

膜分離活性汚泥法によるし尿処理施設における窒素，リンの処理状況

木内浩一 藤村葉子 小島博義

1 調査の目的

し尿処理場では生し尿の搬入量に対して浄化槽汚泥の割合が増加している。浄化槽汚泥は性状や濃度の変動が大きく，多く混入すると処理が難しくなるといわれている。そのような状況の中で窒素除去が適切に行われている処理施設の例を調査した。

2 施設の概要

当該施設は処理水量 40 ～ 50m³/日のし尿処理場で，そのうち約 45 %（2007 年）が浄化槽汚泥である。処理施設の系統図を図 1 に示す。処理方式は高負荷脱窒素処理方式の活性汚泥で希釈倍率は約 1.7 倍，固液分離には MF 膜を使用している。脱窒の方式として嫌気好気の工程を互い違いに設け，上流側から 4 室目のばっ気槽から②第一攪拌槽の 1 室目に流入の 10 倍量を循環させている。原水はステップエアレーション方式で分散して流入させ，4 室ある脱窒槽に等分に導いている。なお，貯留槽から 1 日あたり 20m³ の汚泥引き抜きを行っているが，②第一攪拌槽には返送していない。脱窒反応は ORP 計で管理し，反応に必要な水素供与体としてメタノール及び粉末有機物（旭化成のクリーンチーム N）を第 2 攪拌槽に添加している。メタノール添加は ORP-80 ～ -100mV の範囲で行い，原水に対して添加割合は約 1 % である。

膜ろ過後の水には凝集沈殿処理が施される。凝集処理には凝集剤として多木化学製の「TK フロック（主成分 AlCl₃ で Al₂O₃ として 9 %の液体）」約 200ppm のほかに強アニオン系の高分子凝集助剤を併用している。凝集沈殿後は砂ろ過，活性炭ろ過を行う。

3 調査結果

調査は 2008 年 9 月 10 日に行った。図 1 に示す①から⑧の各工程で採水し，pH，DO は現場で測定し，BOD，COD，窒素，リン等の項目は持ち帰って分析した。水質の分析結果を表 1 に示した。

流入原水の BOD は ① 5400mg/L，TN 1100mg/L，TP180mg/L であった。⑧放流水の BOD は 1mg/L 未満，TN 14mg/L，TP 1mg/L で，それぞれ排水基準 20mg/L，20mg/L，2mg/L を下回っていた。

流入直後① 1100mg/L であった TN は膜ろ過後⑥ 12mg/L と低い値となった。溶存性 TN は④第 2 攪拌槽に至るまでに確実な硝化脱窒が行われ，原水 790mg/L が 6.7mg/L に低下していた。

一方，溶存性 TP については汚泥に取り込まれて減少することになるが，③第一ばっ気槽で汚泥中の TP 含有割合が 1.9%と標準的な値であることを考えると，これ以上溶存性 TP を汚泥に取り込んで減少させることは容易でない。

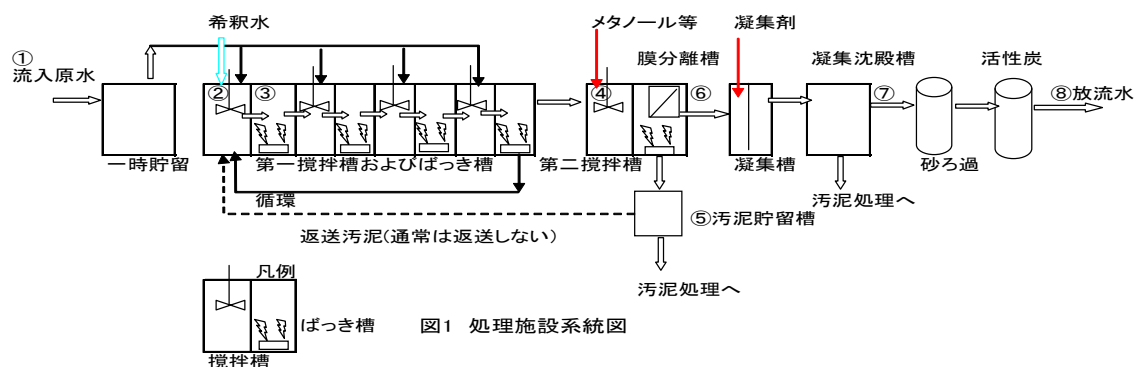


図1 処理施設系統図

したがって、膜ろ過を経ても TP は 34mg/L と高い値であった。さらにその後、凝集沈殿の処理工程で 1.6mg/L まで低下し、基準 2mg/L 以下を確保している。

