

京都大学 工学部 正 平岡正勝, 兵庫県 生活部 正 高内政孝
兵庫県 生活部 正 長谷川 明

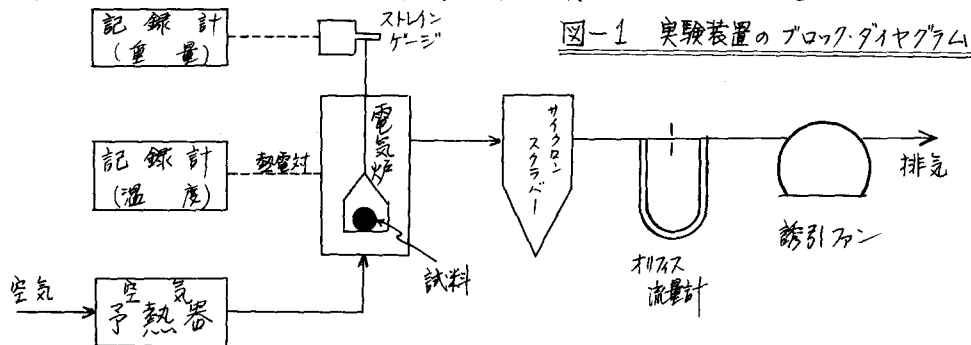
〔はじめに〕 本報は下水スラッジ処理法の1つである焼却処理をとりあげ、このスラッジの燃焼機構を化学工学的に解析しようとするものである。実験としては、絶乾状態のスラッジ球を電気炉の中で燃焼させ、可燃分の減少速度から反応速度を求めることができ、また理論的解析としては、気固相反応モデルの1つである、未反応芯(unreacted-core)モデルを用いて解析し、更にこれを応用しやすいように単純化した2次反応型のモデルを用いて解析した。

〔実験装置〕 実験装置のブロック・ダイアグラムを図-1に示す。炉の直径は131.2mm^φであり、加熱部の長さは580mmのSus27製で、燃焼部が観察できるようにになっている。実験炉の加熱系は18Kwのニクロム線を用いており、空気予熱用として6Kwを、それぞれ変圧器を用いて手動で任意の温度にコントロールできようになっている。また、実験温度範囲は最高1000℃までである。また、重量測定部は、ストレイン・ゲージとX-Yレコーダーを組み合わせたものである。

〔サンプル〕 試料は京都市島羽下水処理場のフィルター・ケーキを使用した。このスラッジは、生汚泥を貯留濃縮し、薬注後、真空フィルターで脱水したものである。ケーキの含水率は、到着ベースで72%、組成は乾量基準で灰分44%、有機分56%である。薬注量はFeCl₃ 6%、Ca(OH)₂ 30%である。このような成分のフィルター・ケーキを直径10, 20, 30, 40mm^φの4種類の球に成型して、これをサンプルとした。

〔着火・燃焼過程〕 スラッジ球の燃焼過程を観察すると、実験開始後数秒〜数10秒で着火する。この着火時間(着火遅れ時間)を t_i [sec] とし、雰囲気温度を T_g [°C] とすると、 t_i と T_g の関係は図-2のようになり、粒径には関係なく、 T_g の関数として、 $t_i = 2.28 \cdot 10^{-23} \cdot T_g^{2.56}$ (1) と表わされる。もともと、これは種々の因子の関数であるが、その中で一番大きい因子は T_g である。したがって、(1) 式の係数 a ところに、その他の因子が集約された形ではいつていることになる。着火にむきつき、黄色炎を出して揮発性物質が燃焼するが、この炎燃焼継続時間を t_b [sec] とし、 $t_b \cdot T_g$ の積と Re 数の関係の一例を示したのが、図-3であり、この関係は次式、 $t_b \cdot T_g = 4249 \cdot 10^{-4} \cdot D_p^{1.514} \cdot Re^{0.0336}$ (2) にって表示できる。

〔実験結果および考察〕 上に述べたように、燃焼には炭をあげて燃える燃焼と炭を出さない固定



炭素燃焼があり、前者を燃焼の第1段階、後者を第2段階ということにする。ここでは、core model による解析は省略し、応用のための *simplified model* を用いた考察を行なう。全反応過程を通じて半反応と考えるとプロットした結果、 $n=1/2$ となれば半反応としたときが最も良好な結果を得た。この

グラフを図-4に示す。これによると第1段と第2段の境界が直線の勾配の変化する点とよく一致する。いま、第1、第2段階の直線の勾配を、それぞれ R_1 とすると、半反応型の燃焼速度式は、 $-dC_A/dt = R_1 \cdot C_A^{1/2}$ 、 $-dC_A/dt = R_2 \cdot C_A^{1/2}$ となる。ここで C_A は可燃分率 (= 可燃分重量/最初サンプル重量) である。第1段階の速度定数 R_1 は、アレニウスプロットをこ

