

II-154

造粒沈澱・生物処理プロセスによる下水処理（I）－下水造粒汚泥の特性について－

北海道大学工学部

正員

清水 達雄

学生員

大懸 誠

工藤 憲三

小澤 源三

正員 丹保 憲仁

1. はじめに

本研究は最初沈澱池を省略した嫌気性流動床（造粒塔）と好気性生物反応槽（曝気槽）から構成された新しい下水処理プロセスによって、SS、有機物、窒素およびリン成分などの汚濁物質が同時に高速度で処理することができるかどうかを実験的に検討したものである。本報では造粒塔内において、無機凝集剤と高分子凝集剤を添加することによって、下水中のSS、コロイド成分およびリン成分の凝集フロック化を行うための操作条件と凝集汚泥（造粒汚泥）の組成、粒径および沈降性などに関して検討した結果について報告する。

2. 実験方法

2-1 実験装置と処理の原理 図1に示す実験装置

を札幌市S下水処理場に設置し、自動微細スクリーン（目開2.5mm）を通過した生下水を処理した。本プロセスは混和槽、造粒塔（嫌気性流動床）および沈澱池一体型の曝気槽（好気性生物処理槽）から構成されている。造粒塔は回転翼を付設したシャフトを可変モーターで回転させることによって攪拌された。又沈澱池一体型曝気槽は内筒が曝気部で、外筒が沈澱部であり、エアリフトによって活性汚泥が曝気部へ返送されるようにした。生下水を混和槽でポリ塩化アルミニウム(PAC)と混合した後、造粒塔の最下部から流入させた。その際、生下水中のSS、コロイド成分の造粒化を促進させるため弱アニオン系ポリマーも注入した。造粒塔内では下水中のSS、コロイドおよびリン成分が高速度で造粒化され、汚泥流動層が生成される。SS濃度の極めて低い造粒塔処理水が最上部の汚泥分離部から曝気槽へオーバーフローによって流入するようにした。好気性生物処理槽では、主としてBOD成分の酸

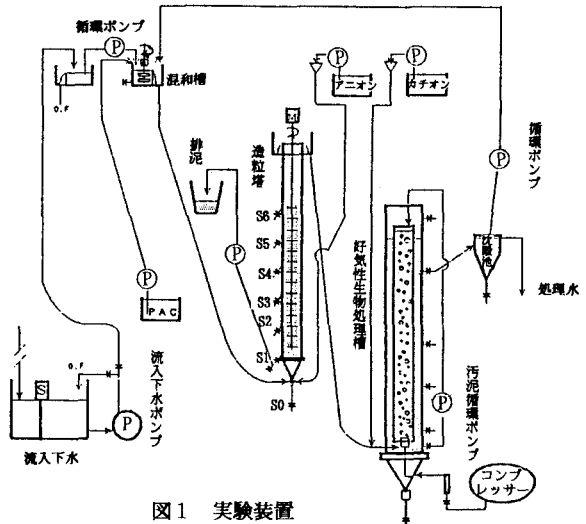


図1 実験装置

表1 操作条件

流入下水量	造粒塔	好気槽	全体	循環量	造粒塔	攪拌翼
ℓ/hr	hr	hr	hr	ℓ/hr	上昇流速 m/hr	回転数 rpm
				7.8 (1)	2.0	
				15.6 (2)	3.0	
7.8	2.0	2.0	4.0	23.4 (3)	4.0	1~3
				31.2 (4)	5.0	
				39.0 (5)	6.0	

() 内の数値は循環比=循環量/流入下水量

化と硝化反応が行われる。また造粒塔と好気性生物処理槽との間を汚泥を分離した上澄液を循環させて、硝化・脱窒素反応によって窒素成分の除去を行えるようにした。造粒塔内の汚泥流動層の高さをほぼ一定にできるように、光センサーによってON-OFF制御を行い、造粒化した汚泥を最下部の汚泥床（sludge bed）部から引き抜いた。

表2 流入下水に対する凝集剤注入量

造粒塔	好気槽
PAC濃度 (as Al_2O_3)	弱アニオン 系ポリマー
mg/ℓ	mg/ℓ
10.0	2.0
	0.5

2-2 操作条件および凝集剤注入率 表1に示すように流入下水の平均滞留時間は造粒塔および好気槽に対してそれぞれ2時間、反応槽全体に対して4時間とした。表2に流入下水のSSなどの成分を造粒化させるために注入した凝集剤の注入量を示している。PACは流入下水に対して Al_2O_3 換算で10mg/ℓになるように混和槽へ添加し、弱アニオン系ポリマーは2.0mg/ℓになるように造粒塔の最下部へ連続的に注入した。

3. 実験結果および考察

表3 流入下水中の汚濁物質濃度(mg/ℓ)

	NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	TP	tCOD _{C₇}	tBOD ₅	sCOD _{C₇}	sBOD ₅	SS
平均	20.8	0.1	1.6	2.8	287.8	127.9	39.1	16.6	261.3
	(7.2-30.0)	(0.0-0.4)	(0.3-3.8)	(0.8-4.5)	(158.8-467.6)	(69.1-203.5)	(25.9-117.5)	(11.1-28.1)	(170.0-410.0)

t:total, s:soluble

表3に示すような汚濁物質を含有する流入下水を連続処理した。流入下水中には平均260mg/ℓのSS成分が含有されているが、造粒塔において、10mg/ℓ前後まで処理され、好気性処理を行った後の処理水では平均2~3mg/ℓと極めて低濃度であった（図2）。以上の結果は造粒塔において、流入下水中のSS、コロイド成分のほとんどが造粒化されて、汚泥フロックへ移行することを示している。図3に本プロセスによって生成される汚泥フロックのVSSの構成成分を示したが、造粒汚泥は初沈汚泥に比較して、炭水化物の含有率が低く、約32%であるのに対して、蛋白質の含有率が高く、初沈汚泥の2倍以上の約50%であった。この結果は電荷を有するコロイド成分である蛋白質が造粒塔内で凝集・造粒化されたことを示している。次に造粒汚泥の粒径および沈降特性について検討した結果について述べる。図4は50%体積平均粒径と造粒塔内の液上昇流速との関係を示しているが、その平均粒径は上昇流速に関係なく一定で、0.3~0.4cmであった。図5は造粒塔内の汚泥濃度分布を示している。造粒塔内の上昇流速が6.6cm/minまでは、類似した濃度分布曲線が得られた。すなわち汚泥濃度が高い（15,000~20,000mg/ℓ）汚泥床（sludge bed）部分と汚泥濃度がほぼ一定となる（4,000~5,000mg/ℓ）流動層部が生じると考えられた。しかし、さらに上昇流速を増加させると、汚泥床部と流動層部の汚泥濃度の差が小さくなり、上昇流速10cm/minでは汚泥床部が消失して、造粒塔内が完全に流動化されるという結果が得られた。以上の結果から、上昇流速が6~7cm/min以下の条件で、造粒化を行う必要があり、造粒汚泥の排出は造粒塔最下部の汚泥床から行うことが適当であると考えられた。

4. あとがき

造粒塔において、PACと高分子凝集剤を併用することによって、下水中のSS、リン成分などを造粒化して処理することができた。今後汚泥の干渉沈降を考慮した粒子群沈降速度および造粒汚泥の沈降に及ぼす生物脱窒によるガス発生の影響などを検討し、造粒塔内汚泥濃度が予想できるモデル式を構築して、汚泥濃度を高く維持できる操作条件を明らかにする必要がある。

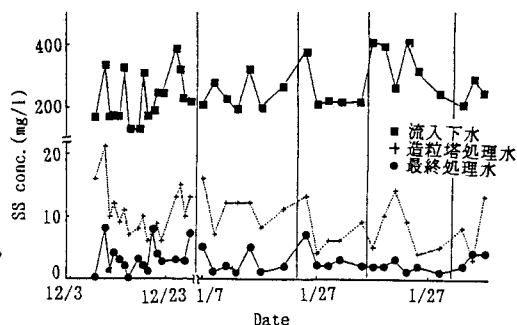


図2 ss濃度の経日変化

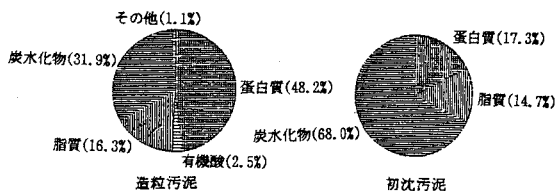
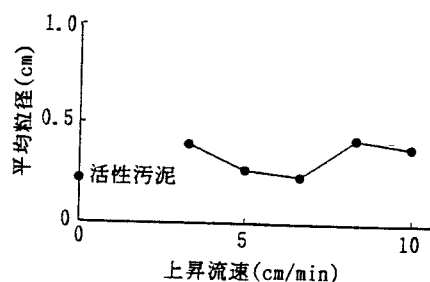
図3 造粒汚泥と初沈汚泥の構成成分
()内の数値はVSSに対する%

図4 平均粒径と上昇流速との関係

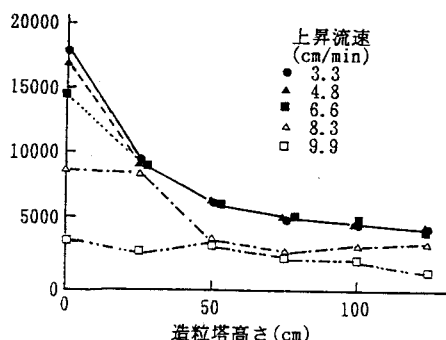


図5 造粒汚泥濃度分布に及ぼす上昇流速の影響