

京都大学工学部 正 岩井重久
○ 京都大学工学部 正 浦辺真郎
日立造船(株) 滝口秀則

1. 研究の目的 前報¹⁾では、汚泥層内の熱移動を熱伝導現象として解析したが、今回は、質量移動をも考慮に入れ、熱と物質の同時移動現象として解析する際に必要と思われる基礎的な実験を行ない、今後、詳細な解析を加える一助とするものである。

2. 実験装置および実験方法 図-1に実験装置の概略を示す。試料汚泥を入れる石英容器の(60mm ϕ , 38mm高, 上面から5, 9, 14, 27mmの各位置で温度測定)周りを耐熱レンガで囲み, 上部の加熱板(1kW, 2kWの二種)から, 熱を流入させた。また, 通風は自然通風のみである。温度測定は アルメル・クロメル熱電対(4.3mm ϕ), 重量測定は, ストレインゲージ(100g測定可能)を用いて, それぞれ行った。

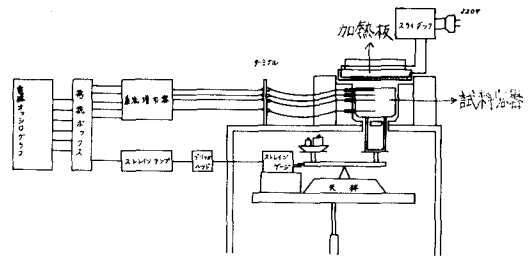


図-1 実験装置概略図

表-1 試料汚泥の性状(平均)

試料汚泥(その性状は, 表-1に示す通りである)は, 京都市鳥羽下水処理場から採取した生汚泥の脱水ケーキを適当な含水率になるまで, 恒温槽内(90 $^{\circ}$ C)で乾燥させ, これを粉砕し, 2.0~1.2mm, 0.7~0.25mmの粒径分布をもつようメッシュにかけ, その後, 加湿して, 含水率20, 40, 60%前後になるよう調製したものである。

可燃分率	55.5%	熱伝導係数(JISA-1412による)			
		温度	見かけ密度		
不燃分率	44.5%	9.9 $^{\circ}$ C	0.32 g/cm ³	0.015	cal/cm ² sec
炭素百分率	33.2%	14.4 $^{\circ}$ C	0.33	0.0153	
水素百分率	4.0%	17.5 $^{\circ}$ C	0.32	0.0152	
低位発熱量	2570 Kcal/Kg				

3. 実験結果および考察 経時的な重量減少, 汚泥層内の温度分布の一例を図示したものが, 図-2である。温度は 初期の試料温度から, ゆるやかに上昇し始め, 90 $^{\circ}$ C付近になると, ほとんど温度変化を示さなくなり(この温度を蒸発温度とする), その後, 急激な温度上昇を示す。(その時間を, その位置での蒸発時間とする。)蒸発温度が, ある時間内で, 変化

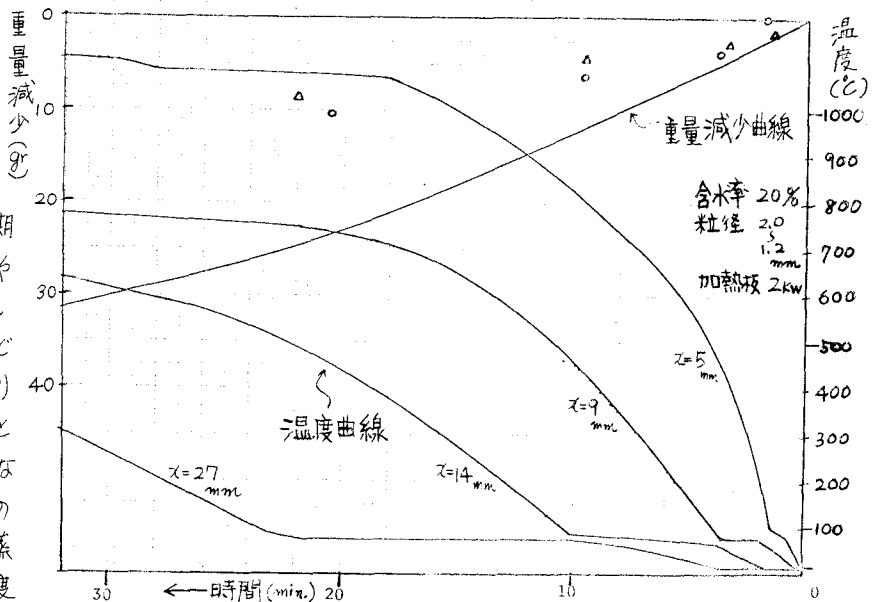


図-2 実験結果の一例

○...可燃分, Δ...水分の減少計算

しない位置(たとえば $x=27mm$)が存在するが、これは、少なくとも、ある距離間では、時間的にも空間的にも、熱移動が全くなく、上部からの流入する熱量は、相変化に必要な蒸発潜熱に奪われるためであろう。さらに、この距離は一定ではなく、下層へ行くにつれて、長くなり、このことから、相変化を起した定温の水蒸気は、汚泥粒子間の空隙を上方のみならず、熱移動方向と同じ下方へも移動しているものと思われる。

