

B-7 高速回転ディスクによる可溶化汚泥の生分解特性の把握

山口大学大学院 ○黒澤 真一 (学) 今井 剛 (正) 荒金 光弘 (学)
 浮田 正夫 (正) 関根 雅彦 (正) 樋口 隆哉 (正)

1. 研究背景及び目的

現在、排水の多くは活性汚泥法によって処理されているが、この処理法には大量の余剰汚泥が発生するという問題点がある。我が国の下水処理場からの汚泥排出量は湿重で年間約 8200 万 t(平成 12 年度)であり、そのうち約 50% が有効利用されているものの、残りは脱水あるいは焼却後に埋立処分されている。周知のように最終処分場の絶対的不足から、その埋立量の削減が必須である。したがって、新たな処理・処分方法の開発とその有効利用技術の発展が社会的に強く求められている。そこで本研究ではメタンガスとしてエネルギー回収を行うことを念頭においた余剰汚泥処理の基幹技術となる可溶化技術として、物理的分解法の一つである高速回転ディスク装置を用いた方法に注目した。昨年までの研究で高速回転ディスク処理は、余剰汚泥の可溶化に有効であることが確認できた。そこで本研究では嫌気あるいは好気的条件下での可溶化処理後汚泥の生分解特性を検討することにより、本処理法の有用性を検証する。

本実験で用いた実験装置の概略を図 1 に示す。宇部市東部浄化センターで余剰汚泥を採取し、ろ布による濃縮を行った。濃縮した汚泥(10L)を図 1 の装置に投入して 60 分間運転し、設定時間ごとにサンプリングを行った。各サンプルについて浮遊物質濃度 (MLSS)、揮発性浮遊物質濃度 (MLVSS)、全有機炭素量 (TOC)、溶解性有機炭素量 (DOC) を測定した。

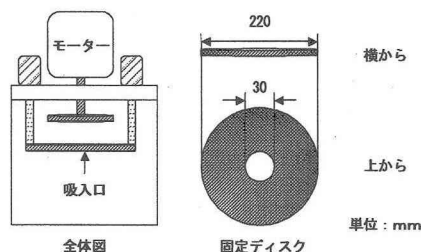


図 1 高速回転ディスク装置の概略

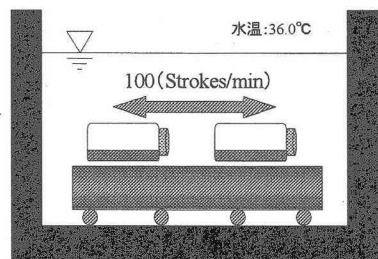


図 2 バイアル実験装置の概略

2.1 嫌気的条件下での生分解性の把握

下水道の分野にとって、嫌気性処理とは新しいプロセスというわけではなく、活性汚泥法に代表される好気性処理とならんでよく用いられてきたものである。嫌気性処理の本質は、空気が遮断された状態で、すなわち嫌気性条件下で微生物によって廃水中の有機物が分解される点にある。嫌気性処理では、廃水中の有機物はガス状の有機物であるメタンガスに姿を変え廃水中から除去される。また、廃水中の有機物の持つエネルギーがかなり高い効率で燃料であるメタンに変換されるので、その分微生物の増殖にまわるエネルギーが少ない。以上のことから可溶化処理後の嫌気的条件下での生分解性を検証する。まず最初の段階として、バイアルビンを用いた回分実験による検討を行った。バイアル実験は嫌気性廃水処理に関わる微生物群の酸生成あるいはメタン生成活性を測定する評価方法であり、種々の条件下で多量の実験を同時に、かつ簡易に行えるという利点を有している。

2.2 実験装置及び方法

図 2 に実験装置の概略図を示す。窒素ガスで内部を置換したバイアルビン(約 75ml)に種汚泥として消化汚泥を、基質としてディスク処理後の余剰汚泥を注入し、恒温振とう槽(水温: 36°C、振とう数: 100 回/min)に設置して経時的なメタンガス発生量を測定した。実験条件は、消化汚泥(20ml) + 基質(20ml)で行った。

