

既存し尿処理施設の機能改善による窒素・リンの除去について（第2報）

野尻 喜好 山口 明男 稲村 江里 新井 妥子

要 旨

既報¹⁾で、一段活性汚泥法の既存施設を、循環硝化脱窒法の施設へと変更してモデル実験を行った。この結果に基づき、当該施設は、曝気槽の半分を攪拌槽とし、硝化液を循環できる施設へと変更した。そこで、この変更後の処理状況を調査した結果、窒素除去は平均除去率が68%で既報¹⁾と比較し低く、硝化反応は十分進行していたが、脱窒反応がうまく進行していない処理状況であった。また、リンの除去は、平均除去率が53%で既報¹⁾と同程度に良好であった。

1 はじめに

本県における事業場排水や生活排水に起因する汚濁物質は、利根川流域を除いてほとんど東京湾に流入している。そのため、東京湾の水質環境浄化にとって、本県の果たす役割はかなり高いものと考えられる²⁾。特に、汚濁物質のうち窒素とリンは、閉鎖性水域において、蓄積され富栄養化の問題を引き起こしている³⁾。現在のところ、海域に流入する窒素・リンについて法規制はないが、産業排水や生活排水からこれらを除去することが強く求められている。即ち、下水処理、し尿処理、生活排水処理及びその他の産業排水処理において、生物処理が広く普及していることから、既存施設について生物学的窒素・リン除去の理論^{4)～7)}を導入し、窒素やリンの除去効率を向上させることは重要な課題であると考えられる。

筆者らは、既報¹⁾で一段活性汚泥法の既存し尿処理施設に対し、曝気槽の送風量を槽の前半で減らし、後半で増やすという調節をすることにより、循環硝化脱窒法へと変更するモデル実験による機能改善について検討した。この結果、従来の運転条件と比較し全窒素で約20%、全リンで約10%の除去率の向上が認められた。本研究では、既報¹⁾の結果に基づき施設の改良を行った処理施設の処理状況について、窒素・リンの除去効

果を中心とした調査を行った。

2 調査方法

2・1 調査施設

調査施設は、既報¹⁾で利用した北本地区衛生組合北本共立処理場である。調査施設の概略を図1に示す。本施設は一段活性汚泥法に基づく構造であったものを既報モデル実験の後、循環硝化脱窒法の施設に改良してある。既報¹⁾のモデル実験では、曝気槽前半部分（図1A,A'）の送風量を汚泥が滞留しない程度に低下させることで、嫌気性槽として利用した。今回の改良で、前半部分での空気による攪拌の代わりに、一系列に2台ずつプロペラ式の攪拌機を設置している。曝気槽（図10,0'）混合液の循環用ポンプは、各系列2台ずつ設置してある。循環位置は、攪拌槽の入口（図1（ア））と中間2/3（図1（イ））の位置に切り替えられる構造となっている。各施設の設計仕様は、表1のとおりである。

既報¹⁾の調査時には、図1の処理施設が2系統稼動しており、モデル実験の系統でのし尿処理量などの運転条件はほとんど変動がなかった。今回の調査時には、調査施設1系統のみで当処理場に搬入されるし尿と浄化槽汚泥のすべてを処理している。そのため、運転条