②第 1 攪拌槽及び④第 2 攪拌槽では DO が 0.1mg/L、③第 1 ばっ気槽の DO が 1.6mg/L であり、嫌気好気の管理は適切であった。その結果、流入 NH₄-N が 700mg/L と高い値にも係わらず②第 1 攪拌槽の NH₄-N が 15mg/L と低く、③第 1 ばっ気槽の NO₃-N が 8.1mg/L と、硝化と脱窒の工程が良好となっていた。さらに、②から④での MLSS は 8000 から 8200mg/L でほぼ一定に保たれ、適切に管理されていた。③第 1 ばっ気槽の SV₃₀ は 90 で汚泥の沈降性は良好であった。

BOD は膜ろ過の工程で⑥ 1mg/L 未満になり、規制基準を十分下回っていた。COD については⑥ 52mg/L あったが、その後の凝集沈殿工程で⑦ 29mg/L へ、砂ろ過の工程で⑧ 2mg/L まで低下していた。

4 考察

日処理量 40m³ として、BOD の流入負荷は 216kg、容積負荷は 0.17(kg/m³)、MLSS を 8200mg/L として BOD-MLSS 負荷は 0.02(kgBOD/kgMLSS)であり、これらは余裕のある設計¹⁾となっている。一方、総窒素 MLSS 負荷は 1100mg/L × 40m³/(8200mg/L × 1243m³)=0.04 で指針と同様な値¹⁾であった。なお、容量の算定には硝化槽、脱窒槽の合計 1243m³ を使用した。

流入 NH₄-N 濃度が高いにも係わらず②の NH₄-N 濃度が低下していた。これは高い循環比とステップエアレーション方式による原水の分注による効果と考えられ、僅かの希釈水で処理が可能になっている。ステップエアレーションにより、流入する高濃度の NH₄-N による処理阻害を回避する一方で、硝化の進行による pH 低下の防止が図られていた。また、BOD 濃度の平準化により MLSS 濃度が均一化され、DO 管理が容易となっていると思われる。

除去 BOD あたりの汚泥発生率は 220kg/216kg

で約 1.0kg/kg になり、高めであった。

表1 水質調査結果

2008.9.10採取						
	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N
1 一時貯留槽	7.5	-	5,400	2,200	6,700	1100
2 第1攪拌槽	7.1	0.1	330	2,000	8,000	330
3 第1ばっ気槽	6.9	1.6	-	-	8,200	360
4 第2攪拌槽	7.0	0.1	-	-	8,200	350
5 汚泥貯留槽	7.2	-	-	-	11,000	460
6 膜ろ過後	7.6	-	<1	52	1	12
7 凝集沈殿後	6.6	-	<1	29	4	18
8 放流水	7.3	-	<1	2	1	14

	S-TN	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	T-P	S-TP
一時貯留槽	790	700	<0.1	<0.1	180	43
第1攪拌槽	21	15	<0.1	0.3	180	34
第1ばっ気槽	14	0.5	<0.1	8.1	190	36
第2攪拌槽	6.7	1	<0.1	0.3	180	36
汚泥貯留槽	7.7	0.3	<0.1	2.3	250	35
膜ろ過後	11	<0.1	<0.1	6.8	34	33
凝集沈殿後	18	<0.1	<0.1	12	1.6	13
放流水	14	<0.1	0.2	12	1	1

pH以外の単位はmg/SS欄の②から⑤までは、MLSSについて記載した。

メタノールによる脱窒反応を以下に示す。

$5\text{CH}_3\text{OH} + 6\text{NO}_3^- = 3\text{NO}_2 + 5\text{CO}_2 + 7\text{H}_2\text{O} + 6\text{OH}^-$ 式より、流入 TN ① 1100mg/L に対し、硝酸の脱窒反応の水素供与体として全量メタノールを充てても理論当量は 84kg/日である。現在はその約 6 倍の 500 ～ 600kg/日を使用し、そのほか添加剤を 7.6kg/日投入している。汚泥発生率が高い原因はひとつには脱窒を促進するためのメタノールやそのほかの添加剤を多量に使用していることにあると思われる。補助的に投入している添加剤「クリーンチーム N」の効果は不明であったが、膜ろ過後の BOD が 1mg/L 未満であることから水処理を阻害するものではないと推察できる。

凝集沈殿での凝集剤注入量は 200ppm (Al₂O₃として) とやや多めではあるが、高濃度のリンが良く除去されており、適切な運転であると思われる。

5 まとめ

MF 膜を使用した高負荷脱窒素処理方式のし尿処理施設の事例の調査を行った。浄化槽汚泥の割合が多いにも係わらず、適正な運転管理が行われ、規制基準を満足する処理が行われていた。

参考文献

1) し尿処理施設構造指針解説 1988 年版