

生物ろ過設備の計測と運転方法の最適化

○穴戸美子*、小関正信*、中尾 彰夫**

*住友重機械工業(株)環境技術研究所

**住友重機械工業(株)上下水センター技術部

当社生物ろ過装置は下水高度処理を目的とした3次処理設備で、懸濁物質や有機物質、アンモニア態窒素等を除去できる特徴がある。

下水処理水量は雨天日が続くとき一時的に激増することがあり、生物ろ過の処理水量を高負荷にする必要が生じる場合も考えられる。そこで、設備の基本仕様を変えることなく、運転による最適化を検討するため、水量高負荷試験を行った。ろ過特性や処理性能などへの影響は、原水流量や曝気風量などのデータを計器で測定・収集し、運転状況を遠隔監視した。

その結果、処理水量が多くなると、圧損が上昇しやすくなり、曝気速度及びろ層高を低くしても、同様であることがわかった。但し、無通気にすると、ろ過速度が速くても圧損が上昇しにくいいため、長時間のろ過処理運転が可能となった。

キーワード：生物ろ過、下水高度処理、アンモニア除去

1. はじめに

近年、環境に対する関心が社会的に高まっており、下水の分野においても、放流水域の環境保全や閉鎖系水域の富栄養化防止、再生水利用等を目的とした高度処理が求められ、多数の処理装置が開発されている。

生物ろ過は、砂ろ過がもつ物理的ろ過機能と、微生物の働きによる生物的分解機能、これら両方の機能を併せ持っており、当社は下水3次処理装置として開発してきた。

当社生物ろ過装置の特徴は、表面に微生物が付着し易い多孔質粒状セラミックろ材を用いているため、SS(懸濁物質)や有機性汚濁物質を除去した上、アンモニア態窒素や亜硝酸態窒素、大腸菌や一般細菌を除去できることである。これらは放流水のCODMn濃度を低下し、後段の消毒装置や放水域への負荷を低減できる効果がある。これまでの検討結果から、本装置はろ過速度が220m/d以下の場合、年間を通じて安定した運転が可能であることを確認している。

しかし、下水の処理水量は雨季などに雨天日が続くとき一時的に激増することがあり、この場合、220m/d以上のろ過速度での処理が必要となる可能性が考えられる。そこで、雨水などによる増水時を想定し、水量高負荷試験を行った。また、流入するSSや溶解性有機物などを濁度計とUV計を用いて計測し、運転・維持管理を容易にするための水質モニタリング方法としての適用性について調査した。

2. 方法

試験装置の概要を図1及び表1に示す。原水は某処理場の下水2次処理水を用いた。

表2に示す条件でろ過処理運転を行い、ろ過速度、曝気速度、ろ層高を変えて、ろ過特性及び処理性能へ与える影響について調査した。

ろ過特性を調査するため、原水流量、曝気風量、ろ過池温度、ろ過池水位(ろ抗)、原水及び処理水の溶存

酸素濃度(DO)、濁度、紫外線吸光(UV及びUV-V)を表2に示すような計器で測定し、データを収集した。運転状況は市販の通信システムで遠隔地よりリアルタイムで監視した。

処理性能は原水及び処理水を採取し、その水質を分析した。

また、ろ層に補足されたSS量を調べるため、ろ過運転終了ごとに逆洗を行い、逆洗排水中のSS含有量を測定した。

3. 結果と考察

(1) ろ過速度の影響

曝気速度を67m/dに固定し、ろ過速度を変えたときの結果を図2に示す。ろ抗が運転開始から約1mに到達するまでの時間を運転時間とした。また、1回のろ過運転が終了するごとに逆洗を行い、それにより排出されたSS量を捕捉SS量とした。

運転時間はろ過速度が速くなるほど短くなる傾向にあり、ろ過速度が300m/d以上では、水の圧損により空気溜まりが出来やすいため、ろ抗が上昇しやすくなっていることがわかった。

捕捉SS量もろ過速度が速くなると減少する傾向が見られた。これは圧損の上昇により運転時間が短くなるため流入SS量が減少すると共に、ろ層内で増殖する微生物が少なくなり、発生SS量が減少したものと思われる。

ろ過速度が300m/d以上の場合、ろ層高1.0m、1.5m、2.0mでの運転時間及び補足SS量はいずれもほぼ同程度の値を示し、ろ層高を低くしても圧損が上昇しやすかった。

(2) 曝気速度の影響

ろ過速度を341m/dに固定し、曝気風速を変えたときの結果を図3に示す。

曝気速度67m/d、33m/dでの運転時間はいずれも約50時間前後とほぼ同程度で、曝気速度の影響は見られなかったが、無通気にした場合、ろ過時間が70~80時間以上と約1.2~2.0倍に延長された。曝気の場合は水の圧損が高いため、曝気速度を遅くしても空気溜まりができ、ろ抗が上昇しやすいが、無通気の場合は砂ろ過と同様の状態であるため、ろ層内に空気溜まりが出来ず、ろ過時間が延長することがわかった。

