

VII-33

光遮断方式微粒子の個数濃度計測の計測特性に関する考察

東北工業大学（学生会員） ○長尾 崇史
東北工業大学（正会員） 今野 弘
東北工業大学（学生会員） 坂本 敏彦

1. はじめに

湿式微粒子計はクリプト問題以来、浄水処理過程の微粒子監視を行う目的で浄水分野に普及した。微粒子計は低濁度試料の計測機器で構造上高濁度域(約2度以上)の使用は考慮されない¹⁾が、浄水処理過程への研究・応用利用等を検討すると、高濁度試料の粒子数計測の必要性が予期出来る。高濁度試料は希釈後の計測が妥当と思われるが、結果、個数濃度が微粒子計で計測可能な範囲である事が前提である。本研究では、懸濁液中の粉体重量濃度と個数濃度の関係から微粒子計の個数濃度測定範囲に関し、適正計測域の限界値の解明を目的として検討した。

2. 行った実験の概要と条件・方法論

同一粉体より異濃度懸濁液を多数用意して、各々含有粒子数を微粒子計で計測した。試料粉体をカオリン、ベントナイト、珪藻土とし、実験手順は各々図1に従い、微粒子計の機能と設定条件は表1に依る。同一粉体制の異濃度懸濁液は含有粒子個数濃度とSSの重量濃度は理論上比例関係だが、想定関係は図2の様なパターンで、重量濃度領域を低・中・高濃度部と分割する。低濃度部は過少な含有粒子数の影響で微粒子計の試料自動採取時に代表性確保が困難な事に起因し、不安定な計測が予想出来る。高濃度部は微粒子計内の計測部位への粒子供給の過剰で、粒子影重複の発生に起因して大粒径粒子の計測頻度増加と共に過少評価する²⁾と想定される。中濃度部は粒子の安定供給で十分な試料の代表性確保が可能で、粒子影重複の発生頻度も皆無または小さい領域が現れ、本来の比例関係の出現を予測した。中濃度部の重量濃度範囲を適正重量濃度範囲とし、境界に対応する適正個数濃度範囲を解説する事で微粒子計の高精度計測が可能な個数濃度を判断出来ると考えた。中濃度部の境界を定める方法は、得た結果を図2の様に示して直線性が認められる重量濃度範囲を列挙し各々に回帰直線を描いて相関係数 r が高い範囲を中濃度部とする。図2で中濃度部の回帰直線の傾きは、単位ベース試料量中の個数濃度($/\text{mL}/\text{mg/L}$)を示すが、粉体密度での変化が考えられる。

3. モデル粉体による重量濃度と個数濃度の関係

(1)重量濃度と個数濃度の関係 各粉体の計測結果に中濃度部の範囲算

出結果を反映させて図3,4,5に示した。カオリンの傾向は重量濃度の小さい順に曲線的→直線的→収束的增加、他の2試料は曲線的→直線的増加であった。各傾向はそれぞれ低・中・高濃度部に対応する。試料の容量上の問題でベントナイトと珪藻土は曲線的増加部までは至らなかった。中濃度部領域の境界値を求めた結果は表2に示した。低濃度部の傾向を明確にするために図6に例としてカオリンの計測結果の図3を両対数軸に変換した結果、計測傾向に関して不安定性と若干の増加傾向が認められるが個数濃度の変化は小さい。1(mg/L)以上では急激に中・高濃

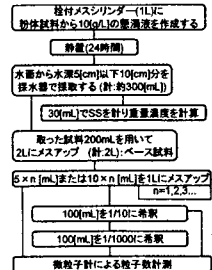


図1 実験の手順

表1 微粒子計の機能と設定条件

機能	測定方式	光遮断方式
機能	測定可能粒径	2~100 μm
機能	粒径区分	8ch (2 μm から1 μm 毎に設定)
条件	検査水量	100mL
条件	流量	100mL/min
条件	パージ量	100mL

