

東北大学工学部 正員 ○ 後藤光龍  
 “ “ 佐藤敦久

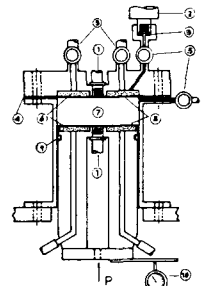
1. はじめに 本報告は、取水源の異なる各上水汚泥の物理的および化学的特性と圧縮透過実験結果から求まる上水汚泥の圧縮ケーキ特性について検討を加え、さらにこれらの上水汚泥の脱水性との関連について考察を加えたものである。

2. 実験試料 試料は、同一浄水場が採泥日の異なる河川系の上水汚泥 A-1, A-2 と湖沼系の上水汚泥 B, C で、0.25(mm) のふるいを通過させて粗大ゴミを除去したものである。これらの試料の物理化学的特性値を表-1 に示した。沈降実験では、上澄水で希釈した後には実験を開始した。また、液性、塑性限界試験では試料を乾燥土せながら含水比を調整し、その他の方法は土質試験法 (Jis A200, 1206) に準じた。

3. 圧縮透過実験 圧縮透過実験は、各圧縮圧力層に於て平衡空降率  $n$  を示す均一圧縮ケーキを形成させ、その透過能力を測定するものである。実験装置は圧縮試験機を原理を利用し、各圧縮圧力平衡時に透水実験が行なえるように改良したもので、その概略を図-1 に示した。初期試料厚は 3 (cm) とし、3 枚には 16.5c のろ紙を用い、表-2 に示す条件で実験を行なった。

4. 定圧脱水実験 定圧脱水実験としてヌッチェ試験を行なった。3 枚には 16.5c のろ紙を用い、フラック発生時を最終ケーキ含水率とした。ローターの全面積は 69.4 (cm<sup>2</sup>) (内径 9.40 (cm)) で、試料量は 100, 200 (ml) の場合について行なった。

5. 実験結果および考察 各上水汚泥の組成をみると湖沼系の B, C 汚泥は河川系の A 汚泥に比較して Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 強熱減量が多くなり、特に C 汚泥では顕著であった。図-2 に、粒子密度  $\rho_s$  と各組成との関係を示した。粒子密度は強熱減量が多く、SiO<sub>2</sub> 成分、SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 値の小いほど小さくなる。図-3 は、表-2 に示した試料の圧縮圧力層と平衡空降率  $n$  の関係がある。ここで、 $n$  と  $\rho_s$  は表-2 に示す実験式が成立した。図-4 は、この直線部の傾き  $b$  と汚泥の組成との関係で、強熱減量が小さく、SiO<sub>2</sub> 成分、SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 値の大きいほど  $b$  値は増加し、空降率の減少割合が大きくなることを示している。また、実験式が成立する平衡空降率の境界値を表-2 に示したが、この値は表-1 に示した液性限界値にほぼ等しいことが知られる。したがって、上水汚泥の場合、ほぼ液性限界以下の空降率時に  $n$  と  $\rho_s$  が片対数線上で直線関係を示すと考えられる。一方、図-5 は塑性限界の空降率と各圧縮圧力に対する平衡空降率の関係を示したものである。



① 小型圧力変換器 ② ポラスロン  
 ③ 圧力変換器間隙検出用試料  
 ④ 皮製パッキン ⑤ ろ紙  
 ⑥ エム乳パッキン ⑦ O-ring  
 ⑧ バルブ ⑨ 圧力ゲージ

