

下水処理場における窒素・りんの挙動について

Behavior of Nitrogen and Phosphorus in Sewage Treatment Plants

藤田 淳二 西原 幸一 土取みゆき
 Junji FUJITA Kouichi NISHIHARA Miyuki TSUCHITORI
 三好 健治 美澤 誠
 Kenji MIYOSHI Takeshi MIZAWA

生活排水を主体に処理する下水処理場では、8時~12時の間に流入するT-N、T-P負荷は全体のそれぞれ42、46%をしめていた。また濃縮、消化タンクよりの脱り液は流量は少ないにもかかわらずT-N、T-P負荷は大きな値を示しており、窒素、りん特にりん除去を考える場合、流入水の時間帯あるいは脱り液に着目し処理を行えば効率の良い除去が可能と考えられる。系全体でのT-N、T-P除去率はそれぞれ、20.7、42.4%であった。但し窒素の場合脱窒菌の亜硝酸呼吸あるいは硝酸呼吸に伴う脱窒現象はみられなかった。

はじめに

瀬戸内海をはじめ閉鎖水域での富栄養化防止対策の一環として窒素、りんの削減が急がれており、これら窒素・りんの排出負荷の大きい事業所としては、し尿処理場・下水処理場等があげられる。各し尿処理場、下水処理場における窒素、りんの排出削減を考える場合、まず各処理場における窒素、りんの挙動を把握する必要がある。そこで今回M下水処理場を対象に各処理工程における窒素、りんの濃度変化及び負荷量を調査した。その結果について報告する。

調査方法

1. 調査期間

昭和58年4月20~21日、7月27~28日、10月13~14日

2. M下水処理場における処理フロー

処理場における処理フローを図1に示す。

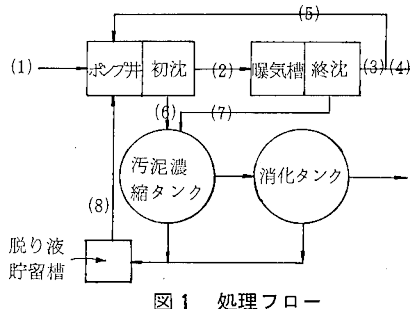


図1 処理フロー

流入汚水はポンプ井、初沈と進み初沈で固液分離が行われ汚水は曝気槽へと入って行き活性汚泥処理を行う。処理水は一部水量調整用としてポンプ井へ返送される。初沈よりの引き抜き汚泥及び終沈よりの余剰汚泥は一度濃縮タンクへ送られ、濃縮された汚泥はさらに消化タンクへと送られる。濃縮タンク、消化タンクよりの脱り液は一旦脱り液貯留槽に貯留され1日に1回流入水量の少ない時間帯にポンプ井へ返送される。

当処理場の最大処理能力は10,318 m^3/d であるが通常流入水量は2,000~3,000 m^3/d であるため4系列の内4月、7月調査時は1系列のみで、10月調査時には2系列での運転であった。また当処理場は供用開始後約4年であるが調査時まで消化タンクよりの汚泥引き抜き脱水を行っていない。

3. 各測定地点における測定項目及び測定回数

測定地点は図1における(1)~(8)及び曝気槽である。曝気槽は槽内3地点(前、中央、後)で行った。各地点における測定項目及び測定回数は表1に示すとおりである。

表1 測定項目及び測定回数

項目 地点	項目			pH, DO, SV ₃₀ , MLSS COD, NH ₄ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N
	水量	T-N	T-P	
(1)	24回/日	24回/日	24回/日	
(2)	24	12	12	
(3) ~ (5)	24	12	12	
(6)	4	4	4	
(7)	2	2	2	
(8)	1	1	1	
曝気槽		1	1	
(前, 中央, 後)				

4. 各工程におけるT-N, T-Pの負荷量測定
各時間, 各回ごとに負荷量を出し, その総和を各工程における負荷量とした。

5. T-N, T-P測定

ケルダール分解法にてNH₄-Nと有機態窒素の含量を求め, デバルダ還元法にてNO₃-NとNO₂-Nの含量を求めこれらの総和をT-Nとした。T-PについてはHNO₃-HClO₄分解後L-アスコルビン酸還元モリブデン青法にて測定した。

