

# 浄水汚泥の脱水性と粒径分布

笠倉 忠夫 宮崎 孝夫 村瀬 光一

日本ガイシ㈱エンジニアリング事業本部開発部  
愛知県半田市前潟町一番地

## 概要

浄水場では取水中のコロイド物質や微小粒子を除去するために、無機凝集剤を使用しているが、最近の水質の悪化によりこれらの使用量は増加し、難脱水性の汚泥になりつつある。また、処理水量の増加により、発生する汚泥量も膨大なものとなりつつある。発生汚泥は、濃縮、脱水、天日乾燥等により減容化処理を行っているが、特に脱水については、運転員の経験的操作により処理しているのが現状である。

脱水を制御する場合の汚泥性状としては、TS、 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、強熱減量、粒径分布等が挙げられるが、オンライン計測制御を目的とすることから、粒径分布に注目し、その測定法及び解析を検討した。測定方法は、フロックを破壊しない前処理方法とレーザー回折法により測定を行った。解析方法は、平均粒径と新たに定義したフロック率の2項目と筆者らが別に提案する脱水性指標としての $\log(\text{CST}/\text{TS})$ との関係を調査した。重回帰分析の結果、平均粒径とフロック率は脱水性に寄与する因子であることが判明した。

## キーワード

浄水汚泥 脱水 粒径分布 平均粒径 フロック 重回帰分析

### 1. 汚泥性状としての粒径分布

浄水汚泥の脱水を汚泥性状で制御しようとする場合、脱水性と汚泥性状の関係を調査する必要がある。現在、脱水性に関する汚泥性状として、TS、 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、強熱減量等があると言われているが<sup>1)</sup>、これらの項目は測定に長時間を要し、オンライン計測には適さない。しかし、粒径分布は測定時間が短いことから、オンライン計測に適した性状の一つと思われる。一般的には、粒径分布と脱水性には相関があると言われているが<sup>2)</sup>、汚泥に関してはその関連は十分に得られていなかった<sup>3)</sup>。しかし、浄水汚泥の粒径分布の測定を考えた場合、汚泥の性質を考慮した方法を採用することにより、粒径分布と脱水性の相関が得られると思われる。

### 2. 供試汚泥

解析に用いた汚泥は昭和63年5月から平成元年5月まで、6ヵ所の浄水場より採取した18試料について行った。6ヵ所の浄水場で用いている凝集剤を表-1に示す。

表より判るように、全ての浄水場でアルミ系の凝集剤を使用しており、取水中に含まれるコロイドや微小粒子は水酸化アルミニウムのフロックを形成して除去されていると考えられる。

### 3. 分析方法及び解析方法

**分析方法** 浄水汚泥はシルト、粘土やコロイド等河川懸濁物質をアルミ系凝集剤で凝集させたものであり不均一粒子で構成されている。そのため単一の真比重を用いる沈降法は採用できない。本報告はこのことを考慮してレーザー回折法による粒径分布測定を採用した。

前処理法は、無機粒子を測定する場合には、分散剤を添加し超音波等により1次粒子まで分散させているが浄水汚泥で脱水性との相関をとる場合、粒子はフロックや2次粒子となった状態で脱水されるため、フロックや2次粒子の粒径分布を知る必要があり、フロックや2次粒子を破壊しない方法を採用した。すなわち、汚泥試料を攪拌混合し、約5mlを採取し分散媒液（0.2%ピロリン酸ナトリウム溶液）約30mlで希釈した後、プロペラ攪拌器で2分間分散し測定原液とした。この原液を測定に適した濃度まで希釈し、プロペラ攪拌により再分散して測定した。（プロペラは直径3cmクローバー型4枚羽根、容器は100mlのものを用いた。）

また、フロックの量を知るためにフロックを破壊した粒径分布も測定した。すなわち、測定原液を分散媒液で希釈した後、30秒間超音波分散し測定に用いた。（出力100W、最適位置で分散した。）

**解析方法** 上記方法で求めたプロペラ攪拌測定と超音波攪拌測定の結果を篩上積算分布で表し、その差よりフロック率を求めた。図-1にフロック率を求める概要を示す。Aはプロペラ攪拌測定で求めた篩上積算分布であり、Bは超音波攪拌測定で求めた篩上積算分布である。CはAとBの差の積算値でありCの頂点の値をフロック率と定義した。