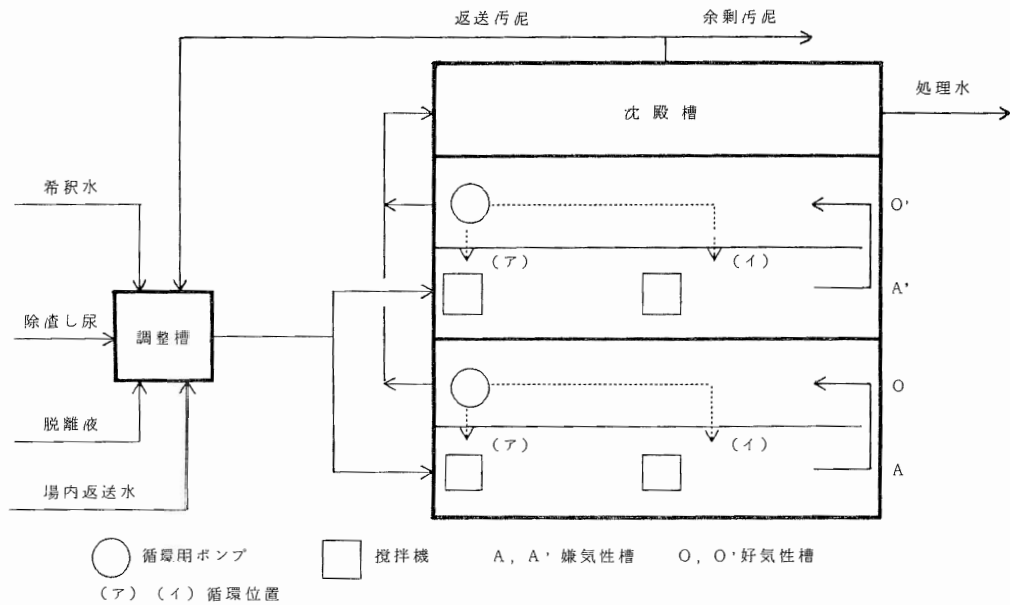


図1 施設平面図

表1 調査施設の設計仕様

装置	有効容積 (m ³)	寸法 巾 深さ 長さ	備考
嫌気性槽	800	(4m×3.5m×28m)×2	表面積 134m ² 堰長 28m 能力 0.95m ³ /分×4台
曝気槽	800	(4m×3.5m×28m)×2	
沈殿槽	280	(4.8m×2.1m×28m)	
循環ポンプ			

件がモデル実験と比較しかなり変動していた。

2・2 運転条件

調査期間は、昭和63年1月から6月に及んだ。各月での運転条件を表2に示す。モデル実験時と比較し、し尿の処理量がかかなり増加しており、さらに脱水施設からの浄化槽汚泥等の脱離液をすべて処理している。また、循環用のポンプの出力が高くなったことから、循環比7.4-6.8となっている。希釈倍率は、3.8-4.1倍であった。硝化液の循環位置は、5月17日までが攪拌槽の入口(ア)で、それ以後、攪拌槽中間2/3(イ)の位置である。この循環位置はモデル実験Run5と同様

である。

2・3 水質分析

水質分析は、週1回の頻度で行った。分析方法は、JIS K 0102⁸⁾または、下水試験方法⁹⁾に準拠した。ただし、硝酸性窒素は、イオンクロマトグラフィ-¹⁰⁾によった。

3 結果及び考察

3・1 運転状況

表3に除渣し尿、脱離液の水質及び曝気槽のMLSSとBOD,COD,T-NのMLSS負荷を示した。表2に示すように希釈倍率が低いことからMLSSが5月までは6000mg/l以上を示したが、6月には施設の修繕のためMLSSを低下させた。各負荷量は、モデル実験と比較しそれぞれ低い値を示した。なお本報では、負荷の算出に脱離液も考慮にいれている。

調査期間中の二次処理水のpHの経日変化を図2に示す。調査期間を通して二次処理水のpHが低下傾向を示していたため、3月から5月にかけて曝気槽の送風量を調整し、pHの復帰を試みた。しかしながら、溶存酸

表2 処理施設運転条件

期間	除渣し尿 (m ³ /日)	脱離液 (m ³ /日)	希釈倍率 注1	余剰汚泥 (m ³ /日)	返送汚泥比 (%)	循環比 注2	循環位置 注3	曝気槽 (m ³ /分)
2月	107	61	4.1	11.2	95	7.4	(7)	70
3月	105	70	4.0	8.0	94	7.3	(7)	66
4月	119	61	3.8	11.5	94	7.3	(7)	62
5月	114	70	3.8	17.7	93	7.2	(7)(1)	64
6月	119	65	4.1	0.9	86	6.8	(1)	70
平均	113	65	3.9	9.9	92	7.2		66

注1 希釈倍率 = (希釈水量 + 濃縮槽上澄水量) / (除渣し尿量 + 脱離液量)