調査結果及び考察

1. 流入汚水について

処理場に流入する汚水の窒素, リンの濃度変化, 流量変化を図2に, また窒素, リンの流入負荷の時間変化を図3に示した。

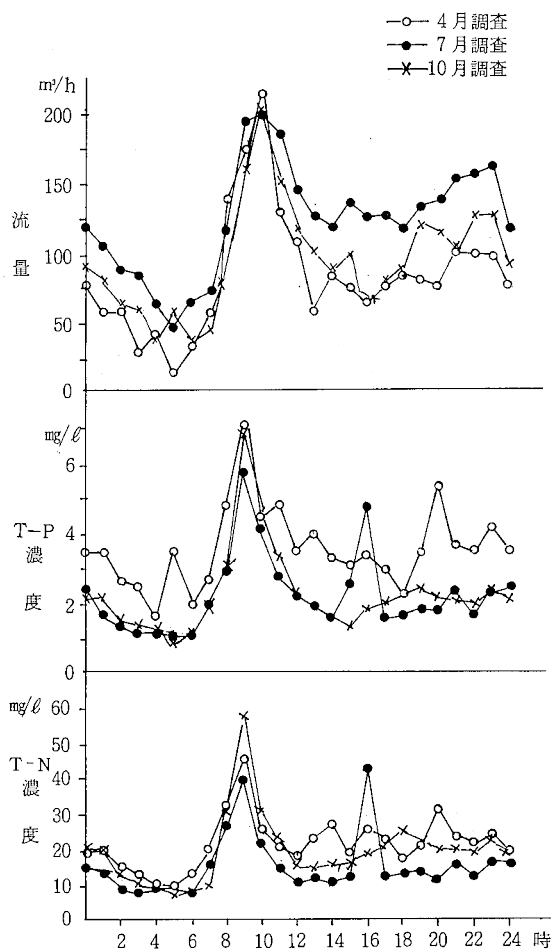


図2 流量, T-P濃度, T-N濃度の時間変化

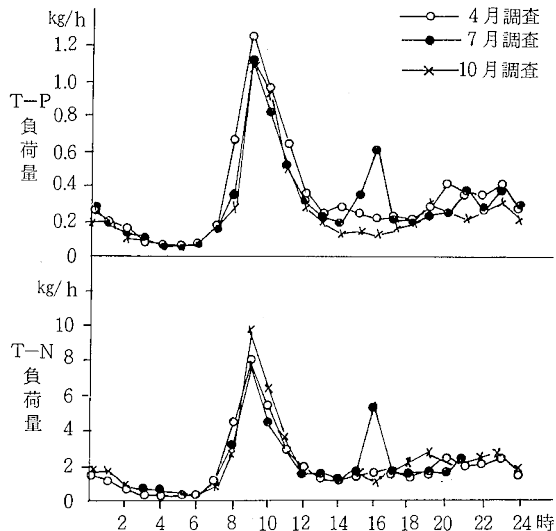


図3 T-N, T-P流入負荷の時間変化

T-N, T-P濃度の平均値はそれぞれ21.0, 2.98mg/lであるが時間帯により大きく変動していることがわかる。8時~10時にかけて水量, T-N, T-P濃度いずれもが最大ピークを示した。T-N, T-P濃度の最大値はそれぞれ58.7, 7.2mg/lにも及んでいる。T-N, T-P流入負荷の時間変化を見た場合7月調査時の16時に異常ピークを示したがいずれの調査においても9時に最大ピークを示す生活排水特有の流入負荷パターンを示した。当処理場への流入汚濁負荷は平均でT-N 51.6kg/d, T-P 7.3 kg/dであるが8~12時の間にT-Nで42%, T-Pで46%が流入している。栄養塩特にリンの除去を考える場合この時間帯に着目し凝集沈殿等の処理を行えば効率の良いリン除去が可能と考えられる。

2. 曝気槽流入水及び処理水について

曝気槽流入水及び処理水のT-P, T-N濃度は図4, 図5に示したとおりである。曝気槽流入水は, ポンプ井, 初沈タンクを通過しているため濃度変化が非常に緩和されている。処理水はさらに緩和されほぼ一定の値を示している。曝気槽流入汚水及び処理水のT-N, T-Pの平均濃度は表2に示すとおりであり, T-Nでは流入水が21.3mg/l処理水が16.9mg/lで4.4mg/lの減少が見られた, 一方T-Pでは流入水は2.82mg/l処理水は1.73mg/lと1.09mg/lの減少が見られた。そこでT-NとT-Pの減少比はT-N/T-P=4.04となる。曝気槽内における菌体, 原生動物組成をMC. CartyらによるC₆₀H₈₇O₂₃N₁₂Pと考えた場合N/P=5.4でありT-Nの減少も曝気槽内での菌体, 原生動物等の取り込みによるものと考えられる。

