

II-480 下水汚泥の接触湿式酸化嫌気性消化に関する研究

○京都大学工学部 学員 宋 在峻
 京都大学工学部 正員 武田信生
 京都大学工学部 正員 平岡正勝

1. はじめに

有機性廃棄物や下水汚泥中には生物処理では分解困難な濃度の高い(可燃性)懸濁物質やCOD、アンモニア性窒素を含む廃水が多い。これまではこれら有機性廃棄物と下水汚泥を高率的に処理する技術がなく、新たな技術の開発が望まれている。また、最近では下水処理場で発生する汚泥量が年々増加し、その汚泥対策が大きな課題となっている。本研究で対象とするプロセスは、前処理として高温高压の条件下で特殊な触媒を用いて下水汚泥を部分酸化・可溶化させ、この処理水からUASB法による嫌気性消化処理でエネルギーをメタンガスとして回収するというものである。従来の嫌気性消化では難分解性物質を含む下水汚泥に対してCOD除去率が50%程度で限界となる場合がある。このプロセスによりCOD除去率を向上させ、同時に除去されたCODをメタンガスとしてエネルギー回収できる。

2. 実験装置および実験条件

図-1に本研究のトータルシステムを示す。供試廃水の前処理を行う接触湿式酸化処理装置の主要な構成は、触媒の充填されていない加熱器、触媒が充填されている反応器のほか、圧縮器、ポンプ、原水タンク、冷却器、気液分離器などである。下水汚泥は原水タンクからポンプを経由し、圧縮器で空気と混合される。排ガスは加熱器→反応器→冷却器→気液分離器を経て処理され大気に放出される。本実験で用いた下水汚泥はSS濃度が32,100mg/Lであり、これを接触湿式酸化処理実験条件270℃、86kg/cm²、10L/h空気比1.1で前処理した。この結果、下水汚泥中の可燃性浮遊物は90%程度可溶化され、汚濁成分の50%以上が分解し、ガス化された。残渣を沈降させ、上澄み液をUASB法嫌気性消化の供試廃水とした。図-2にUASB法嫌気性消化実験装置を示す。反応器は内径8cm、塔高68cmのアクリル製カラムであり、反応器容積は3.08Lである。反応器は保温ボックスに入れ、35±1℃にコントロールした。供試排水のpHは7.0~7.2に調整した。水理学的滞留時間(HRT)は24時間から4時間に設定した。供試廃水中のCOD濃度を増加させることにより実験を行った。実験は反応器のCOD負荷を1.8kgCOD/m³・dayからスタートさせ、処理水の回収メタンガス量から計算したCOD回収率が90%を超えることを管理目標とし、負荷を14.4kgCOD/m³・dayまで段階に増加させた。種汚泥はA市下水処理場の消化槽から採取し、この消化汚泥を種付け前に0.5mmメッシュにかけ、さらに遠心分離によって19,200mgMLSS/L(VS/SS=63%)に濃縮した。この濃縮種汚泥2LをUASB反応器中に投入し、酢酸、グルコース、微量重金属、無機塩類(COD:N:P=100:2:1)で3ヶ月間培養してから実験を行った。

3. 実験結果および考察

表-1に下水汚泥前処理水のUASB法による実験結果を示す。COD 7,200mg/Lを希釈調整した原水をリアクタで処理したものである。負荷を1.8kgCOD/m³・dayから徐々に増加させ14.4kgCOD/m³・dayまで行った。COD除去率は91~95%と良好な結果が継続した。図-3にガス発生量、容積負荷、ガスのメタン

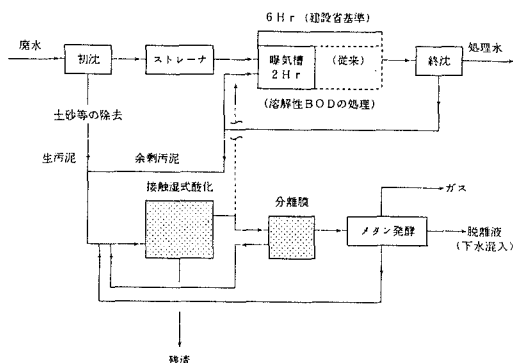
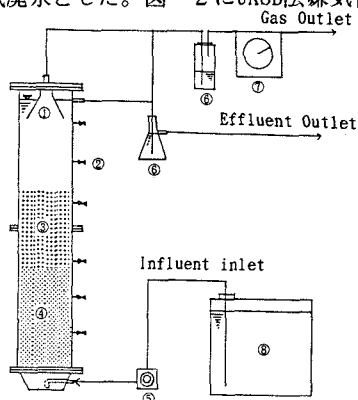


図-1 本研究で対象とする下水処理のトータルシステム



1. GSS Devices 5. Feeding Pump
 2. Sampling Port 6. Trap
 3. Sludge Blanket 7. Wet Gas Meter
 4. Sludge Bed 8. Substrate Reservoir