蒸発面(蒸発時間の位置: x_e)移動速度、および、燃焼面(前報¹⁾の差熱分析の結果から着火温度 $450^{\circ}C$ に達した面: x_i)移動速度を求めた一例を、それぞれ、図-3、図-4 に示す。これから、下式が得られる。

$$x_e = 0.37 t^{0.55} \dots (1) \quad x_i = 0.14 t^{0.84} \dots (2)$$

次に、質量移動(減少)量 M を時間 t で表わした図が、図-5 (1kW 加熱)、図-6 (2kW 加熱) である。いま、Run No 33 (含水率 40.1%, 可燃分率 55.5%, 汚泥見かけ密度 $0.58 g/cm^3$, 試料表面積 $28.3 cm^2$) の場合について、解析すると図-6 から下式が得られる。

$$M = 1.55 t^{0.95} \dots (3)$$

式(1), (2), (3) を時間で微分して

$$dx_e/dt = 0.20 t^{-0.45} \dots (4)$$

$$dx_i/dt = 0.12 t^{-0.16} \dots (5)$$

$$dM/dt = 1.47 t^{-0.05} \dots (6)$$

[仮定]

x_e, x_i より上面での水分、可燃分は、すべて、乾燥、燃焼して、ないものとする。

ここで、[仮定]と式(4), (5) から求めた計算値と、式(6)の実測値との比を $F(t)$ とすると

$$F(t) = \frac{0.58 \{0.41 \times (dx_e/dt) + 0.599 \times 0.555 (dx_i/dt)\}}{(dM/dt) / 28.3}$$

$$= 0.89 t^{-0.40} + 0.44 t^{-0.11} \dots (7)$$

式(7)を図示したものが、図-7 である。この図に見られるように実験開始時においては、水分蒸発による重量減少が支配的であり、さらに、高温雰囲気下に急に曝露されたために、水分の蒸発が突発的に起こり、非常に高い蒸気圧となり、水蒸気は、上方のみならず、汚泥の空隙を通して下方へも拡散する²⁾³⁾ため、 $F(t) > 1$ となるのではなからうか。また、ある程度時間が経過すると、 $F(t) < 1$ となるが、これは、蒸発時間、燃焼時間の設定に無理があり、実際は、特に、蒸発面での温度は、湿球温度を測定しているため、蒸発面下部から移動してきた水分の温度に影響され、相変化による温度上昇に遅れが生じるものと思われる。

最後に、試料表面の受熱量は、1kW: $0.45 \sim 0.51$, 2kW: $0.78 \sim 0.90 cal/cm^2 \cdot sec$ であった。参考文献 1) 土研会 第28回 講演概要 2) Williams: Indus-

trial and Engineering Chem. 47, No6 3) 森 信介: 京都大学工学部衛生工学科卒業論文, 1974

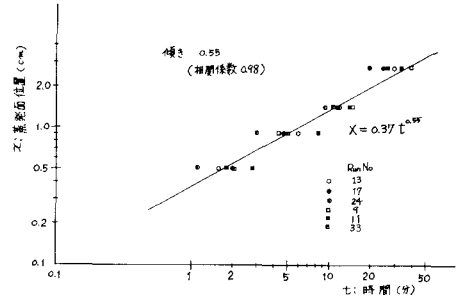


図-3 蒸発面位置の時間的变化図

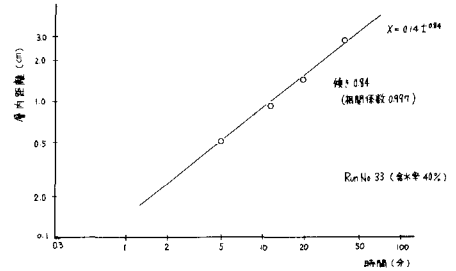


図-4 燃焼面位置の時間的变化図

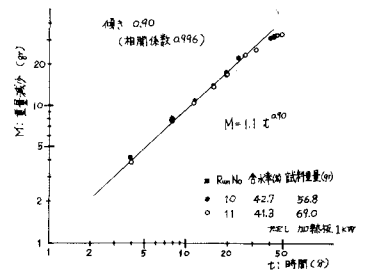


図-5 経時的重量減少図(1)

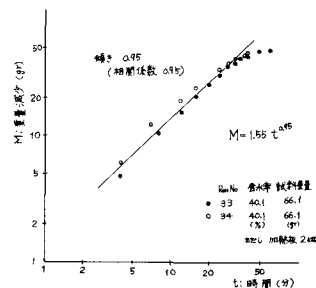


図-6 経時的重量減少図(2)

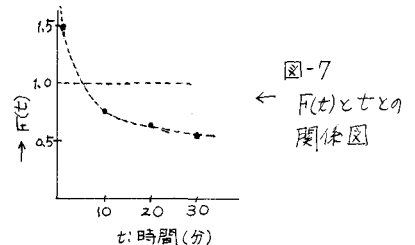


図-7 $F(t)$ と t の関係図