

早稲田大学工学部
国士舘大学工学部

正員 遠藤 郁夫
正員 ○金 成 英 夫

1. 結 論

下水汚泥の管路輸送に際して、摩擦損失木頭を知ることが大切である。本研究は、この損失木頭を算定する場合の基礎的諸元である下水汚泥の粘度について実験的に検討を加えたものである。

2. 実験方法

下水汚泥の粘度は直径 2.46 cm, 7.66 cm および 15.0 cm の管路を用いて測定した。圧力損失はフロッターを用いて測定した。汚泥は返送汚泥および生汚泥を用いた。

3. 実験結果と考察

下水汚泥の流動特性は擬塑性流体として良く表わすことができるため、汚泥の管内流動におけるレイノルズ数はニュートン流体の場合の式をそのまま使用することはできず、次のような広義のレイノルズ数の式を用いて算定しなければならない。すなわち、

$$Re = \frac{D^{n'} V^{2-n'} \rho}{8^{n'-1} R'} = \frac{D^{n'} V^{2-n'} \rho}{K_p'} \quad (1)$$

$$\text{ただし, } K_p' = 8^{n'-1} R' \quad (2)$$

D : 管径, V : 流速, ρ : 汚泥の密度, n' : 構造粘度指数
 R' : 流体粘度指数

ここで、 n' および R' は管長 L における圧力損失を ΔP とすると、次のような関係式から求めることができる。すなわち、

$$\frac{D \Delta P}{4L} = R' \left(\frac{8V}{D} \right)^{n'} \quad (3)$$

n' は温度による影響はほとんど認められず、さらに、図1に示すように管径にも無関係で、汚泥濃度(蒸発残留物)が高くなるにつれて、減少することが認められた。これらの関係は次の式で表わせる。すなわち、

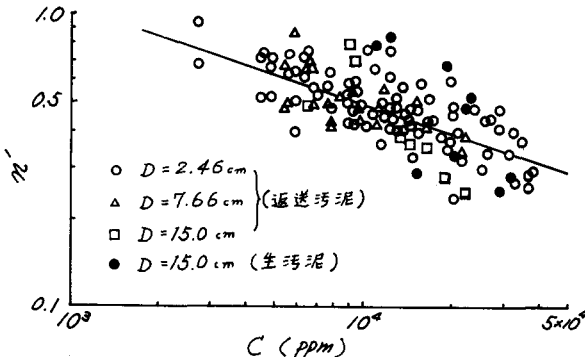


図-1. 汚泥濃度と n' との関係。

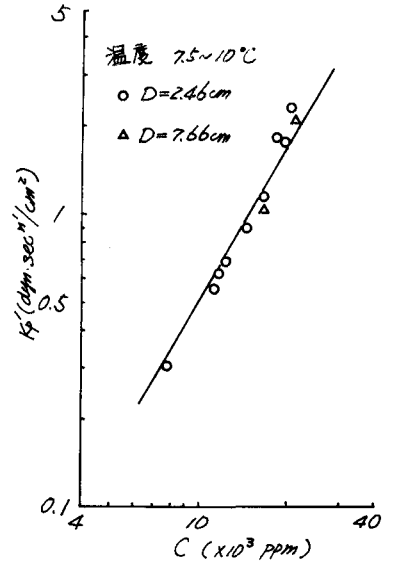


図-2. 汚泥濃度と K_p' との関係

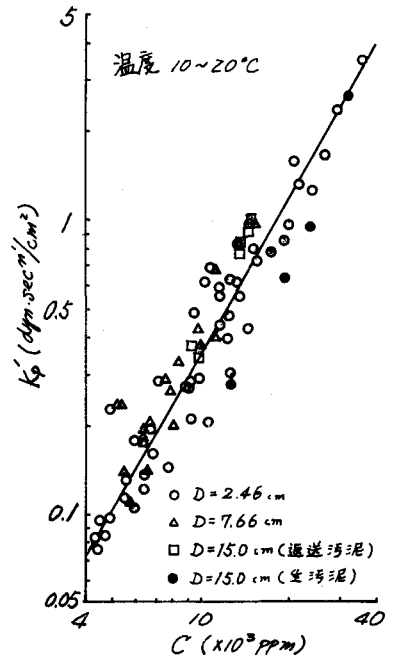


図-3. 汚泥濃度と K_p' との関係。

$$\eta = 10.35 C^{-0.229} \quad (4)$$

ただし, C ; 汚泥濃度 (ppm).