2.3 実験結果及び考察

図 3 にバイアル実験の結果を示す。図 3 ではメタンガス累積発生量、メタンガス転換率ともに、処理後汚泥の方が増加していることが確認できる。この結果から処理後のメタンガスの累積発生量は処理前に比べ増加したことがわかる。また処理の時間が長くなる程、経過時間に対するメタンガス発生量が増加していることがわかる。このことか

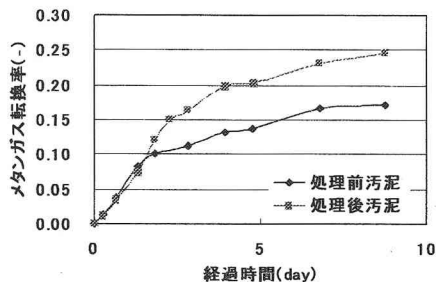
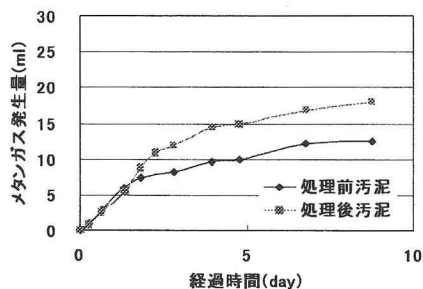


図 3 バイアル実験の結果

らディスク処理により、その生分解性が増加したといえる。また、メタンガス転換率とは投入した基質のどの程度の割合がメタンガスとして回収できたかを表している。ここでは投入した消化汚泥の自己消化によるガス発生量を差し引いて解析した。この結果からも処理後の生分解性が増加したことがわかる。

3.1 嫌気的条件下での連続実験による生分解性の把握

2.3 のバイアル実験の結果よりディスク処理後の汚泥について嫌気的条件下での生分解性の向上が確認できた。しかし、バイアル実験は回分実験であり、実際の嫌気性処理は連続的に行われているため実際の処理に合わせて、より実践的に行う必要がある。よって処理を連続的に行い、メタンガス回収及び減容化の両面から、通常 20～30 日を要する嫌気性処理がディスク処理によりその処理日数をどれだけ短縮できるかについて検討した。

3.2 実験装置及び方法(嫌気的条件下における連続処理実験)

図 4 に実験装置の概略を示す。装置は、消化汚泥と基質(処理前あるいは処理後汚泥)を混合し嫌気性処理を行う消化ビンと、発生ガスを水上捕集する発生ガス測定器の 2 つで構成されている。窒素ガスで内部を置換した消化ビン(約 2L)に種汚泥として消化汚泥(1.5L)を投入した。滞留時間を運転条件 1 で未処理汚泥 20 日、処理後汚泥 20、10 日、運転条件 2 で、未処理汚泥 10 日、処理後汚泥 10、5 日に設定し、1 日ごとにサンプリングを行った。各サンプリング後にサンプリング量と同量の基質を注入した。実験中、消化ビンは約 36℃ に保ち、スターラーによって攪拌した。各サンプルについて MLSS、MLVSS、TOC、DOC を測定した。運転条件を表 1 に示す。

3.3 実験結果及び考察(嫌気的条件下における連続処理実験)

実験結果を図 5、図 6、表 2、に示す。図 5 はメタンガス累積発生量の比較、図 6 はメタンガス転換率の比較を示している。図 5、図 6 より、運転条件 1、2 とも滞留時間が同じ条件において、メタンガス累積発生量、メタンガス転換率に差があったことからディスク処理によって汚泥の生分解性が向上したことがわかる。また、図 6 より運転条件 1 において、処理後汚泥 10 日は未処理汚泥 20 日と同等の値を示した。また運転条件 2 から処理後汚泥 10 日が一番高い値を示した。よって処理日数を 10 日に短縮しても処理日数 20 日と同等の処理能力を維持できることが示された。また、表 2 は設定滞留時間経過後の MLSS、MLVSS の減少率を比較するため、未処理汚泥を 1 とした相対値で表している。運転条件 1 では処理後汚泥 10 日の MLSS 減少率が 1.20 倍増加、MLVSS 減少率は 1.17 倍増加した。運転条件 2 では処理後汚泥 10 日は MLSS、MLVSS 両方とも未処理汚泥 10 日を上回った。よってこのことから処理日数を 10 日に短縮することが可能であることが示された。一方、処理後汚泥 5 日の設定条件では MLSS、MLVSS 減少率両方とも未処理汚泥 10 日を下回る結果となった。処理後 5 日の場合、種汚泥に対する基質の負荷が高すぎて、消化しきれなかったと考えられる。このことから処理日数を 5 日まで短縮するとメタンガスへの転換のための日数が足りず、消化時間が十分でなかったことがわかる。以上のことから処理日数を 10 日程度まで短縮できることが明らかとなった。