また、SS捕捉量は曝気速度が遅くなるにつれ、増加する傾向を示した。特に無通気ではろ過時間が延長

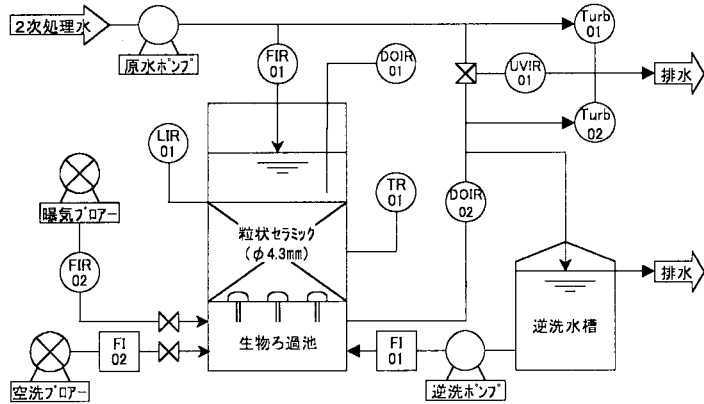


図 1. 試験装置概要

表 1. 装置名称と仕様

名称	番号	仕様
ろ過池		下向流型(0.923m ²)
逆洗水槽		円筒型
原水ポンプ		横型渦巻型
逆洗ポンプ		横型渦巻型
曝気ブローア		ルーツ型
逆洗ブローア		ルーツ型
レベル計	LIR-01	セミコン圧力式
水温計	TR-01	测温抵抗体
原水流量計	FIR-01	電磁式
曝気エア流量計	FIR-02	オリフスサ-マルフロー
原水溶存酸素計	DOIR-01	ポーラログラフ式
処理水溶存酸素計	DOIR-02	ポーラログラフ式
原水濁度計	Turb-01	光透過式
処理水濁度計	Turb-02	光透過式
原水・処理水UV計	UVIR-01	254nm吸光度式

表 2. 試験条件

	設計値	検討値
ろ層高(m)	2	2.0、1.5、1.0
ろ過速度(m/d)	~222	267、311、341
曝気風速(m/d)	~67	67、33、0
ろ過面積	0.92m ²	
充填材	粒状セラミック	
粒径	φ4.3mm(有効径)	
均等係数	1.4	