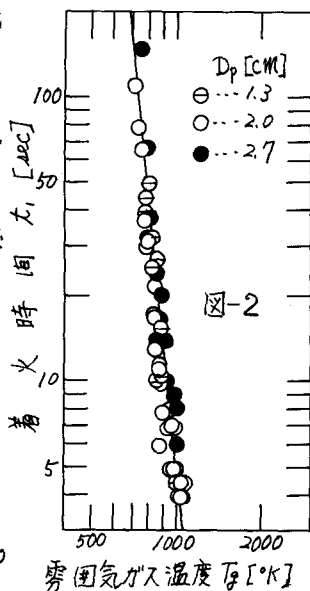


図-2

次に、第2段階の速度定数 R_2 について考えると、 T_g , D_p などではなくて球内の空隙率 (ϵ) が、かなり大きな役割をはたしていると考えられる。そこで、第2段階が ash layer 拡散律速に近いと仮定して、拡散律速モデル

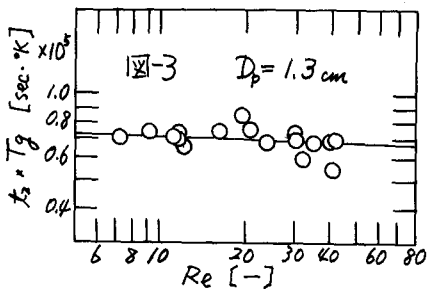


図-3 $D_p = 1.3 \text{ cm}$

から得られる理論値を、半反応としてプロットした実験値のグラフに適用すると、理論値の方が低めにずれる。これは多孔質内の有効拡散係数 D_{eff} の決め方に問題があり、Krishna の式 $D_{eff}/D_0 = 0.35 \cdot \epsilon^{2.2}$ (4) から計算した値を使っているが、これよりも大きい値を用いることにより実験値と合うようになる。一方、core model による全反応終了時間の理論値で $t_{theo} = (0.6 R^2 / 6 \cdot D_{eff} \cdot C_{g0})$ のかわりに実験値で $\exp$ を用いて逆に求めた有効拡散係数 D_2 を用いることにより補正することができる。このようにして得られた D_2 と R_1 , T_g の関係で調べると次式のようになる。

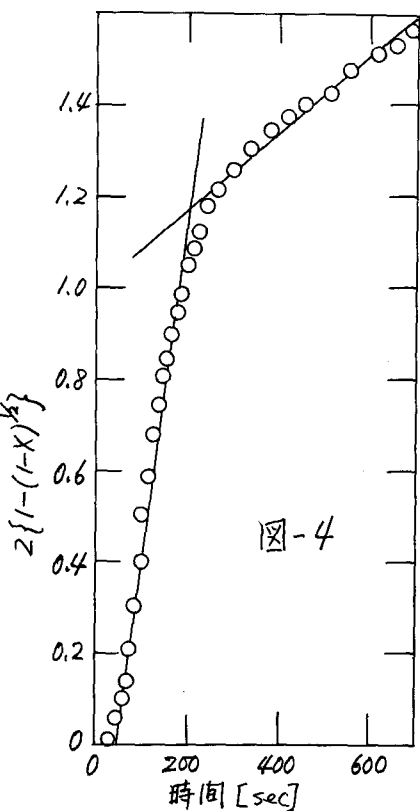


図-4

$D_2 = 0.63 \cdot 10^{-7} \cdot D_p \cdot \sqrt{R_2}$ (5)
 $D_2 = 1.52 \cdot 10^{-19} \cdot T_g^{6.06}$ (6) これから、 R_2 を D_p と T_g の関数として表示すると、 $R_2 = 5.81 \cdot 10^{-36} \cdot (T_g^{12.12} / D_p^2)$ (7) となり、最終的に次の2つの速度式(燃焼の)を得る。

$$\text{第1段: } -dC_A/dt = 9.14 \cdot D_p^{1.15} \cdot \exp(-137/T_g) \cdot C_A^{1/2} \dots (8)$$

$$\text{第2段: } -dC_A/dt = 5.81 \cdot 10^{-36} \cdot (T_g^{12.12} / D_p^2) \cdot C_A^{1/2} \dots (9)$$

以上、応用のための *simplified model* として、半反応型の反応速度式を用い、 T_g , D_p , C_A の関数として燃焼速度を表示することができた。『都立大学大学院工学専攻科修士論文 [参考文献] 長谷川 明「スラッジの燃焼機構の解析」京