注2 循環比 = (返送汚泥量 + 循環液量) / (除渣し尿量 + 希釈水量 + 脱離液量 + 濃縮槽上澄水量)

注3 図1の各位置に対応, 5月18日より(1)に変更

表3 除渣し尿の水量および各種負荷

期間	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)	MLSS (mg/l)	BOD MLSS負荷	COD MLSS負荷	T-N MLSS負荷
2月	6060	3180	2410	204	6010	0.083	0.045	0.029
3月	6410	2890	2420	186	7490	0.060	0.029	0.020
4月	5960	2610	2170	178	7330	0.066	0.027	0.022
5月	6660	2130	1970	172	6150	0.125	0.041	0.031
6月	5150	2000	1850	175	4460	0.097	0.036	0.032
平均	6050 〔1840〕	2610 〔770〕	2190 〔262〕	183 〔109〕	6340	0.086	0.036	0.027

注 〔 〕は脱離液の平均水質

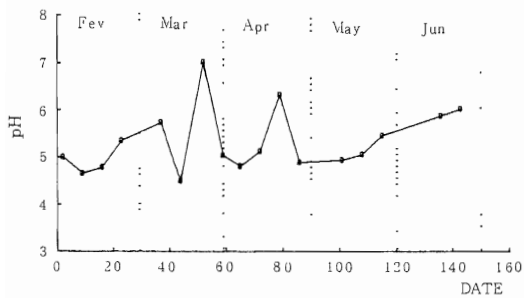


図2 二次処理水pHの経日変化

素不足による生物処理の悪化や、沈殿槽での窒素発生による汚泥浮上のため、pHの調節はうまく行えなかった。送風量の調整だけでなく、希釈水の増加の循環液量の減少などを行い、循環比を下げることも必要であったと考えられる。

3・2 窒素・リン処理

調査期間における全窒素、リン、BOD、CODの除去率の経日変化を図3に、形態別窒素の経日変化を図4に示す。除去率はどの項目もおおよそ同様の変化を示した。これは、攪拌槽において脱窒反応が理想的に進行すると硝酸性窒素が減って、全窒素の除去が向上することでpHの低下が解消され、さらに、生物処理全般が良好となるためと考えられる。しかし、本調査で

は図2に示すとおり、処理pHの低い期間が長く、また、図4に示すように、全期間を通して硝酸性窒素の比率が高いことから、攪拌槽での脱窒反応があまり良好に進行しなかったと考えられている。

リン除去に関しては、5月中旬より循環位置を図1の(イ)に変更し、除去率の向上を検討した。一時的なリン濃度の低下が処理水について認められたが、図3に示すとおり、安定したものではなかった。これは、循環位置を曝気槽の中間に変更することにより、汚泥にリンが過剰摂取され、一時的に処理水中の濃度は低下するが、余剰汚泥として濃縮槽に嫌気的な状態で蓄積されると、再びリンが汚泥中から放出されるという現象が起こるためと考えられる。これに対処するには、濃縮槽に長時間余剰汚泥を貯留しないなどの、余剰汚泥の適切な処理が必要であり、また、フォストリップ法¹⁾などもこれに有効であるとされている。