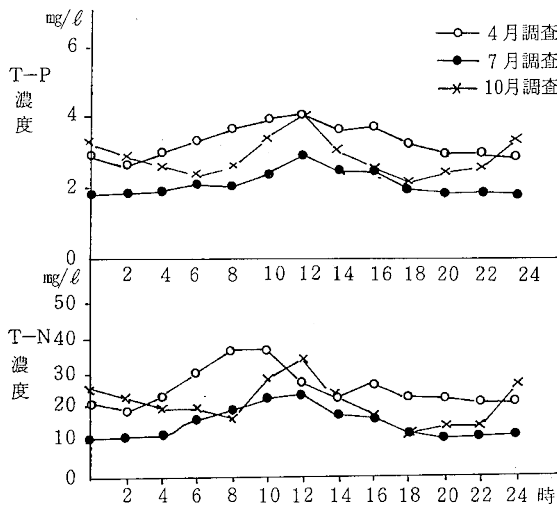


図4 曝気槽流入汚水のT-N, T-P濃度変化

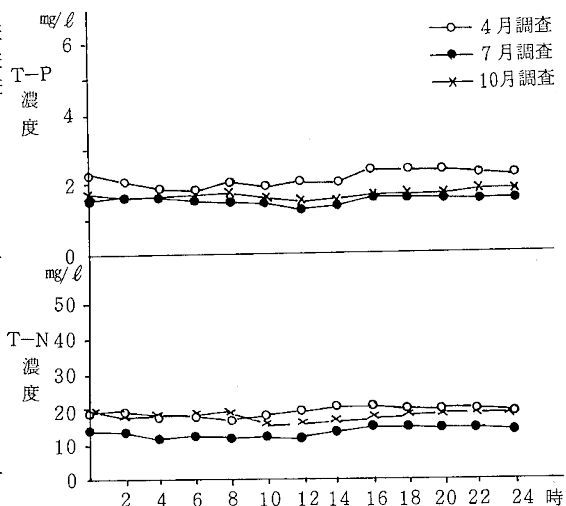


図5 処理水のT-N, T-P濃度変化

表2 曝気槽流入汚水及び処理水の
T-N, T-P平均濃度

	T-N平均濃度		T-P平均濃度	
	流入水	処理水	流入水	処理水
4月	26.7 mg/l	19.1 mg/l	3.40 mg/l	2.06 mg/l
7月	16.1	13.4	2.17	1.48
10月	21.1	18.2	2.90	1.66
総平均	21.3	16.9	2.82	1.73

3. 初沈汚泥, 終沈余剰汚泥及び脱り液について

当処理場では初沈汚泥を4回/日引き抜きを行っておりそのつど採取測定を行った。また終沈余剰汚泥については2回/日, 脱り液については1回/日採取測定を行った。初沈汚泥, 終沈余剰汚泥及び脱り液の測定結果をそれぞれ表3, 4, 5に示した。嫌気状態においては汚泥からのりん放出があり³⁾, 初沈底部はすでに嫌気状態にあるため初沈汚泥のろ液中T-P濃度は終沈余剰汚泥のろ液中T-P濃度より高い値を示した。

表3 初沈汚泥中T-N, T-P濃度

	引き抜き回数	汚泥濃度(%)	T-N濃度			T-P濃度		
			汚泥中(%)	ろ液中(mg/l)	汚泥+ろ液中(mg/l)	汚泥中(%)	ろ液中(mg/l)	汚泥+ろ液中(mg/l)
4月	1	0.87	4.20	67.0	432	1.03	27.5	117
	2	0.54	3.75	42.1	245	0.96	14.0	65.8
	3	0.37	4.00	35.5	184	0.99	10.8	47.4
	4	0.48	4.20	48.0	250	1.35	11.5	76.3
7月	1	0.74	5.30	59.5	452	1.30	11.0	107
	2	0.43	4.51	32.1	226	1.24	6.13	59.5
	3	0.41	3.30	32.0	167	1.21	5.75	55.4
	4	1.00	3.60	52.0	412	1.61	9.80	171
10月	1	2.06	4.58	77.3	1,020	1.66	9.29	351
	2	1.39	4.77	50.4	713	1.66	22.0	253
	3	1.76	4.37	61.6	831	1.87	13.3	342
	4	1.76	3.95	60.8	756	1.77	22.3	334

表4 終沈余剰汚泥中T-N, T-P濃度

	調査回数	汚泥濃度(%)	T-N濃度			T-P濃度		
			汚泥中(%)	ろ液中(mg/l)	汚泥+ろ液中(mg/l)	汚泥中(%)	ろ液中(mg/l)	汚泥+ろ液中(mg/l)
4月	1	0.47	6.75	19.9	337	2.30	2.91	111
	2	0.53	6.61	10.4	361	2.15	2.75	117
7月	1	0.56	5.64	15.0	331	2.06	2.41	118
	2	0.55	5.31	17.7	310	2.00	2.87	113
10月	1	0.57	4.32	20.0	266	2.12	1.66	113
	2	0.49	4.97	19.5	263	2.06	1.81	103

