

日本下水道事業団 早瀬 宏、亀山建一
川崎重工業(株) 〇澤井正和、前田 稔

1. はじめに

下水汚泥は時間の経過と共に腐敗が進行し、濃縮性や脱水性が悪化することが知られている。具体的には、沈殿池・汚泥濃縮槽・汚泥貯留槽等で汚泥が長時間滞留する場合に問題となっており、固形物回収率を低下させたり、汚泥含水率を高める結果になっている。一般に、下水処理場については、夏期などに汚泥の腐敗により濃縮性や脱水性が悪化する事例が多く、夏期には汚泥の滞留日数が1日増すごとに脱水ケーキ含水率が約3%上昇するとの報告例がある。特に、小規模下水処理場では、移動脱水車による巡回式汚泥処理方式が注目されているが、汚泥が貯留槽内に長時間滞留して、腐敗が進行するため、簡便な方法で汚泥の腐敗を抑制し脱水性の悪化を防止する技術が求められている。

本稿では、日本下水道事業団と川崎重工業株式会社で共同開発を進めている「減圧処理による汚泥性状の改質技術」について、その基礎研究と実証テストの概要を紹介する。

2. 下水汚泥の腐敗変化と性状改質のメカニズム

下水汚泥は、腐敗の進行により有機物が分解し、酢酸のような有機酸を経由、加水分解されて炭酸ガスを生成する。さらに腐敗が進行すると、メタン発酵によりメタンガスも発生するようになる。このような腐敗の過程で発生するガスが汚泥に同伴して浮上分離するため、沈降分離操作で濃縮性や固形物回収率が低下したり、汚泥中の繊維分が分解するため脱水性が悪化するなどの問題を生じている。

このため、汚泥の腐敗を抑制することが性状悪化を防止する有力な方法と考えられる。食品工業の分野では、真空包装による保存技術があるが、この技術は酸素や腐敗菌の存在環境を制限して腐敗を防止している。一方、下水汚泥のメタン発酵においては、炭酸ガスの溶解度が高いほどメタン発酵しやすくなることから、逆に下水汚泥を減圧処理することにより炭酸ガスを脱気させて、メタン発酵を抑制できる可能性がある。また、汚泥の減圧処理は汚泥に同伴する気泡の脱気作用や、腐敗菌の制菌作用も期待できるため、汚泥の濃縮性や脱水性を改善する効果が期待できる。

3. 減圧処理方法

下水汚泥から発生するガスは非常に少ないため、密閉容器に充填させた汚泥を下部より排出することにより、容器内上部に真空相ができるため容易に減圧処理できる。図1に減圧処理のメカニズムを示す。下水汚泥は最初沈殿池で発生する生汚泥と、最終沈殿池で発生する余剰汚泥（活性汚泥）とがあるが、容器からの排泥率と圧力降下の関係は有意な差がある。

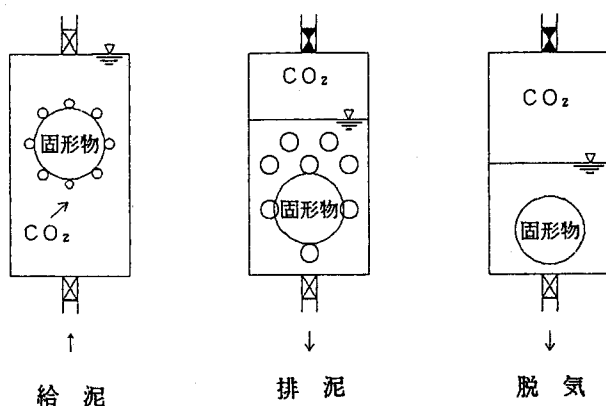


図1 減圧処理のメカニズム

一般に初沈汚泥では汚泥容量の10％、余剰汚泥では5％程度のガスを脱気することができるが、この差が減圧特性の差となっている。図2に排泥率と圧力降下の関係を示す。減圧されることにより汚泥に同伴した気泡は、圧力に反比例して大きくなるため脱気作用を促進する効果がある。

