

## 21 緑下水処理場における窒素・リンの調査(その2) (PAC連続添加によるりん除去と硝化作用等への影響)

水質管理課 ○白浜武四郎

内田 収

寺沢 敏夫

### 1. まえがき

昨年、緑下水処理場の窒素・リンの収支および既存施設を用いた窒素・リン除去法について報告した。その中で、“りん除去を目的としたホリ塩化アルミニウム(以下PACと略する)の添加が硝化作用にどのような影響を与えるか”という点が課題として残った。また、最近、凝集剤添加による窒素・りん除去の設計資料改訂版が建設省高度処理会議から刊行された。この中で、凝集剤の種類や添加量について解説しているが、PACに関するデータは少ない。

これらを考慮して、筆者らは、緑下水処理場の実施設を用いて、PACの連続添加によるりん除去と硝化作用等への影響を調査した。その結果、新たに知見が得られたので報告する。

### 2. 調査、実験の概要

平成5年11~12月、各々独立した2系列のエアレーション槽(以下ATと略する)を用いて、PAC連続添加実験を行った。1池にPACを添加し、もう1池を対照として、各々回分硝化速度(以下硝化速度と称する)、二次処理水の水質、汚泥中のA<sub>l</sub>, Pの経日変化を調査した。また、各々の余剰汚泥について、りんの溶出速度も調査した。

使用したATの容量は6,110m<sup>3</sup>/池、返送率50%、滞留時間6.1時間である。前回の実験と同様に、PAC添加地点はAT流出端で、添加量は流入水量に対して75ppm(A<sub>l</sub>として5mg/ℓ)になるように調整した。当処理場は、流入下水量の時間変動が大きいので、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。

なお、窒素、りん、A<sub>l</sub>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、エア曝気を行い、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

PAC添加期間中の運転条件と処理結果を表-1に示す。

#### (1) BOD, CODおよび透視度

二次処理水のBOD, CODは、対照系に比較して、PAC系の方が約20~30%低く、水質改善がなされていた。透視度の経日変化では、対照系は実験開始時100cm以上であったが、20日頃から90cm程度に低下した。PAC系は、添加期間中、100cm以上を維持していたが、添加中止直後、一時的に60cmまで低下した。

表-1 運転状況と処理結果

#### (2) りん除去

図-1に二次処理水のT-Pの経日変化を示す。対照系のT-Pは1.3~1.8mg/ℓの間で変動し、T-Pの大部分はPO<sub>4</sub>-Pであった。PAC系のT-Pは、添加後3日で、約0.3mg/ℓまで低下し、その後、0.2~0.3mg/ℓで推移した。また、添加中止後3日で、T-Pは対照系と同じ値となった。PAC系のPO<sub>4</sub>-Pは最低0.13mg/ℓとなり、75ppm添加では、これが限界であることが確認で

	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 <sub>4</sub> -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 <sub>4</sub> -N(mg/ℓ)	20	4.5	3.6
			NO <sub>2</sub> -N(mg/ℓ)	—	0.18	0.22
			NO <sub>3</sub> -N(mg/ℓ)	—	9.0	9.0

きた。流入に対するりん除去率は、対照系50%, PAC系93%で、PAC系の除去率は前回報告した結果(約70%)より大幅に向上していた。これは連続添加で未反応のPACが返送汚泥として循環し、 $PO_4-P$ と反応したものと考えられる。

