

日本大学工学部 正会員 西村 孝
中日本建設コンサルタント(株) 平松良文

1. はじめに

脱リン・脱窒素が可能な循環式硝化脱窒変法と都市下水を対象に運転したところ、脱窒素が不十分なときは脱リンも十分でないことを経験した。活性汚泥によるリン除去機構は、DOもNO_xも存在しない“嫌気性ストレス”を加えることによって、従来の活性汚泥法で生成される汚泥よりもリン含有能力の高い活性汚泥を生成するところにあると言われている。ところが従来の活性汚泥法では高水温期に硝化がかなりの割合で進行することが認められている。従って、嫌気・好気活性汚泥法のように窒素除去を目的としないフローの場合には、NO_x障害が生じる恐れがある。以上のような問題意識の上で、硝化対策と主眼にて生物脱リン法と運転したので報告する。

2. 実験装置および実験方法

実験装置の概略を図-1に示す。この装置は塩化ビニール製で、有効水容積4.2ℓの矩形セルと5個連結した長方形槽である。各室は嫌気、好気、双方に使用できる。嫌気性槽および脱窒素槽の各覆蓋は水封され、気密構造になっており、発生ガス(CO₂、N₂)を利用したガス攪拌とした。沈殿池は逆円錐形で汚泥かき寄せ機と有し、有効水容積は10ℓである。混合液温はコントロールしていない。

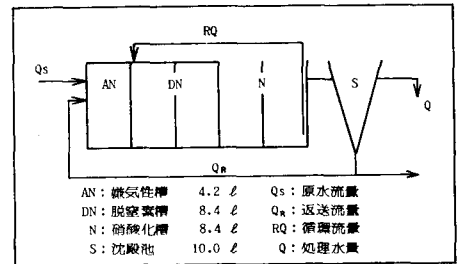


図-1 実験フロー

運転条件と表-1に示す。実験原水は郡山市終末処理場の最初沈殿池溢流水を用いた。毎日12~13時頃の最初沈殿池溢流水と原水貯留槽に汲み入れ、実験装置に連続供給した。本原水はリン濃度が低かったので、O-PO₄³⁻として10%程度になるようにKH₂PO₄を添加した。

3. 実験結果および考察

郡山市終末処理場の返送汚泥と実験装置の種汚泥とした。種汚泥中に硝化菌が多量に存在していたため、Run 1では硝化がおこり、Run 2, 3ではMLSS濃度と次々に下げ、硝化槽の負荷を上げて硝化を抑える対策を行った。しかし水温が20℃以上ある高水温期に硝化を抑えることは難しく、返送汚泥により嫌気性槽に持ち込まれるNO_xの影響により、リン除去は従来の活性汚泥法と大差なかった。このとき返送汚泥速心分離上澄水中のNO_xは1~2%であり、嫌気性槽でのリン吐出現象は観察されなかった。また処理水NO_xは8~10%となり、沈殿池で汚泥の浮上をきたした。Run 3ではMLSS濃度を下げず、BOD除去が悪化した。硝化を抑える効果的方法が見当らなかつたので、Run 4以降では循環工程と脱窒素槽と設けて脱窒素することとを考えた。Run 4, 5では脱窒素槽の滞留時間が1.0~1.5 Hr.と短く、原水BODも60~80%と低かつたので、処理水NO_xの低減効果は小さかつた。この時点で嫌気性槽でのリン吐出現象は観察されるようになったが、リン除去は50%程度であった。Run 6では脱窒率を上げるため、図-1に示すように脱窒素槽を1槽から2槽に増やし、滞留時間を2時間とした。循環量は原水量の4倍から2倍に減少させた。このため処理水NO_xは4~5%、リン除去率は60%程度まで改善された。

表-1 運転条件

Run	運転期間	Qs (ℓ/d)	Xs (K ₂ /m ³) (ℓ/d)	RQ (ℓ/d)	AN	DN	N	S	CH ₂ OH (mg/d)
1	S.56. 5.28 ~ 6.6	75.7	3.0	—	2.7	—	4.0	3.2	—
2	S.56. 6.7 ~ 7.4	67.1	1.5	—	3.0	—	3.0	3.6	—
3	S.56. 7.5 ~ 7.14	67.1	0.5	—	3.0	—	3.0	3.6	—
4	S.56. 7.22 ~ 8.16	67.1	1.5	4Qs	1.5	1.5	3.0	3.6	—
5	S.56. 8.17 ~ 9.6	100.8	2.0	4Qs	1.0	1.0	2.0	2.4	—
6	S.56. 9.9 ~ 9.27	100.8	2.0	2Qs	1.0	2.0	2.0	2.4	—
7	S.56. 9.28 ~ 10.19	100.8	3.0	4Qs	1.0	2.0	2.0	2.4	12.8
8	S.56.10.20 ~ 10.31	100.8	3.0	4Qs	1.0	2.0	2.0	2.4	8.0
9	S.56.11.1 ~	100.8	3.0	4Qs	1.0	2.0	2.0	2.4	適量