絶対圧で0.5気圧の圧力まで降下する過程で、ほとんどのガスが脱気されるため20％の排泥率で0.2気圧以下の圧力を数日間維持することができる。

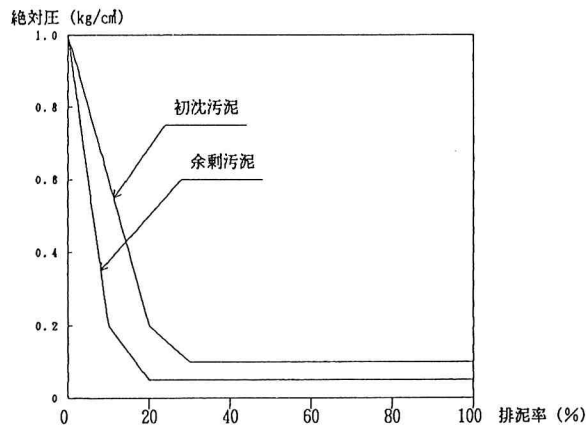


図2 排泥率と圧力降下の関係

4. 減圧処理による脱気ガスの組成

腐敗が進行している下水汚泥の減圧脱気ガス組成を表1に示す。この結果からも腐敗の過程で炭酸ガスが生成していることが裏づけられるが、炭酸ガスは比較的水に対する溶解度が高いために容易には脱気しない。しかし、減圧処理により、汚泥に同伴している気泡だけでなく、溶解した炭酸ガスも過飽和状態になって脱気するものと考えられる。

表1 減圧脱気ガス組成

	汚泥種類	CH ₄ (vol%)	CO ₂ (vol%)
採取直後	初沈汚泥	1.49	11.25
	余剰汚泥	0.50	4.20
2週間貯留後	初沈汚泥	2.28	30.10
	余剰汚泥	0.47	12.4
4週間貯留後	初沈汚泥	4.28	57.38
	余剰汚泥	9.42	24.44

実際に、汚泥の減圧処理によってpHが上昇したりアルカリ度が低下することから、溶解性の炭酸ガスが脱気していることが液体側からも裏づけられている。

5. 脱気作用による汚泥濃縮性改善効果

汚泥が腐敗すると、炭酸ガスやメタンガスを同伴して汚泥の見掛密度が低下するため、重力沈降速度が低下して汚泥の濃縮性が悪化する。さらに腐敗が進むと一部汚泥は、気泡の上昇に伴って浮上分離し、濃縮槽の脱離液側に移行するため、固形物回収率を悪化させる結果になる。

減圧処理による脱気作用は、汚泥の真密度を回復させて汚泥の沈降速度を高めることができるため、汚泥の濃縮性を改善する効果がある。写真1に減圧処理による沈降分離効果を示す。

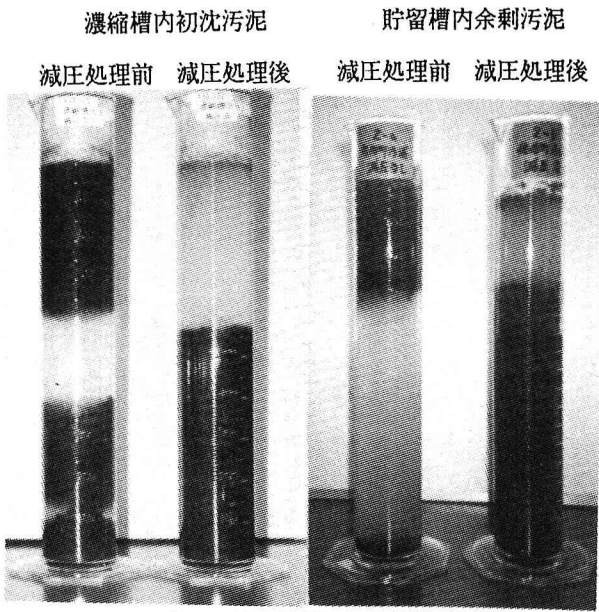
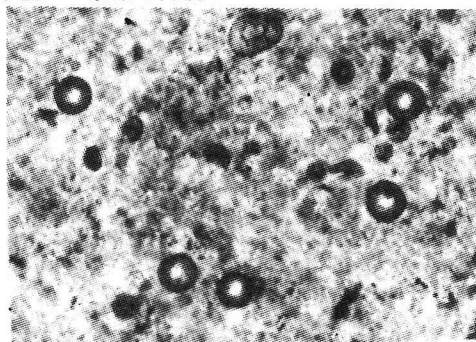