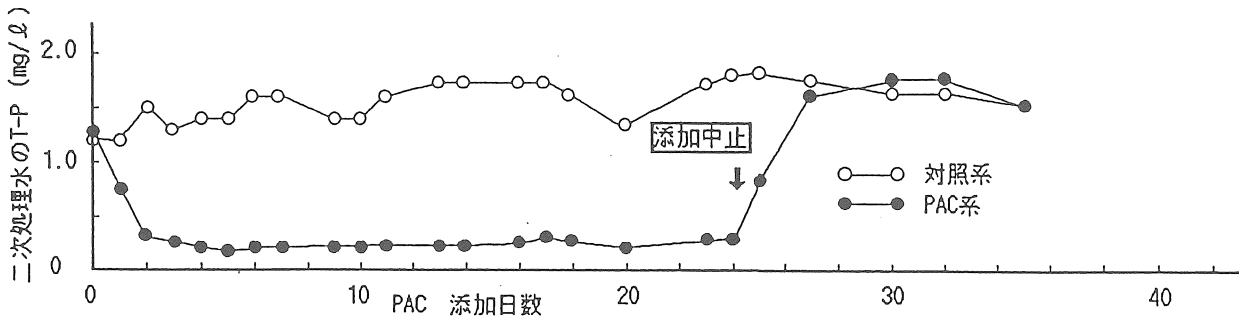


図-1 二次処理水の T-P の経日変化

(3) 硝化作用への影響

図-2,3に硝化速度と二次処理水の $NH_4-N$ の経日変化を示す。対照系の硝化速度は約 $5mgN/g.VSS/hr$ の間で変動している。PAC系の硝化速度は、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た。また、添加中止後10日で、対照系と同じ値となった。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 $T-N \times 0.7 -$ 処理水 $NH_4-N)/g.VSS/hr$ 〕を算出すると、両系とも $1.2 \sim 1.4mgN/g.VSS/hr$ で、最大硝化速度の約 $1/3$ であった。また、両系列の $NH_4-N$ 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考えられる。