表 5 脱離液中T-N, T-P濃度

	汚泥濃度(%)	T-N濃度			T-P濃度		
		汚泥中(%)	ろ液中(mg/ℓ)	汚泥+ろ液中(mg/ℓ)	汚泥中(%)	ろ液中(mg/ℓ)	汚泥+ろ液中(mg/ℓ)
4月	0.05	6.00	161	191	3.14	14.0	29.7
7月	0.36	7.88	14.9	299	2.14	7.35	84.4
10月	0.45	4.93	21.2	243	2.16	12.0	109

4. 各処理工程における流量及びT-N, T-P負荷について

各処理工程における流量及びT-N, T-P負荷を図6に示した。系全体でのT-N, T-P除去率は表6に示すようにT-Nで20.7%, T-Pで42.4%である。これは初沈汚泥及び終沈余剰汚泥の引き抜きによるものである。初沈汚泥及び終沈よりの余剰汚泥引き抜きに伴って動くT-N, T-P量は図6に示すように非常に大きく、この引き抜かれた汚泥は濃縮消化され再び脱り液としてポンプ井へ返送されるわけである。そこで脱り液に着目しポンプ井へ流入する全流入量と脱り液との関係を示すと表7のようになる。脱り液の流量はポンプ井流入量全体の2.8%と低いが、負荷量ではT-Nは25.7%, T-Pにいたっては44.7%におよんでいる事がわかる。この脱り液を別途処理を行えば系全体のT-N, T-P除去率をさらに高める事ができるものと思われる。特にりんの場合水量も少なく凝沈等により容易に除去できるものと考えられる。

表 6 系全体でのT-N, T-P除去率

	T-N除去率(%)	T-P除去率(%)
4月	21.3	47.9
7月	21.3	40.8
10月	19.5	37.2
平均	20.7	42.4

表 7 脱り液の全流入水に対する割合

	水量(%)	T-N(%)	T-P(%)
4月	3.4	22.4	22.1
7月	2.0	27.6	43.4
10月	3.2	26.5	59.7
平均	2.8	25.7	44.7