### 4. 結果と考察

**分析方法の検討** 従来、汚泥等の粒径分布測定には、アンドリアゼンピベット法<sup>4)</sup>、光透過法、コールタカカウンター法<sup>5)</sup>、レーザー回折法<sup>6)</sup>などが用いられているが、測定方法によって結果が大きく違う。

これは粒子の分離と検出方法が違うためであるが、本報告では、前述の理由でレーザー回折法を採用した。図-2に測定方法の違いによる粒径分布の違いを示す。アンドリアゼンピベット法と光透過法は沈降法であり真比重が必要である。真比重はピクノメータ法により測定しているが、アルミのフロックは多くの内包水を持っていると考えられるため固形物の真比重を測定するピクノメータ法の値は水中の粒子の比重より大きい値であると考えられる。したがって、ある時間tでサンプリングした粒径はストークス径の式により実際より大きい粒径をサンプリングしていることなり粒径積算分布は小さい粒径にシフトする。即ち、図のようにレーザー回折法より少粒径側にシフトしている。

… アンドリアゼンピベット法は検出が重量法

表-1 浄水場の使用凝集剤

浄水場名	凝集剤
A 浄水場	PAC
B 浄水場	硫酸バンド
C 浄水場	PAC
D 浄水場	PAC
E 浄水場	硫酸アルミ系凝集剤
F 浄水場	PAC

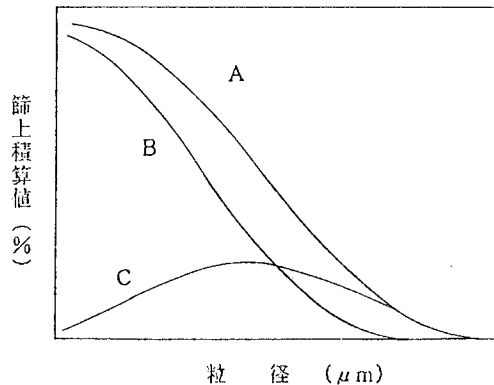


図-1 フロック率の計算方法

であり、アルミフロック中の水を検出しな  
いため、光透過法より少粒径側にシフトし  
ていると考えられる。これらの傾向は、全  
ての汚泥で認められた。

**分散方法の検討** フロック率を求めるた  
めにプロペラ攪拌測定と超音波攪拌測定を  
行ったが、超音波攪拌によりフロックがど  
の程度破壊されているか調査した。写真-  
1にプロペラ攪拌のみの汚泥と写真-2に  
超音波攪拌した汚泥を示す。

写真-1では明らかにフロックの存在が  
認められるが、写真-2ではフロックは完  
全に破壊されており、粒子はブラウン運動  
している。この粒子はアルミのフロックも  
多少あると考えられるが、ほとんどが河川  
から流入した粒子と考えられる。仮に、フ  
ロックが破壊された残骸としても、粒子の  
大きさから考えて、フロック率への影響は  
ないと思われる。