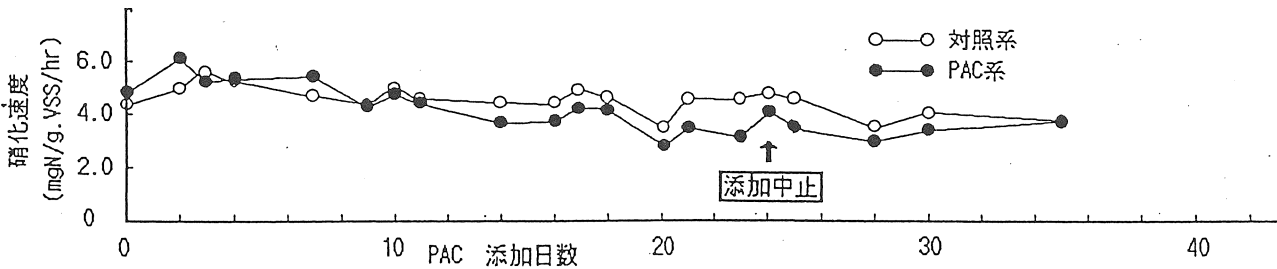


図-2 硝化速度の経日変化

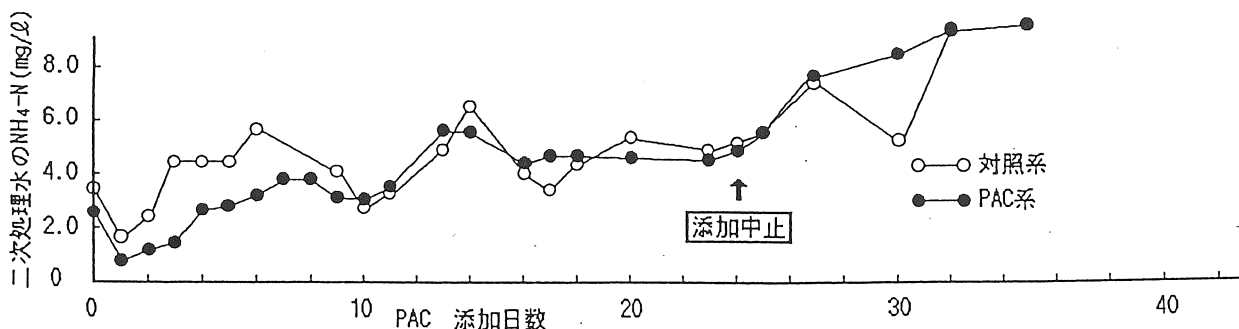


図-3 二次処理水の  $NH_4-N$  の経日変化

(4) Al, りん蓄積量

図-4,5に汚泥中のAl, りん蓄積量の経日変化を示す。Al蓄積量は $10mg/g.SS$ から徐々に増加し、18日頃から $45mg/g.SS$ で一定となり、りん蓄積量は $18mg/g.SS$ から増加し、20日頃から約 $30mg/g.SS$ で一定となった。この時のAlの収支計算をすると、添加量と引き抜き量が平衡となり、汚泥中のAl蓄積量はこれ以上増加しないことが確認できた。添加中止後、Al, りん蓄積量は徐々に低下していくが、対照系と同じ値になったのは21日経ってからである。

これらのデータから二つのことが考えられる。Al, りんの蓄積量が一定状態においては、対照系に比較して、各々 $35, 12mg/g.SS$ 増加する。しかし、Al, Pのモル比から計算すると、Alの方が過剰となり、Alの約30%が $AlPO_4$ として、残り約70%が $Al(OH)_3$ として存在し、アルリン( $PO_4-P$ )と反応した

A<sub>l</sub>は、添加したA<sub>l</sub>の量(5mg/ℓ)の約30%と推測される。

また一般に、汚泥の入れ替え日数はSRT(固形物滞留時間)を指標にしている。しかし、実施設でのPAC添加汚泥が入れ替わって、A<sub>l</sub>、りん蓄積量が対照系と等しくなるにはSRT(8~9日)の約2.5倍を要している。このことは、硝化菌等の増殖速度を考慮するうえで、SRTに代る指標が必要であることを示唆している。

