

京都大学 工学部 正員 平岡 正勝
正員 酒井 伸一
学生員 〇松内 考夫

1. はじめに

下水処理場で発生する汚泥は年々増加の一途をたどり、その処理・処分には汚泥の減量化・資源化および処理に要するエネルギーの節約が求められており、有効な処理方法として汚泥溶融プロセスが検討されている⁽¹⁾⁽²⁾。今回、汚泥溶融プロセスの熱経済性を向上させるために溶融炉のボイラ化を実施し、実験的に検討した。また、プロセス全体のモデル化やトータルシステムの設計を行なうための前段階として溶融炉のモデル化を試みた。

2. 汚泥溶融プロセス

汚泥溶融プロセスのプロセスフローを図1に示す。含水率80%前後の脱水ケーキは乾燥機で含水率40~50%に乾燥された後、コークス・増滓剤とともに溶融炉へ投入され、水分の蒸発、可燃分のガス化、灰分の溶融が行なわれ、スラグとして連続的に排出される。燃焼用空気は乾燥排ガスを燃焼排ガスと熱交換した1次空気と常温の2次空気とに分割して投入される。また、溶融炉を出た排ガスは廃熱ボイラでスチームとして熱回収され乾燥機の熱源に利用される。溶融炉のボイラ化は次の2点に着目して実施された。① 溶融炉の水冷ジャケットにおける未利用の交換熱量はスチームとして回収できる。② 排ガス循環により行なっていた溶融炉空塔部の温度制御は炉内に水管ボイラを挿入することにより実施すればスチームを回収することができる。

図1 汚泥溶融プロセスのプロセスフロー

3. 溶融炉のボイラ化による熱収支の変化

ボイラ化前とボイラ化後の熱収支樹形図を図2、図3にそれぞれ示す。ボイラ化前の熱収支樹形図をみると、汚泥とコークスの発熱による総熱量のうち80%強が排ガスの顕熱・潜熱として廃熱ボイラへ持ち込まれ、30%強がスチームとして熱回収されていることがわかる。回収されたスチームは乾燥機の熱源として利用されるため、脱水ケーキを所定の含水率まで乾燥させるには一定量のスチームが必要であり、スチームの回収率はコークス比に影響すると考えられる。次に、ボイラ化後の熱収支樹形図をみると、溶融炉ボイラと廃熱ボイラで合計5%程度がスチームとして回収され、9%の余剰スチームが発生しており、ボイラ化前と比べて熱回収率が向上しコークス比が低下したことがわかる。未利用の熱量を回収したこと、排ガス循環が必要になることによる熱損失の削減と動力の低減および排ガス量の減少に伴う熱回収系、排ガス処理系の負荷と動力の低減等の点で、溶融炉のボイラ化は有利であるが、反面、プロセスの複雑化による制御の煩雑さ、建設コスト

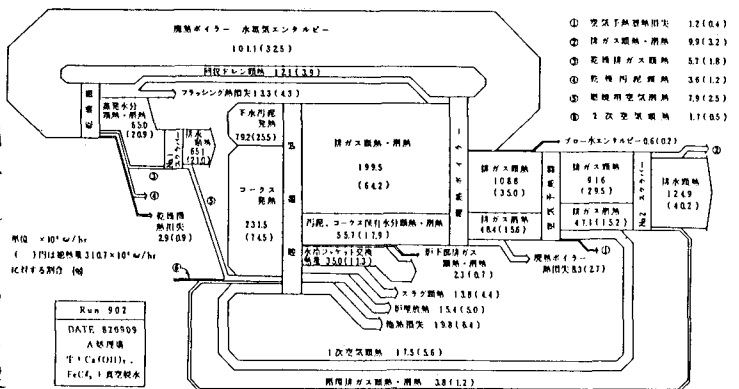


図2 汚泥溶融プロセス熱収支 (ボイラ化前)

の増加等の点では不利であるといえる。

以上から廃熱ボイラの伝熱面積を大きくし、熱回収率を上げることをせずに溶融炉のボイラ化を行なうことの是非は、処理場内での余剰スチームの有効利用も考慮した污泥処理システム全体のシステム解析によって決定されるべきであると考えられる。

