

東北大学工学部 正員 石橋 良信
東北大学工学部 正員 佐藤 敦久

1. はじめに 上水汚泥の凍結融解処理による脱水性の改善は凍結速度や汚泥濃度等の操作条件によるのみならず、汚泥自身のもつ成分性状によっても大きく左右される。ここでは汚泥構成成分中の水酸化アルミニウムと有機物の脱水性に与える影響を凍結速度の概念を加味して検討する。

2. 実験装置および方法

試料の凍結は内容積120ℓの空気冷却式のフリーザーで行なった。凍結容器は縦横14cm、高さ1.5cmの真ちゅう製容器に試料200ml入れ、下方より一方向に凍結させた。同時に、試料中心部の温度と凍結温度とを銅-コンスタンタン線使用の自動温度測定装置で読みとらせ、凍結速度を算出した。汚泥の成分分析はJIS K 0102により、アルミニウム分はオキシ法でアルミナ(%)として定量し、有機物は灼熱減量で代用した。実験は上水汚泥に水酸化アルミニウムと下水汚泥を適量ずつ添加混合し、凍結融解させた後の脱水性をヌッチェ試験による比抵抗とケーキ含水率で判断した。ここで、ヌッチェ試験の圧力差は50mmHg、ろ紙はNo.5Cを用いた。表-1,2に試料の組合せと性状を示す。

3. 実験結果および考察 上水汚泥固形分の構成成分は一般にシリカ、アルミナ、灼熱減量、酸化鉄、酸化マンガン、酸化カルシウム、マグネシア等で表示される。凍結処理においてはここのうちのいかなる因子が脱水性に影響するかを決定するために、重回帰分析を試みた結果、有意性が認められ、また量的にも多く存在するシリカ、アルミナ、灼熱減量の3因子に影響因子として選出した。すなわちシリカは脱水性を助長する因子として、また水酸化アルミニウムに由来するアルミナ、それと灼熱減量は脱水性を阻害する因子として働くものと考えられる。またシリカとアルミナを合わせて表現するシリカ-アルミナ比をとっても有効に脱水性を評価できるようである。

3-1 予備実験

水酸化アルミニウム単体としての凍結融解処理後のケーキ含水率は凍結速度にかかわらず約80%の一定値であり、これが多量に含まれるは50~60%である上水汚泥の処理後のケーキ含水率を高めることが予想され¹⁾、事実、汚泥中のアルミナが増加すれば、ケーキ含水率は一次関数的に増え、一般的にアルミナ20%でケーキ含水率は60%を越える。また水酸化アルミニウムの比抵抗は図-1に示すごとく、凍結速度が緩いほど減少する傾向はあるもののほとんど変化はなく値も上水汚泥の比抵抗と同じ 10^8cm/g のオー

表-1 試料の組合せ

試料番号	汚泥混合比(全200ml)			汚泥濃度 (%)	凍結速度 (mm/hr)
	上水汚泥 (ml)	下水汚泥 (ml)	水酸化アルミナ (g)		
No.1	165~185	25.5	10	2.63~2.68	平均1.46
No.2	145~165	"	30	2.69~2.73	1.46
No.3	135~155	"	40	2.79~2.83	1.54
No.4	165~185	"	10	2.64~2.73	3.11
No.5	155~175	"	20	2.68~2.77	3.07
No.6	145~165	"	30	2.57~2.72	3.13

表-2 試料の性状

性状	汚泥の種類	上水汚泥	下水汚泥	水酸化アルミニウム
汚泥濃度 (%)		2.63	2.62	3.40
灼熱減量 (%)		15.99	72.52	15.89
シリカ (%)		40.72	10.23	0.0
アルミナ (%)		22.30		
真密度 (g/cm^3)		2.38		
無調整ケーキ含水率 (%)		57.2		
比抵抗 (cm/g)		5.65×10^8		

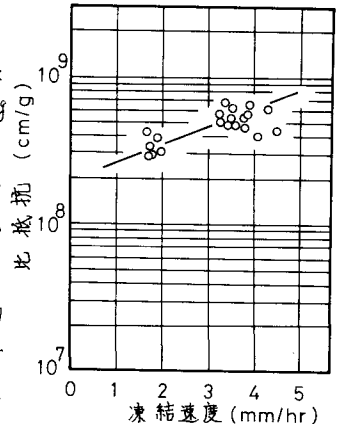


図-1 水酸化アルミニウムの凍結比抵抗

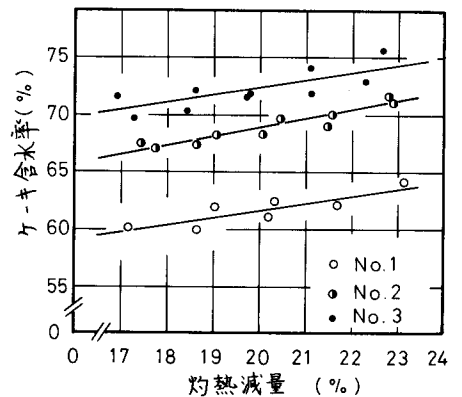


図-2 灼熱減量とケーキ含水率

ダーである。また、単独に灼熱減量が増加すれば、脱水性は悪化し、灼熱減量23~24%でケーキ含水率60%、比抵抗 10^9 cm/g のオーダーを越える。

これは有機物、特に下水汚泥では氷

圧により締め固められた汚泥が融解後再び膨潤する性質によると考えられる。²⁾ 水酸化アルミニウムおよび有機物の両因子も変化させたときの脱水効果をみたのが以下の実験結果である。

