

VII-41

水中の微粒子の粒度分布に関する一考察

東北工業大学 ○学 長尾 崇史、正 今野 弘

1. はじめに

液体中の微粒子測定は薬品の管理、電子部品の製造分野で広く行われてきたが、浄水分野においてはクリプト対策に用いられている。微粒子計の測定原理は、流路に光線を照射して粒子の散乱光量から粒径と個数濃度を評価するが、物理的に粒子径が同じであっても照射光の波長や媒質の屈折率によって測定結果が異なる。そのため浄水分野での適切なセンサーの選定やクリプト対策上、適切な管理手法などが検討・報告されている¹⁾。

本報告では微粒子計を用いて試料の粒子径および個数を測定し、得られたデータを分布として適当に表示する方法をいくつか比較検討して、その中でも特にRosin-Rammler分布の適性についての考察した結果を報告する。

2. 測定の方法および試料

2.1 機器の設定と準備 使用した微粒子計は、光遮断方式で水中の粒子数および個数を検出する装置である。光源は半導体レーザ、測定可能な粒径範囲は2～100 μm で8チャンネルある。他の測定による影響を無くするために試料をパージとして25mL以上流し、測定粒径は範囲から任意、測定容量 50 mL、流速100mL/min に設定した。

2.2 試料の作成と採水場所 試料は市販のカオリンとベントナイトの希釈水、実浄水場の浄水プロセスごとの水を用いた。前者は所定の濃度に調製して測定を行った。その際希釈水溶媒は、0.45 μm のフィルターで濾過した蒸留水である。使用器具からの異物混入を防ぐためによく洗浄し、その効果は、器具に溶媒を注いでから5分静置し、粒子数を計って粒子径2 μm 以上の積算個数濃度値が 10^0 のオーダーになることで確認した。後者はよく洗浄した採水瓶に採り、そのまま微粒子計で測定した。採水した試料は原水、凝集沈澱処理水、濾過水および配水である。

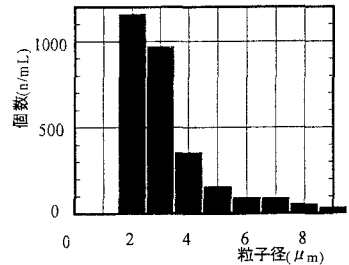


図-1 粒子径度数分布(カオリン1mg/L)
(個数基準: $d < 10 \mu\text{m}$)

3. 測定結果および考察

3.1 微粒子の粒子径ヒストグラム 図-1はカオリン 1mg/L の粒子径が 10 μm 以下の場合を、個数基準で示したヒストグラムである。図-2はそれを度数 $p_i: p_i = n_i d_i^3 / \sum n_i d_i^3$; n_i : 粒子径 d_i の個数、として重量基準に換算して示したものである。図-1, 2より当然ながら個数基準では小粒径、重量基準では大粒径の寄与が大きい。ベントナイトでも傾向は同様である。図-1, 2は平均径や分布の広がりを視覚的に表せるが、量的には評価できず、分布形の定量化には適しとはいえない。

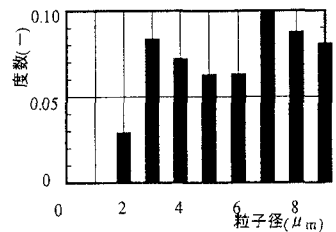


図-2 粒子径度数分布(カオリン1mg/L)
(重量基準: $d < 10 \mu\text{m}$)

3.2 粒子径分布の直線性の検討 カオリン 1mg/L の個数基準と重量

基準の分布状況を、図-3、4は正規分布、対数正規分布を用いて示した。各分布形の直線性を比較すると図-3の正規分布は形が明らかに曲線で、直線といえる粒子径範囲も狭くて実用上使用に耐えないと考えられる。図-4の対数正規分布は、正規分布よりは改善されて直線的な並びを見せる粒子径範囲が

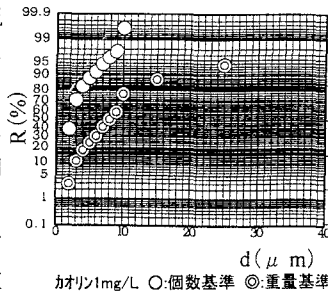


図-3 正規分布

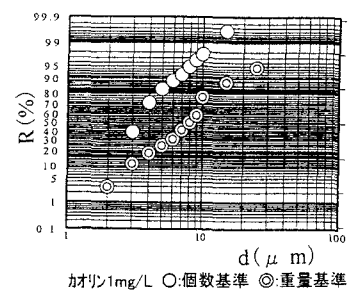


図-4 対数正規分布

広くなる。図-5は Rosin-Rammler(R-R)分布を示したもので、R-R 分布は、粒子径の超過確率 $R=100 \times 10^{-b'd^n}$; b',n ; 分布の特性値(定数), で表現できる代数関数である。図-5によると個数基準の対数正規分布と同程度の直線性を持ち、重量基準でも対数正規分布よりは直線性が良い。またメディアン径 d_{50} および分布の広がりを出す特性値 n と $d \geq 1 \mu m$ の比率に関わる b' を求めて分布形を定量化できる長所がある。