表-1 各上水汚泥の特性値

上水汚泥	A-1	A-2	B	C
取水源	河川	河川	沼	沼
採泥日	77.8.3	77.9.28	77.9.20	77.11.22
粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.55	2.47	2.40	2.24
組成分析				
SiO <sub>2</sub> (%)	49.74	44.72	37.48	20.41
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	19.24	24.06	24.21	36.90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	9.41	2.96	4.37	2.52
強熱減量 (%)	17.57	19.69	27.53	38.10
その他 (%)	10.04	7.57	6.45	2.07
土質				
PH	6.20	7.49	7.73	7.71
水総汚濁度 (CaCO <sub>3</sub> 当量)	—	78.2	63.2	22.0
重なり				
初期濃度 C <sub>0</sub> (%)	21.500	9.480	11.060	7.920
濃度 C (%)	51.650	24.690	26.080	14.890
濃度 C <sub>1</sub> (%)	0.416	0.384	0.424	0.522
濃度 C <sub>2</sub> (%)	73.130	35.780	38.670	20.680
平均濃度 C <sub>0</sub> (%)	0.294	0.265	0.286	0.383
平均濃度 C <sub>1</sub> (%)	93.00	96.50	96.22	97.95
液性限界				
含水比 $w$ (%)	206.8	275.0	468.9	1034
含水率 $w$ (%)	67.41	78.95	82.42	91.18
空降率 $n$ (%)	0.8906	0.9026	0.9184	0.9586
塑性限界				
含水比 $w$ (%)	90.50	131.1	155.7	256.6
含水率 $w$ (%)	47.51	56.73	60.89	71.96
空降率 $n$ (%)	0.6977	0.7641	0.7889	0.8518

注:  $H_0$  初期等面高 (=100cm),  $H_1$  各時間層間高 (cm), 沈降筒 (φ4.5cm)

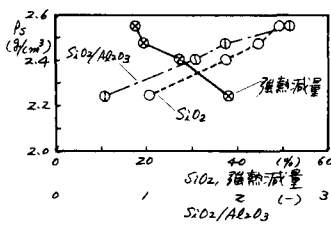


図-2 粒子密度  $\rho_s$  と汚泥組成の関係

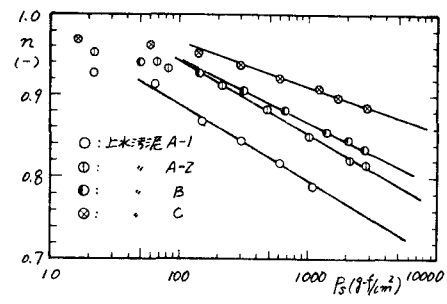


図-3 圧縮圧力  $P_s$  と平衡空降率  $n$  の関係

表-2 圧縮透過実験条件および結果

実験式	上水汚泥			
	A-1	A-2	B	C
$\alpha = a + b \log \beta$	a (-) 1.0767 b (-) -0.09375	1.1244 -0.09019	1.1007 -0.07662	1.0741 -0.08227
実験式が成立する $\beta$ (g/cm <sup>2</sup> )	80	200	300	300
境界値 $\eta$ (-)	0.870	0.915	0.910	0.945
初期含水率 $w_0$ (%)	96.32	92.29	94.72	97.01
試料調整法	希釈	遠心分離	遠心分離	重量沈降

表-3 定圧脱水実験 (フック試験) 条件および結果

実験式	上水汚泥			
	A-1	A-2	B	C
$\alpha = a + b \log \beta$	$\alpha_0$ 0.721 $\alpha_1$ 0.815	$\alpha_0$ 0.815 $\alpha_1$ 0.717	$\alpha_0$ 0.674 $\alpha_1$ 0.791	$\alpha_0$ 0.690 $\alpha_1$ 0.791
初期含水率 $w_0$ (%)	95.85	96.84	94.76	97.06
試料調整法	希釈	重量沈降	遠心分離	重量沈降

この図より上水汚泥の塑性限界時の空隙率は圧縮圧力が約10,000 (g/cm<sup>2</sup>) の圧縮ケーキ空隙率にはほぼ等しいことがわかる。したがって塑性限界値は脱水圧力が約10,000 (g/cm<sup>2</sup>) の脱水しとときに得られるケーキの状態を示す指標として考えることができる。図-6に平衡空隙率における各上水汚泥の透水係数を示した。同一空隙率では SiO<sub>2</sub> 分の多い上水汚泥ほど透水性がよく、また、空隙率の減少による透水性の低下も小さい。この様に汚泥中に強熱減量や凝集剤由来のアルミナ成分が多くなると透水性が著しく悪化することがわかる。

