

造粒沈澱・生物処理プロセスによる下水処理（Ⅱ）

－下水中の有機物、窒素およびリン成分の同時除去－

北海道大学工学部 正員 清水 達雄 学生員 富坂 峰人
工藤 憲三 小澤 源三
正員 丹保 憲仁

1. はじめに

本研究において、化学凝集剤を用いる嫌気性流動床（造粒・沈澱プロセス）と好気性生物処理プロセスとを組み合わせた簡単な下水処理システムを用いると、COD、SS、リン成分を除去されると同時に下水中に含まれる固型および溶存有機物を有効に利用して、生物脱窒による安定した窒素成分の除去も可能であることが明らかになったので、その結果を報告する。

2. 実験装置および方法

実験装置および操作条件は前報に報告した通りである。硝化・脱窒反応によって窒素除去を行わせるために、嫌気性流動床と好気槽との間を循環させたが、その循環比（循環量／流入量）を1～5まで変化した。実験期間は11月中旬から2月初旬の冬季間であり、水温10℃～16℃の低水温条件下で行った。

3. 実験結果および考察

（1）有機物除去 図1に $tCOD_{Cr}$ （total COD_{Cr} ）、図2に $tBOD_5$ （total BOD_5 ）の経日変化を示している。流入下水の $tCOD_{Cr}$ の平均値は290mg/lであるが、造粒塔において、90%以上除去されて、20mg/l前後にまで低下している。好気槽において、更に除去されて最終的な処理水は平均12mg/lであった。 $tBOD_5$ も同様に造粒塔において90%程度除去され、好気槽で処理された後の処理水の $tBOD_5$ は平均7mg/lであり、極めて高い除去率が得られた。以上の結果は、造粒塔内で流入下水中に含まれるSS、コロイド成分のほとんどが造粒化されることに起因して、SS成分から由来する COD_{Cr} 値は非常に小さいことを示している。

（2）リン除去 溶存態のリンは流入下水中に、全リンで平均2.8mg/l、 $ort-P$ で平均1.6mg/l含有されているが、造粒塔において、SS成分を凝集・造粒化させるために用いたPACの効果でほとんど完全に除去（0.0～0.2mg/l）されることが判明した（図3）。造粒塔でのリン除去によって好気槽内での活性汚泥の増殖、維持および活性に影響をおよぼすことが考えられたが、有機物の除去や硝化反応はほとんど完全に行われた。

（3）窒素成分除去 図4に NH_4-N 濃度の経日変化を示す。流入下水の NH_4-N 濃度は平均20mg/l程度であるが、好気性生物処理後の最終処理水ではほとんど検出されなかった。この結果は好気槽における硝化が完全に行われていたことを示している。本処理プロセスでは好気槽への有機物およびSS負荷が極めて低いことから、

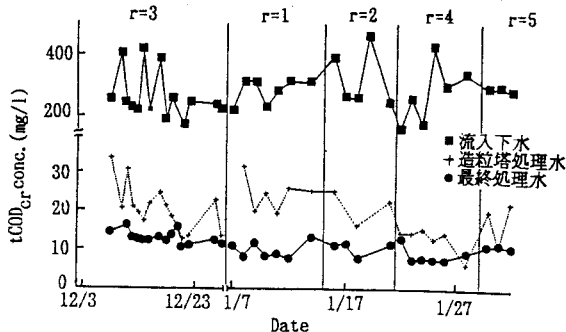


図1 $tCOD_{Cr}$ 濃度の経日変化（ r =循環比）

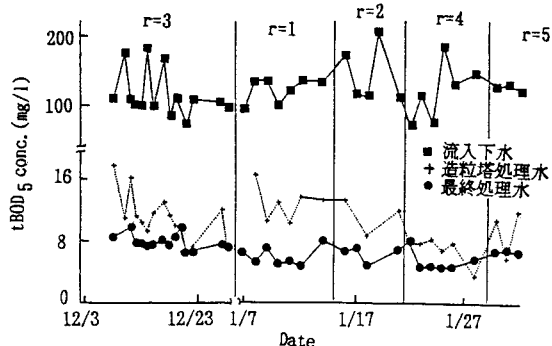


図2 $tBOD_5$ 濃度の経日変化

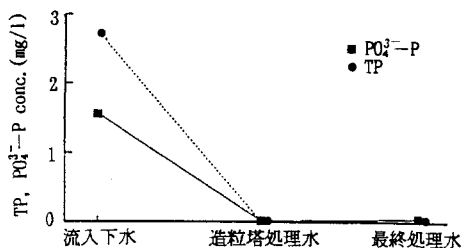


図3 TPおよび $PO_4^{3--}P$ の処理状況

余剰汚泥の生成量は小さく、SRTを大きくできるので、低水温条件下（10～16℃）においても十分に硝化が行われたものと考えられた。図5は $\text{NO}_3\text{-N}$ の経日変化を示したものである。造粒塔で処理した後の処理水は循環比が3までは $\text{NO}_3\text{-N}$ はほとんど検出されず脱窒が完全に行われていることを示している。しかし循環比を4以上にすると $\text{NO}_3\text{-N}$ が増加した。これは循環比の増加によって、造粒塔内の液上昇流速が大きくなり、造粒汚泥濃度が低下したためである。