図-2 実験装置概要図

含有率の経日変化を示す。表－1から酢酸を主体とした有機酸は嫌気性消化によってほとんど除去されているが、組成が特定できなかった高分子有機物は有機酸まで分解されずに残留していることが分かった。したがってHRTは4時間で十分といえる。原水のpHは5.5であり、処理水のpHは7.4～7.8となった。また処理水のSSは10～20mg/Lと低かった。このことはグラニユールに付着している微生物の流出が少ないことを示しており、処理は良好といえる。接触湿式酸化した下水汚泥の嫌気性処理より発生したガス組成はメタンガスが84.6～88.1%である。これは下水汚泥を前処理なしで嫌気性処理した場合よりもメタンの含有率が高い。本研究ではUASB式嫌気性消化法の下水汚泥処理への適用とその高効率化のため、接触湿式酸化法をUASB法の前処理として嫌気性消化実験を行い、接触湿式酸化下水汚泥の生物分解性及びUASB反応器の操作特性という観点から、接触湿式酸化法とUASB式嫌気性消化法を組み合わせた新しい下水汚泥処理システムについて実験的に考察した。以下に本研究で得られた成果について述べる。

①供試廃水の前処理としての接触湿式酸化処理プロセスについて：固形性下水汚泥の接触湿式酸化における可溶性反応を中心に、下水汚泥を構成する各種物質の変化過程を検討した結果、下水汚泥に接触湿式酸化処理を施すことによって、固形性下水汚泥の可溶性反応が起こり、トータルSSの可溶性率は76%となったが、可燃性のSSすなわち有機性浮遊物の可溶性率はほぼ100%であることが分かった。

②グラニユールの形成について：酢酸を主とする人工基質によるグラニユール培養はベッド内に20,000～40,000mgVSS/L程度の高濃度汚泥が保持され、これがグラニユールの形成となり、きわめて高い容積負荷での高速メタン発酵処理が可能となった。

③接触湿式酸化下水汚泥のUASB反応器への適応性：人工基質中に接触湿式酸化処理水を添加した混合基質の実験から、低い容積負荷より、むしろ湿式酸化処理水の濃度が低い方がCOD除去率が高いことを明らかにした。しかし高い容積負荷では高速のメタン発酵処理ができないことも分かった。

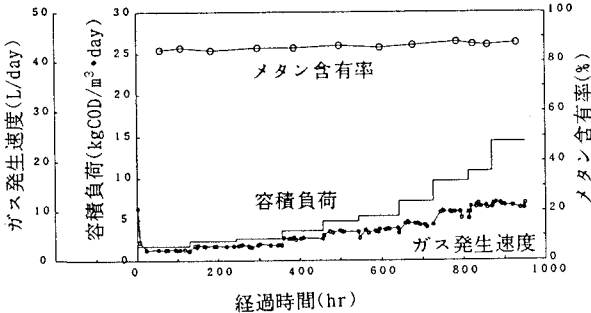
④UASB法による接触湿式酸化下水汚泥処理について：高負荷・高増殖速度の培養条件下で形成させたグラニユール汚泥を長期間低負荷接触湿式酸化処理水に適用すると、グラニユールは崩壊する傾向を示し、汚泥濃度は全体的に実験初期よりも低く、ベッド内での生物保持能の低下をもたらすことが確認された。また低い容積負荷の条件下では高メタンCOD回収率、高COD除去率を得るが、容積負荷が14.4kg・COD/m³・day以上になると、メタンCOD回収率、COD除去率ともに60%以下になることが確認された。しかしグラニユールの保持には影響がないことが観察された。下水汚泥を接触湿式酸化処理した後、メタン発酵に阻害現象が起きた原因は不明であるが、接触湿式酸化処理水中に成分の不明な有機物質が存在することが明かとなり、しかもその成分の不明な有機物質は二相消化によってもあまり分解されなかった。この成分不明の有機物質の特定とメタン発酵を阻害するメカニズムの解明が今後の研究課題である。

4. おわりに

接触湿式酸化条件をさらに検討し、また、より高濃度・高処理効率をもつグラニユールを培養することによって、接触湿式酸化とUASB式嫌気性消化法を組合せたシステムを下水汚泥に適用することは可能と考えられる。最後に今回の実験に協力して頂きました大阪ガス総合研究所の原田氏ならびに山崎氏に深く感謝いたします。

表－1 下水汚泥前処理水のUASB法実験結果

Run No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
COD容積負荷 (kg・COD/m ³ ・day)	1.8	2.4	2.7	3.6	4.8	5.4	7.2	9.6	10.8	14.4	
ガス発生量(L/day)	2.23	2.98	3.07	4.48	5.81	5.18	7.37	9.83	10.8	11.1	
メタン含有率(%)	85.3	84.8	85.7	85.7	86.7	85.9	86.9	88.1	86.9	87.7	
COD回収率(%)	92.5	88.2	85.3	93.5	92.0	86.2	78.0	79.1	78.0	58.0	
T-COD(mg/L)	110	239	243	254	337	358	309	663	884	1093	
S-COD(mg/L)	89	214	238	238	320	358	291	574	921	1021	
T-COD除去率(%)	93.8	90.1	81.0	92.9	93.0	93.4	95.7	93.1	90.1	92.4	
有機酸 (mg/L)	酢酸	< 1	< 10	< 5	40	25	23	24	49	357	433
	プロピオン酸	13	10	15	16	< 10	23	18	< 10	< 10	< 10
	i-酪酸	30	37	18	< 10	11	19	62	19	127	52
	n-酪酸	11	23	80	37	154	135	98	120	135	139
	i-吉草酸	< 1	9	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	16
	n-吉草酸	< 1	< 1	< 5	< 5	< 5	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10



図－3 ガス発生量、容積負荷、ガスのメタン含有率