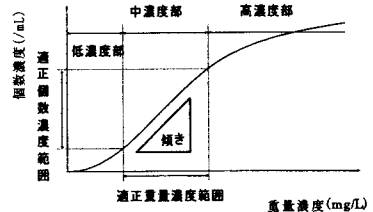


図2 想定される実測個数濃度と重量濃度の関係

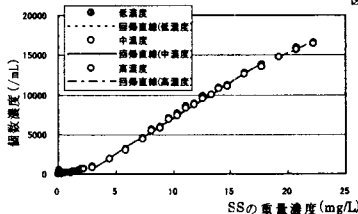


図3 カオリンの重量濃度と個数濃度(2 μm 以上)の関係

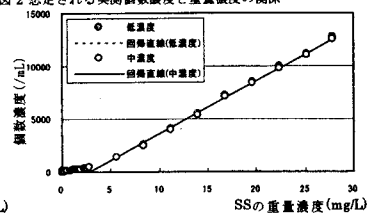


図4 ベントナイトの重量濃度と個数濃度(2 μm 以上)の関係

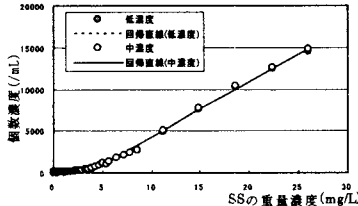


図5 珪藻土の個数濃度(2 μm 以上)と重量濃度の関係

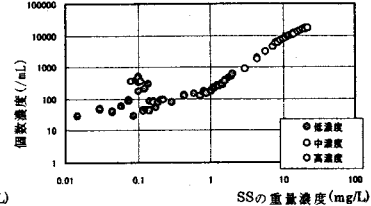


図6 カオリンの重量濃度と個数濃度(2 μm 以上)の関係(両対数)

度部の増加傾向に近づく。同様の処理を他の2試料に対して行ったが、同等の結果であった。従って、この領域に関しては、微粒子計は高精度計測が出来ないと考えられる。次に中・高濃度部の計測状況を解析するために粒径区分別の個数濃度と重量濃度の関係に関してカオリンを例に図7に示したが、他の試料でも同様の傾向が得られた。大粒径粒子は試料作成時の沈降により殆ど存在せず、重量濃度の増加に伴う粒子数の増加は、主に中・高濃度部の粒径 $d(\mu\text{m})$ が $2\leq d<3$ と $3\leq d<4$ の粒子による。重量濃度領域でその2粒径区分粒子に着目すると、傾向は $3\leq d<4$ の粒子ではある程度直線性を保ち、 $2\leq d<3$ の粒子は増加傾向の衰退の様子が見て取れる。中濃度部に注目すると、 $4\mu\text{m}$ 以上の粒径粒子は存在比率が大きく異なり、粒径区分 $2\leq d<3$ 、 $3\leq d<4$ の粒子の増加傾向は平行的で粒度分布が一定と言える。高濃度部は粒径区分 $2\leq d<3$ 、 $3\leq d<4$ の増加傾向は収束傾向に転じ、同時に $4\leq d<5$ の粒子の増加が始まる。これは先述の粒子影重複による大粒径粒子数の過大評価によるものと考えられる。従って高精度な計測が行われないと考える事が出来る。

(2)各粉体の適正濃度範囲 中濃度領域の範囲を表2にまとめた。求める中濃度部の個数濃度 $N(\text{mL})$ 範囲は3試料の結果に全て包含される範囲とすると $850\leq N<12500$ となった。下限・上限ともに差異がある。下限値は、粒子特性が要因と考えられる。たとえば写真1,2にカオリンと珪藻土をSEMで撮影したが、粒子の形状が全く異なる。珪藻土は、ニッチアのシリカ質の殻の様な物等認識出来るが、高透明度の粒子は粒径が過小評価される³⁾との報告もあり、粒子の物性で大きな違いがある様に考えられる。上限は、各粉体の粒径分布の差異によると考えられる。上限が発生する要因は、光遮断式の計測方式による粒子影重複に依る。大粒径粒子が多数存在の粉体は、それが少数の粉体に比して上限が小さい事は想像に難くない。従って、物性による下限値の変動と粉体粒径分布による上限値の変動を検証する必要があると考えられる。