4. 溶融炉のモデル化

トータルシステムの設計に用いる溶融

炉のモデルは、現段階では熱力学モデル

よりもできるだけ簡便にプロセスの特性

を表現するような定常モデルを考え方が有効であるといえる。また、溶融炉を1つの反応プロセスとしてモデル化するには、溶融温度、コークスの還元がモデルに考慮されずモデル精度上難点が多いと思われる。そこで、実験結果をもとに溶融炉を溶融ゾーンと2次燃焼ゾーンに分割した定常モデルについて検討した。本モデルにおいて燃焼用空気を污泥に対する燃焼用空気とコークスに対する燃焼用空気とに分け、さらにこれを溶融ゾーンと2次燃焼ゾーンで分けて考える。コークスに対する燃焼用空気の溶融ゾーンへの分配率を α 、污泥に対する燃焼用空気の溶融ゾーンへの分配率を β とする。また、コークスはすべて溶融ゾーンで利用され、污泥可燃分は分配率 β で溶融ゾーンへ移行するものとした。本モデルにより溶融プロセスの各種システムパラメータが計算され、溶融温度のシミュレート結果を図4に示す。溶融温度は β の増加とともに上昇し、温度変化は α が低いほど β に対して大きくなっている。ここで、 α 、 β の現実の値を推定するために次の様な考察を行なった。燃焼用空気は炉下部への1次空気と炉上部への2次空気とに分割して投入されるので、1次空気の全空気量に対する比率と実験値から求め、これを溶融ゾーン内空気量の全空気量に対する比率に等しいと仮定した。これにより任意の α に対して β は一意に決定されることになり、各 α に対する β を図の横軸上に示した。次に各 α 、 β に対する溶融温度を図中により求め α に対する溶融温度として図5に示す。コークスを用いたキュボラ炉ではコークスベッド層は約1600℃と報告されており、污泥溶融プロセスの場合もほぼ同程度であると予想される。溶融温度を1600℃と仮定すればコークスは溶融ゾーンで8割強が完全燃焼し、污泥は可燃分の3割強が2次燃焼ゾーンから移行して溶融ゾーンで反応することが図からわかる。これはほぼ妥当な溶融条件であり、本モデルを用いて溶融炉を定量的に表現できると思われる。

5. 今後の課題

今後は、污泥溶融プロセスを含めた污泥処理トータルシステムの有り方やエネルギーコストの十分な検討を行なうことが必要となる。

参考文献

1) 平岡「代替エネルギーによる污泥溶融プロセス

ヒスラグの再利用に関する研究」第20回下水道研究発表会講演集 2) 同 第21回下水道研究発表会講演集 3) ヒントブック

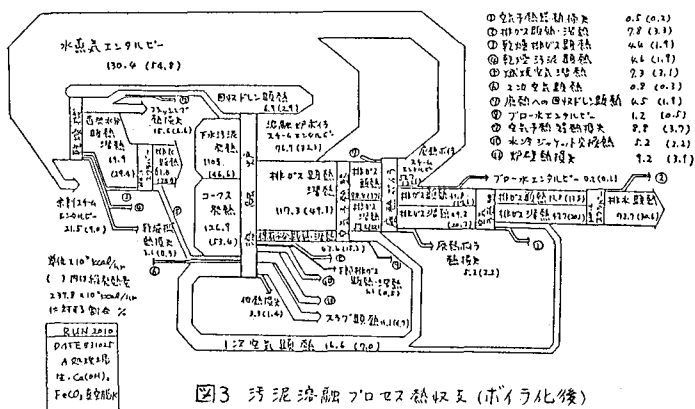


図3 污泥溶融プロセス熱収支 (ボイラ化後)

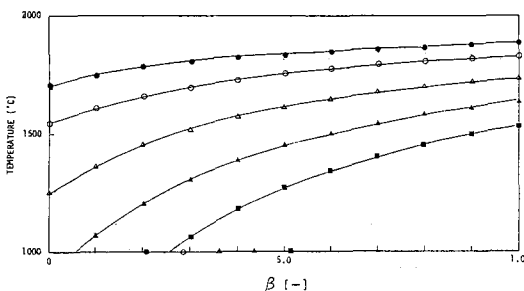


図4 α 、 β に対する溶融温度の変化

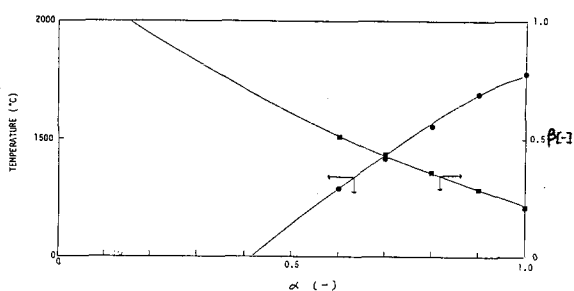


図5 α に対する β 、溶融温度の変化