

下水汚泥の油化処理

オルガノ株式会社 ○伊藤新治、鈴木 明、中村 忠
資源環境技術総合研究所 横山伸也

1. はじめに

下水汚泥は国内で年間約5000万t（含水率98%基準）発生しているが、近年、その処分形態の減容化及び安定化のため、脱水後に焼却しているところが多い。しかし、脱水汚泥のような高含水物を焼却するためには一般に補助燃料が必要である。

演者らの研究グループは、下水汚泥をはじめとする有機性廃棄物の新しい処理方法として、直接熱化学的液化法による油化処理技術に関する研究開発を進めている。この油化では、高温高压（約300℃、約10MPa）の無酸素条件下で汚泥中の有機物が重油状のオイルに変換され、これまで燃料を消費していた汚泥処理システムから逆にオイルを生産できる。今回は、0.5t/dの連続装置で下水汚泥を油化した運転結果を報告する。

2. 実験方法

図1に使用した連続油化装置のフローを、表1に主要機器の仕様を示す。この装置は、脱水汚泥を0.5t-wet/dで処理することができ、下水処理人口としては約2000人に相当する。

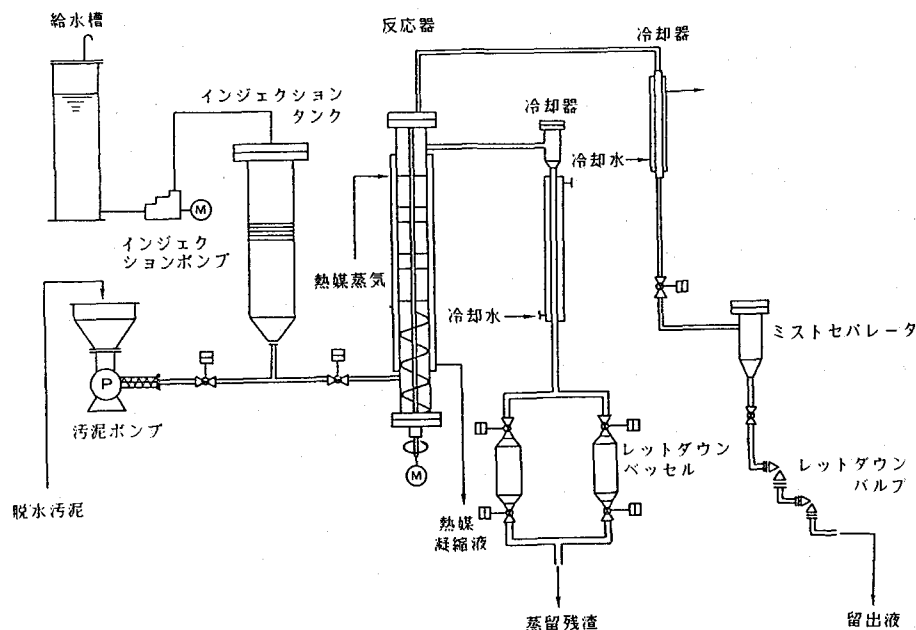


図1 連続汚泥油化装置のフロー

装置の運転方法

表1 主要機器の仕様

機器名称	仕 様
汚泥圧送ポンプ	型式：スネークポンプ 能力：0.75m ³ /h×16kg/cm ²
インジェクションポンプ	型式：プランジャーポンプ 能力：0.04m ³ /h×200kg/cm ²
反応器	型式：掻面式熱交換器 寸法：150A×3250L 材質：クROMリブテン鋼 設計条件：400℃、200kg/cm ² 攪拌羽根 下部：スクリュウコンベア 上部：Jタイプスクレーパ
レットダウンバルブ	型式：空気作動式圧力コントロールバルブ 設計条件：入口 100℃、200kg/cm ² 出口 100℃、大気圧

は、まず、下水処理場から採取した脱水汚泥を汚泥ポンプのホッパーに投入し、混練した。次に、汚泥をインジェクションタンク内のピストンの

下部に一旦充填した後、インジェクションポンプを稼働させてインジェクションタンク内を反応器の圧力にまで加圧し、汚泥を反応器に圧入した。反応器内では、閉塞防止及び伝熱効率の維持の為に攪拌を行いながら、反応器の外部ジャケットに供給した熱媒蒸気によって反応温度まで汚泥を加熱し、油化反応を行わせた。反応器の上部で反応物の一部を蒸発させ、留出蒸気と蒸留残渣とに分離した。留出蒸気は水冷して凝縮させ、ミストセパレータに一時的に貯留し、レットダウンバルブを用いて系内の圧力を維持しながら連続的に減圧して回収した。一方、蒸留残渣は、薄膜流下式冷却器で冷却した後、2基のレットダウンバセセルに交互に受入れて減圧を行い、回収した。回収した留出液及び蒸留残渣のそれぞれのプロダクトを、運転結果の評価の為に図2に示すようなジクロロメタンを用いた抽出-ろ過法により、オイル、チャー及び水性相の3相に分離した。

表2に運転条件及び供試汚泥の性状を示す。供試汚泥としては、高分子凝集剤を添加してベルトプレスで脱水した混合生汚泥を使用した。

3. 実験結果及び考察

表3に実験結果として有機物収率を示す。

留出液と蒸留残渣のオイル収率の合計は49～52%に達しており、油化反応によって汚泥中の有機物のほぼ半分をオイルに変換できた。留出液からは11～16%のオイルが回収されたが、反応残渣であるチャーはほとんど含まれておらず、蒸留操作によって反応混合物から留出液側にオイルだけを分離できたことがわかる。