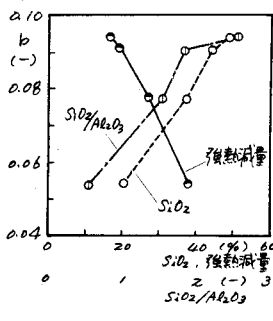


図4 実験定数と汚泥組成の関係

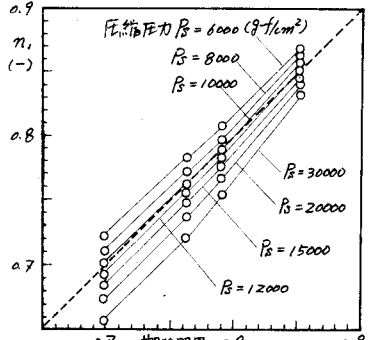


図5 各圧縮力における空隙率  $n_1$  と塑性限界時の空隙率  $n_2$

表-3 はフック試験による定圧脱水実験結果である。この表に示すようにフック試験では試料量の相違によって異なる結果が得られる。今回行った脱水実験において試料量の相違による流速度の差はそれほど顕著ではなかったが、フック試験では最終ケーキ含水率をフック発生時と定めることにすると図-7に示すように湿熱減量比  $m$  に大きな差が生じることになる。これはケーキ表面が大気に接していること、試料量が多ければフック発生時にケーキ内で大きな濃度差が生じること、あるいはフック発生に人為的な因子が働き易いことなどが考えられる。これらのことから、フック試験によって上水汚泥の脱水指標を求める場合には試料量や試料厚などにある程度の規定を設けることが望ましいと考える。

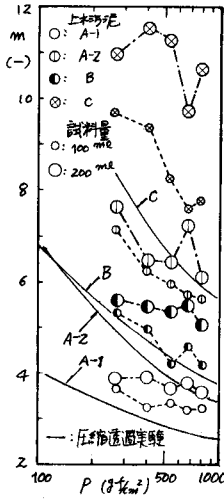


図7 湿熱減量比  $m$  と圧力の関係

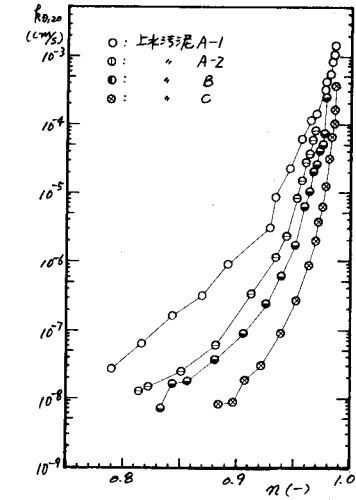


図8 透水係数  $K_{20}$  と平衡空隙率  $n_1$  の関係

図-8は、各上水汚泥の性状と脱水特性の関係を示したものである。この図で、汚泥A-1と汚泥Cとは対照的な脱水特性を示すことがわかる。特に、汚泥Cは水添潤度に付して凝集剤の添加がやや多く、有機物量も多いために脱水性は著しく悪化している。

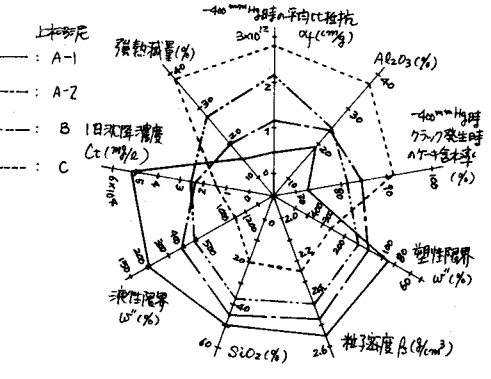


図9 汚泥性状と脱水性の関係

6. おわりに  
上水汚泥の処分を考える際、液性、塑性限界値は重要な指標になるが、本報告のような試料調整法と乾燥状態から水を添加する方法では実験結果が異なるという点があり、今後さらに検討を加える予定である。

最後に本研究を行うに当たって協力いただいた当時東芝化学工業株式会社に所属していた佐藤啓君に感謝いたします。