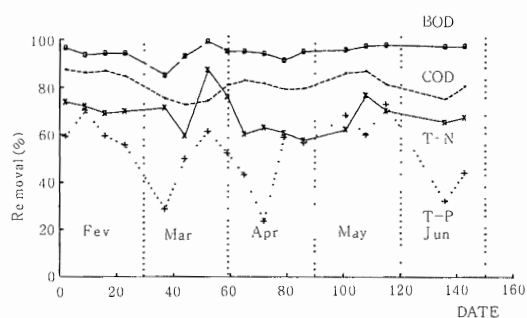


図3 T-N, T-P, BOD及びCODの除去率の経日変化
T-N: 全窒素 T-P: 全リン

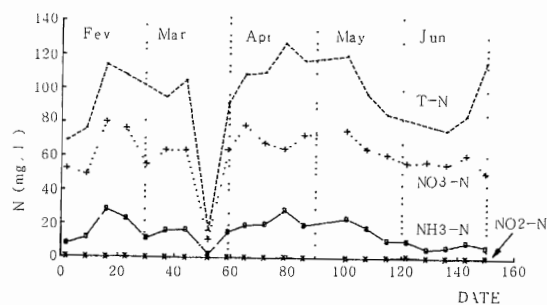


図4 二次処理水形態別窒素の経日変化
T-N: 全窒素, NH3-N: アンモニア性窒素
NO3-N: 硝酸性窒素, NO2-N: 亜硝酸性窒素

表4 窒素・リン及びその他の除去率

期間	T-N	T-P	COD	BOD
2月	71	61	64	95
3月	74	48	79	93
4月	61	45	77	94
5月	70	67	64	97
6月	67	38	70	97
平均	68	53	71	95
Run4-2	79	13	85	96
Run5	87	50	85	98

注1 単位は%

注2 Run4-2, 5は既報¹⁾モデル実験値

本調査での窒素、リン、BOD及びCODの除去率とモデル実験での結果の一部を表4に示す。比較的安定した状態で運転が行われたモデル実験Run4-2,5と比較し、窒素は除去率が10%程度低い結果となった。これは、運転状況で記述したように、曝気槽での硝化反応は進行するが、攪拌槽での脱窒反応がうまく行われなかったことによる。リン除去に関しては、リンの除去を考慮したモデル実験Run5での除去率と同程度の結果となった。COD除去率も低い結果を示しているが、これは処理水のSSが高かったことによるもので、曝気槽流出水のMLSS及び硝酸性窒素濃度が高いことから、沈殿槽での窒素ガスの発生が、汚泥の沈降性を悪化させたことが原因であろうと考えられる。

4 まとめ

この研究により得られた成果を要約すると以下のとおりである。

- (1) pHの低下現象が継続して現われたが、送風量による調整だけでは、復帰は困難であった。循環比の操作、希釈水量の調整などが必要と考えられた。
- (2) 窒素除去については、硝化反応は十分進行したが、脱窒反応がうまく進行せず、除去率68%でモデル実験と比べ、よい結果が得られなかった。リン除去については、除去率53%でモデル実験Run5と同程度の結果が得られた。

今回の調査施設は実稼働の施設であるため、し尿処理量の変動、浄化槽汚泥の脱水脱離液の混入、施設修

繕などの際の運転停止や再開に伴う負荷変動等の不確定要素が多い。そのため、本施設において、安定した生物処理を行うには、処理水のpHを常に監視しpHを的確に調整することが重要と考えられる。また、維持管理に関し、多くの経験を積み重ね、良好な運転を行うためのノウハウを解明することが必要であると思われる。

本調査を行うに当たり、処理施設の運転にご協力いただいた北本地区衛生組合の皆様には感謝いたします。

文 献

- 1) 野尻喜好ら：既存し尿施設の機能改善による窒素・リン除去について，埼玉県公害センター年報，[12]，112-119 (1985)
- 2) 埼玉県環境管理課：環境白書，P82，1897
- 3) 吉田徳久：瀬戸内海の水質とその保全対策，水質汚濁研究，8，398-401 (1985)
- 4) 村田清ら：し尿中の窒素除去に関する研究，水処理技術，18，753-773 (1977)
- 5) 桜井敏郎：活性汚泥による脱窒素，用水と廃水，20，32-39 (1978)
- 6) 古畑義正・安齊純雄：嫌気・好気法によるリンの除去，用水と廃水，24，1119-1126 (1982)
- 7) 佐々木正一・明賀春樹：Anaerobic-Oxicシステムによる生物学的脱リン法，用水と廃水，24，1157-1161 (1982)
- 8) 日本工業標準調査会：工場排水試験方法 (JIS-K0102，1985)
- 9) 日本下水道協会：下水試験方法(1974)
- 10) 武藤義一・及川紀久雄：イオンクロマトグラフィ，pp9-34，講談社，1983
- 11) 吉田一男：生物学的過剰摂取を利用した脱リン法，用水と廃水，20，71-77(1978)