

# 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

東北工業大学（学生員） 長尾崇史、坂本敏彦、津田良栄、（正員） 今野弘

## 1. はじめに

浄水分野の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普及が進んだ。本来、微粒子計は、低濁度試料の粒子数計測機器で、構造上、高濁度域(約2度以上)の使用は考慮されない<sup>1)</sup>が、この浄水処理過程への応用利用等を考えると、原水・沈殿処理水等の高濁度試料について粒子数計測を行う必要性が予測出来る。このような試料は、希釈後の計測が妥当である。理論上、粒子数 A 個/mL の試料を X 倍に希釈した場合、希釈後の粒子数を B 個/mL とすると  $X=A/B$  となるが、実際にある試料について希釈を行い、希釈倍率と希釈前後の粒子数変化倍率(A/B)を比較した結果、食違いが認められるため真の粒子数を把握出来ないでいた。そこで、本研究では、粒子数と希釈倍率の相関と希釈無しの計測ができる粒子個数濃度を調査する実験を行った結果、一定の傾向が得られたので、報告する。

## 2. 実験概要と試料の作成

**2-1 実験の概要** 希釈倍率と希釈前後の試料中粒子個数濃度変化倍率に食違いが見られる現象は、光遮断微粒子計の計測方式に起因すると考えた。光遮断方式は、レーザー光(単波長)を数 mm のセルに通して粒子の遮断光(影)を計測し、粒子径別の粒子数を測定する<sup>2)</sup>。このとき図1左の様に、微粒子計内流路中測定部位設置部の試料中粒子個数濃度が設計範囲(上限：可測個数濃度)内であれば、正確なカウントが出来るが、図1右のように同個数濃度が過剰な場合、他粒子影中への別粒子入り込みに起因する粒子の重複計測または存在し得ない巨大粒径粒子影生成による粒子数の過少評価(後者の場合、小粒径粒子の過小評価と大粒径粒子の過大評価)が考えられる。このため微粒子計は可測個数濃度が定められているが、この濃度内の試料も同様の現象が発生して測定結果に影響することが、食違いの要因と考えた。本実験では、微粒子計は試料中粒子に関し、高個数濃度試料程粒子数を過少に、逆に低個数濃度試料程、先述の重複計測等が低頻度で正確に評価すると仮定し、図2の実験フローの様に同一カオリン懸濁液から粒子数に差異が出るよう試料9種を、更に各々に対し10倍、100倍の希釈試料を作成し、各試料作成直後に微粒子計で粒子数を5回毎計測して得た計測結果から、希釈前後の粒子数変化倍率を算出し、実際の希釈倍率10倍と比較を試みた。

**2-2 実験条件** ブランク水に純水を用いて、カオリン調製・懸濁液希釈に用いる器具類は、ブランク水を注ぎ、その個数濃度が5個/mL以下になるまで洗浄してから用いた。また、粒子数の計測の際は、微粒子計に関して試料の吸引口部分もブランク水でよく洗浄した。1試料を測定終了後には微粒子計内流路を、十分に粒子数が少なくなるまでブランク水でダミー測定を行ってから別の試料を計測した。使用した微粒子計に関する機能と実験に際して設定した条件は、表1に示した。なお、計測結果の個数濃度は積算値で、得ることとした。