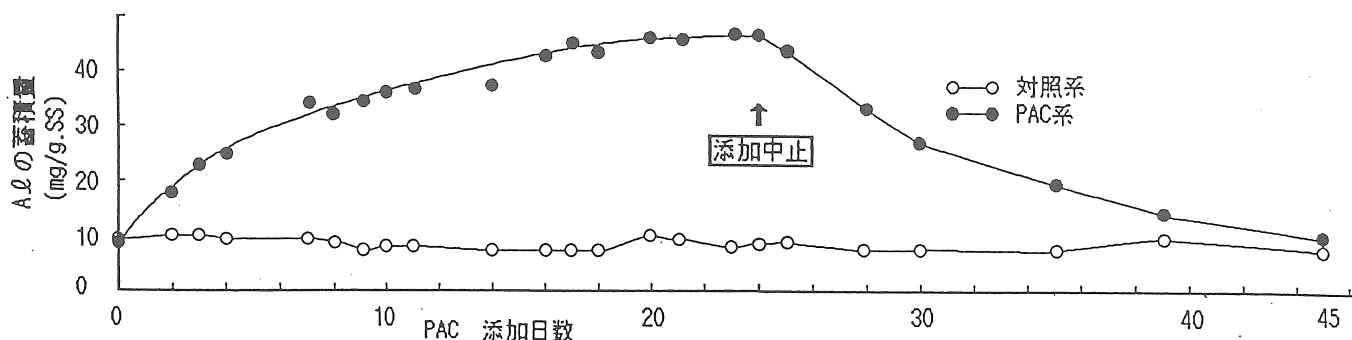


図-4 A<sub>l</sub>の蓄積量の経日変化

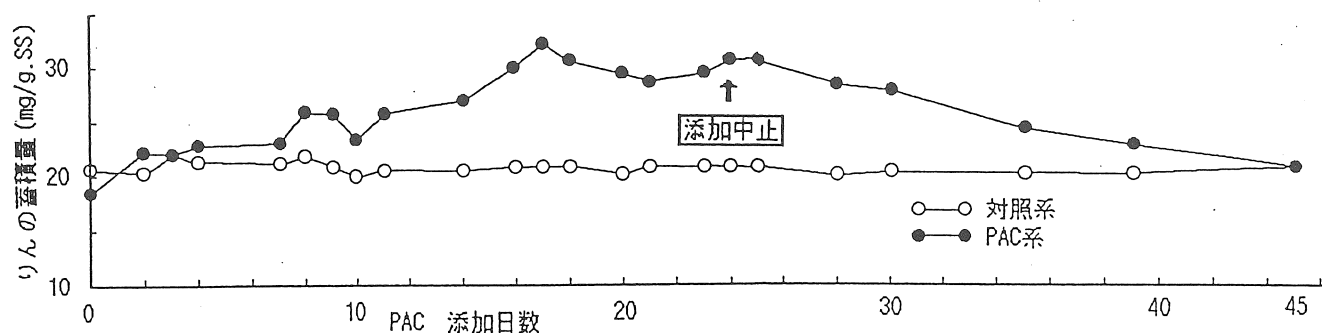


図-5 りんの蓄積量の経日変化

#### (5) 余剰汚泥のりん溶出

PAC添加17日後、低・高負荷時間帯の両系の余剰汚泥を採取してりんの溶出状況を調べた。各々の試料をビーカーに移し、ゆっくり攪拌して、時間毎にPO<sub>4</sub>-Pを測定した。

その結果を図-6に示す。高負荷では、3時間経過後、対照系のりん溶出濃度(PO<sub>4</sub>-P)は12mg/ℓで、PAC系は2mg/ℓであった。低負荷では、4時間経過しても、PAC系のりん溶出は0.4mg/ℓで、ほとんど溶出しないことが確認できた。

高負荷時のりん溶出速度を計算すると、対照系は0.48 mgP/g.SS/hr、PAC系は0.09mgP/g.SS/hrであった。この様に、PAC添加汚泥のりん溶出速度は通常の汚泥の1/5以下と小さいため、汚泥系から循環するりんを削減させることが可能である。

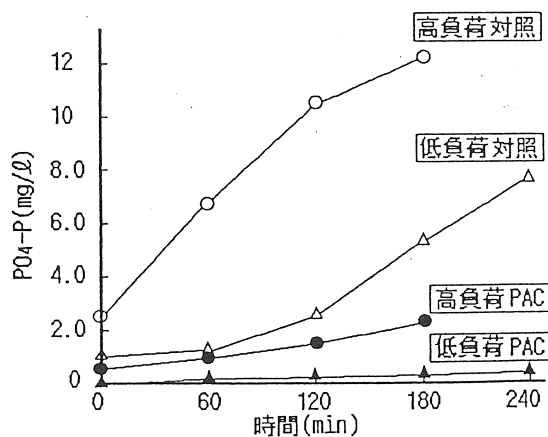


図-6 余剰汚泥のりん溶出

#### 4. まとめ

実施設を用いたPAC75ppm連続添加の結果、次のことが明らかとなった。

- 1) BOD, CODは、対照系に比較して、約20%改善させることができた。
- 2) T-Pは0.2~0.3mg/ℓまで低下し、りん除去率は90%以上を維持することができた。
- 3) 最大硝化速度は、対照系に比較して、約1mgN/g.VSS/hr低下した。しかし、実施設での硝化速度に差は認められず、PAC75ppm添加では硝化作用への影響はみられなかった。
- 4) 汚泥中のA<sub>l</sub>、りん蓄積量の経日変化から計算すると、添加したA<sub>l</sub>の約30%がPO<sub>4</sub>-Pと反応して不溶性のA<sub>l</sub>PO<sub>4</sub>になり、汚泥の入れ替え日数はSRTの約2.5倍となった。
- 5) PAC添加余剰汚泥のりん溶出速度は対照系に比較して1/5以下と小さかった。

なお、この調査を行うに当たり、御協力いただいた緑処理場場長以下、関係職員に深く感謝します。