

京大工学部 正員 平岡正勝 正員 武田信生 京都市 正員 寺井洋一

〔はじめに〕 本研究は土木学会第26回年次学術講演会にひきつづき、スラッジ燃焼機構に関する研究を化学工学的手法で行なっているものである。

〔概論〕 スラッジの燃焼を3段階のモデルに分け、第1段階は乾燥水蒸気として起るとし、第2段階では熱分解反応物質の燃焼が起り、第3段階では固定炭素燃焼が起るとした。既報告の第2段階の研究^①にひきつづき、第3

段階の種々の影響を考慮した反応モデル式を提出した。つぎに、実際の燃焼炉への応用を目指すという観点から、第1・2・3段階の反応モデル式を合成した複雑な式よりも、厳密でなくとも全段階を通じた簡単な式を用いる方が計算における手間などを考えると利点が多い。本報告では、全段階を通して燃焼させ反応速度論的に定式化した反応モデル式を示す。

〔実験〕 実験装置はすでに報告した装置を少し改良したもので、フローシートを図-1に示す。燃焼炉は直径131mm径の型製の炉で18kWの電熱線がとりまかれており、空気の流れは出口に誘引ファンを取りつけた吸出通風式とした。電気炉には9kWの空気予熱器をとりつけた。重量測定はストレーンゲージで行なった。実験方法としては、採集してきた脱水ケーキを湿潤状態で20、30、40%径の球に成型して試料とし、この試料を燃焼炉壁温を700~900℃、空気流速を16.5~45.7 cm/secの実験条件で燃焼させた。燃焼の各段階での特徴的な状態を炉中央の窓より観察し乾燥がはじまって黄色炎着火した時、青炎に変化した時および沈火した時間を記録した。図-2はその1例である。

〔試料〕 試料は京都市島羽下水処理場で採集してきた脱水ケーキを成型して用いた。試料の水分は到着ベースで64wt%で、無機性不燃物は同様に19wt%で、高位発熱量は2,280 kcal/kgである。

〔実験結果および考察〕 試料の重量の経時変化を1例をとって図-2に示す。このときの実験条件は壁温800℃、粒径30%径、粒径基準レイノルズ数は83.8である。図中のI, II, IIIは上に述べた第1, 2, 3段階に相当するものである。反応モデルの定式化において、反応速度式は可燃分量をWと

$$dW/dT = -k W^n \quad \text{---①}$$

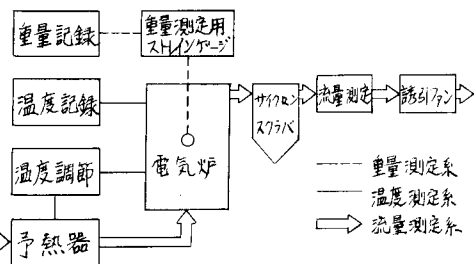


図-1 実験装置フローシート

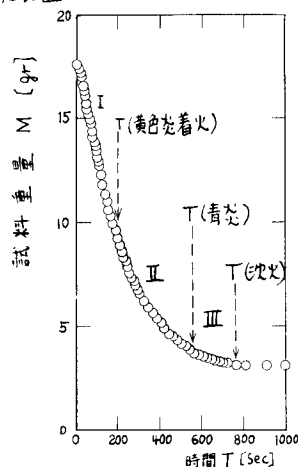


図-2 重量の経時変化

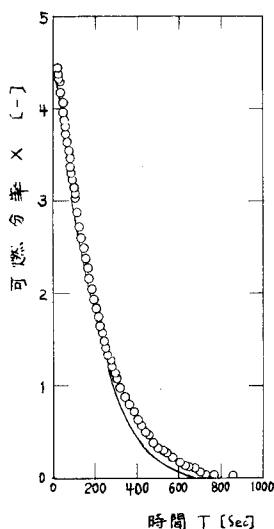


図-3 可燃分率の経時変化

上式でTは時間[sec]， k は反応速度定数， n は反応次数である。重量を正規化するため次のように可燃分率 X を定義する。

$$X = W/W_0 = \{ \text{試料重量} - (\text{灰重量}) \} / \{ (\text{乾乾重量}) - (\text{灰重量}) \} \quad \text{---(2)}$$