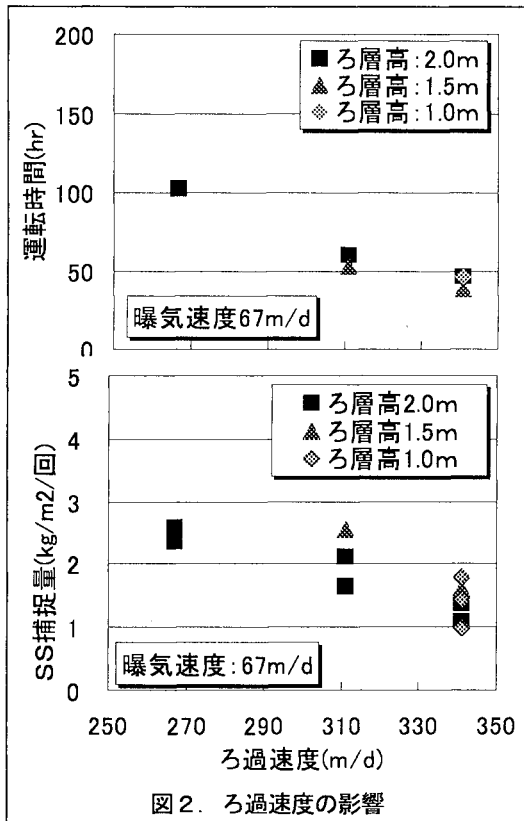


図2. ろ過速度の影響

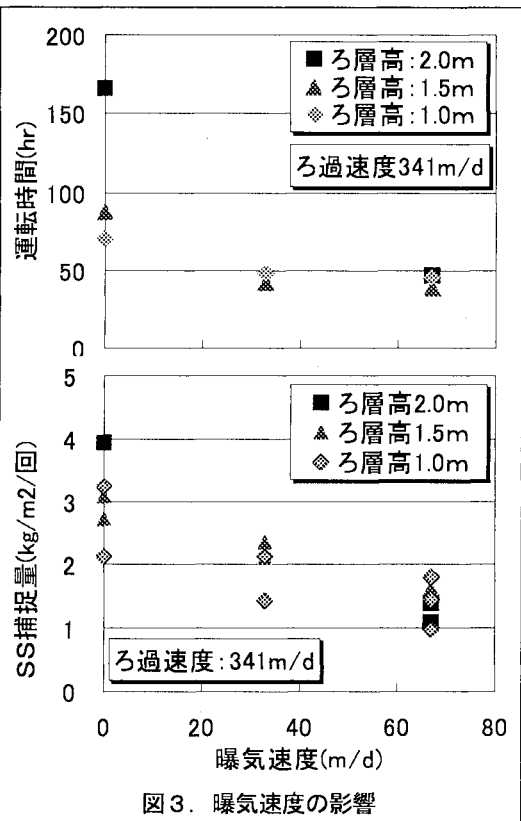


図3. 曝気速度の影響

表4. ろ過速度及び曝気速度が与える水質への影響

検討流速 (m/d)	除去率(%)							生成率(%)		備考
	CODMn	BOD	C-BOD	一般細菌	SS	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N		
ろ過速度	222	26.5	70.6	62.7	74.8	70.5	43.3	82.8	75.6	ろ層高:2.0m 曝気速度 :67m/d
	267	14.0	67.8	49.1	58.4	49.2	26.1	68.6	73.5	
	311	9.1	55.2	42.2	65.3	64.7	19.2	70.4	61.8	
	341	13.9	27.4	33.5	76.8	60.7	20.7	50.0	66.6	
曝気	0	11.8	32.0	28.5	46.0	59.2	6.9	34.9	52.4	ろ層高:1.0m ろ過速度 :341m/d
	33	16.8	34.6	38.2	93.3	47.6	24.7	64.9	70.6	
	67	13.3	27.7	11.1	34.5	48.3	26.4	49.0	66.4	

されるため、SS捕捉量がさらに増加する傾向が見られた。

曝気での運転時間及び捕捉SS量はろ層の高さによらずほぼ同程度であったが、無通気の場合、ろ層高2.0mのほうがろ層高1.0m及び1.5mの運転時間よりも長く、捕捉SS量も多かった。本装置は有効径が4.3mmの大きいろ材を使用しているため全層ろ過となっており、無通気時のろ抗上昇はSS捕捉によるろ層間の閉塞のみに起因すると推測される。ろ層高を低くするとろ材容量が減少するため、捕捉SS量が減少し、運転時間も短縮されたものと考えられる。

(3) 処理性能

ろ過速度(ろ層高2.0m)及び曝気速度(ろ層高1.0m)の検討をした際の水質分析の結果を表3に示す。ろ過速度が速くなるとSS及び一般細菌のほぼ全ての項目において水質が悪化する傾向を示した。これはろ材接

触時間が短くなり、十分な物理的浄化及び生分解が行われなかったものと考えられる。

ろ過速度が速い場合、SS及びBOD等の除去性能については曝気速度の有無によらずほぼ同程度であったが、NH₄-Nの除去性能は低下する傾向にあり、特に無通気の場合はそれが顕著であった。これはDO不足から、生物分解が行われなかったためであると考えられる。

ろ過速度341m/d、曝気速度67m/dにおけるろ層高1.0mの処理水質は2.0mのそれとほぼ同程度であった。ろ過速度の検討結果から、ろ過速度が速くなると処理性能が低下することがわかっており、そのため、ろ層高による影響があまり表れなかったものと考えられる。

(4)濁度計とUV計による水質モニタリング

本装置の運転・維持管理を簡易化することを目的に、濁度計及びUV計による計測が、流入SSや溶解性有機物などの水質をモニタリングする方法としての適切であるかどうかを調べるため、採取した原水及び処理水中のSS及びBOD、CODMnの分析値とそのときの濁度値及び吸光度値から相関を求めた。その相関値から、一回のろ過処理運転中に流入したSS量を算出し、逆洗により排出した捕捉SS量と比較した。

SS及びBODについては大きなばらつきが生じ、CODMnは濃度変動が少なすぎたため、有意な相関を得ることは出来ず、十分な検討には至らなかった。

4. まとめ

雨季などの一時的に下水処理水量が増加した場合を想定し、水量高負荷試験を行った。ろ過速度、曝気速度、ろ層高について検討した結果、以下のことが明らかになった。

- ①ろ過速度が速くなると、空気溜まりによる圧損のため、ろ抗が上昇し易くなり、SS捕捉量が減少し、処理性能も低下する。
- ②ろ過速度が速くなると、曝気の場合、曝気風速及びろ層高を変えても、①で述べた傾向は同様である。
- ③ろ過速度が速くなっても無通気にすると、ろ抗が上昇しにくくなり、SS捕捉量も増加する。処理性能は同程度である。

以上の結果から、ろ過速度が速い場合、無通気で運転すれば処理性能は若干低下するが、ろ過処理運転を継続してできることがわかった。雨天日などの下水処理量の増加時は汚濁物質の濃度が一時的に増加するが、数時間後には低くなると予想されるため、処理性能の若干の低下は、水質的に問題がないと思われる。

なお、長期に無通気で運転した場合、それが微生物相、さらには処理水質へ及ぼす影響については不明であり、長期の無通気ろ過運転の安全性については検討を要する。

参考文献

- 1) 小関正信、村田圭三、中尾彰夫、下水2次処理の生物ろ過と生物活性炭処理、第34回下水道研究発表会講演集、p. 698、1997
- 2) 真鍋教市、小関正信、幕田啓二、中尾彰夫、下水3次処理における生物ろ過システムの開発、第36回環境工学研究フォーラム講演集、p. 31、1999
- 3) 小関正信、真鍋教市、島海正彦、生物ろ過・実機の特性と逆洗方法について、第37回下水道研究発表会講演集、p. 695、2000
- 4) 宍戸美子、小関正信、中尾彰夫、生物ろ過設備による下水2次処理水の高度処理、住友重機械技法、No. 146、p. 27、2001