

早稲田大学理工学部 正員 遠藤郁夫
漢陽大学校工学部 正員 鄭 俊錫
台湾省公共工程局 謝 堯清

1. 概要

下水処理場から発生する汚泥については、従来、数多くの処理および処分方法が開発または提案されてきた。しかしながら、総合経費の最も安価な方法といえは、一般には、嫌気性消化法による汚泥が最も標準的な方法といえる。汚泥処理は下水処理と同様にその規模が増すにしたがって単位容積当りの建設費と維持管理費が割安となる。このためには、汚泥を一括処理することが重要な問題となる。或は汚泥処分として海洋投棄を十分検討すべき時期に來ているとも考えられる。斯様な場合、いづれにしても、汚泥の管路による円滑な輸送が重要な問題である。本報告は汚泥を管路輸送する場合、汚泥濃度と流体の性質、並びに摩擦損失などの諸関係について実験的に検討を加えたものである。

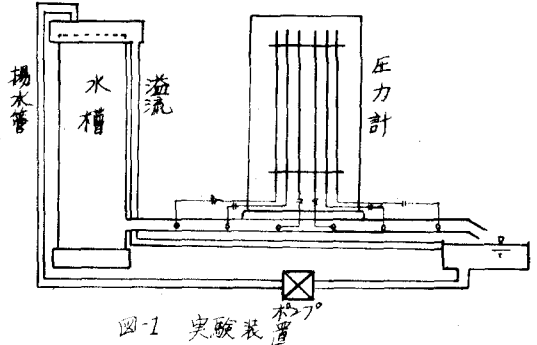


図-1 実験装置

2. 実験方法

下水汚泥としては余剰汚泥を用い、摩擦損失水頭の測定は図-1に示してあるように、水槽の高さ2m、管長6m、即走距離2mとし、管径は254cmの塩化ビニル管を用いた。図-2はこの実験装置による水道水の摩擦損失係数(f)とレイノルズ数(Re)の関係である。

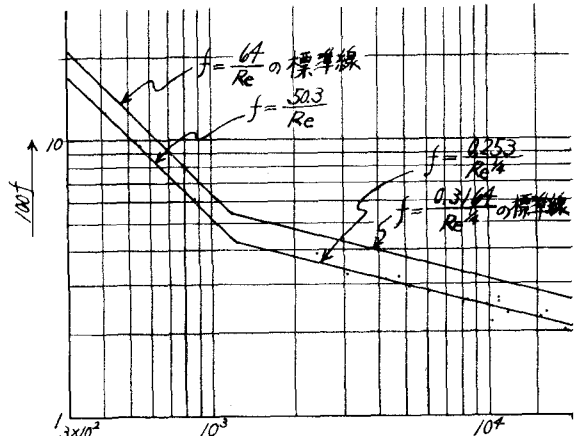


図-2 実験装置のレイノルズ数

3. 実験結果と考察

流体を輸送する際の管流動の圧力損失は實際上からは最も重要なことである。余剰汚泥は流動特性としてニュートン流体として、或は非ニュートン流体として取扱うべきかは、汚泥の濃度、種類、生成は消化汚泥かによって、かなり差はあるが、一般にはその限界濃度は18,000～28,000ppmの範囲にあることが多い。実験に使用した汚泥はほぼ20,000ppmであった。図-3はReとfとの関係である。また、Reとfの間に次の関係が得られた。

水道水の場合 層流 $f = 50.3/Re$ 乱流 $f = 0.253/Re^{0.25}$

汚泥(水分98.84～99.46%)の場合

1) ニュートン流体 層流 $f = 2.79 \times 10^3 / Re^{1.00}$ 乱流 $f = 0.240 / Re^{0.25}$

表-1 層流の場合の
損失水頭比

濃度	流速	h_s/h_w
1.5%	0.5m/s	1.26
2.0%	"	1.53
2.5%	"	1.86
3.0%	"	2.33

h_s : 汚泥の損失水頭
 h_w : 清水の損失水頭

2) 非ニュートン流体 (水分 98% 以下)

層流 $f = 2.08 \times 10^3 / Re^{1.07}$ 乱流 $f = 0.178 / Re^{1/4}$

図-4は各濃度における流速と損失水頭との関係である。損失水頭は層流の範囲で濃度の増加と共に増大する。乱流の場合は清水と全く同じになることが認められた。例えば、流速 1 m/sec では、汚泥濃度 3% 以下の場合には損失水頭はすべて 6m 当り 50cm となる。また、流速 0.5 m/sec では表-1の値になり濃度によって異なる。また、各濃度における限界流速は、濃度の増加と共に増加し、レイノルズ数は 4270 であった。表-2は各式から求めたレイノルズ数であるが、汚泥濃度 0.5~2.5% までは①式で、2.5~5.0% までは②式で近似できる。また、図-5はそれらの関係

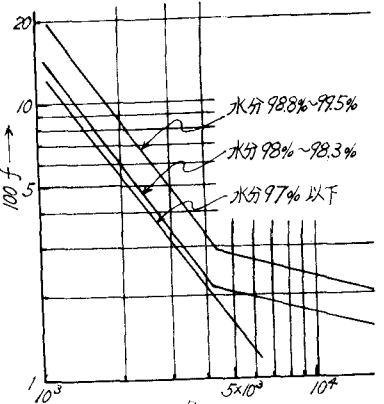


図3 汚泥濃度と摩擦損失係数

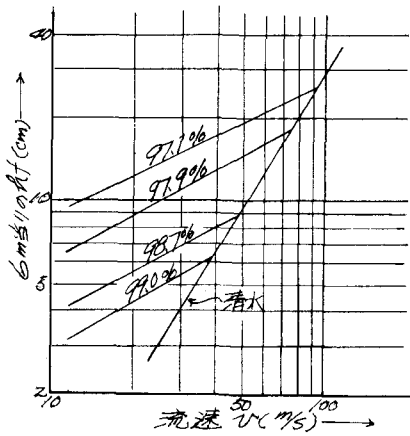


図4 流速と損失水頭

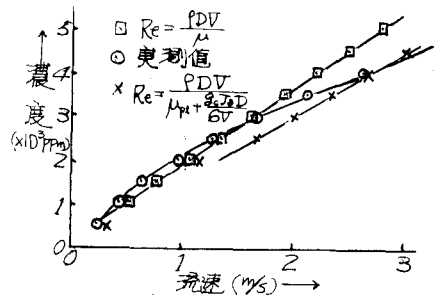


図5 限界流速

を示したものである。ニュートン流体の式と非ニュートン流体の式との適用限界が2~3%にあることも認められる。

4. 結論

今回の実験は管水路の管径が 254mm であり、流速の範囲が 0.5~10 m/s である。一応流動特性および汚泥濃度と摩擦損失係数との関係を実験的に求めることができた。尚現在管径 100mm (4インチ) のものを計画中である。

表2 汚泥の臨界流速

濃度 (%)	①式から (m/s)	②式から (m/s)	③式から (m/s)
0.5	0.3452	0.3452	0.25
1.0	0.5269	0.5269	0.44
1.5	0.8174	0.8174	0.68
2.0	1.0901	1.272	0.95
2.5	1.3809	1.678	1.33
3.0	1.6806	2.032	1.70
3.5	1.9622	2.369	2.15
4.0	2.253	2.69	2.65
4.5	2.543	3.02	3.10
5.0	2.816	3.29	3.40

① $Re = \frac{PDV}{\mu} = 4270$

② $Re = \frac{PDV}{\mu + 2.25D} = 4270$

③ 実測値