この可燃分率 X と時間 T のプロットを図-3に○印で示す。①式を X を用いてあらわすと

$$dX/dT = -kX^n W_0^{n-1} \quad \text{---(3)}$$

となる。③式の n と k の値の推定を下記のように行なう。 n の値は、図-4に示すように X の対数に対する (dX/dT) の対数の割合で求め、 n の値として $3/4$ の値を得た。反応速度定数 k は、ガス温度(T_g)、粒径(D)と流量(U)により影響されるが、この定式化はアレニウス式であらわされると仮定した。次式で表示できる

$$k = k_0 \exp(B/T_g) \quad \text{---(4)}$$

まず、温度(T_g)による影響をみるため $\ln k$ と $(1/T_g)$ を図-5にプロットした。グラフより観察するとプロットは右下がりの直線の中がでる。実際はプロットは上に凹の曲線を与え、反応解析において二本の直線で近似する方法があるが、できるだけ簡単な式で燃焼速度式をあらわしたいので、一本の直線で近似することにした。また粒径20、

30、40%と変化しても傾きは同じと考えられ、結局 $B = -3.166 \times 10^3$ となる。粒径の影響は、切片にあらわれてくるからこの定式化で $k_0 = A \cdot D_0^p$ として求めると、 $k_0 = 0.400 \times D_0^{-0.65}$ と表現できる。ここに D_0 は球状態の粒径である。最後に流量の反応速度定数に与える影響を調べる。粒径基準のレイノルズ数と反応速度定数 k をプロットしたのが図-6である。この図より、この実験範囲でのレイノルズ数の反応速度定数に与える影響はないと考えられる。これらをまとめると反応速度定数は

$$k = 0.400 \times D_0^{-0.65} \exp(-3.166 \times 10^3 / T_g) \quad \text{---(5)}$$

と結論づけられ③式とあわせて反応速度式は

$$dX/dT = 0.400 \times D_0^{-0.65} \exp(-3.166 \times 10^3 / T_g) X^{3/4} W_0^{-1/4} \quad \text{---(6)}$$

とあらわせる。つきに⑥式と実験値との比較のため、⑥式から次式を誘導する。

$$X = \{ -0.100 (D_0^{-0.65} / W_0^{1/4}) \exp(-3.166 \times 10^3 / T_g) \times T + X_0^{1/4} \}^4 \quad \text{---(7)}$$

⑦式をグラフにあらわし、実験値と比較したのが図-3で、反応モデル式による値は実線で示している。このグラフにおいて反応初期と反応後期で不一致がみられる。これは、初期においては球温度のスラッジケーキ球を反応炉内に入れたとき、球の温度が上昇するために時間がかかるので、乾燥における恒率乾燥区間は水分蒸発速度が一定になるためであり、後期においては反応支配段階が灰層内拡散へと変化してくるためと考えられる。[参考文献]①長谷川明「スラッジ燃焼機構の解析」京都大学大学院工学専攻修士論文(1971)②寺井洋一「スラッジ燃焼機構の解析」京都大学大学院工学専攻修士論文(1972)

→とくに、熱分解反応の炭素燃焼反応について

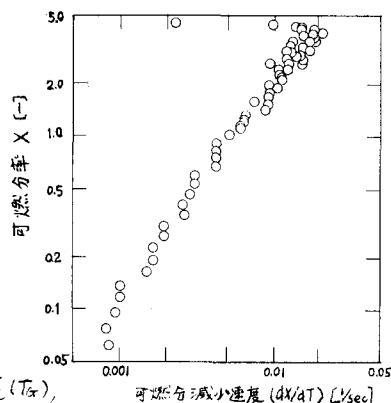


図-4 可燃分減少速度変化

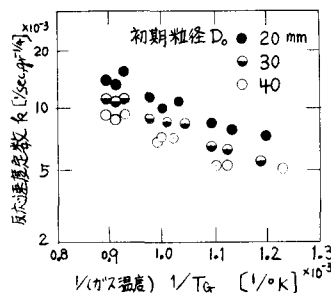


図-5 アレニウスプロット

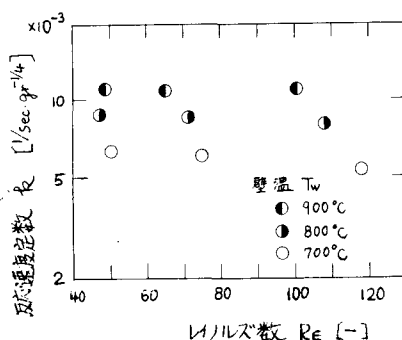


図-6 反応速度定数のレイノルズ数による影響