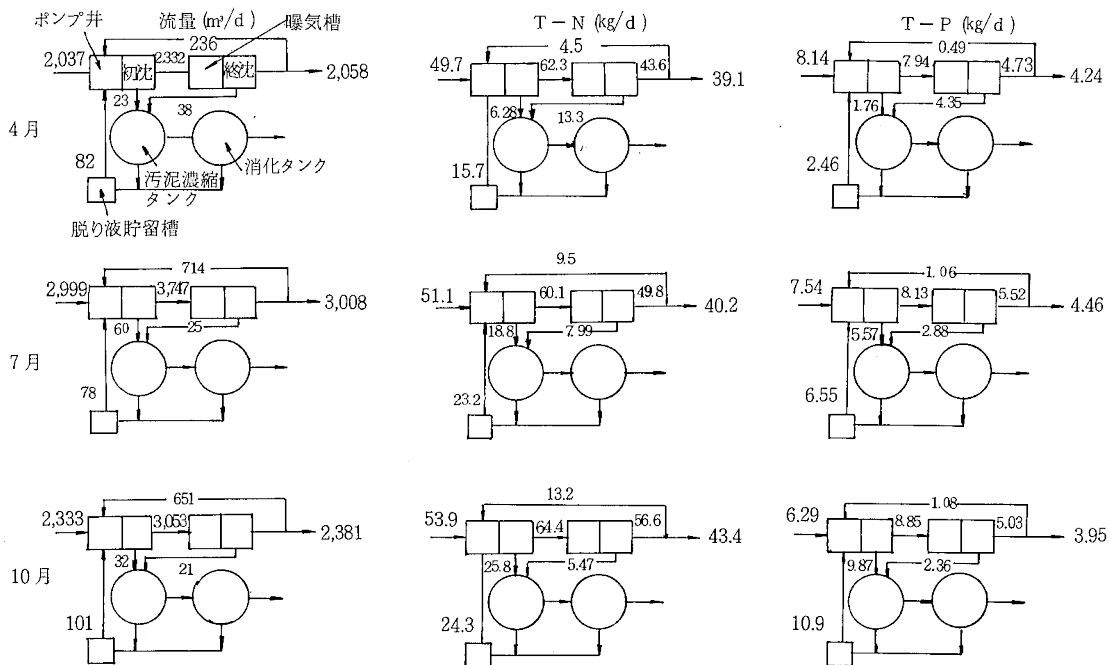


図 6. 各処理工程における流量, 及びT-N, T-P負荷

5. 曝気槽内における窒素, りんの挙動について

曝気槽内3ヶ所における測定結果は表8に示すとおりである。10月調査時には $\text{NH}_4\text{-N}$ は $10.7 \rightarrow 2.21 \text{mg}/\ell$ に減少し逆に $\text{NO}_3\text{-N}$ は $11.5 \rightarrow 17.1 \text{mg}/\ell$ に増加しアンモニアの硝化が進んでいる。これは10月調査時、当処理場は二系列の曝気槽を利用して運転していた為、滞留時間が4月、7月の1系列使用に比べ倍になっている。この為4月、7月調査時に比べ大幅に硝化が進んだものと思われる。7月、10月には曝気槽入口から出口にかけてpH低下が見ら

れるがこれはアンモニアの硝化に伴い生じる水素イオンの影響と考えられる。T-P, T-Nいずれも曝気槽入口から出口にかけて濃度減少がみられる。T-Pの場合これらの減少は汚泥への取り込みによるものと考えられる。一方T-Nの場合、曝気槽内のDO濃度は最低で $0.7 \text{mg}/\ell$ あり脱窒菌による脱窒は考え難い、また曝気槽内におけるpH値は最高で7.5と高くなく NH_3 としての曝気槽からの飛散も考え難い⁴⁾、従ってT-Nの減少も主にりんと同様汚泥への取り込みによるものと考えられる。

表8. 曝気槽内3地点における測定結果

	測定部位	水温(°C)	SV ₃₀ (%)	MLSS(mg/ℓ)	DO(mg/ℓ)	pH	COD(mg/ℓ)	NH ₄ -N(mg/ℓ)	NO ₃ -N(mg/ℓ)	NO ₂ -N(mg/ℓ)	T-N(mg/ℓ)	T-P(mg/ℓ)	汚泥中	
													T-N(%)	T-P(%)
4月	前	16	47	1,560	0.7	7.3	9.5	15.5	5.24	0.29	22.3	2.83	6.3	2.36
	中央	16	54	1,820	0.8	7.3	8.0	15.0	4.97	0.21	21.4	2.83	6.2	2.36
	後	16	43	1,730	0.9	7.3	6.7	14.3	5.55	0.16	20.8	2.66	6.2	2.42
7月	前	26	18	2,260	0.8	7.5	10.6	13.7	5.04	0.15	19.1	1.95	4.7	1.88
	中央	26	15	1,960	0.8	7.0	9.3	10.8	6.51	0.15	17.8	1.78	5.3	1.88
	後	27	14	1,920	1.2	6.8	6.8	9.0	7.05	0.14	16.8	1.69	5.1	1.96
10月	前	26	16	1,630	0.7	7.0	9.0	10.7	11.5	0.13	23.0	1.65	3.9	1.93
	中央	26	14	1,560	0.9	6.7	6.7	5.48	15.0	0.15	21.3	1.41	3.9	1.90
	後	25	14	1,530	0.8	6.5	5.5	2.21	17.1	0.12	19.7	1.41	3.7	1.84

ま と め

1. 系全体におけるT-N, T-P除去率は20.7, 42.4%であった。
2. 生活排水が主に流入する下水処理場では、8時~12時の間に全流入負荷のT-Nで42%, T-Pで46%が流入している。この時間帯は濃度も高く、この時間帯に着目し凝沈等を行えば効率の良いりん除去が可能と考えられる。
3. ポンプ井に流入する汚水の流量, T-N, T-Pを見た場合、脱り液の割合は流量では2.8%と低いにもかかわらずT-N, T-Pでは25.7, 44.7%もしている事がわかった。この脱り液を別途処理行えば系全体の除去

率をさらに上げる事が可能である。T-Pの場合、凝沈等により容易に可能と思われる。

4. M下水処理場における曝気槽でのT-N低減は NH_3 としての飛散, $\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2$ ↑による脱窒は考え難く汚泥への取り込みによるものと考えられる。

文 献

- 1) 鎗田 功: 千葉県水質保全研究所研究報告, 5, 31 (1978)
- 2) 藤田淳二: 香川県公害研究センター所報, 6, 17 (1981)
- 3) 深瀬哲朗: 生物処理技術研究シンポジウム (1980)
- 4) 石川宗孝: 環境技術, 8, 11, 17 (1979)