化速度は、対照系に比較して、20日頃(Aℓ蓄積量が45mg/g.SS)から約1mgN/g.VSS/hr低下した。しかし、実施設の硝化速度(1.2~1.4mgN/g.VSS/hr)は同じで、硝化作用への影響は認められなかった。

最後に、この調査を実施するに当り、多大の御協力を頂いた緑下水処理場の方々に深く謝辞を表します。

表-3 運転状況と処理結果

運転状況	運転状況		処理結果			
	対照系	PAC系	流入水	対照系	PAC系	
MLSS(mg/ℓ)	2,000	2,300	pH	7.4	7.0	7.0
MLVSS(%)	86	79	透視度(cm)	-	99	100
SVI	190	180	COD(mg/ℓ)	53	9.3	7.4
MLDO(mg/ℓ)	0.6	1.0	BOD(mg/ℓ)	86	11	7.8
送風倍率(倍)	7.6	5.3	T-P(mg/ℓ)	3.0	1.5	0.27
SRT(日)	8.2	8.8	PO ₄ -P(mg/ℓ)	-	1.4	0.21
BOD-SS負荷(kg/sskg)	0.14	0.13	T-N(mg/ℓ)	28	14	13
			NH ₄ -N(mg/ℓ)	20	4.5	3.6
			NO ₂ -N(mg/ℓ)	-	0.18	0.22
			NO ₃ -N(mg/ℓ)	-	9.0	9.0

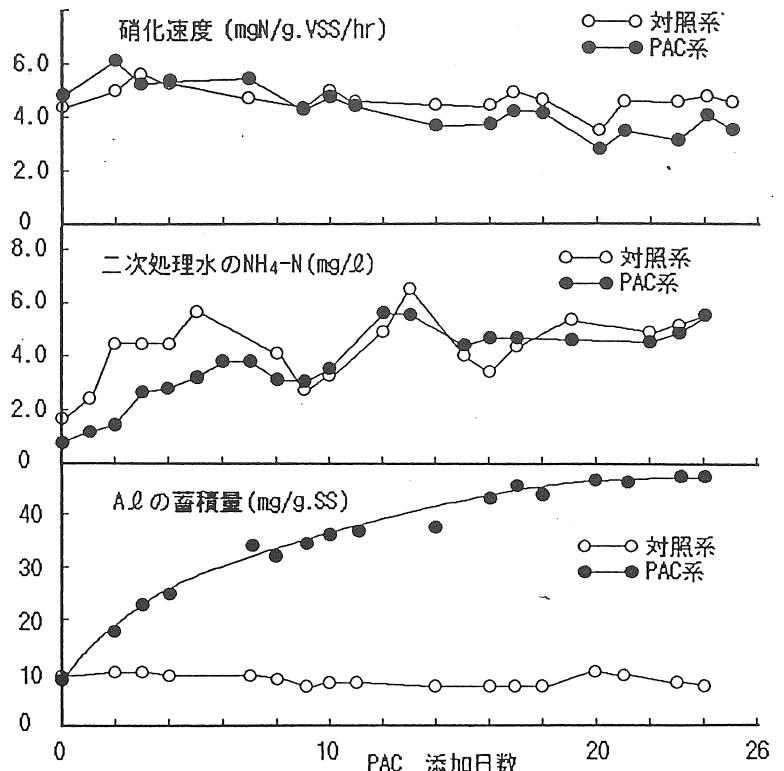


図-4 硝化速度、二次処理水NH₄-N、Aℓの汚泥蓄積量の経日変化