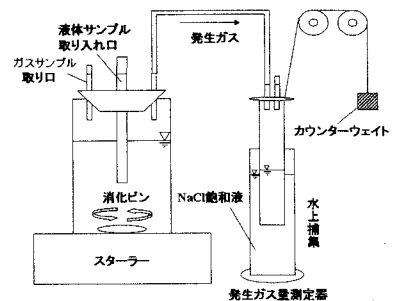


図 4 嫌気的条件下における連続処理実験装置の概略

表 1 嫌気的条件下における連続処理実験の運転条件

運転条件	基質	滞留時間	サンプリング量	温度
1	未処理汚泥	20日	75mL	36℃
	処理後汚泥	20日	75mL	
	処理後汚泥	10日	150mL	
2	未処理汚泥	10日	150mL	
	処理後汚泥	10日	150mL	
	処理後汚泥	5日	300mL	

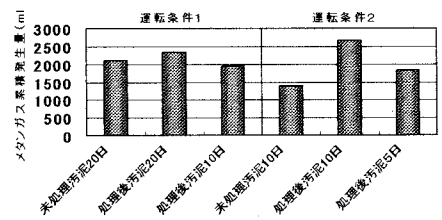


図 5 メタンガス累積発生量の比較

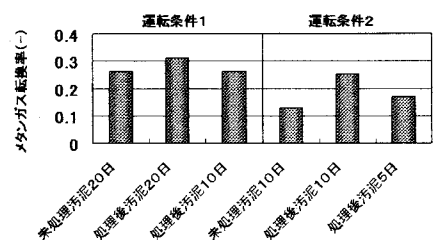


図 6 メタンガス転換率の比較

表 2 MLSS、MLVSS の減少率の比較

運転条件	基質	滞留時間	MLSS減少率の比較	MLVSS減少率の比較
1	未処理汚泥	20日	1.00	1.00
	処理後汚泥	20日	1.33	1.26
	処理後汚泥	10日	1.20	1.17
2	未処理汚泥	10日	1.00	1.00
	処理後汚泥	10日	1.10	1.17
	処理後汚泥	5日	0.71	0.87

4.1 好氣的条件下での生分解性の把握

通常、活性汚泥法から生じた余剰汚泥は嫌気性処理によるメタンガス回収・減容化後に処理・処分されているが、小規模の処理場では余剰汚泥の処理施設を持たず、その処理・処分を業者に委託しているところも多い。そこで好気性処理のみで余剰汚泥の減容化を行うことを目的として、今回ディスク処理した汚泥を再び活性汚泥法に返送することでどれほど減容化が可能であるかを検討する。一方で、ディスク処理した汚泥を返送すると曝気槽内及び処理水の水質が悪化する恐れがある。よって曝気槽内及び処理水の水質も把握する。

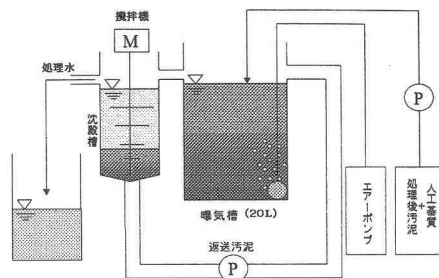


図7 好氣的条件下における
連続処理実験装置の概略

4.2 実験装置及び方法 (好氣的条件下における連続処理実験)