（4）脱窒に必要な炭素源量 図6は造粒沈澱・生物処理プロセスによって得られた窒素除去量、 sBOD_5 除去量および tBOD_5 除去量を示したものである。網目部分は脱窒が完全に起こるのに必要なBOD成分が窒素除去量に対して3.25～6.5倍が必要であると仮定した場合のBOD必要量を示している。図6から明らかなように溶存物BOD成分のみでは造粒塔内において、脱窒を完全に行うことは不可能である。したがってSSやコロイド成分から由来するBOD成分が脱窒に利用されていることは容易に推察される。

事実、 tBOD_5 除去量は網目部分で示した脱窒に必要なBOD量よりも高い値であり、SS中のBOD成分も含めると生下水中には、脱窒に必要な炭素源が十分存在することを示唆している。実際に、造粒塔内において、造粒汚泥濃度を5000mg/l以上にできる条件では、脱窒によって $\text{NO}_3\text{-N}$ が完全に除去された。この場合BOD成分と窒素の除去量に関する物質収支から、15～30%の窒素が下水中の溶存有機物を利用して除去され、残りの70～85%の窒素はSSあるいはコロイド成分中に含まれるBOD成分を利用して除去されたと考えられ、懸濁物質中のBOD成分の生物脱窒に対する役割が極めて重要であることが示唆された。最後に本プロセスによって得られた処理水の水質を表1に示しておく。

表1 最終処理水中の汚濁物質濃度(mg/l) 循環比(r=3)

	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{PO}_4\text{-P}$	TP	tCOD_{Cr}	tBOD_5	sCOD_{Cr}	sBOD_5	SS
平均	0.1	5.2	0.0	0.0	11.9	7.1	9.1	6.9	4.1
	(0.0-0.2)	(3.7-6.5)	(0.0-0.2)	(-)	(10.8-12.9)	(6.5-7.7)	(3.4-15.0)	(2.6-11.4)	(1.0-8.0)

t:total, s:soluble

4. おわりに

以上の実験結果から造粒塔はSSやコロイド成分の凝集・造粒化による物理的な除去機能だけでなく、懸濁物質の造粒過程において比較的易分解性の固型物が微生物によって加水分解され、その加水分解物を利用して脱窒を行うという生物機能も併せ持ったリアクターであることが判明した。

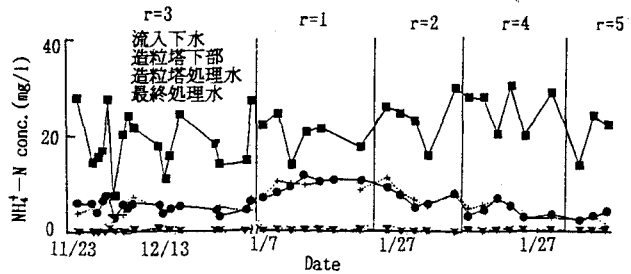


図4 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経日変化

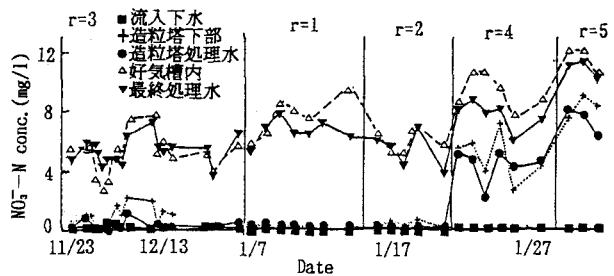


図5 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の経日変化

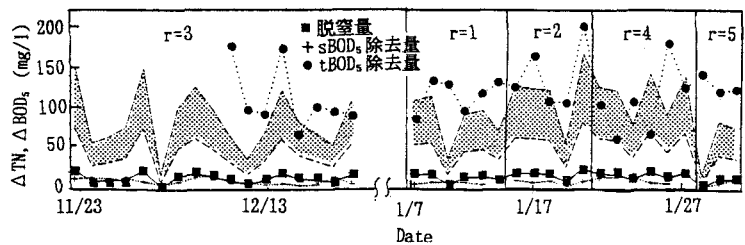


図6 脱窒素量、 tBOD_5 消費量および tBOD_5 要求量との関係