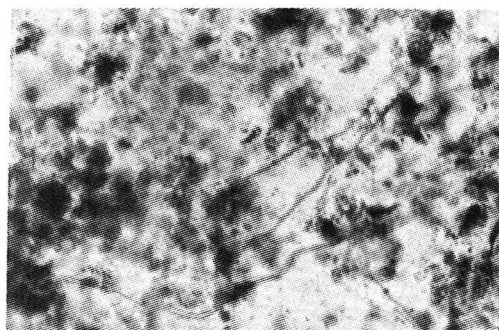
写真1 減圧処理による沈降分離効果

写真2に減圧処理による脱気効果を示す。減圧処理前の写真には1000 μ mの気泡がみられる。

腐敗の進行度が遅い余剰汚泥ではその改善効果は少ないが、初沈汚泥についてはその効果は著しく、10日間以上その効果を持続させることができる。



減圧処理前



減圧処理後

写真2 減圧処理による脱気効果(83倍)

6. 腐敗抑制効果による脱水性改善

汚泥の脱水性が悪化する原因は、固形有機物が溶解性の酸に分解するためと考えられ、その意味では腐敗の最初の段階からその進行を止める必要がある。一方、汚泥の減圧処理による脱水性改善効果を調べるために、余剰汚泥を大気圧下と減圧下で7日間それぞれ貯留した後、脱水性の指標としてCSTを計測して比較した。その結果、大気圧下で貯留した汚泥は初期のCST値(24秒)の8倍以上(201秒)になったのに対して、減圧貯留した汚泥はほぼ初期値に近い値(31秒)であり、脱水性が改善できる可能性が高い。

7. 減圧処理による汚泥の濃縮性と脱水性の改善効果の実証テスト結果

S処理場において、貯留汚泥の腐敗を抑制して、汚泥の濃縮性と脱水性を改善する実証テストを実施した。その結果、減圧処理をしない場合には汚泥濃度1%で脱水ケーキ含水率が85%程度であったが、減圧処理を行った場合には、汚泥濃度が1.5~2.0%に向上し、凝集剤の薬注率を下げたにもかかわらず脱水ケーキ含水率が81~82%に低下した。

またF処理場においては、夏期の初沈汚泥について減圧処理の実証テストを行い、実機重力濃縮槽内では汚泥が浮上分離して濃縮率とSS回収率が悪化していたのに対し、減圧処理実証テスト機ではそれぞれ2倍以上に改善することができた。図3に減圧処理システムを示す。

8. おわりに

ポンプの吸込力を利用した汚泥減圧処理は、簡便な汚泥改質方法としていろいろな応用が考えられるが、今後はそれらの経済性も含めた検討を行う必要があり、長期実用試験でのデータの収集を行う計画である。

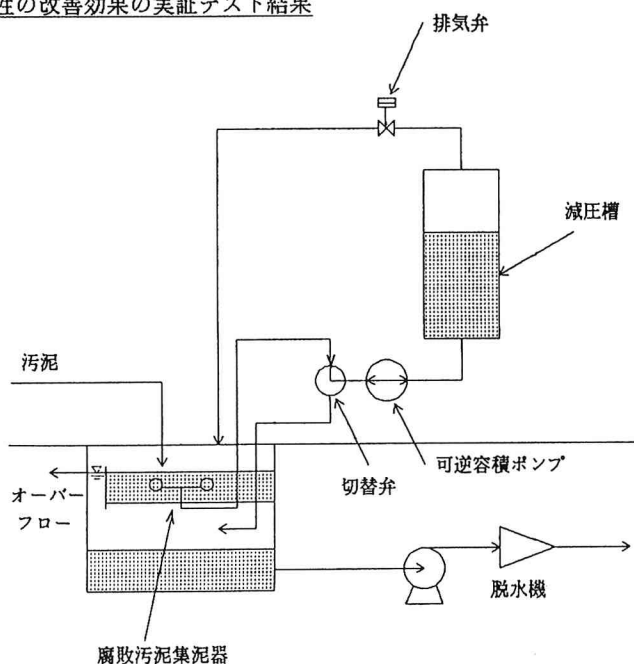


図3 減圧処理システム