図 7 に実験装置の概略を示す。装置は好気性処理を行う曝気槽と沈殿槽の 2 つで構成されており、投入基質としてグルコースを主な炭素源として流入 BOD で約 200mg/L となるように調整し、曝気槽内に供給した (表 3 参照)。なお、基質中の T-P 濃度の設定値が高すぎ、後述のように、処理水質に影響した。運転条件について、曝気槽内にインストールした活性汚泥は 20L で、滞留時間が 24 時間、曝気槽内の MLSS は 1000~2000mg/L に設定した。連続実験の日数は 20 日とした。この過程から発生する余剰汚泥を濃縮後にディスク処理したものを曝気槽内に返送し、曝気槽内及び処理水の水質について検討した。対照系としては可溶性汚泥を返送せず、引き抜きを行わない通常の好気性処理を行った。処理水と曝気槽内から 1 日 1 回サンプリングし、MLSS、MLVSS、TOC、DOC、BOD、T-N、T-P を測定した。

4.3 実験結果及び考察 (好気的条件下における連続処理実験)

結果を図8、表4、表5に示す。図8は余剰汚泥の発生量の比較、表4ではMLSSの変化の比較を、表5では処理水質の比較を示している。図8より対照系と比較してディスク処理系では汚泥生成量が62%減少したことがわかる。よってディスク処理した汚泥が曝気槽内で生分解され減容化されたと考えられる。また表5より処理水質も対照系との差はほとんどなく良好な状態で運転でき、ディスク処理による処理水質への影響はほとんどないことが確認できた。ただし、T-Pの値が対照系、ディスク処理とも高い値を示した。これは前述の通り、基質としてグルコースとともに投入した無機塩類中のT-Pが26mg/Lと高かったため、槽内で処理されずそのまま処理水として流出したことによると考えられる。なお、対照系の処理水質がディスク処理したものを上回った理由として、上述のように、汚泥の引き抜きを行わなかったためSSの流出により全般に高かったと考えられる。以上のことからディスク処理によって好気的条件下においても汚泥の生分解性が向上したことが確認できた。

5. まとめ

嫌気的条件下における連続処理実験からディスク処理後の汚泥について嫌気的条件下での生分解性の増加が確認できた。滞留時間を半分(10 日)と設定した処理後汚泥は、滞留時間 2 倍(20 日)の未処理汚泥と比べても MLSS、MLVSS の減少率が高い値を示したことから処理日数を約 10 日に短縮できることが示された。また、ディスク処理を行った汚泥を好気性処理へと返送することにより、曝気槽内での汚泥生成量が 62% 減少した。また、処理水質においても対照系との差がほとんどなく良好な状態で運転でき、ディスク処理による処理水質への影響はほとんどないことが確認できた。以上のことからディスク処理によって好気的条件下での汚泥の生分解性が向上していることが確認できた。

表 3 基質組成表 (200mg-BOD/L)

グルコース基質		無機栄養塩類	
グルコース	0.28(g/L)	A	(NH ₄) ₂ HPO ₄ 350.0(g/L)
A液	0.06(mL/L)		KCl 75.0(g/L)
B液	0.30(mL/L)		NH ₄ Cl 85.0(g/L)
C液	0.03(mL/L)	B	FeCl ₂ ·6H ₂ O 42.0(g/L)
NaHCO ₃	0.12(g/L)		MgCl ₂ ·6H ₂ O 81.0(g/L)
K ₂ HPO ₄	0.12(g/L)		MgSO ₄ ·7H ₂ O 25.0(g/L)
酢酸エキス	0.003(g/L)		CoCl ₂ ·6H ₂ O 1.8(g/L)
		C	CaCl ₂ ·6H ₂ O 150.0(g/L)

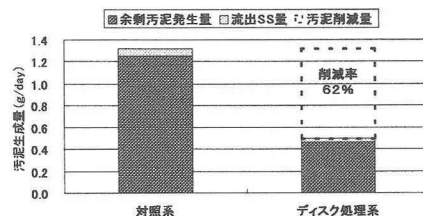


図8 余剰汚泥の発生量の比較

表4 MLSS の変化の比較

	単位	開始	終了
対照系	mg/L	950	1700
テイク系	mg/L	910	1370

表 5 処理水質の比較

項目	単位	対照系	ディスク処理系
SS	mg/L	4.1	2.1
BOD	mg/L	8.6	5.4
TOC	mg/L	6.6	2.1
DOC	mg/L	5.4	1.3
T-N	mg/L	4.1	3.6
T-P	mg/L	22.4	19.5