図2~4はそれぞれ温度7~10°C, 10~20°C, および20~30°Cにおける汚泥濃度と(2)式で与えられる k_p との関係を示したものである。これらの図に見られるように, η の場合と同様に k_p も管径に影響されない値であるが, 汚泥濃度が高くなるにしたがって著しく大きくなることが認められる。これらの関係は各温度ごとにそれぞれ次の式で表わすことができた。すなわち,

温度 7.5~10°C (平均温度 9.0°C)

$$k_p = 4.63 \times 10^{-8} C^{1.76} \quad (5)$$

温度 10~20°C (平均温度 14.0°C)

$$k_p = 3.31 \times 10^{-8} C^{1.76} \quad (6)$$

温度 20~30°C (平均温度 24.5°C)

$$k_p = 1.86 \times 10^{-8} C^{1.76} \quad (7)$$

これらの式から, k_p は温度の上昇とともに減少することが認められる。温度と粘度との関係は Andrade の式で表わすことができるとされるため, 本研究においても, その方法で検討を加えた。すなわち,

$$k_p = A \exp\left(\frac{B}{T}\right) \quad (8)$$

ただし, T ; 絶対温度, A, B ; 定数。

図5は各温度において(5)~(7)式を用いて求めた k_p と温度との関係を示したものである。図5から(8)式の定数 B は,

$$B = 4850 \quad (9)$$

となる。一方, A は汚泥濃度が高くなるにしたがって大きくなり, 図6のような関係がある。これらの関係は次のように表わすことができる。

$$A = 1.76 \times 10^{-15} C^{1.75} \quad (10)$$

したがって, k_p は次のように表わすことができる。すなわち,

$$k_p = 1.76 \times 10^{-15} C^{1.75} \exp\left(\frac{4850}{T}\right) \quad (11)$$

このようにして求めた粘度を用いて, 管径15.0cm, 管路延長40mの実験装置で検討を加えた結果, 摩擦損失水頭の計算値と実験値は良く一致することが認められた。

4. 結論

下水汚泥の粘度を測定した結論を得た。

- (1) η および k_p は管径に影響されない。
- (2) η は温度に無関係で, 汚泥濃度が高くなるにしたがって小さくなる。
- (3) k_p は汚泥濃度が高くなるにしたがって著しく大きくなり, 温度の上昇とともに小さくなる。

- (4) 以上のようにして求めた粘度を用いて算定した摩擦損失水頭は実験値と5~10%の範囲の誤差で良く一致することが認められた。

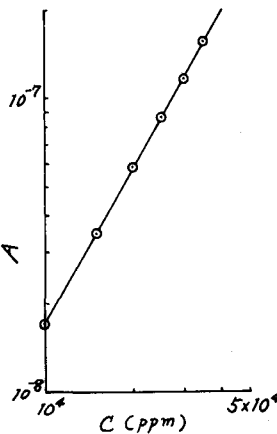


図6 汚泥濃度と k_p の関係

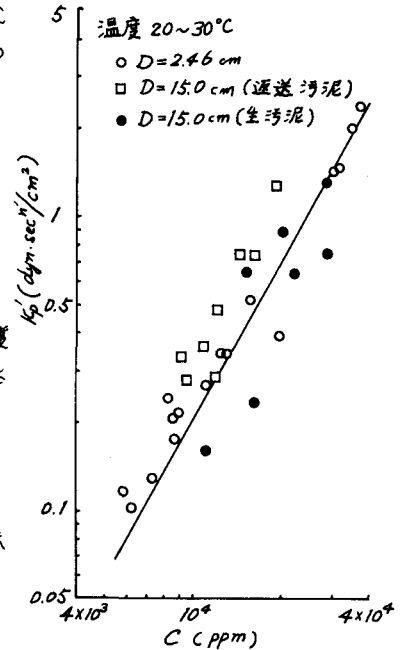


図4 汚泥濃度と k_p の関係

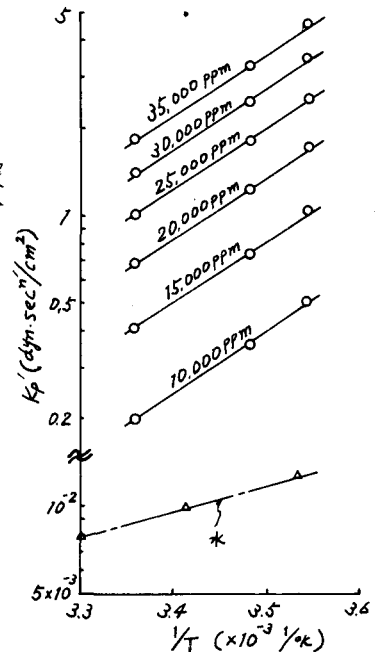


図5 温度と k_p の関係