Run 7以降では、汚泥生成を促進すること、さらに脱窒素を促進して処理水NO_xを下げることなどを目的として、脱窒素槽にBODで100^{mg}/ℓ程度になるようにCH₃OHを添加した。添加後5日目の10月2日には処理水O-PO₄³⁻で1.0^{mg}/ℓ(予選処理水で0.5^{mg}/ℓ)、処理水NO_xは1.6^{mg}/ℓまで低下した。

リン除去が良好となったRun 7以降の経日変化を図-2に示す。リン除去率が断片的に向上した理由には次のような事柄が考えられる。

- ① 処理水NO_xが減少し、返送工程により嫌気性槽に持たれるNO_x量が減少したこと。
- ② 汚泥発量が増加したこと。
- ③ 脱窒率が向上し、硝酸呼吸が促進されたこと。

以上のような効果は、窒素除去を目的とする循環式硝化脱窒変法の第2脱窒素槽に添加されているCH₃OHも同様な意味をもっている。

本実験では各槽混合液の上澄液についても分析を行っている。その結果をもとにO-PO₄³⁻および溶解性COD_{Cr}の収支をとると、図-3のようになる。これより嫌気性槽ではO-PO₄³⁻が吐き出されているのに対し、溶解性COD_{Cr}は原水の60%以上が収められていることがわかる。またリンの収め込みは脱窒素槽と硝酸化槽の両方で行われている。脱窒素槽で起きているのは硝酸呼吸であり、硝酸化槽では脱窒呼吸である。このような呼吸とリンの収め込みが受け合っていると言える。

沈殿池においても有機物がほとんど存在しないのにリン吐出しが生じている(図-3)。この現象は内性呼吸の大きくなる高水温期に着くことが観察されたので、水温を変えてリン吐出し回分実験を行った。沈殿池での吐出し状況と推定できるように、攪拌した場合と単に静置した場合に分けて表-2に示した。内性呼吸によるリン吐出しは水温に強く影響されることがわかる。高水温期には沈殿池にはできるだけ汚泥を貯めないような運転、あるいは汚泥をかきさらないような沈殿池の構造を検討すべきであろう。

4. おわりに

都市下水の場合、高水温期はBOD濃度が低く硝化も進行しやすいので、脱窒素槽にCH₃OHを補給添加して、脱リンと50%以上の脱窒素を考えると運転を行い、低水温期には硝化がおさまリ、下水の濃度が高くなるので、循環工程のない嫌気・好気活性汚泥法として運転するというのも1つの方法であろう。

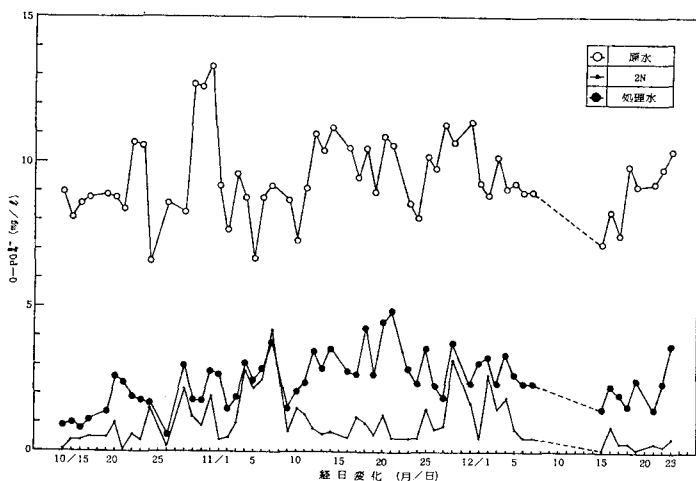


図-2 リン処理成績

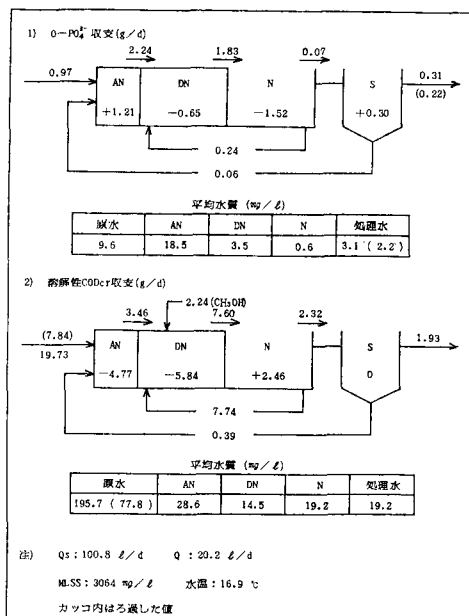


図-3 O-PO₄³⁻および溶解性COD_{Cr}収支

表-2 内性呼吸によるリン吐出し速度

		Re ($\text{mg PO}_4^{3-} / \text{g MLSS} \cdot \text{hr}$)	Kr ($\text{mg O}_2 / \text{g MLSS} \cdot \text{hr}$)
30℃	攪拌	1.94	14.27
	静置	1.20	
20℃	攪拌	0.37	11.05
	静置	0.11	
10℃	攪拌	0.00	6.17
	静置	0.00	

注) Re: リン吐出し速度
Kr: 内性呼吸速度