3.3 浄水過程における粒子径分布の推移 図-6に浄水場の浄水プロセスにおける試水中の粒子径分布を測定した結果を R-R 分布で示した。各図において $2 \mu m$ の点が直線から若干はずれるが、ほぼ直線を維持したまま分布径が変化する。分布の特性値を求めると表-1のようになる。原水はメディアン径 d_{50} が大きく、 n が大きいので分布幅が狭く、 b' が小さいので $1 \mu m$ 以上の粒子が他より多い。 d_{50} は原水、凝集沈澱水、濾水の順に小さくなり、粒子径分布幅は同順に広くなり、また $1 \mu m$ 以上の粒子比率は同じ順に小さくなる。配水の中の粒子は d_{50} が原水程度に大きくなる。浄水場での処理終了後に粒子径分布が大きくなる方向に変化するという現象は、何回か測定されており、計器上の問題ではなさそうである。凝集剤の水酸化物生成反応は、藻類生産有機物が存在すると1日オーダの長い時間を必要とするという結果もあり、微粒子計では水酸化物がどのような測定結果をもたらすのか、あるいは処理後の水質変化という可能性もあるので、今後その理由を明らかにするため検討が必要である。

3.4 粒子径毎の凝集沈澱・濾過による粒子数減少比

表-2に浄水プロセスの各粒子径毎の個数濃度と凝集沈澱・濾過による粒子数の減少比をまとめた。これによると個数基準でみると凝集沈澱による粒子の減少比は、各粒径によらずほぼ一定であることがわかる。小さな粒子は凝集で大きくなって沈澱するが、見かけ上はどの粒子径も 97 ~ 98%と均等に凝集沈澱している。その凝集沈澱水の濾過による各粒子径の減少比は、 $10 \mu m$ 以下では 90%程度でほぼ同一である。少ない数ではあるが $10 \mu m$ 以上の粒子の減少比は 75%程度と低くなるようである。

4. おわりに

水中の微粒子の粒径分布の表示方法について検討したが、Rosin-Rammler 分布で表すことで、粒径分布の形を定量化できる。微粒子カウンターによるデータの分析方法としての利用が期待できるので、今後さらなる検討をしていきたい。

参考文献 *) 田中和明 他など：第 52 回全国水道研究発表会講演集(2001.5),p.648-649

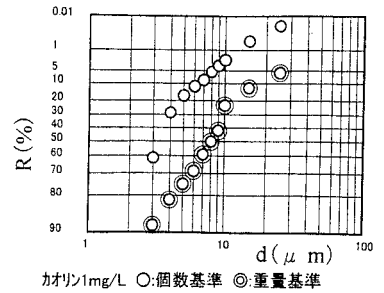


図-5 Rosin-Rammler分布

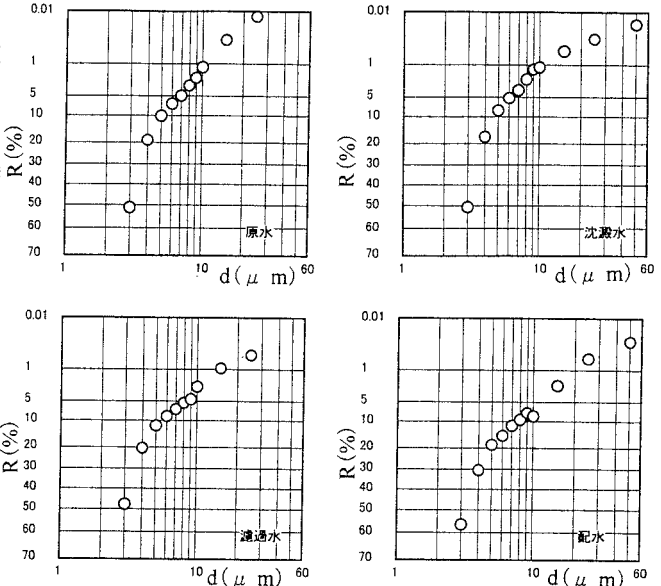


図-6 浄水プロセスごとの粒子径のR-R分布

表-1 浄水プロセスごとの R-R 分布の特性値

		n	b'	$d_{50}(\mu m)$
原水	1	1.16	0.09	2.70
	2	1.03	0.18	1.65
凝集沈澱水	1	0.92	0.22	1.35
	2	0.94	0.23	1.25
濾過水	1	0.92	0.23	1.35
	2	0.77	0.24	1.40
配水	1	0.79	0.25	1.25
	3	0.70	0.28	1.10
	1	0.86	0.18	1.80
	2	0.75	0.22	1.55

表-2 浄水プロセスの各粒径ごとの個数濃度と凝集沈澱および濾過による減少比

μm	個数濃度(個/ml)				凝集沈澱による減少比		濾過による減少比	
	原水	凝集沈澱水	濾過水	配水	凝集沈澱による減少比	濾過による減少比		
2~3	1861.020	54.480	5.680	8.180	0.971	0.896		
3~4	1225.320	36.740	2.960	4.920	0.970	0.919		
4~5	341.900	9.980	0.980	2.220	0.971	0.904		
5~6	127.540	3.260	0.320	0.700	0.974	0.902		
6~7	68.300	1.580	0.200	0.680	0.977	0.873		
7~8	65.180	1.620	0.180	0.360	0.975	0.901		
8~9	37.560	1.000	0.080	0.340	0.973	0.920		
9~10	37.259	0.184	0.216	-0.155	0.995	-0.178		
10~15	38.841	0.824	0.182	1.128	0.979	0.779		
15~25	6.140	0.288	0.061	0.362	0.956	0.773		
25~	0.660	0.165	0.041	0.085	0.750	0.754		