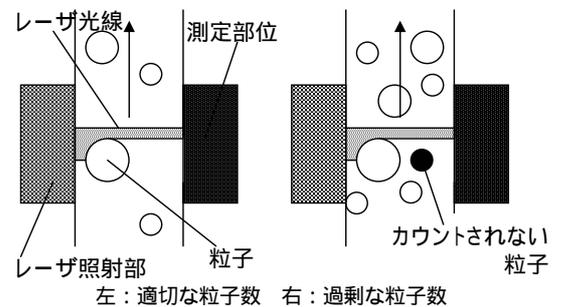


図1. 微粒子計の測定部位

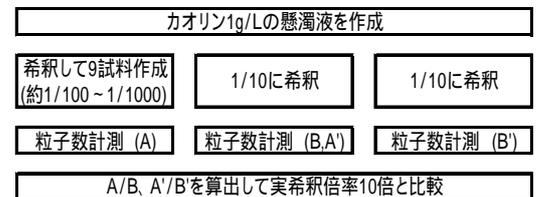


図2. 実験フロー

表1. 微粒子計の機能と設定

機能	測定方式	光遮断方式
	光源	半導体レーザー
	計測可能な粒径範囲	2 ~ 100 μm
	粒径区分	8ch (2 ~ 9 μmまで1 μm毎に設定)
条件	可測個数濃度	約1,5000個/mL (メーカー取扱説明書)
	検水量	50mL
	流量	100mL/min
	計内流路の試料による共洗	25mL

キーワード：微粒子計、Rosin-Rammler 分布、希釈

連絡先：(住所)宮城県仙台市太白八木山香澄町 35-1 東北工業大学 (TEL) 022-229-1151 (FAX)022-229-1151

3. 実験結果および考察

**3-1 希釈前後の粒子数変化倍率の推移** 実験の結果を図3にまとめた。横軸は、各試料の希釈前の個数濃度 A 個/mL を、縦軸は A と希釈後の個数濃度 B 個/mL から算出した希釈前後の粒子数変化倍率 A/B を示している。A が 5000 個/mL 以下の場合、傾向が乱れるが、それ以降の試料で A/B が 8(倍)を超える。また、個数濃度が多い試料ほど A/B が希釈倍率の 10(倍)から離れ、顕著な減少傾向が見られる。特に A が 5000 個/mL 以上の場合について着目すると、一定の曲線的な分布を持ちながら減少しているようにも見える。

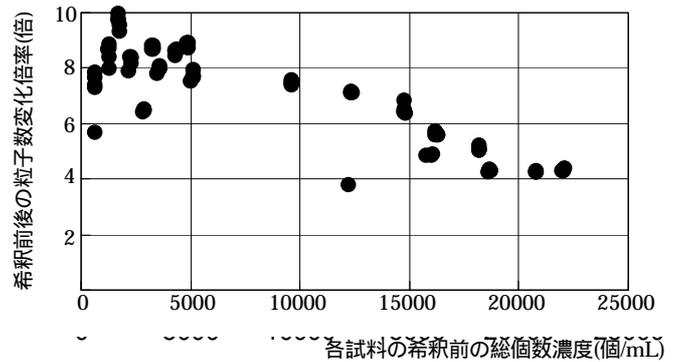


図3 各試料の希釈前総個数濃度毎の希釈前後の個数濃度変化倍率

**3-2 Rosin-Rammler 分布への適用** 全ての試料の粒子数計測結果を Rosin-Rammler 分布(RR 分布)に適用した。RR 分布は超過確率  $R = 100 \times 10^{-b'd^n}$  (nは累乗の指数)で表現できる。分布の傾きを示す n 値, 1 μm 以上の粒子の存在比率に関わる b'値, 粒径 d 値(特に分布の平均粒径を示す d<sub>50</sub> 値) は分布の特性値である。水中粒子の粒径分布を定量化するのに有効であることは報告した<sup>3)</sup>。図4は例として A が 14793.9 個/mL の試料を RR 分布に適用した結果である。図を見て分かる通り、粒径 3 μm の超過確率は外れるものの直線性があり、分布が適当である。同様の処理を各試料の測定結果に対して行ったが、全てにおいて同様の直線性を確認できた。ここで適用結果から特性値を読み、グラフにしたものが図5である。順に n 値、b'値、d<sub>50</sub> 値となっている。n, d<sub>50</sub> 値は、粒子数が多い試料になるに従い、増加傾向を見せる。逆に b'値は直線的な減少傾向が見て取れる。これらより、分布は粒子数が多い試料になる程、n 値、d<sub>50</sub> 値の増加と b'値の減少で分布が大粒径側にシフトすることが分かり、相対的に小粒径粒子が減少していることを示している。本来、液中の粒子径分布が均等な試料を希釈した場合、その前後で分布構成は変わることはないが、この実験結果から n 値と d<sub>50</sub> 値の増加は高個数濃度試料程、小粒径粒子の重複計測が頻繁に起きることにより微粒子計の認識としての小粒径粒子の減少と大粒径粒子の増加を示していることが分かる。