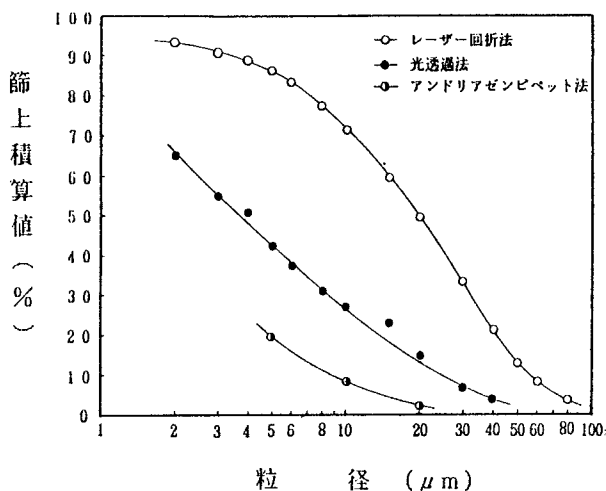


図-2 測定方法の違いによる  
粒径分布の違い

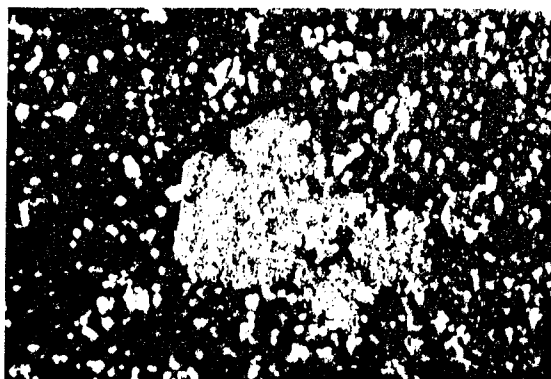


写真-1 プロペラ攪拌

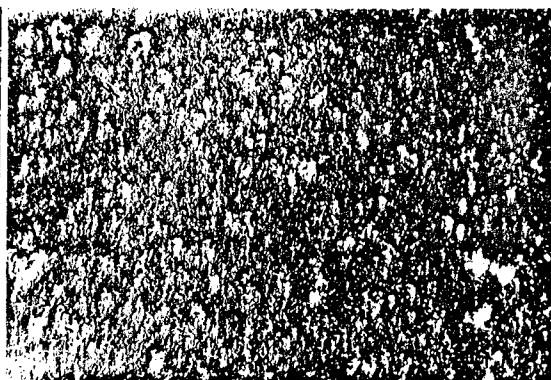


写真-2 超音波攪拌

#### 4. 3 脱水性との相関

表-2にプロペラ攪拌測定で得られた平均粒径(50%径)とフロック率及び脱水性指標である  $\log(\text{CST}/\text{TS})$  値を示す。

プロペラ攪拌測定により得られた平均粒径(50%径)とフロック率を用いて脱水性指標である  $\log(\text{CST}/\text{TS})$  との重回帰分析を行った。

回帰式を式(2)に示す。

$$Y = 0.02371X_1 - 0.01955X_2 + 2.17298 \dots (2)$$

Y :  $\log(\text{CST}/\text{TS})$

$X_1$  : 平均粒径

$X_2$  : フロック率

表-3に分散分析表を示す。これより、 $F_0 \geq F_{1,5}^2(0.01)$  であり有意と言える。寄与率も7.4%とかな  
り高いものである。

以上より、平均粒径とフロック率が脱水性に寄与する因子であることが判った。

表-2 測定結果

サンプル	LOG (CST/TS) (S/XDB)	平均粒径 ( $\mu$ m)	フロック率 (%)
1	2.057	19.490	27.450
2	2.125	19.900	30.000
3	1.822	18.850	37.300
4	2.003	14.470	23.650
5	1.941	10.600	19.500
6	1.819	12.750	38.650
7	2.167	16.370	20.450
8	2.022	24.920	45.200
9	1.903	21.430	41.520
10	1.800	11.540	29.250
11	1.690	20.650	43.700
12	2.116	16.400	25.500
13	2.100	9.610	17.160
14	2.102	10.090	21.120
15	1.851	25.180	43.760
16	1.736	19.050	44.420
17	2.040	13.480	23.340
18	1.895	13.080	30.030

表-3 分散分析表

要因	平方和	自由度	不偏分散	F値
回帰による変動	0.26888	2	0.13444	21.56550
残差	0.09351	15	0.00623	
計	0.36240	17		

5. まとめ

浄水汚泥の性状分析項目のうちオンライン計測可能な粒径分布を用い、平均粒径と新たにフロック率を定義し脱水指標であるlog(CST/TS)と重回帰分析を行った。

その結果、脱水性を平均粒径とフロック率で評価するとよい相関がえられた。今後、実プラントでの相関を確認するとともに、粒径分布のオンライン計測技術を調査し、プラント制御を目指して行きたい。

6. 参考文献

1. 西村修, 後藤光亀, 佐藤敦久, 佐藤秀樹, (1989) 上水汚泥の固液分離を示す因子について, 第25回衛生工学研究討論会講演集, 10-12
2. 高島勲, 黒脇節朗, (1986) ケイソウ土濾過助剤の品質試験法, FILTRATION SYMPOSIUM NAGOYA '86, 19-26
3. 笠倉忠夫, 富田美穂, 松原極, (1989) 浄水汚泥の脱水性の研究, IWSA 第7回アジア・太平洋地域会議・展示会 (WATER NAGOYA '89) 投稿中
4. 笠倉忠夫, 秋吉功, (1974) 浄水場排泥性状と濾過脱水性の関係, 水道協会雑誌, 477, 34-50
5. 服部和夫, (1983) 浄水処理過程における微細粒子の挙動に関する研究, 水道協会雑誌, 650, 2-6
6. 森宣夫, 余野幸安, 本坊一浩, (1989) ベルトプレス脱水機における汚泥性状と薬品添加率, 第26回下水道研究発表会講演集, 614-616