表4にオイルの性状を示す。留出液中の

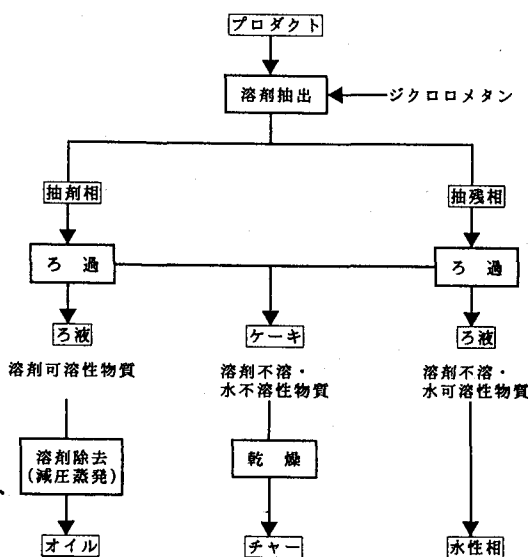


図2 抽出分離操作

表2 供試汚泥及び実験条件

Run No.	A	B
供試汚泥		
含水率 (%)	74.2	82.8
有機物比 (%)	56.9	84.0
発熱量 (MJ/kg-daf)	23.5	23.5
実験条件		
汚泥流量 (kg/h)	15	15
反応温度 (℃)	300	300
反応圧力 (MPa)	11.8	9.8
保持時間 (分)	0	0

表3 有機物収率

Run No.	A		B	
	留出液	蒸留残渣	留出液	蒸留残渣
オイル (%)	15.8	32.8	11.2	40.7
チャー (%)	0.8	8.7	0.2	8.5
水性相 (%)	0.7	3.0	0.1	7.9

オイルは粘度が0.05~0.08Pa・s、発熱量が約38MJ/kgであり、蒸留残渣中のオイルよりも、低粘度かつ高発熱量であった。つまり、蒸留操作によって、油化反応で生成したオイルのうち軽質なオイルだけを選択的に分離できた。このオイルは、粘度及び発熱量としてはB重油に相当するが、酸素や窒素が含まれており、炭化水素を主成分とする石油系重油とは異なっている。

本実験の結果を基に、実装置規模の油化システムのエネルギー収支を計算した。図3に計算結果を示す。この油化システムでは、反応器で分離された留出蒸気は汚泥を予熱して凝縮した後に取り出され、余剰油が分離される。一方、蒸留残渣はフラッシュタンクで冷却及び減圧を行った後、自然焼却され、燃焼ガスから反応器の熱源が回収される。計算では、60t/dの脱水汚泥を外部から補助燃料を投入することなく焼却灰にまで処理することができ、かつ、1.5t/dの余剰油を生産することができる。

表4 オイルの性状

Run No.	A		B	
	留出液	蒸留残渣	留出液	蒸留残渣
粘度 (Pa・s)	0.08	0.90	0.05	1.14
発熱量 (MJ/kg)	37.8	32.8	38.0	33.0
元素組成	炭素 (%)	74.1	73.2	74.0
	水素 (%)	11.0	10.1	12.7
	窒素 (%)	5.2	6.6	5.4
	酸素 (%)	9.7	10.1	7.9

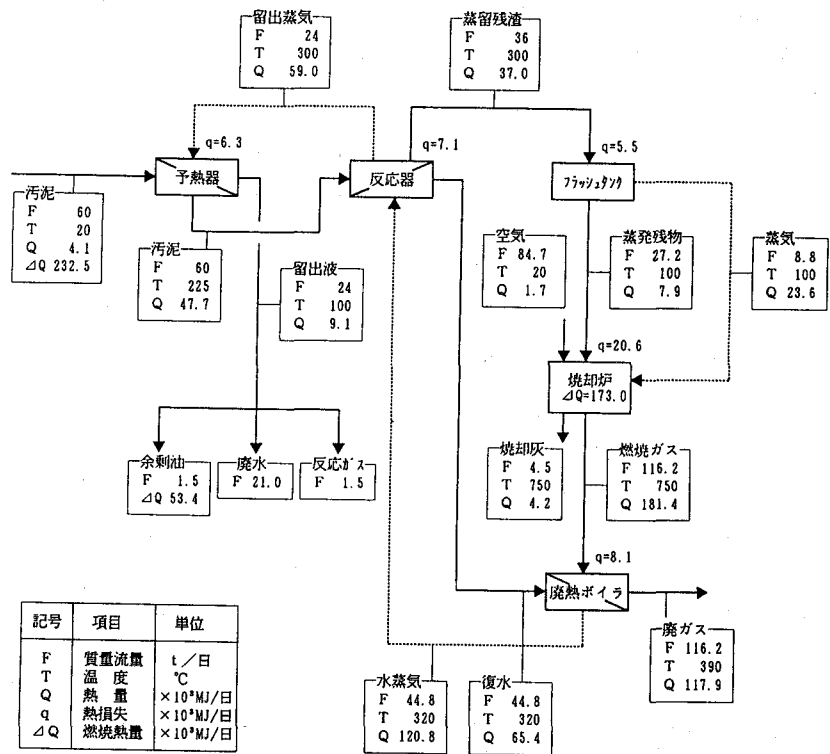


図3 油化システムのエネルギー収支

4. おわりに

直接熱化学的液化法による下水汚泥の油化処理について、連続装置(0.5t/d)の運転を行い、B重油に相当するオイルを、投入汚泥中の有機物重量の11~16%分離できた。また、油化システムのエネルギー収支を計算した結果、自己消費エネルギーは残渣で賄うことができ、分離したオイルは余剰エネルギーとなることがわかった。現在、本技術は5t/dのパイロットプラントによる実証試験を実施しており、実用化を急いでいる。