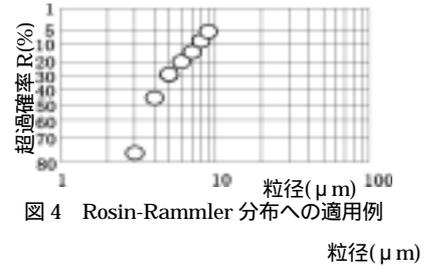


図4 Rosin-Rammler 分布への適用例

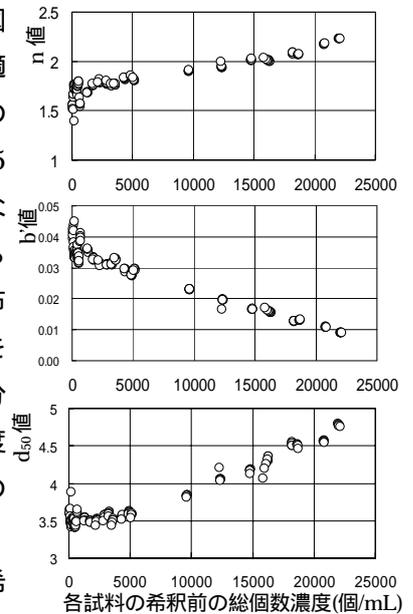


図5 Rosin-Rammler 分布の特性値 (上から n,b',d<sub>50</sub>)

**3-3 各粒径毎の希釈前後の粒子数変化倍率の推移** 図7は、図3と同様に 10 倍希釈前後の個数濃度変化倍率を粒径毎にグラフにしたものである。粒径毎の変化倍率は、大粒径粒子ほど正確に計測されていることが分かる。また、小粒径粒子ほど相対的な減少傾向が著しく、この減少傾向は粒径毎に直線的な分布が見て取れる。

4. おわりに

今回の実験結果から、微粒子計の計測精度を決定づける要因は、試料中の粒子数と粒径分布構成であることが考えられる。低個数濃度試料になる程、RR 分布の特性値や希釈前後の個数濃度変化倍率に安定(収束)傾向が見て取れるので、今後高個数濃度試料を正確に測定するための希釈条件について更に検討を重ねていこうと考えている。

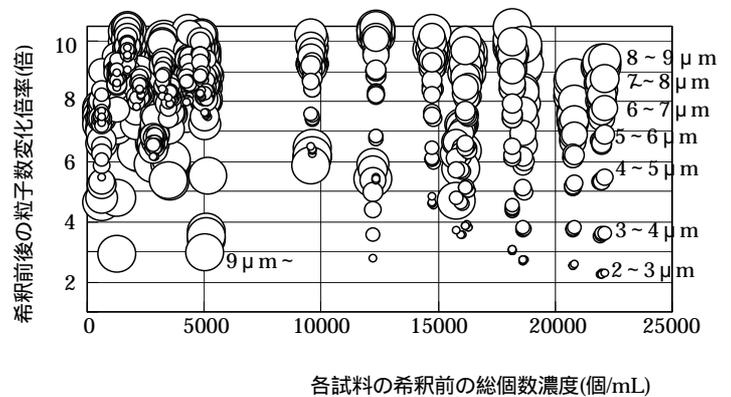


図6 各試料の粒径毎の希釈前後の粒子数変化倍率

参考文献 1) 日本水道協会 : 上水試験方法解説編 2001 年版, p.168  
 2) 北本 尚 他 : 微粒子カウンタの開発, 第 51 回全国水道研究会講演集, pp.524-525  
 3) 長尾崇史, 今野弘 : 水中の微粒子の粒度分布に関する一考察, 平成 13 年度東北支部技術研究発表会講演概要集, pp.766-767