

水熱反応による可溶化汚泥の減容化特性ならびに生分解性特性に関する研究

山口大学 ○福田高史（学）、今井 剛（正）、浮田正夫（正）

宇部高専 村上定瞭（正）、（株）サニックス 大村一樹

1. はじめに

我が国の産業廃棄物において、その年間排出量の約半分を汚泥が占め、排出量は約2億tにものぼる。その中で、下水処理に伴い排出される余剰汚泥は約1割を占めている。現在の下水処理は、一般に活性汚泥法によりなされているが、この処理法は上記の余剰汚泥が大量に発生するという大きな欠点がある。余剰汚泥は通常、初沈汚泥と混合（以下、混合汚泥）されて廃棄物として埋め立て処分されている。周知のように最終処分場が絶対的に不足している現在、この混合汚泥の最終処分量を減らすことが社会的に強く求められている。よって本研究では、この問題に対処すべく考案された、水熱反応を利用した下水と廃棄物の合併処理システムの構築を目的とする。図1に示すように、本システムは好気性処理、水熱処理、嫌気性処理の三種類の技術を組み合わせたもので、汚泥の減容化ならびにエネルギー回収による資源化が可能である。

2. 水熱処理による汚泥の可溶化

2-1 亜臨界、超臨界反応

図2に水の飽和蒸気圧曲線を示す。この曲線において、374℃、22MPaの点を水の臨界点といい、この条件より下側付近を亜臨界、上側を超臨界という。亜臨界では気相と液相の2相が存在する。液相側ではイオン反応が主体で加水分解反応が起こる。気相側ではラジカル反応が主体的に起こり熱分解、再結合、脱水縮合、脱水素、脱酸素などの各反応が複雑に絡み合って進行する。超臨界では気相・液相の区別がなくなり、ラジカル反応が主体となる。本実験では、コスト面を考慮し、無触媒の条件で水の亜臨界（温度100～374℃、圧力0.1～22MPa）域における液相での加水分解反応を優先的に行わせた。

2-2 実験方法

実験装置の概略図を図3に示す。本装置は容積100mLのインコネル製反応容器に攪拌用のステンレス球を入れ、これを振とう機に取り付けたものである。実験は、圧力が無限大に増大するのを防ぐため試料を40mLとし、回分式で行った。反応容器内を常温から昇温させ、設定した水熱処理温度に1時間保持した後、冷却して常温に戻してから試料を取り出し、分析を行った。反応容器内の水熱処理温度は100℃～350℃の亜臨界状態に設定し、液相での加水分解反応を優先的に行えるようにした。試料は宇部市東部浄化センターから採取した混合汚泥を用いた。

2-3 実験結果及び考察

図4、5及び6に水熱処理による混合汚泥の可溶化特性を示す。汚泥の可溶化とは、汚泥を構成する微生物細胞を解重合、低分子化することである。汚泥を構成する菌体の大きさは数 μm 程度であり、本実験ではこれが1.2 μm のGF/Cろ紙を通過できる大きさになることを可溶化と定義し、その割合を可溶化率とした。可溶化率は、固形物(SS)、有機性固形物(VSS)、無機性固形物(ISS)について測定した。図4より、VSSについて

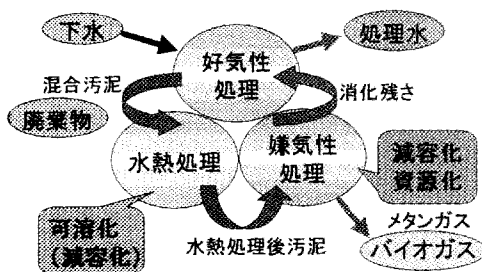


図1 下水と廃棄物の合併処理

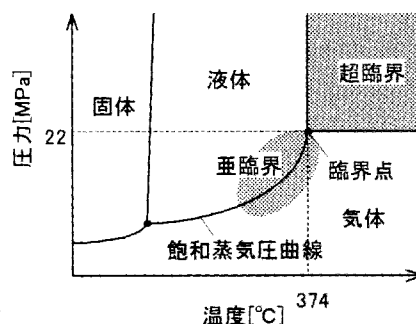


図2 水の飽和蒸気圧曲線

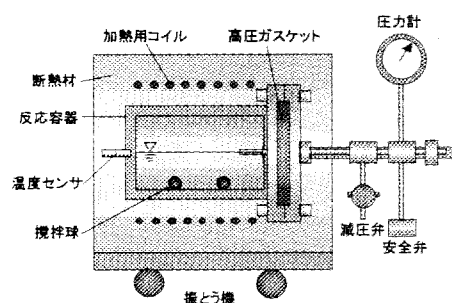


図3 回分式水熱処理実験装置

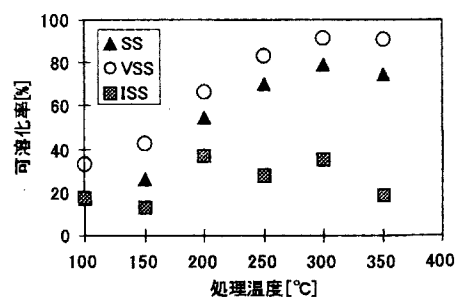


図4 水熱処理における可溶化率

は処理温度250℃で可溶化率が80%を超え、300℃では85%以上の値が得られたことから水熱処理による汚泥の可溶化、言い換えると減容化が確認された。溶解性の全有機炭素量(DOC)、生物化学的酸素要求量(BOD)については、図5, 6に示すように両者とも処理前よりも処理後の方が高い値を示し、250℃までは温度が上昇する程高い値を示した。しかし、250℃以上の温度となると、DOC, BODともに減少傾向にあった。この要因として、250℃までは汚泥の可溶化が進行するため液相中の有機炭素量が増加するが、それ以上の温度となると有機炭素がガス化して二酸化炭素となる割合が増加するため減少したものと考えられる。したがって、嫌気性処理におけるバイオガス回収と、装置運転コストを考慮した場合、装置運転温度は200℃以下で行うことが望ましいと考えられた。