3-2 緩速凍結の場合 (No.1~3) 図-2は灼熱減量と独立変数に、アルミナ量とパラメータをとったときのケーキ含水率であり、図-3は同様に比抵抗を示したものである。図-2よりケーキ含水率は灼熱減量が多くなるほど、またアルミナ量が多いほど高くなる傾向がわかる。なお、この実験に供した上水汚泥のアルミナ量は表-2のごとく22.3%であり、通常のアルミナ量15~20%に比してかなり多目であった。したがってケーキ含水率は60%を越えるものが多くなっている。比抵抗に関してはNo.2, No.3はあまり異ならないが、アルミナ量の少ないNo.1に比してケーキ含水率が高いにもかかわらず、比抵抗は小さい値としてでている。

すなわち、アルミナ量の多いものは少ないものに比べて脱水の際の透水性が良いが、脱水されたケーキは含水率が高く処分の観点からは好ましくないといえる。これは有機物の影響で高くするのは比抵抗が、図-1の凍結速度の平均 1.49 mm/hr に相当する値、 $3 \times 10^8 \text{ cm/g}$ に支配されアルミナ量が多いものほど比抵抗は減少するためと考えられる。なお、図中の直線は各々のアルミナ量について灼熱減量とケーキ含水率、比抵抗の関係を単回帰分析したときの回帰式である。

3-3 急速凍結の場合 (No.4~6) 各因子と脱水

性との傾向、(図-4, 5)は上記3-2と同様である。ただし、両脱水指標とも3-2に比して1割弱高い値である。これは凍結速度の影響によるものであり、急速凍結は氷の作用で生じる粗大化粒子が小さくなる結果である。しかし、純粋に凍結速度のみの影響は、この速度の違いで、ケーキ含水率2, 3%、比抵抗2~3倍の増加でしかない²⁾ので、アルミ分、有機物との相乗効果は大きいと思われる。

4. 結論にかえて 表-3の(1)(2)式はNo.1-3 (3)(4)式はNo.4~6, (5)(6)式は両者合わせた試料について、シリカ-アルミナ比、灼熱減量、凍結速度の各因子と脱水性の重回帰式であり、これらは各因子が把握されたときの脱水性を予測する式となり得る。

参考文献) 1) 佐藤石橋 第13回衛生工学研究討論会講演集 (1977.1) 2) 佐藤石橋 水道協会雑誌 第525号 (昭53.6)

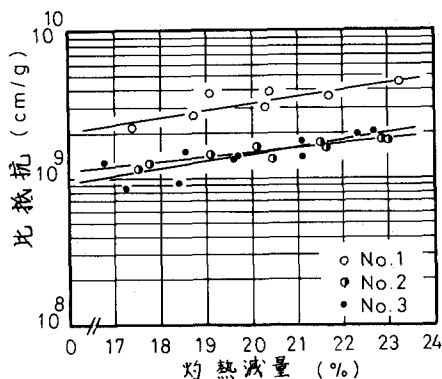


図-3 灼熱減量と比抵抗

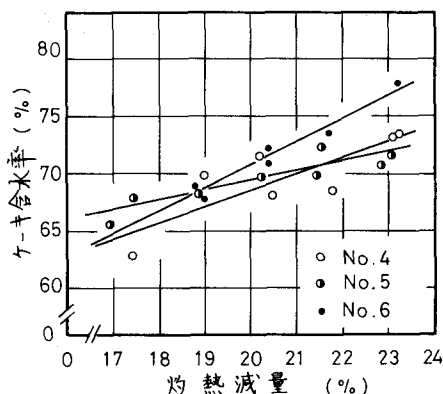


図-4 灼熱減量とケーキ含水率

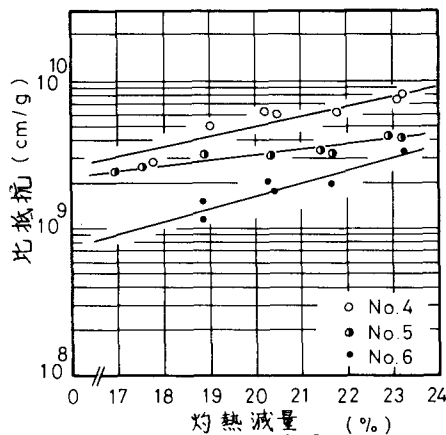


図-5 灼熱減量と比抵抗

表-3 重回帰分析結果

脱水指標	重相関係数	寄与率 (%)	性質	回 帰 式
W	0.976	95.2	：	$W = 0.184X_1 - 23.9X_2 + 95.6$ (1)
α	0.898	80.6	：	$\alpha = (1.10 \times 10^{-7})10^{0.0595X_1} 10^{0.792X_2}$ (2)
W	0.829	68.8	：	$W = 1.09X_1 - 8.56X_2 + 60.1$ (3)
α	0.926	85.7	：	$\alpha = (2.59 \times 10^{-5})10^{0.0874X_1} 10^{1.64X_2}$ (4)
W	0.898	80.6	：	$W = 0.503X_1 - 19.9X_2 + 2.60X_3 + 80.0$ (5)
α	0.915	83.7	：	$\alpha = (3.06 \times 10^{-6})10^{0.0676X_1} 10^{1.00X_2} 10^{0.0785X_3}$ (6)

W: ケーキ含水率 (%) α : 比抵抗 (cm/g) X_1 : 灼熱減量 (%) $16 < X_1 < 24$

X_2 : 凍結速度 (mm/hr) $1.07 < X_2 < 1.89$ X_3 : 凍結速度 (mm/hr) $1.3 < X_3 < 3.4$