4. 浄水プロセスにおける個数濃度変化の実測例

過去に浄水場の主要処理過程の処理水を対象に個数濃度の経時変化の傾向の検証実験を行った³⁾が、今回の適正個数濃度範囲とその計測結果の比較を試みた。図8,9の順に原水、濾過処理水の計測例を示す。試料は採取後未処理の状態で計測した。原水[10000~20000(mL)程度]は大部分が高個数濃度域に、沈殿処理水は150~350 (mL)、濾過処理水は10~300(mL)、配水は40~60(mL)程度で低個数濃度域に属した。微粒子計の浄水プロセス管理適用には、原水に関しては1/2~1/10倍程度に希釈すれば粒子影重複の影響を小さくする事が可能と考えられる。凝集沈殿・濾過処理水の計測は計測対象粒子の絶対数の不足なので、微粒子計の検査水量を増加する事で、高精度計測が出来る可能性である。

5. 終わりに

①通常の粘土粒子は $850\leq N<12500$ が適正濃度であり、②高精度計測可能な個数濃度の下限と上限は、粒子の物性、粒子密度、粒径分布等での変動が想定される。③高濃度部は希釈、低濃度部は検査水量の増加に依り、更なる高精度計測が可能と考えられる。なお、粒子の透明度等の物性や粒径分布の違いに依る微粒子計の計測特性の変化を検討する必要があると考えられる。

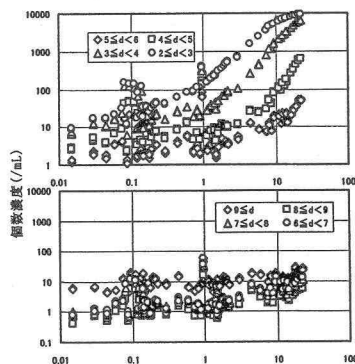


図7 カオリンの粒径別個数濃度と重量濃度の関係
表2 各粉体試料の中濃度部のデータ

粉体試料	中濃度部の個数濃度 頻度 (1/mL)	中濃度部の重量濃度 頻度 (mg/L)	中濃度部の境界 (1以上)			
			重量濃度 下限	重量濃度 上限	個数濃度 下限	個数濃度 上限
カオリン	899	0.998	3.0	17.7	854	13481
ベントナイト	500	0.999	2.8	[27.9]	457	[12531]
珪藻土	664	0.998	3.9	[26.0]	617	[14763]

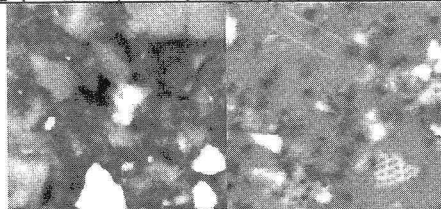


写真1 カオリン(1700倍) 写真2 珪藻土(1500倍)

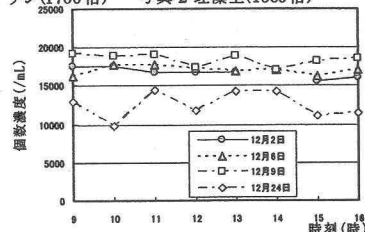


図8 原水の個数濃度の計測結果

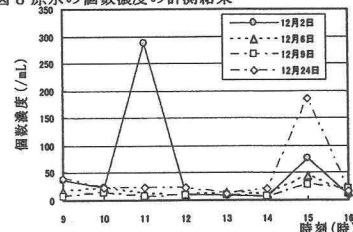


図9 濾過処理後の個数濃度の計測結果

参考文献

- 1) 日本水道協会：上水試験方法解説編, p.168, 2001
- 2) 長尾崇史, 今野弘, 坂本敏彦 他：微粒子計での粒子数計測の際の濃度による影響に関する考察, 第58回年次学術講演会概要集, 2003
- 3) 竹田静雄, 滝澤博美 他：レーザー光遮断方式レーザーティクルカウンタの浄水工程管理への応用, 第52回全国水道研究発表会講演集, pp.160-161, 2002
- 4) 坂本敏彦：家庭浄水場における浄水過程の粒子径分布の変化について, 2002年度東北工業大学卒業論文