3. 嫌気性消化による水熱処理後汚泥の資源化及び減容化

3-1 バイアル実験

嫌気性消化による水熱処理後汚泥の減容率、及びエネルギーとして回収できるメタンガスへの転換量を比較し、汚泥の減容化及び資源化について検討するため、バイアル実験を行った。

3-2 実験方法

嫌気的条件下で、容積500mLのバイアルビンへ種汚泥として消化汚泥300mLを投入して密閉し、35℃に保持した水中で振とうさせた。1日に一度、基質としての処理後汚泥(10 or 20mL)を与える毎にバイアルビン内の汚泥とガスのサンプリングを行い、基質の減容率及びメタン転換率を測定した。種汚泥は宇部市東部浄化センターから採取した消化汚泥を用いた。処理温度150℃、200℃で水熱処理したSS込みの可溶化液、及び対照系として水熱処理前の混合汚泥を基質として用い、各基質の生分解性を比較した。バイアルビン内の汚泥滞留時間は15日と30日の2系統とし、基質の消化速度についても検討を行った。

3-3 実験結果及び考察

図7に汚泥の累積メタンガス転換量の経日変化、図8に各基質のSSとVSSの減容率を示す。()内の数字は汚泥滞留時間を示す。メタンガス転換量については、汚泥滞留時間30日の処理後汚泥は処理前の混合汚泥とほぼ同値を示したが、滞留時間15日のものは30日のものよりも低い値を示した(図7)。減容率については、処理温度150℃の処理後汚泥は処理していない混合汚泥とさほど変わらなかったが、処理温度200℃の処理後汚泥については処理前の混合汚泥に比べ2倍近く減容化し、減容率は約5割を得た(図8)。さらに、これに水熱処理過程での減容化が加わると、処理前から約8割の減容化が可能であることが明らかとなった。また、汚泥滞留時間による影響がみられなかったことから処理日数の短縮が示唆され、メタンガス回収率は多少悪くなるものの消化タンクの大きさを半分以下にできる可能性が示された。

4. 結論

実験結果より、水熱処理が汚泥の減容化に対して有効であることが確認された。さらに、処理温度200℃の水熱処理汚泥を汚泥滞留時間30日の条件で嫌気的に消化させると、処理前から比較して約8割もの減容化が可能であり、さらには消化タンクの大きさを半分以下にできる可能性が示唆された。以上より、本処理法の汚泥の減容化及び資源化に対する有効性が示されたと考えられる。

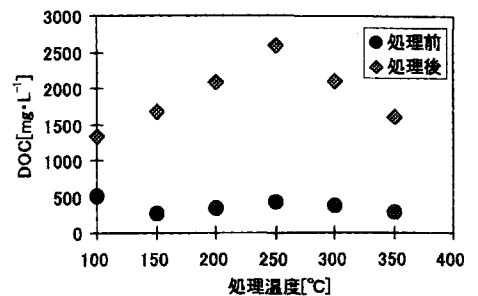


図5 水熱処理によるDOCの変化

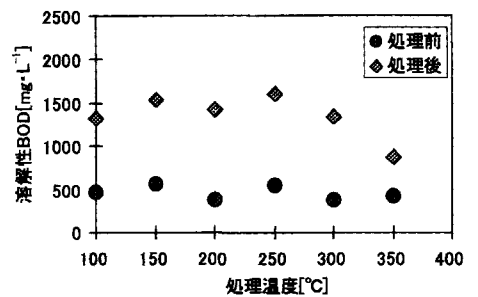


図6 水熱処理によるBODの変化

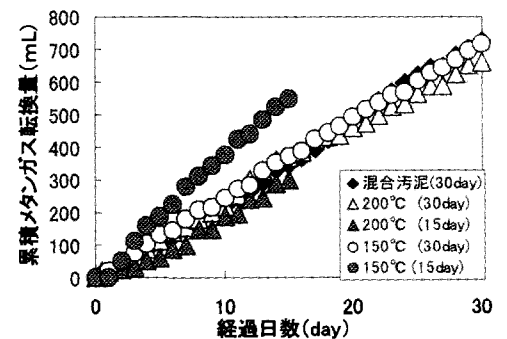


図7 累積メタンガス転換量

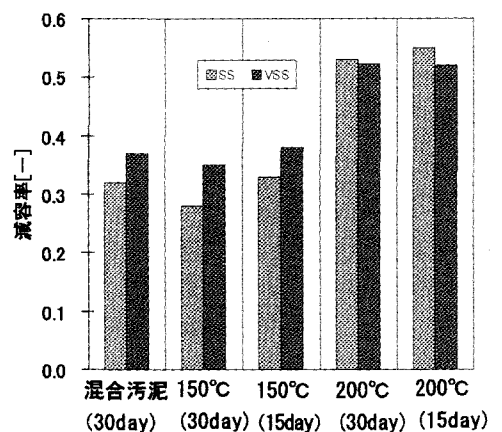


図8 汚泥の減容率の比較